Documenta Geigy Wissenschaftliche Tabellen

6. Auflage

Herausgeber:
J. R. Geigy A.G., Pharmazeutische Abteilung
Redaktion: KONRAD DIEM

Alle Rechte vorbehalten
© Copyright 1960 by J. R. Geigy S.A., Basle, Switzerland
Imprimé en Suisse – Printed in Switzerland

Vorwort des Herausgebers

Der Umfang der 6. Auflage unserer *Wissenschaftlichen Tabellen* ist durch die Eingliederung eines biochemischen Teils und durch ausführlichere Behandlung der aus der 5. Auflage übernommenen Themen wesentlich erweitert worden. Wir folgten dabei der bisherigen Richtlinie, dem Ärzte und Biologen wissenschaftliches Grundmaterial in gedrängter Form zur Verfügung zu stellen, das er sonst in vielen Spezialwerken und Fachzeitschriften zusammensuchen müßte.

Es sind uns viele Anregungen zur weiteren Ausgestaltung der *Wissenschaftlichen Tabellen* zugegangen, die wir aber aus Raumgründen nur teilweise übernehmen konnten. Aus diesen Vorschlägen geht immer wieder hervor, daß es für Mediziner und Biologen vor allem schwierig ist, sich bei Bedarf Informationen aus den Gebieten der Mathematik, Physik und Chemie zu beschaffen. Wir haben deshalb den exakten, mit der Medizin nicht in direktem Zusammenhang stehenden Teil der Tabellen weiter ausgebaut und damit versucht, eine Brücke zwischen den medizinisch-biologischen und den exakten Wissenschaften zu schlagen.

Einen besonderen Beitrag dieser Art findet der Leser im Abschnitt «Biochemie des Stoffwechsels» von Professor Sir H. A. Krebs, FRS, Institut für Biochemie der Universität Oxford, dem wir uns für seine Mitarbeit tief verpflichtet fühlen. Auch allen andern im redaktionellen Vorwort erwähnten Autoren und Mitarbeitern gilt unser Dank, dem sich gewiß auch unsere Leser anschließen werden.

Zum Schlusse möchten wir allen jenen Lesern und ungenannten Mitarbeitern aus der ganzen Welt danken, die uns mit Verbesserungsvorschlägen und Druckfehlerangaben geholfen haben, unsere *Wissenschaftlichen Tabellen* auf den heutigen Stand zu bringen. Wir werden weiterhin bestrebt sein, die uns zukommenden Anregungen nach Möglichkeit zu berücksichtigen.

J. R. GEIGY A.G., Basel
Pharmazeutische Abteilung

Juni 1960

Vorwort der Redaktion

Gegenüber der 5. sind in der 6. Auflage der *Wissenschaftlichen Tabellen* hauptsächlich folgende Änderungen vorgenommen worden:

Der *mathematisch-statistische Teil* wurde durch zahlreiche, zumeist elektronisch berechnete Originaltabellen vergrößert und konnte dank den unten genannten Autoren durch weitere, in der Literatur zerstreute Tafeln zu einem geschlossenen Abschnitt vervollständigt werden.

Bei den *Maßeinheiten* haben wir die bisherige, etwas übersichtlichere Darstellung zugunsten einer umfassenderen und informativeren Form verlassen. Wir haben uns in diesem Kapitel stets eng an die international anerkannten Formulierungen und Definitionen gehalten, auch wenn sich diese noch nicht überall durchgesetzt haben.

Im *physikalisch-chemischen Teil* sind als wichtigste Ergänzungen zu erwähnen: Flammenemissionsspektren, Zerfallstabellen radioaktiver Elemente, gasvolumetrische Umrechnungstabellen, atmosphärische und Dampfdruck-Tafeln.

Ein neuer, in früheren Auflagen gänzlich fehlender *biochemischer Teil*, Biochemie des Stoffwechsels, entstand in Zusammenarbeit mit Professor Sir HANS KREBS und seinen Mitarbeitern (Universität Oxford).

Die Kapitel *Vitamine*, *Hormone*, *Ernährung*, *Körperflüssigkeiten* und *Körpernormalmaße* wurden revidiert und nach Möglichkeit auf den neuesten Stand gebracht. Dazu ist zu sagen, daß dieser «neueste Stand» vielfach schon veraltet ist, wenn die betreffende Bearbeitung die Druckerpresse verläßt. Eine gewisse Verzugsspanne läßt sich heute bei der rapiden Entwicklung aller Wissenschaften nicht vermeiden.

Der Abschnitt über *Infektionserreger* bedurfte nach der Ende 1957 erfolgten Neuerscheinung von *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* einer gründlichen Umstellung und Neubearbeitung, was die Herausgabe unserer 6. Auflage erheblich verzögerte.

K. DIEM

Herausgeber und Redaktion sind folgenden Mitarbeitern zu Dank verpflichtet

Den Autoren von Originalbeiträgen

Dr. A. BRÜGGER, Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich
Dr. K. BURTON, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England
Prof. Dr. A. ENGELER, Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, St. Gallen
Dr. A. F. ESSELLIER, Medizinische Universitätsklinik Zürich
PD Dr. L. P. HOLLÄNDER, Blutspendezentrum Basel-Stadt des Schweizerischen Roten Kreuzes
Dr. P. JEANNERET, Medizinische Universitätsklinik Zürich
Dr. D. B. KEECH, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England
Dr. H. L. KORNBERG, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England
Prof. Sir H. A. KREBS, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England
Dr. HILDE LEVI, Zoophysiologisches Laboratorium A der Universität Kopenhagen
Dr. J. M. LOWENSTEIN, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England
Dr. H. LÜTHY, Isotopenlabor des Bürgerspitals Basel
Dr. J. R. QUAYLE, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England
Dr. CHARLOTTE RHONHEIMER, Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich

Den Autoren und Instituten, die uns Reproduktionsrechte überlassen haben

Für numerische Tafeln: R. L. ANDERSON, J. BERKSON, A. H. BOWKER, L. J. COMRIE, W. J. DIXON, D. B. DUNCAN, R. A. FISHER und F. YATES, A. HALD und S. A. SINKBÆK, B. I. HART, M. G. KENDALL, A. LINDER, E. LORD, R. MAVRODINEANU und H. BOITEUX, J. M. MAY, K. R. NAIR, P. S. OLMSTEAD, E. S. PEARSON und H. O. HARTLEY, F. S. SWED und C. EISENHART, L. H. C. TIPPETT, J. W. TUKEY, D. WABEKE und C. VAN EEDEN, B. L. VAN DER WAERDEN, J. E. WALSH, C. WHITE; Bell Telephone Laboratories, Inc., New York; Marchant Calculators Division of Smith-Corona Marchant, Inc., Oakland (Cal.); National Bureau of Standards, Washington; Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI), Montreal (Kanada); Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg (Va); World Health Organization, Genf.

Für Abbildungen: W. M. BOOTHBY, J. BERKSON und H. L. DUNN, I. BROSS, G. A. HARRISON, H. M. LUFKIN und F. W. SUNDERMAN, F. C. MCLEAN und H. B. HASTINGS, E. W. PAGE und F. HOULDING, G. PIEKARSKI, R. B. SINGER und A. B. HASTINGS, D. D. VAN SLYKE et al., E. C. VOGT und V. S. VICKERS.

Den beratenden Professoren

Dr. E. BATSCHELET, Universität Basel, in mathematisch-statistischen Fragen
Dr. H. KRAYENBÜHL, Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich, in medizinischen Fragen
Dr. E. ROSSI, Jennerspital Bern, in medizinischen Fragen

Anleitung zur Handhabung der Wissenschaftlichen Tabellen

Über *allgemeine Kapitel* orientiert das nachstehende Inhaltsverzeichnis, über *spezielle Begriffe* das Stichwortverzeichnis (Index, S. 701 ff.) im gelben Teil am Schlusse dieses Buches.

In der Regel werden alle in den Tabellen verwendeten Symbole, Abkürzungen usw. an Ort und Stelle definiert bzw. erklärt. Nullwerte sind durchgehend mit Null (0) gekennzeichnet. Ein Strich (—) oder ein Fragezeichen an Stelle eines Zahlenwertes bedeutet «Wert unbekannt», stellt also keine Wertangabe dar und soll vor allem nicht mit «Null» verwechselt werden. Pluszeichen, wie (+), (++) usw., sind unverbindliche Wertangaben, ohne Bezug auf eine Größe.

Wenn in einer Zahlenangabe die letzten oder die letzte Zahl durch einen aufgesetzten Punkt hervorgehoben sind, so handelt es sich bei den ausgezeichneten Zahlen um die Periode eines Bruches.

Beispiele: $1{,}\dot{6} = 1{,}666\,666\ldots$

$1{,}65\dot{2}\,\dot{7}\dot{8} = 1{,}652\,782\,782\,78\ldots$

Wenn es bei Zahlenangaben notwendig erscheint, exakte Zahlen, zum Beispiel 1,1257(00000...) von anderen, wie 1,1257(35486...), zu unterscheiden, so ist die letzte Ziffer **fett** hervorgehoben, zum Beispiel 1,125**7**. Dieselbe Kennzeichnung wird gebraucht, wenn irgendeine Konstante arbitrarisch als exakte Zahl definiert ist.

Man lasse sich durch die in den Zahlentafeln angegebenen Stellen nach dem Komma weder beeindrucken noch einschüchtern. Wir haben immer so viele Stellen wiedergegeben, als der zur Verfügung stehende Platz zuließ. Man entnehme den Tafeln nur jene Stellenzahl, die im gegebenen Fall angebracht erscheint.

Normalbereiche und *Mittelwerte* sind, sofern sie nach statistischen Regeln berechnet werden, wie folgt gekennzeichnet:

Mittelwert . . . . . in **fetter** Schrift
Bereich . . . . . in *kursiver* Schrift
Standardabweichung der *Einzelwerte* in normaler Schrift

Normalbereiche, die nicht nach statistischen Regeln berechnet wurden oder von denen wir nicht wissen, wie die Bestimmung erfolgte, sind zusammen mit dem Mittelwert in gewöhnlicher Schrift wiedergegeben.

Da es aus Raumgründen unmöglich war, die gesamte Literatur eines Gebietes zu berücksichtigen, haben wir in der Regel nur die hauptsächlichsten Originalarbeiten bzw. Übersichtswerke zitiert. Bei aktuellen Themen sind die Literaturhinweise etwas vollständiger gehalten. Die Abkürzungen der Zeitschriftennamen erfolgten nach den Normen der Unesco (*World Medical Periodicals*, 1957).

Die in der rückwärtigen Einbanddeckeltasche eingesteckten *Folia medica Geigy* können bei der J. R. Geigy A.G. in Basel *direkt* nachbezogen werden.

Inhaltsübersicht

Alphabetisches Stichwortregister siehe S. 701 ff. Lose Beilagen (*Folia medica Geigy* Nr. 1–3) in der rückwärtigen Einbanddeckeltasche

Mathematische und statistische Tabellen

Konstanten . . . 9
Logarithmen . . . 10
Reziproken, Potenzen und Wurzeln . . . 18
Fakultäten . . . 26
Normalverteilung . . . 28
STUDENT-Verteilung (*t*-Verteilung) . . . 32, 42
χ^2-Verteilung . . . 36
F-Verteilung . . . 40
Vertrauens- und Toleranzfaktoren (Normalverteilung) . . . 43
Extrembereich (Normalverteilung) . . . 47
Probits . . . 54
Logits . . . 56
Serienkorrelation . . . 58
Korrelationskoeffizient . . . 59
Binomialverteilung, Arcus sinus x . . . 69
— Binomialkoeffizienten . . . 70
— Potenzen von p und q . . . 78
— Vertrauensgrenzen für p . . . 85
— Vertrauensgrenzen für Np . . . 104
— Zeichentest . . . 105
POISSON-Verteilung: Vertrauensgrenzen für λ . . . 107
Vierfelder-Test (Hypergeometrische Verteilung) . . . 109
WILCOXON-Test . . . 124
Diverses . . . 128
Iterationen (runs) . . . 129
Zufallszahlen . . . 131

Mathematik

Symbole, Definitionen und Formeln . . . 132
Statistik . . . 146

Physikalische Tabellen

Maßeinheiten, Einführung . . . 172
— Index der Symbole und Abkürzungen . . . 173
— Mechanische und kalorische Maßeinheiten . . . 174
— Elektrische und magnetische Maßeinheiten . . . 189
— Radioaktiver Zerfall, radiologische Dosiseinheiten . . . 197
— Lichttechnische Einheiten . . . 200
— Akustische Einheiten und Tonskalen . . . 201
— Chemische Maßeinheiten . . . 203
Physikalische Konstanten . . . 205

Chemisch-physikalische Tabellen

Elemente, Periodisches System . . . 209
— Alphabetische Übersichten . . . 210
— Atomgewichte und andere Eigenschaften . . . 212
— Elektronenstruktur . . . 229
Flammen-Emissionsspektren . . . 230
Anwendung der künstlich radioaktiven Isotope in Medizin und Biologie . . . 234
Prinzipien der strahlentherapeutischen Anwendung radioaktiver Isotope . . . 239
Zerfallstabellen radioaktiver Isotope . . . 240
Normalatmosphäre OACI . . . 255
Quecksilberbarometer-Korrektur . . . 258
Sättigungsdruck des Wasserdampfes . . . 259
Dampfdruck und Siedepunkt des Wassers . . . 260
Umrechnung von Gasvolumen und Spirometerwerten . . . 262
Vielfache von Atomgewichten . . . 273
Molekulargewichte wichtiger Verbindungen . . . 274
Häufig gebrauchte Umrechnungen . . . 275
Zehntelnormallösungen von Salzen und anderen Reagenzien . . . 276
Pufferlösungen . . . 277
Farbstoffindikatoren . . . 279
Spezifische Gewichte von wässerigen Lösungen . . . 280
Wässerige Lösungen, Einführung . . . 287
— Berechnung der Gefrierpunktserniedrigung und des osmotischen Druckes . . . 290
— Berechnung von Kochsalz- und Glucoselösungen . . . 291
— Umrechnungsfaktoren für Elektrolyte . . . 292
— Elektrolytlösungen zur parenteralen Infusionstherapie . . . 295

Biochemie des Stoffwechsels

Inhaltsübersicht . . . 300
Bestandteile der lebenden Materie . . . 301
Stoffwechsel . . . 365
Synthese von Zellbestandteilen . . . 395
Entgiftungsmechanismen . . . 412

Vitamine

Fettlösliche Vitamine . . . 416
Wasserlösliche Vitamine . . . 421
Essentielle Nahrungsstoffe mit Vitamincharakter . . . 437
Vitamine mit nur wenig bekannter Wirkung . . . 441

Hormone

Hypophysenhormone . . . 442
Schilddrüsenhormone . . . 449
Hormone der Nebenschilddrüse . . . 450
Hormone des Nebennierenmarks . . . 451
Hormone des Pancreas . . . 453
Hormone des Gastrointestinaltrakts . . . 456
Steroidhormone . . . 456

Nahrungsstoffe

Kalorien- und Proteineinnahme bei Kindern und Jugendlichen . . . 469
Täglicher Bedarf an Kalorien, Proteinen, Mineralien, Fetten, Wasser und Vitaminen . . . 469
Chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel . . . 471
Chemische Zusammensetzung der Muttermilch . . . 484

Körper, Organe, Verdauungsflüssigkeiten, Fäces, Harn

Chemische Zusammensetzung des Körpers und einiger Organe . . . 486
Speichel . . . 487
Magensaft . . . 490
Pancreassaft . . . 493
Darmsaft . . . 494
Galle . . . 495
Fäces . . . 496
Harn . . . 497

Wasser- und Elektrolythaushalt

Wasser . . . 508
Osmotische Verhältnisse in den Körperflüssigkeiten . . . 509
Serumspiegel der klinisch wichtigsten Elektrolyte . . . 510
Elektrolytgehalt wichtiger Körperflüssigkeiten und Sekrete . . . 512
Nierenfunktionswerte . . . 514

Synopsis des Blutes

Spezifisches Gewicht . . . 516
Physikalische Daten . . . 518
Organische Bestandteile . . . 523
Anorganische Bestandteile . . . 537
Geformte Zellelemente . . . 543
Blutgerinnung . . . 552
Blutgruppen . . . 555

Synopsis des Liquors . . . 564

Sperma, Schwangerschaft, Wochenbett

Sperma . . . 568
Schwangerschaft, Geburt, Wochenbett . . . 574
Geburtshilfliche Normalmaße . . . 577

Biologisch-medizinische Normalmaße

Größe und Gewicht von Embryo und Säugling . . . 578
Auftreten der sekundären Ossifikationszentren . . . 579
Entwicklung des Gebisses . . . 582
Normalmaße des Wachstumsalters . . . 583
Durchschnitts- und Idealgewicht Erwachsener . . . 588
Lungenvolumen, Vitalkapazität . . . 589
Grundumsatz . . . 591
Blutdruck . . . 598

Infektionserreger und Infektionskrankheiten

Antibiotica, Einführung . . . 599
Infektionserreger und Infektionskrankheiten . . . 601
Systematik der Schizomycetes, Rickettsiales, Virales, Eumycetes, Protozoa und Vermes . . . 672
Index der Synonyme der Infektionserreger und Infektionskrankheiten . . . 676
Antibiotica mit erwiesener klinischer Bedeutung . . . 685

Biologische Standard- und Referenzpräparate . . . 693

Radikuläre Dermatome . . . 698

Alphabetischer Index . . . 701

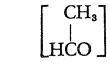
Anhang

Zeitkarte . . . 732
Umrechnungstabellen von angelsächsischen Maßeinheiten in metrische und umgekehrt . . . 734

Errata

Wir bitten die Leser, Fehler an folgende Adresse mitzuteilen: Redaktion der Documenta Geigy, J. R. Geigy A.G., Basel, Schweiz

Nachstehende Errata sind uns bis zum Abschluß der Druckarbeit bekannt geworden:

Auf Seite		ist folgender Fehler	zu korrigieren in
36–39	2. Zeile des Tabellentitels	von Unendlich bis χ^2 ($1\int r = 2\alpha$, $\frac{1}{2}\int r = \alpha$) bei χ^2-Testen	von Unendlich bis χ^2 ($1\int r = 2\alpha$, $\frac{1}{2}\int r = \alpha$ bei χ^2-Testen)
42	Tabellenkopf, 1. und 9. Kolonne	$2P$ P	$P = 2\alpha$ $\frac{1}{2}P = \alpha$
48	Rechte Spalte unten, 3. Formel	a) $u = \frac{(\bar{x}-\mu)m}{\Sigma(x_n - x_1)A_{m,n}}$	a) $u = \frac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert m}{[\Sigma(x_n - x_1)]A_{m,n}}$
52	Untere Tabelle, Testquotienten:	oder $\frac{\bar{x}-x_n}{\sigma}$	oder $\frac{\bar{x}-x_1}{\sigma}$
85–103	Tabellentitel, 1. Zeile	Vertrauensgrenzen	Vertrauensgrenzen für p
224	Fußnote *7*), 2. Zeile	ist 272,71 °C	ist — 272,71 °C
263	Linke Spalte, Torr, letzte Zeile	vgl. S. 170	vgl. S. 740
294	Literatur *1*)	*1*) Nach EDLBACHER und LEUTHARDT,	*1*) Nach LEUTHARDT,
296	Text, rechte Spalte, 2. Absatz, letzte Zeile	wirkt [62].	wirkt [26].
329	Tabellenüberschrift, 2. und 3. Zeile	9-*n*-β-Ribosid-, 3-*n*-β-Ribosid-	9-N-β-Ribosid-, 3-N-β-Ribosid-
341	Linke Spalte, oben	Zur Texteinführung fehlt der Titel	4. Porphyrine
347	Linke Spalte, letzte Formel Rechte Spalte, 3. Absatz, 1., 6. und 14. Zeile	D-Urobilinogen, D-Urobilin VAN DEN BERG	(+)-Urobilinogen, (+)-Urobilin VAN DEN BERGH
351	Rechte Spalte, Alkoxydiglyceride, 3. Zeile	Ätherverbindung	Ätherbindung
369	Linke Spalte, 1. Formel		
		[TPP]	[TPP]
	Rechte Spalte, Abschnitt 2, 2. Formel	$+ HS\text{–}R \longrightarrow R\text{–}CO\cdot S\text{–}R + AMP$	$+ HS\text{–}R' \longrightarrow R\text{–}CO\cdot S\text{–}R' + AMP$
371	Linke Spalte, 2. Absatz, 2. Zeile	S. 370	S. 369
373	Rechte Spalte, letzte Zeile der Formel	α-Ketoisovaleriansäure	α-Ketoisocapronsäure
375	Rechte Spalte, 1. Absatz nach der 1. Formelgruppe, 1. Zeile	Die folgenden Reaktionen	Obige Reaktionen
395	Tabelle, Fructose, 2. Kolonne, 2. Zeile	Phospharase	Phosphatase
412	Rechte Spalte, letzte Textzeile	von rechts nach links	von links nach rechts
426	Linke Spalte, Physiologie, 2. Absatz, 3. Zeile	butadian-(1,3)	butadien-(1,3)
434	Rechte Spalte, letzter Absatz, 1. Zeile	Vitamin wurde	Vitamin B_{12} wurde
435	Rechte Spalte, Vorkommen, 1. Zeile	Vitamin kommt	Vitamin C kommt
439	Rechte Spalte, 2. Absatz, 1. und 2. Zeile	läßt auf eine Funktion im nervösen Metaboliten	und des Liquors läßt auf eine wichtige Mesoinositfunktion im intermediären Stoffwechsel des Zentralnervensystems
441	Literatur, linke Spalte	*10*) BORNSTEIN und HARTMAN, **176**, 788 (1955);	*10*) BORNSTEIN und HARTMAN, *Nature*, **176**, 788 (1955);
442	Rechte Spalte, Gonadotropine, 2. Textzeile	Hodenatheromen	Hodenteratomen
442 ff.	Hormone	internationale Einheiten	zum letzten Stand der internationalen Einheiten und Standardpräparate der Hormone siehe S. 697
443	Rechte Spalte, oben, Therapie, 3. Zeile	SIMMONDscher	SIMMONDSscher
447	Linke Spalte, Titel zur 2. Formel	Argininvasopression	Argininvasopressin
449	Linke Spalte, 1. Zeile nach der letzten Formel	Trijodtyrosin	Trijodthyronin
	Linke Spalte, 2. Zeile von unten, und rechte Spalte, 5. Absatz, 15. und 18. Zeile	Dejodinierung	Dejodierung
451	Rechte Spalte, letzter Absatz, 4. Zeile	Resorpin	Reserpin
455	Rechte Spalte, Klinische Bedeutung, 1. Zeile	KIMMERSTIEL	KIMMELSTIEL
461	Linke Spalte, 1. Zeile	Stickstoffwechsel	Stickstoffstoffwechsel
469	1. Tabelle, Kopf	Kalorieneinnahme (cal/Tag)	Kalorieneinnahme (kcal/Tag)
478	Eier, Vollei, roh, Kolonne Eisen	7,4	2,4
483	Hefe, getrocknet, Kolonne Kohlenhydrate total Kolonne Faserstoffe Hefe, Preßhefe, Kolonne Kohlenhydrate total Kolonne Faserstoffe	 0 0 0 0	 37,4 0,8 13,0 0,3
509	Rechte Spalte, Osmotischer Druck des Plasmas, 2. Absatz, 3. Zeile	siehe S. 171 und 186	siehe S. 186 und 741
575	Drittes Trimester, 2. Zeile	28–51 Wochen	28–41 Wochen
635	*Nr. 197*, 6. Kolonne, 3. Zeile	Parota	Parotis
640	*Nr. 229*, 5. Kolonne, 2. Zeile	*Pediculus humanus* var. *humanus*	*Pediculus humanus humanus* var. *corporis*
685	Anisomycin. 5. Kolonne	UV max.; 224, 227, 283 mμ	UV max.: 224, 277, 283 mμ
686	Chloramphenicol, Kolonne Toxizität, 8. Zeile	*Lancet*, **6**, 47 (1959)	*Lancet*, **1**, 47 (1959)

Mathematische Konstanten

Konstante	Zahl	$\log_{10}$
π	3,141 593	0,4971
2π	6,283 185	0,7982
3π	9,424 778	0,9743
$\pi/2$	1,570 796	0,1961
$\pi/3$	1,047 198	0,0200
π^2	9,869 604	0,9943
π^3	31,006 277	1,4914
$\sqrt{\pi}$	1,772 454	0,2486
$\sqrt{2\pi}$	2,506 628	0,3991
$\sqrt{\pi/2}$	1,253 314	0,0980
$\sqrt[3]{\pi}$	1,464 592	0,1657
$1/\pi$	0,318 310	$-1+0{,}5029$
$1/(2\pi)$	0,159 155	$-1+0{,}2018$
$2/\pi$	0,636 620	$-1+0{,}8039$
$1/\pi^2$	0,101 321	$-1+0{,}0057$
$1/\sqrt{\pi}$	0,564 190	$-1+0{,}7514$
$180°/\pi$	57°,295 780	1,7581
e	2,718 282	0,4343
e^2	7,389 056	0,8686
$1/e$	0,367 879	$-1+0{,}5657$
$\sqrt{e}$	1,648 721	0,2171
$\log_{10} e = M$*	0,434 294	$-1+0{,}6378$
$\log_e 10 = 1/M$**	2,302 585	0,3622
C (Euler-Mascheroni-Konstante)	0,577 216	$-1+0{,}7613$

* $M \times \log_e x = \log_{10} x$.
** $(1/M) \times \log_{10} x = \log_e x$.

Griechisches Alphabet

Griechischer Buchstabe		Griechischer Name	Römischer Buchstabe	
			(deutsches Äquivalent)	
A	α	Alpha	A	a
B	β	Beta	B	b
Γ	γ	Gamma	G	g
Δ	δ	Delta	D	d
E	ε	Epsilon	$\breve{E}$	$\breve{e}$
Z	ζ	Zeta	Z	z
H	η	Eta	$\bar{E}$	$\bar{e}$
Θ	ϑ	Theta	Th	th
I	ι	Iota	I	i
K	$\varkappa$	Kappa	K	k
Λ	λ	Lambda	L	l
M	μ	My	M	m
N	ν	Ny	N	n
Ξ	ξ	Xi	X	x
O	o	Omikron	$\breve{O}$	$\breve{o}$
Π	π	Pi	P	p
P	ϱ	Rho	R	r
Σ	σ	Sigma	S	s
T	τ	Tau	T	t
Y	υ	Ypsilon	Y	y
Φ	φ	Phi	Ph	ph
X	χ	Chi	Ch	ch
Ψ	ψ	Psi	Ps	ps
Ω	ω	Omega	$\bar{O}$	$\bar{o}$

Bezeichnungen und Symbole von Vielfachen und Teilen

Symbol	Bezeichnung	Umrechnung	
T	Tera-	10^{12}	1 000 000 000 000
G	Giga-	10^{9}	1 000 000 000
M	Mega-	10^{6}	1 000 000
k	Kilo-	10^{3}	1 000
h	Hekto-	10^{2}	100
da*, dk**	Deka-	10^{1}	10
d	Dezi-	10^{-1}	0,1
c	Zenti-	10^{-2}	0,01
m	Milli-	10^{-3}	0,001
μ	Mikro-	10^{-6}	0,000 001
n	Nano-	10^{-9}	0,000 000 001
p	Piko-	10^{-12}	0,000 000 000 001

* Schweiz, Frankreich, Belgien. ** England.

Num. x	$\log x$										Zuschläge für Zehntel der Spanne								
↓ / →	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0000	0004	0009	0013	0017	0022	0026	0030	0035	0039	0	1	1	2	2	3	3	3	4
101	0043	0048	0052	0056	0060	0065	0069	0073	0077	0082	0	1	1	2	2	3	3	3	4
102	0086	0090	0095	0099	0103	0107	0111	0116	0120	0124	0	1	1	2	2	3	3	3	4
103	0128	0133	0137	0141	0145	0149	0154	0158	0162	0166	0	1	1	2	2	3	3	3	4
104	0170	0175	0179	0183	0187	0191	0195	0199	0204	0208	0	1	1	2	2	2	3	3	4
105	0212	0216	0220	0224	0228	0233	0237	0241	0245	0249	0	1	1	2	2	2	3	3	4
106	0253	0257	0261	0265	0269	0273	0278	0282	0286	0290	0	1	1	2	2	2	3	3	4
107	0294	0298	0302	0306	0310	0314	0318	0322	0326	0330	0	1	1	2	2	2	3	3	4
108	0334	0338	0342	0346	0350	0354	0358	0362	0366	0370	0	1	1	2	2	2	3	3	4
109	0374	0378	0382	0386	0390	0394	0398	0402	0406	0410	0	1	1	2	2	2	3	3	4
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

log x ↓	x → 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Zuschläge für Zehntel der Spanne 1	2	3	4	5	6	7	8	9
,00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
,01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
,02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
,03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
,04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
,05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
,06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
,07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
,08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
,09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
,10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
,11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
,12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
,13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
,14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
,15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
,16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
,17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
,18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
,19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
,20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
,21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
,22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
,23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
,24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
,25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
,26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
,27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
,28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
,29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
,30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
,31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
,32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
,33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
,34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
,35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
,36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
,37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
,38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
,39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
,40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
,41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
,42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
,43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
,44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
,45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
,46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
,47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
,48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
,49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6
,50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
,51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
,52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
,53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
,54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
,55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
,56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
,57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
,58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
,59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
,60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
,61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
,62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
,63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
,64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
,65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
,66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
,67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
,68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
,69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
,70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
,71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
,72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
,73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
,74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
,75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
,76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
,77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
,78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
,79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
,80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
,81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
,82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
,83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
,84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
,85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
,86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
,87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
,88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
,89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
,90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
,91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
,92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
,93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
,94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
,95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
,96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
,97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
,98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
,99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

x	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,000	$-\infty$	−6,90776	−6,21461	−5,80914	−5,52146	−5,29832	−5,11600	−4,96185	−4,82831	−4,71053
010	−4,60517	−4,50986	−4,42285	−4,34281	−4,26870	−4,19971	−4,13517	−4,07454	−4,01738	−3,96332
020	−3,91202	−3,86323	−3,81671	−3,77226	−3,72970	−3,68888	−3,64966	−3,61192	−3,57555	54046
030	50656	47377	44202	41125	38139	35241	32424	29684	27017	24419
040	21888	19418	17009	14656	12357	10109	07911	05761	03655	01593
0,050	−2,99573	−2,97593	−2,95651	−2,93746	−2,91877	−2,90042	−2,88240	−2,86470	−2,84731	−2,83022
060	81341	79688	78062	76462	74887	73337	71810	70306	68825	67365
070	65926	64508	63109	61730	60369	59027	57702	56395	55105	53831
080	52573	51331	50104	48891	47694	46510	45341	44185	43042	41912
090	40795	39690	38597	37516	36446	35388	34341	33304	32279	31264
0,100	−2,30259	−2,29263	−2,28278	−2,27303	−2,26336	−2,25379	−2,24432	−2,23493	−2,22562	−2,21641
110	20727	19823	18926	18037	17156	16282	15417	14558	13707	12863
120	12026	11196	10373	09557	08747	07944	07147	06357	05573	04794
130	04022	03256	02495	01741	00992	00248	−1,99510	−1,98777	−1,98050	−1,97328
140	−1,96611	−1,95900	−1,95193	−1,94491	−1,93794	−1,93102	92415	91732	91054	90381
0,150	−1,89712	−1,89048	−1,88387	−1,87732	−1,87080	−1,86433	−1,85790	−1,85151	−1,84516	−1,83885
160	83258	82635	82016	81401	80789	80181	79577	78976	78379	77786
170	77196	76609	76026	75446	74870	74297	73727	73161	72597	72037
180	71480	70926	70375	69827	69282	68740	68201	67665	67131	66601
190	66073	65548	65026	64507	63990	63476	62964	62455	61949	61445
0,200	−1,60944	−1,60445	−1,59949	−1,59455	−1,58964	−1,58475	−1,57988	−1,57504	−1,57022	−1,56542
210	56065	55590	55117	54646	54178	53712	53248	52786	52326	51868
220	51413	50959	50508	50058	49611	49165	48722	48281	47841	47403
230	46968	46534	46102	45672	45243	44817	44392	43970	43548	43129
240	42712	42296	41882	41469	41059	40650	40242	39837	39433	39030
0,250	−1,38629	−1,38230	−1,37833	−1,37437	−1,37042	−1,36649	−1,36258	−1,35868	−1,35480	−1,35093
260	34707	34323	33941	33560	33181	32803	32426	32051	31677	31304
270	30933	30564	30195	29828	29463	29098	28735	28374	28013	27654
280	27297	26940	26585	26231	25878	25527	25176	24827	24479	24133
290	23787	23443	23100	22758	22418	22078	21740	21402	21066	20731
0,300	−1,20397	−1,20065	−1,19733	−1,19402	−1,19073	−1,18744	−1,18417	−1,18091	−1,17766	−1,17441
310	17118	16796	16475	16155	15836	15518	15201	14885	14570	14256
320	13943	13631	13320	13010	12701	12393	12086	11780	11474	11170
330	10866	10564	10262	09961	09661	09362	09064	08767	08471	08176
340	07881	07587	07294	07002	06711	06421	06132	05843	05555	05268
0,350	−1,04982	−1,04697	−1,04412	−1,04129	−1,03846	−1,03564	−1,03282	−1,03002	−1,02722	−1,02443
360	02165	01888	01611	01335	01060	00786	00512	00239	−0,99967	−0,99696
370	−0,99425	−0,99155	−0,98886	−0,98618	−0,98350	−0,98083	−0,97817	−0,97551	97286	97022
380	96758	96496	96233	95972	95711	95451	95192	94933	94675	94418
390	94161	93905	93649	93395	93140	92887	92634	92382	92130	91879
0,400	−0,91629	−0,91379	−0,91130	−0,90882	−0,90634	−0,90387	−0,90140	−0,89894	−0,89649	−0,89404
410	89160	88916	88673	88431	88189	87948	87707	87467	87227	86988
420	86750	86512	86275	86038	85802	85567	85332	85097	84863	84630
430	84397	84165	83933	83702	83471	83241	83011	82782	82554	82326
440	82098	81871	81645	81419	81193	80968	80744	80520	80296	80073
0,450	−0,79851	−0,79629	−0,79407	−0,79186	−0,78966	−0,78746	−0,78526	−0,78307	−0,78089	−0,77871
460	77653	77436	77219	77003	76787	76572	76357	76143	75929	75715
470	75502	75290	75078	74866	74655	74444	74234	74024	73814	73605
480	73397	73189	72981	72774	72567	72361	72155	71949	71744	71539
490	71335	71131	70928	70725	70522	70320	70118	69917	69716	69515
0,500	−0,69315	−0,69115	−0,68916	−0,68717	−0,68518	−0,68320	−0,68122	−0,67924	−0,67727	−0,67531
510	67334	67139	66943	66748	66553	66359	66165	65971	65778	65585
520	65393	65201	65009	64817	64626	64436	64245	64055	63866	63677
530	63488	63299	63111	62923	62736	62549	62362	62176	61990	61804
540	61619	61434	61249	61065	60881	60697	60514	60331	60148	59966
0,550	−0,59784	−0,59602	−0,59421	−0,59240	−0,59059	−0,58879	−0,58699	−0,58519	−0,58340	−0,58161
560	57982	57803	57625	57448	57270	57093	56916	56740	56563	56387
570	56212	56037	55862	55687	55513	55339	55165	54991	54818	54645
580	54473	54300	54128	53957	53785	53614	53444	53273	53103	52933
590	52763	52594	52425	52256	52088	51919	51751	51584	51416	51249
0,600	−0,51083	−0,50916	−0,50750	−0,50584	−0,50418	−0,50253	−0,50088	−0,49923	−0,49758	−0,49594
610	49430	49266	49102	48939	48776	48613	48451	48289	48127	47965
620	47804	47642	47482	47321	47160	47000	46840	46681	46522	46362
630	46204	46045	45887	45728	45571	45413	45256	45099	44942	44785
640	44629	44473	44317	44161	44006	43850	43696	43541	43386	43232
0,650	−0,43078	−0,42925	−0,42771	−0,42618	−0,42465	−0,42312	−0,42159	−0,42007	−0,41855	−0,41703
660	41552	41400	41249	41098	40947	40797	40647	40497	40347	40197
670	40048	39899	39750	39601	39453	39304	39156	39008	38861	38713
680	38566	38419	38273	38126	37980	37834	37688	37542	37397	37251
690	37106	36962	36817	36673	36528	36384	36241	36097	35954	35810
0,700	−0,35667	−0,35525	−0,35382	−0,35240	−0,35098	−0,34956	−0,34814	−0,34672	−0,34531	−0,34390
710	34249	34108	33968	33827	33687	33547	33408	33268	33129	32989
720	32850	32712	32573	32435	32296	32158	32021	31883	31745	31608
730	31471	31334	31197	31061	30925	30788	30653	30517	30381	30246
740	30111	29975	29841	29706	29571	29437	29303	29169	29035	28902
0,750	−0,28768	−0,28635	−0,28502	−0,28369	−0,28236	−0,28104	−0,27971	−0,27839	−0,27707	−0,27575
760	27444	27312	27181	27050	26919	26788	26657	26527	26397	26266
770	26136	26007	25877	25748	25618	25489	25360	25231	25103	24974
780	24846	24718	24590	24462	24335	24207	24080	23953	23826	23699
790	23572	23446	23319	23193	23067	22941	22816	22690	22565	22439
0,800	−0,22314	−0,22189	−0,22065	−0,21940	−0,21816	−0,21691	−0,21567	−0,21443	−0,21319	−0,21196
810	21072	20949	20825	20702	20579	20457	20334	20212	20089	19967
820	19845	19723	19601	19480	19358	19237	19116	18995	18874	18754
830	18633	18513	18392	18272	18152	18032	17913	17793	17674	17554
840	17435	17316	17198	17079	16960	16842	16724	16605	16487	16370
0,850	−0,16252	−0,16134	−0,16017	−0,15900	−0,15782	−0,15665	−0,15548	−0,15432	−0,15315	−0,15199
860	15032	14966	14850	14734	14618	14503	14387	14272	14156	14041
870	13926	13811	13697	13582	13467	13353	13239	13125	13011	12897
880	12783	12670	12556	12443	12330	12217	12104	11991	11878	11766
890	11653	11541	11429	11317	11205	11093	10981	10870	10759	10647
0,900	−0,10536	−0,10425	−0,10314	−0,10203	−0,10093	−0,09982	−0,09872	−0,09761	−0,09651	−0,09541
910	09431	09321	09212	09102	08992	08883	08774	08665	08556	08447
920	08338	08230	08121	08013	07904	07796	07688	07580	07472	07365
930	07257	07150	07042	06935	06828	06721	06614	06507	06401	06294
940	06188	06081	05975	05869	05763	05657	05551	05446	05340	05235
0,950	−0,05129	−0,05024	−0,04919	−0,04814	−0,04709	−0,04604	−0,04500	−0,04395	−0,04291	−0,04186
960	04082	03978	03874	03770	03666	03563	03459	03356	03252	03149
970	03046	02943	02840	02737	02634	02532	02429	02327	02225	02122
980	02020	01918	01816	01715	01613	01511	01410	01309	01207	01106
990	01005	00904	00803	00702	00602	00501	00401	00300	00200	00100

* Ausrechnung des natürlichen Logarithmus (ln) von Zahlen, die in Zehnerpotenzen kleiner oder größer sind als die in den Tafeln angegebenen Zahlen: Ist die vorliegende Zahl *kleiner*, zum Beispiel $^1/_{10}$ (10^{-1}), $^1/_{100}$ (10^{-2}), $^1/_{1000}$ (10^{-3}) usw., dann *subtrahiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw.; ist sie *größer*, zum Beispiel 10mal (10^1), 100mal (10^2), 1000mal (10^3) usw., dann *addiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw. Beispiel: ln 0,02 = ln 0,2 − ln 10 oder ln 2000 = ln 200 + ln 10.

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,00	0,00000	0,00995	0,01980	0,02956	0,03922	0,04879	0,05827	0,06766	0,07696	0,08618
10	09531	10436	11333	12222	13103	13976	14842	15700	16551	17395
20	18232	19062	19885	20701	21511	22314	23111	23902	24686	25464
30	26236	27003	27763	28518	29267	30010	30748	31481	32208	32930
40	33647	34359	35066	35767	36464	37156	37844	38526	39204	39878
1,50	0,40547	0,41211	0,41871	0,42527	0,43178	0,43825	0,44469	0,45108	0,45742	0,46373
60	47000	47623	48243	48858	49470	50078	50682	51282	51879	52473
70	53063	53649	54232	54812	55389	55962	56531	57098	57661	58222
80	58779	59333	59884	60432	60977	61519	62058	62594	63127	63658
90	64185	64710	65233	65752	66269	66783	67294	67803	68310	68813
2,00	0,69315	0,69813	0,70310	0,70804	0,71295	0,71784	0,72271	0,72755	0,73237	0,73716
10	74194	74669	75142	75612	76081	76547	77011	77473	77932	78390
20	78846	79299	79751	80200	80648	81093	81536	81978	82418	82855
30	83291	83725	84157	84587	85015	85442	85866	86289	86710	87129
40	87547	87963	88377	88789	89200	89609	90016	90422	90826	91228
2,50	0,91629	0,92028	0,92426	0,92822	0,93216	0,93609	0,94001	0,94391	0,94779	0,95166
60	95551	95935	96317	96698	97078	97456	97833	98208	98582	98954
70	99325	99695	1,00063	1,00430	1,00796	1,01160	1,01523	1,01885	1,02245	1,02604
80	1,02962	1,03318	03674	04028	04380	04732	05082	05431	05779	06126
90	06471	06815	07158	07500	07841	08181	08519	08856	09192	09527
3,00	1,09861	1,10194	1,10526	1,10856	1,11186	1,11514	1,11841	1,12168	1,12493	1,12817
10	13140	13462	13783	14103	14422	14740	15057	15373	15688	16002
20	16315	16627	16938	17248	17557	17865	18173	18479	18784	19089
30	19392	19695	19996	20297	20597	20896	21194	21491	21788	22083
40	22378	22671	22964	23256	23547	23837	24127	24415	24703	24990
3,50	1,25276	1,25562	1,25846	1,26130	1,26413	1,26695	1,26976	1,27257	1,27536	1,27815
60	28093	28371	28647	28923	29198	29473	29746	30019	30291	30563
70	30833	31103	31372	31641	31909	32176	32442	32708	32972	33237
80	33500	33763	34025	34286	34547	34807	35067	35325	35584	35841
90	36098	36354	36609	36864	37118	37372	37624	37877	38128	38379
4,00	1,38629	1,38879	1,39128	1,39377	1,39624	1,39872	1,40118	1,40364	1,40610	1,40854
10	41099	41342	41585	41828	42070	42311	42552	42792	43031	43270
20	43508	43746	43984	44220	44456	44692	44927	45161	45395	45629
30	45862	46094	46326	46557	46787	47018	47247	47476	47705	47933
40	48160	48387	48614	48840	49065	49290	49515	49739	49962	50185
4,50	1,50408	1,50630	1,50851	1,51072	1,51293	1,51513	1,51732	1,51951	1,52170	1,52388
60	52606	52823	53039	53256	53471	53687	53902	54116	54330	54543
70	54756	54969	55181	55393	55604	55814	56025	56235	56444	56653
80	56862	57070	57277	57485	57691	57898	58104	58309	58515	58719
90	58924	59127	59331	59534	59737	59939	60141	60342	60543	60744
5,00	1,60944	1,61144	1,61343	1,61542	1,61741	1,61939	1,62137	1,62334	1,62531	1,62728
10	62924	63120	63315	63511	63705	63900	64094	64287	64481	64673
20	64866	65058	65250	65441	65632	65823	66013	66203	66393	66582
30	66771	66959	67147	67335	67523	67710	67896	68083	68269	68455
40	68640	68825	69010	69194	69378	69562	69745	69928	70111	70293
5,50	1,70475	1,70656	1,70838	1,71019	1,71199	1,71380	1,71560	1,71740	1,71919	1,72098
60	72277	72455	72633	72811	72988	73166	73342	73519	73695	73871
70	74047	74222	74397	74572	74746	74920	75094	75267	75440	75613
80	75786	75958	76130	76302	76473	76644	76815	76985	77156	77326
90	77495	77665	77834	78002	78171	78339	78507	78675	78842	79009
6,00	1,79176	1,79342	1,79509	1,79675	1,79840	1,80006	1,80171	1,80336	1,80500	1,80665
10	80829	80993	81156	81319	81482	81645	81808	81970	82132	82294
20	82455	82616	82777	82938	83098	83258	83418	83578	83737	83896
30	84055	84214	84372	84530	84688	84845	85003	85160	85317	85473
40	85630	85786	85942	86097	86253	86408	86563	86718	86872	87026
6,50	1,87180	1,87334	1,87487	1,87641	1,87794	1,87947	1,88099	1,88251	1,88403	1,88555
60	88707	88858	89010	89160	89311	89462	89612	89762	89912	90061
70	90211	90360	90509	90658	90806	90954	91102	91250	91398	91545
80	91692	91839	91986	92132	92279	92425	92571	92716	92862	93007
90	93152	93297	93442	93586	93730	93874	94018	94162	94305	94448
7,00	1,94591	1,94734	1,94876	1,95019	1,95161	1,95303	1,95445	1,95586	1,95727	1,95869
10	96009	96150	96291	96431	96571	96711	96851	96991	97130	97269
20	97408	97547	97685	97824	97962	98100	98238	98376	98513	98650
30	98787	98924	99061	99198	99334	99470	99606	99742	99877	2,00013
40	2,00148	2,00283	2,00418	2,00553	2,00687	2,00821	2,00956	2,01089	2,01223	01357
7,50	2,01490	2,01624	2,01757	2,01890	2,02022	2,02155	2,02287	2,02419	2,02551	2,02683
60	02815	02946	03078	03209	03340	03471	03601	03732	03862	03992
70	04122	04252	04381	04511	04640	04769	04898	05027	05156	05284
80	05412	05540	05668	05796	05924	06051	06179	06306	06433	06560
90	06686	06813	06939	07065	07191	07317	07443	07568	07694	07819
8,00	2,07944	2,08069	2,08194	2,08318	2,08443	2,08567	2,08691	2,08815	2,08939	2,09063
10	09186	09310	09433	09556	09679	09802	09924	10047	10169	10291
20	10413	10535	10657	10779	10900	11021	11142	11263	11384	11505
30	11626	11746	11866	11986	12106	12226	12346	12465	12585	12704
40	12823	12942	13061	13180	13298	13417	13535	13653	13771	13889
8,50	2,14007	2,14124	2,14242	2,14359	2,14476	2,14593	2,14710	2,14827	2,14943	2,15060
60	15176	15292	15409	15524	15640	15756	15871	15987	16102	16217
70	16332	16447	16562	16677	16791	16905	17020	17134	17248	17361
80	17475	17589	17702	17816	17929	18042	18155	18267	18380	18493
90	18605	18717	18830	18942	19054	19165	19277	19389	19500	19611
9,00	2,19722	2,19834	2,19944	2,20055	2,20166	2,20276	2,20387	2,20497	2,20607	2,20717
10	20827	20937	21047	21157	21266	21375	21485	21594	21703	21812
20	21920	22029	22138	22246	22354	22462	22570	22678	22786	22894
30	23001	23109	23216	23324	23431	23538	23645	23751	23858	23965
40	24071	24177	24284	24390	24496	24601	24707	24813	24918	25024
9,50	2,25129	2,25234	2,25339	2,25444	2,25549	2,25654	2,25759	2,25863	2,25968	2,26072
60	26176	26280	26384	26488	26592	26696	26799	26903	27006	27109
70	27213	27316	27419	27521	27624	27727	27829	27932	28034	28136
80	28238	28340	28442	28544	28646	28747	28849	28950	29051	29152
90	29253	29354	29455	29556	29657	29757	29858	29958	30058	30158

* Ausrechnung des natürlichen Logarithmus (ln) von Zahlen, die in Zehnerpotenzen kleiner oder größer sind als die in den Tafeln angegebenen Zahlen: Ist die vorliegende Zahl *kleiner*, zum Beispiel $^1/_{10}$ (10^{-1}), $^1/_{100}$ (10^{-2}), $^1/_{1000}$ (10^{-3}) usw., dann *subtrahiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw.; ist sie *größer*, zum Beispiel 10mal (10^1), 100mal (10^2), 1000mal (10^3) usw., dann *addiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw. Beispiel: ln 0,02 = ln 0,2 − ln 10 oder ln 2000 = ln 200 + ln 10.

x	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10,0	2,30259	2,31254	2,32239	2,33214	2,34181	2,35138	2,36085	2,37024	2,37955	2,38876
11,0	39790	40695	41591	42480	43361	44235	45101	45959	46810	47654
12,0	48491	49321	50144	50960	51770	52573	53370	54160	54945	55723
13,0	56495	57261	58022	58776	59525	60269	61007	61740	62467	63189
14,0	63906	64617	65324	66026	66723	67415	68102	68785	69463	70136
15,0	2,70805	2,71469	2,72130	2,72785	2,73437	2,74084	2,74727	2,75366	2,76001	2,76632
16,0	77259	77882	78501	79117	79728	80336	80940	81541	82138	82731
17,0	83321	83908	84491	85071	85647	86220	86790	87356	87920	88480
18,0	89037	89591	90142	90690	91235	91777	92316	92852	93386	93916
19,0	94444	94969	95491	96011	96527	97041	97553	98062	98568	99072
20,0	2,99573	3,00072	3,00568	3,01062	3,01553	3,02042	3,02529	3,03013	3,03495	3,03975
21,0	3,04452	04927	05400	05871	06339	06805	07269	07731	08191	08649
22,0	09104	09558	10009	10459	10906	11352	11795	12236	12676	13114
23,0	13549	13983	14415	14845	15274	15700	16125	16548	16969	17388
24,0	17805	18221	18635	19048	19458	19867	20275	20680	21084	21487
25,0	3,21888	3,22287	3,22684	3,23080	3,23475	3,23868	3,24259	3,24649	3,25037	3,25424
26,0	25810	26194	26576	26957	27336	27714	28091	28466	28840	29213
27,0	29584	29953	30322	30689	31054	31419	31782	32143	32504	32863
28,0	33220	33577	33932	34286	34639	34990	35341	35690	36038	36384
29,0	36730	37074	37417	37759	38099	38439	38777	39115	39451	39786
30,0	3,40120	3,40453	3,40784	3,41115	3,41444	3,41773	3,42100	3,42426	3,42751	3,43076
31,0	43399	43721	44042	44362	44681	44999	45316	45632	45947	46261
32,0	46574	46886	47197	47507	47816	48124	48431	48738	49043	49347
33,0	49651	49953	50255	50556	50856	51155	51453	51750	52046	52342
34,0	52636	52930	53223	53515	53806	54096	54385	54674	54962	55249
35,0	3,55535	3,55820	3,56105	3,56388	3,56671	3,56953	3,57235	3,57515	3,57795	3,58074
36,0	58352	58629	58906	59182	59457	59731	60005	60278	60550	60821
37,0	61092	61362	61631	61899	62167	62434	62700	62966	63231	63495
38,0	63759	64021	64284	64545	64806	65066	65325	65584	65842	66099
39,0	66356	66612	66868	67122	67377	67630	67883	68135	68387	68638
40,0	3,68888	3,69138	3,69387	3,69635	3,69883	3,70130	3,70377	3,70623	3,70868	3,71113
41,0	71357	71601	71844	72086	72328	72569	72810	73050	73290	73529
42,0	73767	74005	74242	74479	74715	74950	75185	75420	75654	75887
43,0	76120	76352	76584	76815	77046	77276	77506	77735	77963	78191
44,0	78419	78646	78872	79098	79324	79549	79773	79997	80221	80444
45,0	3,80666	3,80888	3,81110	3,81331	3,81551	3,81771	3,81991	3,82210	3,82428	3,82647
46,0	82864	83081	83298	83514	83730	83945	84160	84374	84588	84802
47,0	85015	85227	85439	85651	85862	86073	86283	86493	86703	86912
48,0	87120	87328	87536	87743	87950	88156	88362	88568	88773	88978
49,0	89182	89386	89589	89792	89995	90197	90399	90600	90801	91002
50,0	3,91202	3,91402	3,91602	3,91801	3,91999	3,92197	3,92395	3,92593	3,92790	3,92986
51,0	93183	93378	93574	93769	93964	94158	94352	94546	94739	94932
52,0	95124	95316	95508	95700	95891	96081	96272	96462	96651	96840
53,0	97029	97218	97406	97594	97781	97968	98155	98341	98527	98713
54,0	98898	99083	99268	99452	99636	99820	4,00003	4,00186	4,00369	4,00551
55,0	4,00733	4,00915	4,01096	4,01277	4,01458	4,01638	4,01818	4,01998	4,02177	4,02356
56,0	02535	02714	02892	03069	03247	03424	03601	03777	03954	04130
57,0	04305	04480	04655	04830	05004	05178	05352	05526	05699	05872
58,0	06044	06217	06389	06560	06732	06903	07073	07244	07414	07584
59,0	07754	07923	08092	08261	08429	08598	08766	08933	09101	09268
60,0	4,09434	4,09601	4,09767	4,09933	4,10099	4,10264	4,10429	4,10594	4,10759	4,10923
61,0	11087	11251	11415	11578	11741	11904	12066	12228	12390	12552
62,0	12713	12875	13036	13196	13357	13517	13677	13836	13996	14155
63,0	14313	14472	14630	14789	14946	15104	15261	15418	15575	15732
64,0	15888	16044	16200	16356	16511	16667	16821	16976	17131	17285
65,0	4,17439	4,17592	4,17746	4,17899	4,18052	4,18205	4,18358	4,18510	4,18662	4,18814
66,0	18965	19117	19268	19419	19570	19720	19870	20020	20170	20320
67,0	20469	20618	20767	20916	21065	21213	21361	21509	21656	21804
68,0	21951	22098	22244	22391	22537	22683	22829	22975	23120	23266
69,0	23411	23555	23700	23844	23989	24133	24276	24420	24563	24707
70,0	4,24850	4,24992	4,25135	4,25277	4,25419	4,25561	4,25703	4,25845	4,25986	4,26127
71,0	26268	26409	26549	26690	26830	26970	27110	27249	27388	27528
72,0	27667	27805	27944	28082	28221	28359	28496	28634	28772	28909
73,0	29046	29183	29320	29456	29592	29729	29865	30000	30136	30271
74,0	30407	30542	30676	30811	30946	31080	31214	31348	31482	31615
75,0	4,31749	4,31882	4,32015	4,32149	4,32281	4,32413	4,32546	4,32678	4,32810	4,32942
76,0	33073	33205	33336	33467	33598	33729	33860	33990	34120	34251
77,0	34381	34510	34640	34769	34899	35028	35157	35286	35414	35543
78,0	35671	35800	35927	36055	36182	36310	36437	36564	36691	36818
79,0	36945	37071	37198	37324	37450	37576	37701	37827	37952	38078
80,0	4,38203	4,38328	4,38452	4,38577	4,38701	4,38826	4,38950	4,39074	4,39198	4,39321
81,0	39445	39568	39692	39815	39938	40060	40183	40305	40428	40550
82,0	40672	40794	40916	41037	41159	41280	41401	41522	41643	41764
83,0	41884	42004	42125	42245	42365	42485	42604	42724	42843	42963
84,0	43082	43201	43319	43438	43557	43675	43793	43912	44030	44147
85,0	4,44265	4,44383	4,44500	4,44617	4,44735	4,44852	4,44969	4,45085	4,45202	4,45318
86,0	45435	45551	45667	45783	45899	46014	46130	46245	46361	46476
87,0	46591	46706	46820	46935	47050	47164	47278	47392	47506	47620
88,0	47734	47847	47961	48074	48187	48300	48413	48526	48639	48751
89,0	48864	48976	49088	49200	49312	49424	49536	49647	49758	49870
90,0	4,49981	4,50092	4,50203	4,50314	4,50424	4,50535	4,50645	4,50756	4,50866	4,50976
91,0	51086	51196	51305	51415	51525	51634	51743	51852	51961	52070
92,0	52179	52287	52396	52504	52613	52721	52829	52937	53045	53152
93,0	53260	53367	53475	53582	53689	53796	53903	54010	54116	54223
94,0	54329	54436	54542	54648	54754	54860	54966	55071	55177	55282
95,0	4,55388	4,55493	4,55598	4,55703	4,55808	4,55913	4,56017	4,56122	4,56226	4,56331
96,0	56435	56539	56643	56747	56851	56954	57058	57161	57265	57368
97,0	57471	57574	57677	57780	57883	57985	58088	58190	58292	58395
98,0	58497	58599	58701	58802	58904	59006	59107	59208	59310	59411
99,0	59512	59613	59714	59815	59915	60016	60116	60217	60317	60417

* Ausrechnung des natürlichen Logarithmus (ln) von Zahlen, die in Zehnerpotenzen kleiner oder größer sind als die in den Tafeln angegebenen Zahlen: Ist die vorliegende Zahl *kleiner*, zum Beispiel $^1/_{10}$ (10^{-1}), $^1/_{100}$ (10^{-2}), $^1/_{1000}$ (10^{-3}) usw., dann *subtrahiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw.; ist sie *größer*, zum Beispiel 10mal (10^1), 100mal (10^2), 1000mal (10^3) usw., dann *addiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw. Beispiel: ln 0,02 = ln 0,2 − ln 10 oder ln 2000 = ln 200 + ln 10.

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	∞	0,00000	0,69315	1,09861	1,38629	1,60944	1,79176	1,94591	2,07944	2,19722
10	2,30259	2,39790	2,48491	2,56495	2,63906	2,70805	2,77259	2,83321	89037	94444
20	99573	3,04452	3,09104	3,13549	3,17805	3,21888	3,25810	3,29584	3,33220	3,36730
30	3,40120	43399	46574	49651	52636	55535	58352	61092	63759	66356
40	68888	71357	73767	76120	78419	80666	82864	85015	87120	89182
50	3,91202	3,93183	3,95124	3,97029	3,98898	4,00733	4,02535	4,04305	4,06044	4,07754
60	4,09434	4,11087	4,12713	4,14313	4,15888	17439	18965	20469	21951	23411
70	24850	26268	27667	29046	30407	31749	33073	34381	35671	36945
80	38203	39445	40672	41884	43082	44265	45435	46591	47734	48864
90	49981	51086	52179	53260	54329	55388	56435	57471	58497	59512
100	4,60517	4,61512	4,62497	4,63473	4,64439	4,65396	4,66344	4,67283	4,68213	4,69135
110	70048	70953	71850	72739	73620	74493	75359	76217	77068	77912
120	78749	79579	80402	81218	82028	82831	83628	84419	85203	85981
130	86753	87520	88280	89035	89784	90527	91265	91998	92725	93447
140	94164	94876	95583	96284	96981	97673	98361	99043	99721	5,00395
150	5,01064	5,01728	5,02388	5,03044	5,03695	5,04343	5,04986	5,05625	5,06260	5,06890
160	07517	08140	08760	09375	09987	10595	11199	11799	12396	12990
170	13580	14166	14749	15329	15906	16479	17048	17615	18178	18739
180	19296	19850	20401	20949	21494	22036	22575	23111	23644	24175
190	24702	25227	25750	26269	26786	27300	27811	28320	28827	29330
200	5,29832	5,30330	5,30827	5,31321	5,31812	5,32301	5,32788	5,33272	5,33754	5,34233
210	34711	35186	35659	36129	36598	37064	37528	37990	38450	38907
220	39363	39816	40268	40717	41165	41610	42053	42495	42935	43372
230	43808	44242	44674	45104	45532	45959	46383	46806	47227	47646
240	48064	48480	48894	49306	49717	50126	50533	50939	51343	51745
250	5,52146	5,52545	5,52943	5,53339	5,53733	5,54126	5,54518	5,54908	5,55296	5,55683
260	56068	56452	56834	57215	57595	57973	58350	58725	59099	59471
270	59842	60212	60580	60947	61313	61677	62040	62402	62762	63121
280	63479	63835	64191	64545	64897	65249	65599	65948	66296	66643
290	66988	67332	67675	68017	68358	68698	69036	69373	69709	70044
300	5,70378	5,70711	5,71043	5,71373	5,71703	5,72031	5,72359	5,72685	5,73010	5,73334
310	73657	73979	74300	74620	74939	75257	75574	75890	76205	76519
320	76832	77144	77455	77765	78074	78383	78690	78996	79301	79606
330	79909	80212	80513	80814	81114	81413	81711	82008	82305	82600
340	82895	83188	83481	83773	84064	84354	84644	84932	85220	85507
350	5,85793	5,86079	5,86363	5,86647	5,86930	5,87212	5,87493	5,87774	5,88053	5,88332
360	88610	88888	89164	89440	89715	89990	90263	90536	90808	91080
370	91350	91620	91889	92158	92426	92693	92959	93225	93489	93754
380	94017	94280	94542	94803	95064	95324	95584	95842	96101	96358
390	96615	96871	97126	97381	97635	97889	98141	98394	98645	98896
400	5,99146	5,99396	5,99645	5,99894	6,00141	6,00389	6,00635	6,00881	6,01127	6,01372
410	6,01616	6,01859	6,02102	6,02345	02587	02828	03069	03309	03548	03787
420	04025	04263	04501	04737	04973	05209	05444	05678	05912	06146
430	06379	06611	06843	07074	07304	07535	07764	07993	08222	08450
440	08677	08904	09131	09357	09582	09807	10032	10256	10479	10702
450	6,10925	6,11147	6,11368	6,11589	6,11810	6,12030	6,12249	6,12468	6,12687	6,12905
460	13123	13340	13556	13773	13988	14204	14419	14633	14847	15060
470	15273	15486	15698	15910	16121	16331	16542	16752	16961	17170
480	17379	17587	17794	18002	18208	18415	18621	18826	19032	19236
490	19441	19644	19848	20051	20254	20456	20658	20859	21060	21261
500	6,21461	6,21661	6,21860	6,22059	6,22258	6,22456	6,22654	6,22851	6,23048	6,23245
510	23441	23637	23832	24028	24222	24417	24611	24804	24998	25190
520	25383	25575	25767	25958	26149	26340	26530	26720	26910	27099
530	27288	27476	27664	27852	28040	28227	28413	28600	28786	28972
540	29157	29342	29527	29711	29895	30079	30262	30445	30628	30810
550	6,30992	6,31173	6,31355	6,31536	6,31716	6,31897	6,32077	6,32257	6,32436	6,32615
560	32794	32972	33150	33328	33505	33683	33859	34036	34212	34388
570	34564	34739	34914	35089	35263	35437	35611	35784	35957	36130
580	36303	36475	36647	36819	36990	37161	37332	37502	37673	37843
590	38012	38182	38351	38519	38688	38856	39024	39192	39359	39526
600	6,39693	6,39859	6,40026	6,40192	6,40357	6,40523	6,40688	6,40853	6,41017	6,41182
610	41346	41510	41673	41836	41999	42162	42325	42487	42649	42811
620	42972	43133	43294	43455	43615	43775	43935	44095	44254	44413
630	44572	44731	44889	45047	45205	45362	45520	45677	45834	45990
640	46147	46303	46459	46614	46770	46925	47080	47235	47389	47543
650	6,47697	6,47851	6,48004	6,48158	6,48311	6,48464	6,48616	6,48768	6,48920	6,49072
660	49224	49375	49527	49677	49828	49979	50129	50279	50429	50578
670	50728	50877	51026	51175	51323	51471	51619	51767	51915	52062
680	52209	52356	52503	52649	52796	52942	53088	53233	53379	53524
690	53669	53814	53959	54103	54247	54391	54535	54679	54822	54965
700	6,55108	6,55251	6,55393	6,55536	6,55678	6,55820	6,55962	6,56103	6,56244	6,56386
710	56526	56667	56808	56948	57088	57228	57368	57508	57647	57786
720	57925	58064	58203	58341	58479	58617	58755	58893	59030	59167
730	59304	59441	59578	59715	59851	59987	60123	60259	60394	60530
740	60665	60800	60935	61070	61204	61338	61473	61607	61740	61874
750	6,62007	6,62141	6,62274	6,62407	6,62539	6,62672	6,62804	6,62936	6,63068	6,63200
760	63332	63463	63595	63726	63857	63988	64118	64249	64379	64509
770	64639	64769	64898	65028	65157	65286	65415	65544	65673	65801
780	65929	66058	66185	66313	66441	66568	66696	66823	66950	67077
790	67203	67330	67456	67582	67708	67834	67960	68085	68211	68336
800	6,68461	6,68586	6,68711	6,68835	6,68960	6,69084	6,69208	6,69332	6,69456	6,69580
810	69703	69827	69950	70073	70196	70319	70441	70564	70686	70808
820	70930	71052	71174	71296	71417	71538	71659	71780	71901	72022
830	72143	72263	72383	72503	72623	72743	72863	72982	73102	73221
840	73340	73459	73578	73697	73815	73934	74052	74170	74288	74406
850	6,74524	6,74641	6,74759	6,74876	6,74993	6,75110	6,75227	6,75344	6,75460	6,75577
860	75693	75809	75926	76041	76157	76273	76388	76504	76619	76734
870	76849	76964	77079	77194	77308	77422	77537	77651	77765	77878
880	77992	78106	78219	78333	78446	78559	78672	78784	78897	79010
890	79122	79234	79347	79459	79571	79682	79794	79906	80017	80128
900	6,80239	6,80351	6,80461	6,80572	6,80683	6,80793	6,80904	6,81014	6,81124	6,81235
910	81344	81454	81564	81674	81783	81892	82002	82111	82220	82329
920	82437	82546	82655	82763	82871	82979	83087	83195	83303	83411
930	83518	83626	83733	83841	83948	84055	84162	84268	84375	84482
940	84588	84694	84801	84907	85013	85118	85224	85330	85435	85541
950	6,85646	6,85751	6,85857	6,85961	6,86066	6,86171	6,86276	6,86380	6,86485	6,86589
960	86693	86797	86901	87005	87109	87213	87316	87420	87523	87626
970	87730	87833	87936	88038	88141	88244	88346	88449	88551	88653
980	88755	88857	88959	89061	89163	89264	89366	89467	89568	89669
990	89770	89871	89972	90073	90174	90274	90375	90475	90575	90675

* Ausrechnung des natürlichen Logarithmus (ln) von Zahlen, die in Zehnerpotenzen kleiner oder größer sind als die in den Tafeln angegebenen Zahlen: Ist die vorliegende Zahl *kleiner*, zum Beispiel $^1/_{10}$ (10^{-1}), $^1/_{100}$ (10^{-2}), $^1/_{1000}$ (10^{-3}) usw., dann *subtrahiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw.; ist sie *größer*, zum Beispiel 10mal (10^1), 100mal (10^2), 1000mal (10^3) usw., dann *addiere* ln 10, 2 ln 10, 3 ln 10 usw. Beispiel: ln 0,02 = ln 0,2 − ln 10 oder ln 2000 = ln 200 + ln 10.

x	e^x	$\log_{10}(e^x)$	e^{-x}	x	e^x	$\log_{10}(e^x)$	e^{-x}	x	e^x	$\log_{10}(e^x)$	e^{-x}
0,00	1,0000	0,00000	1,000000	**1,00**	2,7183	0,43429	0,367879	**2,00**	7,3891	0,86859	0,135335
0,01	1,0101	00434	0,990050	1,01	2,7456	43864	364219	2,01	7,4633	87293	133989
0,02	1,0202	00869	980199	1,02	2,7732	44298	360595	2,02	7,5383	87727	132655
0,03	1,0305	01303	970446	1,03	2,8011	44732	357007	2,03	7,6141	88162	131336
0,04	1,0408	01737	960789	1,04	2,8292	45167	353455	2,04	7,6906	88596	130029
0,05	1,0513	0,02171	0,951229	**1,05**	2,8577	0,45601	0,349938	**2,05**	7,7679	0,89030	0,128735
0,06	1,0618	02606	941765	1,06	2,8864	46035	346456	2,06	7,8460	89465	127454
0,07	1,0725	03040	932394	1,07	2,9154	46470	343009	2,07	7,9248	89899	126186
0,08	1,0833	03474	923116	1,08	2,9447	46904	339596	2,08	8,0045	90333	124930
0,09	1,0942	03909	913931	1,09	2,9743	47338	336216	2,09	8,0849	90768	123687
0,10	1,1052	0,04343	0,904837	**1,10**	3,0042	0,47772	0,332871	**2,10**	8,1662	0,91202	0,122456
0,11	1,1163	04777	895834	1,11	3,0344	48207	329559	2,11	8,2482	91636	121238
0,12	1,1275	05212	886920	1,12	3,0649	48641	326280	2,12	8,3311	92070	120032
0,13	1,1388	05646	878095	1,13	3,0957	49075	323033	2,13	8,4149	92505	118837
0,14	1,1503	06080	869358	1,14	3,1268	49510	319819	2,14	8,4994	92939	117655
0,15	1,1618	0,06514	0,860708	**1,15**	3,1582	0,49944	0,316637	**2,15**	8,5849	0,93373	0,116484
0,16	1,1735	06949	852144	1,16	3,1899	50378	313486	2,16	8,6711	93808	115325
0,17	1,1853	07383	843665	1,17	3,2220	50812	310367	2,17	8,7583	94242	114178
0,18	1,1972	07817	835270	1,18	3,2544	51247	307279	2,18	8,8463	94676	113042
0,19	1,2092	08252	826959	1,19	3,2871	51681	304221	2,19	8,9352	95110	111917
0,20	1,2214	0,08686	0,818731	**1,20**	3,3201	0,52115	0,301194	**2,20**	9,0250	0,95545	0,110803
0,21	1,2337	09120	810584	1,21	3,3535	52550	298197	2,21	9,1157	95979	109701
0,22	1,2461	09554	802519	1,22	3,3872	52984	295230	2,22	9,2073	96413	108609
0,23	1,2586	09989	794534	1,23	3,4212	53418	292293	2,23	9,2999	96848	107528
0,24	1,2712	10423	786628	1,24	3,4556	53853	289384	2,24	9,3933	97282	106459
0,25	1,2840	0,10857	0,778801	**1,25**	3,4903	0,54287	0,286505	**2,25**	9,4877	0,97716	0,105399
0,26	1,2969	11292	771052	1,26	3,5254	54721	283654	2,26	9,5831	98151	104350
0,27	1,3100	11726	763379	1,27	3,5609	55155	280832	2,27	9,6794	98585	103312
0,28	1,3231	12160	755784	1,28	3,5966	55590	278037	2,28	9,7767	99019	102284
0,29	1,3364	12595	748264	1,29	3,6328	56024	275271	2,29	9,8749	99453	101266
0,30	1,3499	0,13029	0,740818	**1,30**	3,6693	0,56458	0,272532	**2,30**	9,9742	0,99888	0,100259
0,31	1,3634	13463	733447	1,31	3,7062	56893	269820	2,31	10,074	1,00322	099261
0,32	1,3771	13897	726149	1,32	3,7434	57327	267135	2,32	10,176	00756	098274
0,33	1,3910	14332	718924	1,33	3,7810	57761	264477	2,33	10,278	01191	097296
0,34	1,4049	14766	711770	1,34	3,8190	58195	261846	2,34	10,381	01625	096328
0,35	1,4191	0,15200	0,704688	**1,35**	3,8574	0,58630	0,259240	**2,35**	10,486	1,02059	0,095369
0,36	1,4333	15635	697676	1,36	3,8962	59064	256661	2,36	10,591	02493	094420
0,37	1,4477	16069	690734	1,37	3,9354	59498	254107	2,37	10,697	02928	093481
0,38	1,4623	16503	683861	1,38	3,9749	59933	251579	2,38	10,805	03362	092551
0,39	1,4770	16937	677057	1,39	4,0149	60367	249075	2,39	10,913	03796	091630
0,40	1,4918	0,17372	0,670320	**1,40**	4,0552	0,60801	0,246597	**2,40**	11,023	1,04231	0,090718
0,41	1,5068	17806	663650	1,41	4,0960	61236	244143	2,41	11,134	04665	089815
0,42	1,5220	18240	657047	1,42	4,1371	61670	241714	2,42	11,246	05099	088922
0,43	1,5373	18675	650509	1,43	4,1787	62104	239309	2,43	11,359	05534	088037
0,44	1,5527	19109	644036	1,44	4,2207	62538	236928	2,44	11,473	05968	087161
0,45	1,5683	0,19543	0,637628	**1,45**	4,2631	0,62973	0,234570	**2,45**	11,588	1,06402	0,086294
0,46	1,5841	19978	631284	1,46	4,3060	63407	232236	2,46	11,705	06836	085435
0,47	1,6000	20412	625002	1,47	4,3492	63841	229925	2,47	11,822	07271	084585
0,48	1,6161	20846	618783	1,48	4,3929	64276	227638	2,48	11,941	07705	083743
0,49	1,6323	21280	612626	1,49	4,4371	64710	225373	2,49	12,061	08139	082910
0,50	1,6487	0,21715	0,606531	**1,50**	4,4817	0,65144	0,223130	**2,50**	12,182	1,08574	0,082085
0,51	1,6653	22149	600496	1,51	4,5267	65578	220910	2,51	12,305	09008	081268
0,52	1,6820	22583	594521	1,52	4,5722	66013	218712	2,52	12,429	09442	080460
0,53	1,6989	23018	588605	1,53	4,6182	66447	216536	2,53	12,554	09877	079659
0,54	1,7160	23452	582748	1,54	4,6646	66881	214381	2,54	12,680	10311	078866
0,55	1,7333	0,23886	0,576950	**1,55**	4,7115	0,67316	0,212248	**2,55**	12,807	1,10745	0,078082
0,56	1,7507	24320	571209	1,56	4,7588	67750	210136	2,56	12,936	11179	077305
0,57	1,7683	24755	565525	1,57	4,8066	68184	208045	2,57	13,066	11614	076536
0,58	1,7860	25189	559898	1,58	4,8550	68619	205975	2,58	13,197	12048	075774
0,59	1,8040	25623	554327	1,59	4,9037	69053	203926	2,59	13,330	12482	075020
0,60	1,8221	0,26058	0,548812	**1,60**	4,9530	0,69487	0,201897	**2,60**	13,464	1,12917	0,074274
0,61	1,8404	26492	543351	1,61	5,0028	69921	199888	2,61	13,599	13351	073535
0,62	1,8589	26926	537944	1,62	5,0531	70356	197899	2,62	13,736	13785	072803
0,63	1,8776	27361	532592	1,63	5,1039	70790	195930	2,63	13,874	14219	072078
0,64	1,8965	27795	527292	1,64	5,1552	71224	193980	2,64	14,013	14654	071361
0,65	1,9155	0,28229	0,522046	**1,65**	5,2070	0,71659	0,192050	**2,65**	14,154	1,15088	0,070651
0,66	1,9348	28663	516851	1,66	5,2593	72093	190139	2,66	14,296	15522	069948
0,67	1,9542	29098	511709	1,67	5,3122	72527	188247	2,67	14,440	15957	069252
0,68	1,9739	29532	506617	1,68	5,3656	72961	186374	2,68	14,585	16391	068563
0,69	1,9937	29966	501576	1,69	5,4195	73396	184520	2,69	14,732	16825	067881
0,70	2,0138	0,30401	0,496585	**1,70**	5,4739	0,73830	0,182684	**2,70**	14,880	1,17260	0,067206
0,71	2,0340	30835	491644	1,71	5,5290	74264	180866	2,71	15,029	17694	066537
0,72	2,0544	31269	486752	1,72	5,5845	74699	179066	2,72	15,180	18128	065875
0,73	2,0751	31703	481909	1,73	5,6407	75133	177284	2,73	15,333	18562	065219
0,74	2,0959	32138	477114	1,74	5,6973	75567	175520	2,74	15,487	18997	064570
0,75	2,1170	0,32572	0,472367	**1,75**	5,7546	0,76002	0,173774	**2,75**	15,643	1,19431	0,063928
0,76	2,1383	33006	467666	1,76	5,8124	76436	172045	2,76	15,800	19865	063292
0,77	2,1598	33441	463013	1,77	5,8709	76870	170333	2,77	15,959	20300	062662
0,78	2,1815	33875	458406	1,78	5,9299	77304	168638	2,78	16,119	20734	062039
0,79	2,2034	34309	453845	1,79	5,9895	77739	166960	2,79	16,281	21168	061421
0,80	2,2255	0,34744	0,449329	**1,80**	6,0496	0,78173	0,165299	**2,80**	16,445	1,21602	0,060810
0,81	2,2479	35178	444858	1,81	6,1104	78607	163654	2,81	16,610	22037	060205
0,82	2,2705	35612	440432	1,82	6,1719	79042	162026	2,82	16,777	22471	059606
0,83	2,2933	36046	436049	1,83	6,2339	79476	160414	2,83	16,945	22905	059013
0,84	2,3164	36481	431711	1,84	6,2965	79910	158817	2,84	17,116	23340	058426
0,85	2,3396	0,36915	0,427415	**1,85**	6,3598	0,80344	0,157237	**2,85**	17,288	1,23774	0,057844
0,86	2,3632	37349	423162	1,86	6,4237	80779	155673	2,86	17,462	24208	057269
0,87	2,3869	37784	418952	1,87	6,4883	81213	154124	2,87	17,637	24643	056699
0,88	2,4109	38218	414783	1,88	6,5535	81647	152590	2,88	17,814	25077	056135
0,89	2,4351	38652	410656	1,89	6,6194	82082	151072	2,89	17,993	25511	055576
0,90	2,4596	0,39087	0,406570	**1,90**	6,6859	0,82516	0,149569	**2,90**	18,174	1,25945	0,055023
0,91	2,4843	39521	402524	1,91	6,7531	82950	148080	2,91	18,357	26380	054476
0,92	2,5093	39955	398519	1,92	6,8210	83385	146607	2,92	18,541	26814	053934
0,93	2,5345	40389	394554	1,93	6,8895	83819	145148	2,93	18,728	27248	053397
0,94	2,5600	40824	390628	1,94	6,9588	84253	143704	2,94	18,916	27683	052866
0,95	2,5857	0,41258	0,386741	**1,95**	7,0287	0,84687	0,142274	**2,95**	19,106	1,28117	0,052340
0,96	2,6117	41692	382893	1,96	7,0993	85122	140858	2,96	19,298	28551	051819
0,97	2,6379	42127	379083	1,97	7,1707	85556	139457	2,97	19,492	28985	051303
0,98	2,6645	42561	375311	1,98	7,2427	85990	138069	2,98	19,688	29420	050793
0,99	2,6912	42995	371577	1,99	7,3155	86425	136695	2,99	19,886	29854	050287

x	e^x	$\log_{10}(e^x)$	e^{-x}	x	e^x	$\log_{10}(e^x)$	e^{-x}	x	e^x	$\log_{10}(e^x)$	e^{-x}
3,00	20,086	1,30288	0,049787	**4,00**	54,598	1,73718	0,018316	**5,00**	148,41	2,17147	0,006738
3,01	20,287	30723	049292	4,01	55,147	74152	018133	5,01	149,90	17582	006671
3,02	20,491	31157	048801	4,02	55,701	74586	017953	5,02	151,41	18016	006605
3,03	20,697	31591	048316	4,03	56,261	75021	017774	5,03	152,93	18450	006539
3,04	20,905	32026	047835	4,04	56,826	75455	017597	5,04	154,47	18884	006474
3,05	21,115	1,32460	0,047359	**4,05**	57,397	1,75889	0,017422	**5,05**	156,02	2,19319	0,006409
3,06	21,328	32894	046888	4,06	57,974	76324	017249	5,06	157,59	19753	006346
3,07	21,542	33328	046421	4,07	58,557	76758	017077	5,07	159,17	20187	006282
3,08	21,758	33763	045959	4,08	59,145	77192	016907	5,08	160,77	20622	006220
3,09	21,977	34197	045502	4,09	59,740	77626	016739	5,09	162,39	21056	006158
3,10	22,198	1,34631	0,045049	**4,10**	60,340	1,78061	0,016573	**5,10**	164,02	2,21490	0,006097
3,11	22,421	35066	044601	4,11	60,947	78495	016408	5,11	165,67	21924	006036
3,12	22,646	35500	044157	4,12	61,559	78929	016245	5,12	167,34	22359	005976
3,13	22,874	35934	043718	4,13	62,178	79364	016083	5,13	169,02	22793	005917
3,14	23,104	36368	043283	4,14	62,803	79798	015923	5,14	170,72	23227	005858
3,15	23,336	1,36803	0,042852	**4,15**	63,434	1,80232	0,015764	**5,15**	172,43	2,23662	0,005799
3,16	23,571	37237	042426	4,16	64,072	80667	015608	5,16	174,16	24096	005742
3,17	23,807	37671	042004	4,17	64,715	81101	015452	5,17	175,91	24530	005685
3,18	24,047	38106	041586	4,18	65,366	81535	015299	5,18	177,68	24965	005628
3,19	24,288	38540	041172	4,19	66,023	81969	015146	5,19	179,47	25399	005572
3,20	24,533	1,38974	0,040762	**4,20**	66,686	1,82404	0,014996	**5,20**	181,27	2,25833	0,005517
3,21	24,779	39409	040357	4,21	67,357	82838	014846	5,21	183,09	26267	005462
3,22	25,028	39843	039955	4,22	68,033	83272	014699	5,22	184,93	26702	005407
3,23	25,280	40277	039557	4,23	68,717	83707	014552	5,23	186,79	27136	005354
3,24	25,534	40711	039164	4,24	69,408	84141	014408	5,24	188,67	27570	005300
3,25	25,790	1,41146	0,038774	**4,25**	70,105	1,84575	0,014264	**5,25**	190,57	2,28005	0,005248
3,26	26,050	41580	038388	4,26	70,810	85009	014122	5,26	192,48	28439	005195
3,27	26,311	42014	038006	4,27	71,522	85444	013982	5,27	194,42	28873	005144
3,28	26,576	42449	037628	4,28	72,240	85878	013843	5,28	196,37	29307	005092
3,29	26,843	42883	037254	4,29	72,966	86312	013705	5,29	198,34	29742	005042
3,30	27,113	1,43317	0,036883	**4,30**	73,700	1,86747	0,013569	**5,30**	200,34	2,30176	0,004992
3,31	27,385	43751	036516	4,31	74,440	87181	013434	5,31	202,35	30610	004942
3,32	27,660	44186	036153	4,32	75,189	87615	013300	5,32	204,38	31045	004893
3,33	27,938	44620	035793	4,33	75,944	88050	013168	5,33	206,44	31479	004844
3,34	28,219	45054	035437	4,34	76,708	88484	013037	5,34	208,51	31913	004796
3,35	28,503	1,45489	0,035084	**4,35**	77,478	1,88918	0,012907	**5,35**	210,61	2,32348	0,004748
3,36	28,789	45923	034735	4,36	78,257	89352	012778	5,36	212,72	32782	004701
3,37	29,079	46357	034390	4,37	79,044	89787	012651	5,37	214,86	33216	004654
3,38	29,371	46792	034047	4,38	79,838	90221	012525	5,38	217,02	33650	004608
3,39	29,666	47226	033709	4,39	80,640	90655	012401	5,39	219,20	34085	004562
3,40	29,964	1,47660	0,033373	**4,40**	81,451	1,91090	0,012277	**5,40**	221,41	2,34519	0,004517
3,41	30,265	48094	033041	4,41	82,269	91524	012155	5,41	223,63	34953	004472
3,42	30,569	48529	032712	4,42	83,096	91958	012034	5,42	225,88	35388	004427
3,43	30,877	48963	032387	4,43	83,931	92392	011914	5,43	228,15	35822	004383
3,44	31,187	49397	032065	4,44	84,775	92827	011796	5,44	230,44	36256	004339
3,45	31,500	1,49832	0,031746	**4,45**	85,627	1,93261	0,011679	**5,45**	232,76	2,36690	0,004296
3,46	31,817	50266	031430	4,46	86,488	93695	011562	5,46	235,10	37125	004254
3,47	32,137	50700	031117	4,47	87,357	94130	011447	5,47	237,46	37559	004211
3,48	32,460	51134	030807	4,48	88,235	94564	011333	5,48	239,85	37993	004169
3,49	32,786	51569	030501	4,49	89,121	94998	011221	5,49	242,26	38428	004128
3,50	33,115	1,52003	0,030197	**4,50**	90,017	1,95433	0,011109				
3,51	33,448	52437	029897	4,51	90,922	95867	010998				
3,52	33,784	52872	029599	4,52	91,836	96301	010889				
3,53	34,124	53306	029305	4,53	92,759	96735	010781				
3,54	34,467	53740	029013	4,54	93,691	97170	010673	**5,5**	244,69	2,38862	0,004087
3,55	34,813	1,54175	0,028725	**4,55**	94,632	1,97604	0,010567	5,6	270,43	43205	003698
3,56	35,163	54609	028439	4,56	95,583	98038	010462	5,7	298,87	47548	003346
3,57	35,517	55043	028156	4,57	96,544	98473	010358	5,8	330,30	51891	003028
3,58	35,874	55477	027876	4,58	97,514	98907	010255	5,9	365,04	56234	002739
3,59	36,234	55912	027598	4,59	98,494	99341	010153	**6,0**	403,43	2,60577	0,002479
3,60	36,598	1,56346	0,027324	**4,60**	99,484	1,99775	0,010052	6,1	445,86	64920	002243
3,61	36,966	56780	027052	4,61	100,48	2,00210	009952	6,2	492,75	69263	002029
3,62	37,338	57215	026783	4,62	101,49	00644	009853	6,3	544,57	73606	001836
3,63	37,713	57649	026516	4,63	102,51	01078	009755	6,4	601,85	77948	001662
3,64	38,092	58083	026252	4,64	103,54	01513	009658	**6,5**	665,14	2,82291	0,001503
3,65	38,475	1,58517	0,025991	**4,65**	104,58	2,01947	0,009562	6,6	735,10	86634	001360
3,66	38,861	58952	025733	4,66	105,64	02381	009466	6,7	812,41	90977	001231
3,67	39,252	59386	025476	4,67	106,70	02816	009372	6,8	897,85	95320	001114
3,68	39,646	59820	025223	4,68	107,77	03250	009279	6,9	992,27	99663	001008
3,69	40,045	60255	024972	4,69	108,85	03684	009187	**7,0**	1096,6	3,04006	0,000912
3,70	40,447	1,60689	0,024724	**4,70**	109,95	2,04118	0,009095	7,1	1212,0	08349	000825
3,71	40,854	61123	024478	4,71	111,05	04553	009005	7,2	1339,4	12692	000747
3,72	41,264	61558	024234	4,72	112,17	04987	008915	7,3	1480,3	17035	000676
3,73	41,679	61992	023993	4,73	113,30	05421	008826	7,4	1636,0	21378	000611
3,74	42,098	62426	023754	4,74	114,43	05856	008739	**7,5**	1808,0	3,25721	0,000553
3,75	42,521	1,62860	0,023518	**4,75**	115,58	2,06290	0,008652	7,6	1998,2	30064	000501
3,76	42,948	63295	023284	4,76	116,75	06724	008566	7,7	2208,3	34407	000453
3,77	43,380	63729	023052	4,77	117,92	07158	008480	7,8	2440,6	38750	000410
3,78	43,816	64163	022823	4,78	119,10	07593	008396	7,9	2697,3	43093	000371
3,79	44,256	64598	022596	4,79	120,30	08027	008312	**8,0**	2981,0	3,47436	0,000336
3,80	44,701	1,65032	0,022371	**4,80**	121,51	2,08461	0,008230	8,1	3294,5	51779	000304
3,81	45,150	65466	022148	4,81	122,73	08896	008148	8,2	3641,0	56121	000275
3,82	45,604	65900	021928	4,82	123,97	09330	008067	8,3	4023,9	60464	000249
3,83	46,063	66335	021710	4,83	125,21	09764	007987	8,4	4447,1	64807	000225
3,84	46,525	66769	021494	4,84	126,47	10199	007907	**8,5**	4914,8	3,69150	0,000204
3,85	46,993	1,67203	0,021280	**4,85**	127,74	2,10633	0,007828	8,6	5431,7	73493	000184
3,86	47,465	67638	021068	4,86	129,02	11067	007750	8,7	6002,9	77836	000167
3,87	47,942	68072	020858	4,87	130,32	11501	007673	8,8	6634,2	82179	000151
3,88	48,424	68506	020651	4,88	131,63	11936	007597	8,9	7332,0	86522	000136
3,89	48,911	68941	020445	4,89	132,95	12370	007521	**9,0**	8103,1	3,90865	0,000123
3,90	49,402	1,69375	0,020242	**4,90**	134,29	2,12804	0,007447	9,1	8955,3	95208	000112
3,91	49,899	69809	020041	4,91	135,64	13239	007372	9,2	9897,1	99551	000101
3,92	50,400	70243	019841	4,92	137,00	13673	007299	9,3	10 938	4,03894	000091
3,93	50,907	70678	019644	4,93	138,38	14107	007227	9,4	12 088	08237	000083
3,94	51,419	71112	019448	4,94	139,77	14541	007155	**9,5**	13 360	4,12580	0,000075
3,95	51,935	1,71546	0,019255	**4,95**	141,17	2,14976	0,007083	9,6	14 765	16923	000068
3,96	52,457	71981	019063	4,96	142,59	15410	007013	9,7	16 318	21266	000061
3,97	52,985	72415	018873	4,97	144,03	15844	006943	9,8	18 034	25609	000056
3,98	53,517	72849	018686	4,98	145,47	16279	006874	9,9	19 930	29952	000050
3,99	54,055	73283	018500	4,99	146,94	16713	006806	**10,0**	22 026	4,34294	0,000045

Reziproken[1] der Zahlen 1–999

$1/n$ = Reziproke von n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	–	0,5 000 0000	0,3 333 3333	0,2 500 0000	0,2 000 0000	0,1 666 6667	0,1 428 5714	0,1 250 0000	0,1 111 1111
10	0,1 000 0000	0,0 909 0909	0,0 833 3333	0,0 769 2308	0,0 714 2857	0,0 666 6667	0,0 625 0000	0,0 588 2353	0,0 555 5556	0,0 526 3158
20	0,0 500 0000	476 1905	454 5455	434 7826	416 6667	400 0000	384 6154	370 3704	357 1429	344 8276
30	333 3333	322 5806	312 5000	303 0303	294 1176	285 7143	277 7778	270 2703	263 1579	256 4103
40	250 0000	243 9024	238 0952	232 5581	227 2727	222 2222	217 3913	212 7660	208 3333	204 0816
50	0,0 200 0000	0,0 196 0784	0,0 192 3077	0,0 188 6792	0,0 185 1852	0,0 181 8182	0,0 178 5714	0,0 175 4386	0,0 172 4138	0,0 169 4915
60	166 6667	163 9344	161 2903	158 7302	156 2500	153 8462	151 5152	149 2537	147 0588	144 9275
70	142 8571	140 8451	138 8889	136 9863	135 1351	133 3333	131 5789	129 8701	128 2051	126 5823
80	125 0000	123 4568	121 9512	120 4819	119 0476	117 6471	116 2791	114 9425	113 6364	112 3596
90	111 1111	109 8901	108 6957	107 5269	106 3830	105 2632	104 1667	103 0928	102 0408	101 0101
100	0,00 100 0000	0,00 990 0990	0,00 980 3922	0,00 970 8738	0,00 961 5385	0,00 952 3810	0,00 943 3962	0,00 934 5794	0,00 925 9259	0,00 917 4312
110	909 0909	900 9009	892 8571	884 9558	877 1930	869 5652	862 0690	854 7009	847 4576	840 3361
120	833 3333	826 4463	819 6721	813 0081	806 4516	800 0000	793 6508	787 4016	781 2500	775 1938
130	769 2308	763 3588	757 5758	751 8797	746 2687	740 7407	735 2941	729 9270	724 6377	719 4245
140	714 2857	709 2199	704 2254	699 3007	694 4444	689 6552	684 9315	680 2721	675 6757	671 1409
150	0,00 666 6667	0,00 662 2517	0,00 657 8947	0,00 653 5948	0,00 649 3506	0,00 645 1613	0,00 641 0256	0,00 636 9427	0,00 632 9114	0,00 628 9308
160	625 0000	621 1180	617 2840	613 4969	609 7561	606 0606	602 4096	598 8024	595 2381	591 7160
170	588 2353	584 7953	581 3953	578 0347	574 7126	571 4286	568 1818	564 9718	561 7978	558 6592
180	555 5556	552 4862	549 4505	546 4481	543 4783	540 5405	537 6344	534 7594	531 9149	529 1005
190	526 3158	523 5602	520 8333	518 1347	515 4639	512 8205	510 2041	507 6142	505 0505	502 5126
200	0,00 500 0000	0,00 497 5124	0,00 495 0495	0,00 492 6108	0,00 490 1961	0,00 487 8049	0,00 485 4369	0,00 483 0918	0,00 480 7692	0,00 478 4689
210	476 1905	473 9336	471 6981	469 4836	467 2897	465 1163	462 9630	460 8295	458 7156	456 6210
220	454 5455	452 4887	450 4505	448 4305	446 4286	444 4444	442 4779	440 5286	438 5965	436 6812
230	434 7826	432 9004	431 0345	429 1845	427 3504	425 5319	423 7288	421 9409	420 1681	418 4100
240	416 6667	414 9378	413 2231	411 5226	409 8361	408 1633	406 5041	404 8583	403 2258	401 6064
250	0,00 400 0000	0,00 398 4064	0,00 396 8254	0,00 395 2569	0,00 393 7008	0,00 392 1569	0,00 390 6250	0,00 389 1051	0,00 387 5969	0,00 386 1004
260	384 6154	383 1418	381 6794	380 2281	378 7879	377 3585	375 9398	374 5318	373 1343	371 7472
270	370 3704	369 0037	367 6471	366 3004	364 9635	363 6364	362 3188	361 0108	359 7122	358 4229
280	357 1429	355 8719	354 6099	353 3569	352 1127	350 8772	349 6503	348 4321	347 2222	346 0208
290	344 8276	343 6426	342 4658	341 2969	340 1361	338 9831	337 8378	336 7003	335 5705	334 4482
300	0,00 333 3333	0,00 332 2259	0,00 331 1258	0,00 330 0330	0,00 328 9474	0,00 327 8689	0,00 326 7974	0,00 325 7329	0,00 324 6753	0,00 323 6246
310	322 5806	321 5434	320 5128	319 4888	318 4713	317 4603	316 4557	315 4574	314 4654	313 4796
320	312 5000	311 5265	310 5590	309 5975	308 6420	307 6923	306 7485	305 8104	304 8780	303 9514
330	303 0303	302 1148	301 2048	300 3003	299 4012	298 5075	297 6190	296 7359	295 8580	294 9853
340	294 1176	293 2551	292 3977	291 5452	290 6977	289 8551	289 0173	288 1844	287 3563	286 5330
350	0,00 285 7143	0,00 284 9003	0,00 284 0909	0,00 283 2861	0,00 282 4859	0,00 281 6901	0,00 280 8989	0,00 280 1120	0,00 279 3296	0,00 278 5515
360	277 7778	277 0083	276 2431	275 4821	274 7253	273 9726	273 2240	272 4796	271 7391	271 0027
370	270 2703	269 5418	268 8172	268 0965	267 3797	266 6667	265 9574	265 2520	264 5503	263 8522
380	263 1579	262 4672	261 7801	261 0966	260 4167	259 7403	259 0674	258 3979	257 7320	257 0694
390	256 4103	255 7545	255 1020	254 4529	253 8071	253 1646	252 5253	251 8892	251 2563	250 6266
400	0,00 250 0000	0,00 249 3766	0,00 248 7562	0,00 248 1390	0,00 247 5248	0,00 246 9136	0,00 246 3054	0,00 245 7002	0,00 245 0980	0,00 244 4988
410	243 9024	243 3090	242 7184	242 1308	241 5459	240 9639	240 3846	239 8082	239 2344	238 6635
420	238 0952	237 5297	236 9668	236 4066	235 8491	235 2941	234 7418	234 1920	233 6449	233 1002
430	232 5581	232 0186	231 4815	230 9469	230 4147	229 8851	229 3578	228 8330	228 3105	227 7904
440	227 2727	226 7574	226 2443	225 7336	225 2252	224 7191	224 2152	223 7136	223 2143	222 7171
450	0,00 222 2222	0,00 221 7295	0,00 221 2389	0,00 220 7506	0,00 220 2643	0,00 219 7802	0,00 219 2982	0,00 218 8184	0,00 218 3406	0,00 217 8649
460	217 3913	216 9197	216 4502	215 9827	215 5172	215 0538	214 5923	214 1328	213 6752	213 2196
470	212 7660	212 3142	211 8644	211 4165	210 9705	210 5263	210 0840	209 6436	209 2050	208 7683
480	208 3333	207 9002	207 4689	207 0393	206 6116	206 1856	205 7613	205 3388	204 9180	204 4990
490	204 0816	203 6660	203 2520	202 8398	202 4291	202 0202	201 6129	201 2072	200 8032	200 4008
500	0,00 200 0000	0,00 199 6008	0,00 199 2032	0,00 198 8072	0,00 198 4127	0,00 198 0198	0,00 197 6285	0,00 197 2387	0,00 196 8504	0,00 196 4637
510	196 0784	195 6947	195 3125	194 9318	194 5525	194 1748	193 7984	193 4236	193 0502	192 6782
520	192 3077	191 9386	191 5709	191 2046	190 8397	190 4762	190 1141	189 7533	189 3939	189 0359
530	188 6792	188 3239	187 9699	187 6173	187 2659	186 9159	186 5672	186 2197	185 8736	185 5288
540	185 1852	184 8429	184 5018	184 1621	183 8235	183 4862	183 1502	182 8154	182 4818	182 1494
550	0,00 181 8182	0,00 181 4882	0,00 181 1594	0,00 180 8318	0,00 180 5054	0,00 180 1802	0,00 179 8561	0,00 179 5332	0,00 179 2115	0,00 178 8909
560	178 5714	178 2531	177 9359	177 6199	177 3050	176 9912	176 6784	176 3668	176 0563	175 7469
570	175 4386	175 1313	174 8252	174 5201	174 2160	173 9130	173 6111	173 3102	173 0104	172 7116
580	172 4138	172 1170	171 8213	171 5266	171 2329	170 9402	170 6485	170 3578	170 0680	169 7793
590	169 4915	169 2047	168 9189	168 6341	168 3502	168 0672	167 7852	167 5042	167 2241	166 9449
600	0,00 166 6667	0,00 166 3894	0,00 166 1130	0,00 165 8375	0,00 165 5629	0,00 165 2893	0,00 165 0165	0,00 164 7446	0,00 164 4737	0,00 164 2036
610	163 9344	163 6661	163 3987	163 1321	162 8664	162 6016	162 3377	162 0746	161 8123	161 5509
620	161 2903	161 0306	160 7717	160 5136	160 2564	160 0000	159 7444	159 4896	159 2357	158 9825
630	158 7302	158 4786	158 2278	157 9779	157 7287	157 4803	157 2327	156 9859	156 7398	156 4945
640	156 2500	156 0062	155 7632	155 5210	155 2795	155 0388	154 7988	154 5595	154 3210	154 0832
650	0,00 153 8462	0,00 153 6098	0,00 153 3742	0,00 153 1394	0,00 152 9052	0,00 152 6718	0,00 152 4390	0,00 152 2070	0,00 151 9757	0,00 151 7451
660	151 5152	151 2859	151 0574	150 8296	150 6024	150 3759	150 1502	149 9250	149 7006	149 4768
670	149 2537	149 0313	148 8095	148 5884	148 3680	148 1481	147 9290	147 7105	147 4926	147 2754
680	147 0588	146 8429	146 6276	146 4129	146 1988	145 9854	145 7726	145 5604	145 3488	145 1379
690	144 9275	144 7178	144 5087	144 3001	144 0922	143 8849	143 6782	143 4720	143 2665	143 0615
700	0,00 142 8571	0,00 142 6534	0,00 142 4501	0,00 142 2475	0,00 142 0455	0,00 141 8440	0,00 141 6431	0,00 141 4427	0,00 141 2429	0,00 141 0437
710	140 8451	140 6470	140 4494	140 2525	140 0560	139 8601	139 6648	139 4700	139 2758	139 0821
720	138 8889	138 6963	138 5042	138 3126	138 1215	137 9310	137 7410	137 5516	137 3626	137 1742
730	136 9863	136 7989	136 6120	136 4256	136 2398	136 0544	135 8696	135 6852	135 5014	135 3180
740	135 1351	134 9528	134 7709	134 5895	134 4086	134 2282	134 0483	133 8688	133 6898	133 5113
750	0,00 133 3333	0,00 133 1558	0,00 132 9787	0,00 132 8021	0,00 132 6260	0,00 132 4503	0,00 132 2751	0,00 132 1004	0,00 131 9261	0,00 131 7523
760	131 5789	131 4060	131 2336	131 0616	130 8901	130 7190	130 5483	130 3781	130 2083	130 0390
770	129 8701	129 7017	129 5337	129 3661	129 1990	129 0323	128 8660	128 7001	128 5347	128 3697
780	128 2051	128 0410	127 8772	127 7139	127 5510	127 3885	127 2265	127 0648	126 9036	126 7427
790	126 5823	126 4223	126 2626	126 1034	125 9446	125 7862	125 6281	125 4705	125 3133	125 1564
800	0,00 125 0000	0,00 124 8439	0,00 124 6883	0,00 124 5330	0,00 124 3781	0,00 124 2236	0,00 124 0695	0,00 123 9157	0,00 123 7624	0,00 123 6094
810	123 4568	123 3046	123 1527	123 0012	122 8501	122 6994	122 5490	122 3990	122 2494	122 1001
820	121 9512	121 8027	121 6545	121 5067	121 3592	121 2121	121 0654	120 9190	120 7729	120 6273
830	120 4819	120 3369	120 1923	120 0480	119 9041	119 7605	119 6172	119 4743	119 3317	119 1895
840	119 0476	118 9061	118 7648	118 6240	118 4834	118 3432	118 2033	118 0638	117 9245	117 7856
850	0,00 117 6471	0,00 117 5088	0,00 117 3709	0,00 117 2333	0,00 117 0960	0,00 116 9591	0,00 116 8224	0,00 116 6861	0,00 116 5501	0,00 116 4144
860	116 2791	116 1440	116 0093	115 8749	115 7407	115 6069	115 4734	115 3403	115 2074	115 0748
870	114 9425	114 8106	114 6789	114 5475	114 4165	114 2857	114 1553	114 0251	113 8952	113 7656
880	113 6364	113 5074	113 3787	113 2503	113 1222	112 9944	112 8668	112 7396	112 6126	112 4859
890	112 3596	112 2334	112 1076	111 9821	111 8568	111 7318	111 6071	111 4827	111 3586	111 2347
900	0,00 111 1111	0,00 110 9878	0,00 110 8647	0,00 110 7420	0,00 110 6195	0,00 110 4972	0,00 110 3753	0,00 110 2536	0,00 110 1322	0,00 110 0110
910	109 8901	109 7695	109 6491	109 5290	109 4092	109 2896	109 1703	109 0513	108 9325	108 8139
920	108 6957	108 5776	108 4599	108 3424	108 2251	108 1081	107 9914	107 8749	107 7586	107 6426
930	107 5269	107 4114	107 2961	107 1811	107 0664	106 9519	106 8376	106 7236	106 6098	106 4963
940	106 3830	106 2699	106 1571	106 0445	105 9322	105 8201	105 7082	105 5966	105 4852	105 3741
950	0,00 105 2632	0,00 105 1525	0,00 105 0420	0,00 104 9318	0,00 104 8218	0,00 104 7120	0,00 104 6025	0,00 104 4932	0,00 104 3841	0,00 104 2753
960	104 1667	104 0583	103 9501	103 8422	103 7344	103 6269	103 5197	103 4126	103 3058	103 1992
970	103 0928	102 9866	102 8807	102 7749	102 6694	102 5641	102 4590	102 3541	102 2495	102 1450
980	102 0408	101 9368	101 8330	101 7294	101 6260	101 5228	101 4199	101 3171	101 2146	101 1122
990	101 0101	100 9082	100 8065	100 7049	100 6036	100 5025	100 4016	100 3009	100 2004	100 1001

1) Werte nach COMRIE, L. J. (Hrsg.), *Barlow's Tables of Squares, Cubes, Square Roots, Cube Roots and Reciprocals of all Integers up to 12,500*, 4. Aufl., Spon, London (1958). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	8	27	64	125	216	343	512	729
10	1 000	1 331	1 728	2 197	2 744	3 375	4 096	4 913	5 832	6 859
20	8 000	9 261	10 648	12 167	13 824	15 625	17 576	19 683	21 952	24 389
30	27 000	29 791	32 768	35 937	39 304	42 875	46 656	50 653	54 872	59 319
40	64 000	68 921	74 088	79 507	85 184	91 125	97 336	103 823	110 592	117 649
50	125 000	132 651	140 608	148 877	157 464	166 375	175 616	185 193	195 112	205 379
60	216 000	226 981	238 328	250 047	262 144	274 625	287 496	300 763	314 432	328 509
70	343 000	357 911	373 248	389 017	405 224	421 875	438 976	456 533	474 552	493 039
80	512 000	531 441	551 368	571 787	592 704	614 125	636 056	658 503	681 472	704 969
90	729 000	753 571	778 688	804 357	830 584	857 375	884 736	912 673	941 192	970 299
100	1 000 000	1 030 301	1 061 208	1 092 727	1 124 864	1 157 625	1 191 016	1 225 043	1 259 712	1 295 029
110	1 331 000	1 367 631	1 404 928	1 442 897	1 481 544	1 520 875	1 560 896	1 601 613	1 643 032	1 685 159
120	1 728 000	1 771 561	1 815 848	1 860 867	1 906 624	1 953 125	2 000 376	2 048 383	2 097 152	2 146 689
130	2 197 000	2 248 091	2 299 968	2 352 637	2 406 104	2 460 375	2 515 456	2 571 353	2 628 072	2 685 619
140	2 744 000	2 803 221	2 863 288	2 924 207	2 985 984	3 048 625	3 112 136	3 176 523	3 241 792	3 307 949
150	3 375 000	3 442 951	3 511 808	3 581 577	3 652 264	3 723 875	3 796 416	3 869 893	3 944 312	4 019 679
160	4 096 000	4 173 281	4 251 528	4 330 747	4 410 944	4 492 125	4 574 296	4 657 463	4 741 632	4 826 809
170	4 913 000	5 000 211	5 088 448	5 177 717	5 268 024	5 359 375	5 451 776	5 545 233	5 639 752	5 735 339
180	5 832 000	5 929 741	6 028 568	6 128 487	6 229 504	6 331 625	6 434 856	6 539 203	6 644 672	6 751 269
190	6 859 000	6 967 871	7 077 888	7 189 057	7 301 384	7 414 875	7 529 536	7 645 373	7 762 392	7 880 599
200	8 000 000	8 120 601	8 242 408	8 365 427	8 489 664	8 615 125	8 741 816	8 869 743	8 998 912	9 129 329
210	9 261 000	9 393 931	9 528 128	9 663 597	9 800 344	9 938 375	10 077 696	10 218 313	10 360 232	10 503 459
220	10 648 000	10 793 861	10 941 048	11 089 567	11 239 424	11 390 625	11 543 176	11 697 083	11 852 352	12 008 989
230	12 167 000	12 326 391	12 487 168	12 649 337	12 812 904	12 977 875	13 144 256	13 312 053	13 481 272	13 651 919
240	13 824 000	13 997 521	14 172 488	14 348 907	14 526 784	14 706 125	14 886 936	15 069 223	15 252 992	15 438 249
250	15 625 000	15 813 251	16 003 008	16 194 277	16 387 064	16 581 375	16 777 216	16 974 593	17 173 512	17 373 979
260	17 576 000	17 779 581	17 984 728	18 191 447	18 399 744	18 609 625	18 821 096	19 034 163	19 248 832	19 465 109
270	19 683 000	19 902 511	20 123 648	20 346 417	20 570 824	20 796 875	21 024 576	21 253 933	21 484 952	21 717 639
280	21 952 000	22 188 041	22 425 768	22 665 187	22 906 304	23 149 125	23 393 656	23 639 903	23 887 872	24 137 569
290	24 389 000	24 642 171	24 897 088	25 153 757	25 412 184	25 672 375	25 934 336	26 198 073	26 463 592	26 730 899
300	27 000 000	27 270 901	27 543 608	27 818 127	28 094 464	28 372 625	28 652 616	28 934 443	29 218 112	29 503 629
310	29 791 000	30 080 231	30 371 328	30 664 297	30 959 144	31 255 875	31 554 496	31 855 013	32 157 432	32 461 759
320	32 768 000	33 076 161	33 386 248	33 698 267	34 012 224	34 328 125	34 645 976	34 965 783	35 287 552	35 611 289
330	35 937 000	36 264 691	36 594 368	36 926 037	37 259 704	37 595 375	37 933 056	38 272 753	38 614 472	38 958 219
340	39 304 000	39 651 821	40 001 688	40 353 607	40 707 584	41 063 625	41 421 736	41 781 923	42 144 192	42 508 549
350	42 875 000	43 243 551	43 614 208	43 986 977	44 361 864	44 738 875	45 118 016	45 499 293	45 882 712	46 268 279
360	46 656 000	47 045 881	47 437 928	47 832 147	48 228 544	48 627 125	49 027 896	49 430 863	49 836 032	50 243 409
370	50 653 000	51 064 811	51 478 848	51 895 117	52 313 624	52 734 375	53 157 376	53 582 633	54 010 152	54 439 939
380	54 872 000	55 306 341	55 742 968	56 181 887	56 623 104	57 066 625	57 512 456	57 960 603	58 411 072	58 863 869
390	59 319 000	59 776 471	60 236 288	60 698 457	61 162 984	61 629 875	62 099 136	62 570 773	63 044 792	63 521 199
400	64 000 000	64 481 201	64 964 808	65 450 827	65 939 264	66 430 125	66 923 416	67 419 143	67 917 312	68 417 929
410	68 921 000	69 426 531	69 934 528	70 444 997	70 957 944	71 473 375	71 991 296	72 511 713	73 034 632	73 560 059
420	74 088 000	74 618 461	75 151 448	75 686 967	76 225 024	76 765 625	77 308 776	77 854 483	78 402 752	78 953 589
430	79 507 000	80 062 991	80 621 568	81 182 737	81 746 504	82 312 875	82 881 856	83 453 453	84 027 672	84 604 519
440	85 184 000	85 766 121	86 350 888	86 938 307	87 528 384	88 121 125	88 716 536	89 314 623	89 915 392	90 518 849
450	91 125 000	91 733 851	92 345 408	92 959 677	93 576 664	94 196 375	94 818 816	95 443 993	96 071 912	96 702 579
460	97 336 000	97 972 181	98 611 128	99 252 847	99 897 344	100 544 625	101 194 696	101 847 563	102 503 232	103 161 709
470	103 823 000	104 487 111	105 154 048	105 823 817	106 496 424	107 171 875	107 850 176	108 531 333	109 215 352	109 902 239
480	110 592 000	111 284 641	111 980 168	112 678 587	113 379 904	114 084 125	114 791 256	115 501 303	116 214 272	116 930 169
490	117 649 000	118 370 771	119 095 488	119 823 157	120 553 784	121 287 375	122 023 936	122 763 473	123 505 992	124 251 499
500	125 000 000	125 751 501	126 506 008	127 263 527	128 024 064	128 787 625	129 554 216	130 323 843	131 096 512	131 872 229
510	132 651 000	133 432 831	134 217 728	135 005 697	135 796 744	136 590 875	137 388 096	138 188 413	138 991 832	139 798 359
520	140 608 000	141 420 761	142 236 648	143 055 667	143 877 824	144 703 125	145 531 576	146 363 183	147 197 952	148 035 889
530	148 877 000	149 721 291	150 568 768	151 419 437	152 273 304	153 130 375	153 990 656	154 854 153	155 720 872	156 590 819
540	157 464 000	158 340 421	159 220 088	160 103 007	160 989 184	161 878 625	162 771 336	163 667 323	164 566 592	165 469 149
550	166 375 000	167 284 151	168 196 608	169 112 377	170 031 464	170 953 875	171 879 616	172 808 693	173 741 112	174 676 879
560	175 616 000	176 558 481	177 504 328	178 453 547	179 406 144	180 362 125	181 321 496	182 284 263	183 250 432	184 220 009
570	185 193 000	186 169 411	187 149 248	188 132 517	189 119 224	190 109 375	191 102 976	192 100 033	193 100 552	194 104 539
580	195 112 000	196 122 941	197 137 368	198 155 287	199 176 704	200 201 625	201 230 056	202 262 003	203 297 472	204 336 469
590	205 379 000	206 425 071	207 474 688	208 527 857	209 584 584	210 644 875	211 708 736	212 776 173	213 847 192	214 921 799
600	216 000 000	217 081 801	218 167 208	219 256 227	220 348 864	221 445 125	222 545 016	223 648 543	224 755 712	225 866 529
610	226 981 000	228 099 131	229 220 928	230 346 397	231 475 544	232 608 375	233 744 896	234 885 113	236 029 032	237 176 659
620	238 328 000	239 483 061	240 641 848	241 804 367	242 970 624	244 140 625	245 314 376	246 491 883	247 673 152	248 858 189
630	250 047 000	251 239 591	252 435 968	253 636 137	254 840 104	256 047 875	257 259 456	258 474 853	259 694 072	260 917 119
640	262 144 000	263 374 721	264 609 288	265 847 707	267 089 984	268 336 125	269 586 136	270 840 023	272 097 792	273 359 449
650	274 625 000	275 894 451	277 167 808	278 445 077	279 726 264	281 011 375	282 300 416	283 593 393	284 890 312	286 191 179
660	287 496 000	288 804 781	290 117 528	291 434 247	292 754 944	294 079 625	295 408 296	296 740 963	298 077 632	299 418 309
670	300 763 000	302 111 711	303 464 448	304 821 217	306 182 024	307 546 875	308 915 776	310 288 733	311 665 752	313 046 839
680	314 432 000	315 821 241	317 214 568	318 611 987	320 013 504	321 419 125	322 828 856	324 242 703	325 660 672	327 082 769
690	328 509 000	329 939 371	331 373 888	332 812 557	334 255 384	335 702 375	337 153 536	338 608 873	340 068 392	341 532 099
700	343 000 000	344 472 101	345 948 408	347 428 927	348 913 664	350 402 625	351 895 816	353 393 243	354 894 912	356 400 829
710	357 911 000	359 425 431	360 944 128	362 467 097	363 994 344	365 525 875	367 061 696	368 601 813	370 146 232	371 694 959
720	373 248 000	374 805 361	376 367 048	377 933 067	379 503 424	381 078 125	382 657 176	384 240 583	385 828 352	387 420 489
730	389 017 000	390 617 891	392 223 168	393 832 837	395 446 904	397 065 375	398 688 256	400 315 553	401 947 272	403 583 419
740	405 224 000	406 869 021	408 518 488	410 172 407	411 830 784	413 493 625	415 160 936	416 832 723	418 508 992	420 189 749
750	421 875 000	423 564 751	425 259 008	426 957 777	428 661 064	430 368 875	432 081 216	433 798 093	435 519 512	437 245 479
760	438 976 000	440 711 081	442 450 728	444 194 947	445 943 744	447 697 125	449 455 096	451 217 663	452 984 832	454 756 609
770	456 533 000	458 314 011	460 099 648	461 889 917	463 684 824	465 484 375	467 288 576	469 097 433	470 910 952	472 729 139
780	474 552 000	476 379 541	478 211 768	480 048 687	481 890 304	483 736 625	485 587 656	487 443 403	489 303 872	491 169 069
790	493 039 000	494 913 671	496 793 088	498 677 257	500 566 184	502 459 875	504 358 336	506 261 573	508 169 592	510 082 399
800	512 000 000	513 922 401	515 849 608	517 781 627	519 718 464	521 660 125	523 606 616	525 557 943	527 514 112	529 475 129
810	531 441 000	533 411 731	535 387 328	537 367 797	539 353 144	541 343 375	543 338 496	545 338 513	547 343 432	549 353 259
820	551 368 000	553 387 661	555 412 248	557 441 767	559 476 224	561 515 625	563 559 976	565 609 283	567 663 552	569 722 789
830	571 787 000	573 856 191	575 930 368	578 009 537	580 093 704	582 182 875	584 277 056	586 376 253	588 480 472	590 589 719
840	592 704 000	594 823 321	596 947 688	599 077 107	601 211 584	603 351 125	605 495 736	607 645 423	609 800 192	611 960 049
850	614 125 000	616 295 051	618 470 208	620 650 477	622 835 864	625 026 375	627 222 016	629 422 793	631 628 712	633 839 779
860	636 056 000	638 277 381	640 503 928	642 735 647	644 972 544	647 214 625	649 461 896	651 714 363	653 972 032	656 234 909
870	658 503 000	660 776 311	663 054 848	665 338 617	667 627 624	669 921 875	672 221 376	674 526 133	676 836 152	679 151 439
880	681 472 000	683 797 841	686 128 968	688 465 387	690 807 104	693 154 125	695 506 456	697 864 103	700 227 072	702 595 369
890	704 969 000	707 347 971	709 732 288	712 121 957	714 516 984	716 917 375	719 323 136	721 734 273	724 150 792	726 572 699
900	729 000 000	731 432 701	733 870 808	736 314 327	738 763 264	741 217 625	743 677 416	746 142 643	748 613 312	751 089 429
910	753 571 000	756 058 031	758 550 528	761 048 497	763 551 944	766 060 875	768 575 296	771 095 213	773 620 632	776 151 559
920	778 688 000	781 229 961	783 777 448	786 330 467	788 889 024	791 453 125	794 022 776	796 597 983	799 178 752	801 765 089
930	804 357 000	806 954 491	809 557 568	812 166 237	814 780 504	817 400 375	820 025 856	822 656 953	825 293 672	827 936 019
940	830 584 000	833 237 621	835 896 888	838 561 807	841 232 384	843 908 625	846 590 536	849 278 123	851 971 392	854 670 349
950	857 375 000	860 085 351	862 801 408	865 523 177	868 250 664	870 983 875	873 722 816	876 467 493	879 217 912	881 974 079
960	884 736 000	887 503 681	890 277 128	893 056 347	895 841 344	898 632 125	901 428 696	904 231 063	907 039 232	909 853 209
970	912 673 000	915 498 611	918 330 048	921 167 317	924 010 424	926 859 375	929 714 176	932 574 833	935 441 352	938 313 739
980	941 192 000	944 076 141	946 966 168	949 862 087	952 763 904	955 671 625	958 585 256	961 504 803	964 430 272	967 361 669
990	970 299 000	973 242 271	976 191 488	979 146 657	982 107 784	985 074 875	988 047 936	991 026 973	994 011 992	997 002 999

1) Werte nach COMRIE, L. J. (Hrsg.), *Barlow's Tables of Squares, Cubes, Square Roots, Cube Roots and Reciprocals of all Integers up to 12,500*, 4. Aufl., Spon, London (1958). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

Quadrate und Quadratwurzeln[1] der Zahlen 1–399

$\sqrt{100n} = 10\sqrt{n}$ $\sqrt{1000n} = 10\sqrt{10n}$ $\sqrt{0{,}1n} = 0{,}1\sqrt{10n}$ $\sqrt{0{,}01n} = 0{,}1\sqrt{n}$ $\sqrt{0{,}001n} = 0{,}01\sqrt{10n}$

n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$
				100	1 00 00	10,000 0000	31,622 777	**200**	4 00 00	14,142 1356	44,721 360	**300**	9 00 00	17,320 5081	54,772 256
1	1	1,000 0000	3,162 2777	101	1 02 01	10,049 8756	31,780 497	201	4 04 01	14,177 4469	44,833 024	301	9 06 01	17,349 3516	54,863 467
2	4	1,414 2136	4,472 1360	102	1 04 04	10,099 5049	31,937 439	202	4 08 04	14,212 6704	44,944 410	302	9 12 04	17,378 1472	54,954 527
3	9	1,732 0508	5,477 2256	103	1 06 09	10,148 8916	32,093 613	203	4 12 09	14,247 8068	45,055 521	303	9 18 09	17,406 8952	55,045 436
4	16	2,000 0000	6,324 5553	104	1 08 16	10,198 0390	32,249 031	204	4 16 16	14,282 8569	45,166 359	304	9 24 16	17,435 5958	55,136 195
5	25	2,236 0680	7,071 0678	**105**	1 10 25	10,246 9508	32,403 703	**205**	4 20 25	14,317 8211	45,276 926	**305**	9 30 25	17,464 2492	55,226 805
6	36	2,449 4897	7,745 9667	106	1 12 36	10,295 6301	32,557 641	206	4 24 36	14,352 7001	45,387 223	306	9 36 36	17,492 8557	55,317 267
7	49	2,645 7513	8,366 6003	107	1 14 49	10,344 0804	32,710 854	207	4 28 49	14,387 4946	45,497 253	307	9 42 49	17,521 4155	55,407 581
8	64	2,828 4271	8,944 2719	108	1 16 64	10,392 3048	32,863 353	208	4 32 64	14,422 2051	45,607 017	308	9 48 64	17,549 9288	55,497 748
9	81	3,000 0000	9,486 8330	109	1 18 81	10,440 3065	33,015 148	209	4 36 81	14,456 8323	45,716 518	309	9 54 81	17,578 3958	55,587 768
10	1 00	3,162 2777	10,000 0000	**110**	1 21 00	10,488 0885	33,166 248	**210**	4 41 00	14,491 3767	45,825 757	**310**	9 61 00	17,606 8169	55,677 644
11	1 21	3,316 6248	10,488 0885	111	1 23 21	10,535 6538	33,316 662	211	4 45 21	14,525 8390	45,934 736	311	9 67 21	17,635 1921	55,767 374
12	1 44	3,464 1016	10,954 4512	112	1 25 44	10,583 0052	33,466 401	212	4 49 44	14,560 2198	46,043 458	312	9 73 44	17,663 5217	55,856 960
13	1 69	3,605 5513	11,401 7543	113	1 27 69	10,630 1458	33,615 473	213	4 53 69	14,594 5195	46,151 923	313	9 79 69	17,691 8060	55,946 403
14	1 96	3,741 6574	11,832 1596	114	1 29 96	10,677 0783	33,763 886	214	4 57 96	14,628 7388	46,260 134	314	9 85 96	17,720 0451	56,035 703
15	2 25	3,872 9833	12,247 4487	**115**	1 32 25	10,723 8053	33,911 650	**215**	4 62 25	14,662 8783	46,368 092	**315**	9 92 25	17,748 2393	56,124 861
16	2 56	4,000 0000	12,649 1106	116	1 34 56	10,770 3296	34,058 773	216	4 66 56	14,696 9385	46,475 800	316	9 98 56	17,776 3888	56,213 877
17	2 89	4,123 1056	13,038 4048	117	1 36 89	10,816 6538	34,205 263	217	4 70 89	14,730 9199	46,583 259	317	10 04 89	17,804 4938	56,302 753
18	3 24	4,242 6407	13,416 4079	118	1 39 24	10,862 7805	34,351 128	218	4 75 24	14,764 8231	46,690 470	318	10 11 24	17,832 5545	56,391 489
19	3 61	4,358 8989	13,784 0488	119	1 41 61	10,908 7121	34,496 377	219	4 79 61	14,798 6486	46,797 436	319	10 17 61	17,860 5711	56,480 085
20	4 00	4,472 1360	14,142 1356	**120**	1 44 00	10,954 4512	34,641 016	**220**	4 84 00	14,832 3970	46,904 158	**320**	10 24 00	17,888 5438	56,568 542
21	4 41	4,582 5757	14,491 3767	121	1 46 41	11,000 0000	34,785 054	221	4 88 41	14,866 0687	47,010 637	321	10 30 41	17,916 4729	56,656 862
22	4 84	4,690 4158	14,832 3970	122	1 48 84	11,045 3610	34,928 498	222	4 92 84	14,899 6644	47,116 876	322	10 36 84	17,944 3584	56,745 044
23	5 29	4,795 8315	15,165 7509	123	1 51 29	11,090 5365	35,071 356	223	4 97 29	14,933 1845	47,222 876	323	10 43 29	17,972 2008	56,833 089
24	5 76	4,898 9795	15,491 9334	124	1 53 76	11,135 5287	35,213 634	224	5 01 76	14,966 6295	47,328 638	324	10 49 76	18,000 0000	56,920 998
25	6 25	5,000 0000	15,811 3883	**125**	1 56 25	11,180 3399	35,355 339	**225**	5 06 25	15,000 0000	47,434 165	**325**	10 56 25	18,027 7564	57,008 771
26	6 76	5,099 0195	16,124 5155	126	1 58 76	11,224 9722	35,496 479	226	5 10 76	15,033 2964	47,539 457	326	10 62 76	18,055 4701	57,096 410
27	7 29	5,196 1524	16,431 6767	127	1 61 29	11,269 4277	35,637 059	227	5 15 29	15,066 5192	47,644 517	327	10 69 29	18,083 1413	57,183 914
28	7 84	5,291 5026	16,733 2005	128	1 63 84	11,313 7085	35,777 088	228	5 19 84	15,099 6689	47,749 346	328	10 75 84	18,110 7703	57,271 284
29	8 41	5,385 1648	17,029 3864	129	1 66 41	11,357 8167	35,916 570	229	5 24 41	15,132 7460	47,853 944	329	10 82 41	18,138 3571	57,358 522
30	9 00	5,477 2256	17,320 5081	**130**	1 69 00	11,401 7543	36,055 513	**230**	5 29 00	15,165 7509	47,958 315	**330**	10 89 00	18,165 9021	57,445 626
31	9 61	5,567 7644	17,606 8169	131	1 71 61	11,445 5231	36,193 922	231	5 33 61	15,198 6842	48,062 459	331	10 95 61	18,193 4054	57,532 599
32	10 24	5,656 8542	17,888 5438	132	1 74 24	11,489 1253	36,331 804	232	5 38 24	15,231 5462	48,166 378	332	11 02 24	18,220 8672	57,619 441
33	10 89	5,744 5626	18,165 9021	133	1 76 89	11,532 5626	36,469 165	233	5 42 89	15,264 3375	48,270 074	333	11 08 89	18,248 2876	57,706 152
34	11 56	5,830 9519	18,439 0889	134	1 79 56	11,575 8369	36,606 010	234	5 47 56	15,297 0585	48,373 546	334	11 15 56	18,275 6669	57,792 733
35	12 25	5,916 0798	18,708 2869	**135**	1 82 25	11,618 9500	36,742 346	**235**	5 52 25	15,329 7097	48,476 799	**335**	11 22 25	18,303 0052	57,879 185
36	12 96	6,000 0000	18,973 6660	136	1 84 96	11,661 9038	36,878 178	236	5 56 96	15,362 2915	48,579 831	336	11 28 96	18,330 3028	57,965 507
37	13 69	6,082 7625	19,235 3841	137	1 87 69	11,704 6999	37,013 511	237	5 61 69	15,394 8043	48,682 646	337	11 35 69	18,357 5598	58,051 701
38	14 44	6,164 4140	19,493 5887	138	1 90 44	11,747 3401	37,148 351	238	5 66 44	15,427 2486	48,785 244	338	11 42 44	18,384 7763	58,137 767
39	15 21	6,244 9980	19,748 4177	139	1 93 21	11,789 8261	37,282 704	239	5 71 21	15,459 6248	48,887 626	339	11 49 21	18,411 9526	58,223 707
40	16 00	6,324 5553	20,000 0000	**140**	1 96 00	11,832 1596	37,416 574	**240**	5 76 00	15,491 9334	48,989 795	**340**	11 56 00	18,439 0889	58,309 519
41	16 81	6,403 1242	20,248 4567	141	1 98 81	11,874 3421	37,549 967	241	5 80 81	15,524 1747	49,091 751	341	11 62 81	18,466 1853	58,395 205
42	17 64	6,480 7407	20,493 9015	142	2 01 64	11,916 3753	37,682 887	242	5 85 64	15,556 3492	49,193 496	342	11 69 64	18,493 2420	58,480 766
43	18 49	6,557 4385	20,736 4414	143	2 04 49	11,958 2607	37,815 341	243	5 90 49	15,588 4573	49,295 030	343	11 76 49	18,520 2592	58,566 202
44	19 36	6,633 2496	20,976 1770	144	2 07 36	12,000 0000	37,947 332	244	5 95 36	15,620 4994	49,396 356	344	11 83 36	18,547 2370	58,651 513
45	20 25	6,708 2039	21,213 2034	**145**	2 10 25	12,041 5946	38,078 866	**245**	6 00 25	15,652 4758	49,497 475	**345**	11 90 25	18,574 1756	58,736 701
46	21 16	6,782 3300	21,447 6106	146	2 13 16	12,083 0460	38,209 946	246	6 05 16	15,684 3871	49,598 387	346	11 97 16	18,601 0752	58,821 765
47	22 09	6,855 6546	21,679 4834	147	2 16 09	12,124 3557	38,340 579	247	6 10 09	15,716 2336	49,699 095	347	12 04 09	18,627 9360	58,906 706
48	23 04	6,928 2032	21,908 9023	148	2 19 04	12,165 5251	38,470 768	248	6 15 04	15,748 0157	49,799 598	348	12 11 04	18,654 7581	58,991 525
49	24 01	7,000 0000	22,135 9436	149	2 22 01	12,206 5556	38,600 518	249	6 20 01	15,779 7338	49,899 900	349	12 18 01	18,681 5417	59,076 222
50	25 00	7,071 0678	22,360 6798	**150**	2 25 00	12,247 4487	38,729 833	**250**	6 25 00	15,811 3883	50,000 000	**350**	12 25 00	18,708 2869	59,160 798
51	26 01	7,141 4284	22,583 1796	151	2 28 01	12,288 2057	38,858 718	251	6 30 01	15,842 9795	50,099 900	351	12 32 01	18,734 9940	59,245 253
52	27 04	7,211 1026	22,803 5085	152	2 31 04	12,328 8280	38,987 177	252	6 35 04	15,874 5079	50,199 602	352	12 39 04	18,761 6630	59,329 588
53	28 09	7,280 1099	23,021 7289	153	2 34 09	12,369 3169	39,115 214	253	6 40 09	15,905 9737	50,299 105	353	12 46 09	18,788 2942	59,413 803
54	29 16	7,348 4692	23,237 9001	154	2 37 16	12,409 6736	39,242 834	254	6 45 16	15,937 3775	50,398 413	354	12 53 16	18,814 8877	59,497 899
55	30 25	7,416 1985	23,452 0788	**155**	2 40 25	12,449 8996	39,370 039	**255**	6 50 25	15,968 7194	50,497 525	**355**	12 60 25	18,841 4437	59,581 876
56	31 36	7,483 3148	23,664 3191	156	2 43 36	12,489 9960	39,496 835	256	6 55 36	16,000 0000	50,596 443	356	12 67 36	18,867 9623	59,665 736
57	32 49	7,549 8344	23,874 6728	157	2 46 49	12,529 9641	39,623 226	257	6 60 49	16,031 2195	50,695 167	357	12 74 49	18,894 4436	59,749 477
58	33 64	7,615 7731	24,083 1892	158	2 49 64	12,569 8051	39,749 214	258	6 65 64	16,062 3784	50,793 700	358	12 81 64	18,920 8879	59,833 101
59	34 81	7,681 1457	24,289 9156	159	2 52 81	12,609 5202	39,874 804	259	6 70 81	16,093 4769	50,892 043	359	12 88 81	18,947 2953	59,916 609
60	36 00	7,745 9667	24,494 8974	**160**	2 56 00	12,649 1106	40,000 000	**260**	6 76 00	16,124 5155	50,990 195	**360**	12 96 00	18,973 6660	60,000 000
61	37 21	7,810 2497	24,698 1781	161	2 59 21	12,688 5775	40,124 805	261	6 81 21	16,155 4944	51,088 159	361	13 03 21	19,000 0000	60,083 276
62	38 44	7,874 0079	24,899 7992	162	2 62 44	12,727 9221	40,249 224	262	6 86 44	16,186 4141	51,185 936	362	13 10 44	19,026 2976	60,166 436
63	39 69	7,937 2539	25,099 8008	163	2 65 69	12,767 1453	40,373 258	263	6 91 69	16,217 2747	51,283 526	363	13 17 69	19,052 5589	60,249 481
64	40 96	8,000 0000	25,298 2213	164	2 68 96	12,806 2485	40,496 913	264	6 96 96	16,248 0768	51,380 930	364	13 24 96	19,078 7840	60,332 413
65	42 25	8,062 2577	25,495 0976	**165**	2 72 25	12,845 2326	40,620 192	**265**	7 02 25	16,278 8206	51,478 151	**365**	13 32 25	19,104 9732	60,415 230
66	43 56	8,124 0384	25,690 4652	166	2 75 56	12,884 0987	40,743 098	266	7 07 56	16,309 5064	51,575 188	366	13 39 56	19,131 1265	60,497 934
67	44 89	8,185 3528	25,884 3582	167	2 78 89	12,922 8480	40,865 633	267	7 12 89	16,340 1346	51,672 043	367	13 46 89	19,157 2441	60,580 525
68	46 24	8,246 2113	26,076 8096	168	2 82 24	12,961 4814	40,987 803	268	7 18 24	16,370 7055	51,768 716	368	13 54 24	19,183 3261	60,663 004
69	47 61	8,306 6239	26,267 8511	169	2 85 61	13,000 0000	41,109 610	269	7 23 61	16,401 2195	51,865 210	369	13 61 61	19,209 3727	60,745 370
70	49 00	8,366 6003	26,457 5131	**170**	2 89 00	13,038 4048	41,231 056	**270**	7 29 00	16,431 6767	51,961 524	**370**	13 69 00	19,235 3841	60,827 625
71	50 41	8,426 1498	26,645 8252	171	2 92 41	13,076 6968	41,352 146	271	7 34 41	16,462 0776	52,057 660	371	13 76 41	19,261 3603	60,909 769
72	51 84	8,485 2814	26,832 8157	172	2 95 84	13,114 8770	41,472 883	272	7 39 84	16,492 4225	52,153 619	372	13 83 84	19,287 3015	60,991 803
73	53 29	8,544 0037	27,018 5122	173	2 99 29	13,152 9464	41,593 269	273	7 45 29	16,522 7116	52,249 402	373	13 91 29	19,313 2079	61,073 726
74	54 76	8,602 3253	27,202 9410	174	3 02 76	13,190 9060	41,713 307	274	7 50 76	16,552 9454	52,345 009	374	13 98 76	19,339 0796	61,155 539
75	56 25	8,660 2540	27,386 1279	**175**	3 06 25	13,228 7566	41,833 001	**275**	7 56 25	16,583 1240	52,440 442	**375**	14 06 25	19,364 9167	61,237 244
76	57 76	8,717 7979	27,568 0975	176	3 09 76	13,266 4992	41,952 354	276	7 61 76	16,613 2477	52,535 702	376	14 13 76	19,390 7194	61,318 839
77	59 29	8,774 9644	27,748 8739	177	3 13 29	13,304 1347	42,071 368	277	7 67 29	16,643 3170	52,630 789	377	14 21 29	19,416 4878	61,400 326
78	60 84	8,831 7609	27,928 4801	178	3 16 84	13,341 6641	42,190 046	278	7 72 84	16,673 3320	52,725 705	378	14 28 84	19,442 2221	61,481 705
79	62 41	8,888 1944	28,106 9386	179	3 20 41	13,379 0882	42,308 392	279	7 78 41	16,703 2931	52,820 451	379	14 36 41	19,467 9223	61,562 976
80	64 00	8,944 2719	28,284 2712	**180**	3 24 00	13,416 4079	42,426 407	**280**	7 84 00	16,733 2005	52,915 026	**380**	14 44 00	19,493 5887	61,644 140
81	65 61	9,000 0000	28,460 4989	181	3 27 61	13,453 6240	42,544 095	281	7 89 61	16,763 0546	53,009 433	381	14 51 61	19,519 2213	61,725 197
82	67 24	9,055 3851	28,635 6421	182	3 31 24	13,490 7376	42,661 458	282	7 95 24	16,792 8556	53,103 672	382	14 59 24	19,544 8203	61,806 149
83	68 89	9,110 4336	28,809 7206	183	3 34 89	13,527 7493	42,778 499	283	8 00 89	16,822 6038	53,197 744	383	14 66 89	19,570 3858	61,886 994
84	70 56	9,165 1514	28,982 7535	184	3 38 56	13,564 6600	42,895 221	284	8 06 56	16,852 2995	53,291 650	384	14 74 56	19,595 9179	61,967 734
85	72 25	9,219 5445	29,154 7595	**185**	3 42 25	13,601 4705	43,011 626	**285**	8 12 25	16,881 9430	53,385 391	**385**	14 82 25	19,621 4169	62,048 368
86	73 96	9,273 6185	29,325 7566	186	3 45 96	13,638 1817	43,127 717	286	8 17 96	16,911 5345	53,478 968	386	14 89 96	19,646 8827	62,128 898
87	75 69	9,327 3791	29,495 7624	187	3 49 69	13,674 7943	43,243 497	287	8 23 69	16,941 0743	53,572 381	387	14 97 69	19,672 3156	62,209 324
88	77 44	9,380 8315	29,664 7939	188	3 53 44	13,711 3092	43,358 967	288	8 29 44	16,970 5627	53,665 631	388	15 05 44	19,697 7156	62,289 646
89	79 21	9,433 9811	29,832 8678	189	3 57 21	13,747 7271	43,474 130	289	8 35 21	17,000 0000	53,758 720	389	15 13 21	19,723 0829	62,369 865
90	81 00	9,486 8330	30,000 0000	**190**	3 61 00	13,784 0488	43,588 989	**290**	8 41 00	17,029 3864	53,851 648	**390**	15 21 00	19,748 4177	62,449 980
91	82 81	9,539 3920	30,166 2063	191	3 64 81	13,820 2750	43,703 547	291	8 46 81	17,058 7221	53,944 416	391	15 28 81	19,773 7199	62,529 993
92	84 64	9,591 6630	30,331 5018	192	3 68 64	13,856 4065	43,817 805	292	8 52 64	17,088 0075	54,037 024	392	15 36 64	19,798 9899	62,609 903
93	86 49	9,643 6508	30,495 9014	193	3 72 49	13,892 4440	43,931 765	293	8 58 49	17,117 2428	54,129 474	393	15 44 49	19,824 2276	62,689 712
94	88 36	9,695 3597	30,659 4194	194	3 76 36	13,928 3883	44,045 431	294	8 64 36	17,146 4282	54,221 767	394	15 52 36	19,849 4332	62,769 419
95	90 25	9,746 7943	30,822 0700	**195**	3 80 25	13,964 2400	44,158 804	**295**	8 70 25	17,175 5640	54,313 902	**395**	15 60 25	19,874 6069	62,849 025
96	92 16	9,797 9590	30,983 8668	196	3 84 16	14,000 0000	44,271 887	296	8 76 16	17,204 6505	54,405 882	396	15 68 16	19,899 7487	62,928 531
97	94 09	9,848 8578	31,144 8230	197	3 88 09	14,035 6688	44,384 682	297	8 82 09	17,233 6879	54,497 706	397	15 76 09	19,924 8588	63,007 936
98	96 04	9,899 4949	31,304 9517	198	3 92 04	14,071 2473	44,497 191	298	8 88 04	17,262 6765	54,589 376	398	15 84 04	19,949 9373	63,087 241
99	98 01	9,949 8744	31,464 2654	199	3 96 01	14,106 7360	44,609 416	299	8 94 01	17,291 6165	54,680 892	399	15 92 01	19,974 9844	63,166 447

1) Werte nach COMRIE, L. J. (Hrsg.), *Barlow's Tables of Squares, Cubes, Square Roots, Cube Roots and Reciprocals of all Integers up to 12,500*, 4. Aufl., Spon, London (1958). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

$\sqrt{100n} = 10\sqrt{n}$ $\sqrt{1000n} = 10\sqrt{10n}$ $\sqrt{0{,}1n} = 0{,}1\sqrt{10n}$ $\sqrt{0{,}01n} = 0{,}1\sqrt{n}$ $\sqrt{0{,}001n} = 0{,}01\sqrt{10n}$

n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$
400	16 00 00	20,000 0000	63,245 553
401	16 08 01	20,024 9844	63,324 561
402	16 16 04	20,049 9377	63,403 470
403	16 24 09	20,074 8599	63,482 281
404	16 32 16	20,099 7512	63,560 994
405	16 40 25	20,124 6118	63,639 610
406	16 48 36	20,149 4417	63,718 129
407	16 56 49	20,174 2410	63,796 552
408	16 64 64	20,199 0099	63,874 878
409	16 72 81	20,223 7484	63,953 108
410	16 81 00	20,248 4567	64,031 242
411	16 89 21	20,273 1349	64,109 282
412	16 97 44	20,297 7831	64,187 226
413	17 05 69	20,322 4014	64,265 076
414	17 13 96	20,346 9899	64,342 832
415	17 22 25	20,371 5488	64,420 494
416	17 30 56	20,396 0781	64,498 062
417	17 38 89	20,420 5779	64,575 537
418	17 47 24	20,445 0483	64,652 920
419	17 55 61	20,469 4895	64,730 209
420	17 64 00	20,493 9015	64,807 407
421	17 72 41	20,518 2845	64,884 513
422	17 80 84	20,542 6386	64,961 527
423	17 89 29	20,566 9638	65,038 450
424	17 97 76	20,591 2603	65,115 282
425	18 06 25	20,615 5281	65,192 024
426	18 14 76	20,639 7674	65,268 675
427	18 23 29	20,663 9783	65,345 237
428	18 31 84	20,688 1609	65,421 709
429	18 40 41	20,712 3152	65,498 092
430	18 49 00	20,736 4414	65,574 385
431	18 57 61	20,760 5395	65,650 590
432	18 66 24	20,784 6097	65,726 707
433	18 74 89	20,808 6520	65,802 736
434	18 83 56	20,832 6667	65,878 676
435	18 92 25	20,856 6536	65,954 530
436	19 00 96	20,880 6130	66,030 296
437	19 09 69	20,904 5450	66,105 976
438	19 18 44	20,928 4495	66,181 568
439	19 27 21	20,952 3268	66,257 075
440	19 36 00	20,976 1770	66,332 496
441	19 44 81	21,000 0000	66,407 831
442	19 53 64	21,023 7960	66,483 081
443	19 62 49	21,047 5652	66,558 245
444	19 71 36	21,071 3075	66,633 325
445	19 80 25	21,095 0231	66,708 320
446	19 89 16	21,118 7121	66,783 231
447	19 98 09	21,142 3745	66,858 059
448	20 07 04	21,166 0105	66,932 802
449	20 16 01	21,189 6201	67,007 462
450	20 25 00	21,213 2034	67,082 039
451	20 34 01	21,236 7606	67,156 534
452	20 43 04	21,260 2916	67,230 945
453	20 52 09	21,283 7967	67,305 275
454	20 61 16	21,307 2758	67,379 522
455	20 70 25	21,330 7290	67,453 688
456	20 79 36	21,354 1565	67,527 772
457	20 88 49	21,377 5583	67,601 775
458	20 97 64	21,400 9346	67,675 697
459	21 06 81	21,424 2853	67,749 539
460	21 16 00	21,447 6106	67,823 300
461	21 25 21	21,470 9106	67,896 981
462	21 34 44	21,494 1853	67,970 582
463	21 43 69	21,517 4348	68,044 103
464	21 52 96	21,540 6592	68,117 545
465	21 62 25	21,563 8587	68,190 908
466	21 71 56	21,587 0331	68,264 193
467	21 80 89	21,610 1828	68,337 398
468	21 90 24	21,633 3077	68,410 526
469	21 99 61	21,656 4078	68,483 575
470	22 09 00	21,679 4834	68,556 546
471	22 18 41	21,702 5344	68,629 440
472	22 27 84	21,725 5610	68,702 256
473	22 37 29	21,748 5632	68,774 995
474	22 46 76	21,771 5411	68,847 658
475	22 56 25	21,794 4947	68,920 244
476	22 65 76	21,817 4242	68,992 753
477	22 75 29	21,840 3297	69,065 187
478	22 84 84	21,863 2111	69,137 544
479	22 94 41	21,886 0686	69,209 826
480	23 04 00	21,908 9023	69,282 032
481	23 13 61	21,931 7122	69,354 164
482	23 23 24	21,954 4984	69,426 220
483	23 32 89	21,977 2610	69,498 201
484	23 42 56	22,000 0000	69,570 109
485	23 52 25	22,022 7155	69,641 941
486	23 61 96	22,045 4077	69,713 700
487	23 71 69	22,068 0765	69,785 385
488	23 81 44	22,090 7220	69,856 997
489	23 91 21	22,113 3444	69,928 535
490	24 01 00	22,135 9436	70,000 000
491	24 10 81	22,158 5198	70,071 392
492	24 20 64	22,181 0730	70,142 712
493	24 30 49	22,203 6033	70,213 959
494	24 40 36	22,226 1108	70,285 134
495	24 50 25	22,248 5955	70,356 236
496	24 60 16	22,271 0575	70,427 267
497	24 70 09	22,293 4968	70,498 227
498	24 80 04	22,315 9136	70,569 115
499	24 90 01	22,338 3079	70,639 932
500	25 00 00	22,360 6798	70,710 678
501	25 10 01	22,383 0293	70,781 353
502	25 20 04	22,405 3565	70,851 958
503	25 30 09	22,427 6615	70,922 493
504	25 40 16	22,449 9443	70,992 957
505	25 50 25	22,472 2051	71,063 352
506	25 60 36	22,494 4438	71,133 677
507	25 70 49	22,516 6605	71,203 932
508	25 80 64	22,538 8553	71,274 119
509	25 90 81	22,561 0283	71,344 236
510	26 01 00	22,583 1796	71,414 284
511	26 11 21	22,605 3091	71,484 264
512	26 21 44	22,627 4170	71,554 175
513	26 31 69	22,649 5033	71,624 018
514	26 41 96	22,671 5681	71,693 793
515	26 52 25	22,693 6114	71,763 500
516	26 62 56	22,715 6334	71,833 140
517	26 72 89	22,737 6340	71,902 712
518	26 83 24	22,759 6134	71,972 217
519	26 93 61	22,781 5715	72,041 655
520	27 04 00	22,803 5085	72,111 026
521	27 14 41	22,825 4244	72,180 330
522	27 24 84	22,847 3193	72,249 567
523	27 35 29	22,869 1933	72,318 739
524	27 45 76	22,891 0463	72,387 844
525	27 56 25	22,912 8785	72,456 884
526	27 66 76	22,934 6899	72,525 857
527	27 77 29	22,956 4806	72,594 766
528	27 87 84	22,978 2506	72,663 608
529	27 98 41	23,000 0000	72,732 386
530	28 09 00	23,021 7289	72,801 099
531	28 19 61	23,043 4372	72,869 747
532	28 30 24	23,065 1252	72,938 330
533	28 40 89	23,086 7928	73,006 849
534	28 51 56	23,108 4400	73,075 304
535	28 62 25	23,130 0670	73,143 694
536	28 72 96	23,151 6738	73,212 021
537	28 83 69	23,173 2605	73,280 284
538	28 94 44	23,194 8270	73,348 483
539	29 05 21	23,216 3735	73,416 619
540	29 16 00	23,237 9001	73,484 692
541	29 26 81	23,259 4067	73,552 702
542	29 37 64	23,280 8935	73,620 649
543	29 48 49	23,302 3604	73,688 534
544	29 59 36	23,323 8076	73,756 356
545	29 70 25	23,345 2351	73,824 115
546	29 81 16	23,366 6429	73,891 813
547	29 92 09	23,388 0311	73,959 448
548	30 03 04	23,409 3998	74,027 022
549	30 14 01	23,430 7490	74,094 534
550	30 25 00	23,452 0788	74,161 985
551	30 36 01	23,473 3892	74,229 374
552	30 47 04	23,494 6802	74,296 702
553	30 58 09	23,515 9520	74,363 970
554	30 69 16	23,537 2046	74,431 176
555	30 80 25	23,558 4380	74,498 322
556	30 91 36	23,579 6522	74,565 408
557	31 02 49	23,600 8474	74,632 433
558	31 13 64	23,622 0236	74,699 398
559	31 24 81	23,643 1808	74,766 303
560	31 36 00	23,664 3191	74,833 148
561	31 47 21	23,685 4386	74,899 933
562	31 58 44	23,706 5392	74,966 659
563	31 69 69	23,727 6210	75,033 326
564	31 80 96	23,748 6842	75,099 933
565	31 92 25	23,769 7286	75,166 482
566	32 03 56	23,790 7545	75,232 971
567	32 14 89	23,811 7618	75,299 402
568	32 26 24	23,832 7506	75,365 775
569	32 37 61	23,853 7209	75,432 089
570	32 49 00	23,874 6728	75,498 344
571	32 60 41	23,895 6063	75,564 542
572	32 71 84	23,916 5215	75,630 682
573	32 83 29	23,937 4184	75,696 763
574	32 94 76	23,958 2971	75,762 788
575	33 06 25	23,979 1576	75,828 754
576	33 17 76	24,000 0000	75,894 664
577	33 29 29	24,020 8243	75,960 516
578	33 40 84	24,041 6306	76,026 311
579	33 52 41	24,062 4188	76,092 050
580	33 64 00	24,083 1892	76,157 731
581	33 75 61	24,103 9416	76,223 356
582	33 87 24	24,124 6762	76,288 924
583	33 98 89	24,145 3929	76,354 437
584	34 10 56	24,166 0919	76,419 893
585	34 22 25	24,186 7732	76,485 293
586	34 33 96	24,207 4369	76,550 637
587	34 45 69	24,228 0829	76,615 925
588	34 57 44	24,248 7113	76,681 158
589	34 69 21	24,269 3222	76,746 335
590	34 81 00	24,289 9156	76,811 457
591	34 92 81	24,310 4916	76,876 524
592	35 04 64	24,331 0501	76,941 536
593	35 16 49	24,351 5913	77,006 493
594	35 28 36	24,372 1152	77,071 395
595	35 40 25	24,392 6218	77,136 243
596	35 52 16	24,413 1112	77,201 036
597	35 64 09	24,433 5834	77,265 775
598	35 76 04	24,454 0385	77,330 460
599	35 88 01	24,474 4765	77,395 090
600	36 00 00	24,494 8974	77,459 667
601	36 12 01	24,515 3013	77,524 190
602	36 24 04	24,535 6883	77,588 659
603	36 36 09	24,556 0583	77,653 075
604	36 48 16	24,576 4115	77,717 437
605	36 60 25	24,596 7478	77,781 746
606	36 72 36	24,617 0673	77,846 002
607	36 84 49	24,637 3700	77,910 205
608	36 96 64	24,657 6560	77,974 355
609	37 08 81	24,677 9254	78,038 452
610	37 21 00	24,698 1781	78,102 497
611	37 33 21	24,718 4142	78,166 489
612	37 45 44	24,738 6338	78,230 429
613	37 57 69	24,758 8368	78,294 317
614	37 69 96	24,779 0234	78,358 152
615	37 82 25	24,799 1935	78,421 936
616	37 94 56	24,819 3473	78,485 667
617	38 06 89	24,839 4847	78,549 348
618	38 19 24	24,859 6058	78,612 976
619	38 31 61	24,879 7106	78,676 553
620	38 44 00	24,899 7992	78,740 079
621	38 56 41	24,919 8716	78,803 553
622	38 68 84	24,939 9278	78,866 977
623	38 81 29	24,959 9679	78,930 349
624	38 93 76	24,979 9920	78,993 671
625	39 06 25	25,000 0000	79,056 942
626	39 18 76	25,019 9920	79,120 162
627	39 31 29	25,039 9681	79,183 332
628	39 43 84	25,059 9282	79,246 451
629	39 56 41	25,079 8724	79,309 520
630	39 69 00	25,099 8008	79,372 539
631	39 81 61	25,119 7134	79,435 508
632	39 94 24	25,139 6102	79,498 428
633	40 06 89	25,159 4913	79,561 297
634	40 19 56	25,179 3566	79,624 117
635	40 32 25	25,199 2063	79,686 887
636	40 44 96	25,219 0404	79,749 608
637	40 57 69	25,238 8589	79,812 280
638	40 70 44	25,258 6619	79,874 902
639	40 83 21	25,278 4493	79,937 476
640	40 96 00	25,298 2213	80,000 000
641	41 08 81	25,317 9778	80,062 476
642	41 21 64	25,337 7189	80,124 902
643	41 34 49	25,357 4447	80,187 281
644	41 47 36	25,377 1551	80,249 611
645	41 60 25	25,396 8502	80,311 892
646	41 73 16	25,416 5301	80,374 125
647	41 86 09	25,436 1947	80,436 310
648	41 99 04	25,455 8441	80,498 447
649	42 12 01	25,475 4784	80,560 536
650	42 25 00	25,495 0976	80,622 577
651	42 38 01	25,514 7016	80,684 571
652	42 51 04	25,534 2907	80,746 517
653	42 64 09	25,553 8647	80,808 415
654	42 77 16	25,573 4237	80,870 266
655	42 90 25	25,592 9678	80,932 070
656	43 03 36	25,612 4969	80,993 827
657	43 16 49	25,632 0112	81,055 537
658	43 29 64	25,651 5107	81,117 199
659	43 42 81	25,670 9953	81,178 815
660	43 56 00	25,690 4652	81,240 384
661	43 69 21	25,709 9203	81,301 906
662	43 82 44	25,729 3607	81,363 382
663	43 95 69	25,748 7864	81,424 812
664	44 08 96	25,768 1975	81,486 195
665	44 22 25	25,787 5939	81,547 532
666	44 35 56	25,806 9758	81,608 823
667	44 48 89	25,826 3431	81,670 068
668	44 62 24	25,845 6960	81,731 267
669	44 75 61	25,865 0343	81,792 420
670	44 89 00	25,884 3582	81,853 528
671	45 02 41	25,903 6677	81,914 590
672	45 15 84	25,922 9628	81,975 606
673	45 29 29	25,942 2435	82,036 577
674	45 42 76	25,961 5100	82,097 503
675	45 56 25	25,980 7621	82,158 384
676	45 69 76	26,000 0000	82,219 219
677	45 83 29	26,019 2237	82,280 010
678	45 96 84	26,038 4331	82,340 755
679	46 10 41	26,057 6284	82,401 456
680	46 24 00	26,076 8096	82,462 113
681	46 37 61	26,095 9767	82,522 724
682	46 51 24	26,115 1297	82,583 291
683	46 64 89	26,134 2687	82,643 814
684	46 78 56	26,153 3937	82,704 293
685	46 92 25	26,172 5047	82,764 727
686	47 05 96	26,191 6017	82,825 117
687	47 19 69	26,210 6848	82,885 463
688	47 33 44	26,229 7541	82,945 765
689	47 47 21	26,248 8095	83,006 024
690	47 61 00	26,267 8511	83,066 239
691	47 74 81	26,286 8789	83,126 410
692	47 88 64	26,305 8929	83,186 537
693	48 02 49	26,324 8932	83,246 622
694	48 16 36	26,343 8797	83,306 662
695	48 30 25	26,362 8527	83,366 660
696	48 44 16	26,381 8119	83,426 614
697	48 58 09	26,400 7576	83,486 526
698	48 72 04	26,419 6896	83,546 394
699	48 86 01	26,438 6081	83,606 220
700	49 00 00	26,457 5131	83,666 003
701	49 14 01	26,476 4046	83,725 743
702	49 28 04	26,495 2826	83,785 440
703	49 42 09	26,514 1472	83,845 095
704	49 56 16	26,532 9983	83,904 708
705	49 70 25	26,551 8361	83,964 278
706	49 84 36	26,570 6605	84,023 806
707	49 98 49	26,589 4716	84,083 292
708	50 12 64	26,608 2694	84,142 736
709	50 26 81	26,627 0539	84,202 138
710	50 41 00	26,645 8252	84,261 498
711	50 55 21	26,664 5833	84,320 816
712	50 69 44	26,683 3281	84,380 092
713	50 83 69	26,702 0598	84,439 327
714	50 97 96	26,720 7784	84,498 521
715	51 12 25	26,739 4839	84,557 673
716	51 26 56	26,758 1763	84,616 783
717	51 40 89	26,776 8557	84,675 853
718	51 55 24	26,795 5220	84,734 881
719	51 69 61	26,814 1754	84,793 868
720	51 84 00	26,832 8157	84,852 814
721	51 98 41	26,851 4432	84,911 719
722	52 12 84	26,870 0577	84,970 583
723	52 27 29	26,888 6593	85,029 407
724	52 41 76	26,907 2481	85,088 190
725	52 56 25	26,925 8240	85,146 932
726	52 70 76	26,944 3872	85,205 634
727	52 85 29	26,962 9375	85,264 295
728	52 99 84	26,981 4751	85,322 916
729	53 14 41	27,000 0000	85,381 497
730	53 29 00	27,018 5122	85,440 037
731	53 43 61	27,037 0117	85,498 538
732	53 58 24	27,055 4985	85,556 999
733	53 72 89	27,073 9727	85,615 419
734	53 87 56	27,092 4344	85,673 800
735	54 02 25	27,110 8834	85,732 141
736	54 16 96	27,129 3199	85,790 442
737	54 31 69	27,147 7439	85,848 704
738	54 46 44	27,166 1554	85,906 926
739	54 61 21	27,184 5544	85,965 109
740	54 76 00	27,202 9410	86,023 253
741	54 90 81	27,221 3152	86,081 357
742	55 05 64	27,239 6769	86,139 422
743	55 20 49	27,258 0263	86,197 448
744	55 35 36	27,276 3634	86,255 435
745	55 50 25	27,294 6881	86,313 383
746	55 65 16	27,313 0006	86,371 292
747	55 80 09	27,331 3007	86,429 162
748	55 95 04	27,349 5887	86,486 993
749	56 10 01	27,367 8644	86,544 786
750	56 25 00	27,386 1279	86,602 540
751	56 40 01	27,404 3792	86,660 256
752	56 55 04	27,422 6184	86,717 934
753	56 70 09	27,440 8455	86,775 573
754	56 85 16	27,459 0604	86,833 173
755	57 00 25	27,477 2633	86,890 736
756	57 15 36	27,495 4542	86,948 260
757	57 30 49	27,513 6330	87,005 747
758	57 45 64	27,531 7998	87,063 195
759	57 60 81	27,549 9546	87,120 606
760	57 76 00	27,568 0975	87,177 979
761	57 91 21	27,586 2284	87,235 314
762	58 06 44	27,604 3475	87,292 611
763	58 21 69	27,622 4546	87,349 871
764	58 36 96	27,640 5499	87,407 094
765	58 52 25	27,658 6334	87,464 278
766	58 67 56	27,676 7050	87,521 426
767	58 82 89	27,694 7648	87,578 536
768	58 98 24	27,712 8129	87,635 609
769	59 13 61	27,730 8492	87,692 645
770	59 29 00	27,748 8739	87,749 644
771	59 44 41	27,766 8868	87,806 606
772	59 59 84	27,784 8880	87,863 531
773	59 75 29	27,802 8775	87,920 419
774	59 90 76	27,820 8555	87,977 270
775	60 06 25	27,838 8218	88,034 084
776	60 21 76	27,856 7766	88,090 862
777	60 37 29	27,874 7197	88,147 603
778	60 52 84	27,892 6514	88,204 308
779	60 68 41	27,910 5715	88,260 977
780	60 84 00	27,928 4801	88,317 609
781	60 99 61	27,946 3772	88,374 204
782	61 15 24	27,964 2629	88,430 764
783	61 30 89	27,982 1372	88,487 287
784	61 46 56	28,000 0000	88,543 774
785	61 62 25	28,017 8515	88,600 226
786	61 77 96	28,035 6915	88,656 641
787	61 93 69	28,053 5203	88,713 020
788	62 09 44	28,071 3377	88,769 364
789	62 25 21	28,089 1438	88,825 672
790	62 41 00	28,106 9386	88,881 944
791	62 56 81	28,124 7222	88,938 181
792	62 72 64	28,142 4946	88,994 382
793	62 88 49	28,160 2557	89,050 547
794	63 04 36	28,178 0056	89,106 678
795	63 20 25	28,195 7444	89,162 773
796	63 36 16	28,213 4720	89,218 832
797	63 52 09	28,231 1884	89,274 856
798	63 68 04	28,248 8938	89,330 846
799	63 84 01	28,266 5881	89,386 800

Quadrate und Quadratwurzeln der Zahlen 800–1199

$\sqrt{100n} = 10\sqrt{n}$ $\quad \sqrt{1000n} = 10\sqrt{10n}$ $\quad \sqrt{0{,}1n} = 0{,}1\sqrt{10n}$ $\quad \sqrt{0{,}01n} = 0{,}1\sqrt{n}$ $\quad \sqrt{0{,}001n} = 0{,}01\sqrt{10n}$

n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	n^2	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$
800	64 00 00	28,284 2712	89,442 719	**900**	81 00 00	30,000 0000	94,868 330	**1000**	1 00 00 00	31,622 777	100,000 000	**1100**	1 21 00 00	33,166 248	104,880 885
801	64 16 01	28,301 9434	89,498 603	901	81 18 01	30,016 6620	94,921 020	1001	1 00 20 01	31,638 584	100,049 988	1101	1 21 22 01	33,181 320	104,928 547
802	64 32 04	28,319 6045	89,554 453	902	81 36 04	30,033 3148	94,973 681	1002	1 00 40 04	31,654 384	100,099 950	1102	1 21 44 04	33,196 385	104,976 188
803	64 48 09	28,337 2546	89,610 267	903	81 54 09	30,049 9584	95,026 312	1003	1 00 60 09	31,670 175	100,149 888	1103	1 21 66 09	33,211 444	105,023 807
804	64 64 16	28,354 8938	89,666 047	904	81 72 16	30,066 5928	95,078 915	1004	1 00 80 16	31,685 959	100,199 800	1104	1 21 88 16	33,226 495	105,071 404
805	64 80 25	28,372 5219	89,721 792	**905**	81 90 25	30,083 2179	95,131 488	**1005**	1 01 00 25	31,701 735	100,249 688	**1105**	1 22 10 25	33,241 540	105,118 980
806	64 96 36	28,390 1391	89,777 503	906	82 08 36	30,099 8339	95,184 032	1006	1 01 20 36	31,717 503	100,299 551	1106	1 22 32 36	33,256 578	105,166 535
807	65 12 49	28,407 7454	89,833 179	907	82 26 49	30,116 4407	95,236 548	1007	1 01 40 49	31,733 263	100,349 390	1107	1 22 54 49	33,271 610	105,214 068
808	65 28 64	28,425 3408	89,888 820	908	82 44 64	30,133 0383	95,289 034	1008	1 01 60 64	31,749 016	100,399 203	1108	1 22 76 64	33,286 634	105,261 579
809	65 44 81	28,442 9253	89,944 427	909	82 62 81	30,149 6269	95,341 491	1009	1 01 80 81	31,764 760	100,448 992	1109	1 22 98 81	33,301 652	105,309 069
810	65 61 00	28,460 4989	90,000 000	**910**	82 81 00	30,166 2063	95,393 920	**1010**	1 02 01 00	31,780 497	100,498 756	**1110**	1 23 21 00	33,316 662	105,356 538
811	65 77 21	28,478 0617	90,055 538	911	82 99 21	30,182 7765	95,446 320	1011	1 02 21 21	31,796 226	100,548 496	1111	1 23 43 21	33,331 667	105,403 985
812	65 93 44	28,495 6137	90,111 043	912	83 17 44	30,199 3377	95,498 691	1012	1 02 41 44	31,811 947	100,598 211	1112	1 23 65 44	33,346 664	105,451 411
813	66 09 69	28,513 1549	90,166 513	913	83 35 69	30,215 8899	95,551 033	1013	1 02 61 69	31,827 661	100,647 901	1113	1 23 87 69	33,361 655	105,498 815
814	66 25 96	28,530 6852	90,221 949	914	83 53 96	30,232 4329	95,603 347	1014	1 02 81 96	31,843 367	100,697 567	1114	1 24 09 96	33,376 639	105,546 198
815	66 42 25	28,548 2048	90,277 350	**915**	83 72 25	30,248 9669	95,655 632	**1015**	1 03 02 25	31,859 065	100,747 208	**1115**	1 24 32 25	33,391 616	105,593 560
816	66 58 56	28,565 7137	90,332 718	916	83 90 56	30,265 4919	95,707 889	1016	1 03 22 56	31,874 755	100,796 825	1116	1 24 54 56	33,406 586	105,640 901
817	66 74 89	28,583 2119	90,388 052	917	84 08 89	30,282 0079	95,760 117	1017	1 03 42 89	31,890 437	100,846 418	1117	1 24 76 89	33,421 550	105,688 221
818	66 91 24	28,600 6993	90,443 352	918	84 27 24	30,298 5148	95,812 317	1018	1 03 63 24	31,906 112	100,895 986	1118	1 24 99 24	33,436 507	105,735 519
819	67 07 61	28,618 1760	90,498 619	919	84 45 61	30,315 0128	95,864 488	1019	1 03 83 61	31,921 779	100,945 530	1119	1 25 21 61	33,451 457	105,782 796
820	67 24 00	28,635 6421	90,553 851	**920**	84 64 00	30,331 5018	95,916 630	**1020**	1 04 04 00	31,937 439	100,995 049	**1120**	1 25 44 00	33,466 401	105,830 052
821	67 40 41	28,653 0976	90,609 050	921	84 82 41	30,347 9818	95,968 745	1021	1 04 24 41	31,953 091	101,044 545	1121	1 25 66 41	33,481 338	105,877 287
822	67 56 84	28,670 5424	90,664 216	922	85 00 84	30,364 4529	96,020 831	1022	1 04 44 84	31,968 735	101,094 016	1122	1 25 88 84	33,496 268	105,924 501
823	67 73 29	28,687 9766	90,719 347	923	85 19 29	30,380 9151	96,072 889	1023	1 04 65 29	31,984 371	101,143 462	1123	1 26 11 29	33,511 192	105,971 694
824	67 89 76	28,705 4002	90,774 446	924	85 37 76	30,397 3683	96,124 919	1024	1 04 85 76	32,000 000	101,192 885	1124	1 26 33 76	33,526 109	106,018 866
825	68 06 25	28,722 8132	90,829 511	**925**	85 56 25	30,413 8127	96,176 920	**1025**	1 05 06 25	32,015 621	101,242 284	**1125**	1 26 56 25	33,541 020	106,066 017
826	68 22 76	28,740 2157	90,884 542	926	85 74 76	30,430 2481	96,228 894	1026	1 05 26 76	32,031 235	101,291 658	1126	1 26 78 76	33,555 923	106,113 147
827	68 39 29	28,757 6077	90,939 540	927	85 93 29	30,446 6747	96,280 839	1027	1 05 47 29	32,046 841	101,341 008	1127	1 27 01 29	33,570 821	106,160 256
828	68 55 84	28,774 9891	90,994 505	928	86 11 84	30,463 0924	96,332 757	1028	1 05 67 84	32,062 439	101,390 335	1128	1 27 23 84	33,585 711	106,207 344
829	68 72 41	28,792 3601	91,049 437	929	86 30 41	30,479 5013	96,384 646	1029	1 05 88 41	32,078 030	101,439 637	1129	1 27 46 41	33,600 595	106,254 412
830	68 89 00	28,809 7206	91,104 336	**930**	86 49 00	30,495 9014	96,436 508	**1030**	1 06 09 00	32,093 613	101,488 916	**1130**	1 27 69 00	33,615 473	106,301 458
831	69 05 61	28,827 0706	91,159 201	931	86 67 61	30,512 2926	96,488 341	1031	1 06 29 61	32,109 189	101,538 170	1131	1 27 91 61	33,630 343	106,348 484
832	69 22 24	28,844 4102	91,214 034	932	86 86 24	30,528 6750	96,540 147	1032	1 06 50 24	32,124 757	101,587 401	1132	1 28 14 24	33,645 208	106,395 489
833	69 38 89	28,861 7394	91,268 834	933	87 04 89	30,545 0487	96,591 925	1033	1 06 70 89	32,140 317	101,636 608	1133	1 28 36 89	33,660 065	106,442 473
834	69 55 56	28,879 0582	91,323 600	934	87 23 56	30,561 4136	96,643 675	1034	1 06 91 56	32,155 870	101,685 791	1134	1 28 59 56	33,674 916	106,489 436
835	69 72 25	28,896 3666	91,378 334	**935**	87 42 25	30,577 7697	96,695 398	**1035**	1 07 12 25	32,171 416	101,734 950	**1135**	1 28 82 25	33,689 761	106,536 379
836	69 88 96	28,913 6646	91,433 036	936	87 60 96	30,594 1171	96,747 093	1036	1 07 32 96	32,186 954	101,784 085	1136	1 29 04 96	33,704 599	106,583 301
837	70 05 69	28,930 9523	91,487 704	937	87 79 69	30,610 4557	96,798 760	1037	1 07 53 69	32,202 484	101,833 197	1137	1 29 27 69	33,719 431	106,630 202
838	70 22 44	28,948 2297	91,542 340	938	87 98 44	30,626 7857	96,850 400	1038	1 07 74 44	32,218 007	101,882 285	1138	1 29 50 44	33,734 256	106,677 083
839	70 39 21	28,965 4967	91,596 943	939	88 17 21	30,643 1069	96,902 012	1039	1 07 95 21	32,233 523	101,931 349	1139	1 29 73 21	33,749 074	106,723 943
840	70 56 00	28,982 7535	91,651 514	**940**	88 36 00	30,659 4194	96,953 597	**1040**	1 08 16 00	32,249 031	101,980 390	**1140**	1 29 96 00	33,763 886	106,770 783
841	70 72 81	29,000 0000	91,706 052	941	88 54 81	30,675 7233	97,005 155	1041	1 08 36 81	32,264 532	102,029 408	1141	1 30 18 81	33,778 692	106,817 602
842	70 89 64	29,017 2363	91,760 558	942	88 73 64	30,692 0185	97,056 684	1042	1 08 57 64	32,280 025	102,078 401	1142	1 30 41 64	33,793 490	106,864 400
843	71 06 49	29,034 4623	91,815 031	943	88 92 49	30,708 3051	97,108 187	1043	1 08 78 49	32,295 511	102,127 371	1143	1 30 64 49	33,808 283	106,911 178
844	71 23 36	29,051 6781	91,869 473	944	89 11 36	30,724 5830	97,159 662	1044	1 08 99 36	32,310 989	102,176 318	1144	1 30 87 36	33,823 069	106,957 936
845	71 40 25	29,068 8837	91,923 882	**945**	89 30 25	30,740 8523	97,211 110	**1045**	1 09 20 25	32,326 460	102,225 242	**1145**	1 31 10 25	33,837 849	107,004 673
846	71 57 16	29,086 0791	91,978 258	946	89 49 16	30,757 1130	97,262 531	1046	1 09 41 16	32,341 923	102,274 141	1146	1 31 33 16	33,852 622	107,051 390
847	71 74 09	29,103 2644	92,032 603	947	89 68 09	30,773 3651	97,313 925	1047	1 09 62 09	32,357 379	102,323 018	1147	1 31 56 09	33,867 388	107,098 086
848	71 91 04	29,120 4396	92,086 915	948	89 87 04	30,789 6086	97,365 292	1048	1 09 83 04	32,372 828	102,371 871	1148	1 31 79 04	33,882 149	107,144 762
849	72 08 01	29,137 6046	92,141 196	949	90 06 01	30,805 8436	97,416 631	1049	1 10 04 01	32,388 269	102,420 701	1149	1 32 02 01	33,896 903	107,191 418
850	72 25 00	29,154 7595	92,195 445	**950**	90 25 00	30,822 0700	97,467 943	**1050**	1 10 25 00	32,403 703	102,469 508	**1150**	1 32 25 00	33,911 650	107,238 053
851	72 42 01	29,171 9043	92,249 661	951	90 44 01	30,838 2879	97,519 229	1051	1 10 46 01	32,419 130	102,518 291	1151	1 32 48 01	33,926 391	107,284 668
852	72 59 04	29,189 0390	92,303 846	952	90 63 04	30,854 4972	97,570 487	1052	1 10 67 04	32,434 549	102,567 051	1152	1 32 71 04	33,941 125	107,331 263
853	72 76 09	29,206 1637	92,357 999	953	90 82 09	30,870 6981	97,621 719	1053	1 10 88 09	32,449 961	102,615 788	1153	1 32 94 09	33,955 854	107,377 838
854	72 93 16	29,223 2784	92,412 120	954	91 01 16	30,886 8904	97,672 924	1054	1 11 09 16	32,465 366	102,664 502	1154	1 33 17 16	33,970 576	107,424 392
855	73 10 25	29,240 3830	92,466 210	**955**	91 20 25	30,903 0743	97,724 101	**1055**	1 11 30 25	32,480 764	102,713 193	**1155**	1 33 40 25	33,985 291	107,470 926
856	73 27 36	29,257 4777	92,520 268	956	91 39 36	30,919 2497	97,775 252	1056	1 11 51 36	32,496 154	102,761 861	1156	1 33 63 36	34,000 000	107,517 440
857	73 44 49	29,274 5623	92,574 294	957	91 58 49	30,935 4166	97,826 377	1057	1 11 72 49	32,511 536	102,810 505	1157	1 33 86 49	34,014 703	107,563 934
858	73 61 64	29,291 6370	92,628 289	958	91 77 64	30,951 5751	97,877 474	1058	1 11 93 64	32,526 912	102,859 127	1158	1 34 09 64	34,029 399	107,610 408
859	73 78 81	29,308 7018	92,682 253	959	91 96 81	30,967 7251	97,928 545	1059	1 12 14 81	32,542 280	102,907 726	1159	1 34 32 81	34,044 089	107,656 862
860	73 96 00	29,325 7566	92,736 185	**960**	92 16 00	30,983 8668	97,979 590	**1060**	1 12 36 00	32,557 641	102,956 301	**1160**	1 34 56 00	34,058 773	107,703 296
861	74 13 21	29,342 8015	92,790 086	961	92 35 21	31,000 0000	98,030 607	1061	1 12 57 21	32,572 995	103,004 854	1161	1 34 79 21	34,073 450	107,749 710
862	74 30 44	29,359 8365	92,843 955	962	92 54 44	31,016 1248	98,081 599	1062	1 12 78 44	32,588 341	103,053 384	1162	1 35 02 44	34,088 121	107,796 104
863	74 47 69	29,376 8616	92,897 793	963	92 73 69	31,032 2413	98,132 563	1063	1 12 99 69	32,603 681	103,101 891	1163	1 35 25 69	34,102 786	107,842 478
864	74 64 96	29,393 8769	92,951 600	964	92 92 96	31,048 3494	98,183 502	1064	1 13 20 96	32,619 013	103,150 376	1164	1 35 48 96	34,117 444	107,888 832
865	74 82 25	29,410 8823	93,005 376	**965**	93 12 25	31,064 4491	98,234 414	**1065**	1 13 42 25	32,634 338	103,198 837	**1165**	1 35 72 25	34,132 096	107,935 166
866	74 99 56	29,427 8779	93,059 121	966	93 31 56	31,080 5405	98,285 299	1066	1 13 63 56	32,649 655	103,247 276	1166	1 35 95 56	34,146 742	107,981 480
867	75 16 89	29,444 8637	93,112 835	967	93 50 89	31,096 6236	98,336 158	1067	1 13 84 89	32,664 966	103,295 692	1167	1 36 18 89	34,161 382	108,027 774
868	75 34 24	29,461 8397	93,166 518	968	93 70 24	31,112 6984	98,386 991	1068	1 14 06 24	32,680 269	103,344 085	1168	1 36 42 24	34,176 015	108,074 049
869	75 51 61	29,478 8059	93,220 169	969	93 89 61	31,128 7648	98,437 798	1069	1 14 27 61	32,695 565	103,392 456	1169	1 36 65 61	34,190 642	108,120 303
870	75 69 00	29,495 7624	93,273 791	**970**	94 09 00	31,144 8230	98,488 578	**1070**	1 14 49 00	32,710 854	103,440 804	**1170**	1 36 89 00	34,205 263	108,166 538
871	75 86 41	29,512 7091	93,327 381	971	94 28 41	31,160 8729	98,539 332	1071	1 14 70 41	32,726 136	103,489 130	1171	1 37 12 41	34,219 877	108,212 753
872	76 03 84	29,529 6461	93,380 940	972	94 47 84	31,176 9145	98,590 060	1072	1 14 91 84	32,741 411	103,537 433	1172	1 37 35 84	34,234 486	108,258 949
873	76 21 29	29,546 5734	93,434 469	973	94 67 29	31,192 9479	98,640 762	1073	1 15 13 29	32,756 679	103,585 713	1173	1 37 59 29	34,249 088	108,305 125
874	76 38 76	29,563 4910	93,487 967	974	94 86 76	31,208 9731	98,691 438	1074	1 15 34 76	32,771 939	103,633 971	1174	1 37 82 76	34,263 683	108,351 281
875	76 56 25	29,580 3989	93,541 435	**975**	95 06 25	31,224 9900	98,742 088	**1075**	1 15 56 25	32,787 193	103,682 207	**1175**	1 38 06 25	34,278 273	108,397 417
876	76 73 76	29,597 2972	93,594 872	976	95 25 76	31,240 9987	98,792 712	1076	1 15 77 76	32,802 439	103,730 420	1176	1 38 29 76	34,292 856	108,443 534
877	76 91 29	29,614 1858	93,648 278	977	95 45 29	31,256 9992	98,843 310	1077	1 15 99 29	32,817 678	103,778 611	1177	1 38 53 29	34,307 434	108,489 631
878	77 08 84	29,631 0648	93,701 654	978	95 64 84	31,272 9915	98,893 683	1078	1 16 20 84	32,832 910	103,826 779	1178	1 38 76 84	34,322 005	108,535 708
879	77 26 41	29,647 9342	93,755 000	979	95 84 41	31,288 9757	98,944 429	1079	1 16 42 41	32,848 135	103,874 925	1179	1 39 00 41	34,336 569	108,581 766
880	77 44 00	29,664 7939	93,808 315	**980**	96 04 00	31,304 9517	98,994 949	**1080**	1 16 64 00	32,863 353	103,923 048	**1180**	1 39 24 00	34,351 128	108,627 805
881	77 61 61	29,681 6442	93,861 600	981	96 23 61	31,320 9195	99,045 444	1081	1 16 85 61	32,878 564	103,971 150	1181	1 39 47 61	34,365 681	108,673 824
882	77 79 24	29,698 4848	93,914 855	982	96 43 24	31,336 8792	99,095 913	1082	1 17 07 24	32,893 768	104,019 229	1182	1 39 71 24	34,380 227	108,719 823
883	77 96 89	29,715 3159	93,968 080	983	96 62 89	31,352 8308	99,146 356	1083	1 17 28 89	32,908 965	104,067 286	1183	1 39 94 89	34,394 767	108,765 803
884	78 14 56	29,732 1375	94,021 274	984	96 82 56	31,368 7743	99,196 774	1084	1 17 50 56	32,924 155	104,115 321	1184	1 40 18 56	34,409 301	108,811 764
885	78 32 25	29,748 9496	94,074 439	**985**	97 02 25	31,384 7097	99,247 166	**1085**	1 17 72 25	32,939 338	104,163 333	**1185**	1 40 42 25	34,423 829	108,857 705
886	78 49 96	29,765 7521	94,127 573	986	97 21 96	31,400 6369	99,297 533	1086	1 17 93 96	32,954 514	104,211 324	1186	1 40 65 96	34,438 351	108,903 627
887	78 67 69	29,782 5452	94,180 677	987	97 41 69	31,416 5561	99,347 874	1087	1 18 15 69	32,969 683	104,259 292	1187	1 40 89 69	34,452 866	108,949 530
888	78 85 44	29,799 3289	94,233 752	988	97 61 44	31,432 4673	99,398 189	1088	1 18 37 44	32,984 845	104,307 238	1188	1 41 13 44	34,467 376	108,995 413
889	79 03 21	29,816 1030	94,286 797	989	97 81 21	31,448 3704	99,448 479	1089	1 18 59 21	33,000 000	104,355 163	1189	1 41 37 21	34,481 879	109,041 277
890	79 21 00	29,832 8678	94,339 811	**990**	98 01 00	31,464 2654	99,498 744	**1090**	1 18 81 00	33,015 148	104,403 065	**1190**	1 41 61 00	34,496 377	109,087 121
891	79 38 81	29,849 6231	94,392 796	991	98 20 81	31,480 1525	99,548 983	1091	1 19 02 81	33,030 289	104,450 945	1191	1 41 84 81	34,510 868	109,132 946
892	79 56 64	29,866 3690	94,445 752	992	98 40 64	31,496 0315	99,599 197	1092	1 19 24 64	33,045 423	104,498 804	1192	1 42 08 64	34,525 353	109,178 753
893	79 74 49	29,883 1056	94,498 677	993	98 60 49	31,511 9025	99,649 385	1093	1 19 46 49	33,060 551	104,546 640	1193	1 42 32 49	34,539 832	109,224 539
894	79 92 36	29,899 8328	94,551 573	994	98 80 36	31,527 7655	99,699 549	1094	1 19 68 36	33,075 671	104,594 455	1194	1 42 56 36	34,554 305	109,270 307
895	80 10 25	29,916 5506	94,604 440	**995**	99 00 25	31,543 6206	99,749 687	**1095**	1 19 90 25	33,090 784	104,642 248	**1195**	1 42 80 25	34,568 772	109,316 056
896	80 28 16	29,933 2591	94,657 277	996	99 20 16	31,559 4677	99,799 800	1096	1 20 12 16	33,105 891	104,690 019	1196	1 43 04 16	34,583 233	109,361 785
897	80 46 09	29,949 9583	94,710 084	997	99 40 09	31,575 3068	99,849 887	1097	1 20 34 09	33,120 990	104,737 768	1197	1 43 28 09	34,597 688	109,407 495
898	80 64 04	29,966 6481	94,762 862	998	99 60 04	31,591 1380	99,899 950	1098	1 20 56 04	33,136 083	104,785 495	1198	1 43 52 04	34,612 137	109,453 186
899	80 82 01	29,983 3287	94,815 611	999	99 80 01	31,606 9613	99,949 987	1099	1 20 78 01	33,151 169	104,833 201	1199	1 43 76 01	34,626 579	109,498 858

Reziproken der Quadratwurzeln[1] der Zahlen 1–999

$1/\sqrt{n}$ = Reziproke von $\sqrt{n}$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000000	0,0000000	0,7071068	0,5773503	0,5000000	0,4472136	0,4082483	0,3779645	0,3535534	0,3333333
10	3162278	3015113	2886751	2773501	2672612	2581989	2500000	2425356	2357023	2294157
20	2236068	2182179	2132007	2085144	2041241	2000000	1961161	1924501	1889822	1856953
30	1825742	1796053	1767767	1740777	1714986	1690309	1666667	1643990	1622214	1601282
40	1581139	1561738	1543034	1524986	1507557	1490712	1474420	1458650	1443376	1428571
50	0,1414214	0,1400280	0,1386750	0,1373606	0,1360828	0,1348400	0,1336306	0,1324532	0,1313064	0,1301889
60	1290994	1280369	1270001	1259882	1250000	1240347	1230915	1221694	1212678	1203859
70	1195229	1186782	1178511	1170411	1162476	1154701	1147079	1139606	1132277	1125088
80	1118034	1111111	1104315	1097643	1091089	1084652	1078328	1072113	1066004	1059998
90	1054093	1048285	1042572	1036952	1031421	1025978	1020621	1015346	1010153	1005038
100	0,1000000	0,0995037	0,0990148	0,0985329	0,0980581	0,0975900	0,0971286	0,0966736	0,0962250	0,0957826
110	0953463	0949158	0944911	0940721	0936586	0932505	0928477	0924500	0920575	0916698
120	0912871	0909091	0905357	0901670	0898027	0894427	0890871	0887357	0883883	0880451
130	0877058	0873704	0870388	0867110	0863868	0860663	0857493	0854358	0851257	0848189
140	0845154	0842152	0839181	0836242	0833333	0830455	0827606	0824786	0821995	0819232
150	0,0816497	0,0813788	0,0811107	0,0808452	0,0805823	0,0803219	0,0800641	0,0798087	0,0795557	0,0793052
160	0790569	0788110	0785674	0783260	0780869	0778499	0776151	0773823	0771517	0769231
170	0766965	0764719	0762493	0760286	0758098	0755929	0753778	0751646	0749532	0747435
180	0745356	0743294	0741249	0739221	0737210	0735215	0733236	0731272	0729325	0727393
190	0725476	0723575	0721688	0719816	0717958	0716115	0714286	0712470	0710669	0708881
200	0,0707107	0,0705346	0,0703598	0,0701862	0,0700140	0,0698430	0,0696733	0,0695048	0,0693375	0,0691714
210	0690066	0688428	0686803	0685189	0683586	0681994	0680414	0678844	0677285	0675737
220	0674200	0672673	0671156	0669650	0668153	0666667	0665190	0663723	0662266	0660819
230	0659380	0657952	0656532	0655122	0653720	0652328	0650945	0649570	0648204	0646846
240	0645497	0644157	0642824	0641500	0640184	0638877	0637577	0636285	0635001	0633724
250	0,0632456	0,0631194	0,0629941	0,0628695	0,0627456	0,0626224	0,0625000	0,0623783	0,0622573	0,0621370
260	0620174	0618984	0617802	0616626	0615457	0614295	0613139	0611990	0610847	0609711
270	0608581	0607457	0606339	0605228	0604122	0603023	0601929	0600842	0599760	0598684
280	0597614	0596550	0595491	0594438	0593391	0592349	0591312	0590281	0589256	0588235
290	0587220	0586210	0585206	0584206	0583212	0582223	0581238	0580259	0579284	0578315
300	0,0577350	0,0576390	0,0575435	0,0574485	0,0573539	0,0572598	0,0571662	0,0570730	0,0569803	0,0568880
310	0567962	0567048	0566139	0565233	0564333	0563436	0562544	0561656	0560772	0559893
320	0559017	0558146	0557278	0556415	0555556	0554700	0553849	0553001	0552158	0551318
330	0550482	0549650	0548821	0547997	0547176	0546358	0545545	0544735	0543928	0543125
340	0542326	0541530	0540738	0539949	0539164	0538382	0537603	0536828	0536056	0535288
350	0,0534522	0,0533761	0,0533002	0,0532246	0,0531494	0,0530745	0,0529999	0,0529256	0,0528516	0,0527780
360	0527046	0526316	0525588	0524864	0524142	0523424	0522708	0521996	0521286	0520579
370	0519875	0519174	0518476	0517780	0517088	0516398	0515711	0515026	0514345	0513665
380	0512989	0512316	0511645	0510976	0510310	0509647	0508987	0508329	0507673	0507020
390	0506370	0505722	0505076	0504433	0503793	0503155	0502519	0501886	0501255	0500626
400	0,0500000	0,0499376	0,0498755	0,0498135	0,0497519	0,0496904	0,0496292	0,0495682	0,0495074	0,0494468
410	0493865	0493264	0492665	0492068	0491473	0490881	0490290	0489702	0489116	0488532
420	0487950	0487370	0486792	0486217	0485643	0485071	0484502	0483934	0483368	0482805
430	0482243	0481683	0481125	0480569	0480015	0479463	0478913	0478365	0477818	0477274
440	0476731	0476190	0475651	0475114	0474579	0474045	0473514	0472984	0472456	0471929
450	0,0471405	0,0470882	0,0470360	0,0469841	0,0469323	0,0468807	0,0468293	0,0467780	0,0467269	0,0466760
460	0466252	0465746	0465242	0464739	0464238	0463739	0463241	0462745	0462250	0461757
470	0461266	0460776	0460287	0459800	0459315	0458831	0458349	0457869	0457389	0456912
480	0456435	0455961	0455488	0455016	0454545	0454077	0453609	0453143	0452679	0452216
490	0451754	0451294	0450835	0450377	0449921	0449467	0449013	0448561	0448111	0447661
500	0,0447214	0,0446767	0,0446322	0,0445878	0,0445435	0,0444994	0,0444554	0,0444116	0,0443678	0,0443242
510	0442807	0442374	0441942	0441511	0441081	0440653	0440225	0439799	0439375	0438951
520	0438529	0438108	0437688	0437269	0436852	0436436	0436021	0435607	0435194	0434783
530	0434372	0433963	0433555	0433148	0432742	0432338	0431934	0431532	0431131	0430730
540	0430331	0429934	0429537	0429141	0428746	0428353	0427960	0427569	0427179	0426790
550	0,0426401	0,0426014	0,0425628	0,0425243	0,0424859	0,0424476	0,0424094	0,0423714	0,0423334	0,0422955
560	0422577	0422200	0421825	0421450	0421076	0420703	0420331	0419961	0419591	0419222
570	0418854	0418487	0418121	0417756	0417392	0417029	0416667	0416305	0415945	0415586
580	0415227	0414870	0414513	0414158	0413803	0413449	0413096	0412744	0412393	0412043
590	0411693	0411345	0410997	0410651	0410305	0409960	0409616	0409273	0408930	0408589
600	0,0408248	0,0407909	0,0407570	0,0407231	0,0406894	0,0406558	0,0406222	0,0405887	0,0405554	0,0405220
610	0404888	0404557	0404226	0403896	0403567	0403239	0402911	0402585	0402259	0401934
620	0401610	0401286	0400963	0400642	0400320	0400000	0399680	0399362	0399043	0398726
630	0398410	0398094	0397779	0397464	0397151	0396838	0396526	0396214	0395904	0395594
640	0395285	0394976	0394669	0394362	0394055	0393750	0393445	0393141	0392837	0392534
650	0,0392232	0,0391931	0,0391630	0,0391330	0,0391031	0,0390732	0,0390434	0,0390137	0,0389841	0,0389545
660	0389249	0388955	0388661	0388368	0388075	0387783	0387492	0387202	0386912	0386622
670	0386334	0386046	0385758	0385472	0385186	0384900	0384615	0384331	0384048	0383765
680	0383482	0383201	0382920	0382639	0382360	0382080	0381802	0381524	0381246	0380970
690	0380693	0380418	0380143	0379869	0379595	0379322	0379049	0378777	0378506	0378235
700	0,0377964	0,0377695	0,0377426	0,0377157	0,0376889	0,0376622	0,0376355	0,0376089	0,0375823	0,0375558
710	0375293	0375029	0374766	0374503	0374241	0373979	0373718	0373457	0373197	0372937
720	0372678	0372419	0372161	0371904	0371647	0371391	0371135	0370879	0370625	0370370
730	0370117	0369863	0369611	0369358	0369107	0368856	0368605	0368355	0368105	0367856
740	0367607	0367359	0367112	0366864	0366618	0366372	0366126	0365881	0365636	0365392
750	0,0365148	0,0364905	0,0364662	0,0364420	0,0364179	0,0363937	0,0363696	0,0363456	0,0363216	0,0362977
760	0362738	0362500	0362262	0362024	0361787	0361551	0361315	0361079	0360844	0360609
770	0360375	0360141	0359908	0359675	0359443	0359211	0358979	0358748	0358517	0358287
780	0358057	0357828	0357599	0357371	0357143	0356915	0356688	0356462	0356235	0356009
790	0355784	0355559	0355335	0355110	0354887	0354663	0354441	0354218	0353996	0353775
800	0,0353553	0,0353333	0,0353112	0,0352892	0,0352673	0,0352454	0,0352235	0,0352017	0,0351799	0,0351581
810	0351364	0351147	0350931	0350715	0350500	0350285	0350070	0349856	0349642	0349428
820	0349215	0349002	0348790	0348578	0348367	0348155	0347945	0347734	0347524	0347314
830	0347105	0346896	0346688	0346479	0346272	0346064	0345857	0345651	0345444	0345238
840	0345033	0344828	0344623	0344418	0344214	0344010	0343807	0343604	0343401	0343199
850	0,0342997	0,0342796	0,0342594	0,0342393	0,0342193	0,0341993	0,0341793	0,0341593	0,0341394	0,0341196
860	0340997	0340799	0340601	0340404	0340207	0340010	0339814	0339618	0339422	0339227
870	0339032	0338837	0338643	0338449	0338255	0338062	0337869	0337676	0337484	0337292
880	0337100	0336909	0336718	0336527	0336336	0336146	0335957	0335767	0335578	0335389
890	0335201	0335013	0334825	0334637	0334450	0334263	0334077	0333890	0333704	0333519
900	0,0333333	0,0333148	0,0332964	0,0332779	0,0332595	0,0332411	0,0332228	0,0332045	0,0331862	0,0331679
910	0331497	0331315	0331133	0330952	0330771	0330590	0330409	0330229	0330049	0329870
920	0329690	0329511	0329332	0329154	0328976	0328798	0328620	0328443	0328266	0328089
930	0327913	0327737	0327561	0327385	0327210	0327035	0326860	0326686	0326512	0326338
940	0326164	0325991	0325818	0325645	0325472	0325300	0325128	0324956	0324785	0324614
950	0,0324443	0,0324272	0,0324102	0,0323932	0,0323762	0,0323592	0,0323423	0,0323254	0,0323085	0,0322917
960	0322749	0322581	0322413	0322245	0322078	0321911	0321745	0321578	0321412	0321246
970	0321081	0320915	0320750	0320585	0320421	0320256	0320092	0319928	0319765	0319601
980	0319438	0319275	0319113	0318950	0318788	0318626	0318465	0318304	0318142	0317982
990	0317821	0317660	0317500	0317340	0317181	0317021	0316862	0316703	0316544	0316386

1) Werte nach Comrie, L. J. (Hrsg.), *Barlow's Tables of Squares, Cubes, Square Roots, Cube Roots and Reciprocals of all Integers up to 12,500*, 4. Aufl., Spon, London (1958). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

Hilfstafel* zur Berechnung von Quadratwurzeln auf Rechenmaschinen

Es lassen sich beliebige Rechenmaschinen mit Divisionsvorrichtung verwenden.

Zunächst bringt man den Radikanden durch Verschieben des Kommas um Zweiergruppen in linker oder rechter Richtung in die Größenordnung 1–100. Dann sucht man auf der Tafel in Kolonne A die zwei dem Radikanden nächstliegenden Zahlen und entnimmt die zwischen ihnen (in Zeilenrichtung) liegenden Werte der Kolonnen B und C.

Es ist nun $\sqrt{n} = \frac{n+B}{C}$

Das Resultat ist auf 6 signifikante Stellen genau und weicht in der siebten Stelle um weniger als 5 Einheiten vom korrekten Resultat ab.

Die Kommastelle der Wurzel findet man folgendermaßen:

a) Radikand größer als 1:
Man teilt die vor dem Komma liegenden Zahlen in Zweiergruppen ein, zählt diese inklusive eine eventuell überzählige Einergruppe und erhält so die bei der Wurzel vor dem Komma liegende Stellenzahl.

Beispiel: Ein Radikand mit 5 Stellen vor dem Komma läßt sich in 2 Zweier- und 1 Einergruppe einteilen. Die Wurzel besitzt demnach 3 Stellen vor dem Komma.

b) Radikand kleiner als 1:
Man teilt die dem Komma folgenden Nullen in Zweiergruppen ein, zählt diese ohne Berücksichtigung einer eventuell überzähligen Einergruppe und erhält so die bei der Wurzel nach dem Komma folgende Anzahl der Nullen.

Beispiel: Ein Radikand kleiner als 1 mit 5 dem Komma folgenden Nullen läßt sich in 2 Zweiergruppen einteilen. Die Wurzel besitzt demnach 2 Nullen nach dem Komma.

Beispiele:

$\sqrt{0{,}00\,67\,89\,34\,5}$
$= (67{,}89\,34\,5 + 68) : 164\,9243$
$= 823\,974\,6962$
Gesuchte Wurzel: 0,082 3974

$\sqrt{129{,}34\,56}$
$= (1{,}29\,34\,56 + 1{,}3) : 228\,036$
$= 113\,730\,1127$
Gesuchte Wurzel: 11,3730

A	B	C
1,00	1	200
1,005	1,01	200 998
1,015	1,02	201 99
1,025	1,03	202 978
1,035	1,04	203 961
1,045	1,05	204 939
1,055	1,06	205 913
1,065	1,07	206 882
1,075	1,08	207 846
1,085	1,09	208 806
1,095	1,1	209 762
1,105	1,11	210 713
1,115	1,12	211 66
1,125	1,13	212 603
1,135	1,14	213 542
1,145	1,15	214 476
1,155	1,16	215 407
1,165	1,17	216 333
1,175	1,18	217 256
1,185	1,19	218 174
1,195	1,2	219 089
1,205	1,21	220
1,215	1,22	220 907
1,225	1,23	221 811
1,235	1,24	222 711
1,245	1,25	223 607
1,255	1,26	224 500 2
1,27	1,28	226 275
1,29	1,3	228 036
1,31	1,32	229 783 3
1,33	1,34	231 517 5
1,35	1,36	233 239
1,37	1,38	234 947 6
1,39	1,4	236 644
1,41	1,42	238 328
1,43	1,44	240 001
1,45	1,46	241 661 6
1,47	1,48	243 311
1,49	1,5	244 949 7
1,51	1,52	246 577
1,53	1,54	248 194
1,55	1,56	249 800 6
1,57	1,58	251 397
1,59	1,6	252 983
1,61	1,62	254 559
1,63	1,64	256 125 6
1,65	1,66	257 682 6
1,67	1,68	259 23
1,69	1,7	260 769
1,71	1,72	262 298
1,73	1,74	263 819
1,75	1,76	265 330 5
1,77	1,78	266 834
1,79	1,8	268 329
1,81	1,82	269 815
1,83	1,84	271 294
1,85	1,86	272 764
1,87	1,88	274 227
1,89	1,9	275 681
1,91	1,92	277 129
1,93	1,94	278 568
1,95	1,96	280
1,97	1,98	281 425
1,99	2	282 843
2,01	2,02	284 254
2,03	2,04	285 658
2,05	2,06	287 054
2,07	2,08	288 445
2,09	2,1	289 828
2,11	2,12	291 205 3

A	B	C
2,135	2,15	293 258 5
2,165	2,18	295 297 4
2,195	2,21	297 322 3
2,225	2,24	299 333 5
2,255	2,27	301 331 2
2,285	2,3	303 316
2,315	2,33	305 287 7
2,345	2,36	307 246 6
2,375	2,39	309 193 3
2,405	2,42	311 127 7
2,435	2,45	313 05
2,465	2,48	314 961
2,495	2,51	316 860 4
2,525	2,54	318 748 4
2,555	2,57	320 625
2,585	2,6	322 491
2,615	2,63	324 346
2,645	2,66	326 191
2,675	2,69	328 025
2,705	2,72	329 849
2,735	2,75	331 663
2,765	2,78	333 467
2,795	2,81	335 262
2,825	2,84	337 046 6
2,855	2,87	338 822
2,885	2,9	340 588
2,915	2,93	342 345
2,945	2,96	344 093 7
2,975	2,99	345 833
3,005	3,02	347 563 6
3,035	3,05	349 285 6
3,065	3,08	350 999
3,095	3,11	352 704
3,125	3,14	354 401 6
3,155	3,17	356 09
3,185	3,2	357 771 7
3,22	3,24	360 001
3,26	3,28	362 216 2
3,30	3,32	364 418 2
3,34	3,36	366 607
3,38	3,4	368 782 6
3,42	3,44	370 945 6
3,46	3,48	373 096
3,50	3,52	375 234
3,54	3,56	377 36
3,58	3,6	379 474
3,62	3,64	381 576 3
3,66	3,68	383 667 3
3,70	3,72	385 747
3,74	3,76	387 815
3,78	3,8	389 872 5
3,82	3,84	391 919
3,86	3,88	393 955
3,90	3,92	395 980 5
3,94	3,96	397 995 6
3,98	4	400 001
4,02	4,04	401 996
4,06	4,08	403 981
4,10	4,12	405 956
4,14	4,16	407 922
4,18	4,2	409 879
4,225	4,25	412 311 5
4,275	4,3	414 729 7
4,325	4,35	417 134
4,375	4,4	419 524 4
4,425	4,45	421 901 3
4,475	4,5	424 265
4,525	4,55	426 615 4
4,575	4,6	428 953
4,625	4,65	431 278

A	B	C
4,675	4,7	433 590 4
4,725	4,75	435 890 6
4,775	4,8	438 179
4,825	4,85	440 455
4,875	4,9	442 719 5
4,925	4,95	444 972 7
4,975	5	447 214
5,025	5,05	449 445
5,075	5,1	451 664
5,125	5,15	453 873
5,175	5,2	456 071
5,225	5,25	458 258
5,275	5,3	460 435
5,325	5,35	462 602
5,375	5,4	464 759
5,425	5,45	466 905
5,475	5,5	469 042
5,525	5,55	471 169
5,575	5,6	473 287
5,625	5,65	475 395
5,675	5,7	477 494
5,725	5,75	479 584
5,775	5,8	481 664
5,825	5,85	483 736
5,875	5,9	485 799
5,925	5,95	487 853
5,975	6	489 898 5
6,025	6,05	491 935 5
6,075	6,1	493 964
6,125	6,15	495 984
6,175	6,2	497 996
6,225	6,25	500 001
6,275	6,3	501 996 5
6,325	6,35	503 985
6,375	6,4	505 965
6,425	6,45	507 937
6,475	6,5	509 902
6,525	6,55	511 86
6,575	6,6	513 81
6,625	6,65	515 752
6,675	6,7	517 688
6,725	6,75	519 616
6,775	6,8	521 537
6,825	6,85	523 45
6,875	6,9	525 357
6,925	6,95	527 257
6,975	7	529 151
7,025	7,05	531 037
7,075	7,1	532 917
7,125	7,15	534 79
7,175	7,2	536 657
7,225	7,25	538 517
7,275	7,3	540 371
7,325	7,35	542 218
7,375	7,4	544 059
7,425	7,45	545 894
7,475	7,5	547 723
7,525	7,55	549 546
7,575	7,6	551 362
7,625	7,65	553 173
7,675	7,7	554 978
7,725	7,75	556 777
7,775	7,8	558 57
7,825	7,85	560 357
7,875	7,9	562 139
7,925	7,95	563 915
7,975	8	565 686
8,025	8,05	567 451
8,075	8,1	569 21
8,125	8,15	570 964

A	B	C
8,175	8,2	572 713
8,225	8,25	574 457
8,275	8,3	576 195
8,325	8,35	577 928
8,375	8,4	579 655
8,425	8,45	581 378
8,475	8,5	583 096
8,525	8,55	584 808
8,575	8,6	586 516
8,625	8,65	588 218
8,675	8,7	589 916
8,725	8,75	591 608
8,775	8,8	593 296
8,825	8,85	594 979
8,875	8,9	596 658
8,925	8,95	598 331
8,975	9	600
9,025	9,05	601 665
9,075	9,1	603 324
9,125	9,15	604 98
9,175	9,2	606 63
9,225	9,25	608 276
9,275	9,3	609 918
9,325	9,35	611 556
9,375	9,4	613 189
9,425	9,45	614 817
9,475	9,5	616 442
9,525	9,55	618 062
9,575	9,6	619 678
9,625	9,65	621 289
9,675	9,7	622 897
9,725	9,75	624 5
9,775	9,8	626 099
9,825	9,85	627 694
9,875	9,9	629 286
9,925	9,95	630 873
9,975	9,99	632 139
10,00†	10	632 456
10,025	10,05	634 035
10,075	10,1	635 61
10,125	10,15	637 181
10,175	10,2	638 749
10,225	10,25	640 313
10,275	10,3	641 872
10,325	10,35	643 429
10,375	10,4	644 981
10,425	10,45	646 529
10,475	10,5	648 074
10,525	10,55	649 615
10,575	10,6	651 153 7
10,65	10,7	654 218
10,75	10,8	657 268
10,85	10,9	660 303 8
10,95	11	663 326
11,05	11,1	666 334
11,15	11,2	669 329
11,25	11,3	672 310 3
11,35	11,4	675 278 6
11,45	11,5	678 233 8
11,55	11,6	681 176 2
11,65	11,7	684 106
11,75	11,8	687 023 3
11,85	11,9	689 928 4
11,95	12	692 821
12,05	12,1	695 702
12,15	12,2	698 570 7
12,25	12,3	701 428
12,35	12,4	704 273 3
12,45	12,5	707 107 5
12,55	12,6	709 93

A	B	C
12,65	12,7	712 742
12,75	12,8	715 542 5
12,85	12,9	718 332
12,95	13	721 111
13,05	13,1	723 879
13,15	13,2	726 637
13,25	13,3	729 384
13,35	13,4	732 121
13,45	13,5	734 848
13,55	13,6	737 564
13,65	13,7	740 271
13,75	13,8	742 968
13,85	13,9	745 655
13,95	14	748 332
14,05	14,1	751
14,15	14,2	753 658
14,25	14,3	756 307
14,35	14,4	758 947
14,45	14,5	761 578
14,55	14,6	764 199 5
14,65	14,7	766 812
14,75	14,8	769 416
14,85	14,9	772 011
14,95	15	774 597
15,05	15,1	777 175 ·
15,15	15,2	779 744
15,25	15,3	782 305
15,35	15,4	784 857
15,45	15,5	787 401
15,55	15,6	789 937
15,65	15,7	792 465
15,75	15,8	794 985
15,85	15,9	797 496 6
15,95	16	800
16,05	16,1	802 497
16,15	16,2	804 985
16,25	16,3	807 466
16,35	16,4	809 939
16,45	16,5	812 404
16,55	16,6	814 862
16,65	16,7	817 313
16,75	16,8	819 756
16,85	16,9	822 193
16,95	17	824 622
17,05	17,1	827 043
17,15	17,2	829 458
17,25	17,3	831 866
17,35	17,4	834 266
17,45	17,5	836 66
17,55	17,6	839 047
17,65	17,7	841 428
17,75	17,8	843 801
17,85	17,9	846 168
17,95	18	848 529
18,05	18,1	850 882
18,15	18,2	853 23
18,25	18,3	855 57
18,35	18,4	857 905
18,45	18,5	860 233
18,55	18,6	862 555
18,65	18,7	864 87
18,75	18,8	867 18
18,85	18,9	869 483
18,95	19	871 78
19,05	19,1	874 071
19,15	19,2	876 356
19,25	19,3	878 636
19,35	19,4	880 909
19,45	19,5	883 176
19,55	19,6	885 438

A	B	C
19,65	19,7	887 694
19,75	19,8	889 944
19,85	19,9	892 189
19,95	20	894 428
20,05	20,1	896 661
20,15	20,2	898 889
20,25	20,3	901 111
20,35	20,4	903 328
20,45	20,5	905 539
20,55	20,6	907 745
20,65	20,7	909 945
20,75	20,8	912 141
20,85	20,9	914 331
20,95	21	916 516
21,05	21,1	918 695
21,15	21,2	920 87
21,25	21,3	923 039
21,35	21,4	925 203
21,45	21,5	927 362
21,55	21,6	929 516
21,65	21,7	931 666
21,75	21,8	933 81
21,85	21,9	935 949
21,95	22	938 084
22,05	22,1	940 213
22,15	22,2	942 338
22,25	22,3	944 458
22,35	22,4	946 573
22,45	22,5	948 683
22,55	22,6	950 789
22,65	22,7	952 891
22,75	22,8	954 987
22,85	22,9	957 079
22,95	23	959 167
23,05	23,1	961 249
23,15	23,2	963 328
23,25	23,3	965 402
23,35	23,4	967 471
23,45	23,5	969 536
23,55	23,6	971 597
23,65	23,7	973 653
23,75	23,8	975 705
23,85	23,9	977 753
23,95	24	979 796
24,05	24,1	981 835
24,15	24,2	983 87
24,25	24,3	985 901
24,35	24,4	987 927
24,45	24,5	989 95
24,55	24,6	991 968
24,65	24,7	993 982
24,75	24,8	995 992
24,85	24,9	997 998
24,95	25	100
25,05	25,1	100 199 8
25,15	25,2	100 399 2
25,25	25,3	100 598 2
25,35	25,4	100 796 8
25,45	25,5	100 995 1
25,55	25,6	101 192 9
25,65	25,7	101 390 4
25,75	25,8	101 587 4
25,85	25,9	101 784 1
25,95	26	101 980 4
26,05	26,1	102 176 3
26,15	26,2	102 371 9
26,25	26,3	102 567 1
26,35	26,4	102 761 9
26,45	26,5	102 956 3
26,55	26,6	103 150 4

* Nachdruck der Marchant-Tafel 81, mit Erlaubnis der Copyright-Inhaber, Marchant Calculators Division of Smith-Corona Marchant Inc. Oakland (Cal.), USA. † Für $\sqrt{10{,}00}$ verwende man die Tabellenwerte zwischen 10,00 und 10,025.

Binomialkoeffizienten

A	B	C
26,65	26,7	103 344 1
26,75	26,8	103 537 5
26,85	26,9	103 730 4
26,95	27	103 923 13
27,10	27,2	104 307 33
27,30	27,4	104 690 1
27,50	27,6	105 071 5
27,7	27,8	105 451 5
27,9	28	105 830 15
28,1	28,2	106 207 42
28,3	28,4	106 583 4
28,5	28,6	106 958 02
28,7	28,8	107 331 34
28,9	29	107 703 38
29,1	29,2	108 074 13
29,3	29,4	108 443 6
29,5	29,6	108 811 84
29,7	29,8	109 178 8
29,9	30	109 544 6
30,1	30,2	109 909 14
30,3	30,4	110 272 48
30,5	30,6	110 634 6
30,7	30,8	110 995 57
30,9	31	111 355 35
31,1	31,2	111 714
31,3	31,4	112 071 5
31,5	31,6	112 427 83
31,7	31,8	112 783 05
31,9	32	113 137 15
32,1	32,2	113 490 14
32,3	32,4	113 842 07
32,5	32,6	114 192 9
32,7	32,8	114 542 6
32,9	33	114 891 3
33,1	33,2	115 238 95
33,3	33,4	115 585 5
33,5	33,6	115 931 1
33,7	33,8	116 275 6
33,9	34	116 619 1
34,1	34,2	116 961 6
34,3	34,4	117 303 1
34,5	34,6	117 643 6
34,7		

A	B	C
34,7	34,8	117 983 1
34,9	35	118 321 66
35,1	35,2	118 659 24
35,3	35,4	118 995 86
35,5	35,6	119 331 5
35,7	35,8	119 666 3
35,9	36	120 000 1
36,1	36,2	120 332 9
36,3	36,4	120 664 9
36,5	36,6	120 995 9
36,7	36,8	121 326 1
36,9	37	121 655 3
37,1	37,2	121 983 7
37,3	37,4	122 311 1
37,5	37,6	122 637 7
37,7	37,8	122 963 5
37,9	38	123 288 3
38,1	38,2	123 612 4
38,3	38,4	123 935 5
38,5	38,6	124 257 9
38,7	38,8	124 579 4
38,9	39	124 9
39,1	39,2	125 219 9
39,3	39,4	125 538 9
39,5	39,6	125 857 1
39,7	39,8	126 174 5
39,9	40	126 491 1
40,1	40,2	126 807
40,3	40,4	127 122
40,5	40,6	127 436 3
40,7	40,8	127 749 8
40,9	41	128 062 5
41,1	41,2	128 374 5
41,3	41,4	128 685 7
41,5	41,6	128 996 2
41,7	41,8	129 305 9
41,9	42	129 614 9
42,1	42,2	129 923 1
42,3	42,4	130 230 6
42,5	42,6	130 537 4
42,7	42,8	130 843 5
42,9	43	131 148 8
43,1		

A	B	C
43,1	43,2	131 453 5
43,3	43,4	131 757 4
43,5	43,6	132 060 6
43,7	43,8	132 363 2
43,9	44	132 665 1
44,1	44,2	132 966 2
44,3	44,4	133 266 7
44,5	44,6	133 566 5
44,7	44,8	133 865 6
44,9	45	134 164 1
45,1	45,2	134 461 9
45,3	45,4	134 759 1
45,5	45,6	135 055 6
45,7	45,8	135 351 4
45,9	46	135 646 6
46,1	46,2	135 941 2
46,3	46,4	136 235 1
46,5	46,6	136 528 4
46,70	46,8	136 821 1
46,90	47	137 113 2
47,15	47,3	137 550 1
47,45	47,6	137 985 6
47,75	47,9	138 419 75
48,05	48,2	138 852 53
48,35	48,5	139 283 96
48,65	48,8	139 714 08
48,95	49,1	140 142 86
49,25	49,4	140 570 35
49,55	49,7	140 996 55
49,85	50	141 421 44
50,15	50,3	141 845 07
50,45	50,6	142 267 43
50,75	50,9	142 688 55
51,05	51,2	143 108 44
51,35	51,5	143 527 1
51,65	51,8	143 944 5
51,95	52,1	144 360 74
52,25	52,4	144 775 76
52,55	52,7	145 189 6
52,85	53	145 602 27
53,15	53,3	146 013 77
53,45	53,6	146 424 1
53,75		

A	B	C
53,75	53,9	146 833 3
54,05	54,2	147 241 37
54,35	54,5	147 648 3
54,65	54,8	148 054 1
54,95	55,1	148 458 8
55,25	55,4	148 862 4
55,55	55,7	149 264 9
55,85	56	149 666 4
56,15	56,3	150 066 73
56,45	56,6	150 466
56,75	56,9	150 864 25
57,05	57,2	151 261 4
57,35	57,5	151 657 6
57,65	57,8	152 052 7
57,95	58,1	152 446 8
58,25	58,4	152 839 85
58,55	58,7	153 231 9
58,85	59	153 623
59,15	59,3	154 013 05
59,45	59,6	154 402 14
59,75	59,9	154 790 24
60,05	60,2	155 177 4
60,35	60,5	155 563 6
60,65	60,8	155 948 8
60,95	61,1	156 333
61,25	61,4	156 716 4
61,55	61,7	157 098 8
61,85	62	157 480 2
62,15	62,3	157 860 8
62,45	62,6	158 240 4
62,75	62,9	158 619 1
63,05	63,2	158 996 9
63,35	63,5	159 373 8
63,65	63,8	159 749 9
63,95	64,1	160 125
64,25	64,4	160 499 3
64,55	64,7	160 872 7
64,85	65	161 245 2
65,15	65,3	161 616 9
65,45	65,6	161 987 7
65,75	65,9	162 357 7
66,05	66,2	162 726 8
66,35		

A	B	C
66,35	66,5	163 095 1
66,65	66,8	163 462 6
66,95	67,1	163 829 2
67,25	67,4	164 195 1
67,55	67,7	164 560 1
67,85	68	164 924 3
68,2	68,4	165 408 67
68,6	68,8	165 891 62
69,0	69,2	166 373 17
69,4	69,6	166 853 3
69,8	70	167 332 1
70,2	70,4	167 809 5
70,6	70,8	168 285 56
71,0	71,2	168 760 27
71,4	71,6	169 233 65
71,8	72	169 705 7
72,2	72,4	170 176 46
72,6	72,8	170 645 92
73,0	73,2	171 114 08
73,4	73,6	171 580 96
73,8	74	172 046 6
74,2	74,4	172 510 95
74,6	74,8	172 974 06
75,0	75,2	173 435 95
75,4	75,6	173 896 6
75,8	76	174 356 04
76,2	76,4	174 814 26
76,6	76,8	175 271 3
77,0	77,2	175 727 14
77,4	77,6	176 181 8
77,8	78	176 635 3
78,2	78,4	177 087 6
78,6	78,8	177 538 8
79,0	79,2	177 988 84
79,4	79,6	178 437 74
79,8	80	178 885 5
80,2	80,4	179 332 16
80,6	80,8	179 777 7
81,0	81,2	180 222 15
81,4	81,6	180 665 5
81,8	82	181 107 8
82,2	82,4	181 548 96
82,6		

A	B	C
82,6	82,8	181 989 1
83,0	83,2	182 428 1
83,4	83,6	182 866 14
83,8	84	183 303 1
84,2	84,4	183 739
84,6	84,8	184 173 9
85,0	85,2	184 607 76
85,4	85,6	185 040 6
85,8	86	185 472 4
86,2	86,4	185 903 3
86,6	86,8	186 333 1
87,0	87,2	186 761 94
87,4	87,6	187 189 8
87,8	88	187 616 7
88,2	88,4	188 042 6
88,6	88,8	188 467 6
89,0	89,2	188 891 6
89,4	89,6	189 314 6
89,8	90	189 736 7
90,2	90,4	190 157 9
90,60	90,8	190 578 1
91,00	91,2	190 997 4
91,40	91,6	191 415 8
91,80	92	191 833 35
92,25	92,5	192 353 93
92,75	93	192 873 1
93,25	93,5	193 390 88
93,75	94	193 907 29
94,25	94,5	194 422 3
94,75	95	194 935 96
95,25	95,5	195 448 3
95,75	96,	195 959 26
96,25	96,5	196 468 9
96,75	97	196 977 24
97,25	97,5	197 484 26
97,75	98	197 989 98
98,25	98,5	198 494 4
98,75	99	198 997 57
99,20	99,4	199 399 1
99,60	99,8	199 799 9
100,0		

Binomialkoeffizienten*

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!\,(n-x)!}$$

n	$\binom{n}{0}$	$\binom{n}{1}$	$\binom{n}{2}$	$\binom{n}{3}$	$\binom{n}{4}$	$\binom{n}{5}$	$\binom{n}{6}$	$\binom{n}{7}$	$\binom{n}{8}$	$\binom{n}{9}$	$\binom{n}{10}$	$\binom{n}{11}$	$\binom{n}{12}$	$\binom{n}{13}$	$\binom{n}{14}$	$\binom{n}{15}$
0	1															
1	1	1														
2	1	2	1													
3	1	3	3	1												
4	1	4	6	4	1											
5	1	5	10	10	5	1										
6	1	6	15	20	15	6	1									
7	1	7	21	35	35	21	7	1								
8	1	8	28	56	70	56	28	8	1							
9	1	9	36	84	126	126	84	36	9	1						
10	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1					
11	1	11	55	165	330	462	462	330	165	55	11	1				
12	1	12	66	220	495	792	924	792	495	220	66	12	1			
13	1	13	78	286	715	1287	1716	1716	1287	715	286	78	13	1		
14	1	14	91	364	1001	2002	3003	3432	3003	2002	1001	364	91	14	1	
15	1	15	105	455	1365	3003	5005	6435	6435	5005	3003	1365	455	105	15	1
16	1	16	120	560	1820	4368	8008	11440	12870	11440	8008	4368	1820	560	120	16
17	1	17	136	680	2380	6188	12376	19448	24310	24310	19448	12376	6188	2380	680	136
18	1	18	153	816	3060	8568	18564	31824	43758	48620	43758	31824	18564	8568	3060	816
19	1	19	171	969	3876	11628	27132	50388	75582	92378	92378	75582	50388	27132	11628	3876
20	1	20	190	1140	4845	15504	38760	77520	125970	167960	184756	167960	125970	77520	38760	15504
21	1	21	210	1330	5985	20349	54264	116280	203490	293930	352716	352716	293930	203490	116280	54264
22	1	22	231	1540	7315	26334	74613	170544	319770	497420	646646	705432	646646	497420	319770	170544
23	1	23	253	1771	8855	33649	100947	245157	490314	817190	1144066	1352078	1352078	1144066	817190	490314
24	1	24	276	2024	10626	42504	134596	346104	735471	1307504	1961256	2496144	2704156	2496144	1961256	1307504
25	1	25	300	2300	12650	53130	177100	480700	1081575	2042975	3268760	4457400	5200300	5200300	4457400	3268760
26	1	26	325	2600	14950	65780	230230	657800	1562275	3124550	5311735	7726160	9657700	10400600	9657700	7726160
27	1	27	351	2925	17550	80730	296010	888030	2220075	4686825	8436285	13037895	17383860	20058300	20058300	17383860
28	1	28	378	3276	20475	98280	376740	1184040	3108105	6906900	13123110	21474180	30421755	37442160	40116600	37442160
29	1	29	406	3654	23751	118755	475020	1560780	4292145	10015005	20030010	34597290	51895935	67863915	77558760	77558760
30	1	30	435	4060	27405	142506	593775	2035800	5852925	14307150	30045015	54627300	86493225	119759850	145422675	155117520
31	1	31	465	4495	31465	169911	736281	2629575	7888725	20160075	44352165	84672315	141120525	206253075	265182525	300540195
32	1	32	496	4960	35960	201376	906192	3365856	10518300	28048800	64512240	129024480	225792840	347373600	471435600	565722720
33	1	33	528	5456	40920	237336	1107568	4272048	13884156	38567100	92561040	193536720	354817320	573166440	818809200	1037158320
34	1	34	561	5984	46376	278256	1344904	5379616	18156204	52451256	131128140	286097760	548354040	927983760	1391975640	1855967520
35	1	35	595	6545	52360	324632	1623160	6724520	23535820	70607460	183579396	417225900	834451800	1476337800	2319959400	3247943160
36	1	36	630	7140	58905	376992	1947792	8347680	30260340	94143280	254186856	600805296	1251677700	2310789600	3796297200	5567902560
37	1	37	666	7770	66045	435897	2324784	10295472	38608020	124403620	348330136	854992152	1852482996	3562467300	6107086800	9364199760
38	1	38	703	8436	73815	501942	2760681	12620256	48903492	163011640	472733756	1203322288	2707475148	5414950296	9669554100	15471286560
39	1	39	741	9177	82251	575757	3262623	15380937	61523748	211915132	635745396	1676056044	3910797436	8122425444	15084504396	25140840660

* Logarithmen der Binomialkoeffizienten bis $\binom{n}{100}$ siehe S. 70–77. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen der Fakultäten* der Zahlen 1–999

$n!$ = Fakultät von $n = n \times (n-1) \times \cdots \times 3 \times 2 \times 1$; Fakultät von $0 = 1$

$n \rightarrow$ ↓	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00000	0,00000	0,30103	0,77815	1,38021	2,07918	2,85733	3,70243	4,60552	5,55976
10	6,55976	7,60116	8,68034	9,79428	10,94041	12,11650	13,32062	14,55107	15,80634	17,08509
20	18,38612	19,70834	21,05077	22,41249	23,79271	25,19065	26,60562	28,03698	29,48414	30,94654
30	32,42366	33,91502	35,42017	36,93869	38,47016	40,01423	41,57054	43,13874	44,71852	46,30959
40	47,91165	49,52443	51,14768	52,78115	54,42460	56,07781	57,74057	59,41267	61,09391	62,78410
50	64,48307	66,19064	67,90665	69,63092	71,36332	73,10368	74,85187	76,60774	78,37117	80,14202
60	81,92017	83,70550	85,49790	87,29724	89,10342	90,91633	92,73587	94,56195	96,39446	98,23331
70	100,07841	101,92966	103,78700	105,65032	107,51955	109,39461	111,27543	113,16192	115,05401	116,95164
80	118,85473	120,76321	122,67703	124,59610	126,52038	128,44980	130,38430	132,32382	134,26830	136,21769
90	138,17194	140,13098	142,09476	144,06325	146,03638	148,01410	149,99637	151,98314	153,97437	155,97000
100	157,97000	159,97433	161,98293	163,99576	166,01280	168,03398	170,05929	172,08867	174,12210	176,15952
110	178,20092	180,24624	182,29546	184,34854	186,40544	188,46614	190,53060	192,59878	194,67067	196,74621
120	198,82539	200,90818	202,99454	205,08444	207,17787	209,27478	211,37515	213,47895	215,58616	217,69675
130	219,81069	221,92797	224,04854	226,17239	228,29950	230,42983	232,56337	234,70009	236,83997	238,98298
140	241,12911	243,27833	245,43062	247,58595	249,74432	251,90568	254,07004	256,23735	258,40762	260,58080
150	262,75689	264,93587	267,11771	269,30240	271,48993	273,68026	275,87338	278,06928	280,26794	282,46933
160	284,67345	286,88028	289,08980	291,30198	293,51683	295,73431	297,95442	300,17713	302,40244	304,63033
170	306,86078	309,09378	311,32930	313,56735	315,80790	318,05094	320,29645	322,54442	324,79484	327,04770
180	329,30297	331,56065	333,82072	336,08317	338,34799	340,61516	342,88467	345,15651	347,43067	349,70713
190	351,98589	354,26692	356,55022	358,83578	361,12358	363,41362	365,70587	368,00034	370,29700	372,59586
200	374,89689	377,20008	379,50544	381,81293	384,12256	386,43432	388,74818	391,06415	393,38222	395,70236
210	398,02458	400,34887	402,67520	405,00358	407,33400	409,66643	412,00089	414,33735	416,67580	419,01625
220	421,35867	423,70306	426,04942	428,39772	430,74797	433,10015	435,45426	437,81029	440,16822	442,52806
230	444,88978	447,25340	449,61888	451,98624	454,35546	456,72652	459,09944	461,47418	463,85076	466,22916
240	468,60937	470,99139	473,37520	475,76081	478,14820	480,53737	482,92830	485,32100	487,71545	490,11165
250	492,50959	494,90926	497,31066	499,71378	502,11862	504,52516	506,93340	509,34333	511,75495	514,16825
260	516,58322	518,99986	521,41816	523,83812	526,25972	528,68297	531,10785	533,53436	535,96250	538,39225
270	540,82361	543,25658	545,69115	548,12731	550,56506	553,00439	555,44530	557,88778	560,33183	562,77743
280	565,22459	567,67330	570,12354	572,57533	575,02865	577,48349	579,93986	582,39774	584,85713	587,31803
290	589,78043	592,24432	594,70971	597,17657	599,64492	602,11474	604,58603	607,05879	609,53301	612,00868
300	614,48580	616,96436	619,44437	621,92581	624,40869	626,89299	629,37871	631,86585	634,35440	636,84436
310	639,33572	641,82848	644,32263	646,81818	649,31511	651,81342	654,31310	656,81416	659,31659	661,82038
320	664,32553	666,83204	669,33989	671,84910	674,35964	676,87152	679,38474	681,89929	684,41516	686,93236
330	689,45087	691,97070	694,49184	697,01428	699,53803	702,06307	704,58941	707,11704	709,64596	712,17616
340	714,70764	717,24039	719,77442	722,30971	724,84627	727,38409	729,92317	732,46350	735,00508	737,54790
350	740,09197	742,63728	745,18382	747,73160	750,28060	752,83083	755,38228	757,93495	760,48883	763,04392
360	765,60023	768,15773	770,71644	773,27635	775,83745	778,39974	780,96323	783,52789	786,09374	788,66077
370	791,22897	793,79834	796,36888	798,94059	801,51347	804,08750	806,66268	809,23903	811,81652	814,39516
380	816,97494	819,55587	822,13793	824,72113	827,30546	829,89092	832,47751	835,06522	837,65405	840,24400
390	842,83507	845,42724	848,02053	850,61492	853,21042	855,80701	858,40471	861,00350	863,60338	866,20436
400	868,80642	871,40956	874,01379	876,61909	879,22547	881,83293	884,44146	887,05105	889,66171	892,27343
410	894,88622	897,50006	900,11496	902,73091	905,34791	907,96595	910,58505	913,20518	915,82636	918,44857
420	921,07182	923,69611	926,32142	928,94776	931,57512	934,20351	936,83292	939,46335	942,09480	944,72725
430	947,36072	949,99520	952,63068	955,26717	957,90466	960,54315	963,18263	965,82312	968,46459	971,10705
440	973,75051	976,39495	979,04037	981,68677	984,33415	986,98251	989,63185	992,28216	994,93344	997,58568
450	1000,23889	1002,89307	1005,54821	1008,20431	1010,86136	1013,51937	1016,17834	1018,83825	1021,49912	1024,16093
460	1026,82369	1029,48739	1032,15203	1034,81761	1037,48413	1040,15158	1042,81997	1045,48929	1048,15953	1050,83071
470	1053,50280	1056,17582	1058,84977	1061,52463	1064,20041	1066,87710	1069,55471	1072,23322	1074,91265	1077,59299
480	1080,27423	1082,95637	1085,63942	1088,32337	1091,00821	1093,69395	1096,38059	1099,06812	1101,75654	1104,44585
490	1107,13604	1109,82712	1112,51909	1115,21194	1117,90566	1120,60027	1123,29575	1125,99211	1128,68934	1131,38744
500	1134,08641	1136,78624	1139,48695	1142,18851	1144,89094	1147,59424	1150,29839	1153,00339	1155,70926	1158,41598
510	1161,12355	1163,83197	1166,54124	1169,25135	1171,96232	1174,67412	1177,38677	1180,10026	1182,81459	1185,52976
520	1188,24576	1190,96260	1193,68027	1196,39877	1199,11810	1201,83826	1204,55925	1207,28106	1210,00369	1212,72715
530	1215,45142	1218,17652	1220,90243	1223,62916	1226,35670	1229,08505	1231,81422	1234,54419	1237,27497	1240,00656
540	1242,73896	1245,47215	1248,20615	1250,94095	1253,67655	1256,41295	1259,15014	1261,88813	1264,62691	1267,36648
550	1270,10684	1272,84799	1275,58993	1278,33266	1281,07617	1283,82046	1286,56554	1289,31139	1292,05803	1294,80544
560	1297,55363	1300,30259	1303,05232	1305,80283	1308,55411	1311,30616	1314,05898	1316,81256	1319,56691	1322,32202
570	1325,07790	1327,83453	1330,59193	1333,35008	1336,10899	1338,86866	1341,62908	1344,39026	1347,15219	1349,91487
580	1352,67829	1355,44247	1358,20739	1360,97306	1363,73948	1366,50663	1369,27453	1372,04317	1374,81254	1377,58266
590	1380,35351	1383,12510	1385,89742	1388,67048	1391,44426	1394,21878	1396,99403	1399,77000	1402,54670	1405,32413
600	1408,10228	1410,88115	1413,66075	1416,44107	1419,22210	1422,00386	1424,78633	1427,56952	1430,35343	1433,13804
610	1435,92337	1438,70941	1441,49617	1444,28363	1447,07179	1449,86067	1452,65025	1455,44054	1458,23152	1461,02322
620	1463,81561	1466,60870	1469,40249	1472,19698	1474,99216	1477,78804	1480,58462	1483,38188	1486,17984	1488,97849
630	1491,77784	1494,57787	1497,37858	1500,17999	1502,98208	1505,78485	1508,58831	1511,39245	1514,19727	1517,00277
640	1519,80895	1522,61581	1525,42334	1528,23155	1531,04044	1533,85000	1536,66023	1539,47114	1542,28271	1545,09496
650	1547,90787	1550,72145	1553,53570	1556,35061	1559,16619	1561,98243	1564,79933	1567,61690	1570,43513	1573,25401
660	1576,07356	1578,89376	1581,71461	1584,53613	1587,35830	1590,18112	1593,00459	1595,82872	1598,65350	1601,47892
670	1604,30500	1607,13172	1609,95909	1612,78710	1615,61576	1618,44507	1621,27501	1624,10560	1626,93683	1629,76870
680	1632,60121	1635,43436	1638,26814	1641,10256	1643,93762	1646,77331	1649,60964	1652,44659	1655,28418	1658,12240
690	1660,96125	1663,80073	1666,64083	1669,48157	1672,32293	1675,16491	1678,00752	1680,85075	1683,69461	1686,53909
700	1689,38418	1692,22990	1695,07624	1697,92320	1700,77077	1703,61896	1706,46776	1709,31718	1712,16721	1715,01786
710	1717,86912	1720,72099	1723,57347	1726,42656	1729,28026	1732,13456	1734,98948	1737,84500	1740,70112	1743,55785
720	1746,41518	1749,27312	1752,13165	1754,99079	1757,85053	1760,71087	1763,57181	1766,43334	1769,29547	1772,15820
730	1775,02152	1777,88544	1780,74995	1783,61505	1786,48075	1789,34704	1792,21391	1795,08138	1797,94944	1800,81808
740	1803,68731	1806,55713	1809,42754	1812,29853	1815,17010	1818,04225	1820,91499	1823,78831	1826,66222	1829,53670
750	1832,41176	1835,28740	1838,16362	1841,04041	1843,91778	1846,79573	1849,67425	1852,55335	1855,43302	1858,31326
760	1861,19407	1864,07546	1866,95741	1869,83994	1872,72303	1875,60669	1878,49092	1881,37571	1884,26108	1887,14700
770	1890,03349	1892,92055	1895,80816	1898,69634	1901,58508	1904,47439	1907,36425	1910,25467	1913,14565	1916,03718
780	1918,92928	1921,82193	1924,71514	1927,60890	1930,50321	1933,39808	1936,29351	1939,18948	1942,08601	1944,98308
790	1947,88071	1950,77889	1953,67761	1956,57689	1959,47671	1962,37707	1965,27799	1968,17944	1971,08145	1973,98399
800	1976,88708	1979,79072	1982,69489	1985,59961	1988,50486	1991,41066	1994,31699	1997,22387	2000,13128	2003,03922
810	2005,94771	2008,85673	2011,76629	2014,67638	2017,58700	2020,49816	2023,40985	2026,32207	2029,23482	2032,14811
820	2035,06192	2037,97626	2040,89114	2043,80654	2046,72246	2049,63892	2052,55590	2055,47340	2058,39143	2061,30999
830	2064,22906	2067,14867	2070,06879	2072,98943	2075,91060	2078,83229	2081,75449	2084,67722	2087,60046	2090,52422
840	2093,44850	2096,37330	2099,29861	2102,22444	2105,15078	2108,07764	2111,00501	2113,93289	2116,86129	2119,79019
850	2122,71961	2125,64954	2128,57998	2131,51093	2134,44239	2137,37435	2140,30683	2143,23981	2146,17330	2149,10729
860	2152,04179	2154,97679	2157,91230	2160,84831	2163,78482	2166,72184	2169,65936	2172,59737	2175,53589	2178,47491
870	2181,41443	2184,35445	2187,29497	2190,23598	2193,17749	2196,11950	2199,06200	2202,00500	2204,94850	2207,89249
880	2210,83697	2213,78195	2216,72741	2219,67338	2222,61983	2225,56677	2228,51420	2231,46213	2234,41054	2237,35944
890	2240,30883	2243,25871	2246,20908	2249,15993	2252,11126	2255,06309	2258,01540	2260,96819	2263,92146	2266,87522
900	2269,82947	2272,78419	2275,73940	2278,69509	2281,65125	2284,60790	2287,56503	2290,52264	2293,48072	2296,43929
910	2299,39833	2302,35785	2305,31784	2308,27831	2311,23926	2314,20068	2317,16258	2320,12495	2323,08779	2326,05111
920	2329,01489	2331,97915	2334,94388	2337,90909	2340,87476	2343,84090	2346,80751	2349,77459	2352,74214	2355,71015
930	2358,67864	2361,64759	2364,61700	2367,58688	2370,55723	2373,52804	2376,49932	2379,47106	2382,44326	2385,41593
940	2388,38906	2391,36265	2394,33670	2397,31121	2400,28618	2403,26161	2406,23750	2409,21385	2412,19066	2415,16793
950	2418,14565	2421,12383	2424,10247	2427,08156	2430,06111	2433,04112	2436,02157	2439,00249	2441,98385	2444,96567
960	2447,94794	2450,93066	2453,91384	2456,89747	2459,88154	2462,86607	2465,85105	2468,83647	2471,82235	2474,80867
970	2477,79545	2480,78266	2483,77033	2486,75844	2489,74700	2492,73601	2495,72546	2498,71535	2501,70569	2504,69647
980	2507,68770	2510,67937	2513,67148	2516,66403	2519,65703	2522,65047	2525,64434	2528,63866	2531,63342	2534,62861
990	2537,62425	2540,62032	2543,61683	2546,61378	2549,61117	2552,60899	2555,60725	2558,60595	2561,60508	2564,60464

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen der reziproken Fakultäten* der Zahlen 1–999

$1/n!$ = Reziproke der Fakultät von n. Fettgedruckte Zahlen sind negative Kennziffern, die Mantissen sind positiv

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00000	00000	**1** 69897	**1** 22185	**2** 61979	**3** 92082	**3** 14267	**4** 29757	**5** 39448	**6** 44024
10	**7** 44024	**8** 39884	**9** 31966	**10** 20572	**11** 05959	**13** 88350	**14** 67938	**15** 44893	**16** 19366	**18** 91491
20	**19** 61388	**20** 29166	**22** 94923	**23** 58751	**24** 20729	**26** 80935	**27** 39438	**29** 96302	**30** 51586	**31** 05346
30	**33** 57634	**34** 08498	**36** 57983	**37** 06131	**39** 52984	**41** 98577	**42** 42946	**44** 86126	**45** 28148	**47** 69041
40	**48** 08835	**50** 47557	**52** 85232	**53** 21885	**55** 57540	**57** 92219	**58** 25943	**60** 58733	**62** 90609	**63** 21590
50	**65** 51693	**67** 80936	**68** 09335	**70** 36908	**72** 63668	**74** 89632	**75** 14813	**77** 39226	**79** 62883	**81** 85798
60	**82** 07983	**84** 29450	**86** 50210	**88** 70276	**90** 89658	**91** 08367	**93** 26413	**95** 43805	**97** 60554	**99** 76669
70	**101** 92159	**102** 07034	**104** 21300	**106** 34968	**108** 48045	**110** 60539	**112** 72457	**114** 83808	**116** 94599	**117** 04836
80	**119** 14527	**121** 23679	**123** 32297	**125** 40390	**127** 47962	**129** 55020	**131** 61570	**133** 67618	**135** 73170	**137** 78231
90	**139** 82806	**141** 86902	**143** 90524	**145** 93675	**147** 96362	**149** 98590	**150** 00363	**152** 01686	**154** 02563	**156** 03000
100	**158** 03000	**160** 02567	**162** 01707	**164** 00424	**167** 98720	**169** 96602	**171** 94071	**173** 91133	**175** 87790	**177** 84048
110	**179** 79908	**181** 75376	**183** 70454	**185** 65146	**187** 59456	**189** 53386	**191** 46940	**193** 40122	**195** 32933	**197** 25379
120	**199** 17461	**201** 09182	**203** 00546	**206** 91556	**208** 82213	**210** 72522	**212** 62485	**214** 52105	**216** 41384	**218** 30325
130	**220** 18931	**222** 07203	**225** 95146	**227** 82761	**229** 70050	**231** 57017	**233** 43663	**235** 29991	**237** 16003	**239** 01702
140	**242** 87089	**244** 72167	**246** 56938	**248** 41405	**250** 25568	**252** 09432	**255** 92996	**257** 76265	**259** 59238	**261** 41920
150	**263** 24311	**265** 06413	**268** 88229	**270** 69760	**272** 51007	**274** 31974	**276** 12662	**279** 93072	**281** 73206	**283** 53067
160	**285** 32655	**287** 11972	**290** 91020	**292** 69802	**294** 48317	**296** 26569	**298** 04558	**301** 82287	**303** 59756	**305** 36967
170	**307** 13922	**310** 90622	**312** 67070	**314** 43265	**316** 19210	**319** 94906	**321** 70355	**323** 45558	**325** 20516	**328** 95230
180	**330** 69703	**332** 43935	**334** 17928	**337** 91683	**339** 65201	**341** 38484	**343** 11533	**346** 84349	**348** 56933	**350** 29287
190	**352** 01411	**355** 73308	**357** 44978	**359** 16422	**362** 87642	**364** 58638	**366** 29413	**369** 99966	**371** 70300	**373** 40414
200	**375** 10311	**378** 79992	**380** 49456	**382** 18707	**385** 87744	**387** 56568	**389** 25182	**392** 93585	**394** 61778	**396** 29764
210	**399** 97542	**401** 65113	**403** 32480	**406** 99642	**408** 66600	**410** 33357	**413** 99911	**415** 66265	**417** 32420	**420** 98375
220	**422** 64133	**424** 29694	**427** 95058	**429** 60228	**431** 25203	**434** 89985	**436** 54574	**438** 18971	**441** 83178	**443** 47194
230	**445** 11022	**448** 74660	**450** 38112	**452** 01376	**455** 64454	**457** 27348	**460** 90056	**462** 52582	**464** 14924	**467** 77084
240	**469** 39063	**471** 00861	**474** 62480	**476** 23919	**479** 85180	**481** 46263	**483** 07170	**486** 67900	**488** 28455	**491** 88835
250	**493** 49041	**495** 09074	**498** 68934	**500** 28622	**503** 88138	**505** 47484	**507** 06660	**510** 65667	**512** 24505	**515** 83175
260	**517** 41678	**519** 00014	**522** 58184	**524** 16188	**527** 74028	**529** 31703	**532** 89215	**534** 46564	**536** 03750	**539** 60775
270	**541** 17639	**544** 74342	**546** 30885	**549** 87269	**551** 43494	**554** 99561	**556** 55470	**558** 11222	**561** 66817	**563** 22257
280	**566** 77541	**568** 32670	**571** 87646	**573** 42467	**576** 97135	**578** 51651	**580** 06014	**583** 60226	**585** 14287	**588** 68197
290	**590** 21957	**593** 75568	**595** 29029	**598** 82343	**600** 35508	**603** 88526	**605** 41397	**608** 94121	**610** 46699	**613** 99132
300	**615** 51420	**617** 03564	**620** 55563	**622** 07419	**625** 59131	**627** 10701	**630** 62129	**632** 13415	**635** 64560	**637** 15564
310	**640** 66428	**642** 17152	**645** 67737	**647** 18182	**650** 68489	**652** 18658	**655** 68690	**657** 18584	**660** 68341	**662** 17962
320	**665** 67447	**667** 16796	**670** 66011	**672** 15090	**675** 64036	**677** 12848	**680** 61526	**682** 10071	**685** 58484	**687** 06764
330	**690** 54913	**692** 02930	**695** 50816	**698** 98572	**700** 46197	**703** 93693	**705** 41059	**708** 88296	**710** 35404	**713** 82384
340	**715** 29236	**718** 75961	**720** 22558	**723** 69029	**725** 15373	**728** 61591	**730** 07683	**733** 53650	**736** 99492	**738** 45210
350	**741** 90803	**743** 36272	**746** 81618	**748** 26840	**751** 71940	**753** 16917	**756** 61772	**758** 06505	**761** 51117	**764** 95608
360	**766** 39977	**769** 84227	**771** 28356	**774** 72365	**776** 16255	**779** 60026	**781** 03677	**784** 47211	**787** 90626	**789** 33923
370	**792** 77103	**794** 20166	**797** 63112	**799** 05941	**802** 48653	**805** 91250	**807** 33732	**810** 76097	**812** 18348	**815** 60484
380	**817** 02506	**820** 44413	**823** 86207	**825** 27887	**828** 69454	**830** 10908	**833** 52249	**836** 93478	**838** 34595	**841** 75600
390	**843** 16493	**846** 57276	**849** 97947	**851** 38508	**854** 78958	**856** 19299	**859** 59529	**862** 99650	**864** 39662	**867** 79564
400	**869** 19358	**872** 59044	**875** 98621	**877** 38091	**880** 77453	**882** 16707	**885** 55854	**888** 94895	**890** 33829	**893** 72657
410	**895** 11378	**898** 49994	**901** 88504	**903** 26909	**906** 65209	**908** 03405	**911** 41495	**914** 79482	**916** 17364	**919** 55143
420	**922** 92818	**924** 30389	**927** 67858	**929** 05224	**932** 42488	**935** 79649	**937** 16708	**940** 53665	**943** 90520	**945** 27275
430	**948** 63928	**950** 00480	**953** 36932	**956** 73283	**958** 09534	**961** 45685	**964** 81737	**966** 17688	**969** 53541	**972** 89295
440	**974** 24949	**977** 60505	**980** 95963	**982** 31323	**985** 66585	**987** 01749	**990** 36815	**993** 71784	**995** 06656	**998** 41432
450	**1001** 76111	**1003** 10693	**1006** 45179	**1009** 79569	**1011** 13864	**1014** 48063	**1017** 82166	**1019** 16175	**1022** 50088	**1025** 83907
460	**1027** 17631	**1030** 51261	**1033** 84797	**1035** 18239	**1038** 51587	**1041** 84842	**1043** 18003	**1046** 51071	**1049** 84047	**1051** 16929
470	**1054** 49720	**1057** 82418	**1059** 15023	**1062** 47537	**1065** 79959	**1067** 12290	**1070** 44529	**1073** 76678	**1075** 08735	**1078** 40701
480	**1081** 72577	**1083** 04363	**1086** 36058	**1089** 67663	**1092** 99179	**1094** 30605	**1097** 61941	**1100** 93188	**1102** 24346	**1105** 55415
490	**1108** 86396	**1110** 17288	**1113** 48091	**1116** 78806	**1118** 09434	**1121** 39973	**1124** 70425	**1126** 00789	**1129** 31066	**1132** 61256
500	**1135** 91359	**1137** 21376	**1140** 51305	**1143** 81149	**1145** 10906	**1148** 40576	**1151** 70161	**1154** 99661	**1156** 29074	**1159** 58402
510	**1162** 87645	**1164** 16803	**1167** 45876	**1170** 74865	**1172** 03768	**1175** 32588	**1178** 61323	**1181** 89974	**1183** 18541	**1186** 47024
520	**1189** 75424	**1191** 03740	**1194** 31973	**1197** 60123	**1200** 88190	**1202** 16174	**1205** 44075	**1208** 71894	**1211** 99631	**1213** 27285
530	**1216** 54858	**1219** 82348	**1221** 09757	**1224** 37084	**1227** 64330	**1230** 91495	**1232** 18578	**1235** 45581	**1238** 72503	**1241** 99344
540	**1243** 26104	**1246** 52785	**1249** 79385	**1251** 05905	**1254** 32345	**1257** 58705	**1260** 84986	**1262** 11187	**1265** 37309	**1268** 63352
550	**1271** 89316	**1273** 15201	**1276** 41007	**1279** 66734	**1282** 92383	**1284** 17954	**1287** 43446	**1290** 68861	**1293** 94197	**1295** 19456
560	**1298** 44637	**1301** 69741	**1304** 94768	**1306** 19717	**1309** 44589	**1312** 69384	**1315** 94102	**1317** 18744	**1320** 43309	**1323** 67798
570	**1326** 92210	**1328** 16547	**1331** 40807	**1334** 64992	**1337** 89101	**1339** 13134	**1342** 37092	**1345** 60974	**1348** 84781	**1350** 08513
580	**1353** 32171	**1356** 55753	**1359** 79261	**1361** 02694	**1364** 26052	**1367** 49337	**1370** 72547	**1373** 95683	**1375** 18746	**1378** 41734
590	**1381** 64649	**1384** 87490	**1386** 10258	**1389** 32952	**1392** 55574	**1395** 78122	**1397** 00597	**1400** 23000	**1403** 45330	**1406** 67587
600	**1409** 89772	**1411** 11885	**1414** 33925	**1417** 55893	**1420** 77790	**1423** 99614	**1425** 21367	**1428** 43048	**1431** 64657	**1434** 86196
610	**1436** 07663	**1439** 29059	**1442** 50383	**1445** 71637	**1448** 92821	**1450** 13933	**1453** 34975	**1456** 55946	**1459** 76848	**1462** 97678
620	**1464** 18439	**1467** 39130	**1470** 59751	**1473** 80302	**1475** 00784	**1478** 21196	**1481** 41538	**1484** 61812	**1487** 82016	**1489** 02151
630	**1492** 22216	**1495** 42213	**1498** 62142	**1501** 82001	**1503** 01792	**1506** 21515	**1509** 41169	**1512** 60755	**1515** 80273	**1518** 99723
640	**1520** 19105	**1523** 38419	**1526** 57666	**1529** 76845	**1532** 95956	**1534** 15000	**1537** 33977	**1540** 52886	**1543** 71729	**1546** 90504
650	**1548** 09213	**1551** 27855	**1554** 46430	**1557** 64939	**1560** 83381	**1562** 01757	**1565** 20067	**1568** 38310	**1571** 56487	**1574** 74599
660	**1577** 92644	**1579** 10624	**1582** 28539	**1585** 46387	**1588** 64170	**1591** 81888	**1594** 99541	**1596** 17128	**1599** 34650	**1602** 52108
670	**1605** 69500	**1608** 86828	**1610** 04091	**1613** 21290	**1616** 38424	**1619** 55493	**1622** 72499	**1625** 89440	**1627** 06317	**1630** 23130
680	**1633** 39879	**1636** 56564	**1639** 73186	**1642** 89744	**1644** 06238	**1647** 22669	**1650** 39036	**1653** 55341	**1656** 71582	**1659** 87760
690	**1661** 03875	**1664** 19927	**1667** 35917	**1670** 51843	**1673** 67707	**1676** 83509	**1679** 99248	**1681** 14925	**1684** 30539	**1687** 46091
700	**1690** 61582	**1693** 77010	**1696** 92376	**1698** 07680	**1701** 22923	**1704** 38104	**1707** 53224	**1710** 68282	**1713** 83279	**1716** 98214
710	**1718** 13088	**1721** 27901	**1724** 42653	**1727** 57344	**1730** 71974	**1733** 86544	**1735** 01052	**1738** 15500	**1741** 29888	**1744** 44215
720	**1747** 58482	**1750** 72688	**1753** 86835	**1755** 00921	**1758** 14947	**1761** 28913	**1764** 42819	**1767** 56666	**1770** 70453	**1773** 84180
730	**1776** 97848	**1778** 11456	**1781** 25005	**1784** 38495	**1787** 51925	**1790** 65296	**1793** 78609	**1796** 91862	**1798** 05056	**1801** 18192
740	**1804** 31269	**1807** 44287	**1810** 57246	**1813** 70147	**1816** 82990	**1819** 95775	**1821** 08501	**1824** 21169	**1827** 33778	**1830** 46330
750	**1833** 58824	**1836** 71260	**1839** 83638	**1842** 95959	**1844** 08222	**1847** 20427	**1850** 32575	**1853** 44665	**1856** 56698	**1859** 68674
760	**1862** 80593	**1865** 92454	**1867** 04259	**1870** 16006	**1873** 27697	**1876** 39331	**1879** 50908	**1882** 62429	**1885** 73892	**1888** 85300
770	**1891** 96651	**1893** 07945	**1896** 19184	**1899** 30366	**1902** 41492	**1905** 52561	**1908** 63575	**1911** 74533	**1914** 85435	**1917** 96282
780	**1919** 07072	**1922** 17807	**1925** 28486	**1928** 39110	**1931** 49679	**1934** 60192	**1937** 70649	**1940** 81052	**1943** 91399	**1945** 01692
790	**1948** 11929	**1951** 22111	**1954** 32239	**1957** 42311	**1960** 52329	**1963** 62293	**1966** 72201	**1969** 82056	**1972** 91855	**1974** 01601
800	**1977** 11292	**1980** 20928	**1983** 30511	**1986** 40039	**1989** 49514	**1992** 58934	**1995** 68301	**1998** 77613	**2001** 86872	**2004** 96078
810	**2006** 05229	**2009** 14327	**2012** 23371	**2015** 32362	**2018** 41300	**2021** 50184	**2024** 59015	**2027** 67793	**2030** 76518	**2033** 85189
820	**2036** 93808	**2038** 02374	**2041** 10886	**2044** 19346	**2047** 27754	**2050** 36108	**2053** 44410	**2056** 52660	**2059** 60857	**2062** 69001
830	**2065** 77094	**2068** 85133	**2071** 93121	**2073** 01057	**2076** 08940	**2079** 16771	**2082** 24551	**2085** 32278	**2088** 39954	**2091** 47578
840	**2094** 55150	**2097** 62670	**2100** 70139	**2103** 77556	**2106** 84922	**2109** 92236	**2112** 99499	**2114** 06711	**2117** 13871	**2120** 20981
850	**2123** 28039	**2126** 35046	**2129** 42002	**2132** 48907	**2135** 55761	**2138** 62565	**2141** 69317	**2144** 76019	**2147** 82670	**2150** 89271
860	**2153** 95821	**2155** 02321	**2158** 08770	**2161** 15169	**2164** 21518	**2167** 27816	**2170** 34064	**2173** 40263	**2176** 46411	**2179** 52509
870	**2182** 58557	**2185** 64555	**2188** 70503	**2191** 76402	**2194** 82251	**2197** 88050	**2200** 93800	**2203** 99500	**2205** 05150	**2208** 10751
880	**2211** 16303	**2214** 21805	**2217** 27259	**2220** 32662	**2223** 38017	**2226** 43323	**2229** 48580	**2232** 53787	**2235** 58946	**2238** 64056
890	**2241** 69117	**2244** 74129	**2247** 79092	**2250** 84007	**2253** 88874	**2256** 93691	**2259** 98460	**2261** 03181	**2264** 07854	**2267** 12478
900	**2270** 17053	**2273** 21581	**2276** 26060	**2279** 30491	**2282** 34875	**2285** 39210	**2288** 43497	**2291** 47736	**2294** 51928	**2297** 56071
910	**2300** 60167	**2303** 64215	**2306** 68216	**2309** 72169	**2312** 76074	**2315** 79932	**2318** 83742	**2321** 87505	**2324** 91221	**2327** 94889
920	**2330** 98511	**2332** 02085	**2335** 05612	**2338** 09091	**2341** 12524	**2344** 15910	**2347** 19249	**2350** 22541	**2353** 25786	**2356** 28985
930	**2359** 32136	**2362** 35241	**2365** 38300	**2368** 41312	**2371** 44277	**2374** 47196	**2377** 50068	**2380** 52894	**2383** 55674	**2386** 58407
940	**2389** 61094	**2392** 63735	**2395** 66330	**2398** 68879	**2401** 71382	**2404** 73839	**2407** 76250	**2410** 78615	**2413** 80934	**2416** 83207
950	**2419** 85435	**2422** 87617	**2425** 89753	**2428** 91844	**2431** 93889	**2434** 95888	**2437** 97843	**2440** 99751	**2442** 01615	**2445** 03433
960	**2448** 05206	**2451** 06934	**2454** 08616	**2457** 10253	**2460** 11846	**2463** 13393	**2466** 14895	**2469** 16353	**2472** 17765	**2475** 19133
970	**2478** 20455	**2481** 21734	**2484** 22967	**2487** 24156	**2490** 25300	**2493** 26399	**2496** 27454	**2499** 28465	**2502** 29431	**2505** 30353
980	**2508** 31230	**2511** 32063	**2514** 32852	**2517** 33597	**2520** 34297	**2523** 34953	**2526** 35566	**2529** 36134	**2532** 36658	**2535** 37139
990	**2538** 37575	**2541** 37968	**2544** 38317	**2547** 38622	**2550** 38883	**2553** 39101	**2556** 39275	**2559** 39405	**2562** 39492	**2565** 39536

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Normalverteilung[1]

Integral zwischen minus Unendlich und c

Integral → Abweichung c*

$\int_{-\infty}^{c}$ →	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,00	∞	*3,0902*	*2,8782*	*2,7478*	*2,6521*	*2,5758*	*2,5121*	*2,4573*	*2,4089*	*2,3656*
0,01	*2,3263*	*2,2904*	*2,2571*	*2,2262*	*2,1973*	*2,1701*	*2,1444*	*2,1201*	*2,0969*	*2,0749*
0,02	*2,0537*	*2,0335*	*2,0141*	*1,9954*	*1,9774*	*1,9600*	*1,9431*	*1,9268*	*1,9110*	*1,8957*
0,03	*1,8808*	*1,8663*	*1,8522*	*1,8384*	*1,8250*	*1,8119*	*1,7991*	*1,7866*	*1,7744*	*1,7624*
0,04	*1,7507*	*1,7392*	*1,7279*	*1,7169*	*1,7060*	*1,6954*	*1,6849*	*1,6747*	*1,6646*	*1,6546*
0,05	*1,6449*	*1,6352*	*1,6258*	*1,6164*	*1,6072*	*1,5982*	*1,5893*	*1,5805*	*1,5718*	*1,5632*
0,06	*1,5548*	*1,5464*	*1,5382*	*1,5301*	*1,5220*	*1,5141*	*1,5063*	*1,4985*	*1,4909*	*1,4833*
0,07	*1,4758*	*1,4684*	*1,4611*	*1,4538*	*1,4466*	*1,4395*	*1,4325*	*1,4255*	*1,4187*	*1,4118*
0,08	*1,4051*	*1,3984*	*1,3917*	*1,3852*	*1,3787*	*1,3722*	*1,3658*	*1,3595*	*1,3532*	*1,3469*
0,09	*1,3408*	*1,3346*	*1,3285*	*1,3225*	*1,3165*	*1,3106*	*1,3047*	*1,2988*	*1,2930*	*1,2873*
0,10	*1,2816*	*1,2759*	*1,2702*	*1,2646*	*1,2591*	*1,2536*	*1,2481*	*1,2426*	*1,2372*	*1,2319*
0,11	*1,2265*	*1,2212*	*1,2160*	*1,2107*	*1,2055*	*1,2004*	*1,1952*	*1,1901*	*1,1850*	*1,1800*
0,12	*1,1750*	*1,1700*	*1,1650*	*1,1601*	*1,1552*	*1,1503*	*1,1455*	*1,1407*	*1,1359*	*1,1311*
0,13	*1,1264*	*1,1217*	*1,1170*	*1,1123*	*1,1077*	*1,1031*	*1,0985*	*1,0939*	*1,0893*	*1,0848*
0,14	*1,0803*	*1,0758*	*1,0714*	*1,0669*	*1,0625*	*1,0581*	*1,0537*	*1,0494*	*1,0450*	*1,0407*
0,15	*1,0364*	*1,0322*	*1,0279*	*1,0237*	*1,0194*	*1,0152*	*1,0110*	*1,0069*	*1,0027*	*0,9986*
0,16	*0,9945*	*0,9904*	*0,9863*	*0,9822*	*0,9782*	*0,9741*	*0,9701*	*0,9661*	*0,9621*	*0,9581*
0,17	*0,9542*	*0,9502*	*0,9463*	*0,9424*	*0,9385*	*0,9346*	*0,9307*	*0,9269*	*0,9230*	*0,9192*
0,18	*0,9154*	*0,9116*	*0,9078*	*0,9040*	*0,9002*	*0,8965*	*0,8927*	*0,8890*	*0,8853*	*0,8816*
0,19	*0,8779*	*0,8742*	*0,8705*	*0,8669*	*0,8633*	*0,8596*	*0,8560*	*0,8524*	*0,8488*	*0,8452*
0,20	*0,8416*	*0,8381*	*0,8345*	*0,8310*	*0,8274*	*0,8239*	*0,8204*	*0,8169*	*0,8134*	*0,8099*
0,21	*0,8064*	*0,8030*	*0,7995*	*0,7961*	*0,7926*	*0,7892*	*0,7858*	*0,7824*	*0,7790*	*0,7756*
0,22	*0,7722*	*0,7688*	*0,7655*	*0,7621*	*0,7588*	*0,7554*	*0,7521*	*0,7488*	*0,7454*	*0,7421*
0,23	*0,7388*	*0,7356*	*0,7323*	*0,7290*	*0,7257*	*0,7225*	*0,7192*	*0,7160*	*0,7128*	*0,7095*
0,24	*0,7063*	*0,7031*	*0,6999*	*0,6967*	*0,6935*	*0,6903*	*0,6871*	*0,6840*	*0,6808*	*0,6776*
0,25	*0,6745*	*0,6713*	*0,6682*	*0,6651*	*0,6620*	*0,6588*	*0,6557*	*0,6526*	*0,6495*	*0,6464*
0,26	*0,6433*	*0,6403*	*0,6372*	*0,6341*	*0,6311*	*0,6280*	*0,6250*	*0,6219*	*0,6189*	*0,6158*
0,27	*0,6128*	*0,6098*	*0,6068*	*0,6038*	*0,6008*	*0,5978*	*0,5948*	*0,5918*	*0,5888*	*0,5858*
0,28	*0,5828*	*0,5799*	*0,5769*	*0,5740*	*0,5710*	*0,5681*	*0,5651*	*0,5622*	*0,5592*	*0,5563*
0,29	*0,5534*	*0,5505*	*0,5476*	*0,5446*	*0,5417*	*0,5388*	*0,5359*	*0,5330*	*0,5302*	*0,5273*
0,30	*0,5244*	*0,5215*	*0,5187*	*0,5158*	*0,5129*	*0,5101*	*0,5072*	*0,5044*	*0,5015*	*0,4987*
0,31	*0,4959*	*0,4930*	*0,4902*	*0,4874*	*0,4845*	*0,4817*	*0,4789*	*0,4761*	*0,4733*	*0,4705*
0,32	*0,4677*	*0,4649*	*0,4621*	*0,4593*	*0,4565*	*0,4538*	*0,4510*	*0,4482*	*0,4454*	*0,4427*
0,33	*0,4399*	*0,4372*	*0,4344*	*0,4316*	*0,4289*	*0,4261*	*0,4234*	*0,4207*	*0,4179*	*0,4152*
0,34	*0,4125*	*0,4097*	*0,4070*	*0,4043*	*0,4016*	*0,3989*	*0,3961*	*0,3934*	*0,3907*	*0,3880*
0,35	*0,3853*	*0,3826*	*0,3799*	*0,3772*	*0,3745*	*0,3719*	*0,3692*	*0,3665*	*0,3638*	*0,3611*
0,36	*0,3585*	*0,3558*	*0,3531*	*0,3505*	*0,3478*	*0,3451*	*0,3425*	*0,3398*	*0,3372*	*0,3345*
0,37	*0,3319*	*0,3292*	*0,3266*	*0,3239*	*0,3213*	*0,3186*	*0,3160*	*0,3134*	*0,3107*	*0,3081*
0,38	*0,3055*	*0,3029*	*0,3002*	*0,2976*	*0,2950*	*0,2924*	*0,2898*	*0,2871*	*0,2845*	*0,2819*
0,39	*0,2793*	*0,2767*	*0,2741*	*0,2715*	*0,2689*	*0,2663*	*0,2637*	*0,2611*	*0,2585*	*0,2559*
0,40	*0,2533*	*0,2508*	*0,2482*	*0,2456*	*0,2430*	*0,2404*	*0,2378*	*0,2353*	*0,2327*	*0,2301*
0,41	*0,2275*	*0,2250*	*0,2224*	*0,2198*	*0,2173*	*0,2147*	*0,2121*	*0,2096*	*0,2070*	*0,2045*
0,42	*0,2019*	*0,1993*	*0,1968*	*0,1942*	*0,1917*	*0,1891*	*0,1866*	*0,1840*	*0,1815*	*0,1789*
0,43	*0,1764*	*0,1738*	*0,1713*	*0,1687*	*0,1662*	*0,1637*	*0,1611*	*0,1586*	*0,1560*	*0,1535*
0,44	*0,1510*	*0,1484*	*0,1459*	*0,1434*	*0,1408*	*0,1383*	*0,1358*	*0,1332*	*0,1307*	*0,1282*
0,45	*0,1257*	*0,1231*	*0,1206*	*0,1181*	*0,1156*	*0,1130*	*0,1105*	*0,1080*	*0,1055*	*0,1030*
0,46	*0,1004*	*0,0979*	*0,0954*	*0,0929*	*0,0904*	*0,0878*	*0,0853*	*0,0828*	*0,0803*	*0,0778*
0,47	*0,0753*	*0,0728*	*0,0702*	*0,0677*	*0,0652*	*0,0627*	*0,0602*	*0,0577*	*0,0552*	*0,0527*
0,48	*0,0502*	*0,0476*	*0,0451*	*0,0426*	*0,0401*	*0,0376*	*0,0351*	*0,0326*	*0,0301*	*0,0276*
0,49	*0,0251*	*0,0226*	*0,0201*	*0,0175*	*0,0150*	*0,0125*	*0,0100*	*0,0075*	*0,0050*	*0,0025*
0,50	0,0000	0,0025	0,0050	0,0075	0,0100	0,0125	0,0150	0,0175	0,0201	0,0226
0,51	0,0251	0,0276	0,0301	0,0326	0,0351	0,0376	0,0401	0,0426	0,0451	0,0476
0,52	0,0502	0,0527	0,0552	0,0577	0,0602	0,0627	0,0652	0,0677	0,0702	0,0728
0,53	0,0753	0,0778	0,0803	0,0828	0,0853	0,0878	0,0904	0,0929	0,0954	0,0979
0,54	0,1004	0,1030	0,1055	0,1080	0,1105	0,1130	0,1156	0,1181	0,1206	0,1231
0,55	0,1257	0,1282	0,1307	0,1332	0,1358	0,1383	0,1408	0,1434	0,1459	0,1484
0,56	0,1510	0,1535	0,1560	0,1586	0,1611	0,1637	0,1662	0,1687	0,1713	0,1738
0,57	0,1764	0,1789	0,1815	0,1840	0,1866	0,1891	0,1917	0,1942	0,1968	0,1993
0,58	0,2019	0,2045	0,2070	0,2096	0,2121	0,2147	0,2173	0,2198	0,2224	0,2250
0,59	0,2275	0,2301	0,2327	0,2353	0,2378	0,2404	0,2430	0,2456	0,2482	0,2508
0,60	0,2533	0,2559	0,2585	0,2611	0,2637	0,2663	0,2689	0,2715	0,2741	0,2767
0,61	0,2793	0,2819	0,2845	0,2871	0,2898	0,2924	0,2950	0,2976	0,3002	0,3029
0,62	0,3055	0,3081	0,3107	0,3134	0,3160	0,3186	0,3213	0,3239	0,3266	0,3292
0,63	0,3319	0,3345	0,3372	0,3398	0,3425	0,3451	0,3478	0,3505	0,3531	0,3558
0,64	0,3585	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3745	0,3772	0,3799	0,3826
0,65	0,3853	0,3880	0,3907	0,3934	0,3961	0,3989	0,4016	0,4043	0,4070	0,4097
0,66	0,4125	0,4152	0,4179	0,4207	0,4234	0,4261	0,4289	0,4316	0,4344	0,4372
0,67	0,4399	0,4427	0,4454	0,4482	0,4510	0,4538	0,4565	0,4593	0,4621	0,4649
0,68	0,4677	0,4705	0,4733	0,4761	0,4789	0,4817	0,4845	0,4874	0,4902	0,4930
0,69	0,4959	0,4987	0,5015	0,5044	0,5072	0,5101	0,5129	0,5158	0,5187	0,5215
0,70	0,5244	0,5273	0,5302	0,5330	0,5359	0,5388	0,5417	0,5446	0,5476	0,5505
0,71	0,5534	0,5563	0,5592	0,5622	0,5651	0,5681	0,5710	0,5740	0,5769	0,5799
0,72	0,5828	0,5858	0,5888	0,5918	0,5948	0,5978	0,6008	0,6038	0,6068	0,6098
0,73	0,6128	0,6158	0,6189	0,6219	0,6250	0,6280	0,6311	0,6341	0,6372	0,6403
0,74	0,6433	0,6464	0,6495	0,6526	0,6557	0,6588	0,6620	0,6651	0,6682	0,6713
0,75	0,6745	0,6776	0,6808	0,6840	0,6871	0,6903	0,6935	0,6967	0,6999	0,7031
0,76	0,7063	0,7095	0,7128	0,7160	0,7192	0,7225	0,7257	0,7290	0,7323	0,7356
0,77	0,7388	0,7421	0,7454	0,7488	0,7521	0,7554	0,7588	0,7621	0,7655	0,7688
0,78	0,7722	0,7756	0,7790	0,7824	0,7858	0,7892	0,7926	0,7961	0,7995	0,8030
0,79	0,8064	0,8099	0,8134	0,8169	0,8204	0,8239	0,8274	0,8310	0,8345	0,8381
0,80	0,8416	0,8452	0,8488	0,8524	0,8560	0,8596	0,8633	0,8669	0,8705	0,8742
0,81	0,8779	0,8816	0,8853	0,8890	0,8927	0,8965	0,9002	0,9040	0,9078	0,9116
0,82	0,9154	0,9192	0,9230	0,9269	0,9307	0,9346	0,9385	0,9424	0,9463	0,9502
0,83	0,9542	0,9581	0,9621	0,9661	0,9701	0,9741	0,9782	0,9822	0,9863	0,9904
0,84	0,9945	0,9986	1,0027	1,0069	1,0110	1,0152	1,0194	1,0237	1,0279	1,0322
0,85	1,0364	1,0407	1,0450	1,0494	1,0537	1,0581	1,0625	1,0669	1,0714	1,0758
0,86	1,0803	1,0848	1,0893	1,0939	1,0985	1,1031	1,1077	1,1123	1,1170	1,1217
0,87	1,1264	1,1311	1,1359	1,1407	1,1455	1,1503	1,1552	1,1601	1,1650	1,1700
0,88	1,1750	1,1800	1,1850	1,1901	1,1952	1,2004	1,2055	1,2107	1,2160	1,2212
0,89	1,2265	1,2319	1,2372	1,2426	1,2481	1,2536	1,2591	1,2646	1,2702	1,2759
0,90	1,2816	1,2873	1,2930	1,2988	1,3047	1,3106	1,3165	1,3225	1,3285	1,3346
0,91	1,3408	1,3469	1,3532	1,3595	1,3658	1,3722	1,3787	1,3852	1,3917	1,3984
0,92	1,4051	1,4118	1,4187	1,4255	1,4325	1,4395	1,4466	1,4538	1,4611	1,4684
0,93	1,4758	1,4833	1,4909	1,4985	1,5063	1,5141	1,5220	1,5301	1,5382	1,5464
0,94	1,5548	1,5632	1,5718	1,5805	1,5893	1,5982	1,6072	1,6164	1,6258	1,6352
0,95	1,6449	1,6546	1,6646	1,6747	1,6849	1,6954	1,7060	1,7169	1,7279	1,7392
0,96	1,7507	1,7624	1,7744	1,7866	1,7991	1,8119	1,8250	1,8384	1,8522	1,8663
0,97	1,8808	1,8957	1,9110	1,9268	1,9431	1,9600	1,9774	1,9954	2,0141	2,0335
0,98	2,0537	2,0749	2,0969	2,1201	2,1444	2,1701	2,1973	2,2262	2,2571	2,2904
0,99	2,3263	2,3656	2,4089	2,4573	2,5121	2,5758	2,6521	2,7478	2,8782	3,0902

* Die *kursiv* gesetzten Zahlen sind mit einem Minuszeichen zu versehen.

1) Gerechnet durch den Herausgeber nach Werten aus *1*) von S. 29.

Abweichung c → Integral

c → ↓	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
−3,2	00069	00066	00064	00062	00060	00058	00056	00054	00052	00050
−3,1	00097	00094	00090	00087	00084	00082	00079	00076	00074	00071
−3,0	00135	00131	00126	00122	00118	00114	00111	00107	00104	00100
−2,9	00187	00181	00175	00169	00164	00159	00154	00149	00144	00139
−2,8	00256	00248	00240	00233	00226	00219	00212	00205	00199	00193
−2,7	00347	00336	00326	00317	00307	00298	00289	00280	00272	00264
−2,6	00466	00453	00440	00427	00415	00402	00391	00379	00368	00357
−2,5	00621	00604	00587	00570	00554	00539	00523	00508	00494	00480
−2,4	00820	00798	00776	00755	00734	00714	00695	00676	00657	00639
−2,3	01072	01044	01017	00990	00964	00939	00914	00889	00866	00842
−2,2	01390	01355	01321	01287	01255	01222	01191	01160	01130	01101
−2,1	01786	01743	01700	01659	01618	01578	01539	01500	01463	01426
−2,0	02275	02222	02169	02118	02068	02018	01970	01923	01876	01831
−1,9	02872	02807	02743	02680	02619	02559	02500	02442	02385	02330
−1,8	03593	03515	03438	03362	03288	03216	03144	03074	03005	02938
−1,7	04457	04363	04272	04182	04093	04006	03920	03836	03754	03673
−1,6	05480	05370	05262	05155	05050	04947	04846	04746	04648	04551
−1,5	06681	06552	06426	06301	06178	06057	05938	05821	05705	05592
−1,4	08076	07927	07780	07636	07493	07353	07215	07078	06944	06811
−1,3	09680	09510	09342	09176	09012	08851	08691	08534	08379	08226
−1,2	11507	11314	11123	10935	10749	10565	10383	10204	10027	09853
−1,1	13567	13350	13136	12924	12714	12507	12302	12100	11900	11702
−1,0	15866	15625	15386	15151	14917	14686	14457	14231	14007	13786
−0,9	18406	18141	17879	17619	17361	17106	16853	16602	16354	16109
−0,8	21186	20897	20611	20327	20045	19766	19489	19215	18943	18673
−0,7	24196	23885	23576	23270	22965	22663	22363	22065	21770	21476
−0,6	27425	27093	26763	26435	26109	25785	25463	25143	24825	24510
−0,5	30854	30503	30153	29806	29460	29116	28774	28434	28096	27760
−0,4	34458	34090	33724	33360	32997	32636	32276	31918	31561	31207
−0,3	38209	37828	37448	37070	36693	36317	35942	35569	35197	34827
−0,2	42074	41683	41294	40905	40517	40129	39743	39358	38974	38591
−0,19	42465	42426	42387	42348	42309	42270	42231	42191	42152	42113
−0,18	42858	42818	42779	42740	42701	42661	42622	42583	42544	42505
−0,17	43251	43211	43172	43133	43093	43054	43015	42975	42936	42897
−0,16	43644	43605	43565	43526	43487	43447	43408	43369	43329	43290
−0,15	44038	43999	43959	43920	43880	43841	43802	43762	43723	43683
−0,14	44433	44393	44354	44315	44275	44236	44196	44157	44117	44078
−0,13	44828	44789	44749	44710	44670	44631	44591	44552	44512	44473
−0,12	45224	45185	45145	45105	45066	45026	44987	44947	44907	44868
−0,11	45620	45581	45541	45502	45462	45422	45383	45343	45303	45264
−0,10	46017	45978	45938	45898	45858	45819	45779	45739	45700	45660
−0,09	46414	46375	46335	46295	46255	46216	46176	46136	46097	46057
−0,08	46812	46772	46732	46693	46653	46613	46573	46534	46494	46454
−0,07	47210	47170	47130	47090	47051	47011	46971	46931	46891	46852
−0,06	47608	47568	47528	47488	47449	47409	47369	47329	47289	47249
−0,05	48006	47966	47926	47887	47847	47807	47767	47727	47687	47648
−0,04	48405	48365	48325	48285	48245	48205	48166	48126	48086	48046
−0,03	48803	48763	48724	48684	48644	48604	48564	48524	48484	48445
−0,02	49202	49162	49122	49083	49043	49003	48963	48923	48883	48843
−0,01	49601	49561	49521	49481	49441	49402	49362	49322	49282	49242
−0,00	50000	49960	49920	49880	49840	49801	49761	49721	49681	49641
+0,00	50000	50040	50080	50120	50160	50199	50239	50279	50319	50359
+0,01	50399	50439	50479	50519	50559	50598	50638	50678	50718	50758
+0,02	50798	50838	50878	50917	50957	50997	51037	51077	51117	51157
+0,03	51197	51237	51276	51316	51356	51396	51436	51476	51516	51555
+0,04	51595	51635	51675	51715	51755	51795	51834	51874	51914	51954
+0,05	51994	52034	52074	52113	52153	52193	52233	52273	52313	52352
+0,06	52392	52432	52472	52512	52551	52591	52631	52671	52711	52751
+0,07	52790	52830	52870	52910	52949	52989	53029	53069	53109	53148
+0,08	53188	53228	53268	53307	53347	53387	53427	53466	53506	53546
+0,09	53586	53625	53665	53705	53745	53784	53824	53864	53903	53943
+0,10	53983	54022	54062	54102	54142	54181	54221	54261	54300	54340
+0,11	54380	54419	54459	54498	54538	54578	54617	54657	54697	54736
+0,12	54776	54815	54855	54895	54934	54974	55013	55053	55093	55132
+0,13	55172	55211	55251	55290	55330	55369	55409	55448	55488	55527
+0,14	55567	55607	55646	55685	55725	55764	55804	55843	55883	55922
+0,15	55962	56001	56041	56080	56120	56159	56198	56238	56277	56317
+0,16	56356	56395	56435	56474	56513	56553	56592	56631	56671	56710
+0,17	56749	56789	56828	56867	56907	56946	56985	57025	57064	57103
+0,18	57142	57182	57221	57260	57299	57339	57378	57417	57456	57495
+0,19	57535	57574	57613	57652	57691	57730	57769	57809	57848	57887
+0,2	57926	58317	58706	59095	59483	59871	60257	60642	61026	61409
+0,3	61791	62172	62552	62930	63307	63683	64058	64431	64803	65173
+0,4	65542	65910	66276	66640	67003	67364	67724	68082	68439	68793
+0,5	69146	69497	69847	70194	70540	70884	71226	71566	71904	72240
+0,6	72575	72907	73237	73565	73891	74215	74537	74857	75175	75490
+0,7	75804	76115	76424	76730	77035	77337	77637	77935	78230	78524
+0,8	78814	79103	79389	79673	79955	80234	80511	80785	81057	81327
+0,9	81594	81859	82121	82381	82639	82894	83147	83398	83646	83891
+1,0	84134	84375	84614	84849	85083	85314	85543	85769	85993	86214
+1,1	86433	86650	86864	87076	87286	87493	87698	87900	88100	88298
+1,2	88493	88686	88877	89065	89251	89435	89617	89796	89973	90147
+1,3	90320	90490	90658	90824	90988	91149	91309	91466	91621	91774
+1,4	91924	92073	92220	92364	92507	92647	92785	92922	93056	93189
+1,5	93319	93448	93574	93699	93822	93943	94062	94179	94295	94408
+1,6	94520	94630	94738	94845	94950	95053	95154	95254	95352	95449
+1,7	95543	95637	95728	95818	95907	95994	96080	96164	96246	96327
+1,8	96407	96485	96562	96638	96712	96784	96856	96926	96995	97062
+1,9	97128	97193	97257	97320	97381	97441	97500	97558	97615	97670
+2,0	97725	97778	97831	97882	97932	97982	98030	98077	98124	98169
+2,1	98214	98257	98300	98341	98382	98422	98461	98500	98537	98574
+2,2	98610	98645	98679	98713	98745	98778	98809	98840	98870	98899
+2,3	98928	98956	98983	99010	99036	99061	99086	99111	99134	99158
+2,4	99180	99202	99224	99245	99266	99286	99305	99324	99343	99361
+2,5	99379	99396	99413	99430	99446	99461	99477	99492	99506	99520
+2,6	99534	99547	99560	99573	99585	99598	99609	99621	99632	99643
+2,7	99653	99664	99674	99683	99693	99702	99711	99720	99728	99736
+2,8	99744	99752	99760	99767	99774	99781	99788	99795	99801	99807
+2,9	99813	99819	99825	99831	99836	99841	99846	99851	99856	99861
+3,0	99865	99869	99874	99878	99882	99886	99889	99893	99896	99900
+3,1	99903	99906	99910	99913	99916	99918	99921	99924	99926	99929
+3,2	99931	99934	99936	99938	99940	99942	99944	99946	99948	99950

Normalverteilung[1] (Fortsetzung)

Integral zwischen $-c$ und c

Integral → Abweichung c

$\int_{-c}^{c}$ →	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,00	0,0000	0,0013	0,0025	0,0038	0,0050	0,0063	0,0075	0,0088	0,0100	0,0113
0,01	0,0125	0,0138	0,0150	0,0163	0,0175	0,0188	0,0201	0,0213	0,0226	0,0238
0,02	0,0251	0,0263	0,0276	0,0288	0,0301	0,0313	0,0326	0,0338	0,0351	0,0364
0,03	0,0376	0,0389	0,0401	0,0414	0,0426	0,0439	0,0451	0,0464	0,0476	0,0489
0,04	0,0502	0,0514	0,0527	0,0539	0,0552	0,0564	0,0577	0,0589	0,0602	0,0615
0,05	0,0627	0,0640	0,0652	0,0665	0,0677	0,0690	0,0702	0,0715	0,0728	0,0740
0,06	0,0753	0,0765	0,0778	0,0790	0,0803	0,0816	0,0828	0,0841	0,0853	0,0866
0,07	0,0878	0,0891	0,0904	0,0916	0,0929	0,0941	0,0954	0,0967	0,0979	0,0992
0,08	0,1004	0,1017	0,1030	0,1042	0,1055	0,1067	0,1080	0,1093	0,1105	0,1118
0,09	0,1130	0,1143	0,1156	0,1168	0,1181	0,1193	0,1206	0,1219	0,1231	0,1244
0,10	0,1257	0,1269	0,1282	0,1295	0,1307	0,1320	0,1332	0,1345	0,1358	0,1370
0,11	0,1383	0,1396	0,1408	0,1421	0,1434	0,1446	0,1459	0,1472	0,1484	0,1497
0,12	0,1510	0,1522	0,1535	0,1548	0,1560	0,1573	0,1586	0,1598	0,1611	0,1624
0,13	0,1637	0,1649	0,1662	0,1675	0,1687	0,1700	0,1713	0,1726	0,1738	0,1751
0,14	0,1764	0,1776	0,1789	0,1802	0,1815	0,1827	0,1840	0,1853	0,1866	0,1878
0,15	0,1891	0,1904	0,1917	0,1929	0,1942	0,1955	0,1968	0,1981	0,1993	0,2006
0,16	0,2019	0,2032	0,2045	0,2057	0,2070	0,2083	0,2096	0,2109	0,2121	0,2134
0,17	0,2147	0,2160	0,2173	0,2186	0,2198	0,2211	0,2224	0,2237	0,2250	0,2263
0,18	0,2275	0,2288	0,2301	0,2314	0,2327	0,2340	0,2353	0,2366	0,2378	0,2391
0,19	0,2404	0,2417	0,2430	0,2443	0,2456	0,2469	0,2482	0,2495	0,2508	0,2521
0,20	0,2533	0,2546	0,2559	0,2572	0,2585	0,2598	0,2611	0,2624	0,2637	0,2650
0,21	0,2663	0,2676	0,2689	0,2702	0,2715	0,2728	0,2741	0,2754	0,2767	0,2780
0,22	0,2793	0,2806	0,2819	0,2832	0,2845	0,2858	0,2871	0,2885	0,2898	0,2911
0,23	0,2924	0,2937	0,2950	0,2963	0,2976	0,2989	0,3002	0,3015	0,3029	0,3042
0,24	0,3055	0,3068	0,3081	0,3094	0,3107	0,3121	0,3134	0,3147	0,3160	0,3173
0,25	0,3186	0,3200	0,3213	0,3226	0,3239	0,3252	0,3266	0,3279	0,3292	0,3305
0,26	0,3319	0,3332	0,3345	0,3358	0,3372	0,3385	0,3398	0,3411	0,3425	0,3438
0,27	0,3451	0,3465	0,3478	0,3491	0,3505	0,3518	0,3531	0,3545	0,3558	0,3571
0,28	0,3585	0,3598	0,3611	0,3625	0,3638	0,3651	0,3665	0,3678	0,3692	0,3705
0,29	0,3719	0,3732	0,3745	0,3759	0,3772	0,3786	0,3799	0,3813	0,3826	0,3840
0,30	0,3853	0,3867	0,3880	0,3894	0,3907	0,3921	0,3934	0,3948	0,3961	0,3975
0,31	0,3989	0,4002	0,4016	0,4029	0,4043	0,4056	0,4070	0,4084	0,4097	0,4111
0,32	0,4125	0,4138	0,4152	0,4166	0,4179	0,4193	0,4207	0,4220	0,4234	0,4248
0,33	0,4261	0,4275	0,4289	0,4303	0,4316	0,4330	0,4344	0,4358	0,4372	0,4385
0,34	0,4399	0,4413	0,4427	0,4441	0,4454	0,4468	0,4482	0,4496	0,4510	0,4524
0,35	0,4538	0,4552	0,4565	0,4579	0,4593	0,4607	0,4621	0,4635	0,4649	0,4663
0,36	0,4677	0,4691	0,4705	0,4719	0,4733	0,4747	0,4761	0,4775	0,4789	0,4803
0,37	0,4817	0,4831	0,4845	0,4860	0,4874	0,4888	0,4902	0,4916	0,4930	0,4944
0,38	0,4959	0,4973	0,4987	0,5001	0,5015	0,5029	0,5044	0,5058	0,5072	0,5086
0,39	0,5101	0,5115	0,5129	0,5144	0,5158	0,5172	0,5187	0,5201	0,5215	0,5230
0,40	0,5244	0,5258	0,5273	0,5287	0,5302	0,5316	0,5330	0,5345	0,5359	0,5374
0,41	0,5388	0,5403	0,5417	0,5432	0,5446	0,5461	0,5476	0,5490	0,5505	0,5519
0,42	0,5534	0,5548	0,5563	0,5578	0,5592	0,5607	0,5622	0,5636	0,5651	0,5666
0,43	0,5681	0,5695	0,5710	0,5725	0,5740	0,5754	0,5769	0,5784	0,5799	0,5814
0,44	0,5828	0,5843	0,5858	0,5873	0,5888	0,5903	0,5918	0,5933	0,5948	0,5963
0,45	0,5978	0,5993	0,6008	0,6023	0,6038	0,6053	0,6068	0,6083	0,6098	0,6113
0,46	0,6128	0,6143	0,6158	0,6174	0,6189	0,6204	0,6219	0,6234	0,6250	0,6265
0,47	0,6280	0,6295	0,6311	0,6326	0,6341	0,6357	0,6372	0,6387	0,6403	0,6418
0,48	0,6433	0,6449	0,6464	0,6480	0,6495	0,6511	0,6526	0,6542	0,6557	0,6573
0,49	0,6588	0,6604	0,6620	0,6635	0,6651	0,6666	0,6682	0,6698	0,6713	0,6729
0,50	0,6745	0,6761	0,6776	0,6792	0,6808	0,6824	0,6840	0,6855	0,6871	0,6887
0,51	0,6903	0,6919	0,6935	0,6951	0,6967	0,6983	0,6999	0,7015	0,7031	0,7047
0,52	0,7063	0,7079	0,7095	0,7111	0,7128	0,7144	0,7160	0,7176	0,7192	0,7209
0,53	0,7225	0,7241	0,7257	0,7274	0,7290	0,7306	0,7323	0,7339	0,7356	0,7372
0,54	0,7388	0,7405	0,7421	0,7438	0,7454	0,7471	0,7488	0,7504	0,7521	0,7537
0,55	0,7554	0,7571	0,7588	0,7604	0,7621	0,7638	0,7655	0,7671	0,7688	0,7705
0,56	0,7722	0,7739	0,7756	0,7773	0,7790	0,7807	0,7824	0,7841	0,7858	0,7875
0,57	0,7892	0,7909	0,7926	0,7943	0,7961	0,7978	0,7995	0,8012	0,8030	0,8047
0,58	0,8064	0,8082	0,8099	0,8116	0,8134	0,8151	0,8169	0,8186	0,8204	0,8221
0,59	0,8239	0,8257	0,8274	0,8292	0,8310	0,8327	0,8345	0,8363	0,8381	0,8398
0,60	0,8416	0,8434	0,8452	0,8470	0,8488	0,8506	0,8524	0,8542	0,8560	0,8578
0,61	0,8596	0,8614	0,8633	0,8651	0,8669	0,8687	0,8705	0,8724	0,8742	0,8761
0,62	0,8779	0,8797	0,8816	0,8834	0,8853	0,8871	0,8890	0,8909	0,8927	0,8946
0,63	0,8965	0,8983	0,9002	0,9021	0,9040	0,9059	0,9078	0,9097	0,9116	0,9135
0,64	0,9154	0,9173	0,9192	0,9211	0,9230	0,9249	0,9269	0,9288	0,9307	0,9327
0,65	0,9346	0,9365	0,9385	0,9404	0,9424	0,9443	0,9463	0,9483	0,9502	0,9522
0,66	0,9542	0,9561	0,9581	0,9601	0,9621	0,9641	0,9661	0,9681	0,9701	0,9721
0,67	0,9741	0,9761	0,9782	0,9802	0,9822	0,9842	0,9863	0,9883	0,9904	0,9924
0,68	0,9945	0,9965	0,9986	1,001	1,003	1,005	1,007	1,009	1,011	1,013
0,69	1,015	1,017	1,019	1,022	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032	1,034
0,70	1,036	1,039	1,041	1,043	1,045	1,047	1,049	1,052	1,054	1,056
0,71	1,058	1,060	1,063	1,065	1,067	1,069	1,071	1,074	1,076	1,078
0,72	1,080	1,083	1,085	1,087	1,089	1,092	1,094	1,096	1,098	1,101
0,73	1,103	1,105	1,108	1,110	1,112	1,115	1,117	1,119	1,122	1,124
0,74	1,126	1,129	1,131	1,134	1,136	1,138	1,141	1,143	1,146	1,148
0,75	1,150	1,153	1,155	1,158	1,160	1,163	1,165	1,168	1,170	1,172
0,76	1,175	1,177	1,180	1,183	1,185	1,188	1,190	1,193	1,195	1,198
0,77	1,200	1,203	1,206	1,208	1,211	1,213	1,216	1,219	1,221	1,224
0,78	1,227	1,229	1,232	1,235	1,237	1,240	1,243	1,245	1,248	1,251
0,79	1,254	1,256	1,259	1,262	1,265	1,267	1,270	1,273	1,276	1,279
0,80	1,282	1,284	1,287	1,290	1,293	1,296	1,299	1,302	1,305	1,308
0,81	1,311	1,314	1,317	1,320	1,323	1,326	1,329	1,332	1,335	1,338
0,82	1,341	1,344	1,347	1,350	1,353	1,356	1,359	1,363	1,366	1,369
0,83	1,372	1,375	1,379	1,382	1,385	1,388	1,392	1,395	1,398	1,402
0,84	1,405	1,408	1,412	1,415	1,419	1,422	1,426	1,429	1,433	1,436
0,85	1,440	1,443	1,447	1,450	1,454	1,457	1,461	1,465	1,468	1,472
0,86	1,476	1,480	1,483	1,487	1,491	1,495	1,499	1,502	1,506	1,510
0,87	1,514	1,518	1,522	1,526	1,530	1,534	1,538	1,542	1,546	1,551
0,88	1,555	1,559	1,563	1,567	1,572	1,576	1,580	1,585	1,589	1,594
0,89	1,598	1,603	1,607	1,612	1,616	1,621	1,626	1,630	1,635	1,640
0,90	1,645	1,650	1,655	1,660	1,665	1,670	1,675	1,680	1,685	1,690
0,91	1,695	1,701	1,706	1,711	1,717	1,722	1,728	1,734	1,739	1,745
0,92	1,751	1,757	1,762	1,768	1,774	1,780	1,787	1,793	1,799	1,806
0,93	1,812	1,818	1,825	1,832	1,838	1,845	1,852	1,859	1,866	1,873
0,94	1,881	1,888	1,896	1,903	1,911	1,919	1,927	1,935	1,943	1,951
0,95	1,960	1,969	1,977	1,986	1,995	2,005	2,014	2,024	2,034	2,044
0,96	2,054	2,064	2,075	2,086	2,097	2,108	2,120	2,132	2,144	2,157
0,97	2,170	2,183	2,197	2,212	2,226	2,241	2,257	2,273	2,290	2,308
0,98	2,326	2,346	2,366	2,387	2,409	2,432	2,457	2,484	2,512	2,543
0,99	2,576	2,612	2,652	2,697	2,748	2,807	2,878	2,968	3,090	3,291

Abweichung c → Integral

c → ↓	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,00	00000	00080	00160	00239	00319	00399	00479	00559	00638	00718
0,01	00798	00878	00957	01037	01117	01197	01277	01356	01436	01516
0,02	01596	01675	01755	01835	01915	01995	02074	02154	02234	02314
0,03	02393	02473	02553	02633	02712	02792	02872	02951	03031	03111
0,04	03191	03270	03350	03430	03510	03589	03669	03749	03828	03908
0,05	03988	04067	04147	04227	04306	04386	04466	04545	04625	04705
0,06	04784	04864	04944	05023	05103	05183	05262	05342	05421	05501
0,07	05581	05660	05740	05819	05899	05979	06058	06138	06217	06297
0,08	06376	06456	06535	06615	06694	06774	06853	06933	07012	07092
0,09	07171	07251	07330	07410	07489	07569	07648	07727	07807	07886
0,10	07966	08045	08124	08204	08283	08362	08442	08521	08600	08680
0,11	08759	08838	08918	08997	09076	09155	09235	09314	09393	09472
0,12	09552	09631	09710	09789	09868	09948	10027	10106	10185	10264
0,13	10343	10422	10502	10581	10660	10739	10818	10897	10976	11055
0,14	11134	11213	11292	11371	11450	11529	11608	11687	11766	11845
0,15	11924	12002	12081	12160	12239	12318	12397	12476	12554	12633
0,16	12712	12791	12869	12948	13027	13106	13184	13263	13342	13420
0,17	13499	13578	13656	13735	13813	13892	13971	14049	14128	14206
0,18	14285	14363	14442	14520	14599	14677	14756	14834	14912	14991
0,19	15069	15147	15226	15304	15382	15461	15539	15617	15695	15774
0,20	15852	15930	16008	16086	16165	16243	16321	16399	16477	16555
0,21	16633	16711	16789	16867	16945	17023	17101	17179	17257	17335
0,22	17413	17491	17569	17646	17724	17802	17880	17958	18035	18113
0,23	18191	18269	18346	18424	18502	18579	18657	18734	18812	18889
0,24	18967	19044	19122	19199	19277	19354	19432	19509	19587	19664
0,25	19741	19819	19896	19973	20050	20128	20205	20282	20359	20436
0,26	20514	20591	20668	20745	20822	20899	20976	21053	21130	21207
0,27	21284	21361	21438	21515	21592	21668	21745	21822	21899	21976
0,28	22052	22129	22206	22282	22359	22436	22512	22589	22665	22742
0,29	22818	22895	22971	23048	23124	23201	23277	23353	23430	23506
0,30	23582	23659	23735	23811	23887	23963	24040	24116	24192	24268
0,31	24344	24420	24496	24572	24648	24724	24800	24876	24952	25027
0,32	25103	25179	25255	25330	25406	25482	25558	25633	25709	25784
0,33	25860	25936	26011	26087	26162	26237	26313	26388	26464	26539
0,34	26614	26690	26765	26840	26915	26991	27066	27141	27216	27291
0,35	27366	27441	27516	27591	27666	27741	27816	27891	27966	28040
0,36	28115	28190	28265	28340	28414	28489	28563	28638	28713	28787
0,37	28862	28936	29011	29085	29160	29234	29308	29383	29457	29531
0,38	29605	29680	29754	29828	29902	29976	30050	30124	30198	30272
0,39	30346	30420	30494	30568	30642	30716	30789	30863	30937	31011
0,40	31084	31158	31232	31305	31379	31452	31526	31599	31673	31746
0,41	31819	31893	31966	32039	32113	32186	32259	32332	32405	32478
0,42	32551	32624	32697	32770	32843	32916	32989	33062	33135	33208
0,43	33280	33353	33426	33499	33571	33644	33716	33789	33861	33934
0,44	34006	34079	34151	34223	34296	34368	34440	34512	34585	34657
0,45	34729	34801	34873	34945	35017	35089	35161	35233	35305	35377
0,46	35448	35520	35592	35664	35735	35807	35878	35950	36022	36093
0,47	36164	36236	36307	36379	36450	36521	36593	36664	36735	36806
0,48	36877	36948	37019	37090	37161	37232	37303	37374	37445	37516
0,49	37587	37657	37728	37799	37869	37940	38011	38081	38152	38222
0,50	38292	38363	38433	38504	38574	38644	38714	38785	38855	38925
0,51	38995	39065	39135	39205	39275	39345	39415	39484	39554	39624
0,52	39694	39763	39833	39903	39972	40042	40111	40181	40250	40319
0,53	40389	40458	40527	40597	40666	40735	40804	40873	40942	41011
0,54	41080	41149	41218	41287	41356	41425	41493	41562	41631	41699
0,55	41768	41837	41905	41974	42042	42111	42179	42247	42316	42384
0,56	42452	42520	42588	42657	42725	42793	42861	42929	42997	43064
0,57	43132	43200	43268	43336	43403	43471	43538	43606	43674	43741
0,58	43809	43876	43943	44011	44078	44145	44212	44280	44347	44414
0,59	44481	44548	44615	44682	44749	44816	44882	44949	45016	45083
0,60	45149	45216	45283	45349	45416	45482	45549	45615	45681	45748
0,61	45814	45880	45946	46012	46078	46145	46211	46277	46342	46408
0,62	46474	46540	46606	46672	46737	46803	46869	46934	47000	47065
0,63	47131	47196	47261	47327	47392	47457	47522	47588	47653	47718
0,64	47783	47848	47913	47978	48042	48107	48172	48237	48302	48366
0,65	48431	48495	48560	48624	48689	48753	48818	48882	48946	49010
0,66	49075	49139	49203	49267	49331	49395	49459	49523	49587	49650
0,67	49714	49778	49842	49905	49969	50032	50096	50159	50223	50286
0,68	50350	50413	50476	50539	50602	50666	50729	50792	50855	50918
0,69	50981	51043	51106	51169	51232	51294	51357	51420	51482	51545
0,7	51607	52230	52848	53461	54070	54675	55275	55870	56461	57047
0,8	57629	58206	58778	59346	59909	60467	61021	61570	62114	62653
0,9	63188	63718	64243	64763	65278	65789	66294	66795	67291	67783
1,0	68269	68750	69227	69699	70166	70628	71086	71538	71986	72429
1,1	72867	73300	73729	74152	74571	74986	75395	75800	76200	76595
1,2	76986	77372	77754	78130	78502	78870	79233	79592	79945	80295
1,3	80640	80980	81316	81648	81975	82298	82617	82931	83241	83547
1,4	83849	84146	84439	84728	85013	85294	85571	85844	86113	86378
1,5	86639	86896	87149	87398	87644	87886	88124	88358	88589	88817
1,6	89040	89260	89477	89690	89899	90106	90309	90508	90704	90897
1,7	91087	91273	91457	91637	91814	91988	92159	92327	92492	92655
1,8	92814	92970	93124	93275	93423	93569	93711	93852	93989	94124
1,9	94257	94387	94514	94639	94762	94882	95000	95116	95230	95341
2,0	95450	95557	95662	95764	95865	95964	96060	96155	96247	96338
2,1	96427	96514	96599	96683	96765	96844	96923	96999	97074	97148
2,2	97219	97289	97358	97425	97491	97555	97618	97679	97739	97798
2,3	97855	97911	97966	98019	98072	98123	98173	98221	98269	98315
2,4	98360	98405	98448	98490	98531	98571	98611	98649	98686	98723
2,5	98758	98793	98826	98859	98891	98923	98953	98983	99012	99040
2,6	99068	99095	99121	99146	99171	99195	99219	99241	99264	99285
2,7	99307	99327	99347	99367	99386	99404	99422	99439	99456	99473
2,8	99489	99505	99520	99535	99549	99563	99576	99590	99602	99615
2,9	99627	99639	99650	99661	99672	99682	99692	99702	99712	99721
3,0	99730	99739	99747	99755	99763	99771	99779	99786	99793	99800
3,1	99806	99813	99819	99825	99831	99837	99842	99848	99853	99858
3,2	99863	99867	99872	99876	99880	99885	99889	99892	99896	99090
3,3	99903	99907	99910	99913	99916	99919	99922	99925	99928	99930

3,4: 99933; 3,5: 99953; 3,6: 99968; 3,7: 99978; 3,8: 99986; 3,891: 99990

1) Abgekürzt nach Werten aus *Tables of Normal Probability Functions*, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series 23, Washington (1953).

Nachdruck dieser sowie der gegenüberliegenden Seite nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Normalverteilung[1] (Fortsetzung)

Integral $2P$

Abweichung c → Integral

c	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,00	00000	00399	00798	01197	01595	01994	02392	02790	03188	03586
0,01	00399	00798	01197	01595	01994	02392	02790	03188	03586	03983
0,02	00798	01197	01595	01994	02392	02790	03188	03586	03983	04380
0,03	01197	01595	01994	02392	02790	03188	03586	03983	04380	04776
0,04	01595	01994	02392	02790	03188	03586	03983	04380	04776	05172
0,05	01994	02392	02790	03188	03586	03983	04380	04776	05172	05567
0,06	02392	02790	03188	03586	03983	04380	04776	05172	05567	05962
0,07	02790	03188	03586	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356
0,08	03188	03586	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06750
0,09	03586	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06750	07143
0,10	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06750	07143	07535
0,11	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06750	07143	07535	07926
0,12	04776	05172	05567	05962	06356	06750	07143	07535	07926	08317
0,13	05172	05567	05962	06356	06750	07143	07535	07926	08317	08706
0,14	05567	05962	06356	06750	07143	07535	07926	08317	08706	09095
0,15	05962	06356	06750	07143	07535	07926	08317	08706	09095	09483
0,16	06356	06750	07143	07535	07926	08317	08706	09095	09483	09871
0,17	06750	07143	07535	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257
0,18	07143	07535	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642
0,19	07535	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026
0,20	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409
0,21	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409	11791
0,22	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409	11791	12172
0,23	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409	11791	12172	12552
0,24	09483	09871	10257	10642	11026	11409	11791	12172	12552	12930
0,25	09871	10257	10642	11026	11409	11791	12172	12552	12930	13307
0,26	10257	10642	11026	11409	11791	12172	12552	12930	13307	13683
0,27	10642	11026	11409	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058
0,28	11026	11409	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431
0,29	11409	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803
0,30	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173
0,31	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173	15542
0,32	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173	15542	15910
0,33	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173	15542	15910	16276
0,34	13307	13683	14058	14431	14803	15173	15542	15910	16276	16640
0,35	13683	14058	14431	14803	15173	15542	15910	16276	16640	17003
0,36	14058	14431	14803	15173	15542	15910	16276	16640	17003	17365
0,37	14431	14803	15173	15542	15910	16276	16640	17003	17365	17724
0,38	14803	15173	15542	15910	16276	16640	17003	17365	17724	18082
0,39	15173	15542	15910	16276	16640	17003	17365	17724	18082	18439
0,40	15542	15910	16276	16640	17003	17365	17724	18082	18439	18794
0,41	15910	16276	16640	17003	17365	17724	18082	18439	18794	19146
0,42	16276	16640	17003	17365	17724	18082	18439	18794	19146	19498
0,43	16640	16640	17365	17724	18082	18439	18794	19146	19498	19847
0,44	17003	17003	17365	17724	18082	18439	18794	19146	19498	20195
0,45	17365	17365	17724	18082	18439	18794	19146	19498	19847	20540
0,46	17724	17724	18082	18439	18794	19146	19498	19847	20195	20884
0,47	18082	18082	18439	18794	19146	19498	19847	20195	20540	21226
0,48	18439	18439	18794	19146	19498	19847	20195	20540	20884	21567
0,49	18794	18794	19146	19498	19847	20195	20540	20884	21226	21905
0,50	19146	19146	19498	19847	20195	20540	20884	21226	21567	21905
0,51	19498	19498	19847	20195	20540	20884	21226	21567	21905	22241
0,52	19847	19847	20195	20540	20884	21226	21567	21905	22241	22575
0,53	20195	20195	20540	20884	21226	21567	21905	22241	22575	22907
0,54	20540	20540	20884	21226	21567	21905	22241	22575	22907	23237
0,55	20884	20884	21226	21567	21905	22241	22575	22907	23237	23565
0,56	21226	21226	21567	21905	22241	22575	22907	23237	23565	23891
0,57	21566	21566	21905	22241	22575	22907	23237	23565	23891	24215
0,58	21905	21905	22241	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537
0,59	22241	22241	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857
0,60	22575	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175
0,61	22907	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490
0,62	23237	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490	25804
0,63	23565	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490	25804	26115
0,64	23891	23891	24215	24537	24857	25175	25490	25804	26115	26424
0,65	24215	24215	24537	24857	25175	25490	25804	26115	26424	26731
0,66	24537	24537	24857	25175	25490	25804	26115	26424	26731	27035
0,67	24857	24857	25175	25490	25804	26115	26424	26731	27035	27337
0,68	25175	25175	25490	25804	26115	26424	26731	27035	27337	27637
0,69	25490	25490	25804	26115	26424	26731	27035	27337	27637	27935
0,7	25804	25804	26115	26424	26731	27035	27337	27637	27935	28231
0,8	28815	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0,9	31594	31859	32122	32382	32639	32895	33147	33398	33646	33892
1,0	34135	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36215
1,1	36434	36650	36865	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1,2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40148
1,3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1,4	41925	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43057	43189
1,5	43320	43448	43575	43699	43822	43943	44062	44179	44295	44409
1,6	44520	44630	44739	44845	44950	45053	45155	45254	45352	45449
1,7	45544	45637	45729	45819	45907	45994	46080	46164	46246	46328
1,8	46407	46485	46562	46638	46712	46785	46856	46926	46995	47062
1,9	47129	47194	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47671
2,0	47725	47779	47831	47882	47933	47982	48030	48078	48124	48169
2,1	48214	48257	48300	48342	48383	48422	48462	48500	48537	48574
2,2	48610	48645	48679	48713	48746	48778	48809	48840	48870	48899
2,3	48928	48956	48983	49010	49036	49062	49087	49111	49135	49158
2,4	49180	49203	49224	49245	49266	49286	49306	49325	49343	49362
2,5	49379	49397	49413	49430	49446	49462	49477	49492	49506	49520
2,6	49534	49548	49561	49573	49586	49598	49610	49621	49632	49643
2,7	49654	49664	49674	49684	49693	49702	49711	49720	49728	49737
2,8	49745	49753	49760	49768	49775	49782	49788	49795	49801	49808
2,9	49814	49820	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861
3,0	49865	49870	49874	49878	49882	49886	49890	49893	49897	49900
3,1	49903	49907	49910	49913	49916	49919	49921	49924	49927	49929
3,2	49932	49934	49936	49938	49940	49943	49945	49946	49948	49950
3,3	49952	49954	49955	49957	49958	49960	49961	49963	49964	49965

3,4: 49967; 3,5: 49977; 3,6: 49984; 3,7: 49989; 3,8: 49993; 3,891: 49995

Integral zwischen Null und c

Abweichung c → Integral

c	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,00	00000	00040	00080	00120	00160	00200	00240	00280	00319	00359
0,01	00399	00439	00479	00519	00559	00599	00639	00678	00718	00758
0,02	00798	00838	00878	00918	00958	00998	01037	01077	01117	01157
0,03	01197	01237	01277	01317	01356	01396	01436	01476	01516	01556
0,04	01596	01635	01675	01715	01755	01795	01835	01875	01914	01954
0,05	01994	02034	02074	02114	02153	02193	02233	02273	02313	02353
0,06	02392	02432	02472	02512	02552	02592	02631	02671	02711	02751
0,07	02791	02830	02870	02910	02950	02990	03029	03069	03109	03149
0,08	03188	03228	03268	03308	03347	03387	03427	03467	03506	03546
0,09	03586	03626	03665	03705	03745	03785	03824	03864	03904	03943
0,10	03983	04023	04062	04102	04142	04181	04221	04261	04300	04340
0,11	04380	04419	04459	04499	04538	04578	04618	04657	04697	04736
0,12	04776	04816	04855	04895	04934	04974	05013	05053	05093	05132
0,13	05172	05211	05251	05291	05330	05370	05409	05449	05488	05528
0,14	05567	05607	05646	05686	05725	05765	05804	05844	05883	05923
0,15	05962	06001	06041	06080	06120	06159	06199	06238	06277	06317
0,16	06356	06396	06435	06474	06514	06553	06592	06632	06671	06710
0,17	06750	06789	06828	06868	06907	06946	06986	07025	07064	07103
0,18	07143	07182	07221	07260	07300	07339	07378	07417	07456	07496
0,19	07535	07574	07613	07652	07691	07731	07770	07809	07848	07887
0,20	07926	07965	08004	08043	08083	08122	08161	08200	08239	08278
0,21	08317	08356	08395	08434	08473	08512	08551	08590	08629	08668
0,22	08707	08746	08785	08823	08862	08901	08940	08979	09018	09057
0,23	09096	09135	09173	09212	09251	09290	09329	09367	09406	09445
0,24	09484	09522	09561	09600	09639	09677	09716	09755	09794	09832
0,25	09871	09910	09948	09987	10025	10064	10103	10141	10180	10218
0,26	10257	10296	10334	10373	10411	10450	10488	10527	10565	10604
0,27	10642	10681	10719	10758	10796	10834	10873	10911	10950	10988
0,28	11026	11065	11103	11141	11180	11218	11256	11295	11333	11371
0,29	11409	11448	11486	11524	11562	11601	11639	11677	11715	11753
0,30	11791	11830	11868	11906	11944	11982	12020	12058	12096	12134
0,31	12172	12210	12248	12286	12324	12362	12400	12438	12476	12514
0,32	12552	12590	12628	12665	12703	12741	12779	12817	12855	12892
0,33	12930	12968	13006	13044	13081	13119	13157	13194	13232	13270
0,34	13307	13345	13383	13420	13458	13496	13533	13571	13608	13646
0,35	13683	13721	13758	13796	13833	13871	13908	13946	13983	14020
0,36	14058	14095	14133	14170	14207	14245	14282	14319	14357	14394
0,37	14431	14468	14506	14543	14580	14617	14654	14692	14729	14766
0,38	14803	14840	14877	14914	14951	14988	15025	15062	15099	15136
0,39	15173	15210	15247	15284	15321	15358	15395	15432	15469	15506
0,40	15542	15579	15616	15653	15690	15726	15763	15800	15837	15873
0,41	15910	15947	15983	16020	16057	16093	16130	16166	16203	16239
0,42	16276	16312	16349	16385	16422	16458	16495	16531	16568	16604
0,43	16640	16677	16713	16750	16786	16822	16858	16895	16931	16967
0,44	17003	17040	17076	17112	17148	17184	17220	17256	17293	17329
0,45	17365	17401	17437	17473	17509	17545	17581	17617	17653	17689
0,46	17724	17760	17796	17832	17868	17904	17939	17975	18011	18047
0,47	18082	18118	18154	18190	18225	18261	18297	18332	18368	18403
0,48	18439	18474	18510	18545	18581	18616	18652	18687	18723	18758
0,49	18794	18829	18864	18900	18935	18970	19006	19041	19076	19111
0,50	19146	19182	19217	19252	19287	19322	19357	19393	19428	19463
0,51	19498	19533	19568	19603	19638	19673	19708	19742	19777	19812
0,52	19847	19882	19917	19952	19986	20021	20056	20091	20125	20160
0,53	20195	20229	20264	20299	20333	20368	20402	20437	20471	20506
0,54	20540	20575	20609	20644	20678	20713	20747	20781	20816	20850
0,55	20884	20919	20953	20987	21021	21056	21090	21124	21158	21192
0,56	21226	21260	21294	21329	21363	21397	21431	21465	21499	21532
0,57	21566	21600	21634	21668	21702	21736	21769	21803	21837	21871
0,58	21905	21938	21972	22006	22039	22073	22106	22140	22174	22207
0,59	22241	22274	22308	22341	22375	22408	22441	22475	22508	22542
0,60	22575	22608	22642	22675	22708	22741	22775	22808	22841	22874
0,61	22907	22940	22973	23006	23039	23073	23106	23139	23171	23204
0,62	23237	23270	23303	23336	23369	23402	23435	23467	23500	23533
0,63	23566	23598	23631	23664	23696	23729	23761	23794	23827	23859
0,64	23892	23924	23957	23989	24021	24054	24086	24119	24151	24183
0,65	24216	24248	24280	24312	24345	24377	24409	24441	24473	24505
0,66	24538	24570	24602	24634	24666	24698	24730	24762	24794	24825
0,67	24857	24889	24921	24953	24985	25016	25048	25080	25112	25143
0,68	25175	25207	25238	25270	25301	25333	25365	25396	25428	25459
0,69	25491	25522	25553	25585	25616	25647	25679	25710	25741	25773
0,7	25804	26115	26424	26731	27035	27338	27638	27935	28231	28524
0,8	28815	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0,9	31594	31859	32122	32382	32639	32895	33147	33398	33646	33892
1,0	34135	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36215
1,1	36434	36650	36865	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1,2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40148
1,3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1,4	41925	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43057	43189
1,5	43320	43448	43575	43699	43822	43943	44062	44179	44295	44409
1,6	44520	44630	44739	44845	44950	45053	45155	45254	45352	45449
1,7	45544	45637	45729	45819	45907	45994	46080	46164	46246	46328
1,8	46407	46485	46562	46638	46712	46785	46856	46926	46995	47062
1,9	47129	47194	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47671
2,0	47725	47779	47831	47882	47933	47982	48030	48078	48124	48169
2,1	48214	48257	48300	48342	48383	48422	48462	48500	48537	48574
2,2	48610	48645	48679	48713	48746	48778	48809	48840	48870	48899
2,3	48928	48956	48983	49010	49036	49062	49087	49111	49135	49158
2,4	49180	49203	49224	49245	49266	49286	49306	49325	49343	49362
2,5	49379	49397	49413	49430	49446	49462	49477	49492	49506	49520
2,6	49534	49548	49561	49573	49586	49598	49610	49621	49632	49643
2,7	49654	49664	49674	49684	49693	49702	49711	49720	49728	49737
2,8	49745	49753	49760	49768	49775	49782	49788	49795	49801	49808
2,9	49814	49820	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861
3,0	49865	49870	49874	49878	49882	49886	49890	49893	49897	49900
3,1	49903	49907	49910	49913	49916	49919	49921	49924	49927	49929
3,2	49932	49934	49936	49938	49940	49943	49945	49946	49948	49950
3,3	49952	49954	49955	49957	49958	49960	49961	49963	49964	49965

3,4: 00067; 3,5: 00047; 3,6: 00032; 3,7: 00022; 3,8: 00014; 3,891: 00010

1) Gerechnet durch den Herausgeber nach Werten aus *Tables of Normal Probability Functions*, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series 23, Washington (1953). Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Abweichung |c| → Ordinate f(c)

|c| → ↓	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,00	39894	39894	39894	39894	39894	39894	39894	39893	39893	39893
0,01	39892	39892	39891	39891	39890	39890	39889	39888	39888	39887
0,02	39886	39885	39885	39884	39883	39882	39881	39880	39879	39877
0,03	39876	39875	39874	39873	39871	39870	39868	39867	39865	39864
0,04	39862	39861	39859	39857	39856	39854	39852	39850	39848	39846
0,05	39844	39842	39840	39838	39836	39834	39832	39829	39827	39825
0,06	39822	39820	39818	39815	39813	39810	39807	39805	39802	39799
0,07	39797	39794	39791	39788	39785	39782	39779	39776	39773	39770
0,08	39767	39764	39760	39757	39754	39750	39747	39744	39740	39737
0,09	39733	39729	39726	39722	39718	39715	39711	39707	39703	39699
0,10	39695	39691	39687	39683	39679	39675	39671	39667	39662	39658
0,11	39654	39649	39645	39640	39636	39631	39627	39622	39617	39613
0,12	39608	39603	39598	39594	39589	39584	39579	39574	39569	39564
0,13	39559	39553	39548	39543	39538	39532	39527	39522	39516	39511
0,14	39505	39500	39494	39488	39483	39477	39471	39466	39460	39454
0,15	39448	39442	39436	39430	39424	39418	39412	39406	39399	39393
0,16	39387	39381	39374	39368	39361	39355	39348	39342	39335	39329
0,17	39322	39315	39308	39302	39295	39288	39281	39274	39267	39260
0,18	39253	39246	39239	39232	39225	39217	39210	39203	39195	39188
0,19	39181	39173	39166	39158	39151	39143	39135	39128	39120	39112
0,20	39104	39096	39089	39081	39073	39065	39057	39049	39041	39032
0,21	39024	39016	39008	38999	38991	38983	38974	38966	38957	38949
0,22	38940	38932	38923	38915	38906	38897	38888	38880	38871	38862
0,23	38853	38844	38835	38826	38817	38808	38799	38789	38780	38771
0,24	38762	38752	38743	38734	38724	38715	38705	38696	38686	38676
0,25	38667	38657	38647	38638	38628	38618	38608	38598	38588	38578
0,26	38568	38558	38548	38538	38528	38518	38508	38497	38487	38477
0,27	38466	38456	38445	38435	38424	38414	38403	38393	38382	38371
0,28	38361	38350	38339	38328	38317	38306	38296	38285	38274	38263
0,29	38251	38240	38229	38218	38207	38196	38184	38173	38162	38150
0,30	38139	38127	38116	38104	38093	38081	38070	38058	38046	38034
0,31	38023	38011	37999	37987	37975	37963	37951	37939	37927	37915
0,32	37903	37891	37879	37867	37854	37842	37830	37817	37805	37793
0,33	37780	37768	37755	37743	37730	37717	37705	37692	37679	37667
0,34	37654	37641	37628	37615	37602	37589	37576	37563	37550	37537
0,35	37524	37511	37498	37484	37471	37458	37445	37431	37418	37405
0,36	37391	37378	37364	37351	37337	37323	37310	37296	37282	37269
0,37	37255	37241	37227	37213	37199	37186	37172	37158	37144	37129
0,38	37115	37101	37087	37073	37059	37044	37030	37016	37002	36987
0,39	36973	36958	36944	36929	36915	36900	36886	36871	36856	36842
0,40	36827	36812	36797	36783	36768	36753	36738	36723	36708	36693
0,41	36678	36663	36648	36633	36618	36603	36587	36572	36557	36542
0,42	36526	36511	36496	36480	36465	36449	36434	36418	36403	36387
0,43	36371	36356	36340	36324	36309	36293	36277	36261	36245	36229
0,44	36213	36198	36182	36166	36150	36133	36117	36101	36085	36069
0,45	36053	36036	36020	36004	35988	35971	35955	35938	35922	35906
0,46	35889	35873	35856	35839	35823	35806	35789	35773	35756	35739
0,47	35723	35706	35689	35672	35655	35638	35621	35604	35587	35570
0,48	35553	35536	35519	35502	35485	35468	35450	35433	35416	35399
0,49	35381	35364	35347	35329	35312	35294	35277	35259	35242	35224
0,50	35207	35189	35171	35154	35136	35118	35100	35083	35065	35047
0,51	35029	35011	34993	34975	34958	34940	34922	34904	34885	34867
0,52	34849	34831	34813	34795	34777	34758	34740	34722	34703	34685
0,53	34667	34648	34630	34612	34593	34575	34556	34538	34519	34500
0,54	34482	34463	34445	34426	34407	34388	34370	34351	34332	34313
0,55	34294	34276	34257	34238	34219	34200	34181	34162	34143	34124
0,56	34105	34085	34066	34047	34028	34009	33990	33970	33951	33932
0,57	33912	33893	33874	33854	33835	33815	33796	33777	33757	33738
0,58	33718	33698	33679	33659	33640	33620	33600	33581	33561	33541
0,59	33521	33502	33482	33462	33442	33422	33402	33382	33362	33342
0,60	33322	33302	33282	33262	33242	33222	33202	33182	33162	33142
0,61	33121	33101	33081	33061	33040	33020	33000	32980	32959	32939
0,62	32918	32898	32878	32857	32837	32816	32796	32775	32754	32734
0,63	32713	32693	32672	32651	32631	32610	32589	32569	32548	32527
0,64	32506	32485	32465	32444	32423	32402	32381	32360	32339	32318
0,65	32297	32276	32255	32234	32213	32192	32171	32150	32129	32108
0,66	32086	32065	32044	32023	32002	31980	31959	31938	31916	31895
0,67	31874	31852	31831	31810	31788	31767	31745	31724	31702	31681
0,68	31659	31638	31616	31595	31573	31551	31530	31508	31487	31465
0,69	31443	31421	31400	31378	31356	31334	31313	31291	31269	31247

|c| → ↓	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,70	31225	31204	31182	31160	31138	31116	31094	31072	31050	31028
0,71	31006	30984	30962	30940	30918	30896	30874	30852	30829	30807
0,72	30785	30763	30741	30719	30696	30674	30652	30630	30607	30585
0,73	30563	30540	30518	30496	30473	30451	30429	30406	30384	30361
0,74	30339	30316	30294	30272	30249	30227	30204	30181	30159	30136
0,75	30114	30091	30069	30046	30023	30001	29978	29955	29933	29910
0,76	29887	29865	29842	29819	29796	29774	29751	29728	29705	29682
0,77	29659	29637	29614	29591	29568	29545	29522	29499	29476	29453
0,78	29431	29408	29385	29362	29339	29316	29293	29270	29246	29223
0,79	29200	29177	29154	29131	29108	29085	29062	29039	29015	28992
0,80	28969	28946	28923	28900	28876	28853	28830	28807	28783	28760
0,81	28737	28714	28690	28667	28644	28620	28597	28574	28550	28527
0,82	28504	28480	28457	28433	28410	28387	28363	28340	28316	28293
0,83	28269	28246	28223	28199	28176	28152	28129	28105	28081	28058
0,84	28034	28011	27987	27964	27940	27917	27893	27869	27846	27822
0,85	27798	27775	27751	27728	27704	27680	27657	27633	27609	27586
0,86	27562	27538	27514	27491	27467	27443	27419	27396	27372	27348
0,87	27324	27301	27277	27253	27229	27205	27182	27158	27134	27110
0,88	27086	27063	27039	27015	26991	26967	26943	26919	26896	26872
0,89	26848	26824	26800	26776	26752	26728	26704	26680	26656	26632
0,90	26609	26585	26561	26537	26513	26489	26465	26441	26417	26393
0,91	26369	26345	26321	26297	26273	26249	26225	26201	26177	26153
0,92	26129	26105	26081	26056	26032	26008	25984	25960	25936	25912
0,93	25888	25864	25840	25816	25792	25768	25744	25719	25695	25671
0,94	25647	25623	25599	25575	25551	25527	25502	25478	25454	25430
0,95	25406	25382	25358	25333	25309	25285	25261	25237	25213	25189
0,96	25164	25140	25116	25092	25068	25044	25019	24995	24971	24947
0,97	24923	24899	24874	24850	24826	24802	24778	24754	24729	24705
0,98	24681	24657	24633	24608	24584	24560	24536	24512	24487	24463
0,99	24439	24415	24391	24366	24342	24318	24294	24270	24245	24221
1,00	24197	24173	24149	24124	24100	24076	24052	24028	24003	23979
1,01	23955	23931	23907	23883	23858	23834	23810	23786	23762	23737
1,02	23713	23689	23665	23641	23616	23592	23568	23544	23520	23496
1,03	23471	23447	23423	23399	23375	23351	23326	23302	23278	23254
1,04	23230	23206	23181	23157	23133	23109	23085	23061	23036	23012
1,05	22988	22964	22940	22916	22892	22868	22843	22819	22795	22771
1,06	22747	22723	22699	22675	22651	22626	22602	22578	22554	22530
1,07	22506	22482	22458	22434	22410	22386	22362	22338	22313	22289
1,08	22265	22241	22217	22193	22169	22145	22121	22097	22073	22049
1,09	22025	22001	21977	21953	21929	21905	21881	21857	21833	21809
1,1	21785	21546	21307	21069	20831	20594	20357	20121	19886	19652
1,2	19419	19186	18954	18724	18494	18265	18037	17810	17585	17360
1,3	17137	16915	16694	16474	16256	16038	15822	15608	15395	15183
1,4	14973	14764	14556	14350	14146	13943	13742	13542	13344	13147
1,5	12952	12758	12566	12376	12188	12001	11816	11632	11450	11270
1,6	11092	10915	10741	10567	10396	10226	10059	09893	09728	09566
1,7	09405	09246	09089	08933	08780	08628	08478	08329	08183	08038
1,8	07895	07754	07614	07477	07341	07206	07074	06943	06814	06687
1,9	06562	06438	06316	06195	06077	05959	05844	05730	05618	05508
2,0	05399	05292	05186	05082	04980	04879	04780	04682	04586	04491
2,1	04398	04307	04217	04128	04041	03955	03871	03788	03706	03626
2,2	03547	03470	03394	03319	03246	03174	03103	03034	02965	02898
2,3	02833	02768	02705	02643	02582	02522	02463	02406	02349	02294
2,4	02239	02186	02134	02083	02033	01984	01936	01888	01842	01797
2,5	01753	01709	01667	01625	01585	01545	01506	01468	01431	01394
2,6	01358	01323	01289	01256	01223	01191	01160	01130	01100	01071
2,7	01042	01014	00987	00961	00935	00909	00885	00861	00837	00814
2,8	00792	00770	00748	00727	00707	00687	00668	00649	00631	00613
2,9	00595	00578	00562	00545	00530	00514	00499	00485	00470	00457
3,0	00443	00430	00417	00405	00393	00381	00370	00358	00348	00337
3,1	00327	00317	00307	00298	00288	00279	00271	00262	00254	00246
3,2	00238	00231	00224	00216	00210	00203	00196	00190	00184	00178
3,3	00172	00167	00161	00156	00151	00146	00141	00136	00132	00127
3,4	00123	00119	00115	00111	00107	00104	00100	00097	00094	00090
3,5	00087	00084	00081	00079	00076	00073	00071	00068	00066	00063
3,6	00061	00059	00057	00055	00053	00051	00049	00047	00046	00044
3,7	00042	00041	00039	00038	00037	00035	00034	00033	00031	00030
3,8	00029	00028	00027	00026	00025	00024	00023	00022	00021	00021
3,9	00020	00019	00018	00018	00017	00016	00016	00015	00014	00014
4,0	00013	00013	00012	00012	00011	00011	00011	00010	00010	00009

Wahrscheinlichkeit[2] 2P → Abweichung c

2P = doppeltes Integral von Unendlich bis c

2P → ↓	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Abweichung c									
0,0	∞	2,575829	2,326348	2,170090	2,053749	1,959964	1,880794	1,811911	1,750686	1,695398
0,1	1,644854	1,598193	1,554774	1,514102	1,475791	1,439531	1,405072	1,372204	1,340755	1,310579
0,2	1,281552	1,253565	1,226528	1,200359	1,174987	1,150349	1,126391	1,103063	1,080319	1,058122
0,3	1,036433	1,015222	0,994458	0,974114	0,954165	0,934589	0,915365	0,896473	0,877896	0,859617
0,4	0,841621	0,823894	0,806421	0,789192	0,772193	0,755415	0,738847	0,722479	0,706303	0,690309
0,5	0,674490	0,658838	0,643345	0,628006	0,612813	0,597760	0,582842	0,568051	0,553385	0,538836
0,6	0,524401	0,510073	0,495850	0,481727	0,467699	0,453762	0,439913	0,426148	0,412463	0,398855
0,7	0,385320	0,371856	0,358459	0,345126	0,331853	0,318639	0,305481	0,292375	0,279319	0,266311
0,8	0,253347	0,240426	0,227545	0,214702	0,201893	0,189118	0,176374	0,163658	0,150969	0,138304
0,9	0,125661	0,113039	0,100434	0,087845	0,075270	0,062707	0,050154	0,037608	0,025069	0,012533
	Sehr kleine P									
2P	·	·	·	0,001	0,000 1	0,000 01	0,000 001	0,000 000 1	0,000 000 01	0,000 000 001
c	·	·	·	3,29053	3,89059	4,41717	4,89164	5,32672	5,73073	6,10941

1) Abgekürzt nach Werten aus *Tables of Normal Probability Functions*, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series 23, Washington (1953). Nachdruck mit Erlaubnis des Herausgebers. 2) Werte nach FISHER und YATES, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, 4. Aufl., Oliver and Boyd, Edinburgh (1953), S. 39. Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

Signifikanzschranken der Student-Verteilung* $\nu = 1–50$

$P = P$ (rechts) = Integral von Unendlich bis t. P (links) $= P$ (rechts)

$2P$	0,9995	0,999	0,995	0,4975	0,495	0,49	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,01	0,005	0,0025	0,0005
P	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,49	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,01	0,005	0,0025	0,0005	
ν																							
1	0,0008	0,0015	0,0077	0,0154	0,030	0,0385	0,0770	0,1580	0,3250	0,5100	0,7270	1,0000	1,376	1,963	3,078	6,3138	12,706	25,452	31,821	63,657	127,32	636,619	
2	0,0007	0,0014	0,0071	0,0141	0,028	0,0353	0,0707	0,1419	0,2885	0,4448	0,6172	0,8165	1,061	1,386	1,886	2,9200	4,3027	6,2053	6,965	9,9248	14,089	31,598	
3	0,0007	0,0014	0,0068	0,0136	0,027	0,0340	0,0681	0,1366	0,2766	0,4243	0,5840	0,7649	0,978	1,250	1,638	2,3534	3,1825	4,1765	4,541	5,8409	7,4533	12,924	
4	0,0007	0,0013	0,0067	0,0133	0,026	0,0333	0,0667	0,1338	0,2707	0,4143	0,5692	0,7407	0,941	1,190	1,533	2,1318	2,7764	3,4954	3,747	4,6041	5,5976	8,610	
5	0,0007	0,0013	0,0066	0,0132	0,026	0,0329	0,0659	0,1322	0,2672	0,4083	0,5598	0,7267	0,920	1,156	1,476	2,0150	2,5706	3,1634	3,365	4,0321	4,7733	6,869	
6	0,0007	0,0013	0,0065	0,0131	0,026	0,0327	0,0654	0,1311	0,2648	0,4044	0,5536	0,7176	0,906	1,134	1,440	1,9432	2,4469	2,9687	3,143	3,7074	4,3168	5,959	
7	0,0006	0,0013	0,0065	0,0130	0,025	0,0325	0,0650	0,1303	0,2632	0,4016	0,5493	0,7111	0,896	1,119	1,415	1,8946	2,3646	2,8412	2,998	3,4995	4,0293	5,408	
8	0,0006	0,0013	0,0065	0,0129	0,025	0,0323	0,0647	0,1297	0,2619	0,3995	0,5461	0,7064	0,889	1,108	1,397	1,8595	2,3060	2,7515	2,896	3,3554	3,8325	5,041	
9	0,0006	0,0013	0,0064	0,0129	0,025	0,0322	0,0645	0,1293	0,2610	0,3979	0,5436	0,7027	0,883	1,100	1,383	1,8331	2,2622	2,6850	2,821	3,2498	3,6897	4,781	
10	0,0006	0,0013	0,0064	0,0129	0,025	0,0321	0,0643	0,1289	0,2602	0,3966	0,5416	0,6998	0,879	1,093	1,372	1,8125	2,2281	2,6338	2,764	3,1693	3,5814	4,587	
11	0,0006	0,0013	0,0064	0,0128	0,025	0,0321	0,0642	0,1286	0,2596	0,3956	0,5400	0,6975	0,876	1,088	1,363	1,7959	2,2010	2,5931	2,718	3,1058	3,4966	4,437	
12	0,0006	0,0013	0,0064	0,0128	0,025	0,0320	0,0640	0,1283	0,2590	0,3947	0,5387	0,6955	0,873	1,083	1,356	1,7823	2,1788	2,5600	2,681	3,0545	3,4284	4,318	
13	0,0006	0,0013	0,0064	0,0128	0,025	0,0319	0,0639	0,1281	0,2586	0,3940	0,5375	0,6938	0,870	1,079	1,350	1,7709	2,1604	2,5326	2,650	3,0123	3,3725	4,221	
14	0,0006	0,0013	0,0064	0,0128	0,025	0,0319	0,0638	0,1280	0,2582	0,3933	0,5366	0,6924	0,868	1,076	1,345	1,7613	2,1448	2,5096	2,624	2,9768	3,3257	4,140	
15	0,0006	0,0013	0,0064	0,0127	0,025	0,0319	0,0638	0,1278	0,2579	0,3928	0,5358	0,6912	0,866	1,074	1,341	1,7530	2,1315	2,4899	2,602	2,9467	3,2860	4,073	
16	0,0006	0,0013	0,0064	0,0127	0,025	0,0318	0,0637	0,1277	0,2576	0,3923	0,5350	0,6901	0,865	1,071	1,337	1,7459	2,1199	2,4729	2,583	2,9208	3,2520	4,015	
17	0,0006	0,0013	0,0064	0,0127	0,025	0,0318	0,0636	0,1276	0,2574	0,3919	0,5344	0,6892	0,863	1,069	1,333	1,7396	2,1098	2,4581	2,567	2,8982	3,2225	3,965	
18	0,0006	0,0013	0,0064	0,0127	0,025	0,0318	0,0636	0,1274	0,2571	0,3915	0,5338	0,6884	0,862	1,067	1,330	1,7341	2,1009	2,4450	2,552	2,8784	3,1966	3,922	
19	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0318	0,0635	0,1274	0,2569	0,3912	0,5333	0,6876	0,861	1,066	1,328	1,7291	2,0930	2,4334	2,539	2,8609	3,1737	3,883	
20	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0317	0,0635	0,1273	0,2567	0,3909	0,5329	0,6870	0,860	1,064	1,325	1,7247	2,0860	2,4231	2,528	2,8453	3,1534	3,850	
21	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0317	0,0635	0,1272	0,2566	0,3906	0,5325	0,6864	0,859	1,063	1,323	1,7207	2,0796	2,4138	2,518	2,8314	3,1352	3,819	
22	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0317	0,0634	0,1271	0,2564	0,3904	0,5321	0,6858	0,858	1,061	1,321	1,7171	2,0739	2,4055	2,508	2,8188	3,1188	3,792	
23	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0317	0,0634	0,1271	0,2563	0,3902	0,5318	0,6853	0,858	1,060	1,319	1,7139	2,0687	2,3979	2,500	2,8073	3,1040	3,767	
24	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0317	0,0634	0,1270	0,2562	0,3900	0,5315	0,6849	0,857	1,059	1,318	1,7109	2,0639	2,3910	2,492	2,7969	3,0905	3,745	
25	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0317	0,0633	0,1269	0,2561	0,3898	0,5312	0,6844	0,856	1,058	1,316	1,7081	2,0595	2,3846	2,485	2,7874	3,0782	3,725	
26	0,0006	0,0013	0,0063	0,0127	0,025	0,0316	0,0633	0,1269	0,2560	0,3896	0,5309	0,6841	0,856	1,058	1,315	1,7056	2,0555	2,3788	2,479	2,7787	3,0669	3,707	
27	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0633	0,1269	0,2559	0,3895	0,5307	0,6837	0,855	1,057	1,314	1,7033	2,0518	2,3734	2,473	2,7707	3,0565	3,690	
28	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0633	0,1268	0,2558	0,3893	0,5304	0,6834	0,855	1,056	1,313	1,7011	2,0484	2,3685	2,467	2,7633	3,0469	3,674	
29	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0633	0,1268	0,2557	0,3892	0,5302	0,6830	0,854	1,055	1,311	1,6991	2,0452	2,3638	2,462	2,7564	3,0380	3,659	
30	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0632	0,1267	0,2556	0,3890	0,5300	0,6828	0,854	1,055	1,310	1,6973	2,0423	2,3596	2,457	2,7500	3,0298	3,646	
31	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0632	0,1267	0,2555	0,3889	0,5298	0,6825	0,8535	1,0541	1,3095	1,6955	2,0395	2,3556	2,453	2,7441	3,0222	3,6338	
32	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0632	0,1267	0,2555	0,3888	0,5297	0,6823	0,8531	1,0536	1,3086	1,6939	2,0370	2,3519	2,449	2,7385	3,0150	3,6221	
33	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0632	0,1266	0,2554	0,3887	0,5295	0,6820	0,8527	1,0531	1,3078	1,6924	2,0345	2,3484	2,445	2,7333	3,0083	3,6111	
34	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0632	0,1266	0,2553	0,3886	0,5294	0,6818	0,8524	1,0526	1,3070	1,6909	2,0323	2,3451	2,441	2,7284	3,0020	3,6011	
35	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0632	0,1266	0,2553	0,3885	0,5292	0,6816	0,8521	1,0521	1,3062	1,6896	2,0301	2,3420	2,438	2,7239	2,9962	3,5915	
36	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0631	0,1266	0,2552	0,3884	0,5291	0,6814	0,8518	1,0516	1,3055	1,6883	2,0281	2,3391	2,434	2,7195	2,9905	3,5824	
37	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0316	0,0631	0,1265	0,2552	0,3883	0,5290	0,6812	0,8515	1,0512	1,3049	1,6871	2,0262	2,3364	2,431	2,7155	2,9853	3,5741	
38	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1265	0,2551	0,3883	0,5288	0,6810	0,8512	1,0508	1,3042	1,6860	2,0244	2,3338	2,428	2,7116	2,9804	3,5661	
39	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1265	0,2551	0,3882	0,5287	0,6808	0,8510	1,0504	1,3037	1,6849	2,0227	2,3313	2,426	2,7079	2,9757	3,5586	
40	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1265	0,2550	0,3881	0,5286	0,6807	0,8507	1,0501	1,3031	1,6839	2,0211	2,3290	2,423	2,7045	2,9713	3,5511	
41	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1264	0,2550	0,3880	0,5285	0,6805	0,8505	1,0498	1,3026	1,6829	2,0196	2,3268	2,421	2,7012	2,9671	3,5446	
42	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1264	0,2550	0,3880	0,5284	0,6804	0,8503	1,0494	1,3020	1,6820	2,0181	2,3247	2,418	2,6981	2,9631	3,5383	
43	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1264	0,2549	0,3879	0,5283	0,6803	0,8501	1,0491	1,3016	1,6811	2,0167	2,3226	2,416	2,6952	2,9592	3,5323	
44	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1264	0,2549	0,3879	0,5282	0,6801	0,8499	1,0488	1,3011	1,6802	2,0154	2,3207	2,414	2,6923	2,9556	3,5264	
45	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0631	0,1264	0,2549	0,3878	0,5281	0,6800	0,8497	1,0485	1,3007	1,6794	2,0141	2,3189	2,412	2,6896	2,9522	3,5207	
46	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2548	0,3877	0,5281	0,6799	0,8495	1,0483	1,3002	1,6787	2,0129	2,3172	2,410	2,6870	2,9489	3,5153	
47	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2548	0,3877	0,5280	0,6798	0,8494	1,0480	1,2998	1,6779	2,0118	2,3155	2,408	2,6846	2,9457	3,5104	
48	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2548	0,3876	0,5279	0,6796	0,8492	1,0478	1,2994	1,6772	2,0106	2,3139	2,406	2,6822	2,9427	3,5053	
49	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2547	0,3876	0,5278	0,6795	0,8490	1,0476	1,2991	1,6766	2,0096	2,3124	2,405	2,6800	2,9398	3,5010	
50	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2547	0,3875	0,5278	0,6794	0,8489	1,0473	1,2987	1,6759	2,0086	2,3109	2,403	2,6778	2,9370	3,4965	

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken der Student-Verteilung* $\nu = 51-100$

$P = P$ (rechts) = Integral von Unendlich bis t. P (links) $= P$ (rechts)

2 P	0,9995	0,999	0,995	0,99	0,98	0,975	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005	0,001
P	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,49	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,01	0,005	0,0025	0,0005
ν																						
51	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2547	0,3875	0,5277	0,6793	0,8488	1,0471	1,2984	1,6753	2,0077	2,3096	2,402	2,6758	2,9344	3,4924
52	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2547	0,3875	0,5276	0,6792	0,8486	1,0469	1,2981	1,6747	2,0067	2,3082	2,400	2,6738	2,9318	3,4883
53	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2547	0,3875	0,5276	0,6792	0,8485	1,0467	1,2978	1,6742	2,0058	2,3070	2,399	2,6719	2,9295	3,4845
54	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2546	0,3874	0,5275	0,6791	0,8484	1,0465	1,2975	1,6736	2,0049	2,3057	2,397	2,6700	2,9271	3,4807
55	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1263	0,2546	0,3874	0,5275	0,6790	0,8483	1,0463	1,2972	1,6731	2,0041	2,3045	2,396	2,6683	2,9249	3,4770
56	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2546	0,3873	0,5274	0,6789	0,8481	1,0461	1,2969	1,6725	2,0033	2,3033	2,395	2,6666	2,9226	3,4733
57	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2546	0,3873	0,5274	0,6789	0,8480	1,0460	1,2967	1,6721	2,0025	2,3022	2,393	2,6650	2,9205	3,4702
58	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2545	0,3872	0,5273	0,6788	0,8479	1,0458	1,2964	1,6716	2,0017	2,3011	2,392	2,6633	2,9184	3,4670
59	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2545	0,3872	0,5273	0,6787	0,8478	1,0457	1,2962	1,6712	2,0010	2,3001	2,391	2,6618	2,9165	3,4638
60	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2545	0,3872	0,5272	0,6786	0,8477	1,0455	1,2959	1,6707	2,0003	2,2991	2,390	2,6603	2,9146	3,4606
61	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2545	0,3872	0,5272	0,6786	0,8476	1,0454	1,2957	1,6703	1,9997	2,2982	2,389	2,6590	2,9128	3,4577
62	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2544	0,3871	0,5271	0,6785	0,8475	1,0452	1,2954	1,6698	1,9990	2,2972	2,388	2,6576	2,9110	3,4548
63	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2544	0,3871	0,5271	0,6785	0,8474	1,0451	1,2952	1,6694	1,9984	2,2963	2,387	2,6563	2,9094	3,4521
64	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2544	0,3871	0,5270	0,6784	0,8473	1,0449	1,2950	1,6690	1,9977	2,2954	2,386	2,6549	2,9077	3,4494
65	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0630	0,1262	0,2544	0,3871	0,5270	0,6783	0,8472	1,0448	1,2948	1,6687	1,9972	2,2946	2,385	2,6537	2,9061	3,4470
66	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0629	0,1261	0,2544	0,3870	0,5270	0,6782	0,8471	1,0447	1,2945	1,6683	1,9966	2,2937	2,384	2,6525	2,9045	3,4445
67	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0629	0,1261	0,2544	0,3870	0,5270	0,6782	0,8471	1,0446	1,2944	1,6680	1,9961	2,2929	2,383	2,6513	2,9031	3,4423
68	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0629	0,1261	0,2543	0,3870	0,5269	0,6781	0,8470	1,0444	1,2942	1,6676	1,9955	2,2921	2,382	2,6501	2,9016	3,4400
69	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0629	0,1261	0,2543	0,3870	0,5269	0,6781	0,8469	1,0443	1,2940	1,6673	1,9950	2,2914	2,381	2,6491	2,9002	3,4378
70	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0629	0,1261	0,2543	0,3869	0,5268	0,6780	0,8468	1,0442	1,2938	1,6669	1,9945	2,2907	2,381	2,6480	2,8988	3,4355
71	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0315	0,0629	0,1261	0,2543	0,3869	0,5268	0,6780	0,8468	1,0441	1,2936	1,6666	1,9940	2,2900	2,380	2,6470	2,8976	3,4333
72	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2543	0,3869	0,5267	0,6779	0,8467	1,0440	1,2934	1,6663	1,9935	2,2893	2,379	2,6459	2,8963	3,4310
73	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2543	0,3869	0,5267	0,6779	0,8466	1,0439	1,2933	1,6660	1,9931	2,2887	2,378	2,6450	2,8950	3,4291
74	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2543	0,3868	0,5267	0,6778	0,8465	1,0438	1,2931	1,6657	1,9926	2,2880	2,378	2,6440	2,8937	3,4272
75	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2543	0,3868	0,5267	0,6778	0,8465	1,0437	1,2930	1,6655	1,9922	2,2874	2,377	2,6431	2,8925	3,4253
76	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3868	0,5266	0,6777	0,8464	1,0436	1,2928	1,6652	1,9917	2,2867	2,376	2,6421	2,8913	3,4234
77	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3868	0,5266	0,6777	0,8464	1,0435	1,2927	1,6649	1,9913	2,2861	2,376	2,6413	2,8903	3,4217
78	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3867	0,5266	0,6777	0,8463	1,0434	1,2925	1,6646	1,9909	2,2855	2,375	2,6404	2,8892	3,4200
79	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3867	0,5266	0,6777	0,8463	1,0433	1,2924	1,6644	1,9905	2,2850	2,374	2,6396	2,8882	3,4185
80	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3867	0,5265	0,6776	0,8462	1,0432	1,2922	1,6641	1,9901	2,2844	2,374	2,6388	2,8871	3,4169
81	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3867	0,5265	0,6776	0,8461	1,0431	1,2921	1,6639	1,9897	2,2839	2,373	2,6380	2,8861	3,4152
82	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3867	0,5265	0,6775	0,8460	1,0430	1,2920	1,6637	1,9893	2,2833	2,372	2,6372	2,8851	3,4135
83	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1261	0,2542	0,3867	0,5265	0,6775	0,8460	1,0430	1,2919	1,6635	1,9890	2,2828	2,372	2,6365	2,8842	3,4121
84	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2542	0,3866	0,5264	0,6774	0,8459	1,0429	1,2917	1,6632	1,9886	2,2823	2,371	2,6357	2,8832	3,4106
85	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2542	0,3866	0,5264	0,6774	0,8459	1,0428	1,2916	1,6630	1,9883	2,2818	2,371	2,6350	2,8823	3,4091
86	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3866	0,5264	0,6774	0,8458	1,0427	1,2915	1,6628	1,9880	2,2813	2,370	2,6343	2,8814	3,4076
87	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3866	0,5264	0,6774	0,8458	1,0427	1,2914	1,6626	1,9877	2,2809	2,370	2,6336	2,8805	3,4063
88	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3866	0,5263	0,6773	0,8457	1,0426	1,2913	1,6624	1,9873	2,2804	2,369	2,6329	2,8796	3,4050
89	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3866	0,5263	0,6773	0,8457	1,0426	1,2912	1,6622	1,9870	2,2800	2,369	2,6323	2,8788	3,4036
90	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3866	0,5263	0,6772	0,8457	1,0425	1,2910	1,6620	1,9867	2,2795	2,368	2,6316	2,8779	3,4022
91	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3866	0,5263	0,6772	0,8457	1,0424	1,2909	1,6618	1,9864	2,2791	2,368	2,6310	2,8772	3,4010
92	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6772	0,8456	1,0423	1,2908	1,6616	1,9861	2,2787	2,367	2,6303	2,8764	3,3997
93	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6772	0,8456	1,0423	1,2907	1,6614	1,9859	2,2783	2,367	2,6298	2,8757	3,3986
94	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6771	0,8455	1,0422	1,2906	1,6612	1,9856	2,2779	2,366	2,6292	2,8749	3,3975
95	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6771	0,8455	1,0422	1,2905	1,6611	1,9853	2,2775	2,366	2,6286	2,8742	3,3964
96	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6771	0,8454	1,0421	1,2904	1,6609	1,9850	2,2771	2,366	2,6280	2,8734	3,3952
97	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6771	0,8454	1,0421	1,2904	1,6608	1,9848	2,2768	2,365	2,6275	2,8728	3,3940
98	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2541	0,3865	0,5262	0,6771	0,8454	1,0421	1,2904	1,6608	1,9848	2,2768	2,365	2,6275	2,8728	3,3940
99	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3865	0,5261	0,6770	0,8453	1,0420	1,2903	1,6606	1,9845	2,2764	2,365	2,6270	2,8721	3,3928
100	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5261	0,6770	0,8452	1,0418	1,2901	1,6602	1,9840	2,2757	2,364	2,6260	2,8707	3,3909

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken der Student-Verteilung* $\nu = 101-150$

$P = P$ (rechts) = Integral von Unendlich bis t. P (links) $= P$ (rechts)

$2P$	0,9995	0,999	0,995	0,99	0,98	0,975	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005	0,001
P	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,49	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,01	0,005	0,0025	0,0005
ν																						
101	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5261	0,6770	0,8452	1,0418	1,2900	1,6601	1,9838	2,2754	2,364	2,6255	2,8701	3,3899
102	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5261	0,6769	0,8452	1,0417	1,2899	1,6599	1,9835	2,2750	2,363	2,6249	2,8695	3,3888
103	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5261	0,6769	0,8452	1,0417	1,2899	1,6598	1,9833	2,2747	2,363	2,6245	2,8689	3,3879
104	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5260	0,6769	0,8451	1,0416	1,2898	1,6596	1,9831	2,2743	2,363	2,6240	2,8682	3,3870
105	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5260	0,6769	0,8451	1,0416	1,2897	1,6595	1,9829	2,2740	2,362	2,6236	2,8677	3,3860
106	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5260	0,6768	0,8450	1,0415	1,2896	1,6594	1,9826	2,2737	2,362	2,6231	2,8671	3,3850
107	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5260	0,6768	0,8450	1,0415	1,2895	1,6593	1,9824	2,2734	2,362	2,6227	2,8665	3,3840
108	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5260	0,6768	0,8450	1,0414	1,2894	1,6591	1,9822	2,2731	2,361	2,6222	2,8659	3,3830
109	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3864	0,5260	0,6768	0,8450	1,0414	1,2894	1,6590	1,9820	2,2728	2,361	2,6218	2,8654	3,3823
110	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3863	0,5259	0,6767	0,8449	1,0414	1,2893	1,6588	1,9818	2,2725	2,361	2,6213	2,8648	3,3816
111	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0629	0,1260	0,2540	0,3863	0,5259	0,6767	0,8449	1,0414	1,2893	1,6587	1,9816	2,2723	2,360	2,6209	2,8643	3,3808
112	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2540	0,3863	0,5259	0,6767	0,8449	1,0413	1,2892	1,6586	1,9814	2,2720	2,360	2,6205	2,8638	3,3800
113	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2540	0,3863	0,5259	0,6767	0,8449	1,0413	1,2891	1,6585	1,9812	2,2717	2,360	2,6201	2,8633	3,3791
114	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3863	0,5259	0,6767	0,8448	1,0412	1,2890	1,6583	1,9810	2,2714	2,359	2,6197	2,8627	3,3782
115	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3863	0,5259	0,6767	0,8448	1,0412	1,2890	1,6582	1,9808	2,2712	2,359	2,6193	2,8623	3,3775
116	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3863	0,5259	0,6766	0,8447	1,0411	1,2889	1,6581	1,9806	2,2709	2,359	2,6189	2,8618	3,3767
117	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3863	0,5259	0,6766	0,8447	1,0411	1,2889	1,6580	1,9805	2,2707	2,359	2,6186	2,8613	3,3760
118	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3863	0,5258	0,6766	0,8447	1,0410	1,2888	1,6579	1,9803	2,2704	2,358	2,6182	2,8608	3,3752
119	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3863	0,5258	0,6766	0,8447	1,0410	1,2888	1,6578	1,9801	2,2702	2,358	2,6179	2,8604	3,3744
120	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5258	0,6765	0,8446	1,0409	1,2887	1,6577	1,9799	2,2699	2,358	2,6175	2,8599	3,3736
121	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5258	0,6765	0,8446	1,0409	1,2886	1,6576	1,9798	2,2697	2,357	2,6172	2,8595	3,3729
122	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5258	0,6765	0,8446	1,0409	1,2885	1,6575	1,9796	2,2694	2,357	2,6168	2,8591	3,3721
123	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5258	0,6765	0,8446	1,0409	1,2885	1,6574	1,9795	2,2692	2,357	2,6165	2,8587	3,3715
124	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5258	0,6765	0,8445	1,0408	1,2884	1,6573	1,9793	2,2690	2,357	2,6161	2,8582	3,3709
125	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5258	0,6765	0,8445	1,0408	1,2884	1,6572	1,9792	2,2688	2,356	2,6158	2,8578	3,3702
126	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6765	0,8445	1,0407	1,2883	1,6571	1,9790	2,2685	2,356	2,6155	2,8574	3,3694
127	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6765	0,8445	1,0407	1,2883	1,6570	1,9789	2,2683	2,356	2,6152	2,8570	3,3690
128	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6764	0,8445	1,0407	1,2882	1,6569	1,9787	2,2681	2,356	2,6148	2,8566	3,3685
129	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6764	0,8445	1,0407	1,2882	1,6568	1,9786	2,2679	2,355	2,6145	2,8562	3,3679
130	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6764	0,8444	1,0406	1,2881	1,6567	1,9784	2,2677	2,355	2,6142	2,8558	3,3673
131	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6764	0,8444	1,0406	1,2881	1,6566	1,9783	2,2675	2,355	2,6139	2,8555	3,3667
132	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6764	0,8444	1,0405	1,2880	1,6565	1,9781	2,2673	2,355	2,6136	2,8551	3,3661
133	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6764	0,8444	1,0405	1,2880	1,6564	1,9780	2,2671	2,355	2,6134	2,8548	3,3655
134	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6763	0,8443	1,0405	1,2879	1,6563	1,9778	2,2669	2,354	2,6131	2,8544	3,3648
135	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2539	0,3862	0,5257	0,6763	0,8443	1,0405	1,2879	1,6563	1,9777	2,2667	2,354	2,6128	2,8540	3,3642
136	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6763	0,8443	1,0404	1,2878	1,6562	1,9776	2,2665	2,354	2,6125	2,8536	3,3636
137	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6763	0,8443	1,0404	1,2878	1,6561	1,9775	2,2664	2,354	2,6123	2,8533	3,3631
138	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6763	0,8442	1,0403	1,2877	1,6560	1,9773	2,2662	2,354	2,6120	2,8529	3,3626
139	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6763	0,8442	1,0403	1,2877	1,6559	1,9772	2,2660	2,353	2,6117	2,8526	3,3621
140	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6763	0,8442	1,0403	1,2876	1,6558	1,9771	2,2658	2,353	2,6114	2,8523	3,3615
141	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6763	0,8442	1,0403	1,2876	1,6558	1,9770	2,2657	2,353	2,6112	2,8520	3,3611
142	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6762	0,8442	1,0402	1,2876	1,6557	1,9768	2,2655	2,353	2,6109	2,8516	3,3606
143	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6762	0,8442	1,0402	1,2876	1,6556	1,9767	2,2653	2,353	2,6107	2,8513	3,3600
144	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6762	0,8441	1,0402	1,2875	1,6555	1,9766	2,2651	2,352	2,6104	2,8510	3,3594
145	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6762	0,8441	1,0402	1,2875	1,6555	1,9765	2,2650	2,352	2,6102	2,8507	3,3590
146	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6762	0,8441	1,0401	1,2874	1,6554	1,9764	2,2648	2,352	2,6099	2,8504	3,3585
147	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5256	0,6762	0,8441	1,0401	1,2874	1,6553	1,9763	2,2647	2,352	2,6097	2,8501	3,3581
148	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5255	0,6762	0,8441	1,0401	1,2873	1,6552	1,9762	2,2645	2,352	2,6095	2,8498	3,3576
149	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5255	0,6762	0,8441	1,0401	1,2873	1,6552	1,9761	2,2644	2,352	2,6093	2,8495	3,3572
150	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5255	0,6761	0,8440	1,0400	1,2872	1,6551	1,9759	2,2642	2,351	2,6090	2,8492	3,3567

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken der Student-Verteilung* $\nu = 151-200$

$P = P$ (rechts) = Integral von Unendlich bis t. P (links) $= P$ (rechts)

2 P	0,9995	0,999	0,995	0,99	0,98	0,975	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005	0,001
P	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,49	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,01	0,005	0,0025	0,0005
ν																						
151	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5255	0,6761	0,8440	1,0400	1,2872	1,6551	1,9758	2,2641	2,351	2,6088	2,8490	3,3563
152	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5255	0,6761	0,8440	1,0400	1,2872	1,6550	1,9757	2,2639	2,351	2,6086	2,8487	3,3559
153	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3861	0,5255	0,6761	0,8440	1,0400	1,2872	1,6549	1,9756	2,2638	2,351	2,6084	2,8484	3,3554
154	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6761	0,8440	1,0399	1,2871	1,6548	1,9755	2,2636	2,351	2,6082	2,8481	3,3548
155	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6761	0,8440	1,0399	1,2871	1,6548	1,9754	2,2635	2,351	2,6080	2,8478	3,3545
156	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6761	0,8439	1,0399	1,2870	1,6547	1,9753	2,2633	2,350	2,6077	2,8475	3,3541
157	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6761	0,8439	1,0399	1,2870	1,6547	1,9752	2,2632	2,350	2,6075	2,8473	3,3538
158	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6761	0,8439	1,0398	1,2869	1,6546	1,9751	2,2630	2,350	2,6073	2,8471	3,3535
159	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6761	0,8439	1,0398	1,2869	1,6546	1,9750	2,2629	2,350	2,6072	2,8468	3,3531
160	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6760	0,8439	1,0398	1,2869	1,6545	1,9749	2,2627	2,350	2,6070	2,8465	3,3527
161	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5255	0,6760	0,8439	1,0398	1,2869	1,6544	1,9748	2,2626	2,350	2,6068	2,8463	3,3524
162	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8439	1,0398	1,2868	1,6543	1,9747	2,2625	2,349	2,6066	2,8461	3,3521
163	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8439	1,0398	1,2868	1,6543	1,9747	2,2624	2,349	2,6064	2,8459	3,3517
164	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8438	1,0397	1,2868	1,6542	1,9746	2,2622	2,349	2,6062	2,8456	3,3512
165	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8438	1,0397	1,2868	1,6542	1,9745	2,2621	2,349	2,6060	2,8454	3,3509
166	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8438	1,0397	1,2867	1,6541	1,9744	2,2619	2,349	2,6058	2,8451	3,3506
167	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8438	1,0397	1,2867	1,6541	1,9743	2,2618	2,349	2,6057	2,8449	3,3502
168	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8438	1,0396	1,2866	1,6540	1,9742	2,2617	2,349	2,6055	2,8447	3,3497
169	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2538	0,3860	0,5254	0,6760	0,8438	1,0396	1,2866	1,6540	1,9741	2,2616	2,348	2,6053	2,8445	3,3493
170	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8438	1,0396	1,2866	1,6539	1,9740	2,2615	2,348	2,6051	2,8442	3,3489
171	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1259	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8438	1,0396	1,2866	1,6539	1,9740	2,2614	2,348	2,6050	2,8440	3,3486
172	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8437	1,0396	1,2865	1,6538	1,9739	2,2612	2,348	2,6048	2,8438	3,3482
173	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8437	1,0396	1,2865	1,6538	1,9738	2,2611	2,348	2,6046	2,8436	3,3479
174	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8437	1,0395	1,2865	1,6537	1,9737	2,2610	2,348	2,6044	2,8434	3,3476
175	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8437	1,0395	1,2865	1,6537	1,9737	2,2609	2,348	2,6043	2,8432	3,3474
176	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8437	1,0395	1,2864	1,6536	1,9736	2,2608	2,348	2,6041	2,8430	3,3471
177	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3860	0,5254	0,6759	0,8437	1,0395	1,2864	1,6536	1,9735	2,2607	2,347	2,6040	2,8428	3,3467
178	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6759	0,8437	1,0395	1,2863	1,6535	1,9734	2,2605	2,347	2,6038	2,8426	3,3462
179	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6759	0,8437	1,0395	1,2863	1,6535	1,9734	2,2604	2,347	2,6037	2,8424	3,3459
180	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6759	0,8436	1,0394	1,2863	1,6534	1,9733	2,2603	2,347	2,6035	2,8421	3,3456
181	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6759	0,8436	1,0394	1,2863	1,6534	1,9732	2,2602	2,347	2,6034	2,8419	3,3453
182	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8436	1,0394	1,2862	1,6533	1,9731	2,2601	2,347	2,6032	2,8417	3,3450
183	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8436	1,0394	1,2862	1,6533	1,9731	2,2600	2,347	2,6031	2,8416	3,3447
184	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8436	1,0394	1,2862	1,6532	1,9730	2,2599	2,347	2,6029	2,8414	3,3444
185	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8436	1,0394	1,2862	1,6532	1,9729	2,2598	2,346	2,6028	2,8412	3,3441
186	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8436	1,0393	1,2861	1,6531	1,9728	2,2597	2,346	2,6026	2,8410	3,3438
187	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8436	1,0393	1,2861	1,6531	1,9728	2,2596	2,346	2,6025	2,8408	3,3435
188	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0393	1,2861	1,6530	1,9727	2,2595	2,346	2,6023	2,8406	3,3432
189	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0393	1,2861	1,6530	1,9727	2,2594	2,346	2,6022	2,8405	3,3429
190	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0393	1,2860	1,6529	1,9726	2,2593	2,346	2,6020	2,8403	3,3426
191	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0393	1,2860	1,6529	1,9725	2,2592	2,346	2,6019	2,8401	3,3424
192	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0392	1,2860	1,6528	1,9724	2,2591	2,346	2,6017	2,8399	3,3421
193	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0392	1,2860	1,6528	1,9724	2,2591	2,346	2,6016	2,8397	3,3418
194	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0392	1,2859	1,6528	1,9723	2,2590	2,346	2,6015	2,8395	3,3415
195	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0392	1,2859	1,6528	1,9723	2,2589	2,345	2,6014	2,8394	3,3414
196	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0392	1,2859	1,6527	1,9722	2,2588	2,345	2,6012	2,8392	3,3412
197	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6758	0,8435	1,0392	1,2859	1,6527	1,9721	2,2587	2,345	2,6011	2,8391	3,3409
198	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6757	0,8435	1,0392	1,2859	1,6526	1,9720	2,2586	2,345	2,6009	2,8389	3,3406
199	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5253	0,6757	0,8435	1,0392	1,2859	1,6526	1,9720	2,2585	2,345	2,6008	2,8388	3,3403
200	0,0006	0,0013	0,0063	0,0125	0,025	0,0314	0,0628	0,1258	0,2537	0,3859	0,5252	0,6757	0,8434	1,0391	1,2858	1,6525	1,9719	2,2584	2,345	2,6006	2,8386	3,3400

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken der χ^2-Verteilung[1], $\nu = 1—50$

$\int_r$ = Integral von Unendlich bis χ^2 ($1 \int_r = 2\alpha$, $\frac{1}{2} \int_r = \alpha$) bei χ^2-Testen, $\int_l$ = Integral von Null bis χ^2

$\int_r$ 1	0,99950	0,9990	0,9950	0,990	0,9750	0,950	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,0250	0,010	0,0050	0,0010	0,00050
$\int_r$ ½	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,005	0,0025	0,0005	0,00025
$\int_l$ 1	0,00050	0,0010	0,0050	0,010	0,0250	0,050	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,950	0,9750	0,990	0,9950	0,9990	0,99950
$\int_l$ ½	0,00025	0,0005	0,0025	0,005	0,0125	0,025	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,475	0,4875	0,495	0,4975	0,4995	0,49975
ν																					
1	0,000000393	0,000001571	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	0,0158	0,0642	0,148	0,275	0,455	0,708	1,074	1,642	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879	10,828	12,116
2	0,00100	0,00200	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	0,211	0,446	0,713	1,022	1,386	1,833	2,408	3,219	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597	13,816	15,202
3	0,0153	0,0243	0,0717	0,115	0,216	0,352	0,584	1,005	1,424	1,869	2,366	2,946	3,665	4,642	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838	16,266	17,730
4	0,0639	0,0908	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	1,649	2,195	2,753	3,357	4,045	4,878	5,989	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860	18,467	19,998
5	0,158	0,210	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	2,343	3,000	3,655	4,351	5,132	6,064	7,289	9,236	11,070	12,832	15,086	16,750	20,515	22,105
6	0,299	0,381	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	3,070	3,828	4,570	5,348	6,211	7,231	8,558	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548	22,458	24,103
7	0,485	0,598	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	3,822	4,671	5,493	6,346	7,283	8,383	9,803	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278	24,322	26,018
8	0,710	0,857	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	4,594	5,527	6,423	7,344	8,351	9,524	11,030	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955	26,125	27,868
9	0,972	1,153	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	5,380	6,393	7,357	8,343	9,414	10,656	12,242	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589	27,877	29,666
10	1,265	1,479	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	6,179	7,267	8,295	9,342	10,473	11,781	13,442	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188	29,588	31,419
11	1,587	1,834	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	6,989	8,148	9,237	10,341	11,530	12,899	14,631	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757	31,264	33,136
12	1,934	2,214	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	7,807	9,034	10,182	11,340	12,584	14,011	15,812	18,549	21,026	23,336	26,217	28,300	32,909	34,821
13	2,305	2,617	3,565	4,107	5,009	5,892	7,042	8,634	9,926	11,129	12,340	13,636	15,119	16,985	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819	34,528	36,478
14	2,697	3,041	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	9,467	10,821	12,079	13,339	14,685	16,222	18,151	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319	36,123	38,109
15	3,108	**3,483**	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	10,307	11,721	13,030	14,339	15,733	17,322	19,311	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801	37,697	39,719
16	3,536	**3,942**	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	11,152	12,624	13,983	15,338	16,780	18,418	20,465	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267	39,252	41,308
17	3,980	4,416	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	12,002	13,531	14,937	16,338	17,824	19,511	21,615	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718	40,790	42,879
18	4,439	4,905	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	12,857	14,440	15,893	17,338	18,868	20,601	22,760	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156	42,312	44,434
19	4,912	5,407	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	13,716	15,352	16,850	18,338	19,910	21,689	23,900	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582	43,820	45,973
20	5,398	5,921	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	14,578	16,266	17,809	19,337	20,951	22,775	25,038	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997	45,315	47,498
21	5,896	6,447	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	15,445	17,182	18,768	20,337	21,991	23,858	26,171	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401	46,797	49,010
22	6,405	6,983	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	16,314	18,101*	19,729	21,337	23,031	24,939	27,301	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796	48,268	50,511
23	6,924	7,529	9,260	10,196	11,688	13,091	14,848	17,187	19,021	20,690	22,337	24,069	26,018	28,429	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181	49,728	52,000
24	7,453	8,085	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	18,062	19,943	21,652	23,337	25,106	27,096	29,553	33,196	36,415	39,364	42,980	45,558	51,179	53,479
25	7,991	8,649	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	18,940	20,867	22,616	24,337	26,143	28,172	30,675	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928	52,620	54,947
26	8,538	9,222	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	19,820	21,792	23,579	25,336	27,179	29,246	31,795	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290	54,052	56,407
27	9,093	9,803	11,808	12,879	14,573	16,151	18,114	20,703	22,719	24,544	26,336	28,214	30,319	32,912	36,741	40,113	43,194	46,963	49,645	55,476	57,858
28	9,656	10,391	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	21,588	23,647	25,509	27,336	29,249	31,391	34,027	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993	56,892	59,300
29	10,227	10,986	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	22,475	24,577	26,475	28,336	30,283	32,461	35,139	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336	58,302	60,734
30	10,804	11,588	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	23,364	25,508	27,442	29,336	31,316	33,530	36,250	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672	59,703	62,161
31	11,389	12,196	14,458	15,655	17,539	19,281	21,434	24,255	26,440	28,409	30,336	32,349	34,598	37,359	41,422	44,985	48,232	52,191	55,003	61,098	63,582
32	11,979	12,811	15,134	16,362	18,291	20,072	22,271	25,148	27,373	29,376	31,336	33,381	35,665	38,466	42,585	46,194	49,480	53,486	56,328	62,487	64,995
33	12,576	13,431	15,815	17,073	19,047	20,867	23,110	26,042	28,307	30,344	32,336	34,413	36,731	39,572	42,745	47,400	50,725	54,776	57,648	63,870	66,402
34	13,179	14,057	16,501	17,789	19,806	21,664	23,952	26,938	29,242	31,313	33,336	35,444	37,795	40,676	44,903	48,602	51,966	56,061	58,964	65,247	67,803
35	13,788	14,688	17,192	18,509	20,569	22,465	24,797	27,836	30,178	32,282	34,336	36,475	38,859	41,778	46,059	49,802	53,203	57,342	60,275	66,619	69,198
36	14,401	15,324	17,887	19,233	21,336	23,269	25,643	28,735	31,115	33,252	35,336	37,505	39,922	42,879	47,212	50,998	54,437	58,619	61,581	67,985	70,588
37	15,020	15,965	18,586	19,960	22,106	24,075	26,492	29,635	32,053	34,222	36,336	38,535	40,984	43,978	48,363	52,192	55,668	59,892	62,883	69,346	71,972
38	15,644	16,611	19,289	20,691	22,878	24,884	27,343	30,537	32,992	35,192	37,335	39,564	42,045	45,076	49,513	53,384	56,895	61,162	64,181	70,703	73,351
39	16,273	17,261	19,996	21,426	23,654	25,695	28,196	31,441	33,932	36,163	38,335	40,593	43,105	46,173	50,660	54,572	58,120	62,428	65,476	72,055	74,725
40	16,906	17,916	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	32,345	34,872	37,134	39,335	41,622	44,165	47,269	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766	73,402	76,095
41	17,544	18,575	21,421	22,906	25,215	27,326	29,907	33,251	35,813	38,105	40,335	42,651	45,224	48,363	52,949	56,942	60,561	64,950	68,053	74,745	77,459
42	18,186	19,238	22,138	23,650	25,999	28,144	30,765	34,157	36,755	39,077	41,335	43,679	46,282	49,456	54,090	58,124	61,777	66,206	69,336	76,084	78,820
43	18,832	19,905	22,859	24,398	26,785	28,965	31,625	35,065	37,698	40,050	42,335	44,706	47,339	50,548	55,230	59,304	62,990	67,459	70,616	77,418	80,176
44	19,482	20,576	23,584	25,148	27,575	29,787	32,487	35,974	38,641	41,022	43,335	45,734	48,396	51,639	56,369	60,481	64,201	68,709	78,749	81,528	
45	20,136	21,251	24,311	25,901	28,366	30,612	33,350	36,884	39,585	41,995	44,335	46,761	49,452	52,729	57,505	61,656	65,410	69,957	73,166	80,077	82,876
46	20,794	21,929	25,041	26,657	29,160	31,439	34,215	37,795	40,529	42,968	45,335	47,787	50,507	53,818	58,641	62,830	66,617	71,201	74,437	81,400	84,220
47	21,456	22,610	25,774	27,416	29,956	32,268	35,081	38,708	41,474	43,942	46,335	48,814	51,562	54,906	59,774	64,001	67,821	72,443	75,704	82,720	85,560
48	22,121	23,295	26,511	28,177	30,755	33,098	35,949	39,621	42,420	44,915	47,335	49,840	52,616	55,993	60,907	65,171	69,023	73,683	76,969	84,037	86,897
49	22,789	23,983	27,249	28,941	31,555	33,930	36,818	40,534	43,366	45,889	48,335	49,840	53,670	57,079	62,038	66,339	70,222	74,919	78,231	85,350	88,231
50	23,461	24,674	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	41,449	44,313	46,864	49,335	51,892	54,723	58,164	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490	86,661	89,561

1) Werte nach HALD und SINKBÆK, *Skand. Aktuar Tidskr.*, **33**, 168 (1950). Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

Signifikanzschranken der χ^2-Verteilung[1], $\nu = 51—100$

$\int_r$ = Integral von Unendlich bis χ^2 ($1\int_r = 2\alpha$, $\frac{1}{2}\int_r = \alpha$) bei χ^2-Testen, $\int_l$ = Integral von Null bis χ^2

$\int_r$ 1	0,99950	0,9990	0,9950	0,990	0,9750	0,950	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,0250	0,010	0,0050	0,0010	0,00050
½	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,005	0,0025	0,0005	0,00025
$\int_l$ 1	0,00050	0,0010	0,0050	0,010	0,0250	0,050	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,950	0,9750	0,990	0,9950	0,9990	0,99950
½	0,00025	0,0005	0,0025	0,005	0,0125	0,025	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,475	0,4875	0,495	0,4975	0,4995	0,49975
ν																					
51	24,136	25,368	28,735	30,475	33,162	35,600	38,560	42,365	45,261	47,838	50,335	52,917	55,775	59,248	64,295	68,669	72,616	77,386	80,747	87,968	90,887
52	24,814	26,065	29,481	31,246	33,968	36,437	39,433	43,281	46,209	48,813	51,335	53,942	56,827	60,332	65,422	69,832	73,810	78,616	82,001	89,272	92,211
53	25,495	26,765	30,230	32,018	34,776	37,276	40,308	44,199	47,157	49,788	52,335	54,967	57,879	61,414	66,548	70,993	75,002	79,843	83,253	90,573	93,532
54	26,179	27,468	30,981	32,793	35,586	38,116	41,183	45,117	48,106	50,764	53,335	55,992	58,930	62,496	67,673	72,153	76,192	81,069	84,502	91,872	94,849
55	26,866	28,173	31,735	33,570	36,398	38,958	42,060	46,036	49,056	51,739	54,335	57,016	59,980	63,577	68,796	73,311	77,380	82,292	85,749	93,167	96,163
56	27,556	28,881	32,490	34,350	37,212	39,801	42,937	46,955	50,005	52,715	55,335	58,040	61,031	64,658	69,918	74,468	78,567	83,513	86,994	94,460	97,475
57	28,248	29,592	33,248	35,131	38,027	40,646	43,816	47,876	50,956	53,691	56,335	59,064	62,080	65,737	71,040	75,624	79,752	84,733	88,236	95,751	98,784
58	28,943	30,305	34,008	35,913	38,844	41,492	44,696	48,797	51,906	54,667	57,335	60,088	63,129	66,816	72,160	76,778	80,936	85,950	89,477	97,039	100,090
59	29,640	31,021	34,771	36,698	39,662	42,339	45,577	49,718	52,857	55,643	58,335	61,111	64,178	67,894	73,279	77,931	82,117	87,166	90,715	98,324	101,394
60	30,340	31,739	35,535	37,485	40,482	43,188	46,459	50,641	53,809	56,620	59,335	62,135	65,226	68,972	74,397	79,082	83,298	88,379	91,952	99,607	102,695
61	31,043	32,459	36,301	38,273	41,303	44,038	47,342	51,564	54,761	57,597	60,335	63,158	66,274	70,049	75,514	80,232	84,476	89,591	93,186	100,888	103,993
62	31,748	33,181	37,068	39,063	42,126	44,889	48,226	52,487	55,714	58,574	61,335	64,181	67,322	71,125	76,630	81,381	85,654	90,802	94,419	102,166	105,289
63	32,455	33,906	37,838	39,855	42,950	45,741	49,111	53,411	56,666	59,551	62,335	65,204	68,369	72,201	77,745	82,529	86,830	92,010	95,649	103,442	106,583
64	33,165	34,633	38,610	40,649	43,776	46,595	49,996	54,336	57,619	60,528	63,335	66,226	69,416	73,276	78,860	83,675	88,004	93,217	96,878	104,716	107,874
65	33,877	35,362	39,383	41,444	44,603	47,450	50,883	55,262	58,573	61,506	64,335	67,249	70,462	74,351	79,973	84,821	89,177	94,422	98,105	105,988	109,164
66	34,591	36,093	40,158	42,240	45,431	48,305	51,770	56,188	59,527	62,484	65,335	68,271	71,508	75,425	81,086	85,965	90,349	95,626	99,330	107,258	110,451
67	35,307	36,826	40,935	43,038	46,261	49,162	52,659	57,115	60,481	63,461	66,335	69,293	72,554	76,498	82,197	87,108	91,519	96,828	100,554	108,525	111,735
68	36,025	37,561	41,713	43,838	47,092	50,020	53,548	58,042	61,436	64,440	67,334	70,315	73,600	77,571	83,308	88,250	92,688	98,028	101,776	109,791	113,018
69	36,745	38,298	42,494	44,639	47,924	50,879	54,438	58,970	62,391	65,418	68,334	71,337	74,645	78,643	84,418	89,391	93,856	99,227	102,996	111,055	114,299
70	37,467	39,036	43,275	45,442	48,758	51,739	55,329	59,898	63,346	66,396	69,334	72,358	75,689	79,715	85,527	90,531	95,023	100,425	104,215	112,317	115,577
71	38,192	39,777	44,058	46,246	49,592	52,600	56,221	60,827	64,302	67,375	70,334	73,380	76,734	80,786	86,635	91,670	96,189	101,621	105,432	113,577	116,854
72	38,918	40,520	44,843	47,051	50,428	53,462	57,113	61,756	65,258	68,353	71,334	74,401	77,778	81,857	87,743	92,808	97,353	102,816	106,648	114,835	118,129
73	39,646	41,264	45,629	47,858	51,265	54,325	58,006	62,686	66,214	69,332	72,334	75,422	78,822	82,927	88,850	93,945	98,516	104,010	107,862	116,091	119,402
74	40,376	42,010	46,417	48,666	52,103	55,189	58,900	63,616	67,170	70,311	73,334	76,443	79,865	83,997	89,956	95,081	99,678	105,202	109,074	117,346	120,673
75	41,107	42,757	47,206	49,475	52,942	56,054	59,795	64,547	68,127	71,290	74,334	77,464	80,908	85,066	91,061	96,217	100,839	106,393	110,286	118,599	121,942
76	41,841	43,506	47,998	50,286	53,782	56,920	60,690	65,478	69,084	72,270	75,334	78,485	81,951	86,135	92,166	97,351	101,999	107,583	111,495	119,851	123,209
77	42,576	44,257	48,788	51,097	54,623	57,786	61,586	66,409	70,042	73,249	76,334	79,505	82,994	87,203	93,270	98,484	103,158	108,771	112,704	121,100	124,475
78	43,313	45,010	49,582	51,910	55,466	58,654	62,483	67,341	70,999	74,228	77,334	80,526	84,036	88,271	94,374	99,617	104,316	109,958	113,911	122,348	125,739
79	44,051	45,764	50,376	52,725	56,309	59,522	63,380	68,274	71,957	75,208	78,334	81,546	85,078	89,338	95,476	100,749	105,473	111,144	115,117	123,594	127,001
80	44,791	46,520	51,172	53,540	57,153	60,391	64,278	69,207	72,915	76,188	79,334	82,566	86,120	90,405	96,578	101,879	106,629	112,329	116,321	124,839	128,261
81	45,533	47,277	51,969	54,357	57,998	61,261	65,176	70,140	73,874	77,168	80,334	83,586	87,161	91,472	97,680	103,009	107,783	113,512	117,524	126,083	129,520
82	46,276	48,036	52,767	55,174	58,845	62,132	66,076	71,074	74,833	78,148	81,334	84,606	88,202	92,538	98,780	104,139	108,937	114,695	118,726	127,324	130,777
83	47,021	48,796	53,567	55,993	59,692	63,004	66,976	72,008	75,792	79,128	82,334	85,626	89,243	93,604	99,880	105,267	110,090	115,876	119,927	128,565	132,033
84	47,767	49,557	54,368	56,813	60,540	63,876	67,876	72,943	76,751	80,108	83,334	86,646	90,284	94,669	100,980	106,395	111,242	117,057	121,126	129,804	133,287
85	48,515	50,320	55,170	57,634	61,389	64,749	68,777	73,878	77,710	81,089	84,334	87,665	91,325	95,734	102,079	107,522	112,393	118,236	122,325	131,041	134,540
86	49,264	51,085	55,973	58,456	62,239	65,623	69,679	74,813	78,670	82,069	85,334	88,685	92,365	96,799	103,177	108,648	113,544	119,414	123,522	132,277	135,792
87	50,015	51,850	56,777	59,279	63,089	66,498	70,581	75,749	79,630	83,050	86,334	89,704	93,405	97,863	104,275	109,773	114,693	120,591	124,718	133,512	137,042
88	50,767	52,617	57,582	60,103	63,941	67,373	71,484	76,685	80,590	84,031	87,334	90,723	94,445	98,927	105,372	110,898	115,841	121,767	125,912	134,745	138,290
89	51,521	53,386	58,389	60,928	64,793	68,249	72,387	77,622	81,550	85,012	88,334	91,742	95,484	99,991	106,469	112,022	116,989	122,942	127,106	135,977	139,537
90	52,276	54,155	59,196	61,754	65,647	69,126	73,291	78,558	82,511	85,993	89,334	92,761	96,524	101,054	107,565	113,145	118,136	124,116	128,299	137,208	140,783
91	53,032	54,926	60,005	62,581	66,501	70,003	74,196	79,496	83,472	86,974	90,334	93,780	97,563	102,116	108,661	114,268	119,282	125,289	129,491	138,438	142,027
92	53,790	55,698	60,815	63,409	67,356	70,882	75,101	80,433	84,433	87,955	91,334	94,799	98,602	103,179	109,756	115,390	120,427	126,462	130,681	139,666	143,270
93	54,549	56,471	61,625	64,238	68,211	71,760	76,006	81,371	85,394	88,936	92,334	95,818	99,641	104,242	110,850	116,511	121,571	127,633	131,871	140,893	144,511
94	55,309	57,246	62,437	65,068	69,068	72,640	76,912	82,309	86,356	89,917	93,334	96,836	100,679	105,303	111,944	117,632	122,715	128,803	133,059	142,119	145,751
95	56,070	58,022	63,250	65,898	69,925	73,520	77,818	83,248	87,317	90,899	94,334	97,855	101,717	106,364	113,038	118,752	123,858	129,973	134,247	143,343	146,990
96	56,833	58,799	64,063	66,730	70,783	74,400	78,725	84,187	88,279	91,881	95,334	98,873	102,755	107,425	114,131	119,871	125,000	131,141	135,433	144,567	148,228
97	57,597	59,577	64,878	67,562	71,642	75,282	79,633	85,126	89,241	92,862	96,334	99,892	103,793	108,486	115,223	120,990	126,141	132,309	136,619	145,789	149,464
98	58,362	60,356	65,694	68,396	72,501	76,164	80,542	86,065	90,204	93,844	97,334	100,910	104,831	109,547	116,315	122,108	127,282	133,476	137,803	147,010	150,699
99	59,128	61,136	66,510	69,230	73,361	77,046	81,449	87,005	91,166	94,826	98,334	101,928	105,868	110,607	117,406	123,225	128,422	134,642	138,987	148,230	151,934
100	59,897	61,919	67,328	70,065	74,222	77,930	82,358	87,945	92,129	95,808	99,334	102,946	106,906	111,667	118,498	124,342	129,561	135,806	140,169	149,448	153,165

1) Werte nach HALD und SINKBÆK, *Skand. Aktuar Tidskr.*, **33**, 168 (1950). Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

Signifikanzschranken der χ^2-Verteilung*, $\nu = 101—150$

$\int_r$ = Integral von Unendlich bis χ^2 ($1\int_r = 2\alpha$, $\frac{1}{2}\int_r = \alpha$) bei χ^2-Testen, $\int_l$ = Integral von Null bis χ^2

$\int_r$ 1	0,99950	0,9990	0,9950	0,990	0,9750	0,950	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,0250	0,010	0,0050	0,0010	0,00050
½	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,005	0,0025	0,0005	0,00025
$\int_l$ 1	0,00050	0,0010	0,0050	0,010	0,0250	0,050	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,950	0,9750	0,990	0,9950	0,9990	0,99950
½	0,00025	0,0005	0,0025	0,005	0,0125	0,025	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,475	0,4875	0,495	0,4975	0,4995	0,49975
ν																					
101	60,666	62,702	68,147	70,901	75,084	78,813	83,267	88,886	93,092	96,790	100,334	103,964	107,943	112,726	119,589	125,458	130,700	136,971	141,351	150,666	154,397
102	61,436	63,485	68,966	71,738	75,946	79,698	84,177	89,826	94,055	97,772	101,334	104,982	108,980	113,786	120,679	126,574	131,837	138,134	142,532	151,883	155,628
103	62,207	64,270	69,786	72,575	76,809	80,582	85,088	90,767	95,018	98,754	102,334	105,999	110,017	114,845	121,769	127,689	132,975	139,297	143,712	153,098	156,857
104	62,978	65,056	70,607	73,413	77,672	81,468	85,998	91,709	95,981	99,737	103,334	107,017	111,053	115,903	122,858	128,804	134,111	140,459	144,891	154,313	158,086
105	63,752	65,842	71,429	74,252	78,537	82,354	86,909	92,650	96,945	100,719	104,334	108,035	112,090	116,962	123,947	129,918	135,247	141,620	146,069	155,527	159,313
106	64,526	66,630	72,252	75,092	79,401	83,240	87,821	93,592	97,909	101,701	105,334	109,052	113,126	118,020	125,035	131,031	136,382	142,780	147,246	156,739	160,539
107	65,301	67,419	73,075	75,933	80,267	84,127	88,733	94,534	98,873	102,684	106,334	110,070	114,162	119,078	126,123	132,144	137,517	143,940	148,423	157,951	161,765
108	66,077	68,208	73,899	76,774	81,133	85,015	89,645	95,477	99,837	103,667	107,334	111,087	115,198	120,135	127,211	133,257	138,650	145,099	149,599	159,161	162,989
109	66,854	68,999	74,725	77,616	82,000	85,903	90,558	96,419	100,801	104,649	108,334	112,104	116,233	121,193	128,298	134,369	139,784	146,257	150,774	160,371	164,212
110	67,632	69,791	75,551	78,459	82,867	86,792	91,471	97,362	101,766	105,632	109,334	113,121	117,269	122,250	129,385	135,480	140,916	147,414	151,948	161,580	165,434
111	68,412	70,583	76,377	79,302	83,735	87,681	92,385	98,306	102,730	106,615	110,334	114,138	118,304	123,306	130,472	136,591	142,048	148,571	153,121	162,787	166,655
112	69,192	71,377	77,205	80,146	84,604	88,570	93,299	99,249	103,695	107,598	111,334	115,156	119,340	124,363	131,558	137,701	143,180	149,727	154,294	163,994	167,875
113	69,973	72,171	78,033	80,991	85,473	89,461	94,213	100,193	104,660	108,581	112,334	116,172	120,375	125,419	132,643	138,811	144,311	150,882	155,466	165,200	169,094
114	70,755	72,966	78,862	81,837	86,343	90,351	95,128	101,137	105,625	109,564	113,334	117,189	121,410	126,475	133,729	139,921	145,441	152,036	156,637	166,405	170,312
115	71,538	73,762	79,692	82,683	87,213	91,242	96,043	102,081	106,590	110,547	114,334	118,206	122,444	127,531	134,813	141,030	146,571	153,190	157,807	167,609	171,530
116	72,322	74,559	80,523	83,530	88,084	92,134	96,958	103,025	107,556	111,531	115,334	119,223	123,479	128,587	135,898	142,138	147,700	154,344	158,977	168,812	172,746
117	73,107	75,357	81,354	84,377	88,955	93,026	97,874	103,970	108,521	112,514	116,334	120,239	124,513	129,642	136,982	143,246	148,829	155,496	160,146	170,015	173,961
118	73,893	76,156	82,186	85,225	89,827	93,918	98,790	104,915	109,487	113,497	117,334	121,256	125,548	130,697	138,066	144,354	149,957	156,648	161,314	171,216	175,176
119	74,680	76,956	83,019	86,074	90,700	94,811	99,707	105,860	110,453	114,481	118,334	122,273	126,582	131,752	139,149	145,461	151,084	157,799	162,481	172,417	176,389
120	75,468	77,756	83,852	86,924	91,573	95,705	100,624	106,806	111,419	115,465	119,334	123,289	127,616	132,806	140,233	146,567	152,211	158,950	163,648	173,617	177,602
121	76,256	78,557	84,686	87,774	92,446	96,599	101,541	107,751	112,385	116,448	120,334	124,305	128,650	133,861	141,315	147,673	153,338	160,100	164,814	174,815	178,813
122	77,046	79,360	85,521	88,624	93,320	97,493	102,458	108,697	113,351	117,432	121,334	125,322	129,684	134,915	142,398	148,779	154,464	161,249	165,979	176,014	180,024
123	77,836	80,162	86,356	89,476	94,195	98,388	103,376	109,643	114,317	118,416	122,334	126,338	130,717	135,969	143,480	149,885	155,589	162,398	167,144	177,211	181,234
124	78,627	80,967	87,193	90,328	95,070	99,283	104,295	110,589	115,284	119,399	123,334	127,354	131,751	137,022	144,562	150,989	156,714	163,546	168,308	178,407	182,443
125	79,419	81,771	88,029	91,180	95,946	100,178	105,213	111,536	116,250	120,383	124,334	128,370	132,784	138,076	145,643	152,094	157,838	164,694	169,471	179,603	183,652
126	80,212	82,576	88,867	92,033	96,822	101,074	106,132	112,483	117,217	121,367	125,334	129,386	133,817	139,129	146,724	153,198	158,962	165,841	170,634	180,798	184,859
127	81,006	83,382	89,705	92,887	97,699	101,971	107,051	113,430	118,184	122,351	126,334	130,402	134,850	140,182	147,805	154,301	160,086	166,987	171,796	181,992	186,066
128	81,800	84,189	90,544	93,741	98,576	102,867	107,971	114,377	119,151	123,335	127,334	131,418	135,883	141,235	148,885	155,405	161,209	168,133	172,957	183,186	187,272
129	82,595	84,996	91,383	94,596	99,453	103,765	108,891	115,324	120,118	124,320	128,334	132,434	136,916	142,288	149,965	156,507	162,331	169,278	174,118	184,378	188,477
130	83,391	85,805	92,223	95,451	100,331	104,662	109,811	116,272	121,086	125,304	129,334	133,450	137,949	143,340	151,045	157,610	163,453	170,423	175,278	185,570	189,681
131	84,188	86,614	93,063	96,307	101,210	105,560	110,732	117,219	122,053	126,288	130,334	134,465	138,981	144,392	152,125	158,712	164,575	171,567	176,437	186,761	190,885
132	84,985	87,423	93,905	97,164	102,089	106,459	111,652	118,167	123,021	127,272	131,334	135,481	140,014	145,444	153,204	159,814	165,696	172,711	177,596	187,952	192,087
133	85,784	88,234	94,746	98,021	102,968	107,357	112,573	119,116	123,988	128,257	132,334	136,497	141,046	146,496	154,283	160,915	166,816	173,854	178,755	189,141	193,289
134	86,583	89,045	95,589	98,878	103,848	108,257	113,495	120,064	124,956	129,241	133,334	137,512	142,078	147,548	155,361	162,016	167,936	174,996	179,912	190,330	194,490
135	87,383	89,857	96,432	99,736	104,729	109,156	114,416	121,012	125,924	130,226	134,334	138,528	143,110	148,599	156,440	163,116	169,056	176,138	181,069	191,519	195,691
136	88,183	90,669	97,275	100,595	105,609	110,056	115,338	121,961	126,892	131,210	135,334	139,543	144,142	149,651	157,518	164,216	170,175	177,280	182,226	192,706	196,890
137	88,984	91,483	98,119	101,454	106,491	110,956	116,261	122,910	127,860	132,195	136,334	140,559	145,174	150,702	158,595	165,316	171,294	178,420	183,382	193,893	198,089
138	89,786	92,297	98,964	102,314	107,372	111,857	117,183	123,859	128,829	133,180	137,334	141,574	146,206	151,753	159,673	166,415	172,412	179,561	184,537	195,080	199,288
139	90,589	93,111	99,809	103,174	108,254	112,758	118,106	124,809	129,797	134,164	138,334	142,589	147,237	152,803	160,750	167,514	173,530	180,701	185,692	196,265	200,485
140	91,393	93,926	100,655	104,035	109,137	113,659	119,029	125,758	130,766	135,149	139,334	143,604	148,269	153,854	161,827	168,613	174,648	181,840	186,846	197,450	201,682
141	92,197	94,742	101,502	104,896	110,020	114,561	119,953	126,708	131,734	136,134	140,334	144,619	149,300	154,904	162,904	169,711	175,765	182,979	188,000	198,634	202,878
142	93,001	95,559	102,349	105,757	110,903	115,463	120,876	127,658	132,703	137,119	141,334	145,635	150,331	155,954	163,980	170,809	176,881	184,117	189,153	199,818	204,073
143	93,807	96,376	103,196	106,620	111,787	116,366	122,724	129,558	134,641	139,089	143,334	147,665	152,393	158,054	166,132	173,004	179,114	186,393	191,458	202,183	206,462
144	94,613	97,194	104,044	107,482	112,671	117,268															
145	95,420	98,012	104,892	108,345	113,556	118,171	123,649	130,508	135,610	140,074	144,334	148,680	153,424	159,104	167,207	174,101	180,229	187,530	192,610	203,365	207,656
146	96,227	98,832	105,741	109,209	114,441	119,075	124,574	131,459	136,579	141,059	145,334	149,694	154,455	160,153	168,283	175,198	181,344	188,666	193,761	204,546	208,848
147	97,035	99,651	106,591	110,073	115,326	119,979	125,499	132,409	137,548	142,044	146,334	150,709	155,486	161,202	169,358	176,294	182,459	189,802	194,911	205,726	210,040
148	97,844	100,472	107,441	110,937	116,212	120,883	126,424	133,360	138,518	143,029	147,334	151,724	156,516	162,251	170,432	177,390	183,573	190,938	196,061	206,906	211,232
149	98,654	101,293	108,292	111,802	117,098	121,787	127,349	134,311	139,487	144,015	148,334	152,739	157,547	163,300	171,507	178,485	184,687	192,073	197,211	208,085	212,422
150	99,464	102,114	109,143	112,668	117,985	122,692	128,275	135,263	140,457	145,000	149,334	153,753	158,577	164,349	172,581	179,581	185,800	193,207	198,360	209,264	213,613

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken der χ^2-Verteilung*, $\nu = 151—200$

$\int_r$ = Integral von Unendlich bis χ^2 ($1\int_r = 2\alpha$, $\frac{1}{2}\int_r = \alpha$) bei χ^2-Testen, $\int_l$ = Integral von Null bis χ^2

$\int_r$ 1	0,99950	0,9990	0,9950	0,990	0,9750	0,950	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,0250	0,010	0,0050	0,0010	0,00050
½	0,49975	0,4995	0,4975	0,495	0,4875	0,475	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025	0,0125	0,005	0,0025	0,0005	0,00025
$\int_l$ 1	0,00050	0,0010	0,0050	0,010	0,0250	0,050	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,950	0,9750	0,990	0,9950	0,9990	0,99950
½	0,00025	0,0005	0,0025	0,005	0,0125	0,025	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,475	0,4875	0,495	0,4975	0,4995	0,49975
ν																					
151	100,274	102,936	109,994	113,534	118,872	123,597	129,201	136,214	141,427	145,985	150,334	154,768	159,608	165,398	173,655	180,676	186,913	194,342	199,508	210,442	214,802
152	101,086	103,759	111,069	114,400	119,759	124,502	130,127	137,165	142,396	146,971	151,334	155,783	160,638	166,446	174,729	181,770	188,026	195,475	200,656	211,619	215,991
153	101,898	104,582	111,699	115,267	120,646	125,408	131,054	138,117	143,366	147,956	152,334	156,797	161,668	167,495	175,803	182,865	189,139	196,609	201,804	212,796	217,179
154	102,710	105,406	112,552	116,134	121,535	126,314	131,980	139,069	144,336	148,942	153,334	157,812	162,698	168,543	176,876	183,959	190,251	197,742	202,951	213,973	218,367
155	103,523	106,230	113,405	117,001	122,423	127,220	132,907	140,021	145,306	149,927	154,334	158,826	163,728	169,591	177,949	185,052	191,362	198,874	204,098	215,148	219,554
156	104,337	107,055	114,259	117,870	123,312	128,127	133,835	140,973	146,277	150,913	155,334	159,841	164,758	170,639	179,022	186,146	192,473	200,006	205,244	216,323	220,740
157	105,151	107,881	115,114	118,738	124,201	129,034	134,762	141,925	147,247	151,898	156,334	160,855	165,787	171,686	180,094	187,239	193,584	201,138	206,389	217,498	221,926
158	105,966	108,707	115,968	119,607	125,090	129,941	135,690	142,878	148,217	152,884	157,334	161,869	166,817	172,734	181,167	188,332	194,695	202,269	207,535	218,672	223,111
159	106,782	109,534	116,824	120,476	125,980	130,848	136,618	143,831	149,188	153,870	158,334	162,883	167,847	173,781	182,239	189,424	195,805	203,400	208,679	219,845	224,296
160	107,598	110,361	117,680	121,346	126,870	131,756	137,546	144,783	150,158	154,856	159,334	163,898	168,876	174,828	183,311	190,516	196,915	204,530	209,824	221,018	225,480
161	108,415	111,189	118,536	122,216	127,761	132,664	138,474	145,736	151,129	155,841	160,334	164,912	169,905	175,875	184,382	191,608	198,025	205,660	210,967	222,191	226,663
162	109,232	112,017	119,393	123,086	128,651	133,573	139,403	146,689	152,100	156,827	161,334	165,926	170,935	176,922	185,454	192,700	199,134	206,789	212,111	223,363	227,846
163	110,050	112,846	120,250	123,957	129,543	134,481	140,331	147,643	153,070	157,813	162,334	166,940	171,964	177,969	186,525	193,791	200,243	207,919	213,254	224,534	229,029
164	110,868	113,675	121,107	124,829	130,434	135,390	141,260	148,596	154,041	158,799	163,334	167,954	172,993	179,016	187,596	194,883	201,351	209,047	214,396	225,705	230,211
165	111,687	114,505	121,965	125,700	131,326	136,299	142,190	149,549	155,012	159,785	164,334	168,968	174,022	180,062	188,667	195,973	202,459	210,176	215,538	226,875	231,392
166	112,506	115,335	122,824	126,572	132,218	137,209	143,119	150,503	155,984	160,771	165,334	169,982	175,051	181,109	189,737	197,064	203,567	211,304	216,680	228,045	232,573
167	113,326	116,166	123,683	127,445	133,111	138,118	144,049	151,457	156,955	161,757	166,334	170,996	176,079	182,155	190,808	198,154	204,675	212,431	217,821	229,214	233,753
168	114,147	116,998	124,542	128,318	134,003	139,028	144,979	152,411	157,926	162,743	167,334	172,010	177,108	183,201	191,878	199,244	205,782	213,558	218,962	230,383	234,932
169	114,968	117,829	125,401	129,191	134,897	139,939	145,909	153,365	158,897	163,729	168,334	173,024	178,137	184,247	192,948	200,334	206,889	214,685	220,102	231,551	236,111
170	115,790	118,662	126,262	130,065	135,790	140,849	146,839	154,319	159,869	164,716	169,334	174,037	179,165	185,293	194,017	201,423	207,995	215,812	221,242	232,719	237,290
171	116,612	119,495	127,122	130,939	136,684	141,760	147,769	155,273	160,840	165,702	170,334	175,051	180,194	186,338	195,087	202,513	209,102	216,938	222,382	233,886	238,468
172	117,434	120,328	127,983	131,813	137,578	142,671	148,700	156,228	161,812	166,688	171,334	176,065	181,222	187,384	196,156	203,601	210,208	218,063	223,521	235,053	239,646
173	118,257	121,162	128,844	132,688	138,472	143,582	149,631	157,182	162,784	167,675	172,334	177,079	182,250	188,429	197,225	204,690	211,313	219,189	224,660	236,219	240,823
174	119,081	121,996	129,706	133,563	139,367	144,494	150,562	158,137	163,755	168,661	173,334	178,092	183,279	189,475	198,294	205,779	212,419	220,314	225,798	237,385	241,999
175	119,905	122,831	130,568	134,438	140,262	145,406	151,493	159,092	164,727	169,647	174,334	179,106	184,307	190,520	199,363	206,867	213,524	221,438	226,936	238,550	243,175
176	120,730	123,666	131,431	135,314	141,157	146,318	152,425	160,047	165,699	170,634	175,334	180,119	185,335	191,565	200,432	207,955	214,628	222,562	228,073	239,715	244,351
177	121,555	124,502	132,294	136,190	142,053	147,230	153,356	161,002	166,671	171,620	176,334	181,133	186,363	192,610	201,500	209,042	215,733	223,686	229,210	240,880	245,526
178	122,381	125,338	133,157	137,067	142,949	148,143	154,288	161,957	167,643	172,607	177,334	182,146	187,391	193,654	202,568	210,130	216,837	224,810	230,347	242,043	246,700
179	123,207	126,175	134,021	137,943	143,845	149,056	155,220	162,913	168,616	173,593	178,334	183,160	188,418	194,699	203,636	211,217	217,941	225,933	231,484	243,207	247,874
180	124,033	127,012	134,885	138,821	144,741	149,969	156,153	163,868	169,588	174,580	179,334	184,173	189,446	195,743	204,704	212,304	219,044	227,056	232,620	244,370	249,048
181	124,860	127,849	135,749	139,698	145,638	150,882	157,085	164,824	170,560	175,567	180,334	185,187	190,474	196,788	205,771	213,391	220,148	228,178	233,755	245,533	250,221
182	125,688	128,687	136,614	140,576	146,535	151,796	158,018	165,780	171,533	176,553	181,334	186,200	191,501	197,832	206,839	214,477	221,250	229,301	234,890	246,695	251,393
183	126,516	129,526	137,479	141,454	147,432	152,709	158,950	166,735	172,505	177,540	182,334	187,213	192,529	198,876	207,906	215,563	222,353	230,423	236,025	247,856	252,565
184	127,344	130,364	138,345	142,333	148,330	153,624	159,883	167,691	173,478	178,527	183,334	188,226	193,556	199,920	208,973	216,649	223,456	231,544	237,160	249,018	253,737
185	128,173	131,204	139,211	143,211	149,228	154,538	160,817	168,647	174,450	179,513	184,334	189,240	194,584	200,964	210,040	217,735	224,558	232,665	238,294	250,178	254,908
186	129,003	132,043	140,077	144,091	150,126	155,452	161,750	169,604	175,423	180,500	185,334	190,253	195,611	202,008	211,106	218,820	225,660	233,786	239,428	251,339	256,079
187	129,833	132,884	140,944	144,970	151,025	156,367	162,684	170,560	176,396	181,487	186,334	191,266	196,638	203,052	212,173	219,906	226,761	234,907	240,561	252,499	257,249
188	130,663	133,724	141,811	145,850	151,923	157,282	163,617	171,517	177,369	182,474	187,334	192,279	197,665	204,095	213,239	220,991	227,862	236,027	241,694	253,658	258,419
189	131,494	134,565	142,678	146,730	152,822	158,197	164,551	172,473	178,342	183,461	188,334	193,292	198,692	205,139	214,305	222,076	228,964	237,147	242,827	254,817	259,588
190	132,325	135,407	143,546	147,611	153,721	159,113	165,485	173,430	179,315	184,448	189,334	194,305	199,719	206,182	215,371	223,160	230,064	238,266	243,959	255,976	260,757
191	133,157	136,248	144,414	148,491	154,621	160,028	166,419	174,387	180,288	185,435	190,334	195,318	200,746	207,225	216,437	224,245	231,165	239,385	245,091	257,134	261,925
192	133,989	137,091	145,282	149,372	155,521	160,944	167,354	175,343	181,261	186,422	191,334	196,331	201,773	208,268	217,502	225,329	232,265	240,504	246,223	258,292	263,093
193	134,821	137,933	146,151	150,254	156,421	161,860	168,288	176,301	182,234	187,409	192,334	197,344	202,800	209,311	218,568	226,413	233,365	241,623	247,354	259,449	264,261
194	135,654	138,776	147,020	151,136	157,321	162,776	169,223	177,258	183,207	188,396	193,334	198,357	203,827	210,354	219,633	227,496	234,465	242,741	248,485	260,606	265,428
195	136,488	139,620	147,889	152,018	158,222	163,693	170,158	178,215	184,181	189,383	194,334	199,370	204,853	211,397	220,698	228,580	235,564	243,859	249,616	261,763	266,595
196	137,322	140,464	148,759	152,900	159,122	164,610	171,093	179,172	185,154	190,370	195,334	200,383	205,880	212,439	221,763	229,663	236,663	244,977	250,746	262,919	267,761
197	138,156	141,308	149,629	153,783	160,023	165,527	172,029	180,130	186,128	191,358	196,334	201,395	206,906	213,482	222,828	230,746	237,762	246,095	251,876	264,075	268,927
198	138,990	142,153	150,499	154,665	160,925	166,444	172,964	181,087	187,101	192,345	197,334	202,408	207,933	214,524	223,892	231,829	238,861	247,212	253,006	265,230	270,092
199	139,826	142,998	151,370	155,549	161,826	167,361	173,900	182,045	188,075	193,332	198,334	203,421	208,959	215,567	224,957	232,912	239,960	248,328	254,135	266,385	271,257
200	140,661	143,843	152,241	156,432	162,728	168,279	174,835	183,003	189,049	194,319	199,334	204,434	209,985	216,609	226,021	233,994	241,058	249,445	255,264	267,540	272,422

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Obere Signifikanzschranken der *F*-Verteilung[1], $P = 0{,}05$

$P = P$ (rechts) = Integral von Unendlich bis F

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	40	50	60	80	100
1	161,44	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248	249	249	249	250	250	251	252	252	252	253
2	18,51	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70	8,69	8,68	8,67	8,67	8,66	8,65	8,64	8,63	8,62	8,62	8,59	8,58	8,57	8,56	8,55
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,79	5,77	5,76	5,75	5,75	5,72	5,70	5,69	5,67	5,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,59	4,58	4,57	4,56	4,54	4,53	4,52	4,50	4,50	4,46	4,44	4,43	4,41	4,41
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94	3,92	3,91	3,90	3,88	3,87	3,86	3,84	3,83	3,82	3,81	3,77	3,75	3,74	3,72	3,71
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51	3,49	3,48	3,47	3,46	3,44	3,43	3,41	3,40	3,39	3,38	3,34	3,32	3,30	3,29	3,27
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22	3,20	3,19	3,17	3,16	3,15	3,13	3,12	3,10	3,09	3,08	3,04	3,02	3,01	2,99	2,97
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01	2,99	2,97	2,96	2,95	2,94	2,92	2,90	2,89	2,87	2,86	2,83	2,80	2,79	2,77	2,76
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85	2,83	2,81	2,80	2,78	2,77	2,75	2,74	2,72	2,71	2,70	2,66	2,64	2,62	2,60	2,59
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72	2,70	2,69	2,67	2,66	2,65	2,63	2,61	2,59	2,58	2,57	2,53	2,51	2,49	2,47	2,46
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,57	2,56	2,54	2,52	2,51	2,49	2,48	2,47	2,43	2,40	2,38	2,36	2,35
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,50	2,48	2,47	2,46	2,44	2,42	2,41	2,39	2,38	2,34	2,31	2,30	2,27	2,26
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,37	2,35	2,33	2,32	2,31	2,27	2,24	2,22	2,20	2,19
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40	2,38	2,37	2,35	2,34	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,25	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35	2,33	2,32	2,30	2,29	2,28	2,25	2,24	2,22	2,21	2,19	2,15	2,12	2,11	2,08	2,07
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,24	2,23	2,21	2,19	2,17	2,16	2,15	2,10	2,08	2,06	2,03	2,02
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27	2,25	2,23	2,22	2,20	2,19	2,17	2,15	2,13	2,12	2,11	2,06	2,04	2,02	1,99	1,98
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23	2,21	2,20	2,18	2,17	2,16	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,03	2,00	1,98	1,96	1,94
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,17	2,15	2,14	2,12	2,10	2,08	2,07	2,05	2,04	1,99	1,97	1,95	1,92	1,91
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,11	2,10	2,07	2,05	2,04	2,02	2,01	1,96	1,94	1,92	1,89	1,88
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,05	2,03	2,01	2,00	1,98	1,94	1,91	1,89	1,86	1,85
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,23	2,20	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,06	2,05	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,91	1,88	1,86	1,84	1,82
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,21	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,03	2,00	1,98	1,97	1,95	1,94	1,89	1,86	1,84	1,82	1,80
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,14	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,02	2,01	1,98	1,96	1,95	1,93	1,92	1,87	1,84	1,82	1,80	1,78
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,91	1,90	1,85	1,82	1,80	1,78	1,76
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,17	2,13	2,10	2,08	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,91	1,90	1,88	1,84	1,81	1,79	1,76	1,74
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,93	1,91	1,90	1,88	1,87	1,82	1,79	1,77	1,74	1,73
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,08	2,05	2,03	2,01	1,99	1,97	1,96	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85	1,81	1,77	1,75	1,73	1,71
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,06	2,04	2,01	1,99	1,98	1,96	1,95	1,93	1,91	1,89	1,87	1,85	1,84	1,79	1,76	1,74	1,71	1,70
32	4,15	3,29	2,90	2,67	2,51	2,40	2,31	2,24	2,19	2,14	2,10	2,07	2,04	2,01	1,99	1,97	1,95	1,94	1,92	1,91	1,88	1,86	1,85	1,83	1,82	1,77	1,74	1,71	1,69	1,67
34	4,13	3,28	2,88	2,65	2,49	2,38	2,29	2,23	2,17	2,12	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97	1,95	1,93	1,92	1,90	1,89	1,86	1,84	1,82	1,80	1,80	1,75	1,71	1,69	1,66	1,65
36	4,11	3,26	2,87	2,63	2,48	2,36	2,28	2,21	2,15	2,11	2,07	2,03	2,00	1,98	1,95	1,93	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85	1,83	1,81	1,79	1,78	1,73	1,69	1,67	1,64	1,62
38	4,10	3,24	2,85	2,62	2,46	2,35	2,26	2,19	2,14	2,09	2,05	2,02	1,99	1,96	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85	1,83	1,81	1,79	1,77	1,76	1,71	1,68	1,65	1,62	1,61
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,97	1,95	1,92	1,90	1,89	1,87	1,85	1,84	1,81	1,79	1,77	1,76	1,74	1,69	1,66	1,64	1,61	1,59
42	4,07	3,22	2,83	2,59	2,44	2,32	2,24	2,17	2,11	2,06	2,03	1,99	1,96	1,93	1,91	1,89	1,87	1,86	1,84	1,83	1,81	1,79	1,77	1,75	1,73	1,72	1,67	1,63	1,61	1,58	1,56
44	4,06	3,21	2,82	2,58	2,43	2,31	2,23	2,16	2,10	2,05	2,01	1,98	1,95	1,92	1,90	1,88	1,86	1,84	1,83	1,81	1,80	1,78	1,76	1,74	1,72	1,71	1,65	1,62	1,60	1,57	1,55
46	4,05	3,20	2,81	2,57	2,42	2,30	2,22	2,15	2,09	2,04	2,00	1,97	1,94	1,91	1,89	1,87	1,85	1,83	1,82	1,81	1,79	1,77	1,75	1,73	1,71	1,70	1,64	1,61	1,59	1,56	1,54
48	4,04	3,19	2,80	2,57	2,41	2,29	2,21	2,14	2,08	2,03	1,99	1,96	1,93	1,90	1,88	1,86	1,84	1,82	1,81	1,79	1,77	1,75	1,73	1,71	1,70	1,64	1,61	1,59	1,56	1,54	1,52
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,99	1,95	1,92	1,89	1,87	1,85	1,83	1,81	1,80	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70	1,69	1,63	1,60	1,58	1,54	1,52	1,50
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,89	1,86	1,84	1,82	1,80	1,78	1,76	1,75	1,72	1,70	1,68	1,66	1,65	1,59	1,56	1,53	1,50	1,48	1,45
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,02	1,97	1,93	1,89	1,86	1,84	1,81	1,79	1,77	1,75	1,74	1,72	1,70	1,68	1,65	1,64	1,62	1,57	1,53	1,50	1,47	1,45	1,43
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,13	2,06	2,00	1,95	1,91	1,88	1,84	1,82	1,79	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,68	1,65	1,63	1,62	1,60	1,54	1,51	1,48	1,45	1,43	1,41
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,11	2,04	1,99	1,94	1,90	1,86	1,83	1,80	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70	1,69	1,66	1,64	1,62	1,60	1,59	1,53	1,49	1,46	1,43	1,41	1,39
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,10	2,03	1,97	1,93	1,89	1,85	1,82	1,79	1,77	1,75	1,73	1,71	1,69	1,68	1,65	1,63	1,61	1,59	1,57	1,52	1,48	1,45	1,41	1,39	1,36
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,08	2,01	1,96	1,91	1,87	1,83	1,80	1,77	1,75	1,72	1,70	1,69	1,67	1,65	1,63	1,60	1,58	1,57	1,55	1,49	1,45	1,42	1,39	1,36
150	3,90	3,06	2,66	2,43	2,27	2,16	2,07	2,00	1,94	1,89	1,85	1,82	1,79	1,76	1,73	1,71	1,69	1,67	1,66	1,64	1,61	1,59	1,57	1,55	1,53	1,48	1,44	1,41	1,37	1,34
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	2,06	1,98	1,93	1,88	1,84	1,80	1,77	1,74	1,72	1,69	1,67	1,66	1,64	1,62	1,60	1,57	1,55	1,53	1,52	1,46	1,41	1,39	1,35	1,32
300	3,87	3,03	2,63	2,40	2,24	2,13	2,04	1,97	1,91	1,86	1,82	1,78	1,75	1,72	1,70	1,68	1,66	1,64	1,62	1,61	1,58	1,55	1,53	1,51	1,50	1,43	1,39	1,36	1,32	1,30
500	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,12	2,03	1,96	1,90	1,85	1,81	1,77	1,74	1,71	1,69	1,66	1,64	1,62	1,61	1,59	1,56	1,54	1,52	1,50	1,48	1,42	1,38	1,34	1,30	1,28
1000	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,11	2,02	1,95	1,89	1,84	1,80	1,76	1,73	1,70	1,68	1,65	1,63	1,61	1,60	1,58	1,55	1,53	1,51	1,49	1,47	1,41	1,36	1,33	1,29	1,26

[1] Nach VAN DER WAERDEN, B. L., *Mathematische Statistik*, Springer, Berlin (1957), S. 340. Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlegers.

Logits und Antilogits[1]

Die *kursiv* gesetzten Zahlen sind mit einem Minuszeichen zu versehen

p	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,00	—	*6,90675*	*6,21261*	*5,80614*	*5,51745*	*5,29330*	*5,10998*	*4,95482*	*4,82028*	*4,70149*
0,01	*4,59512*	*4,49880*	*4,41078*	*4,32972*	*4,25460*	*4,18459*	*4,11904*	*4,05740*	*3,99922*	*3,94413*
0,02	*3,89182*	*3,84201*	*3,79447*	*3,74899*	*3,70541*	*3,66356*	*3,62331*	*3,58455*	*3,54715*	*3,51103*
0,03	*3,47610*	*3,44228*	*3,40950*	*3,37769*	*3,34680*	*3,31678*	*3,28757*	*3,25914*	*3,23143*	*3,20441*
0,04	*3,17805*	*3,15232*	*3,12718*	*3,10260*	*3,07857*	*3,05505*	*3,03202*	*3,00947*	*2,98736*	*2,96569*
0,05	*2,94444*	*2,92358*	*2,90311*	*2,88301*	*2,86326*	*2,84385*	*2,82477*	*2,80601*	*2,78756*	*2,76941*
0,06	*2,75154*	*2,73394*	*2,71662*	*2,69955*	*2,68273*	*2,66616*	*2,64982*	*2,63371*	*2,61783*	*2,60215*
0,07	*2,58669*	*2,57143*	*2,55637*	*2,54149*	*2,52681*	*2,51231*	*2,49798*	*2,48382*	*2,46984*	*2,45601*
0,08	*2,44235*	*2,42884*	*2,41548*	*2,40227*	*2,38920*	*2,37627*	*2,36348*	*2,35083*	*2,33830*	*2,32591*
0,09	*2,31363*	*2,30149*	*2,28946*	*2,27754*	*2,26574*	*2,25406*	*2,24248*	*2,23101*	*2,21965*	*2,20839*
0,10	*2,19722*	*2,18616*	*2,17520*	*2,16433*	*2,15355*	*2,14286*	*2,13227*	*2,12176*	*2,11133*	*2,10100*
0,11	*2,09074*	*2,08057*	*2,07047*	*2,06046*	*2,05052*	*2,04066*	*2,03087*	*2,02115*	*2,01151*	*2,00193*
0,12	*1,99243*	*1,98299*	*1,97363*	*1,96432*	*1,95508*	*1,94591*	*1,93680*	*1,92775*	*1,91876*	*1,90983*
0,13	*1,90096*	*1,89215*	*1,88339*	*1,87469*	*1,86605*	*1,85745*	*1,84892*	*1,84043*	*1,83200*	*1,82362*
0,14	*1,81529*	*1,80701*	*1,79878*	*1,79059*	*1,78246*	*1,77437*	*1,76632*	*1,75833*	*1,75037*	*1,74247*
0,15	*1,73460*	*1,72678*	*1,71900*	*1,71126*	*1,70357*	*1,69591*	*1,68830*	*1,68072*	*1,67318*	*1,66569*
0,16	*1,65823*	*1,65081*	*1,64342*	*1,63607*	*1,62876*	*1,62149*	*1,61425*	*1,60704*	*1,59987*	*1,59273*
0,17	*1,58563*	*1,57856*	*1,57152*	*1,56451*	*1,55754*	*1,55060*	*1,54369*	*1,53681*	*1,52996*	*1,52314*
0,18	*1,51635*	*1,50959*	*1,50286*	*1,49615*	*1,48948*	*1,48283*	*1,47621*	*1,46962*	*1,46306*	*1,45652*
0,19	*1,45001*	*1,44353*	*1,43707*	*1,43063*	*1,42423*	*1,41784*	*1,41148*	*1,40515*	*1,39884*	*1,39256*
0,20	*1,38629*	*1,38006*	*1,37384*	*1,36765*	*1,36148*	*1,35533*	*1,34921*	*1,34310*	*1,33702*	*1,33096*
0,21	*1,32493*	*1,31891*	*1,31291*	*1,30694*	*1,30098*	*1,29505*	*1,28913*	*1,28324*	*1,27736*	*1,27150*
0,22	*1,26567*	*1,25985*	*1,25405*	*1,24827*	*1,24251*	*1,23676*	*1,23104*	*1,22533*	*1,21964*	*1,21397*
0,23	*1,20831*	*1,20267*	*1,19705*	*1,19145*	*1,18586*	*1,18029*	*1,17474*	*1,16920*	*1,16368*	*1,15817*
0,24	*1,15268*	*1,14720*	*1,14175*	*1,13630*	*1,13087*	*1,12546*	*1,12006*	*1,11468*	*1,10931*	*1,10395*
0,25	*1,09861*	*1,09329*	*1,08797*	*1,08268*	*1,07739*	*1,07212*	*1,06686*	*1,06162*	*1,05639*	*1,05117*
0,26	*1,04597*	*1,04078*	*1,03560*	*1,03043*	*1,02528*	*1,02014*	*1,01501*	*1,00990*	*1,00479*	*0,99970*
0,27	*0,99462*	*0,98955*	*0,98450*	*0,97945*	*0,97442*	*0,96940*	*0,96439*	*0,95939*	*0,95440*	*0,94943*
0,28	*0,94446*	*0,93951*	*0,93456*	*0,92963*	*0,92471*	*0,91979*	*0,91489*	*0,91000*	*0,90512*	*0,90025*
0,29	*0,89538*	*0,89053*	*0,88569*	*0,88086*	*0,87604*	*0,87122*	*0,86642*	*0,86162*	*0,85684*	*0,85206*
0,30	*0,84730*	*0,84254*	*0,83779*	*0,83305*	*0,82832*	*0,82360*	*0,81889*	*0,81418*	*0,80949*	*0,80480*
0,31	*0,80012*	*0,79545*	*0,79079*	*0,78613*	*0,78148*	*0,77685*	*0,77222*	*0,76759*	*0,76298*	*0,75837*
0,32	*0,75377*	*0,74918*	*0,74460*	*0,74002*	*0,73545*	*0,73089*	*0,72633*	*0,72179*	*0,71724*	*0,71271*
0,33	*0,70819*	*0,70367*	*0,69915*	*0,69465*	*0,69015*	*0,68566*	*0,68117*	*0,67669*	*0,67222*	*0,66775*
0,34	*0,66329*	*0,65884*	*0,65439*	*0,64995*	*0,64552*	*0,64109*	*0,63667*	*0,63225*	*0,62784*	*0,62344*
0,35	*0,61904*	*0,61465*	*0,61026*	*0,60588*	*0,60150*	*0,59713*	*0,59277*	*0,58841*	*0,58406*	*0,57971*
0,36	*0,57536*	*0,57103*	*0,56669*	*0,56237*	*0,55804*	*0,55373*	*0,54942*	*0,54511*	*0,54081*	*0,53651*
0,37	*0,53222*	*0,52793*	*0,52365*	*0,51937*	*0,51509*	*0,51083*	*0,50656*	*0,50230*	*0,49805*	*0,49379*
0,38	*0,48955*	*0,48531*	*0,48107*	*0,47683*	*0,47260*	*0,46838*	*0,46416*	*0,45994*	*0,45573*	*0,45152*
0,39	*0,44731*	*0,44311*	*0,43891*	*0,43472*	*0,43053*	*0,42634*	*0,42216*	*0,41798*	*0,41381*	*0,40963*
0,40	*0,40547*	*0,40130*	*0,39714*	*0,39298*	*0,38883*	*0,38467*	*0,38053*	*0,37638*	*0,37224*	*0,36810*
0,41	*0,36397*	*0,35983*	*0,35570*	*0,35158*	*0,34745*	*0,34333*	*0,33922*	*0,33510*	*0,33099*	*0,32688*
0,42	*0,32277*	*0,31867*	*0,31457*	*0,31047*	*0,30637*	*0,30228*	*0,29819*	*0,29410*	*0,29002*	*0,28593*
0,43	*0,28185*	*0,27777*	*0,27370*	*0,26962*	*0,26555*	*0,26148*	*0,25741*	*0,25335*	*0,24928*	*0,24522*
0,44	*0,24116*	*0,23710*	*0,23305*	*0,22900*	*0,22494*	*0,22089*	*0,21685*	*0,21280*	*0,20875*	*0,20471*
0,45	*0,20067*	*0,19663*	*0,19259*	*0,18856*	*0,18452*	*0,18049*	*0,17646*	*0,17243*	*0,16840*	*0,16437*
0,46	*0,16034*	*0,15632*	*0,15229*	*0,14827*	*0,14425*	*0,14023*	*0,13621*	*0,13219*	*0,12818*	*0,12416*
0,47	*0,12014*	*0,11613*	*0,11212*	*0,10811*	*0,10409*	*0,10008*	*0,09607*	*0,09206*	*0,08806*	*0,08405*
0,48	*0,08004*	*0,07604*	*0,07203*	*0,06803*	*0,06402*	*0,06002*	*0,05601*	*0,05201*	*0,04801*	*0,04401*
0,49	*0,04001*	*0,03600*	*0,03200*	*0,02800*	*0,02400*	*0,02000*	*0,01600*	*0,01200*	*0,00800*	*0,00400*
0,50	0,00000	0,00400	0,00800	0,01200	0,01600	0,02000	0,02400	0,02800	0,03200	0,03600
0,51	0,04001	0,04401	0,04801	0,05201	0,05601	0,06002	0,06402	0,06803	0,07203	0,07604
0,52	0,08004	0,08405	0,08806	0,09206	0,09607	0,10008	0,10409	0,10811	0,11212	0,11613
0,53	0,12014	0,12416	0,12818	0,13219	0,13621	0,14023	0,14425	0,14827	0,15229	0,15632
0,54	0,16034	0,16437	0,16840	0,17243	0,17646	0,18049	0,18452	0,18856	0,19259	0,19663
0,55	0,20067	0,20471	0,20875	0,21280	0,21685	0,22089	0,22494	0,22900	0,23305	0,23710
0,56	0,24116	0,24522	0,24928	0,25335	0,25741	0,26148	0,26555	0,26962	0,27370	0,27777
0,57	0,28185	0,28593	0,29002	0,29410	0,29819	0,30228	0,30637	0,31047	0,31457	0,31867
0,58	0,32277	0,32688	0,33099	0,33510	0,33922	0,34333	0,34745	0,35158	0,35570	0,35983
0,59	0,36397	0,36810	0,37224	0,37638	0,38053	0,38467	0,38883	0,39298	0,39714	0,40130
0,60	0,40547	0,40963	0,41381	0,41798	0,42216	0,42634	0,43053	0,43472	0,43891	0,44311
0,61	0,44731	0,45152	0,45573	0,45994	0,46416	0,46838	0,47260	0,47683	0,48107	0,48531
0,62	0,48955	0,49379	0,49805	0,50230	0,50656	0,51083	0,51509	0,51937	0,52365	0,52793
0,63	0,53222	0,53651	0,54081	0,54511	0,54942	0,55373	0,55804	0,56237	0,56669	0,57103
0,64	0,57536	0,57971	0,58406	0,58841	0,59277	0,59713	0,60150	0,60588	0,61026	0,61465
0,65	0,61904	0,62344	0,62784	0,63225	0,63667	0,64109	0,64552	0,64995	0,65439	0,65884
0,66	0,66329	0,66775	0,67222	0,67669	0,68117	0,68566	0,69015	0,69465	0,69915	0,70367
0,67	0,70819	0,71271	0,71724	0,72179	0,72633	0,73089	0,73545	0,74002	0,74460	0,74918
0,68	0,75377	0,75837	0,76298	0,76759	0,77222	0,77685	0,78148	0,78613	0,79079	0,79545
0,69	0,80012	0,80480	0,80949	0,81418	0,81889	0,82360	0,82832	0,83305	0,83779	0,84254
0,70	0,84730	0,85206	0,85684	0,86162	0,86642	0,87122	0,87604	0,88086	0,88569	0,89053
0,71	0,89538	0,90025	0,90512	0,91000	0,91489	0,91979	0,92471	0,92963	0,93456	0,93951
0,72	0,94446	0,94943	0,95440	0,95939	0,96439	0,96940	0,97442	0,97945	0,98450	0,98955
0,73	0,99462	0,99970	1,00479	1,00990	1,01501	1,02014	1,02528	1,03043	1,03560	1,04078
0,74	1,04597	1,05117	1,05639	1,06162	1,06686	1,07212	1,07739	1,08268	1,08797	1,09329
0,75	1,09861	1,10395	1,10931	1,11468	1,12006	1,12546	1,13087	1,13630	1,14175	1,14720
0,76	1,15268	1,15817	1,16368	1,16920	1,17474	1,18029	1,18586	1,19145	1,19705	1,20267
0,77	1,20831	1,21397	1,21964	1,22533	1,23104	1,23676	1,24251	1,24827	1,25405	1,25985
0,78	1,26567	1,27150	1,27736	1,28324	1,28913	1,29505	1,30098	1,30694	1,31291	1,31891
0,79	1,32493	1,33096	1,33702	1,34310	1,34921	1,35533	1,36148	1,36765	1,37384	1,38006
0,80	1,38269	1,39256	1,39884	1,40515	1,41148	1,41784	1,42423	1,43063	1,43707	1,44353
0,81	1,45001	1,45652	1,46306	1,46962	1,47621	1,48283	1,48948	1,49615	1,50286	1,50959
0,82	1,51635	1,52314	1,52996	1,53681	1,54369	1,55060	1,55754	1,56451	1,57152	1,57856
0,83	1,58563	1,59273	1,59987	1,60704	1,61425	1,62149	1,62876	1,63607	1,64342	1,65081
0,84	1,65823	1,66569	1,67318	1,68072	1,68830	1,69591	1,70357	1,71126	1,71900	1,72678
0,85	1,73460	1,74247	1,75037	1,75833	1,76632	1,77437	1,78246	1,79059	1,79878	1,80701
0,86	1,81529	1,82362	1,83200	1,84043	1,84892	1,85745	1,86605	1,87469	1,88339	1,89215
0,87	1,90096	1,90983	1,91876	1,92775	1,93680	1,94591	1,95508	1,96432	1,97363	1,98299
0,88	1,99243	2,00193	2,01151	2,02115	2,03087	2,04066	2,05052	2,06046	2,07047	2,08057
0,89	2,09074	2,10100	2,11133	2,12176	2,13227	2,14286	2,15355	2,16433	2,17520	2,18616
0,90	2,19722	2,20839	2,21965	2,23101	2,24248	2,25406	2,26574	2,27754	2,28946	2,30149
0,91	2,31363	2,32591	2,33830	2,35083	2,36348	2,37627	2,38920	2,40227	2,41548	2,42884
0,92	2,44235	2,45601	2,46984	2,48382	2,49798	2,51231	2,52681	2,54149	2,55637	2,57143
0,93	2,58669	2,60215	2,61783	2,63371	2,64982	2,66616	2,68273	2,69955	2,71662	2,73394
0,94	2,75154	2,76941	2,78756	2,80601	2,82477	2,84385	2,86326	2,88301	2,90311	2,92358
0,95	2,94444	2,96569	2,98736	3,00947	3,03202	3,05505	3,07857	3,10260	3,12718	3,15232
0,96	3,17805	3,20441	3,23143	3,25914	3,28757	3,31678	3,34680	3,37769	3,40950	3,44228
0,97	3,47610	3,51103	3,54715	3,58455	3,62331	3,66356	3,70541	3,74899	3,79447	3,84201
0,98	3,89182	3,94413	3,99922	4,05740	4,11904	4,18459	4,25460	4,32972	4,41078	4,49880
0,99	4,59512	4,70149	4,82028	4,95482	5,10998	5,29330	5,51745	5,80614	6,21261	6,90675

l	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
− 4,9	00739	00732	00725	00717	00710	00703	00696	00690	00683	00676
− 4,8	00816	00808	00800	00792	00785	00777	00769	00761	00754	00747
− 4,7	00901	00892	00884	00875	00866	00858	00849	00841	00833	00824
− 4,6	00995	00985	00976	00966	00957	00947	00938	00929	00919	00910
− 4,5	01099	01088	01077	01067	01056	01046	01035	01025	01015	01005
− 4,4	01213	01201	01189	01177	01166	01154	01143	01132	01121	01110
− 4,3	01339	01326	01313	01300	01287	01274	01262	01249	01237	01225
− 4,2	01477	01463	01449	01434	01420	01406	01393	01379	01365	01352
− 4,1	01630	01614	01598	01583	01567	01552	01537	01522	01507	01492
− 4,0	01799	01781	01764	01746	01729	01712	01696	01679	01663	01646
− 3,9	01984	01965	01946	01927	01908	01889	01871	01852	01834	01816
− 3,8	02188	02167	02146	02125	02104	02084	02063	02043	02023	02004
− 3,7	02413	02389	02366	02343	02320	02298	02275	02253	02231	02210
− 3,6	02660	02634	02608	02583	02558	02533	02509	02484	02460	02436
− 3,5	02931	02903	02875	02847	02820	02792	02765	02738	02712	02686
− 3,4	03230	03198	03168	03137	03107	03077	03047	03018	02989	02960
− 3,3	03557	03523	03489	03456	03422	03390	03357	03325	03293	03261
− 3,2	03917	03879	03842	03805	03769	03733	03697	03661	03626	03592
− 3,1	04311	04270	04229	04189	04149	04109	04070	04031	03993	03954
− 3,0	04743	04698	04653	04609	04565	04522	04479	04436	04394	04352
− 2,9	05215	05166	05117	05069	05021	04974	04927	04880	04834	04788
− 2,8	05732	05679	05625	05572	05520	05468	05417	05366	05315	05265
− 2,7	06297	06239	06180	06123	06065	06009	05952	05897	05841	05787
− 2,6	06914	06850	06786	06723	06661	06599	06538	06477	06416	06357
− 2,5	07586	07516	07447	07378	07310	07243	07176	07109	07044	06978
− 2,4	08317	08241	08166	08091	08017	07944	07871	07799	07727	07656
− 2,3	09112	09030	08948	08867	08786	08707	08627	08549	08471	08394
− 2,2	09975	09886	09797	09709	09622	09535	09449	09364	09279	09195
− 2,1	10910	10813	10717	10621	10527	10433	10340	10248	10156	10065
− 2,0	11920	11816	11712	11609	11507	11405	11305	11205	11106	11007
− 1,9	13011	12898	12786	12675	12565	12455	12347	12239	12132	12026
− 1,8	14185	14064	13943	13824	13705	13587	13470	13354	13239	13124
− 1,7	15447	15316	15187	15059	14931	14805	14679	14554	14430	14307
− 1,6	16798	16659	16520	16383	16247	16111	15976	15842	15710	15578
− 1,5	18243	18094	17946	17799	17654	17509	17365	17222	17080	16938
− 1,4	19782	19623	19466	19310	19155	19000	18847	18694	18543	18392
− 1,3	21417	21249	21082	20916	20751	20587	20424	20262	20101	19941
− 1,2	23148	22970	22794	22618	22444	22270	22097	21926	21755	21585
− 1,1	24974	24787	24601	24416	24232	24049	23867	23685	23505	23326
− 1,0	26894	26698	26503	26308	26115	25923	25731	25540	25351	25162
− 0,9	28905	28700	28496	28292	28090	27888	27688	27488	27289	27091
− 0,8	31003	30789	30576	30365	30153	29943	29734	29525	29318	29111
− 0,7	33181	32960	32739	32519	32300	32082	31865	31648	31432	31217
− 0,6	35434	35206	34978	34751	34525	34299	34074	33850	33626	33403
− 0,5	37754	37519	37285	37052	36819	36586	36355	36124	35893	35663
− 0,4	40131	39891	39652	39413	39174	38936	38699	38462	38225	37989
− 0,3	42556	42311	42068	41824	41581	41338	41096	40854	40613	40372
− 0,2	45017	44769	44522	44275	44029	43782	43536	43291	43045	42800
− 0,1	47502	47253	47004	46755	46506	46257	46009	45760	45512	45264
− 0,0	50000	49750	49500	49250	49000	48750	48500	48251	48001	47752
+ 0,0	50000	50250	50500	50750	51000	51250	51500	51749	51999	52248
+ 0,1	52498	52747	52996	53245	53494	53743	53991	54240	54488	54736
+ 0,2	54983	55231	55478	55725	55971	56218	56464	56709	56955	57200
+ 0,3	57444	57689	57932	58176	58419	58662	58904	59146	59387	59628
+ 0,4	59869	60109	60348	60587	60826	61064	61301	61538	61775	62011
+ 0,5	62246	62481	62715	62948	63181	63414	63645	63876	64107	64337
+ 0,6	64566	64794	65022	65249	65475	65701	65926	66150	66374	66597
+ 0,7	66819	67040	67261	67481	67700	67918	68135	68352	68568	68783
+ 0,8	68997	69211	69424	69635	69847	70057	70266	70475	70682	70889
+ 0,9	71095	71300	71504	71708	71910	72112	72312	72512	72711	72909
+ 1,0	73106	73302	73497	73692	73885	74077	74269	74460	74649	74838
+ 1,1	75026	75213	75399	75584	75768	75951	76133	76315	76495	76674
+ 1,2	76852	77030	77206	77382	77556	77730	77903	78074	78245	78415
+ 1,3	78583	78751	78918	79084	79249	79413	79576	79738	79899	80059
+ 1,4	80218	80377	80534	80690	80845	81000	81153	81306	81457	81608
+ 1,5	81757	81906	82054	82201	82346	82491	82635	82778	82920	83062
+ 1,6	83202	83341	83480	83617	83753	83889	84024	84158	84290	84422
+ 1,7	84553	84684	84813	84941	85069	85195	85321	85446	85570	85693
+ 1,8	85815	85936	86057	86176	86295	86413	86530	86646	86761	86876
+ 1,9	86989	87102	87214	87325	87435	87545	87653	87761	87868	87974
+ 2,0	88080	88184	88288	88391	88493	88595	88695	88795	88894	88993
+ 2,1	89090	89187	89283	89379	89473	89567	89660	89752	89844	89935
+ 2,2	90025	90114	90203	90291	90378	90465	90551	90636	90721	90805
+ 2,3	90888	90970	91052	91133	91214	91293	91373	91451	91529	91606
+ 2,4	91683	91759	91834	91909	91983	92056	92129	92201	92273	92344
+ 2,5	92414	92484	92553	92622	92690	92757	92824	92891	92956	93022
+ 2,6	93086	93150	93214	93277	93339	93401	93462	93523	93584	93643
+ 2,7	93703	93761	93820	93877	93935	93991	94048	94103	94159	94213
+ 2,8	94268	94321	94375	94428	94480	94532	94583	94634	94685	94735
+ 2,9	94785	94834	94883	94931	94979	95026	95073	95120	95166	95212
+ 3,0	95257	95302	95347	95391	95435	95478	95521	95564	95606	95648
+ 3,1	95689	95730	95771	95811	95851	95891	95930	95969	96007	96046
+ 3,2	96083	96121	96158	96195	96231	96267	96303	96339	96374	96408
+ 3,3	96443	96477	96511	96544	96578	96610	96643	96675	96707	96739
+ 3,4	96770	96802	96832	96863	96893	96923	96953	96982	97011	97040
+ 3,5	97069	97097	97125	97153	97180	97208	97235	97262	97288	97314
+ 3,6	97340	97366	97392	97417	97442	97467	97491	97516	97540	97564
+ 3,7	97587	97611	97634	97657	97680	97702	97725	97747	97769	97790
+ 3,8	97812	97833	97854	97875	97896	97916	97937	97957	97977	97996
+ 3,9	98016	98035	98054	98073	98092	98111	98129	98148	98166	98184
+ 4,0	98201	98219	98236	98254	98271	98288	98304	98321	98337	98354
+ 4,1	98370	98386	98402	98417	98433	98448	98463	98478	98493	98508
+ 4,2	98523	98537	98551	98566	98580	98594	98607	98621	98635	98648
+ 4,3	98661	98674	98687	98700	98713	98726	98738	98751	98763	98775
+ 4,4	98787	98799	98811	98823	98834	98846	98857	98868	98879	98890
+ 4,5	98901	98912	98923	98933	98944	98954	98965	98975	98985	98995
+ 4,6	99005	99015	99024	99034	99043	99053	99062	99071	99081	99090
+ 4,7	99099	99108	99116	99125	99134	99142	99151	99159	99167	99176
+ 4,8	99184	99192	99200	99208	99215	99223	99231	99239	99246	99253
+ 4,9	99261	99268	99275	99283	99290	99297	99304	99310	99317	99324

1) Werte für l (von + 0,0 bis + 4,9) und p nach BERKSON, J., *J. Amer. stat. Ass.*, **48**, 565 (1953). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

% → ↓	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	2	3	4	5
						Probits									
95	6,6449	6,6546	6,6646	6,6747	6,6849	6,6954	6,7060	6,7169	6,7279	6,7392					
	97	100	101	102	105	106	109	110	113	115					
96	6,7507	6,7624	6,7744	6,7866	6,7991	6,8119	6,8250	6,8384	6,8522	6,8663					
	117	120	122	125	128	131	134	138	141	145					
97	6,8808	6,8957	6,9110	6,9268	6,9431	6,9600	6,9774	6,9954	7,0141	7,0335					
	149	153	158	163	169	174	180	187	194	202					
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09					
98,0	7,0537	7,0558	7,0579	7,0600	7,0621	7,0642	7,0663	7,0684	7,0706	7,0727	2	4	6	8	11
98,1	7,0749	7,0770	7,0792	7,0814	7,0836	7,0858	7,0880	7,0902	7,0924	7,0947	2	4	7	9	11
98,2	7,0969	7,0992	7,1015	7,1038	7,1061	7,1084	7,1107	7,1130	7,1154	7,1177	2	5	7	9	12
98,3	7,1201	7,1224	7,1248	7,1272	7,1297	7,1321	7,1345	7,1370	7,1394	7,1419	2	5	7	10	12
98,4	7,1444	7,1469	7,1494	7,1520	7,1545	7,1571	7,1596	7,1622	7,1648	7,1675	3	5	8	10	13
98,5	7,1701	7,1727	7,1754	7,1781	7,1808	7,1835	7,1862	7,1890	7,1917	7,1945	3	5	8	11	14
98,6	7,1973	7,2001	7,2029	7,2058	7,2086	7,2115	7,2144	7,2173	7,2203	7,2232	3	6	9	12	14
98,7	7,2262	7,2292	7,2322	7,2353	7,2383	7,2414	7,2445	7,2476	7,2508	7,2539	3	6	9	12	15
98,8	7,2571	7,2603	7,2636	7,2668	7,2701	7,2734	7,2768	7,2801	7,2835	7,2869	3	7	10	13	17
98,9	7,2904	7,2938	7,2973	7,3009	7,3044	7,3080	7,3116	7,3152	7,3189	7,3226	4	7	11	14	18
99,0	7,3263	7,3301	7,3339	7,3378	7,3416	7,3455	7,3495	7,3535	7,3575	7,3615	4	8	12	16	20
99,1	7,3656	7,3698	7,3739	7,3781	7,3824	7,3867	7,3911	7,3954	7,3999	7,4044	4	9	13	17	22
99,2	7,4089	7,4135	7,4181	7,4228	7,4276	7,4324	7,4372	7,4422	7,4471	7,4522	5	10	14	19	24
99,3	7,4573	7,4624	7,4677	7,4730	7,4783	7,4838	7,4893	7,4949	7,5006	7,5063	5	11	16	22	27
99,4	7,5121	7,5181	7,5241	7,5302	7,5364	7,5427	7,5491	7,5556	7,5622	7,5690	6	13	19	25	32
99,5	7,5758	7,5828	7,5899	7,5972	7,6045	7,6121	7,6197	7,6276	7,6356	7,6437					
99,6	7,6521	7,6606	7,6693	7,6783	7,6874	7,6968	7,7065	7,7164	7,7266	7,7370					
99,7	7,7478	7,7589	7,7703	7,7822	7,7944	7,8070	7,8202	7,8338	7,8480	7,8627					
99,8	7,8782	7,8943	7,9112	7,9290	7,9478	7,9677	7,9889	8,0115	8,0357	8,0618					
99,9	8,0902	8,1214	8,1559	8,1947	8,2389	8,2905	8,3528	8,4316	8,5401	8,7190					

Bewertungskoeffizienten und Probitwerte für die endgültige Ausrechnung

Proviso-rischer Probit Y	Min. Arbeits-probit $Y-P/Z$	Bereich $1/Z$	Max. Arbeits-probit $Y+Q/Z$	Bewertungs-koeffizient Z^2/PQ	Proviso-rischer Probit Y	Min. Arbeits-probit $Y-P/Z$	Bereich $1/Z$	Max. Arbeits-probit $Y+Q/Z$	Bewer-tungsko-effizient Z^2/PQ
					5,0	3,7467	2,5066	6,2533	0,63662
1,1	0,8579	5034	5035	0,00082	5,1	3,7401	2,5192	6,2593	63431
1,2	0,9522	3425	3426	00118	5,2	3,7186	2,5573	6,2759	62742
1,3	1,0462	2354	2355	00167	5,3	3,6798	2,6220	6,3018	61609
1,4	1,1400	1634	1635	00235	5,4	3,6203	2,7154	6,3357	60052
1,5	1,2335	1146	1147	0,00327	**5,5**	3,5360	2,8404	6,3764	0,58099
1,6	1,3266	811,5	812,8	00451	5,6	3,4220	3,0010	6,4230	55788
1,7	1,4194	580,5	581,9	00614	5,7	3,2724	3,2025	6,4749	53159
1,8	1,5118	419,4	420,9	00828	5,8	3,0794	3,4519	6,5313	50260
1,9	1,6038	306,1	307,7	01104	5,9	2,8335	3,7582	6,5917	47144
2,0	1,6954	225,6	227,3	0,01457	**6,0**	2,5230	4,1327	6,6557	0,43863
2,1	1,7866	168,00	169,79	01903	6,1	2,1324	4,5903	6,7227	40474
2,2	1,8772	126,34	128,22	02459	6,2	1,6429	5,1497	6,7926	37031
2,3	1,9673	95,96	97,93	03143	6,3	1,0290	5,8354	6,8649	33589
2,4	2,0568	73,62	75,68	03977	6,4	0,2606	6,6788	6,9394	30199
2,5	2,1457	57,05	59,20	0,04979	**6,5**	−0,705	7,721	7,0158	0,26907
2,6	2,2340	44,654	46,888	06169	6,6	−1,921	9,015	7,0940	23753
2,7	2,3214	35,302	37,623	07563	6,7	−3,459	10,633	7,1739	20774
2,8	2,4081	28,189	30,597	09179	6,8	−5,411	12,666	7,2551	17994
2,9	2,4938	22,736	25,230	11026	6,9	−7,902	15,240	7,3376	15436
3,0	2,5786	18,522	21,101	0,13112	**7,0**	−11,101	18,522	7,4214	0,13112
3,1	2,6624	15,240	17,902	15436	7,1	−15,230	22,736	7,5062	11026
3,2	2,7449	12,666	15,411	17994	7,2	−20,597	28,189	7,5919	09179
3,3	2,8261	10,633	13,459	20774	7,3	−27,623	35,302	7,6786	07564
3,4	2,9060	9,015	11,921	23753	7,4	−36,888	44,654	7,7661	06168
3,5	2,9842	7,721	10,705	0,26907	**7,5**	−49,20	57,05	7,8543	0,04979
3,6	3,0606	6,6788	9,7394	30199	7,6	−65,68	73,62	7,9432	03977
3,7	3,1351	5,8354	8,9705	33589	7,7	−87,93	95,96	8,0327	03143
3,8	3,2074	5,1497	8,3571	37031	7,8	−118,22	126,34	8,1228	02458
3,9	3,2773	4,5903	7,8676	40474	7,9	−159,79	168,00	8,2134	01903
4,0	3,3443	4,1327	7,4770	0,43863	**8,0**	−217,3	225,6	8,3046	0,01457
4,1	3,4083	3,7582	7,1665	47144	8,1	−297,7	306,1	8,3962	01104
4,2	3,4687	3,4519	6,9206	50260	8,2	−410,9	419,4	8,4882	00828
4,3	3,5251	3,2025	6,7276	53159	8,3	−571,9	580,5	8,5806	00614
4,4	3,5770	3,0010	6,5780	55788	8,4	−802,8	811,5	8,6734	00451
4,5	3,6236	2,8404	6,4640	0,58099	**8,5**	−1137	1146	8,7666	0,00327
4,6	3,6643	2,7154	6,3797	60052	8,6	−1625	1634	8,8600	00235
4,7	3,6982	2,6220	6,3202	61609	8,7	−2345	2354	8,9538	00167
4,8	3,7241	2,5573	6,2814	62741	8,8	−3416	3425	9,0478	00118
4,9	3,7407	2,5192	6,2599	63431	8,9	−5025	5034	9,1421	00082

1) Werte nach FISHER und YATES, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, 4. Aufl., Oliver and Boyd, Edinburgh (1953), S. 60–63. Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

Probittransformation[1]

Die Prozente entsprechen dem 100fachen der Fläche unter der Normalverteilung zwischen den Ordinaten $\varepsilon = -\infty$ und ε, die Probits den Abweichungen $\varepsilon + 5$

% → ↓	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	2	3	4	5
						Probits									
0	...	1,9098	2,1218	2,2522	2,3479	2,4242	2,4879	2,5427	2,5911	2,6344					
1	2,6737	2,7096	2,7429	2,7738	2,8027	2,8299	2,8556	2,8799	2,9031	2,9251					
2	2,9463	2,9665	2,9859	3,0046	3,0226	3,0400	3,0569	3,0732	3,0890	3,1043					
3	3,1192	3,1337	3,1478	3,1616	3,1750	3,1881	3,2009	3,2134	3,2256	3,2376					
4	3,2493	3,2608	3,2721	3,2831	3,2940	3,3046	3,3151	3,3253	3,3354	3,3454					
5	3,3551	3,3648	3,3742	3,3836	3,3928	3,4018	3,4107	3,4195	3,4282	3,4368	9	18	27	36	45
6	3,4452	3,4536	3,4618	3,4699	3,4780	3,4859	3,4937	3,5015	3,5091	3,5167	8	16	24	32	40
7	3,5242	3,5316	3,5389	3,5462	3,5534	3,5605	3,5675	3,5745	3,5813	3,5882	7	14	21	28	36
8	3,5949	3,6016	3,6083	3,6148	3,6213	3,6278	3,6342	3,6405	3,6468	3,6531	6	13	19	26	32
9	3,6592	3,6654	3,6715	3,6775	3,6835	3,6894	3,6953	3,7012	3,7070	3,7127	6	12	18	24	30
10	3,7184	3,7241	3,7298	3,7354	3,7409	3,7464	3,7519	3,7574	3,7628	3,7681	6	11	17	22	28
11	3,7735	3,7788	3,7840	3,7893	3,7945	3,7996	3,8048	3,8099	3,8150	3,8200	5	10	16	21	26
12	3,8250	3,8300	3,8350	3,8399	3,8448	3,8497	3,8545	3,8593	3,8641	3,8689	5	10	15	20	24
13	3,8736	3,8783	3,8830	3,8877	3,8923	3,8969	3,9015	3,9061	3,9107	3,9152	5	9	14	18	23
14	3,9197	3,9242	3,9286	3,9331	3,9375	3,9419	3,9463	3,9506	3,9550	3,9593	4	9	13	18	22
15	3,9636	3,9678	3,9721	3,9763	3,9806	3,9848	3,9890	3,9931	3,9973	4,0014	4	8	13	17	21
16	4,0055	4,0096	4,0137	4,0178	4,0218	4,0259	4,0299	4,0339	4,0379	4,0419	4	8	12	16	20
17	4,0458	4,0498	4,0537	4,0576	4,0615	4,0654	4,0693	4,0731	4,0770	4,0808	4	8	12	16	19
18	4,0846	4,0884	4,0922	4,0960	4,0998	4,1035	4,1073	4,1110	4,1147	4,1184	4	8	11	15	19
19	4,1221	4,1258	4,1295	4,1331	4,1367	4,1404	4,1440	4,1476	4,1512	4,1548	4	7	11	15	18
20	4,1584	4,1619	4,1655	4,1690	4,1726	4,1761	4,1796	4,1831	4,1866	4,1901	4	7	11	14	18
21	4,1936	4,1970	4,2005	4,2039	4,2074	4,2108	4,2142	4,2176	4,2210	4,2244	3	7	10	14	17
22	4,2278	4,2312	4,2345	4,2379	4,2412	4,2446	4,2479	4,2512	4,2546	4,2579	3	7	10	13	17
23	4,2612	4,2644	4,2677	4,2710	4,2743	4,2775	4,2808	4,2840	4,2872	4,2905	3	7	10	13	16
24	4,2937	4,2969	4,3001	4,3033	4,3065	4,3097	4,3129	4,3160	4,3192	4,3224	3	6	10	13	16
25	4,3255	4,3287	4,3318	4,3349	4,3380	4,3412	4,3443	4,3474	4,3505	4,3536	3	6	9	12	16
26	4,3567	4,3597	4,3628	4,3659	4,3689	4,3720	4,3750	4,3781	4,3811	4,3842	3	6	9	12	15
27	4,3872	4,3902	4,3932	4,3962	4,3992	4,4022	4,4052	4,4082	4,4112	4,4142	3	6	9	12	15
28	4,4172	4,4201	4,4231	4,4260	4,4290	4,4319	4,4349	4,4378	4,4408	4,4437	3	6	9	12	15
29	4,4466	4,4495	4,4524	4,4554	4,4583	4,4612	4,4641	4,4670	4,4698	4,4727	3	6	9	12	14
30	4,4756	4,4785	4,4813	4,4842	4,4871	4,4899	4,4928	4,4956	4,4985	4,5013	3	6	9	11	14
31	4,5041	4,5070	4,5098	4,5126	4,5155	4,5183	4,5211	4,5239	4,5267	4,5295	3	6	8	11	14
32	4,5323	4,5351	4,5379	4,5407	4,5435	4,5462	4,5490	4,5518	4,5546	4,5573	3	6	8	11	14
33	4,5601	4,5628	4,5656	4,5684	4,5711	4,5739	4,5766	4,5793	4,5821	4,5848	3	5	8	11	14
34	4,5875	4,5903	4,5930	4,5957	4,5984	4,6011	4,6039	4,6066	4,6093	4,6120	3	5	8	11	14
35	4,6147	4,6174	4,6201	4,6228	4,6255	4,6281	4,6308	4,6335	4,6362	4,6389	3	5	8	11	13
36	4,6415	4,6442	4,6469	4,6495	4,6522	4,6549	4,6575	4,6602	4,6628	4,6655	3	5	8	11	13
37	4,6681	4,6708	4,6734	4,6761	4,6787	4,6814	4,6840	4,6866	4,6893	4,6919	3	5	8	11	13
38	4,6945	4,6971	4,6998	4,7024	4,7050	4,7076	4,7102	4,7129	4,7155	4,7181	3	5	8	10	13
39	4,7207	4,7233	4,7259	4,7285	4,7311	4,7337	4,7363	4,7389	4,7415	4,7441	3	5	8	10	13
40	4,7467	4,7492	4,7518	4,7544	4,7570	4,7596	4,7622	4,7647	4,7673	4,7699	3	5	8	10	13
41	4,7725	4,7750	4,7776	4,7802	4,7827	4,7853	4,7879	4,7904	4,7930	4,7955	3	5	8	10	13
42	4,7981	4,8007	4,8032	4,8058	4,8083	4,8109	4,8134	4,8160	4,8185	4,8211	3	5	8	10	13
43	4,8236	4,8262	4,8287	4,8313	4,8338	4,8363	4,8389	4,8414	4,8440	4,8465	3	5	8	10	13
44	4,8490	4,8516	4,8541	4,8566	4,8592	4,8617	4,8642	4,8668	4,8693	4,8718	3	5	8	10	13
45	4,8743	4,8769	4,8794	4,8819	4,8844	4,8870	4,8895	4,8920	4,8945	4,8970	3	5	8	10	13
46	4,8996	4,9021	4,9046	4,9071	4,9096	4,9122	4,9147	4,9172	4,9197	4,9222	3	5	8	10	13
47	4,9247	4,9272	4,9298	4,9323	4,9348	4,9373	4,9398	4,9423	4,9448	4,9473	3	5	8	10	13
48	4,9498	4,9524	4,9549	4,9574	4,9599	4,9624	4,9649	4,9674	4,9699	4,9724	3	5	8	10	13
49	4,9749	4,9774	4,9799	4,9825	4,9850	4,9875	4,9900	4,9925	4,9950	4,9975	3	5	8	10	13
50	5,0000	5,0025	5,0050	5,0075	5,0100	5,0125	5,0150	5,0175	5,0201	5,0226	3	5	8	10	13
51	5,0251	5,0276	5,0301	5,0326	5,0351	5,0376	5,0401	5,0426	5,0451	5,0476	3	5	8	10	13
52	5,0502	5,0527	5,0552	5,0577	5,0602	5,0627	5,0652	5,0677	5,0702	5,0728	3	5	8	10	13
53	5,0753	5,0778	5,0803	5,0828	5,0853	5,0878	5,0904	5,0929	5,0954	5,0979	3	5	8	10	13
54	5,1004	5,1030	5,1055	5,1080	5,1105	5,1130	5,1156	5,1181	5,1206	5,1231	3	5	8	10	13
55	5,1257	5,1282	5,1307	5,1332	5,1358	5,1383	5,1408	5,1434	5,1459	5,1484	3	5	8	10	13
56	5,1510	5,1535	5,1560	5,1586	5,1611	5,1637	5,1662	5,1687	5,1713	5,1738	3	5	8	10	13
57	5,1764	5,1789	5,1815	5,1840	5,1866	5,1891	5,1917	5,1942	5,1968	5,1993	3	5	8	10	13
58	5,2019	5,2045	5,2070	5,2096	5,2121	5,2147	5,2173	5,2198	5,2224	5,2250	3	5	8	10	13
59	5,2275	5,2301	5,2327	5,2353	5,2378	5,2404	5,2430	5,2456	5,2482	5,2508	3	5	8	10	13
60	5,2533	5,2559	5,2585	5,2611	5,2637	5,2663	5,2689	5,2715	5,2741	5,2767	3	5	8	10	13
61	5,2793	5,2819	5,2845	5,2871	5,2898	5,2924	5,2950	5,2976	5,3002	5,3029	3	5	8	10	13
62	5,3055	5,3081	5,3107	5,3134	5,3160	5,3186	5,3213	5,3239	5,3266	5,3292	3	5	8	11	13
63	5,3319	5,3345	5,3372	5,3398	5,3425	5,3451	5,3478	5,3505	5,3531	5,3558	3	5	8	11	13
64	5,3585	5,3611	5,3638	5,3665	5,3692	5,3719	5,3745	5,3772	5,3799	5,3826	3	5	8	11	13
65	5,3853	5,3880	5,3907	5,3934	5,3961	5,3989	5,4016	5,4043	5,4070	5,4097	3	5	8	11	14
66	5,4125	5,4152	5,4179	5,4207	5,4234	5,4261	5,4289	5,4316	5,4344	5,4372	3	5	8	11	14
67	5,4399	5,4427	5,4454	5,4482	5,4510	5,4538	5,4565	5,4593	5,4621	5,4649	3	6	8	11	14
68	5,4677	5,4705	5,4733	5,4761	5,4789	5,4817	5,4845	5,4874	5,4902	5,4930	3	6	8	11	14
69	5,4959	5,4987	5,5015	5,5044	5,5072	5,5101	5,5129	5,5158	5,5187	5,5215	3	6	9	11	14
70	5,5244	5,5273	5,5302	5,5330	5,5359	5,5388	5,5417	5,5446	5,5476	5,5505	3	6	9	12	14
71	5,5534	5,5563	5,5592	5,5622	5,5651	5,5681	5,5710	5,5740	5,5769	5,5799	3	6	9	12	15
72	5,5828	5,5858	5,5888	5,5918	5,5948	5,5978	5,6008	5,6038	5,6068	5,6098	3	6	9	12	15
73	5,6128	5,6158	5,6189	5,6219	5,6250	5,6280	5,6311	5,6341	5,6372	5,6403	3	6	9	12	15
74	5,6433	5,6464	5,6495	5,6526	5,6557	5,6588	5,6620	5,6651	5,6682	5,6713	3	6	9	12	16
75	5,6745	5,6776	5,6808	5,6840	5,6871	5,6903	5,6935	5,6967	5,6999	5,7031	3	6	10	13	16
76	5,7063	5,7095	5,7128	5,7160	5,7192	5,7225	5,7257	5,7290	5,7323	5,7356	3	7	10	13	16
77	5,7388	5,7421	5,7454	5,7488	5,7521	5,7554	5,7588	5,7621	5,7655	5,7688	3	7	10	13	17
78	5,7722	5,7756	5,7790	5,7824	5,7858	5,7892	5,7926	5,7961	5,7995	5,8030	3	7	10	14	17
79	5,8064	5,8099	5,8134	5,8169	5,8204	5,8239	5,8274	5,8310	5,8345	5,8381	4	7	11	14	18
80	5,8416	5,8452	5,8488	5,8524	5,8560	5,8596	5,8633	5,8669	5,8705	5,8742	4	7	11	14	18
81	5,8779	5,8816	5,8853	5,8890	5,8927	5,8965	5,9002	5,9040	5,9078	5,9116	4	7	11	15	19
82	5,9154	5,9192	5,9230	5,9269	5,9307	5,9346	5,9385	5,9424	5,9463	5,9502	4	8	12	15	19
83	5,9542	5,9581	5,9621	5,9661	5,9701	5,9741	5,9782	5,9822	5,9863	5,9904	4	8	12	16	20
84	5,9945	5,9986	6,0027	6,0069	6,0110	6,0152	6,0194	6,0237	6,0279	6,0322	4	8	13	17	21
85	6,0364	6,0407	6,0450	6,0494	6,0537	6,0581	6,0625	6,0669	6,0714	6,0758	4	9	13	18	22
86	6,0803	6,0848	6,0893	6,0939	6,0985	6,1031	6,1077	6,1123	6,1170	6,1217	5	9	14	18	23
87	6,1264	6,1311	6,1359	6,1407	6,1455	6,1503	6,1552	6,1601	6,1650	6,1700	5	10	15	19	24
88	6,1750	6,1800	6,1850	6,1901	6,1952	6,2004	6,2055	6,2107	6,2160	6,2212	5	10	15	21	26
89	6,2265	6,2319	6,2372	6,2426	6,2481	6,2536	6,2591	6,2646	6,2702	6,2759	5	11	16	22	27
90	6,2816	6,2873	6,2930	6,2988	6,3047	6,3106	6,3165	6,3225	6,3285	6,3346	6	12	18	24	29
91	6,3408	6,3469	6,3532	6,3595	6,3658	6,3722	6,3787	6,3852	6,3917	6,3984	6	13	19	26	32
92	6,4051	6,4118	6,4187	6,4255	6,4325	6,4395	6,4466	6,4538	6,4611	6,4684	7	14	21	28	35
93	6,4758	6,4833	6,4909	6,4985	6,5063	6,5141	6,5220	6,5301	6,5382	6,5464	8	16	24	31	39
94	6,5548	6,5632	6,5718	6,5805	6,5893	6,5982	6,6072	6,6164	6,6258	6,6352	9	18	27	36	45

1) Werte nach Fisher und Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, 4. Aufl., Oliver and Boyd, Edinburgh (1953), S. 60. Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

Signifikanzschranken[1] zur Beurteilung von Extremwerten einer Stichprobe auf Grund ihrer eigenen Merkmale

$x_1 \leqq x_2 \leqq x_3 \ldots \leqq x_N$

N	α 0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	Testquotient
3	0,684	0,781	0,886	0,941	0,976	0,988	0,994	$\frac{x_N - x_{N-1}}{x_N - x_1}$
4	471	560	679	765	846	889	926	
5	373	451	557	642	729	780	821	
6	318	386	482	560	644	698	740	
7	281	344	434	507	586	637	680	
8	0,318	0,385	0,479	0,554	0,631	0,683	0,725	$\frac{x_N - x_{N-1}}{x_N - x_2}$
9	288	352	441	512	587	635	677	
10	265	325	409	477	551	597	639	
11	0,391	0,442	0,517	0,576	0,638	0,679	0,713	$\frac{x_N - x_{N-2}}{x_N - x_2}$
12	370	419	490	546	605	642	675	
13	351	399	467	521	578	615	649	
14	0,370	0,421	0,492	0,546	0,602	0,641	0,674	
15	0,353	0,402	0,472	0,525	0,579	0,616	0,647	
16	338	386	454	507	559	595	624	
17	325	373	438	490	542	577	605	
18	314	361	424	475	527	561	589	
19	304	350	412	462	514	547	575	$\frac{x_N - x_{N-2}}{x_N - x_3}$
20	0,295	0,340	0,401	0,450	0,502	0,535	0,562	
21	287	331	391	440	491	524	551	
22	280	323	382	430	481	514	541	
23	274	316	374	421	472	505	532	
24	268	310	367	413	464	497	524	
25	0,262	0,304	0,360	0,406	0,457	0,489	0,516	

Signifikanzschranken[2] für die Differenz zwischen $\bar{x}$ einer Stichprobe und einem hypothetischen Mittelwert μ

Testquotient: $\frac{\bar{x} - \mu}{x_N - x_1}$; x_N größter, x_1 kleinster Wert einer Stichprobe des Umfanges N

N	2α 0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
2	3,157	6,353	15,910	31,828	159,16	318,31
3	0,885	1,304	2,111	3,008	6,77	9,58
4	0,529	0,717	1,023	1,316	2,29	2,85
5	0,388	0,507	0,685	0,843	1,32	1,58
6	0,312	0,399	0,523	0,628	0,92	1,07
7	0,263	0,333	0,429	0,507	0,71	0,82
8	0,230	0,288	0,366	0,429	0,59	0,67
9	0,205	0,255	0,322	0,374	0,50	0,57
10	0,186	0,230	0,288	0,333	0,44	0,50
11	0,170	0,210	0,262	0,302	0,40	0,44
12	0,158	0,194	0,241	0,277	0,36	0,40
13	0,147	0,181	0,224	0,256	0,33	0,37
14	0,138	0,170	0,209	0,239	0,31	0,34
15	0,131	0,160	0,197	0,224	0,29	0,32
16	0,124	0,151	0,186	0,212	0,27	0,30
17	0,118	0,144	0,177	0,201	0,26	0,28
18	0,113	0,137	0,168	0,191	0,24	0,26
19	0,108	0,131	0,161	0,182	0,23	0,25
20	0,104	0,126	0,154	0,175	0,22	0,24

Signifikanzschranken[2] für die Differenz zweier Stichprobenmittelwerte aus Stichproben gleichen Umfanges

Testquotient: $\frac{\bar{x}' - \bar{x}''}{x_{N'} - x_1' + x_{N''} - x_1''}$; x_N größte, x_1 kleinste Werte der beiden Stichproben des Umfanges $N' = N'' = N$

N	2α 0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
2	1,161	1,714	2,777	3,958	8,91	12,62
3	0,487	0,636	0,857	1,047	1,64	2,09
4	0,322	0,407	0,524	0,619	0,87	1,00
5	0,247	0,307	0,386	0,448	0,61	0,68
6	0,203	0,250	0,311	0,357	0,47	0,52
7	0,174	0,213	0,263	0,300	0,39	0,43
8	0,153	0,187	0,230	0,261	0,34	0,37
9	0,137	0,167	0,205	0,232	0,30	0,32
10	0,125	0,152	0,186	0,210	0,27	0,29
11	0,117	0,140	0,170	0,192	0,24	0,26
12	0,107	0,130	0,158	0,178	0,22	0,24
13	0,101	0,122	0,147	0,166	0,21	0,22
14	0,095	0,114	0,138	0,156	0,20	0,21
15	0,090	0,108	0,131	0,147	0,18	0,20
16	0,085	0,103	0,124	0,139	0,17	0,19
17	0,081	0,098	0,118	0,132	0,17	0,18
18	0,078	0,094	0,113	0,126	0,16	0,17
19	0,075	0,090	0,108	0,121	0,15	0,16
20	0,072	0,086	0,104	0,116	0,15	0,16

Signifikanzschranken für die Differenz zwischen $\bar{x}$ einer Stichprobe und einem hypothetischen Mittelwert

$\bar{x}$ muß bei diesen Testen nicht ausgerechnet werden. Man rangiere die x so, daß $x_1 \leqq x_2 \leqq x_3 \ldots \leqq x_N$. Test B ist auch für nichtnormale, aber symmetrische Verteilungen geeignet

A[3]

Testquotient: $\frac{x_N + x_1 - 2\mu}{x_N - x_1}$

N	2α 0,10	0,05	0,02	0,01
2	6,32	12,70	31,82	63,66
3	1,80	2,60	4,22	6,04
4	1,11	1,48	2,08	2,74
5	0,85	1,04	1,42	1,70
6	0,70	0,86	1,12	1,32
7	0,60	0,75	0,95	1,10
8	0,53	0,66	0,84	0,95
9	0,48	0,60	0,76	0,85
10	0,45	0,55	0,70	0,78

B[4]

N	$\bar{x} \neq \mu$ (2α), wenn entweder $\bar{x} < \mu$ (α), wenn	oder $\bar{x} > \mu$ (α), wenn	2α
4	$1{,}055\,x_4 - 0{,}055\,x_1 < \mu$	$1{,}055\,x_1 - 0{,}055\,x_4 > \mu$	0,10
5	$0{,}63\,x_5 + 0{,}37\,x_4 < \mu$ $1{,}02\,x_5 - 0{,}02\,x_1 < \mu$	$0{,}63\,x_1 + 0{,}37\,x_2 > \mu$ $1{,}02\,x_1 - 0{,}02\,x_5 > \mu$	0,10 0,05
6	$0{,}63\,x_6 + 0{,}37\,x_5 < \mu$ $1{,}06\,x_6 - 0{,}06\,x_1 < \mu$	$0{,}63\,x_1 + 0{,}37\,x_2 > \mu$ $1{,}06\,x_1 - 0{,}06\,x_6 > \mu$	0,05 0,02
7	$0{,}785\,x_7 + 0{,}215\,x_6 < \mu$ $1{,}05\,x_7 - 0{,}05\,x_1 < \mu$	$0{,}785\,x_1 + 0{,}215\,x_2 > \mu$ $1{,}05\,x_1 - 0{,}05\,x_7 > \mu$	0,02 0,01
8	der *größere* der Werte x_7 oder $(0{,}5\,x_8 + 0{,}28\,x_6 + 0{,}22\,x_7) < \mu$ $0{,}785\,x_6 + 0{,}215\,x_7 < \mu$	der *kleinere* der Werte x_2 oder $(0{,}5\,x_1 + 0{,}28\,x_3 + 0{,}22\,x_2) > \mu$ $0{,}785\,x_1 + 0{,}215\,x_2 > \mu$	$\cong$0,02 0,01
9	der *größere* der Werte x_8 oder $0{,}5\,(x_5 + x_9) < \mu$ der *größere* der Werte x_8 oder $(0{,}5\,x_9 + 0{,}28\,x_7 + 0{,}22\,x_8) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_2 oder $0{,}5\,(x_1 + x_5) > \mu$ der *kleinere* der Werte x_2 oder $(0{,}5\,x_1 + 0{,}28\,x_3 + 0{,}22\,x_2) > \mu$	0,02 $\cong$0,01
10	der *größere* der Werte x_9 oder $0{,}5\,(x_6 + x_{10}) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_2 oder $0{,}5\,(x_1 + x_5) > \mu$	0,01
11	der *größere* der Werte x_7 oder $0{,}5\,(x_4 + x_{11}) < \mu$ der *größere* der Werte x_9 oder $0{,}5\,(x_7 + x_{11}) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_5 oder $0{,}5\,(x_1 + x_5) > \mu$ der *kleinere* der Werte x_3 oder $0{,}5\,(x_1 + x_5) > \mu$	$\cong$0,10 $\cong$0,01
12	der *größere* der Werte x_9 oder $0{,}5\,(x_6 + x_{12}) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_4 oder $0{,}5\,(x_1 + x_7) > \mu$	0,02
13	der *größere* der Werte x_{10} oder $0{,}5\,(x_7 + x_{13}) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_4 oder $0{,}5\,(x_1 + x_7) > \mu$	0,01
14	der *größere* der Werte x_{10} oder $0{,}5(x_6 + x_{14}) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_5 oder $0{,}5\,(x_1 + x_9) > \mu$	0,02
15	der *größere* der Werte x_{11} oder $0{,}5\,(x_7 + x_{15}) < \mu$	der *kleinere* der Werte x_5 oder $0{,}5\,(x_1 + x_9) > \mu$	0,01

1) Werte nach DIXON, W. J., *Biometrics*, **9**, 74 (1953). *2*) Werte nach LORD, E., *Biometrika*, **34**, 41 (1947), aber umgerechnet auf den oben angegebenen vereinfachten Testquotienten. *3*) Werte nach WALSH, J. E., *Ann. math. Statist.*, **20**, 257 (1949). *4*) nach *3*) und WALSH, J. E., *J. Amer. statist. Ass.*, **44**, 343 (1949).

Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und der Verleger.

Obere Signifikanzgrenzen* der standardisierten Extremabweichung

Testquotient: $\frac{x_N - \mu}{\sigma}$ oder $\frac{\mu - x_1}{\sigma}$; x_N größter, x_1 kleinster Wert der Stichprobe

N \ α	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001	0,0005
1	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291
2	632	955	2,239	575	807	290	481
3	818	2,121	391	712	935	403	588
4	943	234	494	806	3,023	481	662
5	2,036	2,319	2,572	2,877	3,090	3,540	3,719
6	111	386	635	934	143	588	765
7	172	442	687	981	188	628	803
8	224	490	731	3,022	227	662	836
9	269	531	769	057	260	692	865
10	2,309	2,568	2,803	3,089	3,290	3,719	3,891
11	344	601	834	117	317	743	914
12	376	630	862	143	341	765	935
13	406	657	887	166	363	785	954
14	432	682	910	187	383	803	971
15	2,457	2,705	2,932	3,207	3,402	3,820	3,988
16	480	726	952	226	420	836	4,003
17	502	746	970	243	436	851	017
18	522	765	988	259	452	865	031
19	541	783	3,004	275	466	878	044
20	2,559	2,799	3,020	3,289	3,480	3,890	4,056
21	576	815	034	303	493	902	067
22	592	830	048	316	506	914	078
23	607	844	062	328	517	924	088
24	621	858	075	340	529	934	098
25	2,635	2,870	3,087	3,351	3,539	3,944	4,107
26	648	883	098	362	550	954	116
27	661	895	109	373	560	963	125
28	673	906	120	383	569	971	134
29	685	917	130	392	578	980	142
30	2,696	2,928	3,140	3,402	3,587	3,988	4,149
31	707	938	150	411	596	996	157
32	718	948	159	419	604	4,003	164
33	728	957	168	428	612	010	171
34	738	966	177	436	620	017	178
35	2,747	2,975	3,185	3,444	3,627	4,024	4,185
36	756	984	193	451	635	031	191
37	765	992	201	459	642	037	197
38	774	3,000	209	466	648	044	203
39	782	008	216	473	655	050	209
40	2,791	3,016	3,224	3,479	3,662	4,056	4,215
41	799	023	231	486	668	061	220
42	806	031	238	493	674	067	226
43	814	038	244	499	680	072	231
44	821	045	251	505	686	078	236
45	2,828	3,051	3,257	3,511	3,692	4,083	4,241
46	835	058	263	517	697	088	246
47	842	064	270	522	703	093	251
48	849	071	276	528	708	098	256
49	856	077	281	533	713	103	260
50	2,862	3,083	3,287	3,539	3,718	4,107	4,265
51	868	089	293	544	723	112	269
52	875	094	298	549	728	116	274
53	880	100	303	554	733	121	278
54	886	106	309	559	738	125	282
55	2,892	3,111	3,314	3,564	3,742	4,129	4,286
56	898	116	319	569	747	134	290
57	903	122	324	573	751	138	294
58	909	127	329	578	756	142	298
59	914	132	333	582	760	146	302
60	2,919	3,137	3,338	3,587	3,764	4,149	4,305
61	924	141	343	591	768	153	309
62	929	146	347	595	772	157	313
63	934	151	352	599	776	160	316
64	939	155	356	603	780	164	320
65	2,944	3,160	3,360	3,607	3,784	4,168	4,323
66	949	164	364	611	788	171	326
67	953	169	369	615	792	175	330
68	958	173	373	619	795	178	333
69	962	177	377	623	799	181	336
70	2,967	3,182	3,381	3,627	3,803	4,184	4,339
71	971	186	384	630	806	188	342
72	976	190	388	634	810	191	346
73	980	194	392	637	813	194	349
74	984	198	396	641	816	197	352
75	2,988	3,201	3,400	3,644	3,820	4,200	4,355
76	992	205	403	648	823	203	357
77	996	209	407	651	826	206	360
78	3,000	213	410	655	829	209	363
79	004	216	414	658	832	212	366
80	3,008	3,220	3,417	3,661	3,835	4,215	4,369
81	011	224	421	664	839	217	371
82	015	227	424	667	842	220	374
83	019	231	427	670	845	223	377
84	022	234	430	673	847	226	379
85	3,026	3,237	3,434	3,676	3,850	4,228	4,382
86	030	241	437	679	853	231	384
87	033	244	440	682	856	234	387
88	037	247	443	685	859	236	389
89	040	250	446	688	862	239	392
90	3,043	3,254	3,449	3,691	3,864	4,241	4,394
91	047	257	452	694	867	244	397
92	050	260	455	697	870	246	399
93	053	263	458	699	872	249	401
94	056	266	461	702	875	251	404
95	3,060	3,269	3,464	3,705	3,878	4,253	4,406
96	063	272	466	707	880	256	408
97	066	275	469	710	883	258	411
98	069	278	472	713	885	260	413
99	072	281	475	715	888	263	415
100	3,075	3,283	3,477	3,718	3,890	4,265	4,417
200	276	474	659	889	4,055	417	565
300	389	581	762	987	149	504	649
400	467	656	833	4,054	214	565	708
500	3,526	3,713	3,888	4,106	4,264	4,611	4,754
600	574	758	932	148	305	649	790
700	614	797	968	183	339	681	821
800	649	830	4,000	214	368	708	848
900	679	859	028	240	394	732	871
1000	3,706	3,884	4,053	4,264	4,417	4,754	4,892

Obere Signifikanzgrenzen der studentisierten Extremabweichung[1]

Testquotienten: $\frac{x_N - \bar{x}}{s}$ oder $\frac{\bar{x} - x_1}{s}$ $\left(\nu < \infty\right)$ und $\frac{x_N - \bar{x}}{\sigma}$ oder $\frac{\bar{x} - x_n}{\sigma}$ $\left(\nu = \infty\right)$

x_N größter, x_1 kleinster Wert, $\bar{x}$ Mittelwert der zu prüfenden Stichprobe des Umfanges N_1; s = Standardabweichung mit Freiheitsgrad $\nu = N_2 - 1$ einer von der Stichprobe N_1 *unabhängigen* Stichprobe N_2

ν \ N_1	$\alpha = 0{,}1$ 3	4	5	6	7	8	9	$\alpha = 0{,}05$ 3	4	5	6	7	8	9	$\alpha = 0{,}025$ 3	4	5	6	7	8	9
10	1,68	1,92	2,09	2,23	2,33	2,42	2,50	2,01	2,27	2,46	2,60	2,72	2,81	2,89	2,34	2,63	2,83	2,98	3,10	3,20	3,29
11	1,66	1,90	2,07	2,20	2,30	2,39	2,46	1,98	2,24	2,42	2,56	2,67	2,76	2,84	2,30	2,58	2,77	2,92	3,03	3,13	3,22
12	1,65	1,88	2,05	2,17	2,28	2,36	2,44	1,96	2,21	2,39	2,52	2,63	2,72	2,80	2,27	2,54	2,73	2,87	2,98	3,08	3,16
13	1,63	1,86	2,03	2,16	2,26	2,34	2,41	1,94	2,19	2,36	2,50	2,60	2,69	2,76	2,24	2,51	2,69	2,83	2,94	3,03	3,11
14	1,62	1,85	2,01	2,14	2,24	2,32	2,39	1,93	2,17	2,34	2,47	2,57	2,66	2,74	2,22	2,48	2,66	2,79	2,90	2,99	3,07
15	1,61	1,84	2,00	2,12	2,22	2,31	2,38	1,91	2,15	2,32	2,45	2,55	2,64	2,71	2,20	2,45	2,63	2,76	2,87	2,96	3,04
16	1,61	1,83	1,99	2,11	2,21	2,29	2,36	1,90	2,14	2,31	2,43	2,53	2,62	2,69	2,18	2,43	2,61	2,74	2,84	2,93	3,01
17	1,60	1,82	1,98	2,10	2,20	2,28	2,35	1,89	2,13	2,29	2,42	2,52	2,60	2,67	2,17	2,42	2,59	2,72	2,82	2,91	2,98
18	1,59	1,82	1,97	2,09	2,19	2,27	2,34	1,88	2,11	2,28	2,40	2,50	2,58	2,65	2,15	2,40	2,57	2,70	2,80	2,89	2,96
19	1,59	1,81	1,96	2,08	2,18	2,26	2,33	1,87	2,11	2,27	2,39	2,49	2,57	2,64	2,14	2,39	2,56	2,68	2,78	2,87	2,94
20	1,58	1,80	1,96	2,08	2,17	2,25	2,32	1,87	2,10	2,26	2,38	2,47	2,56	2,63	2,13	2,37	2,54	2,67	2,77	2,85	2,92
24	1,57	1,78	1,94	2,05	2,15	2,22	2,29	1,84	2,07	2,23	2,34	2,44	2,52	2,58	2,10	2,34	2,50	2,62	2,72	2,80	2,87
30	1,55	1,77	1,92	2,03	2,12	2,20	2,26	1,82	2,04	2,20	2,31	2,40	2,48	2,54	2,07	2,30	2,46	2,58	2,67	2,75	2,81
40	1,54	1,75	1,90	2,01	2,10	2,17	2,23	1,80	2,02	2,17	2,28	2,37	2,44	2,50	2,04	2,27	2,42	2,53	2,62	2,70	2,76
60	1,52	1,73	1,87	1,98	2,07	2,14	2,20	1,78	1,99	2,14	2,25	2,33	2,41	2,47	2,01	2,23	2,38	2,49	2,58	2,65	2,71
120	1,51	1,71	1,85	1,96	2,05	2,12	2,18	1,76	1,96	2,11	2,22	2,30	2,37	2,43	1,98	2,20	2,34	2,45	2,53	2,60	2,66
∞	1,50	1,70	1,83	1,94	2,02	2,09	2,15	1,74	1,94	2,08	2,18	2,27	2,33	2,39	1,95	2,16	2,30	2,41	2,49	2,56	2,61
	$\alpha = 0{,}01$							$\alpha = 0{,}005$							$\alpha = 0{,}001$						
10	2,78	3,10	3,32	3,48	3,62	3,73	3,82	3,12	3,46	3,70	3,87	4,02	4,14	4,24	4,0	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3
11	2,72	3,02	3,24	3,39	3,52	3,63	3,72	3,04	3,37	3,59	3,76	3,90	4,01	4,11	3,8	4,2	4,5	4,7	4,8	5,0	5,1
12	2,67	2,96	3,17	3,32	3,45	3,55	3,64	2,98	3,29	3,51	3,67	3,80	3,91	4,00	3,7	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9
13	2,63	2,92	3,12	3,27	3,38	3,48	3,57	2,93	3,23	3,44	3,60	3,72	3,83	3,92	3,6	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7
14	2,60	2,88	3,07	3,22	3,33	3,43	3,51	2,88	3,18	3,38	3,54	3,66	3,76	3,85	3,5	3,9	4,1	4,3	4,4	4,5	4,6
15	2,57	2,84	3,03	3,17	3,29	3,38	3,46	2,84	3,13	3,33	3,48	3,60	3,70	3,78	3,5	3,8	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5
16	2,54	2,81	3,00	3,14	3,25	3,34	3,42	2,81	3,10	3,29	3,44	3,56	3,65	3,73	3,4	3,7	4,0	4,1	4,3	4,4	4,5
17	2,52	2,79	2,97	3,11	3,22	3,31	3,38	2,78	3,07	3,26	3,40	3,52	3,61	3,68	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4
18	2,50	2,77	2,95	3,08	3,19	3,28	3,35	2,76	3,04	3,23	3,37	3,48	3,57	3,64	3,3	3,6	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3
19	2,49	2,75	2,93	3,06	3,16	3,25	3,33	2,74	3,01	3,20	3,34	3,45	3,54	3,61	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3
20	2,47	2,73	2,91	3,04	3,14	3,23	3,30	2,72	2,99	3,17	3,31	3,42	3,51	3,58	3,3	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2
24	2,42	2,68	2,84	2,97	3,07	3,16	3,23	2,66	2,92	3,10	3,23	3,33	3,42	3,49	3,2	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1
30	2,38	2,62	2,79	2,91	3,01	3,08	3,15	2,60	2,86	3,03	3,15	3,25	3,33	3,40	3,1	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
40	2,34	2,57	2,73	2,85	2,94	3,02	3,08	2,55	2,79	2,96	3,08	3,17	3,25	3,31	3,0	3,3	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8
60	2,29	2,52	2,68	2,79	2,88	2,95	3,01	2,50	2,73	2,89	3,01	3,10	3,17	3,23	2,9	3,2	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7
120	2,25	2,48	2,62	2,73	2,82	2,89	2,95	2,45	2,67	2,83	2,94	3,02	3,09	3,15	2,9	3,1	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6
∞	2,22	2,43	2,57	2,68	2,76	2,83	2,88	2,40	2,62	2,76	2,87	2,95	3,02	3,07	2,8	3,0	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

1) Werte nach Nair, K. R., *Biometrika*, **39**, 189 (1952), unter Berücksichtigung der Korrekturen von David, H. A., *Biometrika*, **43**, 449 (1956). Nachdruck mit Erlaubnis der Verfasser und des Verlages.

Obere Signifikanzschranken des studentisierten Extrembereiches[1]

Testquotient: $\frac{x_N - x_1}{s}$

x_N größter, x_1 kleinster Wert der zu prüfenden Stichprobe des Umfanges N_1; s = Standardabweichung mit Freiheitsgrad $\nu = N_2 - 1$ einer von der Stichprobe N_1 *unabhängigen* Stichprobe N_2

$\alpha = 0{,}05$

ν \ N_1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	17,969	27,0	32,8	37,1	40,4	43,1	45,4	47,4	49,1	50,6	52,0	53,2	54,3	55,4	56,3	57,2	58,0	58,8	59,6
2	6,085	8,3	9,8	10,9	11,7	12,4	13,0	13,5	14,0	14,4	14,7	15,1	15,4	15,7	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8
3	4,501	5,91	6,82	7,50	8,04	8,48	8,85	9,18	9,46	9,72	9,95	10,15	10,35	10,52	10,69	10,84	10,98	11,11	11,24
4	3,926	5,04	5,76	6,29	6,71	7,05	7,35	7,60	7,83	8,03	8,21	8,37	8,52	8,66	8,79	8,91	9,03	9,13	9,23
5	3,635	4,60	5,22	5,67	6,03	6,33	6,58	6,80	6,99	7,17	7,32	7,47	7,60	7,72	7,83	7,93	8,03	8,12	8,21
6	460	34	4,90	31	5,63	5,89	12	32	49	6,65	6,79	6,92	03	14	24	34	7,43	7,51	7,59
7	344	16	68	06	36	61	5,82	00	16	30	43	55	6,66	6,76	6,85	6,94	02	09	17
8	261	04	53	4,89	17	40	60	5,77	5,92	05	18	29	39	48	57	65	6,73	6,80	6,87
9	199	3,95	42	76	02	24	43	60	74	5,87	5,98	09	19	28	36	44	51	58	64
10	3,151	3,88	4,33	4,65	4,91	5,12	5,30	5,46	5,60	5,72	5,83	5,93	6,03	6,11	6,20	6,27	6,34	6,40	6,47
11	113	82	26	57	82	03	20	35	49	61	71	81	5,90	5,99	06	14	20	26	33
12	081	77	20	51	75	4,95	12	27	40	51	62	71	80	88	5,95	03	09	15	21
13	055	73	15	45	69	88	05	19	32	43	53	63	71	79	86	5,93	00	05	11
14	033	70	11	41	64	83	4,99	13	25	36	46	55	64	72	79	85	5,92	5,97	03
15	3,014	3,67	4,08	4,37	4,60	4,78	4,94	5,08	5,20	5,31	5,40	5,49	5,58	5,65	5,72	5,79	5,85	5,90	5,96
16	2,998	65	05	33	56	74	90	03	15	26	35	44	52	59	66	72	79	84	90
17	984	63	02	30	52	71	86	4,99	11	21	31	39	47	55	61	68	74	79	84
18	971	61	00	28	49	67	82	96	07	17	27	35	43	50	57	63	69	74	79
19	960	59	3,98	25	47	65	79	92	04	14	23	32	39	46	53	59	65	70	75
20	2,950	3,58	3,96	4,23	4,45	4,62	4,77	4,90	5,01	5,11	5,20	5,28	5,36	5,43	5,49	5,55	5,61	5,66	5,71
21	941	56	94	21	43	60	74	87	4,98	08	17	25	33	40	46	52	58	62	67
22	933	55	93	20	41	58	72	85	96	05	15	23	30	37	43	49	55	59	64
23	926	54	91	18	39	56	70	83	94	03	12	20	27	34	40	46	52	57	62
24	919	53	90	17	37	54	68	81	92	01	10	18	25	32	38	44	50	54	59
25	2,913	3,52	3,89	4,16	4,36	4,52	4,66	4,79	4,90	4,99	5,08	5,16	5,23	5,30	5,36	5,42	5,48	5,52	5,57
26	907	51	88	14	34	51	65	78	89	97	06	14	21	28	34	40	46	50	55
27	902	51	87	13	33	50	63	76	87	96	04	12	19	26	32	38	43	48	53
28	897	50	86	12	32	48	62	75	86	94	03	11	18	24	30	36	42	46	51
29	892	49	85	11	31	47	61	73	84	93	01	09	16	23	29	35	40	44	49
30	2,888	3,49	3,84	4,10	4,30	4,46	4,60	4,72	4,83	4,92	5,00	5,08	5,15	5,21	5,27	5,33	5,38	5,43	5,48
31	884	48	83	09	29	45	59	71	82	91	4,99	07	14	20	26	32	37	41	46
32	881	48	83	09	28	44	58	70	81	89	98	06	13	19	24	30	35	40	45
33	877	47	82	08	27	44	57	69	80	88	97	04	11	17	23	29	34	39	44
34	874	47	82	07	27	43	56	68	79	87	96	03	10	16	22	28	33	37	42
35	2,871	3,46	3,81	4,07	4,26	4,42	4,55	4,67	4,78	4,86	4,95	5,02	5,09	5,15	5,21	5,27	5,32	5,36	5,41
36	868	46	81	06	25	41	55	66	77	85	94	01	08	14	20	26	31	35	40
37	865	45	80	05	25	41	54	65	76	84	93	00	08	14	19	25	30	34	39
38	863	45	80	05	24	40	53	64	75	84	92	00	07	13	18	24	29	33	38
39	861	44	79	04	24	40	53	64	75	83	92	4,99	06	12	17	23	28	32	37
40	2,858	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52	4,63	4,74	4,82	4,91	4,98	5,05	5,11	5,16	5,22	5,27	5,31	5,36
50	841	41	76	00	19	34	47	58	69	76	85	92	4,99	05	10	15	20	24	29
60	829	40	74	3,98	16	31	44	55	65	73	81	88	94	00	06	11	16	20	24
120	800	36	69	92	10	24	36	48	56	64	72	78	84	4,90	4,95	00	05	09	13
∞	772	31	63	86	03	17	29	39	47	55	62	68	74	80	85	4,89	4,93	4,97	01

$\alpha = 0{,}01$

1	90,025	135	164	186	202	216	227	237	246	253	260	266	272	277	282	286	290	294	298
2	14,036	19,0	22,3	24,7	26,2	28,2	29,5	30,7	31,7	32,6	33,4	34,1	34,8	35,4	36,0	36,5	37,0	37,5	37,9
3	8,260	10,6	12,2	13,3	14,2	15,0	15,6	16,2	16,7	17,1	17,5	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1	19,3	19,5	19,8
4	6,511	8,12	9,17	9,96	10,6	11,1	11,5	11,9	12,3	12,6	12,8	13,1	13,3	13,5	13,7	13,9	14,1	14,2	14,4
5	5,702	6,97	7,80	8,42	8,91	9,32	9,67	9,97	10,24	10,48	10,70	10,89	11,08	11,24	11,40	11,55	11,68	11,81	11,93
6	243	33	03	7,56	7,97	8,32	8,61	8,87	9,10	9,30	9,49	9,65	9,81	9,95	10,08	10,21	10,32	10,43	10,54
7	4,949	5,92	6,54	01	37	7,68	7 94	17	8,37	8,55	8,71	8,86	00	12	9,24	9,35	9,46	9,55	9,65
8	745	63	20	6,63	6,96	24	47	7,68	7,87	03	18	31	8,44	8,55	8,66	8,76	8,85	8,94	03
9	596	43	5,96	35	66	6,91	13	32	49	7,65	7,78	7,91	03	13	23	32	41	49	8,57
10	4,482	5,27	5,77	6,14	6,43	6,67	6,87	7,05	7,21	7,36	7,48	7,60	7,71	7,81	7,91	7,99	8,07	8,15	8,22
11	392	14	62	5,97	25	48	67	6,84	6,99	13	25	36	46	56	65	73	7,81	7,88	7,95
12	320	04	50	84	10	32	51	67	81	6,94	06	17	26	36	44	52	59	66	73
13	260	4,96	40	73	5,98	19	37	53	67	79	6,90	01	10	19	27	34	42	48	55
14	210	89	32	63	88	08	26	41	54	66	77	6,87	6,96	05	12	20	27	33	39
15	4,167	4,83	5,25	5,56	5,80	5,99	6,16	6,31	6,44	6,55	6,66	6,76	6,84	6,93	7,00	7,07	7,14	7,20	7,26
16	131	78	19	49	72	92	08	22	35	46	56	66	74	82	6,90	6,97	03	09	15
17	099	74	14	43	66	85	01	15	27	38	48	57	66	73	80	87	6,94	00	05
18	071	70	09	38	60	79	5,94	08	20	31	41	50	58	65	72	79	85	6,91	6,96
19	045	67	05	33	55	73	89	02	14	25	34	43	51	58	65	72	78	84	89
20	4,024	4,64	5,02	5,29	5,51	5,69	5,84	5,97	6,09	6,19	6,29	6,37	6,45	6,52	6,59	6,65	6,71	6,76	6,82
21	004	61	4,99	26	47	65	80	92	04	14	24	32	39	47	53	59	65	70	76
22	3,986	58	96	22	43	61	76	88	00	10	19	27	35	42	48	54	60	65	70
23	970	56	93	20	40	57	72	84	5,96	06	15	23	30	37	43	49	55	60	65
24	955	54	91	17	37	54	69	81	92	02	11	19	26	33	39	45	51	56	61
25	3,942	4,52	4,89	5,15	5,34	5,51	5,66	5,78	5,89	5,99	6,07	6,15	6,22	6,29	6,35	6,41	6,47	6,52	6,57
26	930	50	87	12	32	49	63	75	86	95	04	12	19	26	32	38	43	48	53
27	918	49	85	10	30	46	61	72	83	93	01	09	16	22	28	34	40	45	50
28	908	47	83	08	28	44	58	70	80	90	5,98	06	13	19	25	31	37	42	47
29	898	46	82	07	26	42	56	67	78	87	95	03	10	17	23	29	34	39	44
30	3,889	4,45	4,80	5,05	5,24	5,40	5,54	5,65	5,76	5,85	5,93	6,01	6,08	6,14	6,20	6,26	6,31	6,36	6,41
31	881	44	79	03	22	38	52	63	74	83	91	5,99	06	12	18	23	29	34	38
32	873	43	78	02	21	37	50	61	72	81	89	97	03	09	16	21	26	31	36
33	865	42	76	01	19	35	48	59	70	79	87	95	01	07	13	19	24	29	34
34	859	41	75	4,99	18	34	47	58	68	77	86	93	5,99	05	12	17	22	27	31
35	3,852	4,41	4,74	4,98	5,16	5,33	5,45	5,56	5,67	5,76	5,84	5,91	5,98	6,04	6,10	6,15	6,20	6,25	6,29
36	846	40	73	97	15	31	44	55	65	74	82	90	96	02	08	13	18	23	28
37	841	39	72	96	14	30	43	54	64	73	81	88	94	00	06	12	17	22	26
38	835	38	72	95	13	29	41	52	62	72	80	87	93	5,99	05	10	15	20	24
39	830	38	71	94	12	28	40	51	61	70	78	85	91	97	03	08	13	18	23
40	3,825	4,37	4,70	4,93	5,11	5,27	5,39	5,50	5,60	5,69	5,77	5,84	5,90	5,96	6,02	6,07	6,12	6,17	6,21
50	787	32	64	86	04	19	30	41	51	59	67	74	80	86	5,91	5,96	01	06	09
60	762	28	60	82	4,99	13	25	36	45	53	60	67	73	79	84	89	5,93	5,98	02
120	702	20	50	71	87	01	12	21	30	38	44	51	56	61	66	71	75	79	5,83
∞	643	12	40	60	76	4,88	4,99	08	16	23	29	35	40	45	49	54	57	61	65

1) Werte nach MAY, J. M., *Biometrika*, **39**, 192 (1952), mit Korrekturen nach Tafel 29 in PEARSON und HARTLEY (Hrsg.), *Biometrika Tables for Statisticians*, Bd. 1, Cambridge University Press, Cambridge (1954), S. 176; ergänzt mit direkt gerechneten (Kolonne 2) und interpolierten Werten durch den Herausgeber. Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

Obere Signifikanzschranken für die Extrembereiche mehrerer Mittelwerte[1]

Anleitung siehe Textteil

$2\alpha = 0{,}05$

n / ν	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
2	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09	6,09
3	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
4	3,93	4,01	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02
5	3,64	3,74	3,79	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83
6	3,46	3,58	3,64	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68
7	3,35	3,47	3,54	3,58	3,60	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61	3,61
8	3,26	3,39	3,47	3,52	3,55	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56
9	3,20	3,34	3,41	3,47	3,50	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52
10	3,15	3,30	3,37	3,43	3,46	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,48
11	3,11	3,27	3,35	3,39	3,43	3,44	3,45	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47	3,48
12	3,08	3,23	3,33	3,36	3,40	3,42	3,44	3,44	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47	3,48
13	3,06	3,21	3,30	3,35	3,38	3,41	3,42	3,44	3,45	3,45	3,45	3,45	3,46	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47	3,48
14	3,03	3,18	3,27	3,33	3,37	3,39	3,41	3,42	3,44	3,45	3,45	3,45	3,45	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
15	3,01	3,16	3,25	3,31	3,36	3,38	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
16	3,00	3,15	3,23	3,30	3,34	3,37	3,39	3,41	3,43	3,44	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
17	2,98	3,13	3,22	3,28	3,33	3,36	3,38	3,40	3,42	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
18	2,97	3,12	3,21	3,27	3,32	3,35	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
19	2,96	3,11	3,19	3,26	3,31	3,35	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
20	2,95	3,10	3,18	3,25	3,30	3,34	3,36	3,38	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
21	2,94	3,09	3,17	3,24	3,29	3,33	3,35	3,38	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47
22	2,93	3,08	3,17	3,24	3,29	3,32	3,35	3,37	3,40	3,42	3,42	3,44	3,44	3,45	3,46	3,46	3,46	3,47	3,47
23	2,93	3,08	3,15	3,23	3,28	3,32	3,34	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,47	3,47
24	2,92	3,07	3,15	3,22	3,28	3,31	3,34	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,47	3,47
25	2,91	3,06	3,14	3,22	3,27	3,31	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,47	3,47
26	2,91	3,06	3,14	3,21	3,27	3,30	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,43	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,47
27	2,90	3,05	3,13	3,21	3,26	3,30	3,33	3,36	3,38	3,40	3,41	3,43	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,47
28	2,90	3,04	3,13	3,20	3,26	3,30	3,33	3,35	3,37	3,39	3,40	3,42	3,43	3,44	3,45	3,45	3,45	3,46	3,47
29	2,89	3,04	3,12	3,20	3,25	3,29	3,32	3,35	3,37	3,39	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
30	2,89	3,04	3,12	3,20	3,25	3,29	3,32	3,35	3,37	3,39	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
31	2,89	3,04	3,12	3,20	3,25	3,29	3,32	3,35	3,37	3,39	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
32	2,88	3,03	3,11	3,19	3,24	3,28	3,32	3,35	3,37	3,39	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
33	2,88	3,03	3,11	3,19	3,24	3,28	3,32	3,35	3,37	3,39	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
34	2,88	3,03	3,11	3,19	3,24	3,28	3,31	3,34	3,36	3,38	3,40	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
35	2,87	3,02	3,11	3,18	3,23	3,28	3,31	3,34	3,36	3,38	3,39	3,42	3,43	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
36	2,87	3,02	3,11	3,18	3,23	3,28	3,31	3,34	3,36	3,38	3,39	3,41	3,42	3,44	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
37	2,87	3,02	3,10	3,18	3,23	3,27	3,31	3,34	3,36	3,38	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
38	2,86	3,02	3,10	3,17	3,22	3,27	3,30	3,34	3,35	3,38	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
39	2,86	3,01	3,10	3,17	3,22	3,27	3,30	3,33	3,35	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
40	2,86	3,01	3,10	3,17	3,22	3,27	3,30	3,33	3,35	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,47	3,47
50	2,84	2,99	3,09	3,15	3,21	3,25	3,29	3,32	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,47
60	2,83	2,98	3,08	3,14	3,20	3,24	3,28	3,31	3,33	3,35	3,37	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46
100	2,80	2,95	3,05	3,12	3,18	3,22	3,26	3,29	3,33	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46
120	2,79	2,94	3,04	3,12	3,17	3,21	3,25	3,29	3,32	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,45	3,46	3,47
∞	2,77	2,92	3,02	3,09	3,15	3,19	3,23	3,26	3,29	3,32	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,45	3,46	3,47

$2\alpha = 0{,}01$

n / ν	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
2	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
3	8,26	8,50	8,60	8,70	8,80	8,90	8,90	9,00	9,00	9,00	9,00	9,04	9,10	9,15	9,20	9,25	9,30	9,30	9,30
4	6,51	6,80	6,90	7,00	7,10	7,10	7,20	7,20	7,30	7,30	7,30	7,34	7,40	7,40	7,40	7,44	7,50	7,50	7,50
5	5,70	5,96	6,11	6,18	6,26	6,33	6,40	6,44	6,50	6,55	6,60	6,60	6,60	6,64	6,70	6,70	6,70	6,74	6,80
6	5,24	5,51	5,65	5,73	5,81	5,88	5,95	6,00	6,00	6,04	6,10	6,15	6,20	6,20	6,20	6,24	6,30	6,30	6,30
7	4,95	5,22	5,37	5,45	5,53	5,61	5,69	5,73	5,80	5,80	5,80	5,84	5,90	5,90	5,90	5,94	6 00	6,00	6,00
8	4,74	5,00	5,14	5,23	5,32	5,40	5,47	5,50	5,50	5,54	5,60	5,65	5,70	5,70	5,70	5,74	5,80	5,80	5,80
9	4,60	4,86	4,99	5,08	5,17	5,25	5,32	5,36	5,40	5,45	5,50	5,50	5,50	5,54	5,60	5,65	5,70	5,70	5,70
10	4,48	4,73	4,88	4,96	5,06	5,13	5,20	5,24	5,28	5,32	5,36	5,39	5,42	5,45	5,48	5,51	5,54	5,55	5,55
11	4,39	4,63	4,77	4,86	4,94	5,01	5,06	5,12	5,15	5,20	5,24	5,27	5,28	5,31	5,34	5,36	5,38	5,39	5,39
12	4,32	4,55	4,68	4,76	4,84	4,92	4,96	5,02	5,07	5,11	5,13	5,15	5,17	5,19	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26
13	4,26	4,48	4,62	4,69	4,74	4,84	4,88	4,94	4,98	5,02	5,04	5,06	5,08	5,10	5,13	5,14	5,14	5,15	5,15
14	4,21	4,42	4,55	4,63	4,70	4,78	4,83	4,87	4,91	4,94	4,96	4,98	5,00	5,02	5,04	5,05	5,06	5,07	5,07
15	4,17	4,37	4,50	4,58	4,64	4,72	4,77	4,81	4,84	4,87	4,90	4,92	4,94	4,96	4,97	4,98	4,99	5,00	5,00
16	4,13	4,34	4,45	4,54	4,60	4,67	4,72	4,76	4,79	4,82	4,84	4,86	4,88	4,90	4,91	4,92	4,93	4,94	4,94
17	4,10	4,30	4,41	4,50	4,56	4,63	4,68	4,72	4,75	4,78	4,80	4,82	4,83	4,84	4,86	4,87	4,88	4,89	4,89
18	4,07	4,27	4,38	4,46	4,53	4,59	4,64	4,68	4,71	4,74	4,76	4,78	4,79	4,80	4,82	4,83	4,84	4,85	4,85
19	4,05	4,24	4,35	4,43	4,50	4,56	4,61	4,64	4,67	4,70	4,72	4,74	4,76	4,78	4,79	4,80	4,81	4,82	4,82
20	4,02	4,22	4,33	4,40	4,47	4,53	4,58	4,61	4,65	4,67	4,69	4,71	4,73	4,75	4,76	4,77	4,78	4,79	4,79
21	4,00	4,20	4,30	4,37	4,45	4,50	4,55	4,59	4,62	4,65	4,67	4,69	4,71	4,73	4,74	4,75	4,76	4,77	4,77
22	3,99	4,17	4,28	4,36	4,42	4,48	4,53	4,57	4,60	4,63	4,65	4,67	4,68	4,70	4,71	4,72	4,74	4,75	4,75
23	3,97	4,15	4,26	4,34	4,41	4,46	4,51	4,55	4,58	4,60	4,63	4,65	4,67	4,68	4,70	4,71	4,72	4,73	4,73
24	3,96	4,14	4,24	4,33	4,39	4,44	4,49	4,53	4,57	4,60	4,62	4,63	4,64	4,65	4,67	4,68	4,70	4,71	4,72
25	3,94	4,12	4,22	4,32	4,38	4,42	4,47	4,51	4,54	4,57	4,60	4,62	4,64	4,64	4,67	4,67	4,69	4,70	4,70
26	3,93	4,11	4,21	4,30	4,36	4,41	4,46	4,50	4,53	4,56	4,58	4,60	4,62	4,64	4,65	4,66	4,67	4,68	4,69
27	3,92	4,09	4,19	4,29	4,35	4,39	4,44	4,49	4,51	4,54	4,57	4,59	4,61	4,63	4,64	4,65	4,66	4,67	4,68
28	3,91	4,08	4,18	4,27	4,34	4,38	4,43	4,47	4,51	4,54	4,56	4,58	4,60	4,62	4,63	4,64	4,65	4,66	4,67
29	3,90	4,07	4,17	4,23	4,33	4,37	4,42	4,46	4,49	4,52	4,55	4,57	4,59	4,61	4,62	4,63	4,64	4,65	4,66
30	3,89	4,06	4,16	4,22	4,32	4,36	4,41	4,45	4,48	4,51	4,54	4,56	4,58	4,60	4,61	4,62	4,63	4,64	4,65
31	3,88	4,05	4,15	4,21	4,31	4,35	4,40	4,44	4,47	4,50	4,53	4,55	4,57	4,59	4,60	4,61	4,62	4,63	4,64
32	3,87	4,04	4,14	4,20	4,30	4,34	4,39	4,43	4,46	4,49	4,52	4,54	4,56	4,58	4,59	4,60	4,61	4,62	4,63
33	3,86	4,03	4,14	4,20	4,29	4,34	4,38	4,42	4,45	4,48	4,51	4,53	4,55	4,57	4,58	4,60	4,61	4,62	4,63
34	3,86	4,03	4,13	4,19	4,28	4,33	4,38	4,41	4,45	4,48	4,50	4,53	4,55	4,57	4,58	4,59	4,60	4,61	4,62
35	3,85	4,02	4,12	4,19	4,27	4,32	4,37	4,40	4,44	4,47	4,49	4,52	4,54	4,56	4,57	4,58	4,59	4,60	4,62
36	3,84	4,01	4,12	4,18	4,27	4,32	4,36	4,40	4,43	4,46	4,49	4,51	4,53	4,55	4,56	4,58	4,59	4,60	4,61
37	3,84	4,01	4,11	4,18	4,26	4,31	4,36	4,39	4,43	4,46	4,48	4,51	4,53	4,55	4,56	4,58	4,59	4,60	4,62
38	3,83	4,00	4,11	4,18	4,25	4,31	4,35	4,38	4,42	4,45	4,47	4,50	4,51	4,54	4,55	4,57	4,58	4,59	4,60
39	3,83	4,00	4,10	4,17	4,25	4,30	4,34	4,38	4,41	4,45	4,47	4,50	4,51	4,54	4,55	4,57	4,58	4,59	4,60
40	3,82	3,99	4,10	4,17	4,24	4,30	4,34	4,37	4,41	4,44	4,46	4,49	4,51	4,53	4,54	4,56	4,57	4,58	4,59
50	3,78	3,95	4,06	4,14	4,20	4,26	4,30	4,34	4,37	4,40	4,42	4,45	4,47	4,49	4,50	4,51	4,53	4,54	4,55
60	3,76	3,92	4,03	4,12	4,17	4,23	4,27	4,31	4,34	4,37	4,39	4,42	4,44	4,46	4,47	4,48	4,50	4,52	4,53
100	3,71	3,86	3,98	4,06	4,11	4,17	4,21	4,25	4,29	4,32	4,35	4,37	4,38	4,40	4,42	4,44	4,45	4,47	4,48
120	3,70	3,85	3,97	4,05	4,10	4,16	4,20	4,24	4,28	4,31	4,34	4,36	4,37	4,39	4,41	4,43	4,44	4,46	4,47
∞	3,64	3,80	3,90	3,98	4,04	4,09	4,14	4,17	4,20	4,23	4,26	4,29	4,31	4,33	4,34	4,36	4,38	4,40	4,41

1) Nach DUNCAN, D. B., *Biometrics*, **11**, 1 (1955), ergänzt mit interpolierten Werten durch den Herausgeber. Nachdruck mit Erlaubnis des Verfassers, des Verlegers und des Virginia Polytechnic Institute.

Signifikanzgrenzen[1] für die Differenz zweier Mittelwerte auf Grund des Extrembereiches

Vgl. nebenstehende Seite

$2\alpha = 0{,}10$

m \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5,04	2,59	2,18	2,02	1,94	1,88	1,85	1,82	1,81	1,79	1,78	1,77	1,76	1,75	1,75	1,74	1,74	1,73	1,73
2	2,62	02	1,88	1,81	78	76	74	73	72	71	71	71	70	70	70	69	69	69	69
3	20	1,88	79	75	73	72	71	70	70	69	69	69	68	68	68	68	68	67	67
4	03	81	75	73	71	70	69	69	68	68	68	68	67	67	67	67	67	67	67
5	1,94	1,77	1,73	1,71	1,70	1,69	1,68	1,68	1,68	1,68	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,66	1,66	1,66
6	89	75	72	70	69	68	68	67	67	67	67	66	66	66	66	66	66	66	66
7	85	73	71	69	68	67	67	67	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
8	82	72	70	68	68	67	67	67	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
9	80	71	69	68	67	67	67	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
10	1,78	1,71	1,69	1,68	1,67	1,67	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
11	77	71	68	68	67	67	66	66	66	66	66	66	66	66	65	65	65	65	65
12	76	70	68	68	66	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
13	75	70	67	67	66	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
14	74	69	67	67	66	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
15	1,73	1,69	1,67	1,67	1,66	1,66	1,66	1,66	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
16	72	69	67	67	66	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
17	72	68	67	67	66	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
18	72	68	67	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
19	71	67	67	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
20	1,71	1,67	1,67	1,66	1,66	1,66	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
30	69	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
60	67	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
120	66	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65

$2\alpha = 0{,}05$

1	10,14	3,82	2,95	2,63	2,48	2,38	2,32	2,27	2,24	2,21	2,19	2,17	2,16	2,15	2,14	2,13	2,12	2,11	2,11
2	3,87	2,64	37	25	19	15	13	11	09	08	07	06	06	05	05	04	04	03	03
3	2,98	37	22	15	11	09	07	06	05	04	03	02	02	02	02	01	01	01	01
4	66	25	15	10	07	05	04	03	02	01	01	01	01	00	00	00	00	00	00
5	2,49	2,19	2,11	2,07	2,05	2,03	2,02	2,02	2,01	2,01	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
6	38	14	08	05	03	02	01	01	00	00	00	00	00	99	99	99	99	99	99
7	31	11	06	04	02	02	01	00	1,99	1,99	1,99	1,99	99	98	98	98	98	98	98
8	26	09	05	03	01	01	00	00	99	99	99	99	98	98	98	98	98	98	98
9	23	08	04	02	01	00	1,99	1,99	99	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98
10	2,20	2,07	2,03	2,01	2,00	2,00	1,99	1,99	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,97	1,97
11	17	06	02	01	00	1,99	99	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98	97	97
12	15	05	02	01	00	99	98	99	98	98	98	98	98	98	97	97	97	97	97
13	14	04	02	00	1,99	98	98	98	98	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97
14	12	04	01	00	99	98	98	98	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97
15	2,11	2,03	2,01	2,00	1,99	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
16	10	03	01	00	99	98	98	98	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97
17	09	02	01	00	99	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
18	08	02	00	1,99	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
19	08	01	00	99	98	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
20	2,07	2,01	2,00	1,99	1,98	1,98	1,98	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
30	03	1,99	1,98	98	97	97	97	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
60	00	98	97	97	97	97	97	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
120	1,98	97	97	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96

$2\alpha = 0{,}02$

1	25,39	6,19	4,21	3,56	3,25	3,07	2,95	2,87	2,81	2,76	2,72	2,69	2,67	2,65	2,63	2,61	2,60	2,59	2,58
2	6,27	3,56	3,05	2,84	2,73	2,66	61	58	55	53	51	50	49	48	47	46	46	45	45
3	4,27	05	2,77	65	58	54	51	49	47	46	45	44	43	43	42	42	41	41	41
4	3,60	2,84	65	56	51	48	46	45	44	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39
5	3,27	2,72	2,58	2,51	2,47	2,45	2,43	2,42	2,41	2,41	2,40	2,40	2,39	2,39	2,38	2,38	2,38	2,37	2,37
6	08	65	53	48	45	43	42	41	40	39	39	38	38	38	37	37	37	37	37
7	2,95	60	50	46	43	41	40	40	39	38	38	38	37	37	37	36	36	36	36
8	86	56	48	44	42	40	39	39	38	38	37	37	37	36	36	36	36	36	36
9	79	53	46	43	41	39	38	38	37	37	37	36	36	36	35	35	35	35	35
10	2,73	2,51	2,45	2,42	2,40	2,39	2,38	2,37	2,37	2,37	2,36	2,36	2,36	2,36	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
11	69	49	44	41	39	38	37	37	36	36	36	36	36	36	35	35	35	35	35
12	66	48	43	41	38	38	37	37	36	36	36	35	35	35	35	35	35	35	34
13	63	47	42	40	38	38	37	36	36	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34
14	61	46	42	40	37	37	36	36	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34
15	2,59	2,45	2,41	2,39	2,37	2,37	2,36	2,36	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,34	2,34	2,34	2,34
16	57	44	41	39	37	37	36	36	35	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34
17	56	44	40	38	36	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34
18	54	43	40	38	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
19	53	42	39	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
20	2,52	2,42	2,39	2,37	2,36	2,36	2,35	2,35	2,35	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
30	45	39	37	36	35	34	34	33	34	34	34	34	34	34	34	33	33	33	33
60	39	36	35	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
120	36	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

$2\alpha = 0{,}01$

1	50,79	8,82	5,42	4,38	3,90	3,63	3,45	3,33	3,24	3,17	3,12	3,08	3,05	3,02	2,99	2,97	2,95	2,93	2,92
2	8,93	4,34	3,60	3,29	13	03	2,97	2,92	2,88	2,85	2,83	2,81	2,80	2,79	78	77	76	75	74
3	5,49	3,60	20	02	2,93	2,87	83	80	78	76	74	73	72	71	71	70	70	69	69
4	4,43	30	02	2,90	83	79	76	74	72	71	70	69	69	68	67	66	66	66	66
5	3,93	3,14	2,92	2,83	2,78	2,75	2,72	2,71	2,69	2,68	2,68	2,67	2,66	2,66	2,65	2,65	2,65	2,64	2,64
6	64	03	86	79	74	72	70	68	67	66	65	65	65	64	64	64	63	63	63
7	46	2,96	82	75	72	70	68	67	66	65	64	64	64	63	63	63	62	62	62
8	32	91	79	73	70	68	67	66	65	64	63	63	63	62	62	62	62	62	62
9	21	87	77	71	68	67	66	65	64	63	63	63	62	62	62	62	61	61	61
10	3,14	2,84	2,74	2,70	2,67	2,66	2,65	2,64	2,63	2,63	2,62	2,62	2,62	2,62	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61
11	08	82	72	69	66	65	64	64	63	62	62	62	62	61	61	61	61	61	61
12	03	80	71	68	66	64	63	63	62	62	62	61	61	61	60	60	60	60	60
13	2,99	78	70	67	65	64	63	63	62	61	61	61	61	60	60	60	60	60	60
14	96	76	69	67	65	63	62	62	61	61	61	61	60	60	60	60	60	60	60
15	2,93	2,75	2,68	2,66	2,64	2,63	2,62	2,62	2,61	2,61	2,61	2,61	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
16	91	74	68	66	64	63	62	62	61	61	61	61	60	60	60	60	60	60	60
17	89	73	67	65	63	63	61	62	61	61	61	61	60	60	60	60	59	59	59
18	87	72	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60	60	60	60	59	59	59	59
19	85	71	66	64	62	62	61	61	60	60	60	60	60	60	59	59	59	59	59
20	2,84	2,70	2,66	2,64	2,62	2,62	2,61	2,61	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,59	2,59	2,59	2,59
30	75	66	63	62	61	60	60	60	59	59	59	59	59	59	59	58	58	58	58
60	66	62	60	60	59	59	59	59	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
120	62	60	59	59	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58

1) Nach Lord, E., *Biometrika*, **34**, 41 (1947), ergänzt durch interpolierte Werte durch den Herausgeber.

Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

σ_μ als Bruchteil des mittleren Extrembereiches[5]

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0, 0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 *0,000*	0,00 *0,000*	0,00 *0,000*	0,00 *0,000*
1	*62666*	*34111*	*24287*	*19227*	*16108*	*13976*	*12418*	*11223*	*10275*	95027	88592	83139	78450	74370	70782	67599	64752	62190	59869
2	*44311*	*24120*	*17173*	*13596*	*11390*	98826	87806	79360	72658	67195	62644	58788	55473	52587	50050	47799	45787	43975	42334
3	*36180*	*19694*	*14022*	*11101*	93001	80691	71693	64797	59325	54864	51149	48000	45293	42937	40866	39028	37385	35905	34565
4	*31333*	*17055*	*12143*	96137	80541	69548	62088	56116	51377	47514	44296	41569	39225	37185	35391	33799	32376	31095	29934
5	*28025*	*15255*	*10861*	85987	72038	62503	55533	50192	45953	42498	39620	37181	35084	33259	31655	30231	28958	27812	26774
6	*25583*	*13926*	99150	78495	65762	57057	50695	45819	41949	38795	36168	33941	32027	30361	28897	27597	26435	25389	24441
7	*23685*	*12893*	91795	72672	60883	52825	46934	42420	38838	35917	33485	31424	29651	28109	26753	25550	24474	23506	22628
8	*22156*	*12060*	85866	67979	56951	49413	43903	39680	36329	33597	31322	29394	27736	26294	25025	23900	22893	21987	21167
9	*20889*	*11370*	80955	64091	53694	46587	41392	37411	34251	31676	29531	27713	26150	24790	23594	22533	21584	20730	19956
10	*19817*	*10787*	76801	60802	50939	44196	39268	35491	32494	30050	28015	26291	24808	23518	22383	21377	20476	19666	18932
11	*18894*	*10285*	73227	57973	48568	42140	37440	33839	30982	28652	26712	25067	23654	22423	21342	20382	19524	18751	18051
12	*18090*	98470	70109	55504	46500	40346	35846	32399	29663	27432	25574	24000	22647	21469	20433	19514	18692	17953	17283
13	*17380*	94607	67359	53327	44676	38763	34440	31128	28499	26356	24571	23059	21758	20626	19631	18748	17959	17248	16605
14	*16748*	91165	64909	51387	43051	37353	33187	29995	27462	25397	23677	22220	20967	19876	18917	18066	17306	16621	16001
15	*16180*	88074	62708	49645	41591	36086	32062	28978	26531	24536	22874	21466	20256	19202	18276	17454	16719	16057	15458
16	*15666*	85277	60716	48068	40271	34940	31044	28058	25689	23757	22148	20785	19613	18592	17695	16900	16188	15547	14967
17	*15199*	82731	58904	46633	39068	33897	30117	27220	24922	23048	21487	20164	19027	18037	17167	16395	15705	15083	14520
18	*14770*	80400	57244	45319	37967	32942	29269	26453	24219	22398	20881	19596	18491	17529	16683	15933	15262	14658	14111
19	*14376*	78256	55717	44110	36955	32063	28488	25748	23573	21801	20325	19073	17998	17062	16238	15508	14855	14267	13735
20	*14012*	76274	54306	42994	36019	31252	27767	25096	22977	21249	19810	18590	17542	16630	15827	15115	14479	13906	13387
21	*13675*	74436	52998	41957	35151	30498	27097	24491	22423	20737	19332	18142	17119	16229	15446	14751	14130	13571	13064
22	*13360*	72725	51779	40993	34343	29797	26474	23928	21907	20260	18888	17725	16726	15856	15091	14412	13805	13259	12764
23	*13067*	71126	50641	40092	33588	29142	25892	23402	21426	19815	18473	17336	16358	15507	14759	14095	13502	12967	12483
24	*12792*	69628	49575	39248	32881	28529	25347	22909	20975	19397	18084	16971	16014	15181	14448	13799	13218	12694	12220
25	*12533*	68222	48573	38455	32216	27952	24835	22446	20551	19006	17718	16628	15690	14874	14156	13520	12950	12438	11974
26	*12290*	66897	47630	37708	31591	27409	24353	22011	20152	18637	17374	16305	15385	14585	13881	13257	12699	12196	11741
27	*12060*	65646	46740	37003	31000	26897	23898	21599	19775	18288	17050	16000	15098	14312	13622	13009	12462	11968	11522
28	*11843*	64463	45897	36336	30442	26412	23467	21210	19419	17959	16742	15712	14826	14055	13377	12775	12237	11753	11314
29	*11637*	63342	45099	35704	29912	25953	23059	20841	19081	17646	16451	15439	14568	13810	13144	12553	12024	11548	11117
30	*11441*	62278	44341	35104	29409	25517	22671	20491	18760	17350	16175	15179	14323	13578	12923	12342	11822	11354	10930
31	*11255*	61265	43620	34533	28931	25102	22303	20158	18455	17068	15912	14932	14090	13357	12713	12141	11630	11170	10753
32	*11078*	60300	42932	33989	28476	24707	21951	19840	18165	16799	15661	14697	13868	13147	12513	11950	11447	10994	10583
33	*10909*	59379	42277	33470	28041	24329	21616	19537	17887	16542	15422	14473	13656	12946	12322	11767	11272	10826	10422
34	*10747*	58500	41651	32975	27625	23969	21296	19248	17622	16297	15193	14258	13454	12754	12139	11593	11105	10665	10267
35	*10592*	57658	41052	32500	27228	23624	20990	18971	17369	16063	14975	14053	13261	12571	11964	11426	10945	10512	10120
36	*10444*	56851	40478	32046	26847	23294	20696	18705	17126	15838	14765	13856	13075	12395	11797	11266	10792	10365	*99781*
37	*10302*	56078	39927	31610	26482	22977	20414	18451	16893	15623	14565	13668	12897	12226	11636	11113	10645	10224	*98424*
38	*10166*	55335	39398	31191	26131	22672	20144	18206	16669	15416	14372	13487	12726	12064	11482	10966	10504	10089	*97120*
39	*10035*	54621	38890	30788	25794	22380	19884	17972	16454	15217	14186	13313	12562	11909	11334	10824	10369	*99583*	*95867*
40	99083	53934	38400	30401	25469	22098	19634	17745	16247	15025	14008	13145	12404	11759	11192	10688	10238	*98331*	*94661*
41	97867	53272	37929	30028	25157	21827	19393	17528	16048	14841	13836	12984	12252	11615	11054	10557	10113	*97124*	*93499*
42	96695	52634	37475	29668	24856	21566	19161	17318	15855	14663	13670	12829	12105	11476	10922	10431	*99915*	*95961*	*92380*
43	95564	52019	37037	29321	24565	21313	18937	17115	15670	14492	13510	12679	11964	11341	10794	10309	*98746*	*94839*	*91299*
44	94472	51424	36613	28986	24284	21070	18720	16920	15491	14326	13356	12534	11827	11212	10671	10191	*97618*	*93755*	*90256*
45	93416	50849	36204	28662	24013	20834	18511	16731	15318	14166	13207	12394	11695	11086	10552	10077	*96527*	*92707*	*89247*
46	92395	50294	35809	28349	23750	20607	18309	16548	15150	14011	13062	12258	11567	10965	10436	*99668*	*95472*	*91694*	*88272*
47	91407	49756	35426	28046	23496	20386	18113	16371	14988	13861	12923	12127	11443	10848	10325	*98603*	*94451*	*90713*	*87328*
48	90450	49235	35055	27752	23250	20173	17923	16199	14831	13716	12787	12000	11323	10734	10216	*97570*	*93462*	*89763*	*86413*
49	89522	48730	34695	27468	23012	19966	17739	16033	14679	13575	12656	11877	11207	10624	10112	*96569*	*92503*	*88843*	*85527*
50	88623	48240	34346	27192	22780	19765	17561	15872	14532	13439	12529	11758	11095	10517	10010	*95599*	*91574*	*87950*	*84667*

Erläuterungen zu den Seiten 47–49

Korrektur-[1] und Vertrauensfaktoren[2] für σ

a) Die Schätzung von σ^2 durch s^2 ist biasfrei, nicht aber die Schätzung von σ durch s. Multiplikation von s mit dem Faktor k_s behebt diesen Bias.

b) Vertrauensgrenzen für σ. Die Kolonnen 3–6 geben die Vertrauensfaktoren, mit denen s zu multiplizieren ist, um die Vertrauensgrenzen zu erhalten, zwischen denen sich σ mit einer Wahrscheinlichkeit $(1 - 2\alpha)$ befindet.

Extrembereich

Es seien x_1 der kleinste, x_n der größte Wert einer Stichprobe des Umfanges n. Dann ist $(x_n - x_1)$ der Extrembereich w_n dieser Stichprobe.

Der standardisierte Extrembereich einer Stichprobe des Umfanges n aus einer Bevölkerung mit Standardabweichung σ ist

$$W_n = \frac{w_n}{\sigma} = \frac{x_n - x_1}{\sigma}$$

Bei m Stichproben des Umfanges n aus ein und derselben Bevölkerung ist der mittlere Extrembereich

$$\overline{w}_{m,n} = \frac{\sum_1^m w_n}{m} = \frac{\sum_1^m (x_n - x_1)}{m}$$

und der standardisierte mittlere Extrembereich

$$\overline{W}_{m,n} = \frac{\overline{w}_{m,n}}{\sigma} = \frac{\sum_1^m w_n}{m\sigma} = \frac{\sum_1^m (x_n - x_1)}{m\sigma}$$

Da der Extrembereich w_n nur ein Sonderfall des mittleren Extrembereiches $\overline{w}_{m,n}$ mit $m = 1$ darstellt, sprechen wir im folgenden nur vom mittleren Extrembereich.

Mittlerer Extrembereich[3] als Vielfaches von σ

Der Erwartungswert $\overline{\boldsymbol{W}}_n$ einer normalverteilten Bevölkerung mit Standardabweichung σ ist definiert

$$\overline{W}_{m,n} \xrightarrow[(m\to\infty)]{} \overline{\boldsymbol{W}}_n$$

Die Tafel gibt die Werte von $\overline{\boldsymbol{W}}_n$ der standardisierten Normalverteilung ($\sigma = 1$) als Vielfaches von σ. ($\overline{\boldsymbol{W}}_n$ wird vielerorts als d_n bezeichnet.)

σ als Bruchteil des mittleren Extrembereiches[4]

Der Quotient

$$\frac{\overline{w}_{m,n}}{\overline{\boldsymbol{W}}_n} = \overline{w}_{m,n} \times \boldsymbol{A}_n$$

ergibt eine biasfreie Schätzung von σ. Diese Schätzung verbessert sich mit wachsendem m, verschlechtert sich aber schnell mit wachsendem n der einzelnen Stichproben. Sie besitzt auch eine größere Streuung als s.

Bei kleinen Stichproben hingegen, bei n zwischen 5 und 10, besteht zwischen den beiden Schätzungen praktisch kein Unterschied, auch schon für $m = 1$.

σ_μ als Bruchteil des mittleren Extrembereiches[5]

Der Quotient

$$\frac{\overline{w}_{m,n}}{\overline{\boldsymbol{W}}_n \sqrt{m\,n}} = \overline{w}_{m,n} \times \boldsymbol{A}_{m,n}$$

ergibt auf Grund des Stichprobenumfanges $m\,n = N$ eine biasfreie Schätzung der Standardabweichung σ_μ des Mittelwertes μ. Vgl. Text des vorhergehenden Abschnittes.

Signifikanzschranken für die Differenz zweier Mittelwerte auf Grund des Extrembereiches

Die Tafel gibt die 2α-Signifikanzschranken für u:

a) $$u = \frac{(\bar{x} - \mu)\,m}{\Sigma\,(x_n - x_1)\,\boldsymbol{A}_{m,n}}$$

b) $$u = \frac{(\bar{x}' - \bar{x}'')\,\sqrt{m'\,m''}}{[\Sigma\,(x'_n - x'_1) + \Sigma\,(x''_n - x''_1)]\,\boldsymbol{A}_{m,n}} \qquad (m = m' + m'')$$

Zu a): Ist $m = 1$, so läßt sich der Test stark vereinfachen. Vgl. S. 53.
Zu b): Ist $m' = m'' = 1$, so läßt sich der Test stark vereinfachen. Vgl. S. 53.
Im übrigen vgl. Textteil.

---

1) Berechnet nach Werten in Pearson und Hartley (Hrsg.), *Biometrika Tables for Statisticians*, Bd. 1, Cambridge University Press, Cambridge (1954). *2)* Vertrauensfaktoren berechnet nach χ^2-Werten in Pearson und Hartley, loc. cit., und nach Werten von Hald und Sinkbæk, *Skand. Aktuar Tidskr.*, **33**, 168 (1950). Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers. *3)* Werte nach Tippett, L. H. C., *Biometrika*, **17**, 364 (1925). Nachdruck mit Erlaubnis von Verfasser und Verlag. *4)* Berechnet nach den Werten von *3)*. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers. *5)* Berechnet nach den Werten von *3)*. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vgl. nächste Seite

Korrektur-[1] und Vertrauensfaktoren[2] für σ

ν	k_s	$1-2\alpha = 0{,}90$	$1-2\alpha = 0{,}95$	$1-2\alpha = 0{,}98$	$1-2\alpha = 0{,}99$
1	1,2533	0,5102–15,947	0,4463–31,910	0,3882–79,789	0,3562–159,58
2	1284	5777– 4,416	5207– 6,285	4660– 9,974	4344– 14,124
3	0854	6196– 2,920	5665– 3,729	5142– 5,111	4834– 6,468
4	0638	6493– 372	5991– 2,874	5489– 3,669	5188– 4,396
5	1,0509	0,6720– 2,089	0,6242– 2,453	0,5757– 3,003	0,5464– 3,485
6	0424	6903– 1,915	6444– 202	5974– 2,623	5688– 2,980
7	0362	7054– 797	6612– 035	6155– 377	5875– 660
8	0317	7183– 711	6755– 1,916	6310– 204	6036– 439
9	0281	7293– 645	6878– 826	6445– 076	6177– 278
10	1,0253	0,7391– 1,593	0,6987– 1,755	0,6564– 1,977	0,6301– 2,154
11	0230	7477– 551	7084– 698	6670– 898	6412– 056
12	0210	7555– 515	7171– 651	6765– 833	6512– 1,976
13	0194	7625– 485	7250– 611	6852– 779	6603– 910
14	0180	7688– 460	7321– 577	6931– 733	6686– 854
15	1,0168	0,7747– 1,437	0,7387– 1,548	0,7004– 1,694	0,6762– 1,806
16	0157	7800– 418	7448– 522	7071– 659	6833– 764
17	0148	7850– 400	7504– 499	7133– 629	6899– 727
18	0140	7896– 384	7556– 479	7191– 602	6960– 695
19	0132	7939– 370	7604– 461	7246– 578	7018– 666
20	1,0126	0,7980– 1,358	0,7651– 1,444	0,7297– 1,556	0,7071– 1,640
21	0120	8017– 346	7694– 429	7344– 536	7122– 617
22	0114	8053– 335	7734– 415	7390– 518	7170– 596
23	0109	8087– 326	7772– 403	7432– 502	7215– 576
24	0105	8118– 316	7808– 391	7473– 487	7258– 558
25	1,0100	0,8148– 1,308	0,7843– 1,380	0,7511– 1,473	0,7299– 1,542
26	0097	8177– 300	7875– 370	7548– 460	7338– 526
27	0093	8204– 293	7906– 361	7582– 448	7375– 512
28	0090	8230– 286	7936– 352	7616– 437	7410– 499
29	0087	8255– 280	7964– 344	7647– 426	7444– 487
30	1,0084	0,8279– 1,274	0,7991– 1,337	0,7678– 1,416	0,7476– 1,475
31	0081	8301– 268	8017– 329	7707– 407	7507– 464
32	0078	8323– 263	8042– 323	7735– 399	7537– 454
33	0076	8344– 258	8066– 316	7762– 390	7566– 445
34	0074	8364– 253	8089– 310	7788– 382	7594– 435
35	1,0072	0,8383– 1,248	0,8111– 1,304	0,7813– 1,375	0,7620– 1,427
36	0070	8402– 244	8132– 299	7837– 368	7646– 419
37	0068	8420– 240	8153– 294	7860– 362	7671– 411
38	0066	8437– 236	8172– 289	7882– 355	7695– 404
39	0064	8454– 232	8192– 284	7904– 349	7718– 397
40	1,0063	0,8470– 1,228	0,8210– 1,279	0,7925– 1,343	0,7740– 1,390
41	0061	8485– 225	8228– 275	7945– 338	7762– 383
42	0060	8501– 222	8245– 271	7965– 333	7783– 377
43	0058	8515– 218	8262– 267	7984– 328	7803– 372
44	0057	8529– 215	8279– 263	8002– 323	7823– 366
45	1,0056	0,8543– 1,212	0,8294– 1,260	0,8020– 1,318	0,7842– 1,361
46	0055	8556– 210	8310– 256	8038– 314	7861– 355
47	0053	8569– 207	8325– 253	8055– 309	7879– 350
48	0052	8582– 204	8339– 249	8071– 305	7897– 346
49	0051	8594– 202	8353– 246	8087– 301	7914– 341
50	1,0050	0,8606– 1,199	0,8367– 1,243	0,8103– 1,297	0,7931– 1,337
51	0049	8618– 197	8380– 240	8118– 294	7947– 332
52	0048	8629– 195	8394– 237	8133– 290	7963– 328
53	0047	8640– 192	8406– 235	8147– 287	7979– 324
54	0046	8651– 190	8419– 232	8161– 283	7994– 320
55	1,0046	0,8662– 1,188	0,8431– 1,229	0,8175– 1,280	0,8009– 1,316
56	0045	8672– 186	8443– 227	8189– 277	8023– 313
57	0044	8682– 184	8454– 224	8202– 274	8037– 309
58	0043	8692– 182	8465– 222	8215– 271	8051– 306
59	0043	8701– 180	8476– 220	8227– 268	8065– 303
60	1,0042	0,8710– 1,179	0,8487– 1,217	0,8239– 1,265	0,8078– 1,299
61	0041	8719– 177	8498– 215	8251– 262	8091– 296
62	0040	8728– 175	8508– 213	8263– 260	8103– 293
63	0040	8737– 174	8518– 211	8275– 257	8116– 290
64	0039	8746– 172	8528– 209	8286– 255	8128– 287
65	1,0039	0,8754– 1,170	0,8537– 1,207	0,8297– 1,252	0,8140– 1,285
66	0038	8762– 169	8547– 205	8308– 250	8151– 282
67	0037	8770– 167	8556– 203	8318– 248	8163– 279
68	0037	8778– 166	8565– 202	8329– 245	8174– 277
69	0036	8786– 165	8574– 200	8339– 243	8185– 274
70	1,0036	0,8793– 1,163	0,8583– 1,198	0,8349– 1,241	0,8196– 1,272
71	0035	8801– 162	8591– 197	8359– 239	8206– 269
72	0035	8808– 160	8600– 195	8368– 237	8217– 267
73	0034	8815– 159	8608– 193	8378– 235	8227– 265
74	0034	8822– 158	8616– 192	8387– 233	8237– 263
75	1,0033	0,8829– 1,157	0,8624– 1,190	0,8396– 1,231	0,8247– 1,260
76	0033	8836– 156	8632– 189	8405– 229	8256– 258
77	0033	8842– 154	8640– 187	8414– 228	8266– 256
78	0032	8849– 153	8647– 186	8422– 226	8275– 254
79	0032	8855– 152	8655– 184	8431– 224	8284– 252
80	1,0031	0,8861– 1,151	0,8662– 1,183	0,8439– 1,222	0,8293– 1,250
81	0031	8868– 150	8669– 182	8447– 221	8302– 248
82	0031	8874– 149	8676– 180	8455– 219	8311– 247
83	0030	8880– 148	8683– 179	8463– 218	8319– 245
84	0030	8885– 147	8690– 178	8471– 216	8328– 243
85	1,0030	0,8891– 1,146	0,8696– 1,177	0,8479– 1,214	0,8336– 1,241
86	0029	8897– 145	8703– 175	8486– 213	8344– 240
87	0029	8902– 144	8709– 174	8494– 211	8352– 238
88	0029	8908– 143	8716– 173	8501– 210	8360– 236
89	0028	8913– 142	8722– 172	8508– 209	8368– 235
90	1,0028	0,8919– 1,141	0,8728– 1,171	0,8515– 1,207	0,8375– 1,233
91	0028	8924– 140	8734– 170	8522– 206	8383– 231
92	0027	8929– 139	8740– 169	8529– 205	8390– 230
93	0027	8934– 138	8746– 168	8536– 203	8398– 228
94	0027	8939– 138	8752– 167	8543– 202	8405– 227
95	1,0026	0,8944– 1,137	0,8758– 1,166	0,8549– 1,201	0,8412– 1,226
96	0026	8949– 136	8764– 165	8556– 199	8419– 224
97	0026	8954– 135	8769– 164	8562– 198	8426– 223
98	0026	8959– 134	8775– 163	8569– 197	8433– 221
99	0025	8963– 134	8780– 162	8575– 196	8440– 220
100	1,0025	0,8968– 1,133	0,8785– 1,161	0,8581– 1,195	0,8446– 1,219
∞	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Mittlerer Extrembereich[3] als Vielfaches von σ

n	0	1 10	2 20	3 30	4 40	5 50	6 60	7 70	8 80	9 90
0	—	—	1,1284	1,6926	2,0588	2,3259	2,5344	2,7044	2,8472	2,9700
10	3,0775	3,1729	3,2585	3,3360	3,4068	3,4718	3,5320	3,5879	3,6401	3,6890
20	3,7350	3,7783	3,8194	3,8583	3,8954	3,9306	3,9643	3,9965	4,0274	4,0570
30	4,0855	4,1129	4,1393	4,1648	4,1894	4,2132	4,2363	4,2586	4,2802	4,3012
40	4,3216	4,3414	4,3606	4,3794	4,3976	4,4154	4,4328	4,4497	4,4662	4,4824
50	4,4982	4,5136	4,5286	4,5434	4,5578	4,5720	4,5858	4,5994	4,6127	4,6258
60	4,6386	4,6511	4,6635	4,6756	4,6875	4,6992	4,7107	4,7219	4,7331	4,7440
70	4,7547	4,7653	4,7757	4,7860	4,7960	4,8060	4,8158	4,8254	4,8349	4,8443
80	4,8536	4,8627	4,8717	4,8805	4,8893	4,8979	4,9064	4,9148	4,9231	4,9313
90	4,9394	4,9474	4,9553	4,9631	4,9708	4,9784	4,9859	4,9934	5,0007	5,0080
100	5,0152	5,0223	5,0293	5,0363	5,0432	5,0500	5,0567	5,0634	5,0700	5,0765
110	5,0830	5,0893	5,0957	5,1020	5,1082	5,1143	5,1204	5,1264	5,1324	5,1383
120	5,1442	5,1500	5,1557	5,1614	5,1671	5,1727	5,1782	5,1837	5,1892	5,1946
130	5,2000	5,2053	5,2106	5,2158	5,2210	5,2261	5,2312	5,2363	5,2413	5,2462
140	5,2512	5,2561	5,2609	5,2658	5,2705	5,2753	5,2800	5,2847	5,2893	5,2939
150	5,2985	5,3030	5,3075	5,3120	5,3165	5,3209	5,3252	5,3296	5,3339	5,3382
160	5,3424	5,3467	5,3509	5,3550	5,3592	5,3633	5,3674	5,3714	5,3755	5,3795
170	5,3834	5,3874	5,3913	5,3952	5,3991	5,4030	5,4068	5,4106	5,4144	5,4181
180	5,4219	5,4256	5,4293	5,4329	5,4366	5,4402	5,4438	5,4474	5,4509	5,4545
190	5,4580	5,4615	5,4650	5,4684	5,4719	5,4753	5,4787	5,4821	5,4854	5,4888
200	5,4921	5,4954	5,4987	5,5020	5,5052	5,5084	5,5117	5,5149	5,5180	5,5212
210	5,5244	5,5275	5,5306	5,5337	5,5368	5,5399	5,5429	5,5459	5,5490	5,5520
220	5,5550	5,5579	5,5609	5,5639	5,5668	5,5697	5,5726	5,5755	5,5784	5,5812
230	5,5841	5,5869	5,5898	5,5926	5,5954	5,5981	5,6009	5,6037	5,6064	5,6091
240	5,6119	5,6146	5,6173	5,6199	5,6226	5,6253	5,6279	5,6305	5,6332	5,6358
250	5,6384	5,6410	5,6435	5,6461	5,6487	5,6512	5,6537	5,6563	5,6588	5,6613
260	5,6638	5,6662	5,6687	5,6712	5,6736	5,6760	5,6785	5,6809	5,6833	5,6857
270	5,6881	5,6905	5,6928	5,6952	5,6975	5,6999	5,7022	5,7045	5,7068	5,7091
280	5,7114	5,7137	5,7160	5,7183	5,7205	5,7228	5,7250	5,7273	5,7295	5,7317
290	5,7339	5,7361	5,7383	5,7405	5,7427	5,7448	5,7470	5,7491	5,7513	5,7534
300	5,7555	5,7577	5,7598	5,7619	5,7640	5,7661	5,7681	5,7702	5,7723	5,7743
310	5,7764	5,7784	5,7805	5,7825	5,7845	5,7865	5,7886	5,7906	5,7926	5,7945
320	5,7965	5,7985	5,8005	5,8024	5,8044	5,8063	5,8083	5,8102	5,8121	5,8141
330	5,8160	5,8179	5,8198	5,8217	5,8236	5,8255	5,8273	5,8292	5,8311	5,8329
340	5,8348	5,8367	5,8385	5,8403	5,8422	5,8440	5,8458	5,8476	5,8494	5,8512
350	5,8530	5,8548	5,8566	5,8584	5,8602	5,8619	5,8637	5,8655	5,8672	5,8690
360	5,8707	5,8724	5,8742	5,8759	5,8776	5,8793	5,8810	5,8827	5,8844	5,8861
370	5,8878	5,8895	5,8912	5,8929	5,8945	5,8962	5,8979	5,8995	5,9012	5,9028
380	5,9045	5,9061	5,9077	5,9094	5,9110	5,9126	5,9142	5,9158	5,9174	5,9190
390	5,9206	5,9222	5,9238	5,9254	5,9270	5,9286	5,9301	5,9317	5,9333	5,9348
400	5,9364	5,9517	5,9666	5,9811	5,9952	6,0090	6,0225	6,0357	6,0485	6,0611
500	6,0734	6,0854	6,0972	6,1087	6,1200	6,1311	6,1420	6,1526	6,1631	6,1733
600	6,1834	6,1933	6,2030	6,2126	6,2219	6,2312	6,2402	6,2492	6,2579	6,2666
700	6,2751	6,2835	6,2917	6,2999	6,3079	6,3158	6,3235	6,3312	6,3388	6,3462
800	6,3536	6,3608	6,3680	6,3751	6,3820	6,3889	6,3957	6,4025	6,4091	6,4156
900	6,4221	6,4285	6,4348	6,4411	6,4473	6,4534	6,4594	6,4754	6,4713	6,4771

σ als Bruchteil des mittleren Extrembereiches[4]

n	0	1 10	2 20	3 30	4 40	5 50	6 60	7 70	8 80	9 90
0	0, —	0, —	0, 88623	0, 59082	0, 48573	0, 42994	0, 39457	0, 36977	0, 35122	0, 33670
10	32494	31517	30689	29976	29353	28803	28313	27872	27472	27108
20	26774	26467	26182	25918	25672	25441	25225	25022	24830	24649
30	24477	24314	24158	24011	23870	23735	23606	23482	23364	23249
40	23140	23034	22932	22834	22739	22648	22559	22473	22390	22310
50	22231	22155	22082	22010	21940	21872	21806	21742	21679	21618
60	21558	21500	21443	21388	21333	21280	21228	21178	21128	21079
70	21032	20985	20939	20894	20851	20807	20765	20724	20683	20643
80	20603	20565	20527	20490	20453	20417	20382	20347	20312	20279
90	20245	20213	20180	20149	20118	20087	20056	20027	19997	19968
100	19939	19911	19883	19856	19829	19802	19776	19750	19724	19699
110	19674	19649	19624	19600	19577	19553	19530	19507	19484	19462
120	19439	19418	19396	19374	19353	19332	19312	19291	19271	19251
130	19231	19211	19192	19173	19154	19135	19116	19098	19079	19061
140	19043	19026	19008	18991	18973	18956	18939	18923	18906	18890
150	18873	18857	18841	18825	18810	18794	18779	18763	18748	18733
160	18718	18703	18689	18674	18660	18645	18631	18617	18603	18589
170	18575	18562	18548	18535	18522	18508	18495	18482	18469	18457
180	18444	18431	18419	18406	18394	18382	18370	18357	18345	18334
190	18322	18310	18298	18287	18275	18264	18253	18241	18230	18219
200	18208	18197	18186	18175	18165	18154	18143	18133	18122	18112
210	18102	18091	18081	18071	18061	18051	18041	18031	18021	18012
220	18002	17992	17983	17973	17964	17954	17945	17936	17926	17917
230	17908	17899	17890	17881	17872	17863	17854	17845	17837	17828
240	17819	17811	17802	17794	17785	17777	17769	17760	17752	17744
250	17736	17727	17719	17711	17703	17695	17687	17680	17672	17664
260	17656	17648	17641	17633	17625	17618	17610	17603	17595	17588
270	17581	17573	17566	17559	17551	17544	17537	17530	17523	17516
280	17509	17502	17495	17488	17481	17474	17467	17460	17454	17447
290	17440	17433	17427	17420	17414	17407	17400	17394	17387	17381
300	17375	17368	17362	17355	17349	17343	17337	17330	17324	17318
310	17312	17306	17300	17294	17287	17281	17275	17270	17264	17258
320	17252	17246	17240	17234	17228	17223	17217	17211	17205	17200
330	17194	17188	17183	17177	17172	17166	17160	17155	17149	17144
340	17139	17133	17128	17122	17117	17112	17106	17101	17096	17090
350	17085	17080	17075	17070	17064	17059	17054	17049	17044	17039
360	17034	17029	17024	17019	17014	17009	17004	16999	16994	16989
370	16984	16979	16974	16970	16965	16960	16955	16951	16946	16941
380	16936	16932	16927	16922	16918	16913	16908	16904	16899	16895
390	16890	16886	16881	16876	16872	16868	16863	16859	16854	16850
400	16845	16802	16760	16719	16680	16642	16604	16568	16533	16499
500	16465	16433	16401	16370	16340	16310	16281	16253	16226	16199
600	16172	16146	16121	16096	16072	16048	16025	16002	15980	15958
700	15936	15915	15894	15873	15853	15833	15814	15795	15776	15757
800	15739	15721	15704	15686	15669	15652	15636	15619	15603	15587
900	15571	15556	15540	15525	15510	15496	15481	15443	15453	15439

Noten *1*) bis *4*) siehe nächste Seite.

Toleranzfaktoren (Fortsetzung)

Toleranzfaktor[1] k_γ zur Bestimmung des Toleranzbereiches $\bar{x} \pm k_\gamma s$. $\beta_p = (1 - 2\alpha_p)$ = Toleranzwahrscheinlichkeit; $\beta_t = (1 - 2\alpha_t)$ = Vertrauenswahrscheinlichkeit; N = Umfang der Stichprobe, aus der $\bar{x}$ und s berechnet wurden

	$\beta_t = 0{,}75$					$\beta_t = 0{,}90$					$\beta_t = 0{,}95$					$\beta_t = 0{,}99$				
β_p	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999
N																				
100	1,218	1,742	2,075	2,727	3,484	1,275	1,822	2,172	2,854	3,646	1,311	1,874	2,233	2,934	3,748	1,383	1,977	2,355	3,096	3,954
101	1,218	1,741	2,075	2,726	3,483	1,274	1,821	2,170	2,852	3,644	1,310	1,872	2,231	2,932	3,746	1,381	1,975	2,353	3,092	3,950
102	1,217	1,741	2,074	2,726	3,482	1,273	1,820	2,169	2,851	3,642	1,309	1,871	2,230	2,930	3,743	1,380	1,973	2,351	3,089	3,946
104	1,217	1,739	2,073	2,724	3,480	1,272	1,818	2,167	2,848	3,638	1,307	1,869	2,227	2,926	3,738	1,377	1,969	2,346	3,083	3,939
106	1,216	1,738	2,071	2,722	3,477	1,270	1,816	2,164	2,845	3,634	1,305	1,866	2,224	2,922	3,733	1,374	1,965	2,342	3,077	3,931
108	1,215	1,737	2,070	2,721	3,475	1,269	1,815	2,162	2,842	3,630	1,303	1,864	2,221	2,918	3,728	1,372	1,962	2,337	3,072	3,924
110	1,214	1,736	2,069	2,719	3,473	1,268	1,813	2,160	2,839	3,626	1,302	1,861	2,218	2,915	3,723	1,369	1,958	2,333	3,066	3,917
112	1,214	1,735	2,068	2,717	3,471	1,267	1,811	2,158	2,836	3,623	1,300	1,859	2,215	2,911	3,719	1,367	1,955	2,329	3,061	3,910
114	1,213	1,734	2,067	2,716	3,469	1,265	1,809	2,156	2,833	3,619	1,299	1,857	2,212	2,908	3,714	1,365	1,951	2,325	3,056	3,904
116	1,212	1,733	2,065	2,714	3,468	1,264	1,808	2,154	2,831	3,616	1,297	1,855	2,210	2,904	3,710	1,363	1,948	2,321	3,051	3,897
118	1,212	1,733	2,064	2,713	3,466	1,263	1,806	2,152	2,828	3,613	1,296	1,852	2,207	2,901	3,706	1,360	1,945	2,318	3,046	3,891
120	1,211	1,732	2,063	2,712	3,464	1,262	1,804	2,150	2,826	3,610	1,294	1,850	2,205	2,898	3,702	1,358	1,942	2,314	3,041	3,885
122	1,210	1,731	2,062	2,710	3,462	1,261	1,803	2,148	2,823	3,607	1,293	1,848	2,203	2,895	3,698	1,356	1,939	2,311	3,037	3,879
124	1,210	1,730	2,061	2,709	3,461	1,260	1,801	2,147	2,821	3,604	1,291	1,847	2,200	2,892	3,694	1,354	1,936	2,307	3,032	3,873
126	1,209	1,729	2,060	2,708	3,459	1,259	1,800	2,145	2,819	3,601	1,290	1,845	2,198	2,889	3,690	1,352	1,934	2,304	3,028	3,868
128	1,209	1,728	2,060	2,707	3,458	1,258	1,799	2,143	2,816	3,598	1,289	1,843	2,196	2,886	3,686	1,350	1,931	2,301	3,024	3,862
130	1,208	1,728	2,059	2,705	3,456	1,257	1,797	2,141	2,814	3,595	1,288	1,841	2,194	2,883	3,683	1,349	1,928	2,298	3,019	3,857
132	1,208	1,727	2,058	2,704	3,455	1,256	1,796	2,140	2,812	3,592	1,286	1,839	2,192	2,880	3,679	1,347	1,926	2,295	3,015	3,852
134	1,207	1,726	2,057	2,703	3,453	1,255	1,795	2,138	2,810	3,590	1,285	1,838	2,190	2,878	3,676	1,345	1,923	2,292	3,012	3,847
136	1,207	1,725	2,056	2,702	3,452	1,254	1,793	2,137	2,808	3,587	1,284	1,836	2,188	2,865	3,673	1,343	1,921	2,289	3,008	3,842
138	1,206	1,725	2,055	2,701	3,450	1,253	1,792	2,135	2,806	3,585	1,283	1,834	2,186	2,873	3,669	1,342	1,918	2,286	3,004	3,837
140	1,206	1,724	2,054	2,700	3,449	1,252	1,791	2,134	2,804	3,582	1,282	1,833	2,184	2,870	3,666	1,340	1,916	2,283	3,000	3,833
142	1,205	1,723	2,054	2,699	3,448	1,252	1,790	2,132	2,802	3,580	1,281	1,831	2,182	2,868	3,663	1,338	1,914	2,280	2,997	3,828
144	1,205	1,723	2,053	2,698	3,446	1,251	1,788	2,131	2,801	3,578	1,280	1,830	2,180	2,865	3,660	1,337	1,912	2,278	2,993	3,824
146	1,204	1,722	2,052	2,697	3,445	1,250	1,787	2,130	2,799	3,575	1,279	1,828	2,178	2,863	3,657	1,335	1,909	2,275	2,990	3,820
148	1,204	1,722	2,051	2,696	3,444	1,249	1,786	2,128	2,797	3,573	1,278	1,827	2,177	2,861	3,654	1,334	1,907	2,273	2,987	3,815
150	1,204	1,721	2,051	2,695	3,443	1,248	1,785	2,127	2,795	3,571	1,277	1,825	2,175	2,859	3,652	1,332	1,905	2,270	2,983	3,811
152	1,203	1,720	2,050	2,694	3,441	1,248	1,784	2,126	2,794	3,569	1,276	1,824	2,173	2,856	3,649	1,331	1,903	2,268	2,980	3,807
154	1,203	1,720	2,049	2,693	3,440	1,247	1,783	2,125	2,792	3,567	1,275	1,823	2,172	2,854	3,646	1,330	1,901	2,265	2,977	3,803
156	1,202	1,719	2,049	2,692	3,439	1,246	1,782	2,123	2,791	3,565	1,274	1,821	2,170	2,852	3,644	1,328	1,899	2,263	2,974	3,799
158	1,202	1,719	2,048	2,691	3,438	1,246	1,781	2,122	2,789	3,563	1,273	1,820	2,169	2,850	3,641	1,327	1,897	2,261	2,971	3,796
160	1,202	1,718	2,047	2,691	3,437	1,245	1,780	2,121	2,787	3,561	1,272	1,819	2,167	2,848	3,638	1,326	1,896	2,259	2,968	3,792
162	1,201	1,718	2,047	2,690	3,436	1,244	1,779	2,120	2,786	3,559	1,271	1,818	2,166	2,846	3,636	1,324	1,894	2,256	2,965	3,788
164	1,201	1,717	2,046	2,689	3,435	1,244	1,778	2,119	2,785	3,557	1,270	1,816	2,164	2,844	3,634	1,323	1,892	2,254	2,963	3,785
166	1,201	1,717	2,045	2,688	3,434	1,243	1,777	2,118	2,783	3,555	1,269	1,815	2,163	2,843	3,631	1,322	1,890	2,252	2,960	3,781
168	1,200	1,716	2,045	2,687	3,433	1,242	1,776	2,117	2,782	3,553	1,269	1,814	2,162	2,841	3,629	1,321	1,888	2,250	2,957	3,778
170	1,200	1,716	2,044	2,687	3,432	1,242	1,775	2,116	2,780	3,552	1,268	1,813	2,160	2,839	3,627	1,320	1,887	2,248	2,955	3,774
172	1,199	1,715	2,044	2,686	3,431	1,241	1,775	2,115	2,779	3,550	1,267	1,812	2,159	2,837	3,624	1,318	1,885	2,246	2,952	3,771
174	1,199	1,715	2,043	2,685	3,430	1,240	1,774	2,114	2,778	3,548	1,266	1,811	2,158	2,835	3,622	1,317	1,884	2,244	2,950	3,768
176	1,199	1,714	2,043	2,684	3,429	1,240	1,773	2,113	2,776	3,547	1,266	1,810	2,156	2,834	3,620	1,316	1,882	2,243	2,947	3,765
178	1,199	1,714	2,042	2,684	3,428	1,239	1,772	2,112	2,775	3,545	1,265	1,809	2,155	2,832	3,618	1,315	1,880	2,241	2,945	3,762
180	1,198	1,713	2,042	2,683	3,427	1,239	1,771	2,111	2,774	3,543	1,264	1,808	2,154	2,831	3,616	1,314	1,879	2,239	2,942	3,759
185	1,197	1,712	2,040	2,681	3,425	1,237	1,769	2,108	2,771	3,539	1,262	1,805	2,151	2,827	3,611	1,311	1,875	2,234	2,937	3,751
190	1,197	1,711	2,039	2,680	3,423	1,236	1,767	2,106	2,768	3,536	1,261	1,803	2,148	2,823	3,606	1,309	1,872	2,230	2,931	3,744
195	1,196	1,710	2,038	2,678	3,421	1,235	1,766	2,104	2,765	3,532	1,259	1,800	2,145	2,819	3,601	1,307	1,868	2,226	2,926	3,738
200	1,195	1,709	2,037	2,677	3,419	1,234	1,764	2,102	2,762	3,529	1,258	1,798	2,143	2,816	3,597	1,304	1,865	2,222	2,921	3,731
205	1,195	1,708	2,036	2,675	3,418	1,233	1,762	2,100	2,760	3,526	1,256	1,796	2,140	2,812	3,593	1,302	1,862	2,219	2,916	3,725
210	1,194	1,708	2,035	2,674	3,416	1,231	1,761	2,098	2,757	3,522	1,255	1,794	2,138	2,809	3,589	1,300	1,859	2,215	2,911	3,719
215	1,194	1,707	2,034	2,673	3,414	1,230	1,759	2,096	2,755	3,519	1,253	1,792	2,135	2,806	3,585	1,298	1,856	2,212	2,907	3,713
220	1,193	1,706	2,033	2,671	3,413	1,229	1,758	2,095	2,753	3,516	1,252	1,790	2,133	2,803	3,581	1,296	1,854	2,209	2,903	3,708
225	1,192	1,705	2,032	2,670	3,411	1,228	1,756	2,093	2,750	3,514	1,251	1,788	2,131	2,800	3,577	1,294	1,851	2,205	2,898	3,703
230	1,192	1,704	2,031	2,669	3,409	1,227	1,755	2,091	2,748	3,511	1,249	1,787	2,129	2,798	3,574	1,293	1,848	2,202	2,894	3,697
235	1,191	1,704	2,030	2,668	3,408	1,226	1,754	2,090	2,746	3,508	1,248	1,785	2,127	2,795	3,571	1,291	1,846	2,199	2,890	3,692
240	1,191	1,703	2,029	2,667	3,407	1,226	1,752	2,088	2,744	3,506	1,247	1,783	2,125	2,792	3,567	1,289	1,843	2,197	2,887	3,688
245	1,190	1,702	2,028	2,666	3,405	1,225	1,751	2,087	2,742	3,503	1,246	1,782	2,123	2,790	3,564	1,288	1,841	2,194	2,883	3,683
250	1,190	1,702	2,028	2,665	3,404	1,224	1,750	2,085	2,740	3,501	1,245	1,780	2,121	2,788	3,561	1,286	1,839	2,191	2,880	3,678
255	1,190	1,701	2,027	2,664	3,403	1,223	1,749	2,084	2,739	3,499	1,244	1,779	2,119	2,785	3,558	1,284	1,837	2,189	2,876	3,674
260	1,189	1,700	2,026	2,663	3,401	1,222	1,748	2,083	2,737	3,496	1,243	1,777	2,118	2,783	3,555	1,283	1,835	2,186	2,873	3,670
265	1,189	1,700	2,025	2,662	3,400	1,222	1,747	2,081	2,735	3,494	1,242	1,776	2,116	2,781	3,552	1,282	1,833	2,184	2,870	3,666
270	1,188	1,699	2,025	2,661	3,399	1,221	1,746	2,080	2,734	3,492	1,241	1,774	2,114	2,779	3,550	1,280	1,831	2,181	2,867	3,662
275	1,188	1,699	2,024	2,660	3,398	1,220	1,745	2,079	2,732	3,490	1,240	1,773	2,113	2,777	3,547	1,279	1,829	2,179	2,864	3,658
280	1,188	1,698	2,023	2,659	3,397	1,219	1,744	2,078	2,730	3,488	1,239	1,772	2,111	2,775	3,544	1,278	1,827	2,177	2,861	3,655
285	1,187	1,698	2,023	2,658	3,396	1,219	1,743	2,076	2,729	3,486	1,238	1,771	2,110	2,773	3,542	1,276	1,825	2,175	2,858	3,651
290	1,187	1,697	2,022	2,658	3,395	1,218	1,742	2,075	2,727	3,484	1,237	1,769	2,108	2,771	3,540	1,275	1,823	2,173	2,855	3,647
295	1,186	1,697	2,022	2,657	3,394	1,217	1,741	2,074	2,726	3,482	1,237	1,768	2,107	2,769	3,537	1,274	1,822	2,170	2,853	3,644
300	1,186	1,696	2,021	2,656	3,393	1,217	1,740	2,073	2,725	3,481	1,236	1,767	2,106	2,767	3,535	1,273	1,820	2,169	2,850	3,641
310	1,185	1,695	2,020	2,655	3,391	1,216	1,738	2,071	2,722	3,477	1,234	1,765	2,103	2,764	3,531	1,271	1,817	2,165	2,845	3,634
320	1,185	1,694	2,019	2,653	3,389	1,215	1,737	2,069	2,719	3,474	1,233	1,763	2,100	2,760	3,526	1,268	1,814	2,161	2,840	3,628
330	1,184	1,693	2,018	2,652	3,388	1,213	1,735	2,067	2,717	3,471	1,231	1,761	2,098	2,757	3,522	1,266	1,811	2,158	2,836	3,623
340	1,184	1,693	2,017	2,651	3,386	1,212	1,734	2,066	2,715	3,468	1,230	1,759	2,096	2,754	3,519	1,265	1,808	2,154	2,831	3,617
350	1,183	1,692	2,016	2,649	3,384	1,211	1,732	2,064	2,713	3,465	1,229	1,757	2,094	2,752	3,515	1,263	1,805	2,151	2,827	3,612
360	1,183	1,691	2,015	2,648	3,383	1,210	1,731	2,062	2,710	3,463	1,228	1,755	2,092	2,749	3,512	1,261	1,803	2,148	2,823	3,607
370	1,182	1,690	2,014	2,647	3,382	1,210	1,730	2,061	2,708	3,460	1,227	1,754	2,090	2,746	3,508	1,259	1,801	2,146	2,820	3,602
380	1,182	1,690	2,013	2,646	3,380	1,209	1,728	2,059	2,707	3,458	1,225	1,752	2,088	2,744	3,505	1,258	1,798	2,143	2,816	3,598
390	1,181	1,689	2,013	2,645	3,379	1,208	1,727	2,058	2,705	3,455	1,224	1,751	2,086	2,742	3,502	1,256	1,796	2,140	2,813	3,593
400	1,181	1,688	2,012	2,644	3,378	1,207	1,726	2,057	2,703	3,453	1,223	1,749	2,084	2,739	3,499	1,255	1,794	2,138	2,809	3,589
425	1,180	1,687	2,010	2,642	3,375	1,205	1,723	2,054	2,699	3,448	1,221	1,746	2,080	2,734	3,492	1,251	1,789	2,132	2,802	3,579
450	1,179	1,686	2,009	2,640	3,372	1,204	1,721	2,051	2,695	3,443	1,219	1,743	2,077	2,729	3,486	1,248	1,785	2,127	2,795	3,570
475	1,178	1,685	2,007	2,638	3,370	1,202	1,719	2,048	2,692	3,438	1,217	1,740	2,073	2,725	3,481	1,245	1,781	2,122	2,788	3,562
500	1,177	1,683	2,006	2,636	3,368	1,201	1,717	2,046	2,689	3,434	1,215	1,737	2,070	2,721	3,475	1,243	1,777	2,117	2,783	3,555
525	1,177	1,682	2,005	2,635	3,366	1,199	1,715	2,043	2,686	3,431	1,213	1,735	2,067	2,717	3,471	1,240	1,773	2,113	2,777	3,548
550	1,176	1,681	2,004	2,633	3,364	1,198	1,713	2,041	2,683	3,427	1,212	1,733	2,065	2,713	3,466	1,238	1,770	2,109	2,772	3,541
575	1,175	1,681	2,003	2,632	3,362	1,197	1,712	2,039	2,680	3,424	1,210	1,731	2,062	2,710	3,462	1,236	1,767	2,106	2,767	3,535
600	1,175	1,680	2,002	2,631	3,360	1,196	1,710	2,038	2,678	3,421	1,209	1,729	2,060	2,707	3,458	1,234	1,764	2,102	2,763	3,530
625	1,174	1,679	2,001	2,629	3,359	1,195	1,709	2,036	2,676	3,418	1,208	1,727	2,058	2,704	3,455	1,232	1,762	2,099	2,759	3,525
650	1,174	1,678	2,000	2,628	3,357	1,194	1,707	2,034	2,674	3,416	1,207	1,725	2,056	2,702	3,451	1,230	1,759	2,096	2,755	3,520
675	1,173	1,678	1,999	2,627	3,356	1,193	1,706	2,033	2,672	3,413	1,205	1,724	2,054	2,699	3,448	1,229	1,757	2,094	2,752	3,515
700	1,173	1,677	1,998	2,626	3,355	1,192	1,705	2,032	2,670	3,411	1,204	1,722	2,052	2,697	3,445	1,227	1,755	2,091	2,748	3,511
725	1,172	1,676	1,998	2,625	3,354	1,192	1,704	2,030	2,668	3,408	1,203	1,721	2,050	2,694	3,442	1,226	1,753	2,089	2,745	3,507
750	1,172	1,676	1,997	2,624	3,352	1,191	1,703	2,029	2,667	3,406	1,202	1,719	2,049	2,692	3,439	1,225	1,751	2,086	2,742	3,503
800	1,171	1,675	1,996	2,623	3,350	1,189	1,701	2,027	2,663	3,402	1,201	1,717	2,046	2,688	3,434	1,222	1,747	2,082	2,736	3,495
850	1,171	1,674	1,994	2,621	3,348	1,188	1,699	2,025	2,661	3,399	1,199	1,714	2,043	2,685	3,430	1,220	1,744	2,078	2,731	3,489
900	1,170	1,673	1,993	2,620	3,347	1,187	1,697	2,023	2,658	3,396	1,198	1,712	2,040	2,682	3,426	1,218	1,741	2,075	2,726	3,483
950	1,169	1,672	1,992	2,619	3,345	1,186	1,696	2,021	2,656	3,393	1,196	1,710	2,038	2,679	3,422	1,216	1,738	2,071	2,722	3,477
1000	1,169	1,671	1,992	2,617	3,344	1,185	1,695	2,019	2,654	3,390	1,195	1,709	2,036	2,676	3,418	1,214	1,736	2,068	2,718	3,472
∞	1,150	1,645	1,960	2,576	3,291	1,150	1,645	1,960	2,576	3,291	1,150	1,645	1,960	2,576	3,291	1,150	1,645	1,960	2,576	3,291

1) Nach Bowker, A. H., in: Eisenhart et al. (Hrsg.), *Selected Techniques of Statistical Analysis for Scientific and Industrial Research and Production and Management Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York und London (1947), S. 102. Mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers und des Verlages.

Normalverteilung

Toleranzfaktoren

Toleranzfaktor[1] k_γ zur Bestimmung des Toleranzbereiches $\bar{x} \pm k_\gamma s$. $\beta_p = (1 - 2\alpha_p)$ = Toleranzwahrscheinlichkeit; $\beta_t = (1 - 2\alpha_t)$ = Vertrauenswahrscheinlichkeit; N = Umfang der Stichprobe, aus der $\bar{x}$ und s berechnet wurden

	$\beta_t = 0{,}75$					$\beta_t = 0{,}90$					$\beta_t = 0{,}95$					$\beta_t = 0{,}99$				
β_p	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999
N																				
2	4,498	6,301	7,414	9,531	11,920	11,407	15,978	18,800	24,167	30,227	22,858	32,019	37,674	48,430	60,573	114,363	160,193	188,491	242,300	303,054
3	2,501	3,538	4,187	5,431	6,844	4,132	5,847	6,919	8,974	11,309	5,922	8,380	9,916	12,861	16,208	13,378	18,930	22,401	29,055	36,616
4	2,035	2,892	3,431	4,471	5,657	2,932	4,166	4,943	6,440	8,149	3,779	5,369	6,370	8,299	10,502	6,614	9,398	11,150	14,527	18,383
5	1,825	2,599	3,088	4,033	5,117	2,454	3,494	4,152	5,423	6,879	3,002	4,275	5,079	6,634	8,415	4,643	6,612	7,855	10,260	13,015
6	1,704	2,429	2,889	3,779	4,802	2,196	3,131	3,723	4,870	6,188	2,604	3,712	4,414	5,775	7,337	3,743	5,337	6,345	8,301	10,548
7	1,624	2,318	2,757	3,611	4,593	2,034	2,902	3,452	4,521	5,750	2,361	3,369	4,007	5,248	6,676	3,233	4,613	5,488	7,187	9,142
8	1,568	2,238	2,663	3,491	4,444	1,921	2,743	3,264	4,278	5,446	2,197	3,136	3,732	4,891	6,226	2,905	4,147	4,936	6,468	8,234
9	1,525	2,178	2,593	3,400	4,330	1,839	2,626	3,125	4,098	5,220	2,078	2,967	3,532	4,631	5,899	2,677	3,822	4,550	5,966	7,600
10	1,492	2,131	2,537	3,328	4,241	1,775	2,535	3,018	3,959	5,046	1,987	2,839	3,379	4,433	5,649	2,508	3,582	4,265	5,594	7,129
11	1,465	2,093	2,493	3,271	4,169	1,724	2,463	2,933	3,849	4,906	1,916	2,737	3,259	4,277	5,452	2,378	3,397	4,045	5,308	6,766
12	1,443	2,062	2,456	3,223	4,110	1,683	2,404	2,863	3,758	4,792	1,858	2,655	3,162	4,150	5,291	2,274	3,250	3,870	5,079	6,477
13	1,425	2,036	2,424	3,183	4,059	1,648	2,355	2,805	3,682	4,697	1,810	2,587	3,081	4,044	5,158	2,190	3,130	3,727	4,893	6,240
14	1,409	2,013	2,398	3,148	4,016	1,619	2,314	2,756	3,618	4,615	1,770	2,529	3,012	3,955	5,045	2,120	3,029	3,608	4,737	6,043
15	1,395	1,994	2,375	3,118	3,979	1,594	2,278	2,713	3,562	4,545	1,735	2,480	2,954	3,878	4,949	2,060	2,945	3,507	4,605	5,876
16	1,383	1,977	2,355	3,092	3,946	1,572	2,246	2,676	3,514	4,484	1,705	2,437	2,903	3,812	4,865	2,009	2,872	3,421	4,492	5,732
17	1,372	1,962	2,337	3,069	3,917	1,552	2,219	2,643	3,471	4,430	1,679	2,400	2,858	3,754	4,791	1,965	2,808	3,345	4,393	5,607
18	1,363	1,948	2,321	3,048	3,891	1,535	2,194	2,614	3,433	4,382	1,655	2,366	2,819	3,702	4,725	1,926	2,753	3,279	4,307	5,497
19	1,355	1,936	2,307	3,030	3,867	1,520	2,172	2,588	3,399	4,339	1,635	2,337	2,784	3,656	4,667	1,891	2,703	3,221	4,230	5,399
20	1,347	1,925	2,294	3,013	3,846	1,506	2,152	2,564	3,368	4,300	1,616	2,310	2,752	3,615	4,614	1,860	2,659	3,168	4,161	5,312
21	1,340	1,915	2,282	2,998	3,827	1,493	2,135	2,543	3,340	4,264	1,599	2,286	2,723	3,577	4,567	1,833	2,620	3,121	4,100	5,234
22	1,334	1,906	2,271	2,984	3,809	1,482	2,118	2,524	3,315	4,232	1,584	2,264	2,697	3,543	4,523	1,808	2,584	3,078	4,044	5,163
23	1,328	1,898	2,261	2,971	3,793	1,471	2,103	2,506	3,292	4,203	1,570	2,244	2,673	3,512	4,484	1,785	2,551	3,040	3,993	5,098
24	1,322	1,891	2,252	2,959	3,778	1,462	2,089	2,489	3,270	4,176	1,557	2,225	2,651	3,483	4,447	1,764	2,522	3,004	3,947	5,039
25	1,317	1,883	2,244	2,948	3,764	1,453	2,077	2,474	3,251	4,151	1,545	2,208	2,631	3,457	4,413	1,745	2,494	2,972	3,904	4,985
26	1,313	1,877	2,236	2,938	3,751	1,444	2,065	2,460	3,232	4,127	1,534	2,193	2,612	3,432	4,382	1,727	2,469	2,941	3,865	4,935
27	1,309	1,871	2,229	2,929	3,740	1,437	2,054	2,447	3,215	4,106	1,523	2,178	2,595	3,409	4,353	1,711	2,446	2,914	3,828	4,888
28	1,305	1,865	2,222	2,920	3,728	1,430	2,044	2,435	3,199	4,085	1,514	2,164	2,579	3,388	4,326	1,695	2,424	2,888	3,794	4,845
29	1,301	1,860	2,216	2,911	3,718	1,423	2,034	2,424	3,184	4,066	1,505	2,152	2,564	3,368	4,301	1,681	2,404	2,864	3,763	4,805
30	1,297	1,855	2,210	2,904	3,708	1,417	2,025	2,413	3,170	4,049	1,497	2,140	2,549	3,350	4,278	1,668	2,385	2,841	3,733	4,768
31	1,294	1,850	2,204	2,896	3,699	1,411	2,017	2,403	3,157	4,032	1,489	2,129	2,536	3,332	4,256	1,656	2,367	2,820	3,706	4,732
32	1,291	1,846	2,199	2,890	3,690	1,405	2,009	2,393	3,145	4,016	1,481	2,118	2,524	3,316	4,235	1,644	2,351	2,801	3,680	4,699
33	1,288	1,842	2,194	2,883	3,682	1,400	2,001	2,385	3,133	4,001	1,475	2,108	2,512	3,300	4,215	1,633	2,335	2,782	3,655	4,668
34	1,285	1,838	2,189	2,877	3,674	1,395	1,994	2,376	3,122	3,987	1,468	2,099	2,501	3,286	4,197	1,623	2,320	2,764	3,632	4,639
35	1,283	1,834	2,185	2,871	3,667	1,390	1,988	2,368	3,112	3,974	1,462	2,090	2,490	3,272	4,179	1,613	2,306	2,748	3,611	4,611
36	1,280	1,830	2,181	2,866	3,660	1,386	1,981	2,361	3,102	3,961	1,455	2,081	2,479	3,258	4,161	1,604	2,293	2,732	3,590	4,585
37	1,278	1,827	2,177	2,860	3,653	1,381	1,975	2,353	3,092	3,949	1,450	2,073	2,470	3,246	4,146	1,595	2,281	2,717	3,571	4,560
38	1,275	1,824	2,173	2,855	3,647	1,377	1,969	2,346	3,083	3,938	1,446	2,068	2,464	3,237	4,134	1,587	2,269	2,703	3,552	4,537
39	1,273	1,821	2,169	2,850	3,641	1,374	1,964	2,340	3,075	3,927	1,441	2,060	2,455	3,226	4,120	1,579	2,257	2,690	3,534	4,514
40	1,271	1,818	2,166	2,846	3,635	1,370	1,959	2,334	3,066	3,917	1,435	2,052	2,445	3,213	4,104	1,571	2,247	2,677	3,518	4,493
41	1,269	1,815	2,162	2,841	3,629	1,366	1,954	2,328	3,059	3,907	1,430	2,045	2,437	3,202	4,090	1,564	2,236	2,665	3,502	4,472
42	1,267	1,812	2,159	2,837	3,624	1,363	1,949	2,322	3,051	3,897	1,426	2,039	2,429	3,192	4,077	1,557	2,227	2,653	3,486	4,453
43	1,266	1,810	2,156	2,833	3,619	1,360	1,944	2,316	3,044	3,888	1,422	2,033	2,422	3,183	4,065	1,551	2,217	2,642	3,472	4,434
44	1,264	1,807	2,153	2,829	3,614	1,357	1,940	2,311	3,037	3,879	1,418	2,027	2,415	3,173	4,053	1,545	2,208	2,631	3,458	4,416
45	1,262	1,805	2,150	2,826	3,609	1,354	1,935	2,306	3,030	3,871	1,414	2,021	2,408	3,165	4,042	1,539	2,200	2,621	3,444	4,399
46	1,261	1,802	2,148	2,822	3,605	1,351	1,931	2,301	3,024	3,863	1,410	2,016	2,402	3,156	4,031	1,533	2,192	2,611	3,431	4,383
47	1,259	1,800	2,145	2,819	3,600	1,348	1,927	2,297	3,018	3,855	1,406	2,011	2,396	3,148	4,021	1,527	2,184	2,602	3,419	4,367
48	1,258	1,798	2,143	2,815	3,596	1,345	1,924	2,292	3,012	3,847	1,403	2,006	2,390	3,140	4,011	1,522	2,176	2,593	3,407	4,352
49	1,256	1,796	2,140	2,812	3,592	1,343	1,920	2,288	3,006	3,840	1,399	2,001	2,384	3,133	4,002	1,517	2,169	2,584	3,396	4,337
50	1,255	1,794	2,138	2,809	3,588	1,340	1,916	2,284	3,001	3,833	1,396	1,996	2,379	3,126	3,993	1,512	2,162	2,576	3,385	4,323
51	1,253	1,792	2,135	2,806	3,584	1,338	1,913	2,279	2,995	3,826	1,393	1,992	2,373	3,119	3,984	1,507	2,155	2,568	3,374	4,310
52	1,252	1,790	2,133	2,803	3,581	1,336	1,910	2,276	2,990	3,820	1,390	1,988	2,368	3,112	3,975	1,503	2,148	2,560	3,364	4,297
53	1,251	1,789	2,131	2,801	3,577	1,334	1,907	2,272	2,985	3,813	1,387	1,984	2,363	3,106	3,967	1,498	2,142	2,552	3,354	4,284
54	1,250	1,787	2,129	2,798	3,574	1,331	1,904	2,268	2,981	3,807	1,384	1,980	2,359	3,100	3,959	1,494	2,136	2,545	3,344	4,272
55	1,249	1,785	2,127	2,795	3,571	1,329	1,901	2,265	2,976	3,801	1,382	1,976	2,354	3,094	3,951	1,490	2,130	2,538	3,335	4,260
56	1,247	1,784	2,125	2,793	3,567	1,327	1,898	2,261	2,972	3,796	1,379	1,972	2,350	3,088	3,944	1,486	2,124	2,531	3,326	4,249
57	1,246	1,782	2,123	2,790	3,564	1,325	1,895	2,258	2,967	3,790	1,377	1,968	2,345	3,082	3,937	1,482	2,119	2,524	3,318	4,238
58	1,245	1,781	2,122	2,788	3,561	1,323	1,892	2,255	2,963	3,785	1,374	1,965	2,341	3,076	3,930	1,478	2,113	2,518	3,309	4,227
59	1,244	1,779	2,120	2,786	3,558	1,322	1,890	2,252	2,959	3,779	1,372	1,961	2,337	3,071	3,923	1,474	2,108	2,512	3,301	4,216
60	1,243	1,778	2,118	2,784	3,556	1,320	1,887	2,248	2,955	3,774	1,369	1,958	2,333	3,066	3,916	1,471	2,103	2,506	3,293	4,206
61	1,242	1,776	2,117	2,781	3,553	1,318	1,885	2,245	2,951	3,769	1,367	1,955	2,329	3,061	3,909	1,467	2,098	2,500	3,285	4,196
62	1,241	1,775	2,115	2,779	3,550	1,316	1,882	2,243	2,947	3,765	1,365	1,951	2,325	3,056	3,903	1,464	2,093	2,494	3,278	4,187
63	1,240	1,774	2,113	2,777	3,548	1,315	1,880	2,240	2,944	3,760	1,363	1,948	2,322	3,051	3,897	1,461	2,089	2,489	3,271	4,178
64	1,240	1,772	2,112	2,775	3,545	1,313	1,878	2,237	2,940	3,755	1,361	1,945	2,318	3,046	3,891	1,458	2,084	2,483	3,264	4,169
65	1,239	1,771	2,110	2,773	3,543	1,312	1,875	2,235	2,937	3,751	1,359	1,943	2,315	3,042	3,886	1,455	2,080	2,478	3,257	4,160
66	1,238	1,770	2,109	2,771	3,540	1,310	1,873	2,232	2,933	3,747	1,357	1,940	2,311	3,037	3,880	1,452	2,076	2,473	3,250	4,152
67	1,237	1,769	2,108	2,770	3,538	1,309	1,871	2,229	2,930	3,742	1,355	1,937	2,308	3,033	3,874	1,449	2,071	2,468	3,244	4,143
68	1,236	1,768	2,106	2,768	3,536	1,307	1,869	2,227	2,927	3,738	1,353	1,934	2,305	3,029	3,869	1,446	2,067	2,463	3,237	4,135
69	1,235	1,766	2,105	2,766	3,533	1,306	1,867	2,225	2,923	3,734	1,351	1,932	2,302	3,025	3,864	1,443	2,063	2,459	3,231	4,127
70	1,235	1,765	2,104	2,764	3,531	1,304	1,865	2,222	2,920	3,730	1,349	1,929	2,299	3,021	3,859	1,440	2,060	2,454	3,225	4,120
71	1,234	1,764	2,102	2,763	3,529	1,303	1,863	2,220	2,917	3,727	1,347	1,927	2,296	3,017	3,854	1,438	2,056	2,450	3,219	4,112
72	1,233	1,763	2,101	2,761	3,527	1,302	1,861	2,218	2,915	3,723	1,346	1,924	2,293	3,013	3,849	1,435	2,052	2,445	3,214	4,105
73	1,233	1,762	2,100	2,760	3,525	1,300	1,859	2,216	2,912	3,719	1,344	1,922	2,290	3,009	3,844	1,433	2,049	2,441	3,208	4,098
74	1,232	1,761	2,099	2,758	3,523	1,299	1,858	2,214	2,909	3,716	1,343	1,920	2,287	3,006	3,840	1,430	2,045	2,437	3,203	4,091
75	1,231	1,760	2,098	2,757	3,521	1,298	1,856	2,211	2,906	3,712	1,341	1,917	2,285	3,002	3,835	1,428	2,042	2,433	3,197	4,084
76	1,230	1,759	2,096	2,755	3,519	1,297	1,854	2,209	2,904	3,709	1,339	1,915	2,282	2,999	3,831	1,426	2,039	2,429	3,192	4,078
77	1,230	1,758	2,095	2,754	3,517	1,296	1,853	2,207	2,901	3,706	1,338	1,913	2,279	2,996	3,826	1,423	2,035	2,425	3,187	4,071
78	1,229	1,758	2,094	2,752	3,516	1,295	1,851	2,206	2,898	3,702	1,336	1,911	2,277	2,992	3,822	1,421	2,032	2,421	3,182	4,065
79	1,229	1,757	2,093	2,751	3,514	1,293	1,849	2,204	2,896	3,699	1,335	1,909	2,274	2,989	3,818	1,419	2,029	2,418	3,177	4,059
80	1,228	1,756	2,092	2,749	3,512	1,292	1,848	2,202	2,894	3,696	1,334	1,907	2,272	2,986	3,814	1,417	2,026	2,414	3,173	4,053
81	1,227	1,755	2,091	2,748	3,510	1,291	1,846	2,200	2,891	3,693	1,332	1,905	2,270	2,983	3,810	1,415	2,023	2,411	3,168	4,047
82	1,227	1,754	2,090	2,747	3,509	1,290	1,845	2,198	2,889	3,690	1,331	1,903	2,267	2,980	3,806	1,413	2,020	2,407	3,163	4,041
83	1,226	1,753	2,089	2,746	3,507	1,289	1,843	2,196	2,887	3,687	1,329	1,901	2,265	2,977	3,803	1,411	2,017	2,404	3,159	4,035
84	1,226	1,753	2,088	2,744	3,506	1,288	1,842	2,195	2,884	3,684	1,328	1,899	2,263	2,974	3,799	1,409	2,014	2,400	3,155	4,030
85	1,225	1,752	2,087	2,743	3,504	1,287	1,841	2,193	2,882	3,682	1,327	1,897	2,261	2,971	3,795	1,407	2,012	2,397	3,150	4,024
86	1,225	1,751	2,086	2,742	3,503	1,286	1,839	2,191	2,880	3,679	1,326	1,896	2,259	2,968	3,792	1,405	2,009	2,394	3,146	4,019
87	1,224	1,750	2,086	2,741	3,501	1,285	1,838	2,190	2,878	3,676	1,324	1,894	2,257	2,966	3,788	1,403	2,007	2,391	3,142	4,014
88	1,224	1,749	2,085	2,740	3,500	1,284	1,837	2,188	2,876	3,674	1,323	1,892	2,255	2,963	3,785	1,402	2,004	2,388	3,138	4,009
89	1,223	1,749	2,084	2,738	3,498	1,284	1,835	2,187	2,874	3,671	1,322	1,890	2,253	2,960	3,781	1,400	2,001	2,385	3,134	4,004
90	1,223	1,748	2,083	2,737	3,497	1,283	1,834	2,185	2,872	3,669	1,321	1,889	2,251	2,958	3,778	1,398	1,999	2,382	3,130	3,999
91	1,222	1,747	2,082	2,736	3,495	1,282	1,833	2,184	2,870	3,666	1,320	1,887	2,249	2,955	3,775	1,396	1,997	2,379	3,127	3,994
92	1,222	1,747	2,081	2,735	3,494	1,281	1,832	2,182	2,868	3,664	1,319	1,886	2,247	2,953	3,772	1,395	1,994	2,376	3,123	3,989
93	1,221	1,746	2,081	2,734	3,493	1,280	1,830	2,181	2,866	3,661	1,318	1,884	2,245	2,950	3,769	1,393	1,992	2,373	3,119	3,985
94	1,221	1,745	2,080	2,733	3,491	1,279	1,829	2,180	2,864	3,659	1,317	1,882	2,243	2,948	3,766	1,392	1,990	2,371	3,116	3,980
95	1,220	1,745	2,079	2,732	3,490	1,278	1,828	2,178	2,863	3,657	1,315	1,881	2,241	2,945	3,763	1,390	1,987	2,368	3,112	3,976
96	1,220	1,744	2,078	2,731	3,489	1,278	1,827	2,177	2,861	3,654	1,314	1,880	2,240	2,943	3,760	1,388	1,985	2,366	3,109	3,971
97	1,219	1,743	2,077	2,730	3,488	1,277	1,826	2,175	2,859	3,652	1,313	1,878	2,238	2,941	3,757	1,387	1,983	2,363	3,105	3,967
98	1,219	1,743	2,077	2,729	3,486	1,276	1,825	2,174	2,857	3,650	1,312	1,877	2,236	2,939	3,754	1,385	1,981	2,360	3,102	3,963
99	1,219	1,742	2,076	2,728	3,485	1,275	1,824	2,173	2,856	3,648	1,311	1,875	2,234	2,936	3,751	1,384	1,979	2,358	3,099	3,958

1) Nach BOWKER, A. H., in: EISENHART et al. (Hrsg.), *Selected Techniques of Statistical Analysis for Scientific and Industrial Research and Production and Management Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York und London (1947), S. 102. Mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers und des Verlages.

Toleranzfaktoren*

$\beta_p = (1 - 2\alpha_p)$ = Toleranzwahrscheinlichkeit ; $\beta_t = (1 - 2\alpha_t)$ = Vertrauenswahrscheinlichkeit
N = Umfang der Stichprobe, aus der $\bar{x}$ und s berechnet wurden

A

N	k_3 für $(\bar{x} \pm k_3\sigma)$ β_p 0,90	0,95	0,98	0,99	k_4 für $(\bar{x} \pm k_4 s)$ 0,90	0,95	0,98	0,99	$\sqrt{\frac{N+1}{N}}$
2	2,0145	2,4005	2,8492	3,1547	7,7328	15,562	38,973	77,964	1,224745
3	1,8993	2,2632	2,6862	2,9743	3,3717	4,9683	8,042	11,460	154701
4	1,8390	2,1913	2,6009	2,8799	2,6312	3,5581	5,077	6,5303	118034
5	1,8018	2,1470	2,5484	2,8217	2,3353	3,0414	4,105	5,0435	1,095445
6	7766	1170	5127	7822	2,1764	2,7766	3,635	4,3552	080123
7	7584	0953	4870	7537	2,0774	2,6158	3,360	3,9634	069045
8	7446	0789	4675	7321	2,0095	2,5080	3,180	3,7118	060660
9	7338	0660	4522	7152	1,9601	2,4307	3,053	3,5369	054092
10	1,7251	2,0556	2,4399	2,7016	1,9226	2,3726	2,959	3,4084	1,048809
11	7180	0471	4298	6904	8931	3272	887	3,3102	044466
12	7120	0400	4213	6810	8692	2909	829	3,2326	040833
13	7069	0340	4142	6731	8496	2610	782	3,1698	037749
14	7026	0288	4080	6662	8331	2362	743	3,1180	035098
15	1,6988	2,0242	2,4026	2,6603	1,8191	2,2151	2,710	3,0744	1,032796
16	6955	0203	3979	6551	8070	1971	682	3,0374	030776
17	6925	0168	3938	6505	7965	1814	658	3,0055	028991
18	6899	0137	3901	6464	7873	1676	637	2,9776	027402
19	6876	0109	3868	6427	7791	1555	618	2,9532	025978
20	1,6855	2,0084	2,3838	2,6394	1,7718	2,1447	2,602	2,9315	1,024695
21	6836	0061	3811	6364	7653	1351	587	9123	023533
22	6818	0040	3786	6337	7594	1263	575	8950	022475
23	6802	0021	3764	6312	7540	1185	562	8794	021508
24	6788	0004	3743	6289	7492	1114	552	8652	020621
25	1,6774	1,9988	2,3724	2,6268	1,7448	2,1048	2,541	2,8523	1,019804
26	6762	9973	3707	6249	7406	0987	532	8405	019049
27	6750	9959	3690	6231	7369	0932	524	8297	018350
28	6740	9947	3675	6214	7334	0881	517	8197	017700
29	6730	9935	3661	6199	7302	0834	509	8105	017095
30	1,6720	1,9924	2,3648	2,6184	1,7272	2,0790	2,503	2,8020	1,016530
31	6712	9913	3636	6170	7245	0750	496	7940	016001
32	6704	9904	3624	6158	7218	0711	491	7866	015505
33	6696	9894	3613	6146	7194	0676	486	7797	015039
34	6689	9886	3603	6134	7171	0642	481	7732	014599
35	1,6682	1,9878	2,3593	2,6124	1,7149	2,0611	2,476	2,7671	1,014185
36	6675	9870	3584	6114	7129	0581	472	7615	013794
37	6669	9863	3576	6104	7110	0553	467	7560	013423
38	6664	9856	3568	6095	7092	0527	463	7510	013072
39	6658	9849	3560	6086	7075	0502	459	7461	012740
40	1,6653	1,9843	2,3552	2,6078	1,7058	2,0478	2,456	2,7415	1,012423
41	6648	9837	3545	6071	7043	0456	452	7373	012122
42	6643	9832	3539	6063	7028	0435	450	7332	011835
43	6639	9826	3532	6056	7014	0414	446	7293	011561
44	6634	9821	3526	6049	7001	0395	443	7257	011300
45	1,6630	1,9816	2,3521	2,6043	1,6988	2,0377	2,441	2,7220	1,011050
46	6626	9812	3515	6037	6976	0359	438	7187	010811
47	6623	9807	3510	6031	6965	0342	436	7154	010582
48	6619	9803	3505	6025	6953	0326	433	7124	010363
49	6616	9799	3500	6020	6942	0310	430	7094	010152
50	1,6612	1,9795	2,3495	2,6015	1,6933	2,0296	2,429	2,7066	1,009951
51	6609	9791	3490	6010	6923	0282	426	7039	009756
52	6606	9787	3486	6005	6913	0269	425	7014	009569
53	6603	9784	3482	6000	6904	0255	423	6989	009390
54	6600	9780	3478	5996	6896	0243	421	6965	009217
55	1,6597	1,9777	2,3474	2,5991	1,6887	2,0230	2,419	2,6942	1,009050
56	6595	9774	3470	5987	6879	0219	417	6920	008889
57	6592	9771	3467	5983	6871	0208	416	6899	008734
58	6590	9768	3463	5979	6864	0197	414	6878	008584
59	6587	9765	3460	5976	6857	0186	412	6858	008439
60	1,6585	1,9762	2,3457	2,5972	1,6850	2,0176	2,411	2,6839	1,008299
61	6583	9760	3453	5969	6843	0166	410	6820	008164
62	6581	9757	3450	5965	6837	0157	408	6803	008032
63	6579	9755	3447	5962	6830	0148	407	6785	007906
64	6577	9752	3445	5959	6824	0139	406	6769	007782
65	1,6575	1,9750	2,3442	2,5956	1,6818	2,0130	2,404	2,6753	1,007663
66	6573	9748	3439	5953	6813	0122	403	6737	007547
67	6571	9745	3436	5950	6807	0114	402	6722	007435
68	6569	9743	3434	5947	6802	0107	400	6707	007326
69	6567	9741	3431	5944	6796	0099	399	6692	007221
70	1,6566	1,9739	2,3429	2,5942	1,6791	2,0092	2,398	2,6679	1,007118
71	6564	9737	3427	5939	6786	0085	398	6666	007018
72	6562	9735	3424	5937	6781	0078	396	6653	006920
73	6561	9733	3422	5934	6777	0071	395	6640	006826
74	6559	9732	3420	5932	6772	0065	394	6628	006734
75	1,6558	1,9730	2,3418	2,5929	1,6768	2,0058	2,394	2,6616	1,006645
76	6556	9728	3416	5927	6764	0052	393	6604	006558
77	6555	9727	3414	5925	6760	0046	391	6592	006473
78	6554	9725	3412	5923	6755	0040	391	6582	006390
79	6552	9723	3410	5921	6751	0035	390	6571	006309
80	1,6551	1,9722	2,3408	2,5919	1,6747	2,0029	2,389	2,6560	1,006231
81	6550	9720	3407	5917	6743	0023	389	6550	006154
82	6549	9719	3405	5915	6740	0018	387	6540	006079
83	6547	9717	3403	5913	6737	0012	386	6530	006006
84	6546	9716	3402	5911	6734	0007	386	6521	005934
85	1,6545	1,9715	2,3400	2,5909	1,6730	2,0003	2,385	2,6512	1,005865
86	6544	9713	3398	5908	6726	1,9998	385	6503	005797
87	6543	9712	3397	5906	6723	9994	384	6494	005731
88	6542	9711	3395	5904	6720	9989	383	6485	005666
89	6541	9709	3394	5903	6717	9985	382	6476	005602
90	1,6540	1,9708	2,3392	2,5901	1,6714	1,9980	2,382	2,6468	1,005541
91	6539	9707	3391	5899	6711	9976	381	6460	005480
92	6538	9706	3390	5898	6708	9972	381	6452	005420
93	6537	9705	3388	5896	6705	9968	380	6444	005362
94	6536	9704	3387	5895	6702	9964	380	6437	005305
95	1,6535	1,9703	2,3386	2,5893	1,6699	1,9960	2,378	2,6430	1,005249
96	6534	9701	3384	5892	6697	9956	378	6423	005195
97	6533	9700	3383	5891	6694	9952	378	6416	005141
98	6532	9699	3382	5889	6692	9949	377	6409	005090
99	6531	9698	3381	5888	6689	9945	377	6402	005038
100	1,6531	1,9697	2,3380	2,5887	1,6687	1,9942	2,376	2,6396	1,004988
∞	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	1,6449	1,9600	2,326	2,5758	1,000000

B

N	k_5 für $(\bar{x} \pm k_5\sigma)$ $\beta_t = 0,95$ 0,90	0,95	$\beta_t = 0,99$ 0,95	0,99	k_6 für $(\mu \pm k_6 s)$ $\beta_t = 0,95$ 0,90	0,95	$\sqrt{\frac{N-1}{\chi^2(N-1;0,95)}}$	$\beta_t = 0,99$ 0,95	0,99	$\sqrt{\frac{N-1}{\chi^2(N-1;0,99}}$
2	2,667	3,031	3,466	4,147	26,231	31,256	15,947	156,38	205,52	79,789
3	2,415	2,776	3,132	3,813	7,263	8,654	4,4155	19,550	25,694	9,9749
4	2,265	2,626	2,933	3,614	4,803	5,723	2,9199	10,018	13,166	5,1113
5	2,165	2,525	2,797	3,478	3,902	4,650	2,3724	7,191	9,451	3,6692
6	2,093	450	698	3,370	3,437	4,095	2,0893	5,887	7,736	3,0034
7	2,038	394	620	3,301	3,151	3,754	1,9154	5,141	6,756	2,6230
8	1,995	349	558	3,238	2,956	3,522	1,7971	4,659	6,122	2,3769
9	1,961	313	507	3,186	2,814	3,354	1,7110	4,320	5,678	2,2043
10	1,932	2,283	2,465	3,143	2,706	3,225	1,6452	4,069	5,348	2,0762
11	909	258	428	3,105	620	3,122	5931	3,875	5,093	1,9771
12	889	236	397	3,073	551	3,039	5506	3,720	4,889	1,8980
13	872	218	369	3,044	492	2,970	5153	3,593	4,722	1,8332
14	856	201	345	3,018	443	2,911	4854	3,487	4,583	1,7792
15	1,843	2,186	2,324	2,996	2,401	2,861	1,4597	3,397	4,464	1,7332
16	832	174	309	976	364	817	4373	3,319	4,361	6936
17	821	162	287	958	332	778	4176	3,252	4,274	6592
18	812	153	272	941	303	744	4001	3,192	4,196	6288
19	804	143	258	926	277	714	3845	3,140	4,126	6019
20	1,796	2,134	2,245	2,912	2,254	2,686	1,3704	3,092	4,064	1,5777
21	789	127	233	899	233	661	3576	3,050	4,008	5560
22	783	120	222	887	214	638	3460	3,011	3,957	5363
23	777	113	212	876	196	617	3353	2,976	3,911	5184
24	772	107	202	866	180	598	3255	2,944	3,869	5020
25	1,767	2,101	2,193	2,856	2,165	2,580	1,3165	2,914	3,830	1,4868
26	762	096	185	847	152	564	3081	887	794	4729
27	758	092	178	839	139	548	3002	861	761	4600
28	754	087	171	831	127	534	2929	838	730	4479
29	751	083	164	823	115	521	2861	816	701	4367
30	1,747	2,079	2,158	2,816	2,105	2,508	1,2797	2,795	3,674	1,4262
31	744	075	153	810	095	496	2737	776	648	4164
32	741	072	147	803	086	485	2680	758	625	4072
33	738	069	142	797	077	475	2626	741	602	3985
34	736	066	137	792	069	465	2576	725	581	3903
35	1,733	2,063	2,132	2,786	2,061	2,455	1,2528	2,710	3,561	1,3825
36	731	060	127	781	053	446	2482	695	542	3751
37	728	057	123	776	046	438	2438	682	524	3681
38	726	055	119	772	039	430	2397	669	507	3615
39	724	053	115	767	033	422	2358	656	491	3552
40	1,722	2,051	2,112	2,763	2,026	2,415	1,2320	2,644	3,475	1,3492
41	720	048	108	759	020	408	2284	633	460	3434
42	718	046	105	755	015	401	2249	622	446	3379
43	717	044	102	752	009	394	2216	612	433	3326
44	715	042	099	748	004	388	2184	602	420	3276
45	1,714	2,040	2,096	2,745	1,999	2,382	1,2154	2,593	3,407	1,3227
46	712	039	093	742	994	376	2124	583	395	3181
47	711	037	091	738	990	371	2096	575	384	3136
48	710	036	088	735	985	365	2069	566	373	3093
49	708	034	086	732	981	360	2043	558	361	3052
50	1,707	2,033	2,083	2,729	1,977	2,355	1,2017	2,550	3,352	1,3012
51	706	031	081	727	973	351	1993	543	342	2974
52	705	030	079	724	969	346	1969	536	332	2936
53	704	029	077	722	965	341	1946	528	323	2900
54	703	028	075	719	961	337	1924	522	314	2866
55	1,702	2,026	2,073	2,717	1,958	2,333	1,1903	2,515	3,305	1,2832
56	701	025	071	714	954	329	1882	509	297	2800
57	700	024	069	712	951	325	1862	503	289	2768
58	699	023	067	710	948	321	1842	497	281	2738
59	698	022	065	708	945	317	1823	491	273	2708
60	1,697	2,021	2,064	2,706	1,942	2,314	1,1805	2,485	3,266	1,2680
61	696	020	062	704	939	310	1787	480	259	2652
62	695	019	060	702	936	307	1769	474	252	2625
63	694	018	059	700	933	303	1752	469	245	2598
64	694	017	057	698	930	300	1736	464	239	2573
65	1,693	2,016	2,056	2,696	1,928	2,297	1,1720	2,459	3,232	1,2548
66	692	016	055	695	925	294	1704	455	226	2524
67	691	015	053	693	923	291	1689	450	220	2500
68	691	014	052	692	920	288	1674	445	214	2477
69	690	013	051	690	918	285	1660	441	208	2455
70	1,689	2,012	2,049	2,689	1,916	2,282	1,1645	2,437	3,203	1,2433
71	689	012	048	687	913	280	1632	433	197	2411
72	688	011	047	686	911	277	1618	429	192	2391
73	688	010	046	684	909	275	1605	425	186	2370
74	687	010	045	683	907	272	1592	421	181	2350
75	1,686	2,009	2,044	2,681	1,905	2,270	1,1579	2,417	3,176	1,2331
76	686	009	043	680	903	267	1567	413	171	2312
77	685	008	042	679	901	265	1555	410	167	2294
78	685	007	041	678	899	263	1543	406	162	2276
79	685	007	040	677	897	260	1532	403	158	2258
80	1,684	2,006	2,039	2,676	1,895	2,258	1,1521	2,399	3,153	1,2241
81	684	006	038	674	893	256	1509	396	149	2224
82	683	005	037	673	891	254	1499	393	144	2207
83	683	004	036	672	890	252	1488	389	140	2191
84	682	004	035	671	888	250	1478	386	136	2175
85	1,682	2,004	2,034	2,670	1,886	2,248	1,1468	2,383	3,132	1,2159
86	681	003	033	669	885	246	1458	380	128	2144
87	681	002	032	668	883	244	1448	377	124	2129
88	680	002	032	667	881	242	1438	374	121	2115
89	680	002	031	666	880	240	1429	372	117	2100
90	1,680	2,001	2,030	2,665	1,878	2,238	1,1419	2,369	3,113	1,2086
91	679	000	029	664	877	236	1410	366	110	2072
92	679	000	029	664	875	235	1401	363	106	2059
93	678	000	028	663	874	233	1393	361	103	2045
94	678	1,999	027	662	873	231	1384	358	099	2032
95	1,678	1,999	2,026	2,661	1,871	2,230	1,1376	2,356	3,096	1,2019
96	677	999	026	660	870	228	1367	353	093	2007
97	677	998	025	659	868	226	1359	351	090	1994
98	677	998	024	658	867	225	1351	348	086	1982
99	677	997	024	657	866	223	1343	346	083	1970
100	1,676	1,997	2,023	2,657	1,865	2,222	1,1336	2,344	3,080	1,1958
∞	1,645	1,960	1,960	2,576	1,645	1,960	1,0000	1,960	2,576	1,0000

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vertrauensfaktoren für den Mittelwert* $\bar{x}$

Vertrauensgrenzen für μ: $\bar{x} \pm k_2 s$; k_2 ist in der Tafel gegeben; N = Umfang der Stichprobe, aus der $\bar{x}$ und s berechnet wurden

$100\,(1-2\,\alpha) = 95\%$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0			8,9845	2,4842	1,5913	1,2416	1,0494	0,9248	0,8360	0,7687
10	0,7154	0,6718	0,6354	0,6043	0,5774	0,5538	0,5329	5142	4973	4820
20	4680	4552	4434	4324	4223	4128	4039	3956	3878	3804
30	3734	3668	3605	3546	3489	3435	3384	3334	3287	3242
40	3198	3156	3116	3078	3040	3004	2970	2936	2904	2872
50	0,2842	0,2813	0,2784	0,2756	0,2730	0,2703	0,2678	0,2653	0,2629	0,2606
60	2583	2561	2540	2519	2498	2478	2458	2439	2421	2402
70	2385	2367	2350	2333	2317	2301	2285	2270	2255	2240
80	2225	2211	2197	2184	2170	2157	2144	2131	2119	2107
90	2095	2083	2071	2060	2048	2037	2026	2016	2005	1995
100	0,1984	0,1974	0,1964	0,1954	0,1945	0,1935	0,1926	0,1917	0,1908	0,1899
110	1890	1881	1872	1864	1856	1847	1839	1831	1823	1815
120	1808	1800	1792	1785	1778	1770	1763	1756	1749	1742
130	1735	1729	1722	1715	1709	1702	1696	1690	1683	1677
140	1671	1665	1659	1653	1647	1642	1636	1630	1625	1619
150	0,1614	0,1608	0,1603	0,1597	0,1592	0,1587	0,1582	0,1577	0,1571	0,1566
160	1561	1556	1552	1547	1542	1537	1533	1528	1523	1519
170	1514	1510	1505	1501	1496	1492	1488	1483	1479	1475
180	1471	1467	1463	1459	1455	1451	1447	1443	1439	1435
190	1431	1427	1424	1420	1416	1412	1409	1405	1402	1398
200	0,1394	0,1391	0,1379	0,1376	0,1372	0,1369	0,1366	0,1362	0,1359	0,1356
210	1353	1349	1346	1343	1340	1337	1334	1331	1328	1324
220	1321	1318	1315	1313	1310	1307	1304	1301	1298	1295
230	1292	1290	1287	1284	1281	1279	1276	1273	1271	1268
240	1265	1263	1260	1257	1255	1252	1250	1247	1245	1242
250	0,1240	0,1237	0,1235	0,1232	0,1230	0,1227	0,1225	0,1223	0,1220	0,1218
260	1216	1213	1211	1209	1206	1204	1202	1200	1197	1195
270	1193	1191	1188	1186	1184	1182	1180	1178	1176	1173
280	1171	1169	1167	1165	1163	1161	1159	1157	1155	1153
290	1151	1149	1147	1145	1143	1141	1139	1138	1135	1134
300	0,1132	0,1130	0,1128	0,1126	0,1124	0,1122	0,1120	0,1119	0,1117	0,1115
310	1113	1111	1110	1108	1106	1104	1103	1101	1099	1097
320	1096	1094	1092	1091	1089	1087	1086	1084	1082	1081
330	1079	1077	1076	1074	1072	1071	1069	1068	1066	1065
340	1063	1061	1060	1058	1057	1055	1054	1052	1051	1049
350	0,1048	0,1046	0,1045	0,1043	0,1042	0,1040	0,1039	0,1037	0,1036	0,1034
360	1033	1032	1030	1029	1027	1026	1025	1023	1022	1020
370	1019	1018	1016	1015	1014	1012	1011	1009	1008	1007
380	1005	1004	1003	1002	1000	0999	0998	0996	0995	0994
390	0993	0991	0990	0989	0987	0986	0985	0984	0982	0981
400	0,0980	0,0979	0,0978	0,0976	0,0975	0,0974	0,0973	0,0972	0,0970	0,0969
410	0968	0967	0966	0964	0963	0962	0961	0960	0959	0958
420	0956	0955	0954	0953	0952	0951	0950	0949	0947	0946
430	0945	0944	0943	0942	0941	0940	0939	0938	0937	0935
440	0934	0933	0932	0931	0930	0929	0928	0927	0926	0925
450	0,0924	0,0923	0,0922	0,0921	0,0920	0,0919	0,0918	0,0917	0,0916	0,0915
460	0914	0913	0912	0911	0910	0909	0908	0907	0906	0905
470	0904	0903	0902	0901	0900	0899	0898	0897	0897	0896
480	0895	0894	0893	0892	0891	0890	0889	0888	0887	0886
490	0885	0885	0884	0883	0882	0881	0880	0879	0878	0877
500	0,0877	0,0876	0,0875	0,0874	0,0873	0,0872	0,0871	0,0871	0,0870	0,0869
510	0868	0867	0866	0865	0865	0864	0863	0862	0861	0860
520	0860	0859	0858	0857	0856	0855	0855	0854	0853	0852
530	0851	0851	0850	0849	0848	0847	0847	0846	0845	0844
540	0843	0843	0842	0841	0840	0840	0839	0838	0837	0837
550	0,0836	0,0835	0,0834	0,0834	0,0833	0,0832	0,0831	0,0831	0,0830	0,0829
560	0828	0828	0827	0826	0825	0825	0824	0823	0822	0822
570	0821	0820	0820	0819	0818	0817	0817	0816	0815	0815
580	0814	0813	0812	0812	0811	0810	0810	0809	0808	0808
590	0807	0806	0806	0805	0804	0804	0803	0802	0802	0801
600	0,0800	0,0800	0,0799	0,0798	0,0798	0,0797	0,0796	0,0796	0,0795	0,0794
610	0794	0793	0792	0792	0791	0790	0790	0789	0788	0788
620	0787	0787	0786	0785	0785	0784	0783	0783	0782	0782
630	0781	0780	0780	0779	0778	0778	0777	0777	0776	0775
640	0775	0774	0774	0773	0772	0772	0771	0771	0770	0769
650	0,0769	0,0768	0,0768	0,0767	0,0766	0,0766	0,0765	0,0765	0,0764	0,0764
660	0763	0762	0762	0761	0761	0760	0760	0759	0758	0758
670	0757	0757	0756	0756	0755	0754	0754	0753	0753	0752
680	0752	0751	0751	0750	0749	0749	0748	0748	0747	0747
690	0746	0746	0745	0745	0744	0744	0743	0742	0742	0741
700	0,0741	0,0740	0,0740	0,0739	0,0739	0,0738	0,0738	0,0737	0,0737	0,0736
710	0736	0735	0735	0734	0734	0733	0733	0732	0732	0731
720	0730	0730	0729	0729	0728	0728	0727	0727	0726	0726
730	0725	0725	0724	0724	0723	0723	0723	0722	0722	0721
740	0721	0720	0720	0719	0719	0718	0718	0717	0717	0716
750	0,0716	0,0715	0,0715	0,0714	0,0714	0,0713	0,0713	0,0712	0,0712	0,0711
760	0711	0711	0710	0710	0709	0709	0708	0708	0707	0707
770	0706	0706	0705	0705	0705	0704	0704	0703	0703	0702
780	0702	0701	0701	0700	0700	0700	0699	0699	0698	0698
790	0697	0697	0696	0696	0696	0695	0695	0694	0694	0693
800	0,0693	0,0693	0,0692	0,0692	0,0691	0,0691	0,0690	0,0690	0,0690	0,0689
810	0689	0688	0688	0687	0687	0687	0686	0686	0685	0685
820	0684	0684	0684	0683	0683	0682	0682	0682	0681	0681
830	0680	0680	0680	0679	0679	0678	0678	0678	0677	0677
840	0676	0676	0675	0675	0675	0674	0674	0674	0673	0673
850	0,0672	0,0672	0,0672	0,0671	0,0671	0,0670	0,0670	0,0670	0,0669	0,0669
860	0668	0668	0668	0667	0667	0666	0666	0666	0665	0665
870	0665	0664	0664	0663	0663	0663	0662	0662	0662	0661
880	0661	0660	0660	0660	0659	0659	0659	0658	0658	0657
890	0657	0657	0656	0656	0656	0655	0655	0654	0654	0654
900	0,0653	0,0653	0,0653	0,0652	0,0652	0,0652	0,0651	0,0651	0,0650	0,0650
910	0650	0649	0649	0649	0648	0648	0648	0647	0647	0647
920	0646	0646	0646	0645	0645	0644	0644	0644	0643	0643
930	0643	0642	0642	0642	0641	0641	0641	0640	0640	0640
940	0639	0639	0639	0638	0638	0638	0637	0637	0637	0636
950	0,0636	0,0636	0,0635	0,0635	0,0635	0,0634	0,0634	0,0634	0,0633	0,0633
960	0633	0632	0632	0632	0631	0631	0631	0630	0630	0630
970	0629	0629	0629	0628	0628	0628	0627	0627	0627	0626
980	0626	0626	0625	0625	0625	0625	0624	0624	0624	0623
990	0623	0623	0622	0622	0622	0621	0621	0621	0620	0620
1000	0,0620									

$100\,(1-2\,\alpha) = 99\%$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0			45,012	5,7301	2,9205	2,0590	1,6461	1,4013	1,2373	1,1185
10	1,0277	0,9556	0,8966	0,8472	0,8051	0,7686	0,7367	0,7084	0,6831	0,6604
20	0,6397	6209	6037	5878	5730	5594	5467	5348	5236	5131
30	5033	4939	4851	4767	4688	4612	4540	4471	4405	4342
40	4282	4224	4168	4115	4063	4013	3966	3919	3875	3832
50	0,3790	0,3750	0,3711	0,3673	0,3636	0,3600	0,3566	0,3532	0,3499	0,3467
60	3436	3406	3377	3348	3320	3293	3267	3241	3215	3190
70	3166	3143	3120	3097	3075	3053	3032	3011	2991	2971
80	2951	2932	2913	2895	2877	2859	2841	2824	2807	2791
90	2775	2759	2743	2728	2712	2698	2683	2668	2654	2640
100	0,2627	0,2613	0,2600	0,2586	0,2574	0,2561	0,2548	0,2536	0,2524	0,2512
110	2500	2488	2477	2465	2454	2443	2432	2421	2411	2400
120	2390	2380	2370	2360	2350	2340	2330	2321	2312	2302
130	2293	2284	2275	2266	2258	2249	2241	2232	2224	2216
140	2207	2199	2191	2183	2176	2168	2160	2153	2145	2138
150	0,2131	0,2123	0,2116	0,2109	0,2102	0,2095	0,2088	0,2081	0,2074	0,2068
160	2061	2055	2048	2042	2035	2029	2023	2016	2010	2004
170	1998	1992	1986	1980	1975	1969	1963	1957	1952	1946
180	1941	1935	1930	1924	1919	1914	1909	1903	1898	1893
190	1888	1883	1878	1873	1868	1863	1858	1853	1849	1844
200	0,1839	0,1834	0,1812	0,1808	0,1803	0,1799	0,1795	0,1790	0,1786	0,1782
210	1778	1773	1769	1765	1761	1757	1753	1749	1745	1741
220	1737	1733	1729	1725	1721	1717	1713	1710	1706	1702
230	1699	1695	1691	1688	1684	1680	1677	1673	1670	1666
240	1663	1659	1656	1652	1649	1646	1642	1639	1636	1632
250	0,1629	0,1626	0,1623	0,1619	0,1616	0,1613	0,1610	0,1607	0,1604	0,1601
260	1598	1594	1591	1588	1585	1582	1579	1576	1573	1571
270	1568	1565	1562	1559	1556	1553	1551	1548	1545	1542
280	1539	1537	1534	1531	1529	1526	1523	1521	1518	1515
290	1513	1510	1507	1505	1502	1500	1497	1495	1492	1490
300	0,1487	0,1485	0,1482	0,1480	0,1477	0,1475	0,1473	0,1470	0,1468	0,1465
310	1463	1461	1458	1456	1454	1451	1449	1447	1445	1442
320	1440	1438	1436	1433	1431	1429	1427	1424	1422	1420
330	1418	1416	1414	1412	1409	1407	1405	1403	1401	1399
340	1397	1395	1393	1391	1389	1387	1385	1383	1381	1379
350	0,1377	0,1375	0,1373	0,1371	0,1369	0,1367	0,1365	0,1363	0,1361	0,1360
360	1358	1356	1354	1352	1350	1348	1346	1345	1343	1341
370	1339	1337	1336	1334	1332	1330	1328	1327	1325	1323
380	1321	1320	1318	1316	1315	1313	1311	1309	1308	1306
390	1304	1303	1301	1299	1298	1296	1294	1293	1291	1290
400	0,1288	0,1286	0,1285	0,1283	0,1282	0,1280	0,1278	0,1277	0,1275	0,1274
410	1272	1271	1269	1268	1266	1264	1263	1261	1260	1258
420	1257	1255	1254	1252	1251	1250	1248	1247	1245	1244
430	1242	1241	1239	1238	1236	1235	1234	1232	1231	1229
440	1228	1227	1225	1224	1222	1221	1220	1218	1217	1216
450	0,1214	0,1213	0,1212	0,1210	0,1209	0,1208	0,1206	0,1205	0,1204	0,1202
460	1201	1200	1198	1197	1196	1195	1193	1192	1191	1189
470	1188	1187	1186	1184	1183	1182	1181	1179	1178	1177
480	1176	1175	1173	1172	1171	1170	1168	1167	1166	1165
490	1164	1163	1161	1160	1159	1158	1157	1155	1154	1153
500	0,1152	0,1151	0,1150	0,1149	0,1147	0,1146	0,1145	0,1144	0,1143	0,1142
510	1141	1140	1138	1137	1136	1135	1134	1133	1132	1131
520	1130	1129	1127	1126	1125	1124	1123	1122	1121	1120
530	1119	1118	1117	1116	1115	1114	1113	1112	1111	1110
540	1109	1107	1106	1105	1104	1103	1102	1101	1100	1099
550	0,1098	0,1097	0,1096	0,1095	0,1094	0,1093	0,1092	0,1091	0,1090	0,1090
560	1089	1088	1087	1086	1085	1084	1083	1082	1081	1080
570	1079	1078	1077	1076	1075	1074	1073	1072	1071	1071
580	1070	1069	1068	1067	1066	1065	1064	1063	1062	1061
590	1061	1060	1059	1058	1057	1056	1055	1054	1053	1053
600	0,1052	0,1051	0,1050	0,1049	0,1048	0,1047	0,1046	0,1046	0,1045	0,1044
610	1043	1042	1041	1040	1040	1039	1038	1037	1036	1035
620	1035	1034	1033	1032	1031	1030	1030	1029	1028	1027
630	1026	1025	1025	1024	1023	1022	1021	1021	1020	1019
640	1018	1017	1017	1016	1015	1014	1013	1013	1012	1011
650	0,1010	0,1010	0,1009	0,1008	0,1007	0,1007	0,1006	0,1005	0,1004	0,1003
660	1003	1002	1001	1000	1000	0999	0998	0997	0997	0996
670	0995	0994	0994	0993	0992	0991	0991	0990	0989	0989
680	0988	0987	0986	0986	0985	0984	0984	0983	0982	0981
690	0981	0980	0979	0979	0978	0977	0976	0976	0975	0974
700	0,0974	0,0973	0,0972	0,0972	0,0971	0,0970	0,0969	0,0969	0,0968	0,0967
710	0967	0966	0965	0965	0964	0963	0963	0962	0961	0961
720	0960	0959	0959	0958	0957	0957	0956	0955	0955	0954
730	0953	0953	0952	0951	0951	0950	0950	0949	0948	0948
740	0947	0946	0946	0945	0944	0944	0943	0942	0942	0941
750	0,0941	0,0940	0,0939	0,0939	0,0938	0,0937	0,0937	0,0936	0,0936	0,0935
760	0934	0934	0933	0933	0932	0931	0931	0930	0930	0929
770	0928	0928	0927	0927	0926	0925	0925	0924	0924	0923
780	0922	0922	0921	0921	0920	0919	0919	0918	0918	0917
790	0916	0916	0915	0915	0914	0914	0913	0912	0912	0911
800	0,0911	0,0910	0,0910	0,0909	0,0908	0,0908	0,0907	0,0907	0,0906	0,0906
810	0905	0905	0904	0903	0903	0902	0902	0901	0901	0900
820	0900	0899	0898	0898	0897	0897	0896	0896	0895	0895
830	0894	0894	0893	0893	0892	0891	0891	0890	0890	0889
840	0889	0888	0888	0887	0887	0886	0886	0885	0885	0884
850	0,0884	0,0883	0,0883	0,0882	0,0881	0,0881	0,0880	0,0880	0,0879	0,0879
860	0878	0878	0877	0877	0876	0876	0875	0875	0874	0874
870	0873	0873	0872	0872	0871	0871	0870	0870	0869	0869
880	0868	0868	0867	0867	0866	0866	0865	0865	0864	0864
890	0863	0863	0863	0862	0862	0861	0861	0860	0860	0859
900	0,0859	0,0858	0,0858	0,0857	0,0857	0,0856	0,0856	0,0855	0,0855	0,0854
910	0854	0853	0853	0853	0852	0852	0851	0851	0850	0850
920	0849	0849	0848	0848	0847	0847	0847	0846	0846	0845
930	0845	0844	0844	0843	0843	0842	0842	0842	0841	0841
940	0840	0840	0839	0839	0838	0838	0838	0837	0837	0836
950	0,0836	0,0835	0,0835	0,0834	0,0834	0,0834	0,0833	0,0833	0,0832	0,0832
960	0831	0831	0831	0830	0830	0829	0829	0828	0828	0828
970	0827	0827	0826	0826	0825	0825	0825	0824	0824	0823
980	0823	0822	0822	0822	0821	0821	0820	0820	0820	0819
990	0819	0818	0818	0817	0817	0817	0816	0816	0815	0815
1000	0,0815									

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

$2P$	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,001
P	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,0005
ν							
1	9,474	39,864	161,442	1012,576	4052,214	16210,382	405283,751
2	3,557	8,526	18,513	48,511	98,502	198,500	998,434
3	2,683	5,538	10,128	20,621	34,116	55,552	167,030
4	2,350	4,545	7,708	14,040	21,198	31,333	74,132
5	2,179	4,060	6,608	11,323	16,258	22,784	47,183
6	2,074	3,776	5,987	9,878	13,745	18,635	35,510
7	2,002	3,590	5,591	8,988	12,247	16,235	29,246
8	1,952	3,458	5,318	8,387	11,259	14,688	25,412
9	1,913	3,360	5,118	7,958	10,561	13,614	22,858
10	1,882	3,285	4,964	7,640	10,044	12,826	21,041
11	1,858	3,225	4,844	7,388	9,646	12,226	19,687
12	1,839	3,177	4,747	7,188	9,330	11,754	18,645
13	1,823	3,136	4,667	7,023	9,074	11,374	17,817
14	1,809	3,102	4,600	6,885	8,861	11,060	17,140
15	1,798	3,073	4,543	6,770	8,683	10,798	16,589
16	1,788	3,048	4,494	6,672	8,531	10,576	16,120
17	1,777	3,026	4,451	6,589	8,400	10,385	15,721
18	1,769	3,007	4,414	6,513	8,285	10,218	15,382
19	1,764	2,990	4,381	6,447	8,185	10,072	15,078
20	1,756	2,975	4,351	6,391	8,096	9,944	14,823
21	1,750	2,961	4,325	6,340	8,017	9,829	14,585
22	1,745	2,948	4,301	6,290	7,946	9,727	14,379
23	1,740	2,937	4,280	6,250	7,881	9,635	14,190
24	1,737	2,927	4,260	6,210	7,823	9,551	14,025
25	1,732	2,918	4,242	6,175	7,770	9,475	13,876
26	1,729	2,909	4,225	6,145	7,721	9,406	13,742
27	1,727	2,901	4,210	6,116	7,677	9,342	13,616
28	1,724	2,894	4,196	6,086	7,636	9,284	13,498
29	1,719	2,887	4,183	6,061	7,598	9,229	13,388
30	1,716	2,881	4,171	6,037	7,563	9,180	13,293
31	1,715	2,875	4,160	6,015	7,530	9,134	13,205
32	1,712	2,869	4,149	5,995	7,499	9,090	13,120
33	1,710	2,864	4,139	5,976	7,471	9,050	13,040
34	1,708	2,859	4,130	5,958	7,444	9,012	12,968
35	1,706	2,855	4,121	5,941	7,420	8,977	12,899
36	1,704	2,850	4,113	5,925	7,396	8,943	12,834
37	1,703	2,846	4,105	5,911	7,374	8,912	12,774
38	1,701	2,843	4,098	5,897	7,353	8,883	12,717
39	1,700	2,839	4,091	5,883	7,333	8,855	12,664
40	1,698	2,836	4,085	5,871	7,314	8,829	12,610
41	1,697	2,832	4,079	5,859	7,296	8,804	12,564
42	1,695	2,829	4,073	5,848	7,280	8,780	12,520
43	1,694	2,826	4,067	5,837	7,264	8,757	12,477
44	1,693	2,823	4,062	5,827	7,248	8,736	12,435
45	1,692	2,820	4,057	5,817	7,234	8,715	12,395
46	1,691	2,818	4,052	5,808	7,220	8,696	12,357
47	1,689	2,815	4,047	5,799	7,207	8,677	12,323
48	1,688	2,813	4,043	5,791	7,194	8,659	12,287
49	1,688	2,811	4,038	5,783	7,182	8,642	12,257
50	1,687	2,809	4,034	5,775	7,171	8,626	12,226
51	1,686	2,807	4,031	5,767	7,160	8,611	12,197
52	1,685	2,805	4,027	5 760	7,149	8,595	12,168
53	1,684	2,803	4,023	5,753	7,139	8,582	12,142
54	1,684	2,801	4,020	5,747	7,129	8,568	12,115
55	1,683	2,799	4,016	5,740	7,120	8,555	12,090
56	1,682	2,797	4,013	5,734	7,111	8,542	12,064
57	1,681	2,796	4,010	5,728	7,102	8,529	12,042
58	1,681	2,794	4,007	5,723	7,093	8,517	12,020
59	1,680	2,793	4,004	5,717	7,085	8,506	11,998
60	1,679	2,791	4,001	5,712	7,077	8,495	11,976
61	1,679	2,790	3,999	5,707	7,070	8,484	11,956
62	1,678	2,788	3,996	5,702	7,063	8,474	11,936
63	1,678	2,787	3,994	5,698	7,056	8,465	11,917
64	1,677	2,786	3,991	5,693	7,048	8,455	11,898
65	1,677	2,785	3,989	5,689	7,042	8,445	11,882
66	1,676	2,783	3,986	5,684	7,036	8,436	11,865
67	1,675	2,782	3,984	5,680	7,029	8,428	11,849
68	1,675	2,781	3,982	5,676	7,023	8,419	11,834
69	1,674	2,780	3,980	5,672	7,018	8,411	11,818
70	1,674	2,779	3,978	5,668	7,012	8,403	11,803
71	1,673	2,778	3,976	5,665	7,007	8,396	11,788
72	1,673	2,777	3,974	5,661	7,001	8,389	11,772
73	1,673	2,776	3,972	5,658	6,996	8,381	11,759
74	1,672	2,775	3,970	5,654	6,991	8,373	11,746
75	1,672	2,774	3,969	5,651	6,986	8,367	11,733
76	1,671	2,773	3,967	5,648	6,981	8,360	11,720
77	1,671	2,772	3,965	5,645	6,976	8,354	11,708
78	1,671	2,771	3,964	5,642	6,972	8,347	11,696
79	1,670	2,770	3,962	5,639	6,967	8,342	11,686
80	1,670	2,769	3,960	5,636	6,963	8,335	11,675
81	1,670	2,769	3,959	5,633	6,959	8,330	11,664
82	1,669	2,768	3,957	5,630	6,955	8,324	11,652
83	1,669	2,767	3,956	5,628	6,951	8,319	11,642
84	1,668	2,766	3,955	5,625	6,947	8,313	11,632
85	1,668	2,766	3,953	5,622	6,943	8,308	11,622
86	1,668	2,765	3,952	5,620	6,940	8,302	11,612
87	1,668	2,764	3,951	5,618	6,936	8,297	11,603
88	1,667	2,764	3,949	5,615	6,932	8,292	11,594
89	1,667	2,763	3,948	5,613	6,929	8,287	11,584
90	1,667	2,762	3,947	5,611	6,925	8,282	11,575
91	1,666	2,762	3,946	5,608	6,922	8,278	11,567
92	1,666	2,761	3,945	5,606	6,918	8,274	11,558
93	1,666	2,760	3,944	5,604	6,916	8,270	11,550
94	1,666	2,760	3,943	5,602	6,913	8,265	11,543
95	1,665	2,759	3,941	5,600	6,910	8,261	11,536
96	1,665	2,759	3,940	5,598	6,906	8,256	11,527
97	1,665	2,758	3,939	5,596	6,904	8,253	11,519
98	1,665	2,758	3,938	5,594	6,901	8,249	11,511
99	1,665	2,757	3,937	5,592	6,899	8,245	11,505
100	1,664	2,756	3,936	5,590	6,896	8,241	11,498

$2P$	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,001
P	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,0005
ν							
101	1,664	2,756	3,935	5,589	6,893	8,237	11,491
102	1,664	2,755	3,934	5,587	6,890	8,234	11,484
103	1,664	2,755	3,933	5,585	6,888	8,231	11,478
104	1,664	2,754	3,933	5,583	6,885	8,227	11 472
105	1,663	2,754	3,932	5,582	6,883	8,224	11,465
106	1,663	2,754	3,931	5,580	6,881	8,220	11,458
107	1,663	2,753	3,930	5,579	6,879	8,217	11,451
108	1,663	2,753	3,929	5,577	6,876	8,213	11,445
109	1,663	2,752	3,928	5,575	6,874	8,211	11,440
110	1,662	2,752	3,928	5,574	6,871	8,207	11,435
111	1,662	2,751	3,927	5,572	6,869	8,204	11,430
112	1,662	2,751	3,926	5,571	6,867	8,201	11,424
113	1,662	2,751	3,925	5,570	6,865	8,198	11,418
114	1,662	2,750	3,924	5,568	6,863	8,195	11,412
115	1,662	2,750	3,924	5,567	6,861	8,193	11,408
116	1,661	2,749	3,923	5,565	6,859	8,190	11,402
117	1,661	2,749	3,922	5,564	6,857	8,187	11,397
118	1,661	2,749	3,922	5,563	6,855	8,184	11,392
119	1,661	2,748	3,921	5,561	6,853	8,182	11,387
120	1,661	2,748	3,920	5,560	6,851	8,179	11,381
121	1,660	2,748	3,920	5,559	6,850	8,177	11,376
122	1,660	2,747	3,919	5,558	6,848	8,174	11,371
123	1,660	2,747	3,918	5,556	6,846	8,172	11,367
124	1,660	2,747	3,918	5,555	6,844	8,169	11,363
125	1,660	2,746	3,917	5,554	6,842	8,167	11,358
126	1,660	2,746	3,916	5,553	6,841	8,165	11,353
127	1,660	2,746	3,916	5,552	6,839	8,162	11,350
128	1,659	2,745	3,915	5,551	6,837	8,160	11,347
129	1,659	2,745	3,915	5,550	6,836	8,158	11,343
130	1,659	2,745	3,914	5,549	6,834	8,156	11,339
131	1,659	2,744	3,914	5,547	6,832	8,154	11,335
132	1,659	2,744	3,913	5,546	6,831	8,152	11,331
133	1,659	2,744	3,912	5,545	6,830	8,150	11,327
134	1,659	2,743	3,912	5,544	6,828	8,148	11,322
135	1,659	2,743	3,911	5,543	6,827	8,145	11,318
136	1,658	2,743	3,911	5,542	6,825	8,143	11,314
137	1,658	2,743	3,911	5,541	6,824	8,141	11,310
138	1,658	2,742	3,910	5,540	6,823	8,139	11,307
139	1,658	2,742	3,909	5,540	6,821	8,137	11,304
140	1,658	2,742	3,909	5,539	6,819	8,136	11,300
141	1,658	2,742	3,909	5,538	6,818	8,134	11,297
142	1,658	2,741	3,908	5,537	6,817	8,132	11,294
143	1,658	2,741	3,907	5,536	6,816	8,130	11,290
144	1,658	2,741	3,907	5,535	6,814	8,128	11,286
145	1,658	2,741	3,907	5,534	6,813	8,126	11,283
146	1,657	2,740	3,906	5,533	6,812	8,125	11,280
147	1,657	2,740	3,906	5,532	6,811	8,123	11,277
148	1,657	2,740	3,905	5,532	6,809	8,121	11,273
149	1,657	2,740	3,905	5,531	6,808	8,120	11,271
150	1,657	2,739	3,904	5,530	6,807	8,118	11,267
151	1,657	2,739	3,904	5,529	6,806	8,117	11,265
152	1,657	2,739	3,903	5,528	6,805	8,115	11,262
153	1,657	2,739	3,903	5,528	6,804	8,113	11,259
154	1,657	2,738	3,903	5,527	6,803	8,112	11,255
155	1,657	2,738	3,902	5,526	6,802	8,110	11,253
156	1,656	2,738	3,902	5,525	6,800	8,108	11,250
157	1,656	2,738	3,901	5,525	6,799	8,107	11,248
158	1,656	2,738	3,901	5,524	6,798	8,106	11,246
159	1,656	2,738	3,901	5,523	6,797	8,104	11,243
160	1,656	2,737	3,900	5,522	6,796	8,103	11,241
161	1,656	2,737	3,900	5,522	6,795	8,101	11,239
162	1,656	2,737	3,899	5,521	6,794	8,100	11,237
163	1,656	2,737	3,899	5,520	6,793	8,099	11,234
164	1,656	2,736	3,899	5,520	6,792	8,097	11,231
165	1,656	2,736	3,899	5,519	6,791	8,096	11,229
166	1,656	2,736	3,898	5,518	6,790	8,095	11,227
167	1,656	2,736	3,898	5,518	6,790	8,093	11,224
168	1,655	2,736	3,897	5,517	6,789	8,092	11,220
169	1,655	2,736	3,897	5,516	6,788	8,091	11,218
170	1,655	2,735	3,897	5,516	6,787	8,089	11,215
171	1,655	2,735	3,897	5,515	6,786	8,088	11,213
172	1,655	2,735	3,896	5,515	6,785	8,087	11,210
173	1,655	2,735	3,896	5,514	6,784	8,086	11,208
174	1,655	2,735	3,895	5,513	6,783	8,085	11,206
175	1,655	2,735	3,895	5,513	6,782	8,084	11,205
176	1,655	2,734	3,895	5,512	6,781	8,083	11,203
177	1,655	2,734	3,895	5,512	6,781	8,082	11,200
178	1,655	2,734	3,894	5,511	6,780	8,080	11,197
179	1,655	2,734	3,894	5,511	6,779	8,079	11,195
180	1,655	2,734	3,894	5,510	6,778	8,078	11,193
181	1,655	2,734	3,894	5,509	6,778	8,076	11,191
182	1,654	2,733	3,893	5,509	6,777	8,075	11,189
183	1,654	2,733	3,893	5,508	6,776	8,075	11,187
184	1,654	2,733	3,893	5,508	6,775	8,074	11,185
185	1,654	2,733	3,892	5,507	6,775	8,072	11,183
186	1,654	2,733	3,892	5,507	6,774	8,071	11,181
187	1,654	2,733	3,892	5,506	6,773	8,070	11,179
188	1,654	2,732	3,892	5,506	6,772	8,069	11,177
189	1,654	2,732	3,892	5,505	6,771	8,068	11,175
190	1,654	2,732	3,891	5,505	6,770	8,067	11,173
191	1,654	2,732	3,891	5,504	6,770	8,066	11,172
192	1,654	2,732	3,890	5,504	6,769	8,065	11,170
193	1,654	2,732	3,890	5,503	6,768	8,064	11,168
194	1,654	2,732	3,890	5,503	6,768	8,063	11,166
195	1,654	2,732	3,890	5,502	6,767	8,062	11,165
196	1,654	2,731	3,890	5,502	6,766	8,061	11,164
197	1,654	2,731	3,889	5,501	6,766	8,060	11,162
198	1,654	2,731	3,889	5,501	6,765	8,059	11,160
199	1,654	2,731	3,889	5,500	6,764	8,059	11,158
200	1,653	2,731	3,888	5,500	6,763	8,058	11,156

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Obere Signifikanzschranken der F-Verteilung[1], $P = 0{,}01$

$p = P$ (rechts) = Integral von Unendlich bis F

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	40	50	60	80	100
2	98,50	99,0	99,2	99,2	99,3	99,3	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
3	34,12	30,8	29,5	28,7	28,2	27,9	27,7	27,5	27,3	27,2	27,1	27,1	27,0	26,9	26,9	26,8	26,8	26,8	26,7	26,7	26,6	26,6	26,6	26,5	26,5	26,4	26,4	26,3	26,3	26,2
4	21,20	18,0	16,7	16,0	15,5	15,2	15,0	14,8	14,7	14,5	14,4	14,4	14,3	14,2	14,2	14,2	14,1	14,1	14,0	14,0	14,0	13,9	13,9	13,9	13,8	13,7	13,7	13,7	13,6	13,6
5	16,26	13,3	12,1	11,4	11,0	10,7	10,5	10,3	10,2	10,1	9,96	9,89	9,82	9,77	9,72	9,68	9,64	9,61	9,58	9,55	9,51	9,47	9,43	9,40	9,38	9,29	9,24	9,20	9,16	9,13
6	13,75	10,9	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,79	7,72	7,66	7,60	7,56	7,52	7,48	7,45	7,42	7,40	7,35	7,31	7,28	7,25	7,23	7,14	7,09	7,06	7,01	6,99
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62	6,54	6,47	6,41	6,36	6,31	6,27	6,24	6,21	6,18	6,16	6,11	6,07	6,04	6,02	5,99	5,91	5,86	5,82	5,78	5,75
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81	5,73	5,67	5,61	5,56	5,52	5,48	5,44	5,41	5,38	5,36	5,32	5,28	5,25	5,22	5,20	5,12	5,07	5,03	4,99	4,96
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26	5,18	5,11	5,05	5,00	4,96	4,92	4,89	4,86	4,83	4,81	4,77	4,73	4,70	4,67	4,65	4,57	4,52	4,48	4,44	4,42
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85	4,77	4,71	4,65	4,60	4,56	4,52	4,49	4,46	4,43	4,41	4,36	4,33	4,30	4,27	4,25	4,17	4,12	4,08	4,04	4,01
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54	4,46	4,40	4,34	4,29	4,25	4,21	4,18	4,15	4,12	4,10	4,06	4,02	3,99	3,96	3,94	3,86	3,81	3,78	3,73	3,71
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30	4,22	4,16	4,10	4,05	4,01	3,97	3,94	3,91	3,88	3,86	3,82	3,78	3,75	3,72	3,70	3,62	3,57	3,54	3,49	3,47
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	4,02	3,96	3,91	3,86	3,82	3,78	3,75	3,72	3,69	3,66	3,62	3,59	3,56	3,53	3,51	3,43	3,38	3,34	3,30	3,27
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,86	3,80	3,75	3,70	3,66	3,62	3,59	3,56	3,53	3,51	3,46	3,43	3,40	3,37	3,35	3,27	3,22	3,18	3,14	3,11
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,73	3,67	3,61	3,56	3,52	3,49	3,54	3,42	3,40	3,37	3,33	3,29	3,26	3,24	3,21	3,13	3,08	3,05	3,00	2,98
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69	3,62	3,55	3,50	3,45	3,41	3,37	3,34	3,31	3,28	3,26	3,22	3,18	3,15	3,12	3,10	3,02	2,97	2,93	2,89	2,86
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,52	3,46	3,40	3,35	3,31	3,27	3,24	3,21	3,18	3,16	3,12	3,08	3,05	3,03	3,00	2,92	2,87	2,83	2,79	2,76
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,60	3,51	3,43	3,37	3,32	3,27	3,23	3,19	3,16	3,13	3,10	3,08	3,03	3,00	2,97	2,94	2,92	2,84	2,78	2,75	2,70	2,68
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43	3,36	3,30	3,24	3,19	3,15	3,12	3,08	3,05	3,03	3,00	2,96	2,92	2,89	2,87	2,84	2,76	2,71	2,67	2,63	2,60
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,46	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,09	3,05	3,02	2,99	2,96	2,94	2,90	2,86	2,83	2,80	2,78	2,69	2,64	2,61	2,56	2,54
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40	3,31	3,24	3,17	3,12	3,07	3,03	2,99	2,96	2,93	2,90	2,88	2,84	2,80	2,77	2,74	2,72	2,64	2,58	2,55	2,50	2,48
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,18	3,12	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,88	2,85	2,83	2,78	2,75	2,72	2,69	2,67	2,58	2,53	2,50	2,45	2,42
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,14	3,07	3,02	2,97	2,93	2,89	2,86	2,83	2,80	2,78	2,74	2,70	2,67	2,64	2,62	2,54	2,48	2,45	2,40	2,37
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,26	3,17	3,09	3,03	2,98	2,93	2,89	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,70	2,66	2,63	2,60	2,58	2,49	2,44	2,40	2,36	2,33
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,22	3,13	3,06	2,99	2,94	2,89	2,85	2,81	2,78	2,75	2,72	2,70	2,66	2,62	2,59	2,56	2,54	2,45	2,40	2,36	2,32	2,29
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18	3,09	3,02	2,96	2,90	2,86	2,82	2,78	2,74	2,72	2,69	2,66	2,62	2,58	2,55	2,53	2,50	2,42	2,36	2,33	2,28	2,25
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15	3,06	2,99	2,93	2,87	2,82	2,78	2,75	2,71	2,68	2,66	2,63	2,59	2,55	2,52	2,49	2,47	2,38	2,33	2,29	2,25	2,22
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12	3,03	2,96	2,90	2,84	2,79	2,75	2,72	2,68	2,65	2,63	2,60	2,56	2,52	2,49	2,46	2,44	2,35	2,30	2,26	2,22	2,19
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09	3,00	2,93	2,87	2,81	2,77	2,73	2,69	2,66	2,63	2,60	2,57	2,53	2,49	2,46	2,44	2,41	2,33	2,27	2,23	2,19	2,16
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98	2,91	2,84	2,79	2,74	2,70	2,66	2,63	2,60	2,57	2,55	2,51	2,47	2,44	2,41	2,39	2,30	2,25	2,21	2,16	2,13
32	7,50	5,34	4,46	3,97	3,65	3,43	3,26	3,13	3,02	2,93	2,86	2,80	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,55	2,53	2,50	2,46	2,42	2,39	2,36	2,34	2,25	2,20	2,16	2,11	2,08
34	7,44	5,29	4,42	3,93	3,61	3,39	3,22	3,09	2,98	2,89	2,82	2,76	2,70	2,66	2,62	2,58	2,55	2,51	2,49	2,46	2,42	2,38	2,35	2,32	2,30	2,21	2,16	2,12	2,07	2,04
36	7,40	5,25	4,38	3,89	3,57	3,35	3,18	3,05	2,95	2,86	2,79	2,72	2,67	2,62	2,58	2,54	2,51	2,48	2,45	2,43	2,38	2,35	2,32	2,29	2,26	2,17	2,12	2,08	2,03	2,00
38	7,35	5,21	4,34	3,86	3,54	3,32	3,15	3,02	2,92	2,83	2,75	2,69	2,64	2,59	2,55	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40	2,35	2,32	2,28	2,26	2,23	2,14	2,09	2,05	2,00	1,97
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,80	2,73	2,66	2,61	2,56	2,52	2,48	2,45	2,42	2,39	2,37	2,33	2,29	2,26	2,23	2,20	2,11	2,06	2,02	1,97	1,94
42	7,28	5,15	4,29	3,80	3,49	3,27	3,10	2,97	2,86	2,78	2,70	2,64	2,59	2,54	2,50	2,46	2,43	2,40	2,37	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,18	2,09	2,03	1,99	1,94	1,91
44	7,25	5,12	4,26	3,78	3,47	3,24	3,08	2,95	2,84	2,75	2,68	2,62	2,56	2,52	2,47	2,44	2,40	2,37	2,35	2,32	2,28	2,24	2,21	2,18	2,15	2,06	2,01	1,97	1,92	1,89
46	7,22	5,10	4,24	3,76	3,44	3,22	3,06	2,93	2,82	2,73	2,66	2,60	2,54	2,50	2,45	2,42	2,38	2,35	2,33	2,30	2,26	2,22	2,19	2,16	2,13	2,04	1,99	1,95	1,90	1,86
48	7,19	5,08	4,22	3,74	3,43	3,20	3,04	2,91	2,80	2,72	2,64	2,58	2,53	2,48	2,44	2,40	2,37	2,33	2,31	2,28	2,24	2,20	2,17	2,14	2,12	2,02	1,97	1,93	1,88	1,84
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,19	3,02	2,89	2,79	2,70	2,63	2,56	2,51	2,46	2,42	2,38	2,35	2,32	2,29	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,10	2,01	1,95	1,91	1,86	1,82
55	7,12	5,01	4,16	3,68	3,37	3,15	2,98	2,85	2,75	2,66	2,59	2,53	2,47	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,25	2,23	2,18	2,15	2,11	2,08	2,06	1,97	1,91	1,87	1,81	1,78
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,56	2,50	2,44	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,15	2,12	2,08	2,05	2,03	1,94	1,88	1,84	1,78	1,75
70	7,01	4,92	4,08	3,60	3,29	3,07	2,91	2,78	2,67	2,59	2,51	2,45	2,40	2,35	2,31	2,27	2,23	2,20	2,18	2,15	2,11	2,07	2,03	2,00	1,98	1,89	1,83	1,78	1,73	1,70
80	6,96	4,88	4,04	3,56	3,26	3,04	2,87	2,74	2,64	2,55	2,48	2,42	2,36	2,31	2,27	2,23	2,20	2,17	2,14	2,12	2,07	2,03	2,00	1,97	1,94	1,85	1,79	1,75	1,69	1,66
90	6,93	4,85	4,01	3,54	3,23	3,01	2,84	2,72	2,61	2,52	2,45	2,39	2,33	2,29	2,24	2,21	2,17	2,14	2,11	2,09	2,04	2,00	1,97	1,94	1,92	1,82	1,76	1,72	1,66	1,62
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,21	2,99	2,82	2,69	2,59	2,50	2,43	2,37	2,31	2,26	2,22	2,19	2,15	2,12	2,09	2,07	2,02	1,98	1,94	1,92	1,89	1,80	1,73	1,69	1,63	1,60
125	6,84	4,78	3,94	3,47	3,17	2,95	2,79	2,66	2,55	2,47	2,39	2,33	2,28	2,23	2,19	2,15	2,11	2,08	2,05	2,03	1,98	1,94	1,91	1,88	1,85	1,76	1,69	1,65	1,59	1,55
150	6,81	4,75	3,92	3,45	3,14	2,92	2,76	2,63	2,53	2,44	2,37	2,31	2,25	2,20	2,16	2,12	2,09	2,06	2,03	2,00	1,96	1,92	1,88	1,85	1,83	1,73	1,66	1,62	1,56	1,52
200	6,76	4,71	3,88	3,41	3,11	2,89	2,73	2,60	2,50	2,41	2,34	2,27	2,22	2,17	2,13	2,09	2,06	2,02	2,00	1,97	1,93	1,89	1,85	1,82	1,79	1,69	1,63	1,58	1,52	1,48
300	6,72	4,68	3,85	3,38	3,08	2,86	2,70	2,57	2,47	2,38	2,31	2,24	2,19	2,14	2,10	2,06	2,03	1,99	1,97	1,94	1,89	1,85	1,82	1,79	1,76	1,66	1,59	1,55	1,48	1,44
500	6,69	4,65	3,82	3,36	3,05	2,84	2,68	2,55	2,44	2,36	2,28	2,22	2,17	2,12	2,07	2,04	2,00	1,97	1,94	1,92	1,87	1,83	1,79	1,76	1,74	1,63	1,56	1,52	1,45	1,41
1000	6,66	4,63	3,80	3,34	3,04	2,82	2,66	2,53	2,43	2,34	2,27	2,20	2,15	2,10	2,06	2,02	1,98	1,95	1,92	1,90	1,85	1,81	1,77	1,74	1,72	1,61	1,54	1,50	1,43	1,38

[1] Nach Van der Waerden, B. L., *Mathematische Statistik*, Springer, Berlin (1957), S. 342. Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlegers.

Bewertungskoeffizienten für Logits[1]

In der ersten Zeile sind die Werte für $w = pq$, in der zweiten die für $wl = pql$ angegeben. Die *kursiv* gesetzten Zahlen sind mit einem Minuszeichen zu versehen

p	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,00	0000	0010	0020	0030	0040	0050	0060	0070	0079	0089
	—	*0069*	*0124*	*0174*	*0220*	*0263*	*0305*	*0344*	*0383*	*0419*
0,01	0099	0109	0119	0128	0138	0148	0157	0167	0177	0186
	0455	*0489*	*0523*	*0556*	*0587*	*0618*	*0649*	*0678*	*0707*	*0735*
0,02	0196	0206	0215	0225	0234	0244	0253	0263	0272	0282
	0763	*0790*	*0816*	*0842*	*0868*	*0893*	*0918*	*0942*	*0965*	*0989*
0,03	0291	0300	0310	0319	0328	0338	0347	0356	0366	0375
	1012	*1034*	*1056*	*1078*	*1099*	*1120*	*1141*	*1161*	*1181*	*1201*
0,04	0384	0393	0402	0412	0421	0430	0439	0448	0457	0466
	1220	*1239*	*1258*	*1277*	*1295*	*1313*	*1331*	*1348*	*1365*	*1382*
0,05	0475	0484	0493	0502	0511	0520	0529	0538	0546	0555
	1399	*1415*	*1431*	*1447*	*1463*	*1478*	*1493*	*1508*	*1523*	*1538*
0,06	0564	0573	0582	0590	0599	0608	0616	0625	0634	0642
	1552	*1566*	*1580*	*1594*	*1607*	*1620*	*1633*	*1646*	*1659*	*1672*
0,07	0651	0660	0668	0677	0685	0694	0702	0711	0719	0728
	1684	*1696*	*1708*	*1720*	*1731*	*1743*	*1754*	*1765*	*1776*	*1787*
0,08	0736	0744	0753	0761	0769	0778	0786	0794	0803	0811
	1798	*1808*	*1818*	*1828*	*1838*	*1848*	*1858*	*1867*	*1877*	*1886*
0,09	0819	0827	0835	0844	0852	0860	0868	0876	0884	0892
	1895	*1904*	*1913*	*1921*	*1930*	*1938*	*1946*	*1954*	*1962*	*1970*
0,10	0900	0908	0916	0924	0932	0940	0948	0956	0963	0971
	1977	*1985*	*1992*	*2000*	*2007*	*2014*	*2021*	*2027*	*2034*	*2040*
0,11	0979	0987	0995	1002	1010	1018	1025	1033	1041	1048
	2047	*2053*	*2059*	*2065*	*2071*	*2077*	*2083*	*2088*	*2093*	*2099*
0,12	1056	1064	1071	1079	1086	1094	1101	1109	1116	1124
	2104	*2109*	*2114*	*2119*	*2124*	*2128*	*2133*	*2137*	*2142*	*2146*
0,13	1131	1138	1146	1153	1160	1168	1175	1182	1190	1197
	2150	*2154*	*2158*	*2162*	*2165*	*2169*	*2173*	*2176*	*2179*	*2182*
0,14	1204	1211	1218	1226	1233	1240	1247	1254	1261	1268
	2186	*2189*	*2192*	*2194*	*2197*	*2200*	*2202*	*2205*	*2207*	*2209*
0,15	1275	1282	1289	1296	1303	1310	1317	1324	1330	1337
	2212	*2214*	*2216*	*2218*	*2219*	*2221*	*2223*	*2224*	*2226*	*2227*
0,16	1344	1351	1358	1364	1371	1378	1384	1391	1398	1404
	2229	*2230*	*2231*	*2232*	*2233*	*2234*	*2235*	*2236*	*2236*	*2237*
0,17	1411	1418	1424	1431	1437	1444	1450	1457	1463	1470
	2237	*2238*	*2238*	*2238*	*2239*	*2239*	*2239*	*2239*	*2239*	*2238*
0,18	1476	1482	1489	1495	1501	1508	1514	1520	1527	1533
	2238	*2238*	*2237*	*2237*	*2236*	*2236*	*2235*	*2234*	*2233*	*2233*
0,19	1539	1545	1551	1558	1564	1570	1576	1582	1588	1594
	2232	*2231*	*2229*	*2228*	*2227*	*2226*	*2224*	*2223*	*2221*	*2220*
0,20	1600	1606	1612	1618	1624	1630	1636	1642	1647	1653
	2218	*2216*	*2215*	*2213*	*2211*	*2209*	*2207*	*2205*	*2203*	*2200*
0,21	1659	1665	1671	1676	1682	1688	1693	1699	1705	1710
	2198	*2196*	*2193*	*2191*	*2188*	*2186*	*2183*	*2180*	*2178*	*2175*
0,22	1716	1722	1727	1733	1738	1744	1749	1755	1760	1766
	2172	*2169*	*2166*	*2163*	*2160*	*2157*	*2153*	*2150*	*2147*	*2143*
0,23	1771	1776	1782	1787	1792	1798	1803	1808	1814	1819
	2140	*2136*	*2133*	*2129*	*2126*	*2122*	*2118*	*2114*	*2110*	*2106*
0,24	1824	1829	1834	1840	1845	1850	1855	1860	1865	1870
	2102	*2098*	*2094*	*2090*	*2086*	*2082*	*2078*	*2073*	*2069*	*2064*
0,25	1875	1880	1885	1890	1895	1900	1905	1910	1914	1919
	2060	*2055*	*2051*	*2046*	*2041*	*2037*	*2032*	*2027*	*2022*	*2017*
0,26	1924	1929	1934	1938	1943	1948	1952	1957	1962	1966
	2012	*2007*	*2002*	*1997*	*1992*	*1987*	*1982*	*1976*	*1971*	*1966*
0,27	1971	1976	1980	1985	1989	1994	1998	2003	2007	2012
	1960	*1955*	*1949*	*1944*	*1938*	*1933*	*1927*	*1921*	*1916*	*1910*
0,28	2016	2020	2025	2029	2033	2038	2042	2046	2051	2055
	1904	*1898*	*1892*	*1886*	*1880*	*1874*	*1868*	*1862*	*1856*	*1850*
0,29	2059	2063	2067	2072	2076	2080	2084	2088	2092	2096
	1844	*1837*	*1831*	*1825*	*1818*	*1812*	*1805*	*1799*	*1792*	*1786*
0,30	2100	2104	2108	2112	2116	2120	2124	2128	2131	2135
	1779	*1773*	*1766*	*1759*	*1753*	*1746*	*1739*	*1732*	*1725*	*1718*
0,31	2139	2143	2147	2150	2154	2158	2161	2165	2169	2172
	1711	*1704*	*1697*	*1690*	*1683*	*1676*	*1669*	*1662*	*1655*	*1647*
0,32	2176	2180	2183	2187	2190	2194	2197	2201	2204	2208
	1640	*1633*	*1626*	*1618*	*1611*	*1603*	*1596*	*1588*	*1581*	*1573*
0,33	2211	2214	2218	2221	2224	2228	2231	2234	2238	2241
	1566	*1558*	*1551*	*1543*	*1535*	*1527*	*1520*	*1512*	*1504*	*1496*
0,34	2244	2247	2250	2254	2257	2260	2263	2266	2269	2272
	1488	*1481*	*1473*	*1465*	*1457*	*1449*	*1441*	*1433*	*1425*	*1416*
0,35	2275	2278	2281	2284	2287	2290	2293	2296	2298	2301
	1408	*1400*	*1392*	*1384*	*1376*	*1367*	*1359*	*1351*	*1342*	*1334*
0,36	2304	2307	2310	2312	2315	2318	2320	2323	2326	2328
	1326	*1317*	*1309*	*1300*	*1292*	*1283*	*1275*	*1266*	*1258*	*1249*
0,37	2331	2334	2336	2339	2341	2344	2346	2349	2351	2354
	1241	*1232*	*1223*	*1215*	*1206*	*1197*	*1189*	*1180*	*1171*	*1162*
0,38	2356	2358	2361	2363	2365	2368	2370	2372	2375	2377
	1153	*1145*	*1136*	*1127*	*1118*	*1109*	*1100*	*1091*	*1082*	*1073*
0,39	2379	2381	2383	2386	2388	2390	2392	2394	2396	2398
	1064	*1055*	*1046*	*1037*	*1028*	*1019*	*1010*	*1001*	*0991*	*0982*
0,40	2400	2402	2404	2406	2408	2410	2412	2414	2415	2417
	0973	*0964*	*0955*	*0945*	*0936*	*0927*	*0918*	*0908*	*0899*	*0890*
0,41	2419	2421	2423	2424	2426	2428	2429	2431	2433	2434
	0880	*0871*	*0862*	*0852*	*0843*	*0834*	*0824*	*0815*	*0805*	*0796*
0,42	2436	2438	2439	2441	2442	2444	2445	2447	2448	2450
	0786	*0777*	*0767*	*0758*	*0748*	*0739*	*0729*	*0720*	*0710*	*0700*
0,43	2451	2452	2454	2455	2456	2458	2459	2460	2462	2463
	0691	*0681*	*0672*	*0662*	*0652*	*0643*	*0633*	*0623*	*0614*	*0604*
0,44	2464	2465	2466	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474
	0594	*0584*	*0575*	*0565*	*0555*	*0546*	*0536*	*0526*	*0516*	*0506*
0,45	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482	2482	2483
	0497	*0487*	*0477*	*0467*	*0457*	*0448*	*0438*	*0428*	*0418*	*0408*
0,46	2484	2485	2486	2486	2487	2488	2488	2489	2490	2490
	0398	*0388*	*0379*	*0369*	*0359*	*0349*	*0339*	*0329*	*0319*	*0309*
0,47	2491	2492	2492	2493	2493	2494	2494	2495	2495	2496
	0299	*0289*	*0279*	*0269*	*0260*	*0250*	*0240*	*0230*	*0220*	*0210*
0,48	2496	2496	2497	2497	2497	2498	2498	2498	2499	2499
	0200	*0190*	*0180*	*0170*	*0160*	*0150*	*0140*	*0130*	*0120*	*0110*
0,49	2499	2499	2499	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	0100	*0090*	*0080*	*0070*	*0060*	*0050*	*0040*	*0030*	*0020*	*0010*

p	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,50	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2499	2499
	0000	0010	0020	0030	0040	0050	0060	0070	0080	0090
0,51	2499	2499	2499	2498	2498	2498	2497	2497	2497	2496
	0100	0110	0120	0130	0140	0150	0160	0170	0180	0190
0,52	2496	2496	2495	2495	2494	2494	2493	2493	2492	2492
	0200	0210	0220	0230	0240	0250	0260	0269	0279	0289
0,53	2491	2490	2490	2489	2488	2488	2487	2486	2486	2485
	0299	0309	0319	0329	0339	0349	0359	0369	0379	0388
0,54	2484	2483	2482	2482	2481	2480	2479	2478	2477	2476
	0398	0408	0418	0428	0438	0448	0457	0467	0477	0487
0,55	2475	2474	2473	2472	2471	2470	2469	2468	2466	2465
	0497	0506	0516	0526	0536	0546	0555	0565	0575	0584
0,56	2464	2463	2462	2460	2459	2458	2456	2455	2454	2552
	0594	0604	0614	0623	0633	0643	0652	0662	0672	0681
0,57	2451	2450	2448	2447	2445	2444	2442	2441	2439	2438
	0691	0700	0710	0720	0729	0739	0748	0758	0767	0777
0,58	2436	2434	2433	2431	2429	2428	2426	2424	2423	2421
	0786	0796	0805	0815	0824	0834	0843	0852	0862	0871
0,59	2419	2417	2415	2414	2412	2410	2408	2406	2404	2402
	0880	0890	0899	0908	0918	0927	0936	0945	0955	0964
0,60	2400	2398	2396	2394	2392	2390	2388	2386	2383	2381
	0973	0982	0991	1001	1010	1019	1028	1037	1046	1055
0,61	2379	2377	2375	2372	2370	2368	2365	2363	2361	2358
	1064	1073	1082	1091	1100	1109	1118	1127	1136	1145
0,62	2356	2354	2351	2349	2346	2344	2341	2339	2336	2334
	1153	1162	1171	1180	1189	1197	1206	1215	1223	1232
0,63	2331	2328	2326	2323	2320	2318	2315	2312	2310	2307
	1241	1249	1258	1266	1275	1283	1292	1300	1309	1317
0,64	2304	2301	2298	2296	2293	2290	2287	2284	2281	2278
	1326	1334	1342	1351	1359	1367	1376	1384	1392	1400
0,65	2275	2272	2269	2266	2263	2260	2257	2254	2250	2247
	1408	1416	1425	1433	1441	1449	1457	1465	1473	1481
0,66	2244	2241	2238	2234	2231	2228	2224	2221	2218	2214
	1488	1496	1504	1512	1520	1527	1535	1543	1551	1558
0,67	2211	2208	2204	2201	2197	2194	2190	2187	2183	2180
	1566	1573	1581	1588	1596	1603	1611	1618	1626	1633
0,68	2176	2172	2169	2165	2161	2158	2154	2150	2147	2143
	1640	1647	1655	1662	1669	1676	1683	1690	1697	1704
0,69	2139	2135	2131	2128	2124	2120	2116	2112	2108	2104
	1711	1718	1725	1732	1739	1746	1753	1759	1766	1773
0,70	2100	2096	2092	2088	2084	2080	2076	2072	2067	2063
	1779	1786	1792	1799	1805	1812	1818	1825	1831	1837
0,71	2059	2055	2051	2046	2042	2038	2033	2029	2025	2020
	1844	1850	1856	1862	1868	1874	1880	1886	1892	1898
0,72	2016	2012	2007	2003	1998	1994	1989	1985	1980	1976
	1904	1910	1916	1921	1927	1933	1938	1944	1949	1955
0,73	1971	1966	1962	1957	1952	1948	1943	1938	1934	1929
	1960	1966	1971	1976	1982	1987	1992	1997	2002	2007
0,74	1924	1919	1914	1910	1905	1900	1895	1890	1885	1880
	2012	2017	2022	2027	2032	2037	2041	2046	2051	2055
0,75	1875	1870	1865	1860	1855	1850	1845	1840	1834	1829
	2060	2064	2069	2073	2078	2082	2086	2090	2094	2098
0,76	1824	1819	1814	1808	1803	1798	1792	1787	1782	1776
	2102	2106	2110	2114	2118	2122	2126	2129	2133	2136
0,77	1771	1766	1760	1755	1749	1744	1738	1733	1727	1722
	2140	2143	2147	2150	2153	2157	2160	2163	2166	2169
0,78	1716	1710	1705	1699	1693	1688	1682	1676	1671	1665
	2172	2175	2178	2180	2183	2186	2188	2191	2193	2196
0,79	1659	1653	1647	1642	1636	1630	1624	1618	1612	1606
	2198	2200	2203	2205	2207	2209	2211	2213	2215	2216
0,80	1600	1594	1588	1582	1576	1570	1564	1558	1551	1545
	2218	2220	2221	2223	2224	2226	2227	2228	2229	2231
0,81	1539	1533	1527	1520	1514	1508	1501	1495	1489	1482
	2232	2233	2233	2234	2235	2236	2236	2237	2237	2238
0,82	1476	1470	1463	1457	1450	1444	1437	1431	1424	1418
	2238	2238	2239	2239	2239	2239	2239	2238	2238	2238
0,83	1411	1404	1398	1391	1384	1378	1371	1364	1358	1351
	2237	2237	2236	2236	2235	2234	2233	2232	2231	2230
0,84	1344	1337	1330	1324	1317	1310	1303	1296	1289	1282
	2229	2227	2226	2224	2223	2221	2219	2218	2216	2214
0,85	1275	1268	1261	1254	1247	1240	1233	1226	1218	1211
	2212	2209	2207	2205	2202	2200	2197	2194	2192	2189
0,86	1204	1197	1190	1182	1175	1168	1160	1153	1146	1138
	2186	2182	2179	2176	2173	2169	2165	2162	2158	2154
0,87	1131	1124	1116	1109	1101	1094	1086	1079	1071	1064
	2150	2146	2142	2137	2133	2128	2124	2119	2114	2109
0,88	1056	1048	1041	1033	1025	1018	1010	1002	0995	0987
	2104	2099	2093	2088	2083	2077	2071	2065	2059	2053
0,89	0979	0971	0963	0956	0948	0940	0932	0924	0916	0908
	2047	2040	2034	2027	2021	2014	2007	2000	1992	1985
0,90	0900	0892	0884	0876	0868	0860	0852	0844	0835	0827
	1977	1970	1962	1954	1946	1938	1930	1921	1913	1904
0,91	0819	0811	0803	0794	0786	0778	0769	0761	0753	0744
	1895	1886	1877	1867	1858	1848	1838	1828	1818	1808
0,92	0736	0728	0719	0711	0702	0694	0685	0677	0668	0660
	1798	1787	1776	1765	1754	1743	1731	1720	1708	1696
0,93	0651	0642	0634	0625	0616	0608	0599	0590	0582	0573
	1684	1672	1659	1646	1633	1620	1607	1594	1580	1566
0,94	0564	0555	0546	0538	0529	0520	0511	0502	0493	0484
	1552	1538	1523	1508	1493	1478	1463	1447	1431	1415
0,95	0475	0466	0457	0448	0439	0430	0421	0412	0402	0393
	1399	1382	1365	1348	1331	1313	1295	1277	1258	1239
0,96	0384	0375	0366	0356	0347	0338	0328	0319	0310	0300
	1220	1201	1181	1161	1141	1120	1099	1078	1056	1034
0,97	0291	0282	0272	0263	0253	0244	0234	0225	0215	0206
	1012	0989	0965	0942	0918	0893	0868	0842	0816	0790
0,98	0196	0186	0177	0167	0157	0148	0138	0128	0119	0109
	0763	0735	0707	0678	0649	0618	0587	0556	0523	0489
0,99	0099	0089	0079	0070	0060	0050	0040	0030	0020	0010
	0455	0419	0383	0344	0305	0263	0220	0174	0124	0069

1) Werte nach BERKSON, J., *J. Amer. stat. Ass.*, **48**, 565 (1953). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

Sukzessive Differenzenstreuung[1,3]
N = Umfang der Stichprobe
Testquotient: $\Sigma\,(x_{i+1}-x_i)^2\;/\;\Sigma\,(\bar{x}-x_i)^2$

N	$2\alpha=0{,}10$	$2\alpha=0{,}02$
4	0,780–3,220	0,626–3,374
5	0,820–3,180	0,538–3,462
6	890– 110	561– 439
7	936– 064	614– 386
8	982– 018	663– 337
9	1,024–2,976	709– 291
10	1,062–2,938	0,752–3,248
11	096– 904	791– 209
12	128– 872	828– 172
13	156– 844	862– 138
14	182– 818	893– 107
15	1,205–2,795	0,922–3,078
16	227– 773	949– 051
17	247– 753	974– 026
18	266– 734	998– 002
19	283– 717	1,020–2,980
20	1,300–2,700	1,041–2,959
21	315– 685	060– 940
22	329– 671	078– 922
23	342– 658	096– 904
24	355– 645	112– 888
25	1,367–2,633	1,128–2,872
26	378– 622	142– 858
27	389– 611	157– 843
28	399– 601	170– 830
29	409– 591	183– 817
30	1,418–2,582	1,195–2,805
31	426– 574	207– 793
32	435– 565	218– 782
33	443– 557	228– 772
34	451– 549	239– 761
35	1,458–2,542	1,248–2,752
36	466– 534	258– 742
37	472– 528	267– 733
38	479– 521	276– 724
39	486– 514	285– 715
40	1,492–2,508	1,293–2,707
41	498– 502	302– 698
42	504– 496	310– 690
43	510– 490	317– 683
44	515– 485	325– 675
45	1,521–2,479	1,332–2,668
46	526– 474	339– 661
47	530– 470	345– 655
48	535– 465	351– 649
49	539– 461	357– 643
50	1,544–2,456	1,363–2,637
51	548– 452	368– 632
52	552– 448	374– 626
53	556– 444	379– 621
54	559– 441	384– 616
55	1,563–2,437	1,390–2,610
56	567– 433	395– 605
57	571– 429	400– 600
58	574– 426	405– 595
59	578– 422	410– 590
60	1,581–2,419	1,414–2,586
61	584– 416	419– 581
62	587– 413	423– 577
63	590– 410	427– 573
64	593– 407	431– 569
65	1,596–2,404	1,435–2,565
66	599– 401	439– 561
67	602– 398	443– 557
68	605– 395	447– 553
69	608– 392	451– 549
70	1,611–2,389	1,454–2,546
71	614– 386	458– 542
72	617– 383	461– 539
73	620– 380	465– 535
74	623– 377	468– 532
75	1,625–2,375	1,471–2,529
76	628– 372	474– 526
77	630– 370	477– 523
78	632– 368	480– 520
79	635– 365	483– 517
80	1,637–2,363	1,486–2,514
81	639– 361	489– 511
82	641– 359	492– 508
83	643– 357	495– 505
84	645– 355	498– 502
85	1,647–2,353	1,501–2,499
86	649– 351	504– 496
87	651– 349	507– 493
88	653– 347	510– 490
89	655– 345	512– 488
90	1,657–2,343	1,515–2,485
91	659– 341	518– 482
92	661– 339	520– 480
93	662– 338	523– 477
94	664– 336	525– 475
95	1,666–2,334	1,528–2,472
96	668– 332	530– 470
97	669– 331	532– 468
98	671– 329	535– 465
99	673– 327	537– 463
100	1,674–2,326	1,539–2,461
101	1,676–2,324	1,542–2,458
102	677– 323	544– 456
103	679– 321	546– 454
104	680– 320	548– 452
105	1,682–2,318	1,550–2,450
106	683– 317	552– 448
107	685– 315	554– 446
108	686– 314	556– 444
109	688– 312	558– 442
110	1,689–2,311	1,560–2,440
111	691– 309	562– 438
112	692– 308	564– 436
113	693– 307	566– 434
114	695– 305	568– 432
115	1,696–2,304	1,570–2,430
116	697– 303	572– 428
117	698– 302	573– 427
118	700– 300	575– 425
119	701– 299	577– 423
120	1,702–2,298	1,579–2,421
121	703– 297	580– 420
122	705– 295	582– 418
123	706– 294	584– 416
124	707– 293	585– 415
125	1,708–2,292	1,587–2,413
126	709– 291	589– 411
127	710– 290	590– 410
128	711– 289	592– 408
129	713– 287	593– 407
130	1,714–2,286	1,595–2,405
131	715– 285	597– 403
132	716– 284	598– 402
133	717– 283	600– 400
134	718– 282	601– 399
135	1,719–2,281	1,602–2,398
136	720– 280	604– 396
137	721– 279	605– 395
138	722– 278	607– 393
139	723– 277	608– 392
140	1,724–2,276	1,610–2,390
141	725– 275	611– 389
142	726– 274	612– 388
143	727– 273	614– 386
144	728– 272	615– 385
145	1,729–2,271	1,616–2,384
146	730– 270	618– 382
147	730– 270	619– 381
148	731– 269	620– 380
149	732– 268	621– 379
150	1,733–2,267	1,623–2,377
151	734– 266	624– 376
152	735– 265	625– 375
153	736– 264	626– 374
154	737– 263	627– 373
155	1,737–2,263	1,629–2,371
156	738– 262	630– 370
157	739– 261	631– 369
158	740– 260	632– 368
159	741– 259	633– 367
160	1,742–2,258	1,634–2,366
161	742– 258	636– 364
162	743– 257	637– 363
163	744– 256	638– 362
164	745– 255	639– 361
165	1,745–2,255	1,640–2,360
166	746– 254	641– 359
167	747– 253	642– 358
168	748– 252	643– 357
169	748– 252	644– 356
170	1,749–2,251	1,645–2,355
171	750– 250	646– 354
172	751– 249	647– 353
173	751– 249	648– 352
174	752– 248	649– 351
175	1,753–2,247	1,650–2,350
176	753– 247	651– 349
177	754– 246	652– 348
178	755– 245	653– 347
179	755– 245	654– 346
180	1,756–2,244	1,655–2,345
181	757– 243	656– 344
182	757– 243	657– 343
183	758– 242	658– 342
184	759– 241	659– 341
185	1,759–2,241	1,660–2,340
186	760– 240	661– 339
187	761– 239	662– 338
188	761– 239	662– 338
189	762– 238	663– 337
190	1,763–2,237	1,664–2,336
191	763– 237	665– 335
192	764– 236	666– 334
193	764– 236	667– 333
194	765– 235	668– 332
195	1,766–2,234	1,668–2,332
196	766– 234	669– 331
197	767– 233	670– 330
198	767– 233	671– 329
199	768– 232	672– 328
200	1,768–2,232	1,673–2,327
∞	2,000–2,000	2,000–2,000

Serienkorrelation[2,3] (Signifikanz gegen Null)
N = Umfang der Stichprobe, h = Verzugsspanne (lag)
Testquotient: $(\Sigma\,x_i\,x_{i+h}-\bar{x}\,\Sigma\,x_i)\;/\;\Sigma\,(\bar{x}-x_i)^2$

N	$2\alpha=0{,}10$	$2\alpha=0{,}02$
5	–0,753–+0,253	–0,798–+0,297
6	708– 345	863– 447
7	674– 370	799– 510
8	625– 371	764– 531
9	593– 366	737– 533
10	–0,564–+0,360	–0,705–+0,525
11	539– 353	679– 515
12	516– 348	655– 505
13	497– 341	634– 495
14	479– 335	615– 485
15	–0,462–+0,328	–0,597–+0,475
16	447– 322	580– 465
17	434– 316	564– 456
18	421– 310	550– 448
19	410– 304	536– 440
20	–0,399–+0,299	–0,524–+0,432
21	389– 294	512– 424
22	380– 289	502– 417
23	372– 285	491– 411
24	364– 280	482– 404
25	–0,356–+0,276	–0,473–+0,398
26	349– 272	464– 392
27	343– 268	456– 386
28	336– 264	448– 380
29	331– 260	440– 375
30	–0,325–+0,257	–0,433–+0,370
31	319– 254	426– 365
32	314– 251	420– 361
33	309– 248	413– 356
34	304– 245	408– 352
35	–0,300–+0,242	–0,402–+0,348
36	295– 239	396– 344
37	291– 236	391– 340
38	287– 234	386– 336
39	283– 231	381– 333
40	–0,279–+0,229	–0,377–+0,330
41	275– 227	372– 326
42	272– 224	368– 323
43	268– 222	364– 320
44	265– 220	360– 317
45	–0,262–+0,218	–0,356–+0,314
46	259– 216	352– 311
47	256– 214	348– 308
48	253– 212	345– 305
49	250– 210	341– 302
50	–0,248–+0,208	–0,338–+0,300
51	245– 206	334– 297
52	242– 205	331– 295
53	240– 203	328– 292
54	238– 201	325– 290
55	–0,235–+0,199	–0,322–+0,287
56	233– 198	319– 285
57	231– 196	316– 283
58	229– 195	314– 281
59	227– 193	311– 279
60	–0,225–+0,192	–0,308–+0,276
61	223– 190	306– 274
62	221– 189	303– 272
63	219– 188	301– 270
64	217– 186	299– 269
65	–0,215–+0,185	–0,296–+0,267
66	213– 184	294– 265
67	212– 182	292– 263
68	210– 181	290– 261
69	208– 180	288– 260
70	–0,207–+0,179	–0,286–+0,258
71	205– 177	284– 256
72	203– 176	282– 255
73	202– 175	280– 253
74	200– 174	278– 252
75	–0,199–+0,173	–0,276–+0,250
76	198– 172	275– 249
77	197– 172	273– 248
78	196– 171	272– 247
79	195– 170	271– 246
80	–0,194–+0,169	–0,269–+0,245
81	193– 169	268– 243
82	192– 168	267– 242
83	191– 167	265– 241
84	190– 166	264– 240
85	–0,189–+0,166	–0,263–+0,239
86	188– 165	261– 238
87	187– 164	260– 237
88	186– 163	259– 236
89	185– 163	257– 234
90	–0,184–+0,162	–0,256–+0,233
91	183– 161	255– 232
92	182– 160	254– 231
93	181– 160	252– 230
94	180– 159	251– 229
95	–0,179–+0,158	–0,249–+0,228
96	178– 157	248– 227
97	177– 157	247– 226
98	177– 156	245– 224
99	176– 155	244– 223
100	–0,175–+0,154	–0,243–+0,222
101	–0,174–+0,154	–0,242–+0,221
102	173– 153	240– 220
103	172– 152	239– 219
104	171– 152	238– 218
105	–0,170–+0,151	–0,237–+0,217
106	169– 150	236– 216
107	168– 150	234– 216
108	167– 149	233– 215
109	167– 148	232– 214
110	–0,166–+0,148	–0,231–+0,213
111	165– 147	230– 212
112	164– 146	229– 211
113	164– 146	228– 210
114	163– 145	227– 209
115	–0,162–+0,145	–0,226–+0,208
116	161– 144	225– 207
117	161– 143	224– 206
118	160– 143	223– 206
119	159– 142	222– 205
120	–0,159–+0,142	–0,221–+0,204
121	158– 141	220– 203
122	157– 141	219– 202
123	157– 140	218– 202
124	156– 140	217– 201
125	–0,155–+0,139	–0,216–+0,200
126	155– 139	215– 199
127	154– 138	214– 199
128	153– 138	214– 198
129	153– 137	213– 197
130	–0,152–+0,137	–0,212–+0,196
131	151– 136	211– 196
132	151– 136	210– 195
133	150– 135	209– 194
134	150– 135	209– 193
135	–0,149–+0,134	–0,208–+0,193
136	148– 134	207– 192
137	148– 133	206– 191
138	147– 133	205– 191
139	147– 132	205– 190
140	–0,146–+0,132	–0,204–+0,189
141	146– 131	203– 189
142	145– 131	202– 188
143	145– 131	202– 188
144	144– 130	201– 187
145	–0,144–+0,130	–0,200–+0,186
146	143– 129	199– 186
147	143– 129	199– 185
148	142– 128	198– 184
149	142– 128	197– 184
150	–0,141–+0,128	–0,197–+0,183
151	141– 127	196– 183
152	140– 127	195– 182
153	140– 126	195– 182
154	139– 126	194– 181
155	–0,139–+0,126	–0,193–+0,180
156	138– 125	193– 180
157	138– 125	192– 179
158	137– 125	191– 179
159	137– 124	191– 178
160	–0,136–+0,124	–0,190–+0,178
161	136– 123	190– 177
162	135– 123	189– 177
163	135– 123	188– 176
164	135– 122	188– 176
165	–0,134–+0,122	–0,187–+0,175
166	134– 122	187– 175
167	133– 121	186– 174
168	133– 121	186– 174
169	133– 121	185– 173
170	–0,132–+0,120	–0,184–+0,173
171	132– 120	184– 172
172	131– 120	183– 172
173	131– 119	183– 171
174	131– 119	182– 171
175	–0,130–+0,119	–0,182–+0,170
176	130– 118	181– 170
177	129– 118	181– 169
178	129– 118	180– 169
179	129– 117	180– 168
180	–0,128–+0,117	–0,179–+0,168
181	128– 117	179– 167
182	127– 116	178– 167
183	127– 116	178– 167
184	127– 116	177– 166
185	–0,126–+0,116	–0,177–+0,166
186	126– 115	176– 165
187	126– 115	176– 165
188	125– 115	175– 164
189	125– 114	175– 164
190	–0,125–+0,114	–0,174–+0,164
191	124– 114	174– 163
192	124– 114	173– 163
193	124– 113	173– 162
194	123– 113	172– 162
195	–0,123–+0,113	–0,172–+0,161
196	123– 112	171– 161
197	122– 112	171– 161
198	122– 112	170– 160
199	122– 112	170– 160
200	–0,121–+0,111	–0,170–+0,160
1000	–0,053–+0,051	–0,075–+0,073

1) Bis $N=60$ Umrechnung mit Faktor $(N-1)/N$ der exakten Werte von HART, B. I., *Ann. math. Statist.*, **13**, 445 (1942). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages. *2*) Bis $N=15$ direkt, bis $N=75$ interpoliert nach den exakten Werten von ANDERSON, R. L., *Ann. math. Statist.*, **13**, 1 (1942). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages. *3*) Bei den Übergangswerten empirisch, danach normal approximiert. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

r	$\sqrt{1-r^2}$ 0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	r	$1-r^2$ 0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,000	0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,99999	0,99999	0,99998	0,99998	0,99997	0,99996	**0,000**	0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,99999	0,99998	0,99998	0,99996	0,99995	0,99994	0,99992
010	99995	99994	99993	99992	99990	99989	99987	99986	99984	99982	010	99990	99988	99986	99983	99980	99978	99974	99971	99968	99964
020	99980	99978	99976	99974	99971	99969	99966	99964	99961	99958	020	99960	99956	99952	99947	99942	99938	99932	99927	99922	99916
030	99955	99952	99949	99946	99942	99939	99935	99932	99928	99924	030	99910	99904	99898	99891	99884	99878	99870	99863	99856	99848
040	99920	99916	99912	99908	99903	99899	99894	99889	99885	99880	040	99840	99832	99824	99815	99806	99798	99788	99779	99770	99760
0,050	99875	99870	99865	99859	99854	99849	99843	99837	99832	99826	**0,050**	99750	99740	99730	99719	99708	99698	99686	99675	99664	99652
060	99820	99814	99808	99801	99795	99789	99782	99775	99769	99762	060	99640	99628	99616	99603	99590	99578	99564	99551	99538	99524
070	99755	99748	99740	99733	99726	99718	99711	99703	99695	99687	070	99510	99496	99482	99467	99452	99438	99422	99407	99392	99376
080	99679	99671	99663	99655	99647	99638	99630	99621	99612	99603	080	99360	99344	99328	99311	99294	99278	99260	99243	99226	99208
090	99594	99585	99576	99567	99557	99548	99538	99528	99519	99509	090	99190	99172	99154	99135	99116	99098	99078	99059	99040	99020
0,100	99499	99489	99478	99468	99458	99447	99437	99426	99415	99404	**0,100**	99000	98980	98960	98939	98918	98898	98876	98855	98834	98812
110	99393	99382	99371	99359	99348	99337	99325	99313	99301	99289	110	98790	98768	98746	98723	98700	98678	98654	98631	98608	98584
120	99277	99265	99253	99241	99228	99216	99203	99190	99177	99164	120	98560	98536	98512	98487	98462	98438	98412	98387	98362	98336
130	99151	99138	99125	99112	99098	99085	99071	99057	99043	99029	130	98310	98284	98258	98231	98204	98178	98150	98123	98096	98068
140	99015	99001	98987	98972	98958	98943	98928	98914	98899	98884	140	98040	98012	97984	97955	97926	97898	97868	97839	97810	97780
0,150	98869	98853	98838	98823	98807	98791	98776	98760	98744	98728	**0,150**	97750	97720	97690	97659	97628	97598	97566	97535	97504	97472
160	98712	98695	98679	98663	98646	98629	98613	98596	98579	98562	160	97440	97408	97376	97343	97310	97278	97244	97211	97178	97144
170	98544	98527	98510	98492	98475	98457	98439	98421	98403	98385	170	97110	97076	97042	97007	96972	96938	96902	96867	96832	96796
180	98367	98348	98330	98311	98293	98274	98255	98236	98217	98198	180	96760	96724	96688	96651	96614	96578	96540	96503	96466	96428
190	98178	98159	98139	98120	98100	98080	98060	98040	98020	98000	190	96390	96352	96314	96275	96236	96198	96158	96119	96080	96040
0,200	97980	97959	97939	97918	97897	97876	97855	97834	97813	97792	**0,200**	96000	95960	95920	95879	95838	95798	95756	95715	95674	95632
210	97770	97749	97727	97705	97683	97661	97639	97617	97595	97572	210	95590	95548	95506	95463	95420	95378	95334	95291	95248	95204
220	97550	97527	97505	97482	97459	97436	97413	97389	97366	97343	220	95160	95116	95072	95027	94982	94938	94892	94847	94802	94756
230	97319	97295	97272	97248	97224	97200	97175	97151	97127	97102	230	94710	94664	94618	94571	94524	94478	94430	94383	94336	94288
240	97077	97053	97028	97003	96978	96952	96927	96902	96876	96850	240	94240	94192	94144	94095	94046	93998	93948	93899	93850	93800
0,250	96825	96799	96773	96747	96720	96694	96668	96641	96614	96588	**0,250**	93750	93700	93650	93599	93548	93498	93446	93395	93344	93292
260	96561	96534	96507	96480	96452	96425	96397	96370	96342	96314	260	93240	93188	93136	93083	93030	92978	92924	92871	92818	92764
270	96286	96258	96230	96201	96173	96144	96116	96087	96058	96029	270	92710	92656	92602	92547	92492	92438	92382	92327	92272	92216
280	96000	95971	95941	95912	95882	95853	95823	95793	95763	95733	280	92160	92104	92048	91991	91934	91878	91820	91763	91706	91648
290	95703	95672	95642	95611	95581	95550	95519	95488	95457	95425	290	91590	91532	91474	91415	91356	91298	91238	91179	91120	91060
0,300	95394	95362	95331	95299	95267	95235	95203	95171	95139	95106	**0,300**	91000	90940	90880	90819	90758	90698	90636	90575	90514	90452
310	95074	95041	95008	94975	94942	94909	94876	94843	94809	94775	310	90390	90328	90266	90203	90140	90078	90014	89951	89888	89824
320	94742	94708	94674	94640	94606	94571	94537	94502	94468	94433	320	89760	89696	89632	89567	89502	89438	89372	89307	89242	89176
340	94398	94363	94328	94293	94257	94222	94186	94150	94115	94079	330	89110	89044	88978	88911	88844	88778	88710	88643	88576	88508
0,350	94043	94006	93970	93934	93897	93860	93823	93787	93749	93712	340	88440	88372	88304	88235	88166	88098	88028	87959	87890	87820
360	93675	93638	93600	93562	93525	93487	93449	93410	93372	93334	**0,350**	87750	87680	87610	87539	87468	87398	87326	87255	87184	87112
370	93295	93257	93218	93179	93140	93101	93061	93022	92983	92943	360	87040	86968	86896	86823	86750	86678	86604	86531	86458	86384
380	92903	92863	92823	92783	92743	92702	92662	92621	92581	92540	370	86310	86236	86162	86087	86012	85938	85862	85787	85712	85636
390	92499	92458	92416	92375	92333	92292	92250	92208	92166	92124	380	85560	85484	85408	85331	85254	85178	85100	85023	84946	84868
0,400	92081	92039	91997	91954	91911	91868	91825	91782	91739	91695	390	84790	84712	84634	84555	84476	84398	84318	84239	84160	84080
410	91652	91608	91564	91520	91476	91432	91387	91343	91298	91253	**0,400**	84000	83920	83840	83759	83678	83598	83516	83435	83354	83272
420	91209	91164	91118	91073	91028	90982	90936	90891	90845	90799	410	83190	83108	83026	82943	82860	82778	82694	82611	82528	82444
430	90752	90706	90660	90613	90566	90519	90472	90425	90378	90330	420	82360	82276	82192	82107	82022	81938	81852	81767	81682	81596
440	90283	90235	90187	90139	90091	90043	89995	89946	89897	89849	430	81510	81424	81338	81251	81164	81078	80990	80903	80816	80728
0,450	89800	89751	89702	89652	89603	89553	89503	89453	89403	89353	440	80640	80552	80464	80375	80286	80198	80108	80019	79930	79840
460	89303	89252	89202	89151	89100	89049	88998	88947	88895	88844	**0,450**	79750	79660	79570	79479	79388	79298	79206	79115	79024	78932
470	88792	88740	88688	88636	88584	88531	88478	88426	88373	88320	460	78840	78748	78656	78563	78470	78378	78284	78191	78098	78004
480	88267	88213	88160	88106	88052	87999	87945	87890	87836	87781	470	77910	77816	77722	77627	77532	77438	77342	77247	77152	77056
490	87727	87672	87617	87562	87507	87451	87396	87340	87284	87228	480	76960	76864	76768	76671	76574	76478	76380	76283	76186	76088
	87172	87116	87060	87003	86946	86889	86832	86775	86718	86660	490	75990	75892	75794	75695	75596	75498	75398	75299	75200	75100
0,500	86603	86545	86487	86429	86370	86312	86253	86195	86136	86077	**0,500**	75000	74900	74800	74699	74598	74498	74396	74295	74194	74092
510	86017	85958	85899	85839	85779	85719	85659	85599	85538	85477	510	73990	73888	73786	73683	73580	73478	73374	73271	73168	73064
520	85417	85356	85295	85233	85172	85111	85048	84987	84924	84862	520	72960	72856	72752	72647	72542	72438	72332	72227	72122	72016
530	84800	84737	84674	84612	84548	84485	84422	84358	84294	84231	530	71910	71804	71698	71591	71484	71378	71270	71163	71056	70948
540	84167	84102	84038	83973	83909	83844	83779	83713	83648	83582	540	70840	70732	70624	70515	70406	70298	70188	70079	69970	69860
0,550	83516	83451	83384	83318	83252	83185	83118	83051	82984	82917	**0,550**	69750	69640	69530	69419	69308	69198	69086	68975	68864	68752
560	82849	82782	82714	82646	82577	82509	82441	82372	82303	82234	560	68640	68528	68416	68303	68190	68078	67964	67851	67738	67624
570	82164	82095	82025	81956	81886	81815	81745	81674	81604	81533	570	67510	67396	67282	67167	67052	66938	66822	66707	66592	66476
580	81462	81390	81319	81247	81175	81103	81031	80959	80886	80813	580	66360	66244	66128	66011	65894	65778	65660	65543	65426	65308
590	80740	80667	80594	80520	80447	80373	80298	80224	80150	80075	590	65190	65072	64954	64835	64716	64598	64478	64359	64240	64120
0,600	80000	79925	79850	79774	79698	79623	79546	79470	79394	79317	**0,600**	64000	63880	63760	63639	63518	63398	63276	63155	63034	62912
610	79240	79163	79086	79008	78931	78853	78775	78696	78618	78539	610	62790	62668	62546	62423	62300	62178	62054	61931	61808	61684
620	78460	78381	78302	78222	78142	78062	77982	77902	77821	77741	620	61560	61436	61312	61187	61062	60938	60812	60687	60562	60436
630	77660	77578	77497	77415	77333	77251	77169	77086	77004	76921	630	60310	60184	60058	59931	59804	59678	59550	59423	59296	59168
640	76837	76754	76670	76587	76503	76418	76334	76249	76164	76079	640	59040	58912	58784	58655	58526	58398	58268	58139	58010	57880
0,650	75993	75908	75822	75736	75649	75563	75476	75389	75302	75214	**0,650**	57750	57620	57490	57359	57228	57098	56966	56835	56704	56572
660	75127	75039	74950	74862	74773	74684	74595	74506	74416	74326	660	56440	56308	56176	56043	55910	55778	55644	55511	55378	55244
670	74236	74146	74055	73964	73873	73782	73690	73598	73506	73414	670	55110	54976	54842	54707	54572	54438	54302	54167	54032	53896
680	73321	73228	73135	73042	72948	72854	72760	72666	72571	72476	680	53760	53624	53488	53351	53214	53078	52940	52803	52666	52528
690	72381	72285	72190	72094	71997	71901	71804	71707	71610	71512	690	52390	52252	52114	51975	51836	51698	51558	51419	51280	51140
0,700	71414	71316	71218	71119	71020	70921	70821	70721	70621	70521	**0,700**	51000	50860	50720	50579	50438	50298	50156	50015	49874	49732
710	70420	70319	70218	70116	70015	69912	69810	69707	69604	69501	710	49590	49448	49306	49163	49020	48878	48734	48591	48448	48304
720	69397	69294	69189	69085	68980	68875	68769	68664	68558	68451	720	48160	48016	47872	47727	47582	47438	47292	47147	47002	46856
730	68345	68238	68130	68023	67915	67807	67698	67589	67480	67371	730	46710	46564	46418	46271	46124	45978	45830	45683	45536	45388
740	67261	67151	67040	66929	66818	66706	66595	66482	66370	66257	740	45240	45092	44944	44795	44646	44498	44348	44199	44050	43900
0,750	66144	66030	65916	65802	65687	65572	65457	65341	65225	65109	**0,750**	43750	43600	43450	43299	43148	42998	42846	42695	42544	42392
760	64992	64875	64758	64640	64522	64403	64284	64165	64045	63925	760	42240	42088	41936	41783	41630	41478	41324	41171	41018	40864
770	63804	63684	63562	63441	63319	63196	63073	62950	62826	62702	770	40710	40556	40402	40247	40092	39938	39782	39627	39472	39316
780	62578	62453	62328	62202	62076	61950	61823	61695	61568	61439	780	39160	39004	38848	38691	38534	38378	38220	38063	37906	37748
790	61311	61182	61052	60922	60792	60661	60530	60398	60266	60133	790	37590	37432	37274	37115	36956	36798	36638	36479	36320	36160
0,800	60000	59866	59732	59598	59463	59327	59192	59055	58918	58781	**0,800**	36000	35840	35680	35519	35358	35198	35036	34875	34714	34552
810	58643	58505	58366	58226	58086	57946	57805	57664	57522	57379	810	34390	34228	34066	33903	33740	33578	33414	33251	33088	32924
820	57236	57093	56949	56804	56659	56513	56367	56220	56073	55925	820	32760	32596	32432	32267	32102	31938	31772	31607	31442	31276
830	55776	55627	55478	55327	55176	55025	54873	54720	54567	54413	830	31110	30944	30778	30611	30444	30278	30110	29943	29776	29608
840	54259	54104	53948	53791	53634	53477	53318	53159	53000	52839	840	29440	29272	29104	28935	28766	28598	28428	28259	28090	27920
0,850	52678	52517	52354	52191	52027	51863	51698	51532	51365	51198	**0,850**	27750	27580	27410	27239	27068	26898	26726	26555	26384	26212
860	51029	50860	50691	50520	50349	50177	50004	49831	49656	49481	860	26040	25868	25696	25523	25350	25178	25004	24831	24658	24484
870	49305	49128	48951	48772	48593	48412	48231	48049	47866	47682	870	24310	24136	23962	23787	23612	23438	23262	23087	22912	22736
880	47497	47312	47125	46937	46749	46559	46369	46177	45984	45791	880	22560	22384	22208	22031	21854	21678	21500	21323	21146	20968
890	45596	45400	45204	45006	44807	44607	44405	44203	44000	43795	890	20790	20612	20434	20255	20076	19898	19718	19539	19360	19180
0,900	43589	43382	43174	42964	42753	42541	42328	42113	41897	41680	**0,900**	19000	18820	18640	18459	18278	18098	17916	17735	17554	17372
910	41461	41241	41019	40796	40571	40345	40118	39889	39658	39426	910	17190	17008	16826	16643	16460	16278	16094	15911	15728	15544
920	39192	38956	38719	38480	38239	37997	37752	37506	37258	37008	920	15360	15176	14992	14807	14622	14438	14252	14067	13882	13696
930	36756	36502	36246	35988	35727	35465	35200	34933	34664	34392	930	13510	13324	13138	12951	12764	12578	12390	12203	12016	11828
940	34117	33841	33561	33279	32995	32707	32417	32123	31827	31528	940	11640	11452	11264	11075	10886	10698	10508	10319	10130	09940
0,950	31225	30919	30610	30297	29981	29661	29337	29009	28677	28341	**0,950**	09750	09560	09370	09179	08988	08798	08606	08415	08224	08032
960	28000	27655	27305	26950	26590	26225	25854	25478	25095	24706	960	07840	07648	07456	07263	07070	06878	06684	06491	06298	06104
970	24310	23908	23498	23081	22655	22220	21777	21324	20860	20386	970	05910	05716	05522	05327	05132	04938	04742	04547	04352	04156
980	19900	19401	18888	18361	17817	17255	16675	16072	15445	14792	980	03960	03764	03568	03371	03174	02978	02780	02583	02386	02188
990	14107	13386	12624	11811	10938	09987	08935	07740	06321	04471	990	01990	01792	01594	01395	01196	00998	00798	00599	00400	00200

* 1,00000 ** Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

n	$\sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$	$\frac{n-1}{n-2}$	n	$\sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$	$\frac{n-1}{n-2}$	n	$\sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$	$\frac{n-1}{n-2}$	n	$\sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$	$\frac{n-1}{n-2}$	n	$\sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$	$\frac{n-1}{n-2}$
	1,	1,		1,	1,		1,	1,		1,	1,		1,	1,
0	–	–	**50**	01036	02083	**100**	00509	01020	**150**	00337	00676	**200**	00252	00505
1	–	–	51	01015	02041	101	00504	01010	151	00335	00671	201	00251	00503
2	–	–	52	00995	02000	102	00499	01000	152	00333	00667	202	00250	00500
3	41421	00000**	53	00976	01961	103	00494	00990	153	00331	00662	203	00248	00498
4	22474	50000	54	00957	01923	104	00489	00980	154	00328	00658	204	00247	00495
5	15470	33333	**55**	00939	01887	**105**	00484	00971	**155**	00326	00654	**205**	00246	00493
6	11803	25000	56	00922	01852	106	00480	00962	156	00324	00649	206	00245	00490
7	09545	20000	57	00905	01818	107	00475	00952	157	00322	00645	207	00244	00488
8	08012	16667	58	00889	01786	108	00471	00943	158	00320	00641	208	00242	00485
9	06904	14286	59	00873	01754	109	00466	00935	159	00318	00637	209	00241	00483
10	06066	12500	**60**	00858	01724	**110**	00462	00926	**160**	00316	00633	**210**	00240	00481
11	05409	11111	61	00844	01695	111	00458	00917	161	00314	00629	211	00239	00478
12	04881	10000	62	00830	01667	112	00454	00909	162	00312	00625	212	00238	00476
13	04447	09091	63	00816	01639	113	00449	00901	163	00310	00621	213	00237	00474
14	04083	08333	64	00803	01613	114	00445	00893	164	00308	00617	214	00236	00472
15	03775	07692	**65**	00791	01587	**115**	00442	00885	**165**	00306	00613	**215**	00234	00469
16	03510	07143	66	00778	01563	116	00438	00877	166	00304	00610	216	00233	00467
17	03280	06667	67	00766	01538	117	00434	00870	167	00303	00606	217	00232	00465
18	03078	06250	68	00755	01515	118	00430	00862	168	00301	00602	218	00231	00463
19	02899	05882	69	00744	01493	119	00426	00855	169	00299	00599	219	00230	00461
20	02740	05556	**70**	00733	01471	**120**	00423	00847	**170**	00297	00595	**220**	00229	00459
21	02598	05263	71	00722	01449	121	00419	00840	171	00295	00592	221	00228	00457
22	02470	05000	72	00712	01429	122	00416	00833	172	00294	00588	222	00227	00455
23	02353	04762	73	00702	01408	123	00412	00826	173	00292	00585	223	00226	00452
24	02247	04545	74	00692	01389	124	00409	00820	174	00290	00581	224	00225	00450
25	02151	04348	**75**	00683	01370	**125**	00406	00813	**175**	00289	00578	**225**	00224	00448
26	02062	04167	76	00673	01351	126	00402	00806	176	00287	00575	226	00223	00446
27	01980	04000	77	00664	01333	127	00399	00800	177	00285	00571	227	00222	00444
28	01905	03846	78	00656	01316	128	00396	00794	178	00284	00568	228	00221	00442
29	01835	03704	79	00647	01299	129	00393	00787	179	00282	00565	229	00220	00441
30	01770	03571	**80**	00639	01282	**130**	00390	00781	**180**	00281	00562	**230**	00219	00439
31	01710	03448	81	00631	01266	131	00387	00775	181	00279	00559	231	00218	00437
32	01653	03333	82	00623	01250	132	00384	00769	182	00277	00556	232	00217	00435
33	01600	03226	83	00615	01235	133	00381	00763	183	00276	00552	233	00216	00433
34	01550	03125	84	00608	01220	134	00378	00758	184	00274	00549	234	00215	00431
35	01504	03030	**85**	00601	01205	**135**	00375	00752	**185**	00273	00546	**235**	00214	00429
36	01460	02941	86	00593	01190	136	00372	00746	186	00271	00543	236	00213	00427
37	01419	02857	87	00587	01176	137	00370	00741	187	00270	00541	237	00213	00426
38	01379	02778	88	00580	01163	138	00367	00735	188	00268	00538	238	00212	00424
39	01342	02703	89	00573	01149	139	00364	00730	189	00267	00535	239	00211	00422
40	01307	02632	**90**	00567	01136	**140**	00362	00725	**190**	00266	00532	**240**	00210	00420
41	01274	02564	91	00560	01124	141	00359	00719	191	00264	00529	241	00209	00418
42	01242	02500	92	00554	01111	142	00357	00714	192	00263	00526	242	00208	00417
43	01212	02439	93	00548	01099	143	00354	00709	193	00261	00524	243	00207	00415
44	01183	02381	94	00542	01087	144	00351	00704	194	00260	00521	244	00206	00413
45	01156	02326	**95**	00536	01075	**145**	00349	00699	**195**	00259	00518	**245**	00206	00412
46	01130	02273	96	00531	01064	146	00347	00694	196	00257	00515	246	00205	00410
47	01105	02222	97	00525	01053	147	00344	00690	197	00256	00513	247	00204	00408
48	01081	02174	98	00519	01042	148	00342	00685	198	00255	00510	248	00203	00407
49	01058	02128	99	00514	01031	149	00340	00680	199	00253	00508	249	00202	00405
50	01036	02083	**100**	00509	01020	**150**	00337	00676	**200**	00252	00505	**250**	00202	00403

Beispiel: $s_{y \cdot x} = s_y \sqrt{1-r^2} \sqrt{\frac{n-1}{n-2}}$, $s^2_{y \cdot x} = s^2_y (1-r^2) \frac{n-1}{n-2}$ usw.

Erläuterungen zu S. 61

Die Tafel gibt die Werte zu

$$r = \sqrt{\frac{t^2}{t^2+\nu}} \quad \text{(Freiheitsgrad von } t = \nu\text{)}$$

Damit kann ohne Rechnung geprüft werden, ob sich ein Korrelationskoeffizient signifikant von Null unterscheidet. Mit diesem Test werden automatisch auch die entsprechenden Regressionskoeffizienten in gleichem Sinne geprüft. Ist zum Beispiel $r_{xy} \neq$ Null, so sind auch b_{xy} und b_{yx} ungleich Null.

Den Freiheitsgrad ν findet man folgendermaßen: Von der Anzahl n der Beobachtungspaare wird die Zahl 2 abgezogen und dazu, sofern es sich um Partialkorrelationskoeffizienten handelt, noch die Anzahl der ausgeschalteten Variabeln.

Beispiele: (Variable 1, 2, ...) r_{12} $\nu = n-2$
$r_{12 \cdot 3}$ $\nu = n-2-1$
$r_{12 \cdot 34}$ $\nu = n-2-2$
usw.

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers. ** 2,00000.

ν	2α 0,1	0,05	0,01	0,001
1	0,9877	0,9969	0,9999	1,0000
2	9000	9500	9900	0,9990
3	8054	8783	9587	9911
4	7293	8114	9172	9741
5	0,6694	0,7545	0,8745	0,9509
6	6215	7067	8343	9249
7	5822	6664	7977	8983
8	5494	6319	7646	8721
9	5214	6021	7348	8471
10	0,4973	0,5760	0,7079	0,8233
11	4762	5529	6835	8010
12	4575	5324	6614	7800
13	4409	5139	6411	7604
14	4259	4973	6226	7419
15	0,4124	0,4821	0,6055	0,7247
16	4000	4683	5897	7084
17	3887	4555	5751	6932
18	3783	4438	5614	6788
19	3687	4329	5487	6652
20	0,3598	0,4227	0,5368	0,6524
21	3515	4132	5256	6402
22	3438	4044	5151	6287
23	3365	3961	5052	6177
24	3297	3882	4958	6073
25	0,3233	0,3809	0,4869	0,5974
26	3172	3739	4785	5880
27	3115	3673	4705	5790
28	3061	3610	4629	5703
29	3009	3550	4556	5620
30	0,2960	0,3494	0,4487	0,5541
31	2913	3440	4421	5465
32	2869	3388	4357	5392
33	2826	3338	4297	5322
34	2785	3291	4238	5255
35	0,2746	0,3246	0,4182	0,5189
36	2709	3202	4128	5126
37	2673	3160	4076	5066
38	2638	3120	4026	5007
39	2605	3081	3978	4951
40	0,2573	0,3044	0,3932	0,4896
41	2542	3008	3887	4843
42	2512	2973	3843	4792
43	2483	2940	3802	4742
44	2455	2907	3761	4694
45	0,2428	0,2875	0,3721	0,4647
46	2403	2845	3683	4602
47	2377	2816	3646	4558
48	2353	2787	3610	4515
49	2329	2759	3575	4473
50	0,2306	0,2732	0,3541	0,4433
51	2284	2706	3509	4393
52	2262	2681	3477	4355
53	2241	2656	3445	4317
54	2221	2632	3415	4281
55	0,2201	0,2609	0,3385	0,4245
56	2181	2586	3357	4210
57	2162	2564	3329	4176
58	2144	2542	3301	4143
59	2126	2521	3274	4111
60	0,2108	0,2500	0,3248	0,4079
61	2091	2480	3223	4048
62	2075	2461	3198	4018
63	2058	2442	3174	3988
64	2042	2423	3150	3959
65	0,2027	0,2405	0,3127	0,3931
66	2012	2387	3104	3904
67	1997	2369	3081	3877
68	1982	2352	3060	3850
69	1968	2335	3038	3824
70	0,1954	0,2319	0,3017	0,3798
71	1940	2303	2997	3773
72	1927	2287	2977	3749
73	1914	2272	2957	3725
74	1901	2257	2938	3701
75	0,1889	0,2242	0,2919	0,3678
76	1876	2227	2900	3655
77	1864	2213	2882	3633
78	1852	2199	2864	3611
79	1841	2185	2847	3590
80	0,1829	0,2172	0,2830	0,3569
81	1818	2159	2813	3548
82	1807	2146	2796	3527
83	1796	2133	2780	3507
84	1786	2120	2764	3488
85	0,1775	0,2108	0,2748	0,3468
86	1765	2096	2733	3449
87	1755	2084	2717	3430
88	1745	2072	2702	3412
89	1735	2061	2688	3394
90	0,1726	0,2050	0,2673	0,3376
91	1716	2039	2659	3358
92	1707	2028	2645	3341
93	1698	2017	2631	3324
94	1689	2006	2617	3307
95	0,1680	0,1996	0,2604	0,3291
96	1671	1986	2591	3274
97	1663	1976	2578	3258
98	1654	1966	2565	3242
99	1646	1956	2552	3227
100	0,1638	0,1946	0,2540	0,3211

ν	2α 0,1	0,05	0,01	0,001
101	0,1630	0,1937	0,2528	0,3196
102	1622	1927	2515	3181
103	1614	1918	2504	3166
104	1606	1909	2492	3152
105	0,1599	0,1900	0,2480	0,3138
106	1591	1891	2469	3123
107	1584	1882	2458	3109
108	1577	1874	2447	3095
109	1569	1865	2436	3082
110	0,1562	0,1857	0,2425	0,3069
111	1555	1848	2414	3055
112	1548	1840	2404	3042
113	1542	1832	2393	3029
114	1535	1824	2383	3017
115	0,1528	0,1816	0,2373	0,3004
116	1522	1809	2363	2992
117	1515	1801	2353	2979
118	1509	1793	2343	2967
119	1502	1786	2334	2955
120	0,1496	0,1779	0,2324	0,2943
121	1490	1771	2315	2932
122	1484	1764	2305	2920
123	1478	1757	2296	2909
124	1472	1750	2287	2897
125	0,1466	0,1743	0,2278	0,2886
126	1460	1736	2269	2875
127	1455	1730	2261	2864
128	1449	1723	2252	2854
129	1443	1716	2243	2843
130	0,1438	0,1710	0,2235	0,2832
131	1432	1703	2226	2822
132	1427	1697	2218	2812
133	1422	1690	2210	2801
134	1416	1684	2202	2791
135	0,1411	0,1678	0,2194	0,2781
136	1406	1672	2186	2771
137	1401	1666	2178	2762
138	1396	1660	2170	2752
139	1391	1654	2163	2742
140	0,1386	0,1648	0,2155	0,2733
141	1381	1642	2148	2724
142	1376	1637	2140	2714
143	1371	1631	2133	2705
144	1367	1625	2126	2696
145	0,1362	0,1620	0,2118	0,2687
146	1357	1614	2111	2678
147	1353	1609	2104	2669
148	1348	1603	2097	2660
149	1344	1598	2090	2652
150	0,1339	0,1593	0,2083	0,2643
151	1335	1587	2077	2635
152	1330	1582	2070	2626
153	1326	1577	2063	2618
154	1322	1572	2057	2610
155	0,1318	0,1567	0,2050	0,2602
156	1313	1562	2044	2594
157	1309	1557	2037	2586
158	1305	1552	2031	2578
159	1301	1547	2025	2570
160	0,1297	0,1543	0,2019	0,2562
161	1293	1538	2012	2554
162	1289	1533	2006	2547
163	1285	1529	2000	2539
164	1281	1524	1994	2532
165	0,1277	0,1519	0,1988	0,2524
166	1273	1515	1982	2517
167	1270	1510	1977	2510
168	1266	1506	1971	2502
169	1262	1501	1965	2495
170	0,1258	0,1497	0,1959	0,2488
171	1255	1493	1954	2481
172	1251	1488	1948	2474
173	1248	1484	1943	2467
174	1244	1480	1937	2460
175	0,1240	0,1476	0,1932	0,2453
176	1237	1471	1926	2446
177	1233	1467	1921	2440
178	1230	1463	1915	2433
179	1227	1459	1910	2426
180	0,1223	0,1455	0,1905	0,2420
181	1220	1451	1900	2413
182	1216	1447	1895	2407
183	1213	1443	1890	2400
184	1210	1439	1885	2394
185	0,1207	0,1435	0,1880	0,2388
186	1203	1432	1874	2381
187	1200	1428	1870	2375
188	1197	1424	1865	2369
189	1194	1420	1860	2363
190	0,1191	0,1417	0,1855	0,2357
191	1188	1413	1850	2351
192	1184	1409	1845	2345
193	1181	1406	1841	2339
194	1178	1402	1836	2333
195	0,1175	0,1399	0,1831	0,2327
196	1172	1395	1827	2321
197	1169	1391	1822	2316
198	1166	1388	1818	2310
199	1164	1384	1813	2304
200	0,1161	0,1381	0,1809	0,2299

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Transformation des Korrelationskoeffizienten r*

r	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,000	0,00000	0,00100	0,00200	0,00300	0,00400	0,00500	0,00600	0,00700	0,00800	0,00900
010	01000	01100	01200	01300	01400	01500	01600	01700	01800	01900
020	02000	02100	02200	02300	02400	02501	02601	02701	02801	02901
030	03001	03101	03201	03301	03401	03501	03602	03702	03802	03902
040	04002	04102	04202	04303	04403	04503	04603	04703	04804	04904
0,050	0,05004	0,05104	0,05205	0,05305	0,05405	0,05506	0,05606	0,05706	0,05806	0,05907
060	06007	06108	06208	06308	06409	06509	06610	06710	06810	06911
070	07011	07112	07212	07313	07414	07514	07615	07715	07816	07916
080	08017	08118	08218	08319	08420	08521	08621	08722	08823	08924
090	09024	09125	09226	09327	09428	09529	09630	09731	09832	09933
0,100	0,10034	0,10135	0,10236	0,10337	0,10438	0,10539	0,10640	0,10741	0,10842	0,10943
110	11045	11146	11247	11348	11450	11551	11652	11754	11855	11957
120	12058	12160	12261	12363	12464	12566	12667	12769	12871	12972
130	13074	13176	13277	13379	13481	13583	13685	13787	13889	13991
140	14093	14195	14297	14399	14501	14603	14705	14807	14910	15012
0,150	0,15114	0,15216	0,15319	0,15421	0,15524	0,15626	0,15728	0,15831	0,15934	0,16036
160	16139	16241	16344	16447	16549	16652	16755	16858	16961	17064
170	17167	17270	17373	17476	17579	17682	17785	17888	17992	18095
180	18198	18302	18405	18509	18612	18716	18819	18923	19026	19130
190	19234	19338	19441	19545	19649	19753	19857	19961	20065	20169
0,200	0,20273	0,20377	0,20482	0,20586	0,20690	0,20795	0,20899	0,21004	0,21108	0,21213
210	21317	21422	21526	21631	21736	21841	21946	22051	22156	22261
220	22366	22471	22576	22681	22786	22892	22997	23102	23208	23313
230	23419	23525	23630	23736	23842	23948	24053	24159	24265	24371
240	24477	24584	24690	24796	24902	25009	25115	25222	25328	25435
0,250	0,25541	0,25648	0,25755	0,25862	0,25968	0,26075	0,26182	0,26289	0,26396	0,26504
260	26611	26718	26825	26933	27040	27148	27255	27363	27471	27579
270	27686	27794	27902	28010	28118	28226	28335	28443	28551	28660
280	28768	28877	28985	29094	29203	29312	29420	29529	29638	29747
290	29857	29966	30075	30184	30294	30403	30513	30623	30732	30842
0,300	0,30952	0,31062	0,31172	0,31282	0,31392	0,31502	0,31613	0,31723	0,31833	0,31944
310	32055	32165	32276	32387	32498	32609	32720	32831	32942	33053
320	33165	33276	33388	33499	33611	33723	33835	33947	34059	34171
330	34283	34395	34507	34620	34732	34845	34958	35070	35183	35296
340	35409	35522	35636	35749	35862	35976	36089	36203	36317	36430
0,350	0,36544	0,36658	0,36772	0,36887	0,37001	0,37115	0,37230	0,37344	0,37459	0,37574
360	37689	37804	37919	38034	38149	38264	38380	38495	38611	38726
370	38842	38958	39074	39190	39307	39423	39539	39656	39772	39889
380	40006	40123	40240	40357	40474	40592	40709	40827	40944	41062
390	41180	41298	41416	41534	41653	41771	41890	42008	42127	42246
0,400	0,42365	0,42484	0,42603	0,42723	0,42842	0,42962	0,43081	0,43201	0,43321	0,43441
410	43561	43681	43802	43922	44043	44164	44284	44405	44527	44648
420	44769	44891	45012	45134	45256	45378	45500	45622	45745	45867
430	45990	46112	46235	46358	46481	46605	46728	46852	46975	47099
440	47223	47347	47471	47596	47720	47845	47970	48094	48220	48345
0,450	0,48470	0,48595	0,48721	0,48847	0,48973	0,49099	0,49225	0,49351	0,49478	0,49604
460	49731	49858	49985	50112	50240	50367	50495	50623	50751	50879
470	51007	51135	51264	51393	51522	51651	51780	51909	52039	52169
480	52298	52428	52559	52689	52819	52950	53081	53212	53343	53475
490	53606	53738	53870	54002	54134	54266	54399	54531	54664	54797
0,500	0,54931	0,55064	0,55198	0,55331	0,55465	0,55600	0,55734	0,55868	0,56003	0,56138
510	56273	56408	56544	56679	56815	56951	57087	57224	57360	57497
520	57634	57771	57908	58046	58184	58322	58460	58598	58737	58876
530	59015	59154	59293	59433	59572	59712	59853	59993	60134	60274
540	60416	60557	60698	60840	60982	61124	61266	61409	61552	61695
0,550	0,61838	0,61982	0,62125	0,62269	0,62413	0,62558	0,62702	0,62847	0,62992	0,63138
560	63283	63429	63575	63721	63868	64015	64162	64309	64457	64604
570	64752	64901	65049	65198	65347	65496	65646	65795	65945	66096
580	66246	66397	66548	66700	66851	67003	67155	67308	67460	67613
590	67767	67920	68074	68228	68382	68537	68692	68847	69003	69159
0,600	0,69315	0,69471	0,69628	0,69785	0,69942	0,70100	0,70258	0,70416	0,70574	0,70733
610	70892	71052	71211	71371	71532	71692	71853	72015	72176	72338
620	72500	72663	72826	72989	73153	73317	73481	73646	73811	73976
630	74142	74308	74474	74641	74808	74975	75143	75311	75479	75648
640	75817	75987	76157	76327	76498	76669	76840	77012	77184	77357
0,650	0,77530	0,77703	0,77877	0,78051	0,78226	0,78401	0,78576	0,78752	0,78928	0,79104
660	79281	79459	79637	79815	79993	80172	80352	80532	80712	80893
670	81074	81256	81438	81621	81804	81987	82171	82355	82540	82726
680	82911	83098	83284	83472	83659	83847	84036	84225	84415	84605
690	84796	84987	85178	85370	85563	85756	85950	86144	86339	86534
0,700	0,86730	0,86926	0,87123	0,87321	0,87519	0,87717	0,87916	0,88116	0,88316	0,88517
710	88718	88920	89123	89326	89530	89734	89939	90144	90350	90557
720	90765	90972	91181	91390	91600	91811	92022	92233	92446	92659
730	92873	93087	93302	93518	93735	93952	94169	94388	94607	94827
740	95048	95269	95491	95714	95938	96162	96387	96613	96840	97067
0,750	0,97296	0,97524	0,97754	0,97985	0,98216	0,98448	0,98681	0,98915	0,99150	0,99385
760	99622	99859	1,00097	1,00336	1,00575	1,00816	1,01058	1,01300	1,01543	1,01788
770	1,02033	1,02279	02526	02774	03023	03273	03524	03775	04028	04282
780	04537	04793	05050	05308	05567	05827	06088	06350	06613	06878
790	07143	07410	07677	07946	08216	08488	08760	09033	09308	09584
0,800	1,09861	1,10140	1,10419	1,10700	1,10982	1,11266	1,11551	1,11837	1,12124	1,12413
810	12703	12994	13287	13581	13877	14174	14473	14773	15074	15377
820	15682	15988	16295	16604	16915	17227	17541	17857	18174	18493
830	18814	19136	19460	19786	20113	20443	20774	21107	21442	21779
840	22117	22458	22801	23145	23492	23840	24191	24544	24899	25256
0,850	1,25615	1,25977	1,26340	1,26706	1,27075	1,27445	1,27818	1,28194	1,28571	1,28952
860	29334	29720	30108	30498	30891	31287	31686	32087	32491	32898
870	33308	33721	34137	34555	34977	35403	35831	36262	36697	37135
880	37577	38022	38470	38922	39378	39838	40301	40768	41239	41714
890	42193	42676	43163	43654	44150	44651	45156	45665	46179	46698
0,900	1,47222	1,47751	1,48285	1,48824	1,49368	1,49918	1,50473	1,51034	1,51601	1,52174
910	52752	53337	53928	54526	55130	55741	56359	56984	57616	58256
920	58903	59558	60221	60892	61571	62260	62957	63663	64379	65104
930	65839	66584	67340	68107	68885	69674	70475	71288	72114	72953
940	73805	74671	75552	76447	77358	78284	79227	80188	81166	82162
0,950	1,83178	1,84214	1,85270	1,86349	1,87450	1,88574	1,89723	1,90898	1,92100	1,93331
960	94591	95882	97207	98566	99961	2,01395	2,02870	2,04388	2,05952	2,07565
970	2,09230	2,10950	2,12730	2,14574	2,16486	18472	20539	22692	24940	27291
980	29756	32346	35075	37958	41014	44266	47741	51472	55499	59875
990	64665	69958	75873	82574	90307	99448	3,10630	3,25039	3,45338	3,80020

z-Transformation

Wenn sich der Korrelationskoeffizient signifikant von Null unterscheidet, weicht seine Verteilung um so mehr von der Normalverteilung ab, je kleiner die Anzahl der Beobachtungspaare n und je größer sein Absolutwert ist. Durch die z-Transformation wird die Verteilung des Korrelationskoeffizienten normalisiert.

Es ist

$$z = \tfrac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}$$ (siehe Tafel links)

und

$$r = \frac{e^{2z}-1}{e^{2z}+1} = \tanh z$$ = Tangens hyperbolicus von z (siehe Tafel S. 64 und 65)

Die Varianz von z ist

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n-p-3} = \frac{1}{n'-3}$$

n = Anzahl der Beobachtungspaare, p = Anzahl der ausgeschalteten Variabeln. Beim Korrelationskoeffizienten r_{xy} ist zum Beispiel $p = 0$, folglich $n' = n$, beim Partialkorrelationskoeffizienten $r_{xy \cdot z}$ ist $p = 1$, folglich $n' = n - 1$.

Der Erwartungswert von z ist $\boldsymbol{z}$ annähernd (vgl. Textteil)

$$\boldsymbol{z} \approx \tfrac{1}{2} \ln \frac{1+\boldsymbol{r}}{1-\boldsymbol{r}}$$

$\boldsymbol{z}$ wird durch z geschätzt, bei k Korrelationskoeffizienten durch $\overline{z}$*

$$\overline{z} = \frac{\sum_1^k (n_i'-3)\, z_i}{\sum_1^k (n_i'-3)}$$

mit Varianz

$$\sigma_{\overline{z}}^2 = \frac{1}{\sum_1^k (n_i'-3)}$$

Der Vertrauensbereich für $\boldsymbol{z}$ ist

$$z \pm \frac{c_{2\alpha}}{\sqrt{n'-3}}\,; \left(-\frac{c_{2\alpha}}{\sqrt{n'-3}}\right.$$ siehe Tafel rechts)

bzw. $\overline{z} \pm c_{2\alpha}\, \sigma_{\overline{z}}$

Der Vertrauensbereich für $\boldsymbol{r}$ ist

$$\tanh\left(z - \frac{c_{2\alpha}}{\sqrt{n'-3}}\right) \leqq \boldsymbol{r} \leqq \tanh\left(z + \frac{c_{2\alpha}}{\sqrt{n'-3}}\right)$$

bzw. $\tanh(\overline{z} - c_{2\alpha}\, \sigma_{\overline{z}}) \leqq \boldsymbol{r} \leqq \tanh(\overline{z} + c_{2\alpha}\, \sigma_{\overline{z}})$

Teste:

Prüfung $r = \boldsymbol{r}$

$$c = (z - \boldsymbol{z})\sqrt{n'-3}$$

Prüfung $r_1 = \boldsymbol{r}_1 = r_2 = \boldsymbol{r}_2$

$$c = \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1'-3} + \frac{1}{n_2'-3}}}$$

Weitere Teste siehe Textteil.

---

* $\overline{z}$ darf nur dann als Schätzung von $\boldsymbol{z}$ angenommen werden, wenn χ^2 nicht signifikant ist. Es ist $\chi^2 = \sum_1^k (n_i'-3)(z_i - \overline{z})^2$, Freiheitsgrad $\nu = k-1$.

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vertrauensgrenzen für $z = z \pm c_g$. Die Tafel gibt die Werte für $c_g = c_{2\alpha} / \sqrt{n'-3}$

95%-Grenzen ($1 - 2\alpha = 0{,}95$)

n'	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
10	74080	69295	65332	61980	59095	56579	54360	52382	50606	48999
20	47536	46197	44965	43826	42770	41787	40868	40008	39199	38438
30	37720	37040	36396	35784	35202	34648	34119	33613	33129	32666
40	32222	31795	31385	30990	30609	30243	29889	29548	29217	28898
50	28589	28290	27999	27718	27445	27180	26922	26672	26428	26191
60	25960	25736	25517	25303	25095	24892	24693	24500	24310	24125
70	23945	23768	23595	23426	23260	23098	22940	22784	22632	22482
80	22336	22192	22051	21913	21777	21644	21513	21385	21259	21135
90	21013	20893	20776	20660	20546	20434	20324	20215	20109	20004
100	19900	19799	19698	19600	19502	19407	19312	19219	19127	19037
110	18948	18860	18773	18688	18603	18520	18438	18357	18277	18198
120	18120	18043	17967	17892	17818	17745	17672	17601	17530	17461
130	17392	17324	17257	17190	17124	17059	16995	16932	16869	16807
140	16745	16684	16624	16565	16506	16448	16390	16333	16277	16221
150	16166	16111	16057	16003	15950	15897	15845	15794	15743	15692
160	15642	15593	15544	15495	15447	15399	15352	15305	15258	15212
170	15167	15121	15077	15032	14988	14945	14901	14858	14816	14774
180	14732	14691	14649	14609	14568	14528	14488	14449	14410	14371
190	14333	14295	14257	14219	14182	14145	14108	14072	14036	14000
200	13964	13929	13894	13859	13825	13790	13756	13722	13689	13656
210	13623	13590	13557	13525	13493	13461	13429	13398	13367	13336
220	13305	13275	13244	13214	13184	13154	13125	13096	13066	13037
230	13009	12980	12952	12924	12896	12868	12840	12813	12785	12758
240	12731	12705	12678	12652	12625	12599	12573	12547	12522	12496
250	12471	12446	12421	12396	12371	12347	12322	12298	12274	12250
260	12226	12202	12179	12155	12132	12109	12086	12063	12040	12017
270	11995	11972	11950	11928	11906	11884	11862	11841	11819	11798
280	11776	11755	11734	11713	11692	11671	11651	11630	11610	11590
290	11569	11549	11529	11509	11490	11470	11450	11431	11411	11392
300	11373	11354	11335	11316	11297	11278	11260	11241	11223	11204
310	11186	11168	11150	11132	11114	11096	11078	11061	11043	11026
320	11008	10991	10974	10957	10939	10922	10906	10889	10872	10855
330	10839	10822	10806	10789	10773	10757	10741	10724	10708	10692
340	10677	10661	10645	10629	10614	10598	10583	10567	10552	10537
350	10522	10507	10491	10476	10462	10447	10432	10417	10402	10388
360	10373	10359	10344	10330	10316	10301	10287	10273	10259	10245
370	10231	10217	10203	10189	10176	10162	10148	10135	10121	10108
380	10094	10081	10068	10054	10041	10028	10015	10002	09989	09976
390	09963	09950	09937	09925	09912	09899	09887	09874	09862	09849
400	09837	09824	09812	09800	09788	09775	09763	09751	09739	09727
410	09715	09703	09691	09680	09668	09656	09644	09633	09621	09610
420	09598	09586	09575	09564	09552	09541	09530	09518	09507	09496
430	09485	09474	09463	09452	09441	09430	09419	09408	09397	09387
440	09376	09365	09354	09344	09333	09323	09312	09302	09291	09281
450	09270	09260	09250	09239	09229	09219	09209	09199	09188	09178
460	09168	09158	09148	09138	09128	09119	09109	09099	09089	09079
470	09070	09060	09050	09041	09031	09021	09012	09002	08993	08983
480	08974	08965	08955	08946	08937	08927	08918	08909	08900	08891
490	08881	08872	08863	08854	08845	08836	08827	08818	08809	08800
500	08792	08783	08774	08765	08756	08748	08739	08730	08722	08713
510	08705	08696	08687	08679	08670	08662	08653	08645	08637	08628
520	08620	08612	08603	08595	08587	08579	08570	08562	08554	08546
530	08538	08530	08522	08514	08506	08498	08490	08482	08474	08466
540	08458	08450	08442	08434	08427	08419	08411	08403	08396	08388
550	08380	08373	08365	08357	08350	08342	08335	08327	08320	08312
560	08305	08297	08290	08282	08275	08268	08260	08253	08246	08238
570	08231	08224	08217	08209	08202	08195	08188	08181	08174	08167
580	08159	08152	08145	08138	08131	08124	08117	08110	08103	08097
590	08090	08083	08076	08069	08062	08055	08049	08042	08035	08028
600	08022	08015	08008	08002	07995	07988	07982	07975	07968	07962
610	07955	07949	07942	07936	07929	07923	07916	07910	07903	07897
620	07891	07884	07878	07871	07865	07859	07852	07846	07840	07834
630	07827	07821	07815	07809	07802	07796	07790	07784	07778	07772
640	07766	07760	07753	07747	07741	07735	07729	07723	07717	07711
650	07705	07699	07694	07688	07682	07676	07670	07664	07658	07652
660	07647	07641	07635	07629	07623	07618	07612	07606	07600	07595
670	07589	07583	07578	07572	07566	07561	07555	07549	07544	07538
680	07533	07527	07522	07516	07511	07505	07500	07494	07489	07483
690	07478	07472	07467	07461	07456	07451	07445	07440	07435	07429
700	07424	07419	07413	07408	07403	07397	07392	07387	07382	07376
710	07371	07366	07361	07356	07350	07345	07340	07335	07330	07325
720	07320	07315	07309	07304	07299	07294	07289	07284	07279	07274
730	07269	07264	07259	07254	07249	07244	07239	07234	07229	07225
740	07220	07215	07210	07205	07200	07195	07190	07186	07181	07176
750	07171	07166	07162	07157	07152	07147	07143	07138	07133	07128
760	07124	07119	07114	07110	07105	07100	07096	07091	07086	07082
770	07077	07072	07068	07063	07059	07054	07050	07045	07040	07036
780	07031	07027	07022	07018	07013	07009	07004	07000	06995	06991
790	06987	06982	06978	06973	06969	06964	06960	06956	06951	06947
800	06943	06938	06934	06930	06925	06921	06917	06912	06908	06904
810	06899	06895	06891	06887	06882	06878	06874	06870	06865	06861
820	06857	06853	06849	06844	06840	06836	06832	06828	06824	06820
830	06815	06811	06807	06803	06799	06795	06791	06787	06783	06779
840	06775	06771	06767	06763	06758	06754	06750	06746	06742	06738
850	06735	06731	06727	06723	06719	06715	06711	06707	06703	06699
860	06695	06691	06687	06683	06680	06676	06672	06668	06664	06660
870	06656	06653	06649	06645	06641	06637	06633	06630	06626	06622
880	06618	06615	06611	06607	06603	06600	06596	06592	06588	06585
890	06581	06577	06574	06570	06566	06562	06559	06555	06551	06548
900	06544	06540	06537	06533	06530	06526	06522	06519	06515	06512
910	06508	06504	06501	06497	06494	06490	06487	06483	06479	06476
920	06472	06469	06465	06462	06458	06455	06451	06448	06444	06441
930	06437	06434	06430	06427	06424	06420	06417	06413	06410	06406
940	06403	06400	06396	06393	06389	06386	06383	06379	06376	06372
950	06369	06366	06362	06359	06356	06352	06349	06346	06342	06339
960	06336	06332	06329	06326	06322	06319	06316	06313	06309	06306
970	06303	06300	06296	06293	06290	06287	06283	06280	06277	06274
980	06270	06267	06264	06261	06258	06254	06251	06248	06245	06242
990	06239	06235	06232	06229	06226	06223	06220	06217	06214	06210
1000	06207									

99%-Grenzen ($1 - 2\alpha = 0{,}99$)

n'	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
10	97357	91069	85861	81455	77664	74358	71441	68842	66508	64396
20	62473	60713	59094	57597	56209	54917	53710	52579	51517	50516
30	49572	48679	47832	47028	46263	45535	44839	44175	43539	42930
40	42346	41785	41246	40727	40228	39746	39281	38832	38398	37979
50	37572	37179	36798	36428	36069	35720	35382	35053	34732	34421
60	34118	33822	33534	33254	32980	32713	32452	32198	31949	31706
70	31469	31237	31009	30787	30569	30356	30148	29943	29743	29547
80	29354	29166	28980	28799	28620	28445	28273	28105	27939	27776
90	27616	27458	27304	27152	27002	26855	26710	26568	26427	26289
100	26154	26020	25888	25758	25630	25505	25380	25258	25138	25019
110	24901	24786	24672	24560	24449	24339	24231	24125	24020	23916
120	23814	23712	23613	23514	23417	23320	23225	23132	23039	22947
130	22857	22767	22679	22592	22505	22420	22335	22252	22169	22088
140	22007	21927	21848	21770	21692	21616	21540	21465	21391	21318
150	21245	21173	21102	21032	20962	20893	20824	20757	20690	20623
160	20557	20492	20428	20364	20300	20238	20175	20114	20053	19992
170	19932	19873	19814	19756	19698	19641	19584	19527	19471	19416
180	19361	19307	19253	19199	19146	19093	19041	18989	18938	18887
190	18836	18786	18736	18687	18638	18589	18541	18493	18446	18399
200	18352	18306	18260	18214	18168	18123	18079	18034	17990	17947
210	17903	17860	17817	17775	17733	17691	17649	17608	17567	17526
220	17486	17446	17406	17366	17327	17288	17249	17210	17172	17134
230	17096	17059	17022	16985	16948	16911	16875	16839	16803	16767
240	16732	16697	16662	16627	16592	16558	16524	16490	16456	16423
250	16390	16357	16324	16291	16258	16226	16194	16162	16130	16099
260	16068	16036	16005	15975	15944	15914	15883	15853	15823	15793
270	15764	15734	15705	15676	15647	15618	15590	15561	15533	15505
280	15477	15449	15421	15394	15366	15339	15312	15285	15258	15231
290	15205	15178	15152	15126	15100	15074	15048	15023	14997	14972
300	14946	14921	14896	14872	14847	14822	14798	14773	14749	14725
310	14701	14677	14653	14630	14606	14583	14559	14536	14513	14490
320	14467	14445	14422	14399	14377	14355	14332	14310	14288	14266
330	14244	14223	14201	14179	14158	14137	14115	14094	14073	14052
340	14031	14011	13990	13969	13949	13928	13908	13888	13868	13848
350	13828	13808	13788	13768	13749	13729	13710	13690	13671	13652
360	13633	13614	13595	13576	13557	13538	13520	13501	13483	13464
370	13446	13427	13409	13391	13373	13355	13337	13319	13302	13284
380	13266	13249	13231	13214	13196	13179	13162	13145	13128	13111
390	13094	13077	13060	13043	13027	13010	12993	12977	12960	12944
400	12928	12911	12895	12879	12863	12847	12831	12815	12799	12784
410	12768	12752	12737	12721	12706	12690	12675	12660	12644	12629
420	12614	12599	12584	12569	12554	12539	12524	12509	12495	12480
430	12465	12451	12436	12422	12407	12393	12379	12364	12350	12336
440	12322	12308	12294	12280	12266	12252	12238	12224	12211	12197
450	12183	12170	12156	12143	12129	12116	12102	12089	12076	12062
460	12049	12036	12023	12010	11997	11984	11971	11958	11945	11932
470	11920	11907	11894	11881	11869	11856	11844	11831	11819	11806
480	11794	11782	11769	11757	11745	11733	11720	11708	11696	11684
490	11672	11660	11648	11636	11625	11613	11601	11589	11577	11566
500	11554	11543	11531	11519	11508	11496	11485	11474	11462	11451
510	11440	11428	11417	11406	11395	11384	11373	11361	11350	11339
520	11328	11318	11307	11296	11285	11274	11263	11253	11242	11231
530	11220	11210	11199	11189	11178	11168	11157	11147	11136	11126
540	11116	11105	11095	11085	11074	11064	11054	11044	11034	11024
550	11013	11003	10993	10983	10973	10963	10954	10944	10934	10924
560	10914	10904	10895	10885	10875	10865	10856	10846	10837	10827
570	10817	10808	10798	10789	10780	10770	10761	10751	10742	10733
580	10723	10714	10705	10696	10686	10677	10668	10659	10650	10641
590	10632	10623	10614	10605	10596	10587	10578	10569	10560	10551
600	10542	10533	10525	10516	10507	10498	10490	10481	10472	10464
610	10455	10446	10438	10429	10421	10412	10404	10395	10387	10378
620	10370	10362	10353	10345	10336	10328	10320	10312	10303	10295
630	10287	10279	10271	10262	10254	10246	10238	10230	10222	10214
640	10206	10198	10190	10182	10174	10166	10158	10150	10142	10134
650	10127	10119	10111	10103	10095	10088	10080	10072	10065	10057
660	10049	10042	10034	10026	10019	10011	10004	09996	09989	09981
670	09974	09966	09959	09951	09944	09936	09929	09922	09914	09907
680	09900	09892	09885	09878	09871	09863	09856	09849	09842	09835
690	09827	09820	09813	09806	09799	09792	09785	09778	09771	09764
700	09757	09750	09743	09736	09729	09722	09715	09708	09701	09694
710	09687	09681	09674	09667	09660	09653	09647	09640	09633	09626
720	09620	09613	09606	09600	09593	09586	09580	09573	09566	09560
730	09553	09547	09540	09534	09527	09521	09514	09508	09501	09495
740	09488	09482	09475	09469	09463	09456	09450	09443	09437	09431
750	09424	09418	09412	09406	09399	09393	09387	09381	09374	09368
760	09362	09356	09350	09344	09337	09331	09325	09319	09313	09307
770	09301	09295	09289	09283	09277	09271	09265	09259	09253	09247
780	09241	09235	09229	09223	09217	09211	09205	09199	09194	09188
790	09182	09176	09170	09164	09159	09153	09147	09141	09136	09130
800	09124	09118	09113	09107	09101	09096	09090	09084	09079	09073
810	09067	09062	09056	09051	09045	09039	09034	09028	09023	09017
820	09012	09006	09001	08995	08990	08984	08979	08973	08968	08962
830	08957	08952	08946	08941	08935	08930	08925	08919	08914	08909
840	08903	08898	08893	08887	08882	08877	08872	08866	08861	08856
850	08851	08845	08840	08835	08830	08825	08819	08814	08809	08804
860	08799	08794	08789	08784	08778	08773	08768	08763	08758	08753
870	08748	08743	08738	08733	08728	08723	08718	08713	08708	08703
880	08698	08693	08688	08683	08678	08673	08668	08663	08659	08654
890	08649	08644	08639	08634	08629	08625	08620	08615	08610	08605
900	08600	08596	08591	08586	08581	08577	08572	08567	08562	08558
910	08553	08548	08543	08539	08534	08529	08525	08520	08515	08511
920	08506	08502	08497	08492	08488	08483	08478	08474	08469	08465
930	08460	08456	08451	08446	08442	08437	08433	08428	08424	08419
940	08415	08410	08406	08401	08397	08393	08388	08384	08379	08375
950	08370	08366	08361	08357	08353	08348	08344	08340	08335	08331
960	08326	08322	08318	08313	08309	08305	08300	08296	08292	08288
970	08283	08279	08275	08270	08266	08262	08258	08253	08249	08245
980	08241	08237	08232	08228	08224	08220	08216	08211	08207	08203
990	08199	08195	08191	08187	08182	08178	08174	08170	08166	08162
1000	08158									

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

z	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,000	0,00000	0,00100	0,00200	0,00300	0,00400	0,00500	0,00600	0,00700	0,00800	0,00900
010	01000	01100	01200	01300	01400	01500	01600	01700	01800	01900
020	02000	02100	02200	02300	02400	02499	02599	02699	02799	02899
030	02999	03099	03199	03299	03399	03499	03598	03698	03798	03898
040	03998	04098	04198	04297	04397	04497	04597	04697	04796	04896
0,050	0,04996	0,05096	0,05195	0,05295	0,05395	0,05494	0,05594	0,05694	0,05794	0,05893
060	05993	06092	06192	06292	06391	06491	06590	06690	06790	06889
070	06989	07088	07188	07287	07387	07486	07585	07685	07784	07884
080	07983	08082	08182	08281	08380	08480	08579	08678	08777	08877
090	08976	09075	09174	09273	09372	09472	09571	09670	09769	09868
0,100	0,09967	0,10066	0,10165	0,10264	0,10363	0,10462	0,10560	0,10659	0,10758	0,10857
110	10956	11055	11153	11252	11351	11450	11548	11647	11746	11844
120	11943	12041	12140	12238	12337	12435	12534	12632	12731	12829
130	12927	13026	13124	13222	13320	13419	13517	13615	13713	13811
140	13909	14007	14105	14203	14301	14399	14497	14595	14693	14791
0,150	0,14889	0,14986	0,15084	0,15182	0,15279	0,15377	0,15475	0,15572	0,15670	0,15767
160	15865	15962	16060	16157	16255	16352	16449	16546	16644	16741
170	16838	16935	17032	17129	17227	17324	17420	17517	17614	17711
180	17808	17905	18002	18098	18195	18292	18388	18485	18582	18678
190	18775	18871	18967	19064	19160	19257	19353	19449	19545	19641
0,200	0,19738	0,19834	0,19930	0,20026	0,20122	0,20218	0,20313	0,20409	0,20505	0,20601
210	20697	20792	20888	20984	21079	21175	21270	21366	21461	21556
220	21652	21747	21842	21938	22033	22128	22223	22318	22413	22508
230	22603	22698	22793	22887	22982	23077	23171	23266	23361	23455
240	23550	23644	23738	23833	23927	24021	24115	24210	24304	24398
0,250	0,24492	0,24586	0,24680	0,24774	0,24868	0,24961	0,25055	0,25149	0,25242	0,25336
260	25430	25523	25617	25710	25803	25897	25990	26083	26176	26269
270	26362	26456	26548	26641	26734	26827	26920	27013	27105	27198
280	27291	27383	27476	27568	27660	27753	27845	27937	28029	28121
290	28213	28305	28397	28489	28581	28673	28765	28856	28948	29040
0,300	0,29131	0,29223	0,29314	0,29406	0,29497	0,29588	0,29679	0,29771	0,29862	0,29953
310	30044	30135	30226	30316	30407	30498	30589	30679	30770	30860
320	30951	31041	31131	31222	31312	31402	31492	31582	31672	31762
330	31852	31942	32032	32121	32211	32301	32390	32480	32569	32658
340	32748	32837	32926	33015	33104	33193	33282	33371	33460	33549
0,350	0,33638	0,33726	0,33815	0,33903	0,33992	0,34080	0,34169	0,34257	0,34345	0,34433
360	34521	34609	34697	34785	34873	34961	35049	35136	35224	35312
370	35399	35487	35574	35661	35749	35836	35923	36010	36097	36184
380	36271	36358	36444	36531	36618	36704	36791	36877	36963	37050
390	37136	37222	37308	37394	37480	37566	37652	37738	37824	37909
0,400	0,37995	0,38080	0,38166	0,38251	0,38337	0,38422	0,38507	0,38592	0,38677	0,38762
410	38847	38932	39017	39102	39186	39271	39356	39440	39524	39609
420	39693	39777	39861	39945	40029	40113	40197	40281	40365	40449
430	40532	40616	40699	40783	40866	40949	41032	41115	41199	41282
440	41364	41447	41530	41613	41695	41778	41861	41943	42025	42108
0,450	0,42190	0,42272	0,42354	0,42436	0,42518	0,42600	0,42682	0,42764	0,42845	0,42927
460	43008	43090	43171	43253	43334	43415	43496	43577	43658	43739
470	43820	43901	43981	44062	44143	44223	44303	44384	44464	44544
480	44624	44704	44784	44864	44944	45024	45104	45183	45263	45342
490	45422	45501	45580	45659	45739	45818	45897	45975	46054	46133
0,500	0,46212	0,46290	0,46369	0,46447	0,46526	0,46604	0,46682	0,46760	0,46839	0,46917
510	46995	47072	47150	47228	47306	47383	47461	47538	47615	47693
520	47770	47847	47924	48001	48078	48155	48232	48308	48385	48462
530	48538	48615	48691	48767	48843	48919	48995	49071	49147	49223
540	49299	49374	49450	49526	49601	49676	49752	49827	49902	49977
0,550	0,50052	0,50127	0,50202	0,50277	0,50351	0,50426	0,50500	0,50575	0,50649	0,50724
560	50798	50872	50946	51020	51094	51168	51242	51315	51389	51462
570	51536	51609	51683	51756	51829	51902	51975	52048	52121	52194
580	52267	52339	52412	52484	52557	52629	52701	52773	52846	52918
590	52990	53061	53133	53205	53277	53348	53420	53491	53562	53634
0,600	0,53705	0,53776	0,53847	0,53918	0,53989	0,54060	0,54131	0,54201	0,54272	0,54342
610	54413	54483	54553	54624	54694	54764	54834	54904	54973	55043
620	55113	55182	55252	55321	55391	55460	55529	55598	55667	55736
630	55805	55874	55943	56011	56080	56149	56217	56285	56354	56422
640	56490	56558	56626	56694	56762	56829	56897	56965	57032	57100
0,650	0,57167	0,57234	0,57301	0,57369	0,57436	0,57503	0,57570	0,57636	0,57703	0,57770
660	57836	57903	57969	58036	58102	58168	58234	58300	58366	58432
670	58498	58564	58629	58695	58760	58826	58891	58957	59022	59087
680	59152	59217	59282	59347	59411	59476	59541	59605	59670	59734
690	59798	59862	59927	59991	60055	60118	60182	60246	60310	60373
0,700	0,60437	0,60500	0,60564	0,60627	0,60690	0,60753	0,60816	0,60879	0,60942	0,61005
710	61068	61130	61193	61255	61318	61380	61443	61505	61567	61629
720	61691	61753	61815	61876	61938	62000	62061	62123	62184	62245
730	62307	62368	62429	62490	62551	62611	62672	62733	62794	62854
740	62915	62975	63035	63095	63156	63216	63276	63336	63395	63455
0,750	0,63515	0,63575	0,63634	0,63694	0,63753	0,63812	0,63871	0,63931	0,63990	0,64049
760	64108	64167	64225	64284	64343	64401	64460	64518	64576	64635
770	64693	64751	64809	64867	64925	64983	65040	65098	65156	65213
780	65271	65328	65385	65443	65500	65557	65614	65671	65727	65784
790	65841	65898	65954	66011	66067	66123	66179	66236	66292	66348
0,800	0,66404	0,66460	0,66515	0,66571	0,66627	0,66682	0,66738	0,66793	0,66849	0,66904
810	66959	67014	67069	67124	67179	67234	67289	67343	67398	67453
820	67507	67561	67616	67670	67724	67778	67832	67886	67940	67994
830	68048	68101	68155	68208	68262	68315	68368	68422	68475	68528
840	68581	68634	68687	68739	68792	68845	68897	68950	69002	69055
0,850	0,69107	0,69159	0,69211	0,69263	0,69315	0,69367	0,69419	0,69471	0,69523	0,69574
860	69626	69677	69729	69780	69831	69882	69934	69985	70036	70087
870	70137	70188	70239	70290	70340	70391	70441	70491	70542	70592
880	70642	70692	70742	70792	70842	70892	70941	70991	71040	71090
890	71139	71189	71238	71287	71336	71385	71434	71483	71532	71581
0,900	0,71630	0,71678	0,71727	0,71776	0,71824	0,71872	0,71921	0,71969	0,72017	0,72065
910	72113	72161	72209	72257	72305	72352	72400	72448	72495	72542
920	72590	72637	72684	72731	72778	72825	72872	72919	72966	73013
930	73059	73106	73153	73199	73245	73292	73338	73384	73430	73476
940	73522	73568	73614	73660	73705	73751	73797	73842	73888	73933
0,950	0,73978	0,74024	0,74069	0,74114	0,74159	0,74204	0,74249	0,74294	0,74338	0,74383
960	74428	74472	74517	74561	74606	74650	74694	74738	74782	74826
970	74870	74914	74958	75002	75046	75089	75133	75176	75220	75263
980	75307	75350	75393	75436	75479	75522	75565	75608	75651	75694
990	75736	75779	75821	75864	75906	75949	75991	76033	76075	76117
1,000	0,76159	0,76201	0,76243	0,76285	0,76327	0,76369	0,76410	0,76452	0,76493	0,76535
010	76576	76618	76659	76700	76741	76782	76823	76864	76905	76946
020	76987	77027	77068	77109	77149	77190	77230	77270	77310	77351
030	77391	77431	77471	77511	77551	77591	77630	77670	77710	77749
040	77789	77828	77868	77907	77946	77985	78025	78064	78103	78142

1) Abgekürzt nach Werten aus *Table of Circular and Hyperbolic Tangents and Cotangents for Radian Arguments*, National Bureau of Standards, Columbia University Press, New York (1947). Nachdruck mit Erlaubnis des Herausgebers.

z	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,050	0,78181	0,78219	0,78258	0,78297	0,78336	0,78374	0,78413	0,78451	0,78490	0,78528
060	78566	78605	78643	78681	78719	78757	78795	78833	78871	78908
070	78946	78984	79021	79059	79096	79134	79171	79208	79246	79283
080	79320	79357	79394	79431	79468	79505	79541	79578	79615	79651
090	79688	79724	79761	79797	79833	79870	79906	79942	79978	80014
1,100	0,80050	0,80086	0,80122	0,80157	0,80193	0,80229	0,80264	0,80300	0,80335	0,80371
110	80406	80442	80477	80512	80547	80582	80617	80652	80687	80722
120	80757	80792	80826	80861	80896	80930	80965	80999	81033	81068
130	81102	81136	81170	81204	81238	81272	81306	81340	81374	81408
140	81441	81475	81509	81542	81576	81609	81642	81676	81709	81742
1,150	0,81775	0,81809	0,81842	0,81875	0,81907	0,81940	0,81973	0,82006	0,82039	0,82071
160	82104	82137	82169	82202	82234	82266	82299	82331	82363	82395
170	82427	82459	82491	82523	82555	82587	82619	82650	82682	82714
180	82745	82777	82808	82840	82871	82902	82933	82965	82996	83027
190	83058	83089	83120	83151	83182	83212	83243	83274	83304	83335
1,200	0,83365	0,83396	0,83426	0,83457	0,83487	0,83517	0,83548	0,83578	0,83608	0,83638
210	83668	83698	83728	83758	83788	83817	83847	83877	83906	83936
220	83965	83995	84024	84054	84083	84112	84142	84171	84200	84229
230	84258	84287	84316	84345	84374	84402	84431	84460	84488	84517
240	84546	84574	84603	84631	84659	84688	84716	84744	84772	84800
1,250	0,84828	0,84856	0,84884	0,84912	0,84940	0,84968	0,84996	0,85023	0,85051	0,85079
260	85106	85134	85161	85189	85216	85244	85271	85298	85325	85353
270	85380	85407	85434	85461	85488	85515	85542	85568	85595	85622
280	85648	85675	85702	85728	85755	85781	85808	85834	85860	85886
290	85913	85939	85965	85991	86017	86043	86069	86095	86121	86147
1,300	0,86172	0,86198	0,86224	0,86249	0,86275	0,86300	0,86326	0,86351	0,86377	0,86402
310	86428	86453	86478	86503	86528	86554	86579	86604	86629	86654
320	86678	86703	86728	86753	86778	86802	86827	86851	86876	86900
330	86925	86949	86974	86998	87022	87047	87071	87095	87119	87143
340	87167	87191	87215	87239	87263	87287	87311	87334	87358	87382
1,350	0,87405	0,87429	0,87452	0,87476	0,87499	0,87523	0,87546	0,87570	0,87593	0,87616
360	87639	87662	87686	87709	87732	87755	87778	87801	87824	87846
370	87869	87892	87915	87937	87960	87983	88005	88028	88050	88073
380	88095	88118	88140	88162	88184	88207	88229	88251	88273	88295
390	88317	88339	88361	88383	88405	88427	88448	88470	88492	88514
1,400	0,88535	0,88557	0,88578	0,88600	0,88621	0,88643	0,88664	0,88686	0,88707	0,88728
410	88749	88771	88792	88813	88834	88855	88876	88897	88918	88939
420	88960	88981	89002	89022	89043	89064	89084	89105	89126	89146
430	89167	89187	89208	89228	89248	89269	89289	89309	89329	89350
440	89370	89390	89410	89430	89450	89470	89490	89510	89530	89549
1,450	0,89569	0,89589	0,89609	0,89628	0,89648	0,89668	0,89687	0,89707	0,89726	0,89746
460	89765	89785	89804	89823	89843	89862	89881	89900	89920	89939
470	89958	89977	89996	90015	90034	90053	90072	90090	90109	90128
480	90147	90166	90184	90203	90221	90240	90259	90277	90296	90314
490	90332	90351	90369	90388	90406	90424	90442	90460	90479	90497
1,500	0,90515	0,90533	0,90551	0,90569	0,90587	0,90605	0,90623	0,90641	0,90658	0,90676
510	90694	90712	90729	90747	90765	90782	90800	90817	90835	90852
520	90870	90887	90905	90922	90939	90957	90974	90991	91008	91025
530	91042	91060	91077	91094	91111	91128	91145	91161	91178	91195
540	91212	91229	91246	91262	91279	91296	91312	91329	91345	91362
1,550	0,91379	0,91395	0,91411	0,91428	0,91444	0,91461	0,91477	0,91493	0,91510	0,91526
560	91542	91558	91574	91591	91607	91623	91639	91655	91671	91687
570	91703	91718	91734	91750	91766	91782	91797	91813	91829	91845
580	91860	91876	91891	91907	91922	91938	91953	91969	91984	92000
590	92015	92030	92046	92061	92076	92091	92106	92122	92137	92152
1,600	0,92167	0,92182	0,92197	0,92212	0,92227	0,92242	0,92257	0,92272	0,92286	0,92301
610	92316	92331	92346	92360	92375	92390	92404	92419	92433	92448
620	92462	92477	92491	92506	92520	92535	92549	92563	92578	92592
630	92606	92620	92635	92649	92663	92677	92691	92705	92719	92733
640	92747	92761	92775	92789	92803	92817	92831	92844	92858	92872
1,650	0,92886	0,92899	0,92913	0,92927	0,92940	0,92954	0,92968	0,92981	0,92995	0,93008
660	93022	93035	93049	93062	93075	93089	93102	93115	93129	93142
670	93155	93168	93182	93195	93208	93221	93234	93247	93260	93273
680	93286	93299	93312	93325	93338	93351	93364	93376	93389	93402
690	93415	93427	93440	93453	93465	93478	93491	93503	93516	93528
1,700	0,93541	0,93553	0,93566	0,93578	0,93591	0,93603	0,93615	0,93628	0,93640	0,93652
710	93665	93677	93689	93701	93714	93726	93738	93750	93762	93774
720	93786	93798	93810	93822	93834	93846	93858	93870	93882	93894
730	93906	93917	93929	93941	93953	93964	93976	93988	93999	94011
740	94023	94034	94046	94057	94069	94080	94092	94103	94115	94126
1,750	0,94138	0,94149	0,94160	0,94172	0,94183	0,94194	0,94205	0,94217	0,94228	0,94239
760	94250	94261	94273	94284	94295	94306	94317	94328	94339	94350
770	94361	94372	94383	94394	94405	94415	94426	94437	94448	94459
780	94470	94480	94491	94502	94512	94523	94534	94544	94555	94565
790	94576	94587	94597	94608	94618	94629	94639	94649	94660	94670
1,800	0,94681	0,94691	0,94701	0,94712	0,94722	0,94732	0,94742	0,94753	0,94763	0,94773
810	94783	94793	94803	94814	94824	94834	94844	94854	94864	94874
820	94884	94894	94904	94914	94924	94933	94943	94953	94963	94973
830	94983	94992	95002	95012	95022	95031	95041	95051	95060	95070
840	95080	95089	95099	95108	95118	95127	95137	95146	95156	95165
1,850	0,95175	0,95184	0,95193	0,95203	0,95212	0,95221	0,95231	0,95240	0,95249	0,95259
860	95268	95277	95286	95296	95305	95314	95323	95332	95341	95350
870	95359	95368	95378	95387	95396	95405	95413	95422	95431	95440
880	95449	95458	95467	95476	95485	95493	95502	95511	95520	95529
890	95537	95546	95555	95563	95572	95581	95589	95598	95607	95615
1,900	0,95624	0,95632	0,95641	0,95649	0,95658	0,95666	0,95675	0,95683	0,95692	0,95700
910	95709	95717	95725	95734	95742	95750	95759	95767	95775	95783
920	95792	95800	95808	95816	95825	95833	95841	95849	95857	95865
930	95873	95881	95889	95898	95906	95914	95922	95930	95938	95945
940	95953	95961	95969	95977	95985	95993	96001	96009	96016	96024
1,950	0,96032	0,96040	0,96047	0,96055	0,96063	0,96071	0,96078	0,96086	0,96094	0,96101
960	96109	96117	96124	96132	96139	96147	96155	96162	96170	96177
970	96185	96192	96200	96207	96214	96222	96229	96237	96244	96251
980	96259	96266	96273	96281	96288	96295	96303	96310	96317	96324
990	96331	96339	96346	96353	96360	96367	96374	96382	96389	96396

	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,0	0,00000 00000	0,09966 79946	0,19737 53202	0,29131 26125	0,37994 89623	0,46211 71573	0,53704 95670	0,60436 77771	0,66403 67703	0,71629 78702
1,0	76159 41560	80049 90218	83365 46070	86172 31593	88535 16482	90514 82536	92166 85544	93540 90706	94680 60128	95623 74581
2,0	96402 75801	97045 19366	97574 31300	98009 63963	98367 48577	98661 42982	98902 74022	99100 74537	99263 15202	99396 31674
3,0	99505 47537	99594 93592	99668 23978	99728 29601	99777 49279	99817 78976	99850 79423	99877 82413	99899 95978	99918 08657
4,0	99932 92997	99945 08437	99955 03665	99963 18562	99969 85793	99975 32108	99979 79416	99983 45656	99986 45517	99988 91030
5,0	0,99990 92043	0,99992 56621	0,99993 91369	0,99995 01692	0,99995 92018	0,99996 65972	0,99997 26520	0,99997 76093	0,99998 16680	0,99998 49910
6,0	99998 77117	99998 99391	99999 17629	99999 32560	99999 44785	99999 54794	99999 62988	99999 69697	99999 75190	99999 79687
7,0	99999 83369	99999 86384	99999 88852	99999 90873	99999 92527	99999 93882	99999 94991	99999 95899	99999 96642	99999 97251
8,0	99999 97749	99999 98157	99999 98491	99999 98765	99999 98989	99999 99172	99999 99322	99999 99445	99999 99546	99999 99628
9,0	99999 99695	99999 99751	99999 99796	99999 99833	99999 99863	99999 99888	99999 99908	99999 99925	99999 99939	99999 99950

1) Siehe Note auf S. 64.

Signifikanz gegen Null* SPEARMANscher Korrelationskoeffizient R

ΣD^2 = Summe der quadrierten Differenzen der beiden Werte von n Beobachtungspaaren. Werte für n von 1 bis 10 exakt[1]. *Kursive Werte* = Werte der Tangente durch den letzten exakten Wert ($n = 10$) an die Approximationskurve $c_{2\alpha}/\sqrt{n-1}$ (für $2\alpha = 0{,}05$, 0,02, 0,01 und 0,001). Bei $2\alpha = 0{,}10$ entsprechen die *kursiven Werte* der extrapolierten Exponentialkurve zwischen den beiden letzten exakten Werten ($n = 9$ und 10). Damit befindet man sich bei allen approximierten Werten immer auf der sichern Seite

	$2\alpha = 0{,}10$			$2\alpha = 0{,}05$			$2\alpha = 0{,}02$			$2\alpha = 0{,}01$			$2\alpha = 0{,}001$		
	ΣD^2 unten	oben	R (±)	ΣD^2 unten	oben	R (±)	ΣD^2 unten	oben	R (±)	ΣD^2 unten	oben	R (±)	ΣD^2 unten	oben	R (±)
n										–	–	–	–	–	–
5	2–	38	0,9000	0–	40	1,0000	0–	40	1,0000	0–	70	1,0000	0–	112	1,0000
6	6–	64	8286	4–	66	0,8857	2–	68	0,9429	4–	108	0,9286	2–	166	0,9762
7	16–	96	7143	12–	100	7857	6–	106	8929	10–	158	8810	8–	232	9333
8	30–	138	6429	22–	146	7381	14–	154	8333	20–	220	8333	16–	314	0,9030
9	48–	192	6000	38–	202	6833	26–	214	7833	34–	296	0,7939	*24–*	*416*	*8875*
10	72–	258	0,5636	58–	272	0,6485	44–	286	0,7333	*50–*	*390*	*7724*	*36–*	*536*	*8720*
11	*103–*	*337*	*5294*	*83–*	*357*	*6194*	*63–*	*377*	*7110*	*71–*	*501*	*7509*	*52–*	*676*	*8565*
12	*143–*	*429*	*4973*	116–	456	5910	*89–*	*483*	*6887*	*98–*	*630*	*7294*	*72–*	*838*	*8410*
13	191–	537	4748	158–	570	5658	*121–*	*607*	*6634*	*132–*	*778*	*7080*	*97–*	*1023*	*0,8255*
14	247–	663	4562	207–	703	5436	*161–*	*748*	*6441*	*175–*	*945*	*0,6865*	*129–*	*1231*	*8100*
15	313–	807	0,4396	266–	854	0,5238	211–	909	0,6217	*227–*	*1133*	*6650*	*167–*	*1465*	*7945*
16	391–	969	4247	335–	1025	5061	271–	1089	6007	290–	1342	6440	*214–*	*1724*	*7790*
17	480–	1152	4112	416–	1216	4900	341–	1291	5816	363–	1575	6247	*269–*	*2011*	*7635*
18	582–	1356	3989	508–	1430	4754	422–	1516	5642	447–	1833	6071	*335–*	*2325*	*0,7480*
19	698–	1582	3877	613–	1667	4620	514–	1766	5483	544–	2116	0,5909	*412–*	*2668*	*7325*
20	828–	1832	0,3774	731–	1929	0,4496	620–	2040	0,5337	653–	2427	5760	*501–*	*3041*	*7170*
21	973–	2107	3678	865–	2215	4383	738–	2342	5202	775–	2767	5621	*604–*	*3444*	*7015*
22	1135–	2407	3589	1013–	2529	4277	871–	2671	5077	912–	3136	5492	721–	3879	6861
23	1314–	2734	3507	1178–	2870	4179	1020–	3028	4960	1064–	3536	5371	853–	4347	0,6717
24	1511–	3089	3430	1360–	3240	4087	1184–	3416	4851	1232–	3968	0,5258	1000–	4850	6581
25	1727–	3473	0,3358	1559–	3641	0,4001	1365–	3835	0,4749	1418–	4432	5152	1161–	5391	6453
26	1962–	3888	3290	1778–	4072	3920	1564–	4286	4653	1621–	4931	5052	1340–	5968	6333
27	2219–	4333	3226	2016–	4536	3844	1781–	4771	4562	1842–	5466	4957	1535–	6585	6219
28	2497–	4811	3166	2275–	5033	3772	2018–	5290	4477	2083–	6037	4868	1748–	7242	0,6110
29	2797–	5323	3108	2556–	5564	3704	2275–	5845	4396	2344–	6646	0,4783	1980–	7940	6008
30	3122–	5868	0,3054	2859–	6131	0,3640	2553–	6437	0,4320	2627–	7293	4703	2231–	8681	5910
31	3470–	6450	3003	3185–	6735	3578	2853–	7067	4247	2931–	7981	4626	2503–	9465	5817
32	3844–	7068	2954	3535–	7377	3520	3176–	7736	4178	3259–	8709	4553	2795–	10295	5728
33	4244–	7724	2908	3910–	8058	3465	3523–	8445	4112	3610–	9480	4484	3110–	11170	0,5643
34	4670–	8420	2863	4311–	8779	3412	3894–	9196	4050	3985–	10295	0,4418	3448–	12092	5562
35	5125–	9155	0,2821	4740–	9540	0,3361	4291–	9989	0,3990	4386–	11154	4354	3809–	13063	5484
36	5609–	9931	2780	5195–	10345	3313	4714–	10826	3932	4814–	12058	4293	4195–	14083	5410
37	6123–	10749	2741	5680–	11192	3267	5165–	11707	3877	5268–	13010	4235	4606–	15154	5338
38	6667–	11611	2704	6194–	12084	3222	5643–	12635	3824	5751–	14009	4179	5043–	16277	0,5269
39	7243–	12517	2668	6738–	13022	3179	6151–	13609	3774	6263–	15057	0,4125	5507–	17453	5203
40	7852–	13468	0,2634	7314–	14006	0,3138	6689–	14631	0,3725	6804–	16156	4073	5999–	18683	5139
41	8494–	14466	2601	7922–	15038	3099	7257–	15703	3678	7376–	17306	4023	6519–	19969	5077
42	9170–	15512	2569	8563–	16119	3061	7857–	16825	3633	7980–	18508	3975	7069–	21311	5018
43	9882–	16606	2538	9238–	17250	3024	8489–	17999	3590	8616–	19764	3928	7649–	22711	0,4961
44	10630–	17750	2508	9948–	18432	2989	9155–	19225	3548	9285–	21075	0,3883	8261–	24169	4905
45	11415–	18945	0,2480	10694–	19666	0,2955	9856–	20504	0,3507	9988–	22442	3840	8904–	25688	4852
46	12239–	20191	2452	11477–	20953	2922	10591–	21839	3468	10727–	23865	3798	9580–	27268	4800
47	13101–	21491	2425	12297–	22295	2890	11363–	23229	3430	11501–	25347	3757	10291–	28909	4749
48	14003–	22845	2399	13156–	23692	2859	12172–	24676	3393	12312–	26888	3718	11035–	30615	0,4701
49	14946–	24254	2374	14055–	25145	2829	13018–	26182	3358	13161–	28489	0,3680	11815–	32385	4654
50	15931–	25719	0,2350	14994–	26656	0,2800	13904–	27746	0,3323	14049–	30151	3643	12632–	34220	4608
51	16959–	27241	2326	15974–	28226	2772	14829–	29371	3290	14976–	31876	3607	13485–	36123	4563
52	18030–	28822	2303	16996–	29856	2744	15794–	31058	3258	15943–	33665	3572	14377–	38093	4520
53	19146–	30462	2281	18062–	31546	2718	16802–	32806	3226	16952–	35518	3538	15307–	40133	0,4478
54	20307–	32163	2259	19171–	33299	2692	17851–	34619	3195	18003–	37437	0,3505	16277–	42243	4437
55	21515–	33925	0,2238	20326–	35114	0,2667	18944–	36496	0,3166	19097–	39423	3473	17288–	44424	4397
56	22770–	35750	2218	21527–	36993	2643	20081–	38439	3137	20235–	41477	3442	18340–	46678	4358
57	24073–	37639	2198	22774–	38938	2619	21263–	40449	3109	21417–	43601	3412	19434–	49006	4321
58	25426–	39592	2179	24069–	40949	2596	22491–	42527	3081	22646–	45794	3382	20572–	51408	0,4284
59	26829–	41611	2160	25413–	43027	2574	23767–	44673	3055	23920–	48060	0,3353	21753–	53887	4248
60	28283–	43697	0,2141	26806–	45174	0,2552	25089–	46891	0,3029	25243–	50397	3325	22980–	56442	4213
61	29788–	45852	2123	28250–	47390	2530	26461–	49179	3003	26614–	52808	3298	24252–	59076	4179
62	31347–	48075	2106	29745–	49677	2509	27882–	51540	2979	28034–	55294	3271	25571–	61789	4146
63	32960–	50368	2089	31293–	52035	2489	29354–	53974	2954	29504–	57856	3245	26938–	64582	0,4113
64	34628–	52732	2072	32893–	54467	2469	30877–	56483	2931	31026–	60494	0,3220	28353–	67457	4081
65	36351–	55169	0,2056	34549–	56971	0,2450	32453–	59067	0,2908	32599–	63211	3195	29817–	70415	4050
66	38131–	57679	2040	36259–	59551	2431	34082–	61728	2885	34226–	66006	3171	31331–	73457	4020
67	39969–	60263	2025	38025–	62207	2413	35765–	64467	2864	35906–	68882	3147	32896–	76584	3990
68	41865–	62923	2010	39848–	64940	2394	37503–	67285	2842	37641–	71839	3124	34514–	79796	0,3961
69	43821–	65659	1995	41729–	67751	2377	39297–	70183	2821	39431–	74879	0,3101	36183–	83097	3933
70	45837–	68473	0,1980	43669–	70641	0,2360	41148–	73162	0,2801	41278–	78002	3079	37907–	86485	3905
71	47914–	71366	1966	45668–	73612	2343	43056–	76224	2781	43183–	81209	3057	39685–	89963	3878
72	50054–	74338	1952	47728–	76664	2326	45024–	79368	2761	45145–	84503	3036	41519–	93531	3851
73	52258–	77390	1938	49850–	79798	2310	47051–	82597	2742	47167–	87883	3015	43409–	97191	0,3825
74	54525–	80525	1925	52035–	83015	2294	49139–	85911	2723	49249–	91351	0,2994	45356–100944		3800
75	56857–	83743	0,1912	54282–	86318	0,2278	51288–	89312	0,2704	51392–	94908	2974	47361–104791		3774
76	59256–	87044	1899	56594–	89706	2263	53500–	92800	2686	53597–	98555	2955	49425–108733		3750
77	61722–	90430	1887	58972–	93180	2248	55775–	96377	2669	55865–102293		2935	51548–112772		3726
78	64255–	93903	1874	61416–	96742	2234	58114–100044		2651	58197–106123		2917	53733–116907		0,3702
79	66858–	97462	1862	63926–100394		2219	60518–103802		2634	60593–110047		0,2898	55979–121141		3679
80	69530–101110		0,1851	66505–104135		0,2205	62988–107652		0,2617	63055–114065		2880	58287–125475		3656
81	72273–104847		1839	69153–107967		2191	65526–111594		2601	65584–118178		2862	60659–129909		3634
82	75088–108674		1828	71871–111891		2178	68131–115631		2585	68180–122388		2845	63095–134445		3612
83	77976–112592		1816	74660–115908		2164	70805–119763		2569	70844–126696		2827	65597–139083		0,3590
84	80937–116603		1805	77521–120019		2151	73549–123991		2553	73577–131103		0,2810	68164–143826		3569
85	83973–120707		0,1795	80454–124226		0,2138	76363–128317		0,2538	76381–135609		2794	70798–148674		3548
86	87084–124906		1784	83461–128529		2126	79249–132741		2523	79255–140217		2778	73500–153628		3528
87	90272–129200		1774	86543–132929		2113	82208–137264		2509	82202–144926		2762	76271–158689		3508
88	93537–133591		1763	89700–137428		2101	85239–141889		2494	85221–149739		2746	79111–163859		0,3488
89	96880–138080		1753	92934–142026		2089	88346–146614		2480	88315–154655		0,2730	82022–169138		3469
90	100303–142667		0,1744	96245–146725		0,2078	91527–151443		0,2466	91482–159678		2715	85004–174528		3449
91	103806–147354		1734	99635–151525		2066	94785–156375		2452	94726–164806		2700	88058–180030		3431
92	107390–152142		1724	103104–156428		2055	98120–161412		2439	98046–170042		2685	91186–185644		3412
93	111057–157031		1715	106653–161435		2043	101533–166555		2425	101444–175386		2671	94387–191373		0,3394
94	114806–162024		1706	110283–166547		2032	105025–171805		2412	104920–180840		0,2657	97664–197216		3376
95	118639–167121		0,1697	113996–171764		0,2022	108596–177164		0,2399	108475–186405		2643	101016–203176		3358
96	122558–172322		1688	117791–177089		2011	112249–182631		2387	112110–192082		2629	104445–209253		3341
97	126562–177630		1679	121671–182521		2000	115983–188209		2374	115827–197871		2615	107951–215449		3324
98	130653–183045		1670	125635–188063		1990	119800–193898		2362	119625–203775		2602			
99	134832–188568		1662	129685–193715		1980	123701–199699		2350						

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

1) Werte nach KENDALL, M. G., *Rank Correlation Methods*, 2. Aufl., Charles Griffin, London (1955), S. 172. Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

ΣD^2 = Summe der quadrierten Differenzen der beiden Werte von n Beobachtungspaaren. Approximierte Werte nach $R = \varepsilon_{2\alpha}/\sqrt{n-1}$
($\varepsilon_{2\alpha}$ = entsprechende Abweichung der standardisierten Normalverteilung)

	$2\alpha = 0{,}10$			$2\alpha = 0{,}05$			$2\alpha = 0{,}02$			$2\alpha = 0{,}01$			$2\alpha = 0{,}001$		
	ΣD^2		R	ΣD^2		R	ΣD^2		R	ΣD^2		R	ΣD^2		R
n	unten	oben	(±)	unten	oben	(±)	unten	oben	(±)	unten	oben	(±)	unten	oben	(±)
100	139100–	194200	0,1653	133822–	199478	0,1970	127686–	205614	0,2338	123507–	209793	0,2589	111537–	221763	0,3307
101	143457–	199943	1645	138047–	205353	1960	131756–	211644	2326	127473–	215927	2576	115201–	228199	3291
102	147905–	205797	1637	142360–	211342	1950	135913–	217789	2315	131523–	222179	2563	118946–	234756	3274
103	152445–	211763	1629	146763–	217445	1941	140157–	224051	2303	135659–	228549	2550	122772–	241436	3258
104	157077–	217843	1621	151257–	223663	1931	144490–	230430	2292	139881–	235039	2538	126680–	248240	3242
105	161803–	224037	0,1613	155842–	229998	0,1922	148911–	236929	0,2281	144192–	241648	0,2526	130671–	255169	0,3227
106	166623–	230347	1605	160520–	236450	1913	153423–	243547	2270	148590–	248380	2514	134746–	262224	3211
107	171539–	236773	1598	165291–	243021	1904	158025–	250287	2260	153078–	255234	2502	138906–	269406	3196
108	176551–	243317	1590	170156–	249712	1895	162720–	257148	2249	157657–	262211	2490	143152–	276716	3181
109	181660–	249980	1583	175116–	256524	1886	167508–	264132	2239	162327–	269313	2479	147484–	284156	3166
110	186868–	256762	0,1575	180173–	263457	0,1877	172389–	271241	0,2228	167088–	276542	0,2467	151904–	291726	0,3152
111	192175–	263665	1568	185327–	270513	1869	177365–	278475	2218	171943–	283897	2456	156412–	299428	3137
112	197582–	270690	1561	190579–	277693	1860	182437–	285835	2208	176892–	291380	2445	161009–	307263	3123
113	203090–	277838	1554	195930–	284998	1852	187605–	293323	2198	181936–	298992	2434	165697–	315231	3109
114	208700–	285110	1547	201381–	292429	1844	192871–	300939	2188	187076–	306734	2423	170476–	323334	3095
115	214413–	292507	0,1541	206932–	299988	0,1836	198235–	308685	0,2179	192313–	314607	0,2412	175347–	331573	0,3082
116	220230–	300030	1534	212586–	307674	1828	203699–	316561	2169	197647–	322613	2402	180310–	339950	3068
117	226152–	307680	1527	218343–	315489	1820	209263–	324569	2160	203080–	330752	2392	185368–	348464	3055
118	232180–	315458	1521	224203–	323435	1812	214928–	332710	2151	208612–	339026	2381	190520–	357118	3042
119	238314–	323366	1514	230168–	331512	1804	220695–	340985	2142	214246–	347434	2371	195768–	365912	3029
120	244557–	331403	0,1508	236238–	339722	0,1797	226566–	349394	0,2133	219980–	355980	0,2361	201113–	374847	0,3016
121	250908–	339572	1502	242415–	348065	1789	232541–	357939	2124	225817–	364663	2351	206554–	383926	3004
122	257369–	347873	1495	248700–	356542	1782	238620–	366622	2115	231757–	373485	2342	212095–	393147	2991
123	263940–	356308	1489	255093–	365155	1774	244806–	375442	2106	237801–	382447	2332	217734–	402514	2979
124	270624–	364876	1483	261595–	373905	1767	251098–	384402	2098	243951–	391549	2323	223474–	412026	2967
125	277419–	373581	0,1477	268208–	382792	0,1760	257499–	393501	0,2089	250206–	400794	0,2313	229315–	421685	0,2955
126	284328–	382422	1471	274932–	391818	1753	264008–	402742	2081	256569–	410181	2304	235258–	431492	2943
127	291352–	391400	1465	281769–	400983	1746	270626–	412126	2072	263039–	419713	2295	241303–	441449	2931
128	298491–	400517	1460	288718–	410290	1739	277355–	421653	2064	269618–	429390	2286	247453–	451555	2920
129	305746–	409774	1454	295782–	419738	1732	284196–	431324	2056	276307–	439213	2277	253707–	461813	2908
130	313119–	419171	0,1448	302961–	429329	0,1726	291149–	441141	0,2048	283107–	449183	0,2268	260067–	472223	0,2897
131	320610–	428710	1443	310255–	439065	1719	298216–	451104	2040	290018–	459302	2259	266533–	482787	2886
132	328220–	438392	1437	317667–	448945	1712	305397–	461215	2033	297042–	469570	2251	273107–	493505	2875
133	335950–	448218	1432	325197–	458971	1706	312693–	471475	2025	304179–	479989	2242	279789–	504379	2864
134	343802–	458188	1426	332845–	469145	1700	320106–	481884	2017	311431–	490559	2234	286581–	515409	2853
135	351775–	468305	0,1421	340614–	479466	0,1693	327635–	492445	0,2010	318798–	501282	0,2225	293482–	526598	0,2843
136	359872–	478568	1416	348503–	489937	1687	335283–	503157	2002	326282–	512158	2217	300495–	537945	2832
137	368093–	488979	1410	356513–	500559	1681	343050–	514022	1995	333882–	523190	2209	307620–	549452	2822
138	376438–	499540	1405	364647–	511331	1675	350937–	525041	1988	341601–	534377	2201	314857–	561121	2811
139	384910–	510250	1400	372904–	522256	1668	358944–	536216	1980	349439–	545721	2193	322209–	572951	2801
140	393508–	521112	0,1395	381285–	533335	0,1662	367074–	547546	0,1973	357397–	557223	0,2185	329675–	584945	0,2791
141	402234–	532126	1390	389792–	544568	1656	375326–	559034	1966	365476–	568884	2177	337256–	597104	2781
142	411089–	543293	1385	398426–	555956	1651	383702–	570680	1959	373676–	580706	2169	344955–	609427	2771
143	420074–	554614	1380	407187–	567501	1645	392203–	582485	1952	382000–	592688	2162	352771–	621917	2761
144	429189–	566091	1375	416076–	579204	1639	400829–	594451	1945	390447–	604833	2154	360705–	634575	2752
145	438436–	577724	0,1371	425095–	591065	0,1633	409582–	606578	0,1939	399019–	617141	0,2147	368758–	647402	0,2742
146	447816–	589514	1366	434243–	603087	1628	418462–	618868	1932	407716–	629614	2139	376932–	660398	2733
147	457329–	601463	1361	443523–	615269	1622	427471–	631321	1925	416540–	642252	2132	385227–	673565	2723
148	466977–	613571	1357	452935–	627613	1617	436609–	643939	1919	425492–	655056	2125	393644–	686904	2714
149	476760–	625840	1352	462481–	640119	1611	445877–	656723	1912	434572–	668028	2117	402184–	700416	2705
150	486680–	638270	0,1348	472160–	652790	0,1606	455277–	669673	0,1906	443781–	681169	0,2110	410848–	714102	0,2696
151	496737–	650863	1343	481974–	665626	1600	464809–	682791	1899	453120–	694480	2103	419636–	727964	2687
152	506933–	663619	1339	491924–	678628	1595	474474–	696078	1893	462591–	707961	2096	428551–	742001	2678
153	517267–	676541	1334	502011–	691797	1590	484273–	709535	1887	472194–	721614	2089	437591–	756217	2669
154	527742–	689628	1330	512236–	705134	1585	494207–	723163	1881	481930–	735440	2082	446760–	770610	2660
155	538359–	702881	0,1325	522600–	718640	0,1579	504277–	736963	0,1875	491800–	749440	0,2076	456057–	785183	0,2652
156	549117–	716303	1321	533103–	732317	1574	514483–	750937	1869	501805–	763615	2069	465483–	799937	2643
157	560019–	729893	1317	543747–	746165	1569	524828–	765084	1863	511945–	777967	2062	475040–	814872	2635
158	571065–	743653	1313	554533–	760185	1564	535311–	779407	1857	522223–	792495	2056	484728–	829990	2626
159	582255–	757585	1309	565461–	774379	1559	545935–	793905	1851	532638–	807202	2049	494548–	845292	2618
160	593592–	771688	0,1304	576533–	788747	0,1554	556698–	808582	0,1845	543192–	822088	0,2043	504500–	860780	0,2610
161	605076–	785964	1300	587750–	803290	1549	567604–	823436	1839	553886–	837154	2036	514587–	876453	2601
162	616708–	800414	1296	599111–	818011	1545	578652–	838470	1833	564720–	852402	2030	524809–	892313	2593
163	628489–	815039	1292	610620–	832908	1540	589843–	853685	1828	575696–	867832	2024	535167–	908361	2585
164	640419–	829841	1288	622275–	847985	1535	601179–	869081	1822	586814–	883446	2018	545661–	924599	2577
165	652500–	844820	0,1284	634079–	863241	0,1530	612660–	884660	0,1817	598075–	899245	0,2011	556293–	941027	0,2569
166	664734–	859976	1281	646032–	878678	1526	624287–	900423	1811	609481–	915229	2005	567064–	957646	2562
167	677120–	875312	1277	658135–	894297	1521	636062–	916370	1806	621032–	931400	1999	577974–	974458	2554
168	689659–	890829	1273	670390–	910098	1517	647985–	932503	1800	632729–	947759	1993	589025–	991463	2546
169	702353–	906527	1269	682797–	926083	1512	660057–	948823	1795	644574–	964306	1987	600216–	1008664	2539
170	715203–	922407	0,1265	695356–	942254	0,1508	672279–	965331	0,1789	656566–	981044	0,1981	611550–	1026060	0,2531
171	728210–	938470	1262	708070–	958610	1503	684653–	982027	1784	668707–	997973	1976	623028–	1043652	2524
172	741374–	954718	1258	720939–	975153	1499	697178–	998914	1779	680999–	1015093	1970	634649–	1061443	2516
173	754696–	971152	1254	733963–	991885	1494	709856–	1015992	1774	693441–	1032407	1964	646415–	1079433	2509
174	768179–	987771	1251	747145–	1008805	1490	722688–	1033262	1769	706035–	1049915	1958	658328–	1097622	2502
175	781821–	1004579	0,1247	760484–	1025916	0,1486	735675–	1050725	0,1764	718782–	1067618	0,1953	670387–	1116013	0,2495
176	795625–	1021575	1243	773982–	1043218	1482	748817–	1068383	1759	731682–	1085518	1947	682594–	1134606	2487
177	809591–	1038761	1240	787640–	1060712	1477	762117–	1086235	1754	744737–	1103615	1942	694949–	1153403	2480
178	823721–	1056137	1236	801458–	1078400	1473	775573–	1104285	1749	757948–	1121910	1936	707455–	1172403	2473
179	838014–	1073706	1233	815438–	1096282	1469	789189–	1122531	1744	771315–	1140405	1931	720110–	1191610	2466
180	852473–	1091467	0,1229	829581–	1114359	0,1465	802964–	1140976	0,1739	784840–	1159100	0,1925	732918–	1211022	0,2459
181	867099–	1109421	1226	843887–	1132633	1461	816899–	1159621	1734	798523–	1177997	1920	745877–	1230643	2453
182	881891–	1127571	1223	858358–	1151104	1457	830996–	1178466	1729	812365–	1197097	1915	758990–	1250472	2446
183	896852–	1145916	1219	872995–	1169773	1453	845256–	1197512	1724	826367–	1216401	1909	772257–	1270511	2439
184	911981–	1164459	1216	887797–	1188643	1449	859678–	1216762	1720	840531–	1235909	1904	785680–	1290760	2432
185	927281–	1183199	0,1213	902767–	1207713	0,1445	874265–	1236215	0,1715	854857–	1255623	0,1899	799258–	1311222	0,2426
186	942752–	1202138	1209	917906–	1226984	1441	889017–	1255873	1710	869346–	1275544	1894	812994–	1331896	2419
187	958394–	1221278	1206	933213–	1246459	1437	903936–	1275736	1706	883999–	1295673	1889	826887–	1352785	2413
188	974210–	1240618	1203	948691–	1266137	1433	919021–	1295807	1701	898817–	1316011	1884	840939–	1373889	2406
189	990199–	1260161	1200	964341–	1286019	1429	934274–	1316086	1697	913801–	1336559	1879	855151–	1395209	2400
190	1006364–	1279906	0,1196	980162–	1306108	0,1426	949697–	1336573	0,1692	928952–	1357318	0,1874	869524–	1416746	0,2394
191	1022704–	1299856	1193	996156–	1326404	1422	965289–	1357271	1688	944271–	1378289	1869	884059–	1438501	2387
192	1039221–	1320011	1190	1012325–	1346907	1418	981052–	1378180	1683	959758–	1399474	1864	898756–	1460476	2381
193	1055915–	1340373	1187	1028668–	1367620	1414	996987–	1399301	1679	975415–	1420873	1859	913616–	1482672	2375
194	1072789–	1360941	1184	1045188–	1388542	1411	1013095–	1420635	1675	991243–	1442487	1854	928641–	1505089	2369
195	1089842–	1381718	0,1181	1061884–	1409676	0,1407	1029377–	1442183	0,1670	1007242–	1464318	0,1849	943831–	1527729	0,2362
196	1107075–	1402705	1178	1078758–	1431022	1404	1045833–	1463947	1666	1023414–	1486366	1845	959188–	1550592	2356
197	1124491–	1423901	1175	1095811–	1452581	1400	1062465–	1485927	1662	1039759–	1508633	1840	974711–	1573681	2350
198	1142089–	1445309	1172	1113044–	1474354	1396	1079274–	1508124	1657	1056279–	1531119	1835	990403–	1596995	2344
199	1159870–	1466930	1169	1130458–	1496342	1393	1096260–	1530540	1653	1072973–	1553827	1831	1006264–	1620536	2338

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Werte von $6/(N^3-N)$ zur Berechnung des SPEARMANschen Korrelationskoeffizienten* R

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0			1,00000	$10^{-1}\times 2{,}50000$	$10^{-1}\times 1{,}00000$	$10^{-2}\times 5{,}00000$	$10^{-2}\times 2{,}85714$	$10^{-2}\times 1{,}78571$	$10^{-2}\times 1{,}19048$	$10^{-3}\times 8{,}33333$
10	$10^{-3}\times 6{,}06061$	$10^{-3}\times 4{,}54545$	$10^{-3}\times 3{,}49650$	$10^{-3}\times 2{,}74725$	$10^{-3}\times 2{,}19780$	$10^{-3}\times 1{,}78571$	$10^{-3}\times 1{,}47059$	$10^{-3}\times 1{,}22549$	$10^{-3}\times 1{,}03199$	$10^{-4}\times 8{,}77193$
20	$10^{-4}\times 7{,}51880$	$10^{-4}\times 6{,}49351$	$10^{-4}\times 5{,}64653$	$10^{-4}\times 4{,}94071$	$10^{-4}\times 4{,}34783$	$10^{-4}\times 3{,}84615$	$10^{-4}\times 3{,}41880$	$10^{-4}\times 3{,}05250$	$10^{-4}\times 2{,}73673$	2,46305
30	2,22469	2,01613	1,83284	1,67112	1,52788	1,40056	1,28700	1,18540	1,09421	1,01215
40	$10^{-5}\times 9{,}38086$	$10^{-5}\times 8{,}71080$	$10^{-5}\times 8{,}10307$	$10^{-5}\times 7{,}55059$	$10^{-5}\times 7{,}04722$	$10^{-5}\times 6{,}58762$	$10^{-5}\times 6{,}16713$	$10^{-5}\times 5{,}78168$	$10^{-5}\times 5{,}42770$	$10^{-5}\times 5{,}10204$
50	4,80192	4,52489	4,26876	4,03161	3,81170	3,60750	3,41763	3,24086	3,07607	2,92227
60	2,77855	2,64410	2,51819	2,40015	2,28938	2,18531	2,08746	1,99537	1,90862	1,82682
70	1,74963	1,67673	1,60782	1,54264	1,48093	1,42248	1,36705	1,31447	1,26456	1,21714
80	1,17206	1,12918	1,08836	1,04949	1,01245	$10^{-6}\times 9{,}77135$	$10^{-6}\times 9{,}43441$	$10^{-6}\times 9{,}11278$	$10^{-6}\times 8{,}80561$	$10^{-6}\times 8{,}51209$
90	$10^{-6}\times 8{,}23147$	$10^{-6}\times 7{,}96305$	$10^{-6}\times 7{,}70618$	$10^{-6}\times 7{,}46024$	$10^{-6}\times 7{,}22465$	6,99888	6,78242	6,57479	6,37556	6,18429
100	$10^{-6}\times 6{,}00060$	$10^{-6}\times 5{,}82411$	$10^{-6}\times 5{,}65448$	$10^{-6}\times 5{,}49137$	$10^{-6}\times 5{,}33447$	$10^{-6}\times 5{,}18350$	$10^{-6}\times 5{,}03816$	$10^{-6}\times 4{,}89822$	$10^{-6}\times 4{,}76340$	$10^{-6}\times 4{,}63349$
110	4,50826	4,38750	4,27102	4,15863	4,05014	3,94540	3,84423	3,74650	3,65205	3,56075
120	3,47246	3,38707	3,30446	3,22452	3,14713	3,07220	2,99963	2,92932	2,86120	2,79517
130	2,73116	2,66909	2,60888	2,55047	2,49380	2,43879	2,38538	2,33353	2,28316	2,23424
140	2,18670	2,14050	2,09560	2,05194	2,00948	1,96819	1,92803	1,88895	1,85091	1,81389
150	1,77786	1,74277	1,70860	1,67531	1,64289	1,61129	1,58050	1,55049	1,52124	1,49272
160	1,46490	1,43777	1,41131	1,38549	1,36030	1,33572	1,31172	1,28830	1,26543	1,24310
170	1,22129	1,19999	1,17918	1,15885	1,13898	1,11957	1,10059	1,08204	1,06391	1,04618
180	1,02884	1,01188	$10^{-7}\times 9{,}95291$	$10^{-7}\times 9{,}79064$	$10^{-7}\times 9{,}63187$	$10^{-7}\times 9{,}47652$	$10^{-7}\times 9{,}32449$	$10^{-7}\times 9{,}17569$	$10^{-7}\times 9{,}03005$	$10^{-7}\times 8{,}88747$
190	$10^{-7}\times 8{,}74787$	$10^{-7}\times 8{,}61119$	8,47733	8,34624	8,21784	8,09206	7,96883	7,84809	7,72977	7,61383
200	$10^{-7}\times 7{,}50019$	$10^{-7}\times 7{,}38880$	$10^{-7}\times 7{,}27960$	$10^{-7}\times 7{,}17255$	$10^{-7}\times 7{,}06759$	$10^{-7}\times 6{,}96466$	$10^{-7}\times 6{,}86372$	$10^{-7}\times 6{,}76473$	$10^{-7}\times 6{,}66763$	$10^{-7}\times 6{,}57237$
210	6,47893	6,38725	6,29728	6,20901	6,12237	6,03733	5,95387	5,87194	5,79150	5,71252
220	5,63498	5,55883	5,48405	5,41060	5,33846	5,26759	5,19798	5,12958	5,06238	4,99635
230	4,93146	4,86770	4,80502	4,74342	4,68286	4,62334	4,56481	4,50727	4,45070	4,39506
240	4,34035	4,28655	4,23363	4,18157	4,13037	4,08000	4,03045	3,98169	3,93372	3,88651
250	3,84006	3,79435	3,74935	3,70507	3,66148	3,61857	3,57633	3,53475	3,49380	3,45349
260	3,41380	3,37471	3,33621	3,29830	3,26096	3,22418	3,18796	3,15227	3,11712	3,08248
270	3,04836	3,01474	2,98161	2,94896	2,91679	2,88509	2,85384	2,82304	2,79269	2,76277
280	2,73327	2,70419	2,67553	2,64726	2,61940	2,59192	2,56483	2,53811	2,51177	2,48578
290	2,46015	2,43488	2,40995	2,38536	2,36110	2,33717	2,31356	2,29027	2,26729	2,24462
300	$10^{-7}\times 2{,}22225$	$10^{-7}\times 2{,}20017$	$10^{-7}\times 2{,}17839$	$10^{-7}\times 2{,}15689$	$10^{-7}\times 2{,}13568$	$10^{-7}\times 2{,}11474$	$10^{-7}\times 2{,}09407$	$10^{-7}\times 2{,}07368$	$10^{-7}\times 2{,}05354$	$10^{-7}\times 2{,}03367$
310	2,01405	1,99469	1,97557	1,95669	1,93806	1,91966	1,90149	1,88355	1,86584	1,84835
320	1,83107	1,81401	1,79716	1,78052	1,76409	1,74785	1,73182	1,71598	1,70033	1,68487
330	1,66960	1,65452	1,63961	1,62488	1,61033	1,59596	1,58175	1,56771	1,55384	1,54012
340	1,52658	1,51318	1,49995	1,48687	1,47394	1,46116	1,44853	1,43604	1,42370	1,41149
350	1,39943	1,38750	1,37571	1,36405	1,35252	1,34113	1,32986	1,31871	1,30769	1,29679
360	1,28602	1,27536	1,26482	1,25440	1,24409	1,23389	1,22380	1,21383	1,20396	1,19420
370	1,18454	1,17499	1,16554	1,15619	1,14694	1,13779	1,12873	1,11977	1,11091	1,10214
380	1,09346	1,08487	1,07638	1,06797	1,05965	1,05141	1,04326	1,03519	1,02721	1,01931
390	1,01149	1,00375	$10^{-8}\times 9{,}96084$	$10^{-8}\times 9{,}88499$	$10^{-8}\times 9{,}80992$	$10^{-8}\times 9{,}73560$	$10^{-8}\times 9{,}66203$	$10^{-8}\times 9{,}58920$	$10^{-8}\times 9{,}51710$	$10^{-8}\times 9{,}44572$
400	$10^{-8}\times 9{,}37506$	$10^{-8}\times 9{,}30510$	$10^{-8}\times 9{,}23583$	$10^{-8}\times 9{,}16724$	$10^{-8}\times 9{,}09934$	$10^{-8}\times 9{,}03210$	$10^{-8}\times 8{,}96553$	$10^{-8}\times 8{,}89960$	$10^{-8}\times 8{,}83432$	$10^{-8}\times 8{,}76968$
410	8,70567	8,64228	8,57950	8,51733	8,45576	8,39478	8,33439	8,27457	8,21533	8,15665
420	8,09852	8,04095	7,98392	7,92743	7,87147	7,81604	7,76113	7,70673	7,65283	7,59944
430	7,54655	7,49414	7,44222	7,39077	7,33980	7,28930	7,23926	7,18967	7,14054	7,09186
440	7,04361	6,99581	6,94843	6,90148	6,85495	6,80884	6,76315	6,71786	6,67297	6,62849
450	6,58439	6,54069	6,49738	6,45444	6,41189	6,36970	6,32789	6,28644	6,24535	6,20462
460	6,16424	6,12422	6,08453	6,04519	6,00619	5,96753	5,92919	5,89118	5,85350	5,81614
470	5,77909	5,74236	5,70594	5,66983	5,63402	5,59851	5,56330	5,52838	5,49376	5,45942
480	5,42537	5,39160	5,35811	5,32490	5,29197	5,25930	5,22690	5,19477	5,16290	5,13129
490	5,09994	5,06884	5,03800	5,00740	4,97705	4,94695	4,91709	4,88747	4,85808	4,82893

Zusammenhang* zwischen R und r

$r \cong 2 \sin(\pi/6)\, R$

R	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,00	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
01	010	012	013	014	015	016	017	018	019	020
02	021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
03	031	032	034	035	036	037	038	039	040	041
04	042	043	044	045	046	047	048	049	050	051
0,05	0,052	0,053	0,054	0,055	0,057	0,058	0,059	0,060	0,061	0,062
06	063	064	065	066	067	068	069	070	071	072
07	073	074	075	076	077	079	080	081	082	083
08	084	085	086	087	088	089	090	091	092	093
09	095	095	096	097	098	099	100	102	103	104
0,10	0,105	0,106	0,107	0,108	0,109	0,110	0,111	0,112	0,113	0,114
11	115	116	117	118	119	120	121	122	123	125
12	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
13	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145
14	146	148	149	150	151	152	153	154	155	156
0,15	0,157	0,158	0,159	0,160	0,161	0,162	0,163	0,164	0,165	0,166
16	167	168	169	170	172	173	174	175	176	177
17	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187
18	188	189	190	191	192	193	194	196	197	198
19	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
0,20	0,209	0,210	0,211	0,212	0,213	0,214	0,215	0,216	0,217	0,218
21	219	221	222	223	224	225	226	227	228	229
22	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
23	240	241	242	243	244	245	247	248	249	250
24	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
0,25	0,261	0,262	0,263	0,264	0,265	0,266	0,267	0,268	0,269	0,270
26	271	272	274	275	276	277	278	279	280	281
27	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291
28	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301
29	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312
0,30	0,313	0,314	0,315	0,316	0,317	0,318	0,319	0,320	0,321	0,322
31	323	324	325	326	327	328	329	330	331	333
32	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343
33	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353
34	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363
0,35	0,364	0,366	0,367	0,368	0,369	0,370	0,371	0,372	0,373	0,374
36	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384
37	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394
38	395	396	397	398	399	400	401	402	404	405
39	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
0,40	0,416	0,417	0,418	0,419	0,420	0,421	0,422	0,423	0,424	0,425
41	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435
42	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445
43	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456
44	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466
0,45	0,467	0,468	0,469	0,470	0,471	0,472	0,473	0,474	0,475	0,476
46	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486
47	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496
48	497	498	499	500	501	502	503	504	505	507
49	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517

R	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,50	0,518	0,519	0,520	0,521	0,522	0,523	0,524	0,525	0,526	0,527
51	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537
52	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547
53	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557
54	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567
0,55	0,568	0,569	0,570	0,571	0,572	0,573	0,574	0,575	0,576	0,577
56	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587
57	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597
58	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607
59	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617
0,60	0,618	0,619	0,620	0,621	0,622	0,623	0,624	0,625	0,626	0,627
61	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637
62	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647
63	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657
64	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667
0,65	0,668	0,669	0,670	0,671	0,672	0,673	0,674	0,675	0,676	0,676
66	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686
67	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696
68	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706
69	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716
0,70	0,717	0,718	0,719	0,720	0,721	0,722	0,723	0,724	0,725	0,726
71	727	727	728	729	730	731	732	733	734	735
72	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745
73	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755
74	756	757	758	759	760	761	761	762	763	764
0,75	0,765	0,766	0,767	0,768	0,769	0,770	0,771	0,772	0,773	0,774
76	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784
77	785	786	787	788	789	790	791	792	793	
78	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803
79	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813
0,80	0,813	0,814	0,815	0,816	0,817	0,818	0,819	0,820	0,821	0,822
81	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832
82	833	834	834	835	836	837	838	839	840	841
83	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851
84	852	853	853	854	855	856	857	858	859	860
0,85	0,861	0,862	0,863	0,864	0,865	0,866	0,867	0,868	0,869	0,870
86	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879
87	880	881	882	883	884	885	886	887	888	
88	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898
89	899	900	901	901	902	903	904	905	906	907
0,90	0,908	0,909	0,910	0,911	0,912	0,913	0,914	0,915	0,915	0,916
91	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926
92	927	928	928	929	930	931	932	933	934	935
93	936	937	938	939	940	940	941	942	943	944
94	945	946	947	948	949	950	951	952	952	953
0,95	0,954	0,955	0,956	0,957	0,958	0,959	0,960	0,961	0,962	0,963
96	964	964	965	966	967	968	969	970	971	972
97	973	974	975	975	976	977	978	979	980	981
98	982	983	984	985	985	986	987	988	989	990
99	991	992	993	994	995	995	996	997	998	999

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Arcus sinus x[1]

(für Arcus-sinus-Transformationen)

x	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,000	0,00000	0,00100	0,00200	0,00300	0,00400	0,00500	0,00600	0,00700	0,00800	0,00900
0,010	01000	01100	01200	01300	01400	01500	01600	01700	01800	01900
0,020	02000	02100	02200	02300	02400	02500	02600	02700	02800	02900
0,030	03000	03100	03201	03301	03401	03501	03601	03701	03801	03901
0,040	04001	04101	04201	04301	04401	04502	04602	04702	04802	04902
0,050	0,05002	0,05102	0,05202	0,05302	0,05403	0,05503	0,05603	0,05703	0,05803	0,05903
0,060	06004	06104	06204	06304	06404	06505	06605	06705	06805	06905
0,070	07006	07106	07206	07306	07407	07507	07607	07708	07808	07908
0,080	08009	08109	08209	08310	08410	08510	08611	08711	08811	08912
0,090	09012	09113	09213	09313	09414	09514	09615	09715	09816	09916
0,100	0,10017	0,10117	0,10218	0,10318	0,10419	0,10519	0,10620	0,10721	0,10821	0,10922
0,110	11022	11123	11224	11324	11425	11525	11626	11727	11828	11928
0,120	12029	12130	12230	12331	12432	12533	12634	12734	12835	12936
0,130	13037	13138	13239	13340	13440	13541	13642	13743	13844	13945
0,140	14046	14147	14248	14349	14450	14551	14652	14753	14855	14956
0,150	0,15057	0,15158	0,15259	0,15360	0,15462	0,15563	0,15664	0,15765	0,15866	0,15968
0,160	16069	16170	16272	16373	16474	16576	16677	16779	16880	16981
0,170	17083	17184	17286	17387	17489	17591	17692	17794	17895	17997
0,180	18099	18200	18302	18404	18505	18607	18709	18811	18913	19014
0,190	19116	19218	19320	19422	19524	19626	19728	19830	19932	20034
0,200	0,20136	0,20238	0,20340	0,20442	0,20544	0,20646	0,20749	0,20851	0,20953	0,21055
0,210	21157	21260	21362	21464	21567	21669	21772	21874	21976	22079
0,220	22181	22284	22387	22489	22592	22694	22797	22900	23002	23105
0,230	23208	23311	23413	23516	23619	23722	23825	23928	24031	24134
0,240	24237	24340	24443	24546	24649	24752	24855	24958	25062	25165
0,250	0,25268	0,25371	0,25475	0,25578	0,25681	0,25785	0,25888	0,25992	0,26095	0,26199
0,260	26302	26406	26509	26613	26717	26820	26924	27028	27132	27235
0,270	27339	27443	27547	27651	27755	27859	27963	28067	28171	28275
0,280	28379	28484	28588	28692	28796	28901	29005	29109	29214	29318
0,290	29423	29527	29632	29736	29841	29946	30050	30155	30260	30364
0,300	0,30469	0,30574	0,30679	0,30784	0,30889	0,30994	0,31099	0,31204	0,31309	0,31414
0,310	31519	31625	31730	31835	31940	32046	32151	32256	32362	32467
0,320	32573	32679	32784	32890	32995	33101	33207	33313	33419	33524
0,330	33630	33736	33842	33948	34054	34161	34267	34373	34479	34585
0,340	34692	34798	34904	35011	35117	35224	35330	35437	35544	35650
0,350	0,35757	0,35864	0,35971	0,36078	0,36184	0,36291	0,36398	0,36505	0,36613	0,36720
0,360	36827	36934	37041	37149	37256	37363	37471	37578	37686	37793
0,370	37901	38009	38116	38224	38332	38440	38548	38656	38764	38872
0,380	38980	39088	39196	39304	39412	39521	39629	39738	39846	39955
0,390	40063	40172	40280	40389	40498	40607	40716	40825	40934	41043
0,400	0,41152	0,41261	0,41370	0,41479	0,41589	0,41698	0,41807	0,41917	0,42026	0,42136
0,410	42245	42355	42465	42575	42684	42794	42904	43014	43124	43234
0,420	43345	43455	43565	43675	43786	43896	44007	44117	44228	44339
0,430	44449	44560	44671	44782	44893	45004	45115	45226	45337	45449
0,440	45560	45671	45783	45894	46006	46117	46229	46341	46453	46565
0,450	0,46677	0,46789	0,46901	0,47013	0,47125	0,47237	0,47350	0,47462	0,47574	0,47687
0,460	47800	47912	48025	48138	48251	48363	48476	48590	48703	48816
0,470	48929	49042	49156	49269	49383	49496	49610	49724	49838	49952
0,480	50065	50179	50294	50408	50522	50636	50751	50865	50980	51094
0,490	51209	51324	51439	51553	51668	51783	51899	52014	52129	52244
0,500	0,52360	0,52475	0,52591	0,52707	0,52822	0,52938	0,53054	0,53170	0,53286	0,53402
0,510	53518	53635	53751	53868	53984	54101	54217	54334	54451	54568
0,520	54685	54802	54919	55037	55154	55272	55389	55507	55624	55742
0,530	55860	55978	56096	56214	56332	56451	56569	56688	56806	56925
0,540	57044	57163	57282	57401	57520	57639	57758	57878	57997	58117
0,550	0,58236	0,58356	0,58476	0,58596	0,58716	0,58836	0,58957	0,59077	0,59197	0,59318
0,560	59439	59559	59680	59801	59922	60043	60165	60286	60407	60529
0,570	60651	60772	60894	61016	61138	61260	61383	61505	61628	61750
0,580	61873	61996	62119	62242	62365	62488	62611	62735	62858	62982
0,590	63106	63230	63354	63478	63602	63727	63851	63976	64100	64225
0,600	0,64350	0,64475	0,64600	0,64726	0,64851	0,64977	0,65102	0,65228	0,65354	0,65480
0,610	65606	65732	65859	65985	66112	66239	66365	66492	66620	66747
0,620	66874	67002	67129	67257	67385	67513	67641	67770	67898	68027
0,630	68155	68284	68413	68542	68671	68801	68930	69060	69190	69320
0,640	69450	69580	69710	69841	69972	70102	70233	70364	70496	70627
0,650	0,70758	0,70890	0,71022	0,71154	0,71286	0,71418	0,71551	0,71683	0,71816	0,71949
0,660	72082	72215	72348	72482	72616	72749	72883	73017	73152	73286
0,670	73421	73556	73691	73826	73961	74096	74232	74368	74504	74640
0,680	74776	74913	75049	75186	75323	75460	75598	75735	75873	76011
0,690	76149	76287	76426	76564	76703	76842	76981	77121	77260	77400
0,700	0,77540	0,77680	0,77820	0,77961	0,78101	0,78242	0,78383	0,78525	0,78666	0,78808
0,710	78950	79092	79234	79377	79519	79662	79806	79949	80092	80236
0,720	80380	80524	80669	80813	80958	81103	81249	81394	81540	81686
0,730	81832	81979	82125	82272	82419	82567	82714	82862	83010	83158
0,740	83307	83456	83605	83754	83904	84053	84204	84354	84504	84655
0,750	0,84806	0,84958	0,85109	0,85261	0,85413	0,85565	0,85718	0,85871	0,86024	0,86178
0,760	86331	86485	86640	86794	86949	87104	87260	87415	87571	87728
0,770	87884	88041	88198	88356	88513	88672	88830	88989	89148	89307
0,780	89467	89627	89787	89947	90108	90270	90431	90593	90755	90918
0,790	91081	91244	91408	91572	91736	91901	92066	92231	92397	92563
0,800	0,92730	0,92896	0,93064	0,93231	0,93399	0,93568	0,93736	0,93905	0,94075	0,94245
0,810	94415	94586	94757	94929	95101	95273	95446	95619	95793	95967
0,820	96141	96316	96491	96667	96843	97020	97197	97375	97553	97732
0,830	97911	98090	98270	98451	98632	98813	98995	99178	99361	99544
0,840	99728	99913	1,00098	1,00284	1,00470	1,00657	1,00844	1,01032	1,01220	1,01409
0,850	1,01599	1,01789	1,01979	1,02171	1,02363	1,02555	1,02748	1,02942	1,03136	1,03331
0,860	03527	03723	03920	04118	04316	04515	04715	04915	05116	05318
0,870	05520	05723	05927	06132	06337	06544	06751	06958	07167	07376
0,880	07586	07797	08009	08222	08435	08649	08865	09081	09298	09516
0,890	09735	09954	10175	10397	10619	10843	11068	11294	11520	11748
0,900	1,11977	1,12207	1,12438	1,12670	1,12903	1,13138	1,13374	1,13610	1,13849	1,14088
0,910	14328	14570	14813	15058	15304	15551	15799	16049	16301	16554
0,920	16808	17064	17321	17581	17841	18104	18368	18633	18901	19170
0,930	19441	19714	19989	20266	20545	20826	21109	21394	21681	21971
0,940	22263	22557	22854	23153	23455	23759	24067	24376	24689	25005
0,950	1,25324	1,25645	1,25970	1,26299	1,26631	1,26966	1,27305	1,27648	1,27994	1,28345
0,960	28700	29060	29423	29792	30166	30544	30928	31318	31713	32115
0,970	32523	32938	33360	33789	34226	34672	35127	35591	36065	36550
0,980	37046	37555	38077	38614	39167	39737	40327	40938	41572	42234
0,990	42926	43653	44422	45241	46120	47075	48132	49332	50754	52607
1,000	1,57080									

1) Abgekürzt nach Werten aus *Table of Arc Sin X*, New York (1945). Nachdruck mit Erlaubnis des National Bureau of Standards und der Columbia University Press.

Zehnerlogarithmen der Binomialkoeffizienten C und ihrer Reziproken* $N = 2 - 33$

Erläuterungen siehe S. 77

Exponent von $p\,(q)$	Exponent von $q\,(p)$	$\log C$	$\log 1/C$
		$N = 2$	
0	2	0,00000	0 00000
1	1	0,30103	1 69897
		$N = 3$	
0	3	0,00000	0 00000
1	2	0,47712	1 52288
		$N = 4$	
0	4	0,00000	0 00000
1	3	0,60206	1 39794
2	2	0,77815	1 22185
		$N = 5$	
0	5	0,00000	0 00000
1	4	0,69897	1 30103
2	3	1,00000	2 00000
		$N = 6$	
0	6	0,00000	0 00000
1	5	0,77815	1 22185
2	4	1,17609	2 82391
3	3	1,30103	2 69897
		$N = 7$	
0	7	0,00000	0 00000
1	6	0,84510	1 15490
2	5	1,32222	2 67778
3	4	1,54407	2 45593
		$N = 8$	
0	8	0,00000	0 00000
1	7	0,90309	1 09691
2	6	1,44716	2 55284
3	5	1,74819	2 25181
4	4	1,84510	2 15490
		$N = 9$	
0	9	0,00000	0 00000
1	8	0,95424	1 04576
2	7	1,55630	2 44370
3	6	1,92428	2 07572
4	5	2,10037	3 89963
		$N = 10$	
0	10	0,00000	0 00000
1	9	1,00000	2 00000
2	8	1,65321	2 34679
3	7	2,07918	3 92082
4	6	2,32222	3 67778
5	5	2,40140	3 59860
		$N = 11$	
0	11	0,00000	0 00000
1	10	1,04139	2 95861
2	9	1,74036	2 25964
3	8	2,21748	3 78252
4	7	2,51851	3 48149
5	6	2,66464	3 33536
		$N = 12$	
0	12	0,00000	0 00000
1	11	1,07918	2 92082
2	10	1,81954	2 18046
3	9	2,34242	3 65758
4	8	2,69461	3 30539
5	7	2,89873	3 10127
6	6	2,96567	3 03433
		$N = 13$	
0	13	0,00000	0 00000
1	12	1,11394	2 88606
2	11	1,89209	2 10791
3	10	2,45637	3 54363
4	9	2,85431	3 14569
5	8	3,10958	4 89042
6	7	3,23452	4 76548
		$N = 14$	
0	14	0,00000	0 00000
1	13	1,14613	2 85387
2	12	1,95904	2 04096
3	11	2,56110	3 43890
4	10	3,00043	4 99957
5	9	3,30146	4 69854
6	8	3,47756	4 52244
7	7	3,53555	4 46445
		$N = 15$	
0	15	0,00000	0 00000
1	14	1,17609	2 82391
2	13	2,02119	3 97881
3	12	2,65801	3 34199
4	11	3,13513	4 86487
5	10	3,47756	4 52244
6	9	3,69940	4 30060
7	8	3,80855	4 19145
		$N = 16$	
0	16	0,00000	0 00000
1	15	1,20412	2 79588
2	14	2,07918	3 92082
3	13	2,74819	3 25181
4	12	3,26007	4 73993
5	11	3,64028	4 35972
6	10	3,90352	4 09648
7	9	4,05843	5 94157
8	8	4,10958	5 89042
		$N = 17$	
0	17	0,00000	0 00000
1	16	1,23045	2 76955
2	15	2,13354	3 86646
3	14	2,83251	3 16749
4	13	3,37658	4 62342
5	12	3,79155	4 20845
6	11	4,09258	5 90742
7	10	4,28887	5 71113
8	9	4,38578	5 61422
		$N = 18$	
0	18	0,00000	0 00000
1	17	1,25527	2 74473
2	16	2,18469	3 81531
3	15	2,91169	3 08831
4	14	3,48572	4 51428
5	13	3,93288	4 06712
6	12	4,26867	5 73133
7	11	4,50275	5 49725
8	10	4,64106	5 35894
9	9	4,68681	5 31319
		$N = 19$	
0	19	0,00000	0 00000
1	18	1,27875	2 72125
2	17	2,23300	3 76700
3	16	2,98632	3 01368
4	15	3,58838	4 41162
5	14	4,06551	5 93449
6	13	4,43348	5 56652
7	12	4,70233	5 29767
8	11	4,87842	5 12158
9	10	4,96557	5 03443
		$N = 20$	
0	20	0,00000	0 00000
1	19	1,30103	2 69897
2	18	2,27875	3 72125
3	17	3,05690	4 94310
4	16	3,68529	4 31471
5	15	4,19044	5 80956
6	14	4,58838	5 41162
7	13	4,88941	5 11059
8	12	5,10027	6 89973
9	11	5,22521	6 77479
10	10	5,26660	6 73340
		$N = 21$	
0	21	0,00000	0 00000
1	20	1,32222	2 67778
2	19	2,32222	3 67778
3	18	3,12385	4 87615
4	17	3,77706	4 22294
5	16	4,30854	5 69146
6	15	4,73451	5 26549
7	14	5,06551	6 93449
8	13	5,30854	6 69146
9	12	5,46824	6 53176
10	11	5,54743	6 45257
		$N = 22$	
0	22	0,00000	0 00000
1	21	1,34242	2 65758
2	20	2,36361	3 63639
3	19	3,18752	4 81248
4	18	3,86421	4 13579
5	17	4,42052	5 57948
6	16	4,87281	5 12719
7	15	5,23184	6 76816
8	14	5,50484	6 49516
9	13	5,69672	6 30328
10	12	5,81067	6 18933
11	11	5,84846	6 15154
		$N = 23$	
0	23	0,00000	0 00000
1	22	1,36173	2 63827
2	21	2,40312	3 59688
3	20	3,24822	4 75178
4	19	3,94719	4 05281
5	18	4,52697	5 47303
6	17	5,00409	6 99591
7	16	5,38944	6 61056
8	15	5,69047	6 30953
9	14	5,91232	6 08768
10	13	6,05845	7 94155
11	12	6,13100	7 86900
		$N = 24$	
0	24	0,00000	0 00000
1	23	1,38021	2 61979
2	22	2,44091	3 55909
3	21	3,30621	4 69379
4	20	4,02637	5 97363
5	19	4,62843	5 37157
6	18	5,12903	6 87097
7	17	5,53921	6 46079
8	16	5,86657	6 13343
9	15	6,11644	7 88356
10	14	6,29253	7 70747
11	13	6,39727	7 60273
12	12	6,43203	7 56797
		$N = 25$	
0	25	0,00000	0 00000
1	24	1,39794	2 60206
2	23	2,47712	3 52288
3	22	3,36173	4 63827
4	21	4,10209	5 89791
5	20	4,72534	5 27466
6	19	5,24822	6 75178
7	18	5,68187	6 31813
8	17	6,03406	7 96594
9	16	6,31026	7 68974
10	15	6,51438	7 48562
11	14	6,64908	7 35092
12	13	6,71603	7 28397
		$N = 26$	
0	26	0,00000	0 00000
1	25	1,41497	2 58503
2	24	2,51188	3 48812
3	23	3,41497	4 58503
4	22	4,17464	5 82536
5	21	4,81809	5 18191
6	20	5,36216	6 63784
7	19	5,81809	6 18191
8	18	6,19376	7 80624
9	17	6,49479	7 50521
10	16	6,72524	7 27476
11	15	6,88796	7 11204
12	14	6,98487	7 01513
13	13	7,01706	8 98294
		$N = 27$	
0	27	0,00000	0 00000
1	26	1,43136	2 56864
2	25	2,54531	3 45469
3	24	3,46613	4 53387
4	23	4,24428	5 75572
5	22	4,90703	5 09297
6	21	5,47131	6 52869
7	20	5,94843	6 05157
8	19	6,34637	7 65363
9	18	6,67088	7 32912
10	17	6,92615	7 07385
11	16	7,11521	8 88479
12	15	7,24015	8 75985
13	14	7,30229	8 69771
		$N = 28$	
0	28	0,00000	0 00000
1	27	1,44716	2 55284
2	26	2,57749	3 42251
3	25	3,51534	4 48466
4	24	4,31122	5 68878
5	23	4,99247	5 00753
6	22	5,57604	6 42396
7	21	6,07337	7 92663
8	20	6,49250	7 50750
9	19	6,83928	7 16072
10	18	7,11804	8 88196
11	17	7,33192	8 66808
12	16	7,48318	8 51682
13	15	7,57336	8 42664
14	14	7,60332	8 39668
		$N = 29$	
0	29	0,00000	0 00000
1	28	1,46240	2 53760
2	27	2,60853	3 39147
3	26	3,56277	4 43723
4	25	4,37568	5 62432
5	24	5,07465	6 92535
6	23	5,67671	6 32329
7	22	6,19334	7 80666
8	21	6,63267	7 36733
9	20	7,00065	8 99935
10	19	7,30168	8 69832
11	18	7,53904	8 46096
12	17	7,71513	8 28487
13	16	7,83164	8 16836
14	15	7,88963	8 11037
		$N = 30$	
0	30	0,00000	0 00000
1	29	1,47712	2 52288
2	28	2,63849	3 36151
3	27	3,60853	4 39147
4	26	4,43783	5 56217
5	25	5,15383	6 84617
6	24	5,77362	6 22638
7	23	6,30874	7 69126
8	22	6,76737	7 23263
9	21	7,15555	8 84445
10	20	7,47777	8 52223
11	19	7,73741	8 26259
12	18	7,93698	8 06302
13	17	8,07831	9 92169
14	16	8,16263	9 83737
15	15	8,19066	9 80934
		$N = 31$	
0	31	0,00000	0 00000
1	30	1,49136	2 50864
2	29	2,66745	3 33255
3	28	3,65273	4 34727
4	27	4,49783	5 50217
5	26	5,23022	6 76978
6	25	5,86704	6 13296
7	24	6,41989	7 58011
8	23	6,89701	7 10299
9	22	7,30449	8 69551
10	21	7,64691	8 35309
11	20	7,92774	8 07226
12	19	8,14959	9 85041
13	18	8,31440	9 68560
14	17	8,42354	9 57646
15	16	8,47790	9 52210
		$N = 32$	
0	32	0,00000	0 00000
1	31	1,50515	2 49485
2	30	2,69548	3 30452
3	29	3,69548	4 30452
4	28	4,55582	5 44418
5	27	5,30401	6 69599
6	26	5,95722	6 04278
7	25	6,52710	7 47290
8	24	7,02195	8 97805
9	23	7,44791	8 55209
10	22	7,80964	8 19036
11	21	8,11067	9 88933
12	20	8,35371	9 64629
13	19	8,54080	9 45920
14	18	8,67342	9 32658
15	17	8,75260	9 24740
16	16	8,77893	9 22107
		$N = 33$	
0	33	0,00000	0 00000
1	32	1,51851	2 48149
2	31	2,72263	3 27737
3	30	3,73687	4 26313
4	29	4,61194	5 38806
5	28	5,37536	6 62464
6	27	6,04437	7 95563
7	26	6,63064	7 36936
8	25	7,14252	8 85748
9	24	7,58622	8 41378

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Exponent von $p(q)$	$q(p)$	log C	log $1/C$
$N = 33$ (Fortsetzung)			
10	23	7,96643	**8** 03357
11	22	8,28676	**9** 71324
12	21	8,55000	**9** 45000
13	20	8,75828	**9** 24172
14	19	8,91318	**9** 08682
15	18	9,01585	**10** 98415
16	17	9,06700	**10** 93300
$N = 34$			
0	34	0,00000	**0** 00000
1	33	1,53148	**2** 46852
2	32	2,74896	**3** 25104
3	31	3,77699	**4** 22301
4	30	4,66629	**5** 33371
5	29	5,44444	**6** 55556
6	28	6,12869	**7** 87131
7	27	6,73075	**7** 26925
8	26	7,25903	**8** 74097
9	25	7,71976	**8** 28024
10	24	8,11770	**9** 88230
11	23	8,45651	**9** 54349
12	22	8,73906	**9** 26094
13	21	8,96754	**9** 03246
14	20	9,14363	**10** 85637
15	19	9,26857	**10** 73143
16	18	9,34320	**10** 65680
17	17	9,36803	**10** 63197
$N = 35$			
0	35	0,00000	**0** 00000
1	34	1,54407	**2** 45593
2	33	2,77452	**3** 22548
3	32	3,81591	**4** 18409
4	31	4,71900	**5** 28100
5	30	5,51139	**6** 48861
6	29	6,21036	**7** 78964
7	28	6,82766	**7** 17234
8	27	7,37173	**8** 62827
9	26	7,84885	**8** 15115
10	25	8,26382	**9** 73618
11	24	8,62037	**9** 37963
12	23	8,92140	**9** 07860
13	22	9,16919	**10** 83081
14	21	9,36548	**10** 63452
15	20	9,51161	**10** 48839
16	19	9,60852	**10** 39148
17	18	9,65682	**10** 34318
$N = 36$			
0	36	0,00000	**0** 00000
1	35	1,55630	**2** 44370
2	34	2,79934	**3** 20066
3	33	3,85370	**4** 14630
4	32	4,77015	**5** 22985
5	31	5,57633	**6** 42367
6	30	6,28954	**7** 71046
7	29	6,92157	**7** 07843
8	28	7,48087	**8** 51913
9	27	7,97379	**8** 02621
10	26	8,40515	**9** 59485
11	25	8,77873	**9** 22127
12	24	9,09749	**10** 90251
13	23	9,36376	**10** 63624
14	22	9,57936	**10** 42064
15	21	9,74569	**10** 25431
16	20	9,86379	**10** 13621
17	19	9,93437	**10** 06563
18	18	9,95785	**10** 04215
$N = 37$			
0	37	0,00000	**0** 00000
1	36	1,56820	**2** 43180
2	35	2,82347	**3** 17653
3	34	3,89042	**4** 10958
4	33	4,81984	**5** 18016
5	32	5,63938	**6** 36062
6	31	6,36638	**7** 63362
7	30	7,01265	**8** 98735
8	29	7,58668	**8** 41332
9	28	8,09483	**9** 90517
10	27	8,54199	**9** 45801
11	26	8,93196	**9** 06804
12	25	9,26775	**10** 73225
13	24	9,55175	**10** 44825
14	23	9,78583	**10** 21417
15	22	9,97147	**10** 02853
16	21	10,10977	**11** 89023
17	20	10,20154	**11** 79846
18	19	10,24730	**11** 75270
$N = 38$			
0	38	0,00000	**0** 00000
1	37	1,57978	**2** 42022
2	36	2,84696	**3** 15304
3	35	3,92614	**4** 07386
4	34	4,86814	**5** 13186
5	33	5,70065	**6** 29935
6	32	6,44102	**7** 55898
7	31	7,10107	**8** 89893
8	30	7,68934	**8** 31066
9	29	8,21222	**9** 78778
10	28	8,67462	**9** 32538
11	27	9,08038	**10** 91962
12	26	9,43256	**10** 56744
13	25	9,73359	**10** 26641
14	24	9,98541	**10** 01459
15	23	10,18953	**11** 81047
16	22	10,34713	**11** 65287
17	21	10,45911	**11** 54089
18	20	10,52605	**11** 47395
19	19	10,54833	**11** 45167
$N = 39$			
0	39	0,00000	**0** 00000
1	38	1,59106	**2** 40894
2	37	2,86982	**3** 13018
3	36	3,96090	**4** 03910
4	35	4,91514	**5** 08486
5	34	5,76024	**6** 23976
6	33	6,51357	**7** 48643
7	32	7,18698	**8** 81302
8	31	7,78904	**8** 21096
9	30	8,32616	**9** 67384
10	29	8,80328	**9** 19672
11	28	9,22429	**10** 77571
12	27	9,59227	**10** 40773
13	26	9,90969	**10** 09031
14	25	10,17853	**11** 82147
15	24	10,40038	**11** 59962
16	23	10,57647	**11** 42353
17	22	10,70775	**11** 29225
18	21	10,79490	**11** 20510
19	20	10,83837	**11** 16163
$N = 40$			
0	40	0,00000	**0** 00000
1	39	1,60206	**2** 39794
2	38	2,89209	**3** 10791
3	37	3,99476	**4** 00524
4	36	4,96090	**5** 03910
5	35	5,81823	**6** 18177
6	34	6,58415	**7** 41585
7	33	7,27053	**8** 72947
8	32	7,88595	**8** 11405
9	31	8,43686	**9** 56314
10	30	8,92822	**9** 07178
11	29	9,36395	**10** 63605
12	28	9,74717	**10** 25283
13	27	10,08038	**11** 91962
14	26	10,36562	**11** 63438
15	25	10,60450	**11** 39550
16	24	10,79832	**11** 20168
17	23	10,94808	**11** 05192
18	22	11,05454	**12** 94546
19	21	11,11821	**12** 88179
20	20	11,13940	**12** 86060
$N = 41$			
0	41	0,00000	**0** 00000
1	40	1,61278	**2** 38722
2	39	2,91381	**3** 08619
3	38	4,02776	**5** 97224
4	37	5,00548	**6** 99452
5	36	5,87471	**6** 12529
6	35	6,65286	**7** 34714
7	34	7,35183	**8** 64817
8	33	7,98022	**8** 01978
9	32	8,54449	**9** 45551
10	31	9,04964	**10** 95036
11	30	9,49961	**10** 50039
12	29	9,89755	**10** 10245
13	28	10,24601	**11** 75399
14	27	10,54704	**11** 45296
15	26	10,80231	**11** 19769
16	25	11,01316	**12** 98684
17	24	11,18065	**12** 81935
18	23	11,30559	**12** 69441
19	22	11,38857	**12** 61143
20	21	11,42996	**12** 57004
$N = 42$			
0	42	0,00000	**0** 00000
1	41	1,62325	**2** 37675
2	40	2,93500	**3** 06500
3	39	4,05994	**5** 94006
4	38	5,04895	**6** 95105
5	37	5,92976	**6** 07024
6	36	6,71981	**7** 28019
7	35	7,43102	**8** 56898
8	34	8,07199	**9** 92801
9	33	8,64923	**9** 35077
10	32	9,16774	**10** 83226
11	31	9,63150	**10** 36850
12	30	10,04368	**11** 95632
13	29	10,40686	**11** 59314
14	28	10,72313	**11** 27687
15	27	10,99420	**11** 00580
16	26	11,22144	**12** 77856
17	25	11,40596	**12** 59404
18	24	11,54863	**12** 45137
19	23	11,65009	**12** 34991
20	22	11,71079	**12** 28921
21	21	11,73099	**12** 26901
$N = 43$			
0	43	0,00000	**0** 00000
1	42	1,63347	**2** 36653
2	41	2,95569	**3** 04431
3	40	4,09135	**5** 90865
4	39	5,09135	**6** 90865
5	38	5,98344	**6** 01656
6	37	6,78508	**7** 21492
7	36	7,50818	**8** 49182
8	35	8,16139	**9** 83861
9	34	8,75122	**9** 24878
10	33	9,28270	**10** 71730
11	32	9,75982	**10** 24018
12	31	10,18579	**11** 81421
13	30	10,56321	**11** 43679
14	29	10,89420	**11** 10580
15	28	11,18051	**12** 81949
16	27	11,42354	**12** 57646
17	26	11,62446	**12** 37554
18	25	11,78416	**12** 21584
19	24	11,90335	**12** 09665
20	23	11,98253	**12** 01747
21	22	12,02204	**13** 97796
$N = 44$			
0	44	0,00000	**0** 00000
1	43	1,64345	**2** 35655
2	42	2,97589	**3** 02411
3	41	4,12202	**5** 87798
4	40	5,13274	**6** 86726
5	39	6,03583	**7** 96417
6	38	6,84875	**7** 15125
7	37	7,58343	**8** 41657
8	36	8,24854	**9** 75146
9	35	8,85060	**9** 14940
10	34	9,39467	**10** 60533
11	33	9,88476	**10** 11524
12	32	10,32409	**11** 67591
13	31	10,71530	**11** 28470
14	30	11,06053	**12** 93947
15	29	11,36156	**12** 63844
16	28	11,61984	**12** 38016
17	27	11,83655	**12** 16345
18	26	12,01264	**13** 98736
19	25	12,14886	**13** 85114
20	24	12,24577	**13** 75423
21	23	12,30376	**13** 69624
22	22	12,32307	**13** 67693
$N = 45$			
0	45	0,00000	**0** 00000
1	44	1,65321	**2** 34679
2	43	2,99564	**3** 00436
3	42	4,15198	**5** 84802
4	41	5,17317	**6** 82683
5	40	6,08699	**7** 91301
6	39	6,91089	**7** 08911
7	38	7,65686	**8** 34314
8	37	8,33355	**9** 66645
9	36	8,94751	**9** 05249
10	35	9,50382	**10** 49618
11	34	10,00649	**11** 99351
12	33	10,45879	**11** 54121
13	32	10,86336	**11** 13664
14	31	11,22238	**12** 77762
15	30	11,53765	**12** 46235
16	29	11,81065	**12** 18935
17	28	12,04260	**13** 95740
18	27	12,23449	**13** 76551
19	26	12,38710	**13** 61290
20	25	12,50104	**13** 49896
21	24	12,57676	**13** 42324
22	23	12,61455	**13** 38545
$N = 46$			
0	46	0,00000	**0** 00000
1	45	1,66276	**2** 33724
2	44	3,01494	**4** 98506
3	43	4,18127	**5** 81873
4	42	5,21268	**6** 78732
5	41	6,13696	**7** 86304
6	40	6,97159	**7** 02841
7	39	7,72855	**8** 27145
8	38	8,41653	**9** 58347
9	37	9,04207	**10** 95793
10	36	9,61027	**10** 38973
11	35	10,12518	**11** 87482
12	34	10,59007	**11** 40993
13	33	11,00760	**12** 99240
14	32	11,37999	**12** 62001
15	31	11,70905	**12** 29095
16	30	11,99629	**12** 00371
17	29	12,24296	**13** 75704
18	28	12,45009	**13** 54991
19	27	12,61849	**13** 38151
20	26	12,74883	**13** 25117
21	25	12,84158	**13** 15842
22	24	12,89710	**13** 10290
23	23	12,91558	**13** 08442
$N = 47$			
0	47	0,00000	**0** 00000
1	46	1,67210	**2** 32790
2	45	3,03383	**4** 96617
3	44	4,20992	**5** 79008
4	43	5,25131	**6** 74869
5	42	6,18581	**7** 81419
6	41	7,03091	**8** 96909
7	40	7,79859	**8** 20141
8	39	8,49756	**9** 50244
9	38	9,13438	**10** 86562
10	37	9,71417	**10** 28583
11	36	10,24098	**11** 75902
12	35	10,71810	**11** 28190
13	34	11,14822	**12** 85178
14	33	11,53357	**12** 46643
15	32	11,87600	**12** 12400
16	31	12,17703	**13** 82297
17	30	12,43794	**13** 56206
18	29	12,65979	**13** 34021
19	28	12,84343	**13** 15657
20	27	12,98956	**13** 01044
21	26	13,09870	**14** 90130
22	25	13,17126	**14** 82874
23	24	13,20747	**14** 79253
$N = 48$			
0	48	0,00000	**0** 00000
1	47	1,68124	**2** 31876
2	46	3,05231	**4** 94769
3	45	4,23795	**5** 76205
4	44	5,28910	**6** 71090
5	43	6,23358	**7** 76642
6	42	7,08890	**8** 91110
7	41	7,86705	**8** 13295
8	40	8,57674	**9** 42326
9	39	9,22456	**10** 77544
10	38	9,81563	**10** 18437
11	37	10,35402	**11** 64598
12	36	10,84304	**11** 15696
13	35	11,28540	**12** 71460
14	34	11,68334	**12** 31666
15	33	12,03872	**13** 96128
16	32	12,35312	**13** 64688
17	31	12,62782	**13** 37218
18	30	12,86391	**13** 13609
19	29	13,06228	**14** 93772
20	28	13,22364	**14** 77636
21	27	13,34858	**14** 65142
22	26	13,43752	**14** 56248
23	25	13,49077	**14** 50923
24	24	13,50850	**14** 49150
$N = 49$			
0	49	0,00000	**0** 00000
1	48	1,69020	**2** 30980
2	47	3,07041	**4** 92959
3	46	4,26538	**5** 73462
4	45	5,32608	**6** 67392
5	44	6,28032	**7** 71968
6	43	7,14563	**8** 85437
7	42	7,93400	**8** 06600
8	41	8,65416	**9** 34584
9	40	9,31270	**10** 68730
10	39	9,91476	**10** 08524
11	38	10,46443	**11** 53557
12	37	10,96503	**11** 03497
13	36	11,41929	**12** 58071
14	35	11,82946	**12** 17054

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen der Binomialkoeffizienten C und ihrer Reziproken* N = 49 – 61 (Fortsetzung)

Erläuterungen siehe S. 77

Exponent von $p(q)$	Exponent von $q(p)$	log C	log 1/C
$N = 49$ (Fortsetzung)			
15	34	12,19744	13 80256
16	33	12,52480	13 47520
17	32	12,81286	13 18714
18	31	13,06274	14 93726
19	30	13,27535	14 72465
20	29	13,45144	14 54856
21	28	13,59162	14 40838
22	27	13,69636	14 30364
23	26	13,76599	14 23401
24	25	13,80075	14 19925
$N = 50$			
0	50	0,00000	0 00000
1	49	1,69897	2 30103
2	48	3,08814	4 91186
3	47	4,29226	5 70774
4	46	5,36229	6 63771
5	45	6,32608	7 67392
6	44	7,20114	8 79886
7	43	7,99950	8 00050
8	42	8,72988	9 27012
9	41	9,39888	10 60112
10	40	10,01167	11 98833
11	39	10,57233	11 42767
12	38	11,08422	12 91578
13	37	11,55006	12 44994
14	36	11,97213	12 02787
15	35	12,35234	13 64766
16	34	12,69229	13 30771
17	33	12,99332	13 00668
18	32	13,25656	14 74344
19	31	13,48296	14 51704
20	30	13,67329	14 32671
21	29	13,82819	14 17181
22	28	13,94817	14 05183
23	27	14,03360	15 96640
24	26	14,08475	15 91525
25	25	14,10178	15 89822
$N = 51$			
0	51	0,00000	0 00000
1	50	1,70757	2 29243
2	49	3,10551	4 89449
3	48	4,31859	5 68141
4	47	5,39777	6 60223
5	46	6,37089	7 62911
6	45	7,25550	8 74450
7	44	8,06362	9 93638
8	43	8,80398	9 19602
9	42	9,48320	10 51680
10	41	10,10645	11 89355
11	40	10,67784	11 32216
12	39	11,20072	12 79928
13	38	11,67784	12 32216
14	37	12,11150	13 88850
15	36	12,50361	13 49639
16	35	12,85579	13 14421
17	34	13,16941	14 83059
18	33	13,44562	14 55438
19	32	13,68538	14 31462
20	31	13,88950	14 11050
21	30	14,05864	15 94136
22	29	14,19334	15 80666
23	28	14,29401	15 70599
24	27	14,36096	15 63904
25	26	14,39438	15 60562
$N = 52$			
0	52	0,00000	0 00000
1	51	1,71600	2 28400
2	50	3,12254	4 87746
3	49	4,34439	5 65561
4	48	5,43253	6 56747
5	47	6,41480	7 58520
6	46	7,30875	8 69125
7	45	8,12641	9 87359
8	44	8,87653	9 12347
9	43	9,56574	10 43426
10	42	10,19921	11 80079
11	41	10,78106	11 21894
12	40	11,31467	12 68533
13	39	11,80278	12 19722
14	38	12,24772	13 75228
15	37	12,65141	13 34859
16	36	13,01549	14 98451
17	35	13,34135	14 65865
18	34	13,63014	14 36986
19	33	13,88287	14 11713
20	32	14,10035	15 89965
21	31	14,28328	15 71672
22	30	14,43222	15 56778
23	29	14,54762	15 45238
24	28	14,62980	15 37020
25	27	14,67902	15 32098
26	26	14,69541	15 30459
$N = 53$			
0	53	0,00000	0 00000
1	52	1,72428	2 27572
2	51	3,13925	4 86075
3	50	4,36970	5 63030
4	49	5,46661	6 53339
5	48	6,45783	7 54217
6	47	7,36092	8 63908
7	46	8,18792	9 81208
8	45	8,94759	9 05241
9	44	9,64656	10 35344
10	43	10,29001	11 70999
11	42	10,88209	11 11791
12	41	11,42616	12 57384
13	40	11,92500	12 07500
14	39	12,38093	13 61907
15	38	12,79590	13 20410
16	37	13,17157	14 82843
17	36	13,50932	14 49068
18	35	13,81035	14 18965
19	34	14,07567	15 92433
20	33	14,30611	15 69389
21	32	14,50241	15 49759
22	31	14,66514	15 33486
23	30	14,79477	15 20523
24	29	14,89168	15 10832
25	28	14,95614	15 04386
26	27	14,98832	15 01168
$N = 54$			
0	54	0,00000	0 00000
1	53	1,73239	2 26761
2	52	3,15564	4 84436
3	51	4,39452	5 60548
4	50	5,50003	6 49997
5	49	6,50003	7 49997
6	48	7,41208	8 58792
7	47	8,24822	9 75178
8	46	9,01723	10 98277
9	45	9,72574	10 27426
10	44	10,37896	11 62104
11	43	10,98102	11 01898
12	42	11,53530	12 46470
13	41	12,04461	13 95539
14	40	12,51126	13 48874
15	39	12,93723	13 06277
16	38	13,32418	14 67582
17	37	13,67351	14 32649
18	36	13,98644	14 01356
19	35	14,26399	15 73601
20	34	14,50703	15 49297
21	33	14,71629	15 28371
22	32	14,89238	15 10762
23	31	15,03580	16 96420
24	30	15,14695	16 85305
25	29	15,22613	16 77387
26	28	15,27356	16 72644
27	27	15,28935	16 71065
$N = 55$			
0	55	0,00000	0 00000
1	54	1,74036	2 25964
2	53	3,17173	4 82827
3	52	4,41888	5 58112
4	51	5,53282	6 46718
5	50	6,54142	7 45858
6	49	7,46224	8 53776
7	48	8,30734	9 69266
8	47	9,08549	10 91451
9	46	9,80335	10 19665
10	45	10,46611	11 53389
11	44	11,07793	12 92207
12	43	11,64220	13 35780
13	42	12,16172	13 83828
14	41	12,63884	13 36116
15	40	13,07554	14 92446
16	39	13,47348	14 52652
17	38	13,83409	14 16591
18	37	14,15860	15 84140
19	36	14,44805	15 55195
20	35	14,70332	15 29668
21	34	14,92517	15 07483
22	33	15,11423	16 88577
23	32	15,27101	16 72899
24	31	15,39595	16 60405
25	30	15,48937	16 51063
26	29	15,55152	16 44848
27	28	15,58256	16 41744
$N = 56$			
0	56	0,00000	0 00000
1	55	1,74819	2 25181
2	54	3,18752	4 81248
3	53	4,44279	5 55721
4	52	5,56501	6 43499
5	51	6,58204	7 41796
6	50	7,51146	8 48854
7	49	8,36533	9 63467
8	48	9,15244	10 84756
9	47	9,87944	10 12056
10	46	10,55154	11 44846
11	45	11,17290	12 82710
12	44	11,74693	12 25307
13	43	12,27644	13 72356
14	42	12,76378	13 23622
15	41	13,21094	14 78906
16	40	13,61960	14 38040
17	39	13,99122	14 00878
18	38	14,32701	15 67299
19	37	14,62804	15 37196
20	36	14,89521	15 10479
21	35	15,12929	16 87071
22	34	15,33094	16 66906
23	33	15,50069	16 49931
24	32	15,63899	16 36101
25	31	15,74620	16 25380
26	30	15,82259	16 17741
27	29	15,86835	16 13165
28	28	15,88359	16 11641
$N = 57$			
0	57	0,00000	0 00000
1	56	1,75587	2 24413
2	55	3,20303	4 79697
3	54	4,46627	5 53373
4	53	5,59661	6 40339
5	52	6,62191	7 37809
6	51	7,55977	8 44023
7	50	8,42224	9 57776
8	49	9,21812	10 78188
9	48	9,95407	10 04593
10	47	10,63531	11 36469
11	46	11,26602	12 73398
12	45	11,84959	12 15041
13	44	12,38886	13 61114
14	43	12,88619	13 11381
15	42	13,34357	14 65643
16	41	13,76270	14 23730
17	40	14,14503	15 85497
18	39	14,49182	15 50818
19	38	14,80413	15 19587
20	37	15,08288	16 91712
21	36	15,32886	16 67114
22	35	15,54274	16 45726
23	34	15,72508	16 27492
24	33	15,87635	16 12365
25	32	15,99693	16 00307
26	31	16,08710	17 91290
27	30	16,14710	17 85290
28	29	16,17706	17 82294
$N = 58$			
0	58	0,00000	0 00000
1	57	1,76343	2 23657
2	56	3,21827	4 78173
3	55	4,48934	5 51066
4	54	5,62764	6 37236
5	53	6,66107	7 33893
6	52	7,60719	8 39281
7	51	8,47810	9 52190
8	50	9,28258	10 71742
9	49	10,02730	11 97270
10	48	10,71750	11 28250
11	47	11,35735	12 64265
12	46	11,95026	12 04974
13	45	12,49908	13 50092
14	44	13,00616	14 99384
15	43	13,47353	14 52647
16	42	13,90287	14 09713
17	41	14,29567	15 70433
18	40	14,65319	15 34681
19	39	14,97649	15 02351
20	38	15,26653	16 73347
21	37	15,52409	16 47591
22	36	15,74987	16 25013
23	35	15,94444	16 05556
24	34	16,10830	17 89170
25	33	16,24184	17 75816
26	32	16,34538	17 65462
27	31	16,41917	17 58083
28	30	16,46337	17 53663
29	29	16,47809	17 52191
$N = 59$			
0	59	0,00000	0 00000
1	58	1,77085	2 22915
2	57	3,23325	4 76675
3	56	4,51200	5 48800
4	55	5,65813	6 34187
5	54	6,69952	7 30048
6	53	7,65377	8 34623
7	52	8,53294	9 46706
8	51	9,34586	10 65414
9	50	10,09919	11 90081
10	49	10,79816	11 20184
11	48	11,44606	12 55304
12	47	12,04902	13 95098
13	46	12,60717	13 39283
14	45	13,12380	14 87620
15	44	13,60092	14 39908
16	43	14,04026	15 95974
17	42	14,44328	15 55672
18	41	14,81125	15 18875
19	40	15,14528	16 85472
20	39	15,44631	16 55369
21	38	15,71516	16 28484
22	37	15,95252	16 04748
23	36	16,15899	17 84101
24	35	16,33509	17 66491
25	34	16,48121	17 51879
26	33	16,59772	17 40228
27	32	16,68487	17 31513
28	31	16,74286	17 25714
29	30	16,77182	17 22818
$N = 60$			
0	60	0,00000	0 00000
1	59	1,77815	2 22185
2	58	3,24797	4 75203
3	57	4,53428	5 46572
4	56	5,68809	6 31191
5	55	6,73731	7 26269
6	54	7,69952	8 30048
7	53	8,58682	9 41318
8	52	9,40801	10 59199
9	51	10,16977	11 83023
10	50	10,87734	11 12266
11	49	11,53491	12 46509
12	48	12,14593	13 85407
13	47	12,71323	13 28677
14	46	13,23920	14 76080
15	45	13,72586	14 27414
16	44	14,17496	15 82504
17	43	14,58796	15 41204
18	42	14,96616	15 03384
19	41	15,31065	16 68935
20	40	15,62241	16 37759
21	39	15,90225	16 09775
22	38	16,15089	17 84911
23	37	16,36894	17 63106
24	36	16,55693	17 44307
25	35	16,71530	17 28470
26	34	16,84439	17 15561
27	33	16,94451	17 05549
28	32	17,01586	18 98414
29	31	17,05861	18 94139
30	30	17,07285	18 92715
$N = 61$			
0	61	0,00000	0 00000
1	60	1,78533	2 21467
2	59	3,26245	4 73755
3	58	4,55618	5 44382
4	57	5,71755	6 28245
5	56	6,77445	22555
6	55	7,74449	8 25551
7	54	8,63976	9 36024
8	53	9,46906	10 53094
9	52	10,23909	11 76091
10	51	10,95510	11 04490
11	50	11,62127	12 37873
12	49	12,24106	13 75894
13	48	12,81732	13 18268
14	47	13,35243	14 64757
15	46	13,84844	14 15156
16	45	14,30707	15 69293
17	44	14,72984	15 27016
18	43	15,11802	16 88198
19	42	15,47273	16 52727
20	41	15,79495	16 20505
21	40	16,08552	17 91448
22	39	16,34515	17 65485
23	38	16,57449	17 42551
24	37	16,77406	17 22594
25	36	16,94432	17 05568
26	35	17,08565	18 91435
27	34	17,19836	18 80164
28	33	17,28268	18 71732

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Exponent von $p\,(q)$	$q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 61$ (Fortsetzung)	
29	32	17,33879	18 66121
30	31	17,36682	18 63318
		$N = 62$	
0	62	0,00000	0 00000
1	61	1,79239	2 20761
2	60	3,27669	4 72331
3	59	4,57772	5 42228
4	58	5,74651	6 25349
5	57	6,81097	7 18903
6	56	7,78870	8 21130
7	55	8,69179	9 30821
8	54	9,52906	10 47094
9	53	10,30721	11 69279
10	52	11,03148	12 96852
11	51	11,70610	12 29390
12	50	12,33448	13 66552
13	49	12,91951	13 08049
14	48	13,46358	14 53642
15	47	13,96873	14 03127
16	46	14,43671	15 56329
17	45	14,86902	15 13098
18	44	15,26696	16 73304
19	43	15,63166	16 36834
20	42	15,96409	16 03591
21	41	16,26512	17 73488
22	40	16,53548	17 46452
23	39	16,77582	17 22418
24	38	16,98667	17 01333
25	37	17,16851	18 83149
26	36	17,32174	18 67826
27	35	17,44668	18 55332
28	34	17,54359	18 45641
29	33	17,61267	18 38733
30	32	17,65406	18 34594
31	31	17,66785	18 33215
		$N = 63$	
0	63	0,00000	0 00000
1	62	1,79934	2 20066
2	61	3,29070	4 70930
3	60	4,59891	5 40109
4	59	5,77500	6 22500
5	58	6,84688	7 15312
6	57	7,83216	8 16784
7	56	8,74294	9 25706
8	55	9,58804	10 41196
9	54	10,37416	11 62584
10	53	11,10655	12 89345
11	52	11,78943	12 21057
12	51	12,42625	13 57375
13	50	13,01988	14 98012
14	49	13,57272	14 42728
15	48	14,08683	15 91317
16	47	14,56395	15 43605
17	46	15,00560	16 99440
18	45	15,41308	16 58692
19	44	15,78754	16 21246
20	43	16,12997	17 87003
21	42	16,44121	17 55879
22	41	16,72204	17 27796
23	40	16,97310	17 02690
24	39	17,19495	18 80505
25	38	17,38807	18 61193
26	37	17,55288	18 44712
27	36	17,68972	18 31028
28	35	17,79886	18 20114
29	34	17,88053	18 11947
30	33	17,93489	18 06511
31	32	17,96204	18 03796
		$N = 64$	
0	64	0,00000	0 00000
1	63	1,80618	2 19382
2	62	3,30449	4 69551
3	61	4,61976	5 38024
4	60	5,80303	6 19697
5	59	6,88221	7 11779
6	58	7,87491	8 12509
7	57	8,79324	9 20676
8	56	9,64603	10 35397
9	55	10,43997	11 56003
10	54	11,18034	12 81966
11	53	11,87134	12 12866
12	52	12,51643	13 48357
13	51	13,11849	14 88151
14	50	13,67993	14 32007
15	49	14,20281	15 79719
16	48	14,68889	15 31111
17	47	15,13968	16 86032
18	46	15,55651	16 44349
19	45	15,94051	16 05949

Exponent von $p\,(q)$	$q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 64$ (Fortsetzung)	
20	44	16,29269	17 70731
21	43	16,61393	17 38607
22	42	16,90497	17 09503
23	41	17,16649	18 83351
24	40	17,39907	18 60093
25	39	17,60319	18 39681
26	38	17,77928	18 22072
27	37	17,92770	18 07230
28	36	18,04874	19 95126
29	35	18,14265	19 85735
30	34	18,20959	19 79041
31	33	18,24971	19 75029
32	32	18,26307	19 73693
		$N = 65$	
0	65	0,00000	0 00000
1	64	1,81291	2 18709
2	63	3,31806	4 68194
3	62	4,64028	5 35972
4	61	5,83061	6 16939
5	60	6,91697	7 08303
6	59	7,91697	8 08303
7	58	8,84273	9 15727
8	57	9,70307	10 29693
9	56	10,50470	11 49530
10	55	11,25289	12 74711
11	54	11,95186	12 04814
12	53	12,60507	13 39493
13	52	13,21540	14 78460
14	51	13,78528	14 21472
15	50	14,31676	15 68324
16	49	14,81161	15 18839
17	48	15,27135	16 72865
18	47	15,69732	16 30268
19	46	16,09067	17 90933
20	45	16,45239	17 54761
21	44	16,78339	17 21661
22	43	17,08442	18 91558
23	42	17,35616	18 64384
24	41	17,59920	18 40080
25	40	17,81404	18 18596
26	39	18,00113	19 99887
27	38	18,16083	19 83917
28	37	18,29345	19 70655
29	36	18,39926	19 60074
30	35	18,47844	19 52156
31	34	18,53114	19 46886
32	33	18,55747	19 44253
		$N = 66$	
0	66	0,00000	0 00000
1	65	1,81954	2 18046
2	64	3,33143	4 66857
3	63	4,66049	5 33951
4	62	5,85777	6 14223
5	61	6,95119	7 04881
6	60	7,95837	8 04163
7	59	8,89142	9 10858
8	58	9,75918	10 24082
9	57	10,56837	11 43163
10	56	11,32424	12 67576
11	55	12,03104	13 96896
12	54	12,69222	13 30778
13	53	13,31067	14 68933
14	52	13,88882	14 11118
15	51	14,42873	15 57127
16	50	14,93218	15 06782
17	49	15,40070	16 59930
18	48	15,83562	16 16438
19	47	16,23811	17 76189
20	46	16,60918	17 39082
21	45	16,94972	17 05028
22	44	17,26051	18 73949
23	43	17,54223	18 45777
24	42	17,79549	18 20451
25	41	18,02080	19 97920
26	40	18,21861	19 78139
27	39	18,38931	19 61069
28	38	18,53321	19 46679
29	37	18,65060	19 34940
30	36	18,74168	19 25832
31	35	18,80662	19 19338
32	34	18,84554	19 15446
33	33	18,85850	19 14150
		$N = 67$	
0	67	0,00000	0 00000
1	66	1,82607	2 17393
2	65	3,34459	4 65541
3	64	4,68038	5 31962
4	63	5,88450	6 11550
5	62	6,98487	7 01513
6	61	7,99911	8 00089

Exponent von $p\,(q)$	$q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 67$ (Fortsetzung)	
7	60	8,93934	9 06066
8	59	9,81440	10 18560
9	58	10,63101	11 36899
10	57	11,39444	12 60556
11	56	12,10892	13 89108
12	55	12,77793	13 22207
13	54	13,40435	14 59565
14	53	13,99062	14 00938
15	52	14,53880	15 46120
16	51	15,05068	16 94932
17	50	15,52781	16 47219
18	49	15,97150	16 02850
19	48	16,38295	17 61705
20	47	16,76316	17 23684
21	46	17,11304	18 88696
22	45	17,43337	18 56663
23	44	17,72486	18 27514
24	43	17,98810	18 01190
25	42	18,22363	19 77637
26	41	18,43190	19 56810
27	40	18,61332	19 38668
28	39	18,76822	19 23178
29	38	18,89689	19 10311
30	37	18,99955	19 00045
31	36	19,07639	20 92361
32	35	19,12754	20 87246
33	34	19,15310	20 84690
		$N = 68$	
0	68	0,00000	0 00000
1	67	1,83251	2 16749
2	66	3,35755	4 64245
3	65	4,69998	5 30002
4	64	5,91083	6 08917
5	63	7,01804	8 98196
6	62	8,03923	9 96077
7	61	8,98652	9 01348
8	60	9,86876	10 13124
9	59	10,69267	11 30733
10	58	11,46352	12 53648
11	57	12,18556	13 81444
12	56	12,86225	13 13775
13	55	13,49650	14 50350
14	54	14,09073	15 90927
15	53	14,64703	15 35297
16	52	15,16719	16 83281
17	51	15,65274	16 34726
18	50	16,10504	17 89496
19	49	16,52526	17 47474
20	48	16,91442	17 08558
21	47	17,27345	18 72655
22	46	17,60312	18 39688
23	45	17,90415	18 09585
24	44	18,17715	19 82285
25	43	18,42267	19 57733
26	42	18,64116	19 35884
27	41	18,83305	19 16695
28	40	18,99867	19 00133
29	39	19,13833	20 86167
30	38	19,25228	20 74772
31	37	19,34070	20 65930
32	36	19,40375	20 59625
33	35	19,44154	20 55846
34	34	19,45413	20 54587
		$N = 69$	
0	69	0,00000	0 00000
1	68	1,83885	2 16115
2	67	3,37033	4 62967
3	66	4,71928	5 28072
4	65	5,93677	6 06323
5	64	7,05071	8 94929
6	63	8,07874	9 92126
7	62	9,03298	10 96702
8	61	9,92228	10 07772
9	60	10,75337	11 24663
10	59	11,53152	12 46848
11	58	12,26098	13 73902
12	57	12,94523	13 05477
13	56	13,58716	14 41284
14	55	14,18922	15 81078
15	54	14,75349	15 24651
16	53	15,28176	16 71824
17	52	15,77559	16 22441
18	51	16,23632	17 76368
19	50	16,66514	17 33486
20	49	17,06308	18 93692
21	48	17,43105	18 56895
22	47	17,76987	18 23013
23	46	18,08024	19 91976
24	45	18,36239	19 63721
25	44	18,61806	19 38194
26	43	18,84654	19 15346
27	42	19,04865	20 95135

Exponent von $p\,(q)$	$q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 69$ (Fortsetzung)	
28	41	19,22474	20 77526
29	40	19,37512	20 62488
30	39	19,50006	20 49994
31	38	19,59976	20 40024
32	37	19,67440	20 32560
33	36	19,72409	20 27591
34	35	19,74891	20 25109
		$N = 70$	
0	70	0,00000	0 00000
1	69	1,84510	2 15490
2	68	3,38292	4 61708
3	67	4,73830	5 26170
4	66	5,96232	6 03768
5	65	7,08289	8 91711
6	64	8,11766	9 88234
7	63	9,07874	10 92126
8	62	9,97499	10 02501
9	61	10,81314	11 18686
10	60	11,59847	12 40153
11	59	12,33523	13 66477
12	58	13,02690	14 97310
13	57	13,67638	14 32362
14	56	14,28613	15 71387
15	55	14,85822	15 14178
16	54	15,39447	16 60553
17	53	15,89641	16 10359
18	52	16,36542	17 63458
19	51	16,80267	17 19733
20	50	17,20921	18 79079
21	49	17,58596	18 41404
22	48	17,93373	18 06627
23	47	18,25324	19 74676
24	46	18,54513	19 45487
25	45	18,80995	19 19005
26	44	19,04819	20 95181
27	43	19,26028	20 73972
28	42	19,44659	20 55341
29	41	19,60744	20 39256
30	40	19,74310	20 25690
31	39	19,85380	20 14620
32	38	19,93971	20 06029
33	37	20,00098	21 99902
34	36	20,03771	21 96229
35	35	20,04994	21 95006
		$N = 71$	
0	71	0,00000	0 00000
1	70	1,85126	2 14874
2	69	3,39533	4 60467
3	68	4,75705	5 24295
4	67	5,98750	6 01250
5	66	7,11461	8 88539
6	65	8,15600	9 84400
7	64	9,12382	10 87618
8	63	10,02691	11 97309
9	62	10,87200	11 12800
10	61	11,66440	12 33560
11	60	12,40833	13 59167
12	59	13,10730	14 89270
13	58	13,76421	14 23579
14	57	14,38151	15 61849
15	56	14,96130	15 03870
16	55	15,50536	16 49464
17	54	16,01528	17 98472
18	53	16,49240	17 50760
19	52	16,93792	17 06208
20	51	17,35289	18 64711
21	50	17,73824	18 26176
22	49	18,09479	19 90521
23	48	18,42326	19 57674
24	47	18,72429	19 27571
25	46	18,99845	19 00155
26	45	19,24623	20 75377
27	44	19,46808	20 53192
28	43	19,66438	20 33562
29	42	19,83545	20 16455
30	41	19,98157	20 01843
31	40	20,10300	21 89700
32	39	20,19991	21 80009
33	38	20,27246	21 72754
34	37	20,32076	21 67924
35	36	20,34490	21 65510
		$N = 72$	
0	72	0,00000	0 00000
1	71	1,85733	2 14267
2	70	3,40756	4 59244
3	69	4,77554	5 22446
4	68	6,01233	7 98767
5	67	7,14587	8 85413
6	66	8,19379	9 80621

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen der Binomialkoeffizienten C und ihrer Reziproken* $N = 72-81$ (Fortsetzung)

Erläuterungen siehe S. 77

Exponent von $p(q)$	Exponent von $q(p)$	$\log C$	$\log 1/C$
		$N = 72$ (Fortsetzung)	
7	65	9,16824	10 83176
8	64	10,07806	11 92194
9	63	10,93000	11 07000
10	62	11,72934	12 27066
11	61	12,48034	13 51966
12	60	13,18648	14 81352
13	59	13,85069	14 14931
14	58	14,47542	15 52458
15	57	15,06275	16 93725
16	56	15,61451	16 38549
17	55	16,13225	17 86775
18	54	16,61734	17 38266
19	53	17,07098	18 92902
20	52	17,49422	18 50578
21	51	17,88801	18 11199
22	50	18,25315	19 74685
23	49	18,59040	19 40960
24	48	18,90038	19 09962
25	47	19,18368	20 81632
26	46	19,44081	20 55919
27	45	19,67220	20 32780
28	44	19,87826	20 12174
29	43	20,05931	21 94069
30	42	20,21566	21 78434
31	41	20,34755	21 65245
32	40	20,45518	21 54482
33	39	20,53873	21 46127
34	38	20,59831	21 40169
35	37	20,63403	21 36597
36	36	20,64593	21 35407
		$N = 73$	
0	73	0,00000	0 00000
1	72	1,86332	2 13668
2	71	3,41963	4 58037
3	70	4,79376	5 20624
4	69	6,03680	7 96320
5	68	7,17668	8 82332
6	67	8,23104	9 76896
7	66	9,21201	10 78799
8	65	10,12847	11 87153
9	64	10,98714	11 01286
10	63	11,79332	12 20668
11	62	12,55127	13 44873
12	61	13,26448	14 73552
13	60	13,93586	14 06414
14	59	14,56789	15 43211
15	58	15,16265	16 83735
16	57	15,72196	16 27804
17	56	16,24738	17 75262
18	55	16,74030	17 25970
19	54	17,20191	18 79809
20	53	17,63327	18 36673
21	52	18,03533	19 96467
22	51	18,40891	19 59109
23	50	18,75475	19 24525
24	49	19,07351	20 92649
25	48	19,36576	20 63424
26	47	19,63203	20 36797
27	46	19,87277	20 12723
28	45	20,08837	21 91163
29	44	20,27918	21 72082
30	43	20,44551	21 55449
31	42	20,58762	21 41238
32	41	20,70572	21 29428
33	40	20,79999	21 20001
34	39	20,87057	21 12943
35	38	20,91757	21 08243
36	37	20,94105	21 05895
		$N = 74$	
0	74	0,00000	0 00000
1	73	1,86923	2 13077
2	72	3,43152	4 56848
3	71	4,81174	5 18826
4	70	6,06093	7 93907
5	69	7,20706	8 79294
6	68	8,26776	9 73224
7	67	9,25517	10 74483
8	66	10,17816	11 82184
9	65	11,04346	12 95654
10	64	11,85637	12 14363
11	63	12,62116	13 37884
12	62	13,34132	14 65868
13	61	14,01977	15 98023
14	60	14,65897	15 34103
15	59	15,26103	16 73897
16	58	15,82776	16 17224
17	57	16,36074	17 63926
18	56	16,86134	17 13866
19	55	17,33078	18 66922
20	54	17,77011	18 22989
21	53	18,18028	19 81972
22	52	18,56214	19 43786
23	51	18,91641	19 08359
24	50	19,24377	20 75623
25	49	19,54480	20 45520
26	48	19,82002	20 17998
27	47	20,06990	21 93010
28	46	20,29484	21 70516
29	45	20,49520	21 50480
30	44	20,67129	21 32871
31	43	20,82338	21 17662
32	42	20,95170	21 04830
33	41	21,05644	22 94356
34	40	21,13774	22 86226
35	39	21,19573	22 80427
36	38	21,23049	22 76951
37	37	21,24208	22 75792
		$N = 75$	
0	75	0,00000	0 00000
1	74	1,87506	2 12494
2	73	3,44326	4 55674
3	72	4,82946	5 17054
4	71	6,08474	7 91526
5	70	7,23703	8 76297
6	69	8,30397	9 69603
7	68	9,29772	10 70228
8	67	10,22714	11 77286
9	66	11,09897	12 90103
10	65	11,91852	12 08148
11	64	12,69004	13 30996
12	63	13,41704	14 58296
13	62	14,10244	15 89756
14	61	14,74870	15 25130
15	60	15,35794	16 64206
16	59	15,93197	16 06803
17	58	16,47237	17 52763
18	57	16,98053	17 01947
19	56	17,45765	18 54235
20	55	17,90481	18 09519
21	54	18,32295	19 67705
22	53	18,71292	19 28708
23	52	19,07547	20 92453
24	51	19,41126	20 58874
25	50	19,72089	20 27911
26	49	20,00489	21 99511
27	48	20,26372	21 73628
28	47	20,49780	21 50220
29	46	20,70750	21 29250
30	45	20,89314	21 10686
31	44	21,05499	22 94501
32	43	21,19329	22 80671
33	42	21,30825	22 69175
34	41	21,40002	22 59998
35	40	21,46873	22 53127
36	39	21,51449	22 48551
37	38	21,53735	22 46265
		$N = 76$	
0	76	0,00000	0 00000
1	75	1,88081	2 11919
2	74	3,45484	4 54516
3	73	4,84696	5 15304
4	72	6,10822	7 89178
5	71	7,26658	8 73342
6	70	8,33969	9 66031
7	69	9,33969	10 66031
8	68	10,27545	11 72455
9	67	11,15371	12 84629
10	66	11,97979	12 02021
11	65	12,75794	13 24206
12	64	13,49167	14 50833
13	63	14,18391	15 81609
14	62	14,83712	15 16288
15	61	15,45342	16 54658
16	60	16,03463	17 96537
17	59	16,58233	17 41767
18	58	17,09791	18 90209
19	57	17,58259	18 41741
20	56	18,03743	19 96257
21	55	18,46340	19 53660
22	54	18,86134	19 13866
23	53	19,23201	20 76799
24	52	19,57607	20 42393
25	51	19,89413	20 10587
26	50	20,18673	21 81327
27	49	20,45434	21 54566
28	48	20,69738	21 30262
29	47	20,91622	21 08378
30	46	21,11120	22 88880
31	45	21,28259	22 71741
32	44	21,43065	22 56935
33	43	21,55559	22 44441
34	42	21,65758	22 34242
35	41	21,73676	22 26324
36	40	21,79325	22 20675
37	39	21,82710	22 17290
38	38	21,83838	22 16162
		$N = 77$	
0	77	0,00000	0 00000
1	76	1,88649	2 11351
2	75	3,46627	4 53373
3	74	4,86421	5 13579
4	73	6,13139	7 86861
5	72	7,29574	8 70426
6	71	8,37492	9 62508
7	70	9,38108	10 61892
8	69	10,32309	11 67691
9	68	11,20770	12 79230
10	67	12,04020	13 95980
11	66	12,82489	13 17511
12	65	13,56525	14 43475
13	64	14,26422	15 73578
14	63	14,92427	15 07573
15	62	15,54752	16 45248
16	61	16,13579	17 86421
17	60	16,69067	17 30933
18	59	17,21355	18 78645
19	58	17,70565	18 29435
20	57	18,16805	19 83195
21	56	18,60170	19 39830
22	55	19,00747	20 99253
23	54	19,38610	20 61390
24	53	19,73829	20 26171
25	52	20,06462	21 93538
26	51	20,36565	21 63435
27	50	20,64186	21 35814
28	49	20,89367	21 10633
29	48	21,12147	22 87853
30	47	21,32559	22 67441
31	46	21,50632	22 49368
32	45	21,66393	22 33607
33	44	21,79863	22 20137
34	43	21,91060	22 08940
35	42	22,00001	23 99999
36	41	22,06695	23 93305
37	40	22,11153	23 88847
38	39	22,13381	23 86619
		$N = 78$	
0	78	0,00000	0 00000
1	77	1,89209	2 10791
2	76	3,47756	4 52244
3	75	4,88125	5 11875
4	74	6,15425	7 84575
5	73	7,32451	8 67549
6	72	8,40968	9 59032
7	71	9,42192	10 57808
8	70	10,37009	11 62991
9	69	11,26094	12 73906
10	68	12,09979	13 90021
11	67	12,89091	13 10909
12	66	13,63780	14 36220
13	65	14,34340	15 65660
14	64	15,01019	16 98981
15	63	15,64027	16 35973
16	62	16,23549	17 76451
17	61	16,79744	17 20256
18	60	17,32749	18 67251
19	59	17,82689	18 17311
20	58	18,29671	19 70329
21	57	18,73792	19 26208
22	56	19,15138	20 84862
23	55	19,53784	20 46216
24	54	19,89799	20 10201
25	53	20,23244	21 76756
26	52	20,54174	21 45826
27	51	20,82638	21 17362
28	50	21,08679	22 91321
29	49	21,32337	22 67663
30	48	21,53644	22 46356
31	47	21,72632	22 27368
32	46	21,89327	22 10673
33	45	22,03751	23 96249
34	44	22,15925	23 84075
35	43	22,25863	23 74137
36	42	22,33580	23 66420
37	41	22,39084	23 60916
38	40	22,42385	23 57615
39	39	22,43484	23 56516
		$N = 79$	
0	79	0,00000	0 00000
1	78	1,89763	2 10237
2	77	3,48869	4 51131
3	76	4,89806	5 10194
4	75	6,17681	7 82319
5	74	7,35291	8 64709
6	73	8,44399	9 55601
7	72	9,46221	10 53779
8	71	10,41645	11 58355
9	70	11,31347	12 68653
10	69	12,15857	13 84143
11	68	12,95602	13 04398
12	67	13,70935	14 29065
13	66	14,42148	15 57852
14	65	15,09490	16 90510
15	64	15,73172	16 26828
16	63	16,33378	17 66622
17	62	16,90267	17 09733
18	61	17,43979	18 56021
19	60	17,94637	18 05363
20	59	18,42349	19 57651
21	58	18,87212	19 12788
22	57	19,29313	20 70687
23	56	19,68727	20 31273
24	55	20,05525	21 94475
25	54	20,39767	21 60233
26	53	20,71509	21 28491
27	52	21,00801	22 99199
28	51	21,27685	22 72315
29	50	21,52202	22 47798
30	49	21,74387	22 25613
31	48	21,94271	22 05729
32	47	22,11880	23 88120
33	46	22,27238	23 72762
34	45	22,40366	23 59634
35	44	22,51281	23 48719
36	43	22,59996	23 40004
37	42	22,66522	23 33478
38	41	22,70869	23 29131
39	40	22,73041	23 26959
		$N = 80$	
0	80	0,00000	0 00000
1	79	1,90309	2 09691
2	78	3,49969	4 50031
3	77	4,91466	5 08534
4	76	6,19909	7 80091
5	75	7,38093	8 61907
6	74	8,47784	9 52216
7	73	9,50198	10 49802
8	72	10,46221	11 53779
9	71	11,36530	12 63470
10	70	12,21656	13 78344
11	69	13,02027	14 97973
12	68	13,77993	14 22007
13	67	14,49850	15 50150
14	66	15,17845	16 82155
15	65	15,82190	16 17810
16	64	16,43069	17 56931
17	63	17,00642	18 99358
18	62	17,55049	18 44951
19	61	18,06413	19 93587
20	60	18,54843	19 45157
21	59	19,00436	20 99564
22	58	19,43279	20 56721
23	57	19,83449	20 16551
24	56	20,21015	21 78985
25	55	20,56040	21 43960
26	54	20,88579	21 11421
27	53	21,18682	22 81318
28	52	21,46394	22 53606
29	51	21,71754	22 28246
30	50	21,94799	22 05201
31	49	22,15560	23 84440
32	48	22,34065	23 65935
33	47	22,50337	23 49663
34	46	22,64399	23 35601
35	45	22,76268	23 23732
36	44	22,85959	23 14041
37	43	22,93484	23 06516
38	42	22,98853	23 01147
39	41	23,02071	24 97929
40	40	23,03144	24 96856
		$N = 81$	
0	81	0,00000	0 00000
1	80	1,90849	2 09151
2	79	3,51055	4 48945
3	78	4,93105	5 06895
4	77	6,22109	7 77891
5	76	7,40861	8 59139
6	75	8,51127	9 48873
7	74	9,54123	10 45877
8	73	10,50737	11 49263
9	72	11,41645	12 58355
10	71	12,27379	13 72621
11	70	13,08365	14 91635
12	69	13,84957	14 15043
13	68	14,57447	15 42553
14	67	15,26086	16 73914

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Exponent von $p(q)$	Exponent von $q(p)$	log C	log 1/C
$N = 81$ (Fortsetzung)			
15	66	15,91084	**16** 08916
16	65	16,52626	**17** 47374
17	64	17,10873	**18** 89127
18	63	17,65963	**18** 34037
19	62	18,18022	**19** 81978
20	61	18,67158	**19** 32842
21	60	19,13469	**20** 86531
22	59	19,57042	**20** 42958
23	58	19,97955	**20** 02045
24	57	20,36276	**21** 63724
25	56	20,72070	**21** 27930
26	55	21,05391	**22** 94609
27	54	21,36291	**22** 63709
28	53	21,64815	**22** 35185
29	52	21,91003	**22** 08997
30	51	22,14891	**23** 85109
31	50	22,36512	**23** 63488
32	49	22,55894	**23** 44106
33	48	22,73062	**23** 26938
34	47	22,88038	**23** 11962
35	46	23,00841	**24** 99159
36	45	23,11487	**24** 88513
37	44	23,19988	**24** 80012
38	43	23,26355	**24** 73645
39	42	23,30595	**24** 69405
40	41	23,32714	**24** 67286
$N = 82$			
0	82	0,00000	**0** 00000
1	81	1,91381	**2** 08619
2	80	3,52127	**4** 47873
3	79	4,94724	**5** 05276
4	78	6,24280	**7** 75720
5	77	7,43593	**8** 56407
6	76	8,54427	**9** 45573
7	75	9,57998	**10** 42002
8	74	10,55196	**11** 44804
9	73	11,46694	**12** 53306
10	72	12,33027	**13** 66973
11	71	13,14621	**14** 85379
12	70	13,91828	**14** 08172
13	69	14,64944	**15** 35056
14	68	15,34216	**16** 65784
15	67	15,99858	**16** 00142
16	66	16,62053	**17** 37947
17	65	17,20963	**18** 79037
18	64	17,76727	**18** 23273
19	63	18,29470	**19** 70530
20	62	18,79301	**19** 20699
21	61	19,26318	**20** 73682
22	60	19,70609	**20** 29391
23	59	20,12251	**21** 87749
24	58	20,51315	**21** 48685
25	57	20,87864	**21** 12136
26	56	21,21954	**22** 78046
27	55	21,53636	**22** 46364
28	54	21,82957	**22** 17043
29	53	22,09956	**23** 90044
30	52	22,34672	**23** 65328
31	51	22,57136	**23** 42864
32	50	22,77378	**23** 22622
33	49	22,95424	**23** 04576
34	48	23,11295	**24** 88705
35	47	23,25013	**24** 74987
36	46	23,36592	**24** 63408
37	45	23,46048	**24** 53952
38	44	23,53391	**24** 46609
39	43	23,58629	**24** 41371
40	42	23,61770	**24** 38230
41	41	23,62817	**24** 37183
$N = 83$			
0	83	0,00000	**0** 00000
1	82	1,91908	**2** 08092
2	81	3,53186	**4** 46814
3	80	4,96323	**5** 03677
4	79	6,26426	**7** 73574
5	78	7,46291	**8** 53709
6	77	8,57686	**9** 42314
7	76	9,61825	**10** 38175
8	75	10,59597	**11** 40403
9	74	11,51679	**12** 48321
10	73	12,38602	**13** 61398
11	72	13,20795	**14** 79205
12	71	13,98610	**14** 01390
13	70	14,72342	**15** 27658
14	69	15,42239	**16** 57761
15	68	16,08515	**17** 91485
16	67	16,71354	**17** 28646
17	66	17,30916	**18** 69084
18	65	17,87343	**18** 12657
19	64	18,40759	**19** 59241
20	63	18,91274	**19** 08726
21	62	19,38986	**20** 61014
22	61	19,83983	**20** 16017
23	60	20,26344	**21** 73656
24	59	20,66138	**21** 33862
25	58	21,03429	**22** 96571
26	57	21,38274	**22** 61726
27	56	21,70725	**22** 29275
28	55	22,00828	**23** 99172
29	54	22,28625	**23** 71375
30	53	22,54152	**23** 45848
31	52	22,77443	**23** 22557
32	51	22,98529	**23** 01471
33	50	23,17434	**24** 82566
34	49	23,34184	**24** 65816
35	48	23,48796	**24** 51204
36	47	23,61290	**24** 38710
37	46	23,71680	**24** 28320
38	45	23,79977	**24** 20023
39	44	23,86192	**24** 13808
40	43	23,90331	**24** 09669
41	42	23,92400	**24** 07600
$N = 84$			
0	84	0,00000	**0** 00000
1	83	1,92428	**2** 07572
2	82	3,54233	**4** 45767
3	81	4,97902	**5** 02098
4	80	6,28545	**7** 71455
5	79	7,48956	**8** 51044
6	78	8,60904	**9** 39096
7	77	9,65604	**10** 34396
8	76	10,63944	**11** 36056
9	75	11,56601	**12** 43399
10	74	12,44107	**13** 55893
11	73	13,26891	**14** 73109
12	72	14,05305	**15** 94695
13	71	14,79644	**15** 20356
14	70	15,50157	**16** 49843
15	69	16,17058	**17** 82942
16	68	16,80531	**17** 19469
17	67	17,40737	**18** 59263
18	66	17,97817	**18** 02183
19	65	18,51896	**19** 48104
20	64	19,03084	**20** 96916
21	63	19,51480	**20** 48520
22	62	19,97172	**20** 02828
23	61	20,40238	**21** 59762
24	60	20,80750	**21** 19250
25	59	21,18771	**22** 81229
26	58	21,54359	**22** 45641
27	57	21,87566	**22** 12434
28	56	22,18437	**23** 81563
29	55	22,47016	**23** 52984
30	54	22,73341	**23** 26659
31	53	22,97444	**23** 02556
32	52	23,19356	**24** 80644
33	51	23,39105	**24** 60895
34	50	23,56714	**24** 43286
35	49	23,72205	**24** 27795
36	48	23,85594	**24** 14406
37	47	23,96898	**24** 03102
38	46	24,06129	**25** 93871
39	45	24,13299	**25** 86701
40	44	24,18414	**25** 81586
41	43	24,21481	**25** 78519
42	42	24,22503	**25** 77497
$N = 85$			
0	85	0,00000	**0** 00000
1	84	1,92942	**2** 07058
2	83	3,55267	**4** 44733
3	82	4,99463	**5** 00537
4	81	6,30638	**7** 69362
5	80	7,51589	**8** 48411
6	79	8,64083	**9** 35917
7	78	9,69336	**10** 30664
8	77	10,68237	**11** 31763
9	76	11,61461	**12** 38539
10	75	12,49543	**13** 50457
11	74	13,32910	**14** 67090
12	73	14,11915	**15** 88085
13	72	14,86853	**15** 13147
14	71	15,57973	**16** 42027
15	70	16,25490	**17** 74510
16	69	16,89588	**17** 10412
17	68	17,50428	**18** 49572
18	67	18,08151	**19** 91849
19	66	18,62883	**19** 37117
20	65	19,14735	**20** 85265
21	64	19,63804	**20** 36196
22	63	20,10180	**21** 89820
23	62	20,53941	**21** 46059
24	61	20,95159	**21** 04841
25	60	21,33898	**22** 66102
26	59	21,70216	**22** 29784
27	58	22,04165	**23** 95835
28	57	22,35792	**23** 64208
29	56	22,65140	**23** 34860
30	55	22,92246	**23** 07754
31	54	23,17146	**24** 82854
32	53	23,39871	**24** 60129
33	52	23,60447	**24** 39553
34	51	23,78899	**24** 21101
35	50	23,95250	**24** 04750
36	49	24,09516	**25** 90484
37	48	24,21716	**25** 78284
38	47	24,31861	**25** 68139
39	46	24,39965	**25** 60035
40	45	24,46035	**25** 53965
41	44	24,50077	**25** 49923
42	43	24,52098	**25** 47902
$N = 86$			
0	86	0,00000	**0** 00000
1	85	1,93450	**2** 06550
2	84	3,56289	**4** 43711
3	83	5,01005	**6** 98995
4	82	6,32706	**7** 67294
5	81	7,54191	**8** 45809
6	80	8,67224	**9** 32776
7	79	9,73023	**10** 26977
8	78	10,72477	**11** 27523
9	77	11,66262	**12** 33738
10	76	12,54911	**13** 45089
11	75	13,38853	**14** 61147
12	74	14,18441	**15** 81559
13	73	14,93970	**15** 06030
14	72	15,65690	**16** 34310
15	71	16,33814	**17** 66186
16	70	16,98528	**17** 01472
17	69	17,59993	**18** 40007
18	68	18,18350	**19** 81650
19	67	18,73726	**19** 26274
20	66	19,26230	**20** 73770
21	65	19,75963	**20** 24037
22	64	20,23012	**21** 76988
23	63	20,67457	**21** 32543
24	62	21,09370	**22** 90630
25	61	21,48815	**22** 51185
26	60	21,85851	**22** 14149
27	59	22,20529	**23** 79471
28	58	22,52899	**23** 47101
29	57	22,83002	**23** 16998
30	56	23,10877	**24** 89123
31	55	23,36560	**24** 63440
32	54	23,60081	**24** 39919
33	53	23,81469	**24** 18531
34	52	24,00749	**25** 99251
35	51	24,17942	**25** 82058
36	50	24,33069	**25** 66931
37	49	24,46146	**25** 53854
38	48	24,57187	**25** 42813
39	47	24,66205	**25** 33795
40	46	24,73209	**25** 26791
41	45	24,78206	**25** 21794
42	44	24,81202	**25** 18798
43	43	24,82201	**25** 17799
$N = 87$			
0	87	0,00000	**0** 00000
1	86	1,93952	**2** 06048
2	85	3,57299	**4** 42701
3	84	5,02529	**6** 97471
4	83	6,34750	**7** 65250
5	82	7,56761	**8** 43239
6	81	8,70328	**9** 29672
7	80	9,76666	**10** 23334
8	79	10,76666	**11** 23334
9	78	11,71005	**12** 28995
10	77	12,60214	**13** 39786
11	76	13,44724	**14** 55276
12	75	14,24887	**15** 75113
13	74	15,00999	**16** 99001
14	73	15,73309	**16** 26691
15	72	16,42033	**17** 57967
16	71	17,07354	**18** 92646
17	70	17,69435	**18** 30565
18	69	18,28417	**19** 71583
19	68	18,84427	**19** 15573
20	67	19,37575	**20** 62425
21	66	19,87960	**20** 12040
22	65	20,35672	**21** 64328
23	64	20,80791	**21** 19209
24	63	21,23388	**22** 76612
25	62	21,63528	**22** 36472
26	61	22,01270	**23** 98730
27	60	22,36666	**23** 63334
28	59	22,69766	**23** 30234
29	58	23,00611	**24** 99389
30	57	23,29242	**24** 70758
31	56	23,55693	**24** 44307
32	55	23,79997	**24** 20003
33	54	24,02182	**25** 97818
34	53	24,22273	**25** 77727
35	52	24,40294	**25** 59706
36	51	24,56264	**25** 43736
37	50	24,70201	**25** 29799
38	49	24,82120	**25** 17880
39	48	24,92033	**25** 07967
40	47	24,99951	**25** 00049
41	46	25,05882	**26** 94118
42	45	25,09833	**26** 90167
43	44	25,11807	**26** 88193
$N = 88$			
0	88	0,00000	**0** 00000
1	87	1,94448	**2** 05552
2	86	3,58297	**4** 41703
3	85	5,04035	**6** 95965
4	84	6,36771	**7** 63229
5	83	7,59302	**8** 40698
6	82	8,73394	**9** 26606
7	81	9,80266	**10** 19734
8	80	10,80806	**11** 19194
9	79	11,75690	**12** 24310
10	78	12,65453	**13** 34547
11	77	13,50523	**14** 49477
12	76	14,31254	**15** 68746
13	75	15,07941	**16** 92059
14	74	15,80834	**16** 19166
15	73	16,50148	**17** 49852
16	72	17,16069	**18** 83931
17	71	17,78757	**18** 21243
18	70	18,38356	**19** 61644
19	69	18,94990	**19** 05010
20	68	19,48772	**20** 51228
21	67	19,99801	**20** 00199
22	66	20,48166	**21** 51834
23	65	20,93948	**21** 06052
24	64	21,37218	**22** 62782
25	63	21,78042	**22** 21958
26	62	22,16479	**23** 83521
27	61	22,52582	**23** 47418
28	60	22,86399	**23** 13601
29	59	23,17974	**24** 82026
30	58	23,47347	**24** 52653
31	57	23,74554	**24** 25446
32	56	23,99626	**24** 00374
33	55	24,22594	**25** 77406
34	54	24,43482	**25** 56518
35	53	24,62315	**25** 37685
36	52	24,79112	**25** 20888
37	51	24,93892	**25** 06108
38	50	25,06671	**26** 93329
39	49	25,17461	**26** 82539
40	48	25,26275	**26** 73725
41	47	25,33121	**26** 66879
42	46	25,38006	**26** 61994
43	45	25,40934	**26** 59066
44	44	25,41910	**26** 58090
$N = 89$			
0	89	0,00000	**0** 00000
1	88	1,94939	**2** 05061
2	87	3,59284	**4** 40716
3	86	5,05524	**6** 94476
4	85	6,38768	**7** 61232
5	84	7,61813	**8** 38187
6	83	8,76426	**9** 23574
7	82	9,83824	**10** 16176
8	81	10,84896	**11** 15104
9	80	11,80320	**12** 19680
10	79	12,70629	**13** 29371
11	78	13,56253	**14** 43747
12	77	14,37544	**15** 62456
13	76	15,14799	**16** 85201
14	75	15,88267	**16** 11733
15	74	16,58164	**17** 41836
16	73	17,24675	**18** 75325
17	72	17,87963	**18** 12037
18	71	18,48169	**19** 51831
19	70	19,05419	**20** 94581
20	69	19,59826	**20** 40174
21	68	20,11489	**21** 88511
22	67	20,60498	**21** 39502
23	66	21,06932	**22** 93068
24	65	21,50866	**22** 49134
25	64	21,92363	**22** 07637
26	63	22,31484	**23** 68516
27	62	22,68281	**23** 31719
28	61	23,02805	**24** 97195
29	60	23,35098	**24** 64902
30	59	23,65201	**24** 34799
31	58	23,93150	**24** 06850

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen der Binomialkoeffizienten C und ihrer Reziproken* $N = 89 - 97$ (Fortsetzung)

Erläuterungen siehe S. 77

Exponent von $p\,(q)$	Exponent von $q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 89$ (Fortsetzung)	
32	57	24,18978	25 81022
33	56	24,42714	25 57286
34	55	24,64385	25 35615
35	54	24,84014	25 15986
36	53	25,01623	26 98377
37	52	25,17231	26 82769
38	51	25,30853	26 69147
39	50	25,42503	26 57497
40	49	25,52194	26 47806
41	48	25,59936	26 40064
42	47	25,65735	26 34265
43	46	25,69598	26 30402
44	45	25,71528	26 28472
		$N = 90$	
0	90	0,00000	0 00000
1	89	1,95424	2 04576
2	88	3,60260	4 39740
3	87	5,06996	6 93004
4	86	6,40742	7 59258
5	85	7,64295	8 35705
6	84	8,79422	9 20578
7	83	9,87340	10 12660
8	82	10,88939	11 11061
9	81	11,84896	12 15104
10	80	12,75745	13 24255
11	79	13,61914	14 38086
12	78	14,43759	15 56241
13	77	15,21574	16 78426
14	76	15,95610	16 04390
15	75	16,66082	17 33918
16	74	17,33177	18 66823
17	73	17,97055	18 02945
18	72	18,57860	19 42140
19	71	19,15718	20 84282
20	70	19,70741	20 29259
21	69	20,23028	21 76972
22	68	20,72671	21 27329
23	67	21,19749	22 80251
24	66	21,64336	22 35664
25	65	22,06496	23 93504
26	64	22,46290	23 53710
27	63	22,83772	23 16228
28	62	23,18990	24 81010
29	61	23,51989	24 48011
30	60	23,82810	24 17190
31	59	24,11489	25 88511
32	58	24,38059	25 61941
33	57	24,62551	25 37449
34	56	24,84990	25 15010
35	55	25,05402	26 94598
36	54	25,23808	26 76192
37	53	25,40227	26 59773
38	52	25,54677	26 45323
39	51	25,67171	26 32829
40	50	25,77722	26 22278
41	49	25,86340	26 13660
42	48	25,93035	26 06965
43	47	25,97812	26 02188
44	46	26,00677	27 99323
45	45	26,01631	27 98369
		$N = 91$	
0	91	0,00000	0 00000
1	90	1,95904	2 04096
2	89	3,61225	4 38775
3	88	5,08452	6 91548
4	87	6,42695	7 57305
5	86	7,66749	8 33251
6	85	8,82384	9 17616
7	84	9,90816	10 09184
8	83	10,92935	11 07065
9	82	11,89419	12 10581
10	81	12,80800	13 19200
11	80	13,67509	14 32491
12	79	14,49900	15 50100
13	78	15,28269	16 71731
14	77	16,02865	17 97135
15	76	16,73905	17 26095
16	75	17,41575	18 58425
17	74	18,06036	19 93964
18	73	18,67432	19 32568
19	72	19,25889	20 74111
20	71	19,81519	20 18481
21	70	20,34423	21 65577
22	69	20,84690	21 15310
23	68	21,32402	22 67598
24	67	21,77632	22 22368
25	66	22,20446	23 79554
26	65	22,60903	23 39097
27	64	22,99058	23 00942
28	63	23,34960	24 65040
29	62	23,68654	24 31346
30	61	24,00181	25 99819

Exponent von $p\,(q)$	Exponent von $q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 91$ (Fortsetzung)	
31	60	24,29578	25 70422
32	59	24,56878	25 43122
33	58	24,82112	25 17888
34	57	25,05307	26 94693
35	56	25,26488	26 73512
36	55	25,45676	26 54324
37	54	25,62892	26 37108
38	53	25,78153	26 21847
39	52	25,91474	26 08526
40	51	26,02869	27 97131
41	50	26,12347	27 87653
42	49	26,19919	27 80081
43	48	26,25592	27 74408
44	47	26,29371	27 70629
45	46	26,31260	27 68740
		$N = 92$	
0	92	0,00000	0 00000
1	91	1,96379	2 03621
2	90	3,62180	4 37820
3	89	5,09892	6 90108
4	88	6,44625	7 55375
5	87	7,69176	8 30824
6	86	8,85313	9 14687
7	85	9,94253	10 05747
8	84	10,96886	11 03114
9	83	11,93890	12 06110
10	82	12,85798	13 14202
11	81	13,73040	14 26960
12	80	14,55970	15 44030
13	79	15,34885	16 65115
14	78	16,10035	17 89965
15	77	16,81635	17 18365
16	76	17,49872	18 50128
17	75	18,14908	19 85092
18	74	18,76887	19 23113
19	73	19,35935	20 64065
20	72	19,92164	20 07836
21	71	20,45676	21 54324
22	70	20,96559	21 03441
23	69	21,44896	22 55104
24	68	21,90760	22 09240
25	67	22,34217	23 65783
26	66	22,75327	23 24673
27	65	23,14145	24 85855
28	64	23,50721	24 49279
29	63	23,85099	24 14901
30	62	24,17321	25 82679
31	61	24,47424	25 52576
32	60	24,75442	25 24558
33	59	25,01406	26 98594
34	58	25,25343	26 74657
35	57	25,47279	26 52721
36	56	25,67236	26 32764
37	55	25,85235	26 14765
38	54	26,01293	27 98707
39	53	26,15426	27 84574
40	52	26,27647	27 72353
41	51	26,37969	27 62031
42	50	26,46401	27 53599
43	49	26,52951	27 47049
44	48	26,57626	27 42374
45	47	26,60429	27 39571
46	46	26,61363	27 38637
		$N = 93$	
0	93	0,00000	0 00000
1	92	1,96848	2 03152
2	91	3,63124	4 36876
3	90	5,11316	6 88684
4	89	6,46534	7 53466
5	88	7,71576	8 28424
6	87	8,88209	9 11791
7	86	9,97652	10 02348
8	85	11,00792	12 99208
9	84	11,98310	12 01690
10	83	12,90738	13 09262
11	82	13,78507	14 21493
12	81	14,61970	15 38030
13	80	15,41424	16 58576
14	79	16,17120	17 82880
15	78	16,89274	17 10726
16	77	17,58071	18 41929
17	76	18,23675	19 76325
18	75	18,86230	19 13770
19	74	19,45860	20 54140
20	73	20,02680	21 97320
21	72	20,56791	21 43209
22	71	21,08282	22 91718
23	70	21,57235	22 42765
24	69	22,03724	23 96276
25	68	22,47814	23 52186
26	67	22,89568	23 10432
27	66	23,29039	24 70961

Exponent von $p\,(q)$	Exponent von $q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 93$ (Fortsetzung)	
28	65	23,66278	24 33722
29	64	24,01329	25 98671
30	63	24,34235	25 65765
31	62	24,65033	25 34967
32	61	24,93757	25 06243
33	60	25,20439	26 79561
34	59	25,45106	26 54894
35	58	25,67784	26 32216
36	57	25,88497	26 11503
37	56	26,07264	27 92736
38	55	26,24105	27 75895
39	54	26,39034	27 60966
40	53	26,52068	27 47932
41	52	26,63217	27 36783
42	51	26,72492	27 27508
43	50	26,79903	27 20097
44	49	26,85454	27 14546
45	48	26,89153	27 10847
46	47	26,91001	27 08999
		$N = 94$	
0	94	0,00000	0 00000
1	93	1,97313	2 02687
2	92	3,64058	4 35942
3	91	5,12725	6 87275
4	90	6,48423	7 51577
5	89	7,73950	8 26050
6	88	8,91074	9 08926
7	87	10,01012	11 98988
8	86	11,04655	12 95345
9	85	12,02681	13 97319
10	84	12,95623	13 04377
11	83	13,83912	14 16088
12	82	14,67901	15 32099
13	81	15,47888	16 52112
14	80	16,24124	17 75876
15	79	16,96824	17 03176
16	78	17,66175	18 33825
17	77	18,32339	19 67661
18	76	18,95461	19 04539
19	75	19,55667	20 44333
20	74	20,13070	21 86930
21	73	20,67771	21 32229
22	72	21,19861	22 80139
23	71	21,69422	22 30578
24	70	22,16527	23 83473
25	69	22,61242	23 38758
26	68	23,03630	24 96370
27	67	23,43744	24 56256
28	66	23,81636	24 18364
29	65	24,17351	25 82649
30	64	24,50930	25 49070
31	63	24,82412	25 17588
32	62	25,11831	26 88169
33	61	25,39219	26 60781
34	60	25,64604	26 35396
35	59	25,88012	26 11988
36	58	26,09467	27 90533
37	57	26,28990	27 71010
38	56	26,46599	27 53401
39	55	26,62311	27 37689
40	54	26,76141	27 23859
41	53	26,88102	27 11898
42	52	26,98205	27 01795
43	51	27,06458	28 93542
44	50	27,12870	28 87130
45	49	27,17446	28 82554
46	48	27,20190	28 79810
47	47	27,21104	28 78896
		$N = 95$	
0	95	0,00000	0 00000
1	94	1,97772	2 02228
2	93	3,64982	4 35018
3	92	5,14118	6 85882
4	91	6,50291	7 49709
5	90	7,76298	8 23702
6	89	8,93907	9 06093
7	88	10,04337	11 95663
8	87	11,08476	12 91524
9	86	12,07004	13 92996
10	85	13,00453	14 99547
11	84	13,89256	14 10744
12	83	14,73766	15 26234
13	82	15,54279	16 45721
14	81	16,31048	17 68952
15	80	17,04287	18 95713
16	79	17,74184	18 25816
17	78	18,40902	19 59098
18	77	19,04584	20 95416
19	76	19,65358	20 34642
20	75	20,23336	21 76664
21	74	20,78621	21 21379
22	73	21,31301	22 68699

Exponent von $p\,(q)$	Exponent von $q\,(p)$	log C	log $1/C$
		$N = 95$ (Fortsetzung)	
23	72	21,81461	22 18539
24	71	22,29173	23 70827
25	70	22,74505	23 25495
26	69	23,17517	24 82483
27	68	23,58266	24 41734
28	67	23,96801	24 03199
29	66	24,33169	25 66831
30	65	24,67411	25 32589
31	64	24,99566	25 00434
32	63	25,29669	26 70331
33	62	25,57752	26 42248
34	61	25,83843	26 16157
35	60	26,07969	27 92031
36	59	26,30154	27 69846
37	58	26,50419	27 49581
38	57	26,68784	27 31216
39	56	26,85265	27 14735
40	55	26,99877	27 00123
41	54	27,12635	28 87365
42	53	27,23550	28 76450
43	52	27,32630	28 67370
44	51	27,39886	28 60114
45	50	27,45321	28 54679
46	49	27,48942	28 51058
47	48	27,50752	28 49248
		$N = 96$	
0	96	0,00000	0 00000
1	95	1,98227	2 01773
2	94	3,65896	4 34104
3	93	5,15497	6 84503
4	92	6,52139	7 47861
5	91	7,78621	8 21379
6	90	8,96710	9 03290
7	89	10,07625	11 92375
8	88	11,12255	12 87745
9	87	12,11279	13 88721
10	86	13,05231	14 94769
11	85	13,94541	14 05459
12	84	14,79565	15 20435
13	83	15,60599	16 39401
14	82	16,37894	17 62106
15	81	17,11666	18 88334
16	80	17,82102	18 17898
17	79	18,49366	19 50634
18	78	19,13602	20 86398
19	77	19,74936	20 25064
20	76	20,33482	21 66518
21	75	20,89342	21 10658
22	74	21,42605	22 57395
23	73	21,93356	22 06644
24	72	22,41667	23 58333
25	71	22,87606	23 12394
26	70	23,31235	24 68765
27	69	23,72608	24 27392
28	68	24,11777	25 88223
29	67	24,48788	25 51212
30	66	24,83684	25 16316
31	65	25,16502	26 83498
32	64	25,47278	26 52722
33	63	25,76045	26 23955
34	62	26,02831	27 97169
35	61	26,27663	27 72337
36	60	26,50566	27 49434
37	59	26,71561	27 28439
38	58	26,90668	27 09332
39	57	27,07904	28 92096
40	56	27,23286	28 76714
41	55	27,36826	28 63174
42	54	27,48537	28 51463
43	53	27,58430	28 41570
44	52	27,66512	28 33488
45	51	27,72791	28 27209
46	50	27,77273	28 22727
47	49	27,79960	28 20040
48	48	27,80855	28 19145
		$N = 97$	
0	97	0,00000	0 00000
1	96	1,98677	2 01323
2	95	3,66801	4 33199
3	94	5,16862	6 83138
4	93	6,53968	7 46032
5	92	7,80920	8 19080
6	91	8,99483	9 00517
7	90	10,10878	11 89122
8	89	11,15993	12 84007
9	88	12,15508	13 84492
10	87	13,09956	14 90044
11	86	13,99769	14 00231
12	85	14,85300	15 14700
13	84	15,66848	16 33152
14	83	16,44663	17 55337
15	82	17,18962	18 81038

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Exponent von $p\,(q)$	Exponent von $q\,(p)$	$\log C$	$\log 1/C$
		$N = 97$ (Fortsetzung)	
16	81	17,89931	**18** 10069
17	80	18,57735	**19** 42265
18	79	19,22516	**20** 77484
19	78	19,84404	**20** 15596
20	77	20,43510	**21** 56490
21	76	20,99937	**21** 00063
22	75	21,53776	**22** 46224
23	74	22,05110	**23** 94890
24	73	22,54012	**23** 45988
25	72	23,00550	**24** 99450
26	71	23,44786	**24** 55214
27	70	23,86775	**24** 13225
28	69	24,26569	**25** 73431
29	68	24,64215	**25** 35785
30	67	24,99753	**25** 00247
31	66	25,33225	**26** 66775
32	65	25,64664	**26** 35336
33	64	25,94104	**26** 05896
34	63	26,21574	**27** 78426
35	62	26,47101	**27** 52899
36	61	26,70710	**27** 29290
37	60	26,92423	**27** 07577
38	59	27,12260	**28** 87740
39	58	27,30239	**28** 69761
40	57	27,46375	**28** 53625
41	56	27,60684	**28** 39316
42	55	27,73178	**28** 26822
43	54	27,83868	**28** 16132
44	53	27,92762	**28** 07238
45	52	27,99868	**28** 00132
46	51	28,05193	**29** 94807
47	50	28,08740	**29** 91260
48	49	28,10513	**29** 89487
		$N = 98$	
0	98	0,00000	**0** 00000
1	97	1,99123	**2** 00877
2	96	3,67697	**4** 32303
3	95	5,18212	**6** 81788
4	94	6,55778	**7** 44222
5	93	7,83194	**8** 16806
6	92	9,02227	**10** 97773
7	91	10,14096	**11** 85904
8	90	11,19691	**12** 80309
9	89	12,19691	**13** 80309
10	88	13,14630	**14** 85370
11	87	14,04939	**15** 95061
12	86	14,90973	**15** 09027
13	85	15,73029	**16** 26971
14	84	16,51358	**17** 48642
15	83	17,26176	**18** 73824
16	82	17,97672	**18** 02328
17	81	18,66009	**19** 33991
18	80	19,31330	**20** 68670
19	79	19,93764	**20** 06236
20	78	20,53423	**21** 46577
21	77	21,10411	**22** 89589
22	76	21,64818	**22** 35182
23	75	22,16726	**23** 83274
24	74	22,66211	**23** 33789
25	73	23,13340	**24** 86660
26	72	23,58175	**24** 41825
27	71	24,00772	**25** 99228
28	70	24,41182	**25** 58818
29	69	24,79452	**25** 20548
30	68	25,15625	**26** 84375
31	67	25,49740	**26** 50260
32	66	25,81832	**26** 18168
33	65	26,11935	**27** 88065
34	64	26,40079	**27** 59921
35	63	26,66290	**27** 33710
36	62	26,90594	**27** 09406
37	61	27,13013	**28** 86987
38	60	27,33567	**28** 66433
39	59	27,52276	**28** 47724
40	58	27,69155	**28** 30845
41	57	27,84220	**28** 15780
42	56	27,97482	**28** 02518
43	55	28,08954	**29** 91046
44	54	28,18645	**29** 81355
45	53	28,26563	**29** 73437
46	52	28,32715	**29** 67285
47	51	28,37106	**29** 62894
48	50	28,39738	**29** 60262
49	49	28,40616	**29** 59384
		$N = 99$	
0	99	0,00000	**0** 00000
1	98	1,99564	**2** 00436
2	97	3,68583	**4** 31417
3	96	5,19548	**6** 80452
4	95	6,57569	**7** 42431
5	94	7,85445	**8** 14555
6	93	9,04942	**10** 95058
7	92	10,17281	**11** 82719
8	91	11,23351	**12** 76649
9	90	12,23830	**13** 76170
10	89	13,19255	**14** 80745
11	88	14,10054	**15** 89946
12	87	14,96585	**15** 03415
13	86	15,79142	**16** 20858
14	85	16,57979	**17** 42021
15	84	17,33312	**18** 66688
16	83	18,05328	**19** 94672
17	82	18,74191	**19** 25809
18	81	19,40045	**20** 59955
19	80	20,03018	**21** 96982
20	79	20,63224	**21** 36776
21	78	21,20765	**22** 79235
22	77	21,75732	**22** 24268
23	76	22,28208	**23** 71792
24	75	22,78269	**23** 21731
25	74	23,25981	**24** 74019
26	73	23,71407	**24** 28593
27	72	24,14602	**25** 85398
28	71	24,55620	**25** 44380
29	70	24,94506	**25** 05494
30	69	25,31304	**26** 68696
31	68	25,66052	**26** 33948
32	67	25,98788	**26** 01212
33	66	26,29544	**27** 70456
34	65	26,58351	**27** 41649
35	64	26,85235	**27** 14765
36	63	27,10223	**28** 89777
37	62	27,33337	**28** 66663
38	61	27,54598	**28** 45402
39	60	27,74024	**28** 25976
40	59	27,91633	**28** 08367
41	58	28,07440	**29** 92560
42	57	28,21458	**29** 78542
43	56	28,33699	**29** 66301
44	55	28,44172	**29** 55828
45	54	28,52887	**29** 47113
46	53	28,59851	**29** 40149
47	52	28,65069	**29** 34931
48	51	28,68545	**29** 31455
49	50	28,70282	**29** 29718
		$N = 100$	
0	100	0,00000	**0** 00000
1	99	2,00000	**3** 00000
2	98	3,69461	**4** 30539
3	97	5,20871	**6** 79129
4	96	6,59342	**7** 40658
5	95	7,87672	**8** 12328
6	94	9,07630	**10** 92370
7	93	10,20433	**11** 79567
8	92	11,26972	**12** 73028
9	91	12,27926	**13** 72074
10	90	13,23830	**14** 76170
11	89	14,15115	**15** 84885
12	88	15,02136	**16** 97864
13	87	15,85190	**16** 14810
14	86	16,64529	**17** 35471
15	85	17,40370	**18** 59630
16	84	18,12900	**19** 87100
17	83	18,82283	**19** 17717
18	82	19,48664	**20** 51336
19	81	20,12170	**21** 87830
20	80	20,72915	**21** 27085
21	79	21,31002	**22** 68998
22	78	21,86523	**22** 13477
23	77	22,39559	**23** 60441
24	76	22,90187	**23** 09813
25	75	23,38475	**24** 61525
26	74	23,84483	**24** 15517
27	73	24,28270	**25** 71730
28	72	24,69887	**25** 30113
29	71	25,09380	**26** 90620
30	70	25,46794	**26** 53206
31	69	25,82167	**26** 17833
32	68	26,15537	**27** 84463
33	67	26,46937	**27** 53063
34	66	26,76396	**27** 23604
35	65	27,03944	**28** 96056
36	64	27,29605	**28** 70395
37	63	27,53403	**28** 46597
38	62	27,75359	**28** 24641
39	61	27,95491	**28** 04509
40	60	28,13818	**29** 86182
41	59	28,30355	**29** 69645
42	58	28,45115	**29** 54885
43	57	28,58111	**29** 41889
44	56	28,69354	**29** 30646
45	55	28,78851	**29** 21149
46	54	28,86612	**29** 13388
47	53	28,92641	**29** 07359
48	52	28,96945	**29** 03055
49	51	28,99525	**29** 00475
50	50	29,00385	**30** 99615

Erläuterungen zu den Seiten 70–84

Bei den Logarithmen bedeuten die fettgedruckten Zahlen negative Kennziffern. Die Mantissen sind alle positiv.

Binomialkoeffizient $C(N, x) = \binom{N}{x} = \dfrac{N!}{x!\,(N-x)!}$

Für N zwischen 100 und 1000 errechne man C mittels der Tafeln auf S. 26 und 27.

Beispiel: $\log \binom{54}{6} = 7{,}41208$ $\qquad C(54, 6) = 2{,}583 \times 10^{7}$

$\log 1/\binom{54}{6} = -8 + 0{,}58792$ $\qquad 1/C(54, 6) = 3{,}872 \times 10^{-8}$

Berechnung der Einzelwahrscheinlichkeit $\mathrm{Prob}(x_1 \mid N, N_1, X)$ **der hypergeometrischen Verteilung**

Gegeben:

x_1	$N_1 - x_1$	N_1
x_2	$N_2 - x_2$	N_2
X	$N - X$	N

$$\mathrm{Prob}(x_1 \mid N, N_1, X) = \frac{N_1!\,N_2!\,X!\,(N-X)!}{x_1!\,(N_1-x_1)!\,x_2!\,(N_2-x_2)!\,N!} = \dot{P}(x_1)$$

$$= \binom{N_1}{x_1} \times \binom{N_2}{x_2} \times 1/\binom{N}{X}$$

$$\log \dot{P}(x_1) = \underbrace{\log C(N_1, x_1) + \log C(N_2, x_2) + \log 1/C(N, X)}_{\text{aus S. 70–77}}$$

Beispiel:

2	5	7	$\log C(7, 2)$ $+1$ $+0{,}32222$
3	2	5	$\log C(5, 3)$ $+1$ $+0{,}00000$
5	7	12	$\log 1/C(12, 5)$ -3 $+0{,}10127$

Summe: $\log \dot{P}(x_1) = -1 + 0{,}42349$

$\dot{P}(x_1) = 0{,}2653$

Berechnung der Einzelwahrscheinlichkeit $\dot{P}(x)$ **der Binomialverteilung**

Gesucht: $\dot{P}(x) = \binom{N}{x} p^x q^{N-x}$

Lösung: $\log \dot{P}(x) = \underbrace{\log C(N, x)}_{\text{S. 70–77}} + \underbrace{\log p^x + \log q^{N-x}}_{\text{S. 78–84}}$

Beispiel: $N = 32$, $p = 0{,}06$, $x_1 = 2$, $x_2 = 30$

$\dot{P}_2$		$\dot{P}_{30}$	
$\log C(32, 2)$	$+2 + 0{,}69548$	$\log C(32, 30)$	$+2 + 0{,}69548$
$\log p^2$	$-3 + 0{,}55630$	$\log p^{30}$	$-37 + 0{,}34454$
$\log q^{30}$	$-1 + 0{,}19384$	$\log q^{2}$	$-1 + 0{,}94626$
$\log \dot{P}_2$	$-2 + 1{,}44562$	$\log \dot{P}_{30}$	$-36 + 1{,}98628$
	$= -1 + 0{,}44562$		$= -35 + 0{,}98628$
$\dot{P}_2 =$	$0{,}2790$	$\dot{P}_{30} =$	$9{,}690 \times 10^{-35}$

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	$p\,(q)$ 0,01	$q\,(p)$ 0,99	$p\,(q)$ 0,02	$q\,(p)$ 0,98	$p\,(q)$ 0,03	$q\,(p)$ 0,97	$p\,(q)$ 0,04	$q\,(p)$ 0,96	$p\,(q)$ 0,05	$q\,(p)$ 0,95	$p\,(q)$ 0,06	$q\,(p)$ 0,94	$p\,(q)$ 0,07	$q\,(p)$ 0,93
0	**0** 00000	0 00000	**0** 00000	0 00000	**0** 00000	0 00000	**0** 00000	0 00000	**0** 00000	0 00000	**0** 00000	0 00000	**0** 00000	0 00000
1	**2** 00000	1 99564	**2** 30103	1 99123	**2** 47712	1 98677	**2** 60206	1 98227	**2** 69897	1 97772	**2** 77815	1 97313	**2** 84510	1 96848
2	**4** 00000	1 99127	**4** 60206	1 98245	**4** 95424	1 97354	**3** 20412	1 96454	**3** 39794	1 95545	**3** 55630	1 94626	**3** 69020	1 93697
3	**6** 00000	1 98691	**6** 90309	1 97368	**5** 43136	1 96032	**5** 80618	1 94681	**4** 09691	1 93317	**4** 33445	1 91938	**4** 53529	1 90545
4	**8** 00000	1 98254	**7** 20412	1 96490	**7** 90849	1 94709	**6** 40824	1 92908	**6** 79588	1 91089	**5** 11261	1 89251	**5** 38039	1 87393
5	**10** 00000	1 97818	**9** 50515	1 95613	**8** 38561	1 93386	**7** 01030	1 91136	**7** 49485	1 88862	**7** 89076	1 86564	**6** 22549	1 84241
6	**12** 00000	1 97381	**11** 80618	1 94736	**10** 86273	1 92063	**9** 61236	1 89363	**8** 19382	1 86634	**8** 66891	1 83877	**7** 07059	1 81090
7	**14** 00000	1 96945	**12** 10721	1 93858	**11** 33985	1 90740	**10** 21442	1 87590	**10** 89279	1 84407	**9** 44706	1 81189	**9** 91569	1 77938
8	**16** 00000	1 96508	**14** 40824	1 92981	**13** 81697	1 89417	**12** 81648	1 85817	**11** 59176	1 82179	**10** 22521	1 78502	**10** 76078	1 74786
9	**18** 00000	1 96072	**16** 70927	1 92103	**14** 29409	1 88095	**13** 41854	1 84044	**12** 29073	1 79951	**11** 00336	1 75815	**11** 60588	1 71635
10	**20** 00000	1 95635	**17** 01030	1 91226	**16** 77121	1 86772	**14** 02060	1 82271	**14** 98970	1 77724	**13** 78151	1 73128	**12** 45098	1 68483
11	**22** 00000	1 95199	**19** 31133	1 90349	**17** 24833	1 85449	**16** 62266	1 80498	**15** 68867	1 75496	**14** 55966	1 70441	**13** 29608	1 65331
12	**24** 00000	1 94762	**21** 61236	1 89471	**19** 72546	1 84126	**17** 22472	1 78725	**16** 38764	1 73268	**15** 33782	1 67753	**14** 14118	1 62180
13	**26** 00000	1 94326	**23** 91339	1 88594	**20** 20258	1 82803	**19** 82678	1 76953	**17** 08661	1 71041	**16** 11597	1 65066	**16** 98627	1 59028
14	**28** 00000	1 93889	**24** 21442	1 87717	**22** 67970	1 81480	**20** 42884	1 75180	**19** 78558	1 68813	**18** 89412	1 62379	**17** 83137	1 55876
15	**30** 00000	1 93453	**26** 51545	1 86839	**23** 15682	1 80158	**21** 03090	1 73407	**20** 48455	1 66585	**19** 67227	1 59692	**18** 67647	1 52724
16	**32** 00000	1 93016	**28** 81648	1 85962	**25** 63394	1 78835	**23** 63296	1 71634	**21** 18352	1 64358	**20** 45042	1 57005	**19** 52157	1 49573
17	**34** 00000	1 92580	**29** 11751	1 85084	**26** 11106	1 77512	**24** 23502	1 69861	**23** 88249	1 62130	**21** 22857	1 54317	**20** 36667	1 46421
18	**36** 00000	1 92143	**31** 41854	1 84207	**28** 58818	1 76189	**26** 83708	1 68088	**24** 58146	1 59902	**22** 00672	1 51630	**21** 21176	1 43269
19	**38** 00000	1 91707	**33** 71957	1 83330	**29** 06530	1 74866	**27** 43914	1 66315	**25** 28043	1 57675	**24** 78487	1 48943	**22** 05686	1 40118
20	**40** 00000	1 91270	**34** 02060	1 82452	**31** 54243	1 73543	**28** 04120	1 64542	**27** 97940	1 55447	**25** 56303	1 46256	**24** 90196	1 36966
21	**42** 00000	1 90834	**36** 32163	1 81575	**32** 01955	1 72221	**30** 64326	1 62770	**28** 67837	1 53220	**26** 34118	1 43568	**25** 74706	1 33814
22	**44** 00000	1 90397	**38** 62266	1 80697	**34** 49667	1 70898	**31** 24532	1 60997	**29** 37734	1 50992	**27** 11933	1 40881	**26** 59216	1 30662
23	**46** 00000	1 89961	**40** 92369	1 79820	**36** 97379	1 69575	**33** 84738	1 59224	**30** 07631	1 48764	**29** 89748	1 38194	**27** 43725	1 27511
24	**48** 00000	1 89524	**41** 22472	1 78943	**37** 45091	1 68252	**34** 44944	1 57451	**32** 77528	1 46537	**30** 67563	1 35507	**28** 28235	1 24359
25	**50** 00000	1 89088	**43** 52575	1 78065	**39** 92803	1 66929	**35** 05150	1 55678	**33** 47425	1 44309	**31** 45378	1 32820	**29** 12745	1 21207
26	**52** 00000	1 88652	**45** 82678	1 77188	**40** 40515	1 65607	**37** 65356	1 53905	**34** 17322	1 42081	**32** 23193	1 30132	**31** 97255	1 18056
27	**54** 00000	1 88215	**46** 12781	1 76310	**42** 88227	1 64284	**38** 25562	1 52132	**36** 87219	1 39854	**33** 01008	1 27445	**32** 81765	1 14904
28	**56** 00000	1 87779	**48** 42884	1 75433	**43** 35940	1 62961	**40** 85768	1 50359	**37** 57116	1 37626	**35** 78824	1 24758	**33** 66275	1 11752
29	**58** 00000	1 87342	**50** 72987	1 74556	**45** 83652	1 61638	**41** 45974	1 48587	**38** 27013	1 35398	**36** 56639	1 22071	**34** 50784	1 08601
30	**60** 00000	1 86906	**51** 03090	1 73678	**46** 31364	1 60315	**42** 06180	1 46814	**40** 96910	1 33171	**37** 34454	1 19384	**35** 35294	1 05449
31	**62** 00000	1 86469	**53** 33193	1 72801	**48** 79076	1 58992	**44** 66386	1 45041	**41** 66807	1 30943	**38** 12269	1 16696	**36** 19804	1 02297
32	**64** 00000	1 86033	**55** 63296	1 71923	**49** 26788	1 57670	**45** 26592	1 43268	**42** 36704	1 28716	**40** 90084	1 14009	**37** 04314	2 99145
33	**66** 00000	1 85596	**57** 93399	1 71046	**51** 74500	1 56347	**47** 86798	1 41495	**43** 06601	1 26488	**41** 67899	1 11322	**39** 88824	2 95994
34	**68** 00000	1 85160	**58** 23502	1 70169	**52** 22212	1 55024	**48** 47004	1 39722	**45** 76498	1 24260	**42** 45714	1 08635	**40** 73333	2 92842
35	**70** 00000	1 84723	**60** 53605	1 69291	**54** 69924	1 53701	**49** 07210	1 37949	**46** 46395	1 22033	**43** 23529	1 05947	**41** 57843	2 89690
36	**72** 00000	1 84287	**62** 83708	1 68414	**55** 17637	1 52378	**51** 67416	1 36176	**47** 16292	1 19805	**44** 01345	1 03260	**42** 42353	2 86539
37	**74** 00000	1 83850	**63** 13811	1 67536	**57** 65349	1 51055	**52** 27622	1 34404	**49** 86189	1 17577	**46** 79160	1 00573	**43** 26863	2 83387
38	**76** 00000	1 83414	**65** 43914	1 66659	**58** 13061	1 49733	**54** 87828	1 32631	**50** 56086	1 15350	**47** 56975	2 97886	**44** 11373	2 80235
39	**78** 00000	1 82977	**67** 74017	1 65782	**60** 60773	1 48410	**55** 48034	1 30858	**51** 25983	1 13122	**48** 34790	2 95199	**46** 95882	2 77083
40	**80** 00000	1 82541	**68** 04120	1 64904	**61** 08485	1 47087	**56** 08240	1 29085	**53** 95880	1 10894	**49** 12605	2 92511	**47** 80392	2 73932
41	**82** 00000	1 82104	**70** 34223	1 64027	**63** 56197	1 45764	**58** 68446	1 27312	**54** 65777	1 08667	**51** 90420	2 89824	**48** 64902	2 70780
42	**84** 00000	1 81668	**72** 64326	1 63150	**64** 03909	1 44441	**59** 28652	1 25539	**55** 35674	1 06439	**52** 68235	2 87137	**49** 49412	2 67628
43	**86** 00000	1 81231	**74** 94429	1 62272	**66** 51621	1 43118	**61** 88858	1 23766	**56** 05571	1 04212	**53** 46050	2 84450	**50** 33922	2 64477
44	**88** 00000	1 80795	**75** 24532	1 61395	**68** 99334	1 41796	**62** 49064	1 21993	**58** 75468	1 01984	**54** 23866	2 81763	**51** 18431	2 61325
45	**90** 00000	1 80358	**77** 54635	1 60517	**69** 47046	1 40473	**63** 09270	1 20221	**59** 45365	2 99756	**55** 01681	2 79075	**52** 02941	2 58173
46	**92** 00000	1 79922	**79** 84738	1 59640	**71** 94758	1 39150	**65** 69476	1 18448	**60** 15262	2 97529	**57** 79496	2 76388	**54** 87451	2 55022
47	**94** 00000	1 79485	**80** 14841	1 58763	**72** 42470	1 37827	**66** 29682	1 16675	**62** 85159	2 95301	**58** 57311	2 73701	**55** 71961	2 51870
48	**96** 00000	1 79049	**82** 44944	1 57885	**74** 90182	1 36504	**68** 89888	1 14902	**63** 55056	2 93073	**59** 35126	2 71014	**56** 56471	2 48718
49	**98** 00000	1 78612	**84** 75047	1 57008	**75** 37894	1 35181	**69** 50094	1 13129	**64** 24953	2 90846	**60** 12941	2 68326	**57** 40980	2 45566
50	**100** 00000	1 78176	**85** 05150	1 56130	**77** 85606	1 33859	**70** 10300	1 11356	**66** 94850	2 88618	**62** 90756	2 65639	**58** 25490	2 42415
51	**102** 00000	1 77739	**87** 35253	1 55253	**78** 33318	1 32536	**72** 70506	1 09583	**67** 64747	2 86390	**63** 68571	2 62952	**59** 10000	2 39263
52	**104** 00000	1 77303	**89** 65356	1 54376	**80** 81031	1 31213	**73** 30712	1 07810	**68** 34644	2 84163	**64** 46387	2 60265	**61** 94510	2 36111
53	**106** 00000	1 76867	**91** 95459	1 53498	**81** 28743	1 29890	**75** 90918	1 06038	**69** 04541	2 81935	**65** 24202	2 57578	**62** 79020	2 32960
54	**108** 00000	1 76430	**92** 25562	1 52621	**83** 76455	1 28567	**76** 51124	1 04265	**71** 74438	2 79707	**66** 02017	2 54890	**63** 63529	2 29808
55	**110** 00000	1 75994	**94** 55665	1 51743	**84** 24167	1 27245	**77** 11330	1 02492	**72** 44335	2 77480	**68** 79832	2 52203	**64** 48039	2 26656
56	**112** 00000	1 75557	**96** 85768	1 50866	**86** 71879	1 25922	**79** 71536	1 00719	**73** 14232	2 75252	**69** 57647	2 49516	**65** 32549	2 23505
57	**114** 00000	1 75121	**97** 15871	1 49989	**87** 19591	1 24599	**80** 31742	2 98946	**75** 84129	2 73025	**70** 35462	2 46829	**66** 17059	2 20353
58	**116** 00000	1 74684	**99** 45974	1 49111	**89** 67303	1 23276	**82** 91948	2 97173	**76** 54026	2 70797	**71** 13277	2 44142	**67** 01569	2 17201
59	**118** 00000	1 74248	**101** 76077	1 48234	**90** 15015	1 21953	**83** 52154	2 95400	**77** 23923	2 68569	**73** 91092	2 41454	**69** 86078	2 14049
60	**120** 00000	1 73811	**102** 06180	1 47356	**92** 62728	1 20630	**84** 12360	2 93627	**79** 93820	2 66342	**74** 68908	2 38767	**70** 70588	2 10898
61	**122** 00000	1 73375	**104** 36283	1 46479	**93** 10440	1 19308	**86** 72566	2 91855	**80** 63717	2 64114	**75** 46723	2 36080	**71** 55098	2 07746
62	**124** 00000	1 72938	**106** 66386	1 45602	**95** 58152	1 17985	**87** 32772	2 90082	**81** 33614	2 61886	**76** 24538	2 33393	**72** 39608	2 04594
63	**126** 00000	1 72502	**108** 96489	1 44724	**96** 05864	1 16662	**89** 92978	2 88309	**82** 03511	2 59659	**77** 02353	2 30705	**73** 24118	2 01443
64	**128** 00000	1 72065	**109** 26592	1 43847	**98** 53576	1 15339	**90** 53184	2 86536	**84** 73408	2 57431	**79** 80168	2 28018	**74** 08627	3 98291
65	**130** 00000	1 71629	**111** 56695	1 42969	**99** 01288	1 14016	**91** 13390	2 84763	**85** 43305	2 55203	**80** 57983	2 25331	**76** 93137	3 95139
66	**132** 00000	1 71192	**113** 86798	1 42092	**101** 49000	1 12693	**93** 73596	2 82990	**86** 13202	2 52976	**81** 35798	2 22644	**77** 77647	3 91987
67	**134** 00000	1 70756	**114** 16901	1 41215	**103** 96712	1 11371	**94** 33802	2 81217	**88** 83099	2 50748	**82** 13613	2 19957	**78** 62157	3 88836
68	**136** 00000	1 70319	**116** 47004	1 40337	**104** 44425	1 10048	**96** 94008	2 79444	**89** 52996	2 48521	**84** 91429	2 17269	**79** 46667	3 85684
69	**138** 00000	1 69883	**118** 77107	1 39460	**106** 92137	1 08725	**97** 54214	2 77672	**90** 22893	2 46293	**85** 69244	2 14582	**80** 31176	3 82532
70	**140** 00000	1 69446	**119** 07210	1 38583	**107** 39849	1 07402	**98** 14420	2 75899	**92** 92790	2 44065	**86** 47059	2 11895	**81** 15686	3 79381
71	**142** 00000	1 69010	**121** 37313	1 37705	**109** 87561	1 06079	**100** 74626	2 74126	**93** 62687	2 41838	**87** 24874	2 09208	**82** 00196	3 76229
72	**144** 00000	1 68573	**123** 67416	1 36828	**110** 35273	1 04756	**101** 34832	2 72353	**94** 32584	2 39610	**88** 02689	2 06521	**84** 84706	3 73077
73	**146** 00000	1 68137	**125** 97519	1 35950	**112** 82985	1 03434	**103** 95038	2 70580	**95** 02481	2 37382	**90** 80504	2 03833	**85** 69216	3 69926
74	**148** 00000	1 67700	**126** 27622	1 35073	**113** 30697	1 02111	**104** 55244	2 68807	**97** 72378	2 35155	**91** 58319	2 01146	**86** 53725	3 66774
75	**150** 00000	1 67264	**128** 57725	1 34196	**115** 78409	1 00788	**105** 15450	2 67034	**98** 42275	2 32927	**92** 36134	3 98459	**87** 38235	3 63622
76	**152** 00000	1 66827	**130** 87828	1 33318	**116** 26122	2 99465	**107** 75656	2 65261	**99** 12172	2 30699	**93** 13950	3 95772	**88** 22745	3 60470
77	**154** 00000	1 66391	**131** 17931	1 32441	**118** 73834	2 98142	**108** 35862	2 63488	**101** 82069	2 28472	**95** 91765	3 93084	**89** 07255	3 57319
78	**156** 00000	1 65955	**133** 48034	1 31563	**119** 21546	2 96820	**110** 96068	2 61716	**102** 51966	2 26244	**96** 69580	3 90397	**91** 91765	3 54167
79	**158** 00000	1 65518	**135** 78137	1 30686	**121** 69258	2 95497	**111** 56274	2 59943	**103** 21863	2 24016	**97** 47395	3 87710	**92** 76275	3 51015
80	**160** 00000	1 65082	**136** 08240	1 29809	**122** 16970	2 94174	**112** 16480	2 58170	**105** 91760	2 21789	**98** 25210	3 85023	**93** 60784	3 47864
81	**162** 00000	1 64645	**138** 38343	1 28931	**124** 64682	2 92851	**114** 76686	2 56397	**106** 61657	2 19561	**99** 03025	3 82336	**94** 45294	3 44712
82	**164** 00000	1 64209	**140** 68446	1 28054	**125** 12394	2 91528	**115** 36892	2 54624	**107** 31554	2 17334	**101** 80840	3 79648	**95** 29804	3 41560
83	**166** 00000	1 63772	**142** 98549	1 27176	**127** 60106	2 90205	**117** 97098	2 52851	**108** 01451	2 15106	**102** 58655	3 76961	**96** 14314	3 38408
84	**168** 00000	1 63336	**143** 28652	1 26299	**128** 07819	2 88883	**118** 57304	2 51078	**110** 71348	2 12878	**103** 36471	3 74274	**98** 98824	3 35257
85	**170** 00000	1 62899	**145** 58755	1 25422	**130** 55531	2 87560	**119** 17510	2 49305	**111** 41245	2 10651	**104** 14286	3 71587	**99** 83333	3 32105
86	**172** 00000	1 62463	**147** 88858	1 24544	**131** 03243	2 86237	**121** 77716	2 47533	**112** 11142	2 08423	**106** 92101	3 68900	**100** 67843	3 28953
87	**174** 00000	1 62026	**148** 18961	1 23667	**133** 50955	2 84914	**122** 37922	2 45760	**114** 81039	2 06195	**107** 69916	3 66212	**101** 52353	3 25802
88	**176** 00000	1 61590	**150** 49064	1 22789	**135** 98667	2 83591	**124** 98128	2 43987	**115** 50936	2 03968	**108** 47731	3 63525	**102** 36863	3 22650
89	**178** 00000	1 61153	**152** 79167	1 21912	**136** 46379	2 82268	**125** 58334	2 42214	**116** 20833	2 01740	**109** 25546	3 60838	**103** 21373	3 19498
90	**180** 00000	1 60717	**153** 09270	1 21035	**138** 94091	2 80946	**126** 18540	2 40441	**118** 90730	3 99512	**110** 03361	3 58151	**104** 05882	3 16347
91	**182** 00000	1 60280	**155** 39373	1 20157	**139** 41803	2 79623	**128** 78746	2 38668	**119** 60627	3 97285	**112** 81176	3 55463	**106** 90392	3 13195
92	**184** 00000	1 59844	**157** 69476	1 19280	**141** 89516	2 78300	**129** 38952	2 36895	**120** 30524	3 95057	**113** 58992	3 52776	**107** 74902	3 10043
93	**186** 00000	1 59407	**159** 99579	1 18403	**142** 37228	2 76977	**131** 99158	2 35122	**121** 00421	3 92830	**114** 36807	3 50089	**108** 59412	3 06891
94	**188** 00000	1 58971	**160** 29682	1 17525	**144** 84940	2 75654	**132** 59364	2 33350	**123** 70318	3 90602	**115** 14622	3 47402	**109** 43922	3 03740
95	**190** 00000	1 58534	**162** 59785	1 16648	**145** 32652	2 74331	**133** 19570	2 31577	**124** 40215	3 88374	**117** 92437	3 44715	**110** 28431	3 00588
96	**192** 00000	1 58098	**164** 89888	1 15770	**147** 80364	2 73009	**135** 79776	2 29804	**125** 10112	3 86147	**118** 70252	3 42027	**111** 12941	4 97436
97	**194** 00000	1 57661	**165** 19991	1 14893	**148** 28076	2 71686	**136** 39982	2 28031	**127** 80009	3 83919	**119** 48067	3 39340	**113** 97451	4 94285
98	**196** 00000	1 57225	**167** 50094	1 14016	**150** 75788	2 70363	**137** 00188	2 26258	**128** 49906	3 81691	**120** 25882	3 36653	**114** 81961	4 91133
99	**198** 00000	1 56788	**169** 80197	1 13138	**151** 23500	2 69040	**139** 60394	2 24485	**129** 19803	3 79464	**121** 03697	3 33966	**115** 66471	4 87981
100	**200** 00000	1 56352	**170** 10300	1 12261	**153** 71213	2 67717	**140** 20600	2 22712	**131** 89700	3 77236	**123** 81513	3 31279	**116** 50980	4 84829

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen* von p^n und q^n $(q = 1-p)$

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	p (q) 0,08	q (p) 0,92	p (q) 0,09	q (p) 0,91	p (q) 0,10	q (p) 0,90	p (q) 0,11	q (p) 0,89	p (q) 0,12	q (p) 0,88	p (q) 0,13	q (p) 0,87	p (q) 0,14	q (p) 0,86
0	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000
1	2 90309	1 96379	2 95424	1 95904	1 00000	1 95424	1 04139	1 94939	1 07918	1 94448	1 11394	1 93952	1 14613	1 93450
2	3 80618	1 92758	3 90849	1 91808	2 00000	1 90849	2 08279	1 89878	2 15836	1 88897	2 22789	1 87904	2 29226	1 86900
3	4 70927	1 89136	4 86273	1 87712	3 00000	1 86273	3 12418	1 84817	3 23754	1 83345	3 34183	1 81856	3 43838	1 80350
4	5 61236	1 85515	5 81697	1 83617	4 00000	1 81697	4 16557	1 79756	4 31672	1 77793	4 45577	1 75808	4 58451	1 73799
5	6 51545	1 81894	6 77121	1 79521	5 00000	1 77121	5 20696	1 74695	5 39591	1 72241	5 56972	1 69760	5 73064	1 67249
6	7 41854	1 78273	7 72546	1 75425	6 00000	1 72546	6 24836	1 69634	6 47509	1 66690	6 68366	1 63712	6 87677	1 60699
7	8 32163	1 74651	8 67970	1 71329	7 00000	1 67970	7 28975	1 64573	7 55427	1 61138	7 79760	1 57663	6 02290	1 54149
8	9 22472	1 71030	9 63394	1 67233	8 00000	1 63394	8 33114	1 59512	8 63345	1 55586	8 91155	1 51615	7 16902	1 47599
9	10 12781	1 67409	10 58818	1 63137	9 00000	1 58818	9 37253	1 54451	9 71263	1 50034	8 02549	1 45567	8 31515	1 41049
10	11 03090	1 63788	11 54243	1 59041	10 00000	1 54243	10 41393	1 49390	10 79181	1 44483	9 13943	1 39519	9 46128	1 34498
11	13 93399	1 60167	12 49667	1 54946	11 00000	1 49667	11 45532	1 44329	11 87099	1 38931	10 25338	1 33471	10 60741	1 27948
12	14 83708	1 56545	13 45091	1 50850	12 00000	1 45091	12 49671	1 39268	12 95017	1 33379	11 36732	1 27423	11 75354	1 21398
13	15 74017	1 52924	14 40515	1 46754	13 00000	1 40515	13 53810	1 34207	12 02936	1 27827	12 48126	1 21375	12 89966	1 14848
14	16 64326	1 49303	15 35940	1 42658	14 00000	1 35940	14 57950	1 29146	13 10854	1 22276	13 59521	1 15327	12 04579	1 08298
15	17 54635	1 45682	16 31364	1 38562	15 00000	1 31364	15 62089	1 24085	14 18772	1 16724	14 70915	1 09279	13 19192	1 01748
16	18 44944	1 42061	17 26788	1 34466	16 00000	1 26788	16 66228	1 19024	15 26690	1 11172	15 82309	1 03231	14 33805	2 95198
17	19 35253	1 38439	18 22212	1 30370	17 00000	1 22212	17 70368	1 13963	16 34608	1 05621	16 93704	2 97183	15 48418	2 88647
18	20 25562	1 34818	19 17637	1 26275	18 00000	1 17637	18 74507	1 08902	17 42526	1 00069	16 05098	2 91135	16 63030	2 82097
19	21 15871	1 31197	20 13061	1 22179	19 00000	1 13061	19 78646	1 03841	18 50444	2 94517	17 16492	2 85087	17 77643	2 75547
20	22 06180	1 27576	21 08485	1 18083	20 00000	1 08485	20 82785	2 98780	19 58362	2 88965	18 27887	2 79039	18 92256	2 68997
21	24 96489	1 23954	22 03909	1 13987	21 00000	1 03909	21 86925	2 93719	20 66281	2 83414	19 39281	2 72990	18 06869	2 62447
22	25 86798	1 20333	24 99334	1 09891	22 00000	2 99334	22 91064	2 88658	21 74199	2 77862	20 50675	2 66942	19 21482	2 55897
23	26 77107	1 16712	25 94758	1 05795	23 00000	2 94758	23 95203	2 83597	22 82117	2 72310	21 62070	2 60894	20 36094	2 49346
24	27 67416	1 13091	26 90182	1 01699	24 00000	2 90182	24 99342	2 78536	23 90035	2 66758	22 73464	2 54846	21 50707	2 42796
25	28 57725	1 09470	27 85606	2 97603	25 00000	2 85606	24 03482	2 73475	24 97953	2 61207	23 84858	2 48798	22 65320	2 36246
26	29 48034	1 05848	28 81031	2 93508	26 00000	2 81031	25 07621	2 68414	24 05871	2 55655	24 96253	2 42750	23 79933	2 29696
27	30 38343	1 02227	29 76455	2 89412	27 00000	2 76455	26 11760	2 63353	25 13789	2 50103	24 07647	2 36702	24 94546	2 23146
28	31 28652	2 98606	30 71879	2 85316	28 00000	2 71879	27 15900	2 58292	26 21707	2 44551	25 19041	2 30654	24 09159	2 16596
29	32 18961	2 94985	31 67303	2 81220	29 00000	2 67303	28 20039	2 53231	27 29626	2 39000	26 30436	2 24606	25 23771	2 10046
30	33 09270	2 91363	32 62728	2 77124	30 00000	2 62728	29 24178	2 48170	28 37544	2 33448	27 41830	2 18558	26 38384	2 03495
31	35 99579	2 87742	33 58152	2 73028	31 00000	2 58152	30 28317	2 43109	29 45462	2 27896	28 53224	2 12510	27 52997	3 96945
32	36 89888	2 84121	34 53576	2 68932	32 00000	2 53576	31 32457	2 38048	30 53380	2 22345	29 64619	2 06462	28 67610	3 90395
33	37 80197	2 80500	35 49000	2 64837	33 00000	2 49000	32 36596	2 32987	31 61298	2 16793	30 76013	2 00414	29 82223	3 83845
34	38 70506	2 76879	36 44425	2 60741	34 00000	2 44425	33 40735	2 27926	32 69216	2 11241	31 87407	3 94365	30 96835	3 77295
35	39 60815	2 73257	37 39849	2 56645	35 00000	2 39849	34 44874	2 22865	33 77134	2 05689	32 98802	3 88317	30 11448	3 70745
36	40 51124	2 69636	38 35273	2 52549	36 00000	2 35273	35 49014	2 17804	34 85052	2 00138	32 10196	3 82269	31 26061	3 64194
37	41 41433	2 66015	39 30697	2 48453	37 00000	2 30697	36 53153	2 12743	35 92971	3 94586	33 21590	3 76221	32 40674	3 57644
38	42 31742	2 62394	40 26122	2 44357	38 00000	2 26122	37 57292	2 07682	35 00889	3 89034	34 32985	3 70173	33 55287	3 51094
39	43 22051	2 58773	41 21546	2 40261	39 00000	2 21546	38 61431	2 02621	36 08807	3 83482	35 44379	3 64125	34 69899	3 44544
40	44 12360	2 55151	42 16970	2 36166	40 00000	2 16970	39 65571	3 97560	37 16725	3 77931	36 55773	3 58077	35 84512	3 37994
41	45 02669	2 51530	43 12394	2 32070	41 00000	2 12394	40 69710	3 92499	38 24643	3 72379	37 67168	3 52029	36 99125	3 31444
42	47 92978	2 47909	44 07819	2 27974	42 00000	2 07819	41 73849	3 87438	39 32561	3 66827	38 78562	3 45981	36 13738	3 24893
43	48 83287	2 44288	45 03243	2 23878	43 00000	2 03243	42 77989	3 82377	40 40479	3 61275	39 89956	3 39933	37 28351	3 18343
44	49 73596	2 40666	47 98667	2 19782	44 00000	3 98667	43 82128	3 77316	41 48397	3 55724	39 01351	3 33885	38 42963	3 11793
45	50 63905	2 37045	48 94091	2 15686	45 00000	3 94091	44 86267	3 72255	42 56316	3 50172	40 12745	3 27837	39 57576	3 05243
46	51 54214	2 33424	49 89516	2 11590	46 00000	3 89516	45 90406	3 67194	43 64234	3 44620	41 24139	3 21789	40 72189	4 98693
47	52 44523	2 29803	50 84940	2 07495	47 00000	3 84940	46 94546	3 62133	44 72152	3 39069	42 35534	3 15740	41 86802	4 92143
48	53 34832	2 26182	51 80364	2 03399	48 00000	3 80364	47 98685	3 57072	45 80070	3 33517	43 46928	3 09692	41 01415	4 85593
49	54 25141	2 22560	52 75788	3 99303	49 00000	3 75788	47 02824	3 52011	46 87988	3 27965	44 58322	3 03644	42 16027	4 79042
50	55 15450	2 18939	53 71213	3 95207	50 00000	3 71213	48 06963	3 46950	47 95906	3 22413	45 69717	4 97596	43 30640	4 72492
51	56 05759	2 15318	54 66637	3 91111	51 00000	3 66637	49 11103	3 41889	47 03824	3 16862	46 81111	4 91548	44 45253	4 65942
52	58 96068	2 11697	55 62061	3 87015	52 00000	3 62061	50 15242	3 36828	48 11742	3 11310	47 92505	4 85500	45 59866	4 59392
53	59 86377	2 08075	56 57485	3 82919	53 00000	3 57485	51 19381	3 31767	49 19661	3 05758	47 03900	4 79452	46 74479	4 52842
54	60 76686	2 04454	57 52910	3 78824	54 00000	3 52910	52 23521	3 26706	50 27579	3 00206	48 15294	4 73404	47 89091	4 46292
55	61 66995	2 00833	58 48334	3 74728	55 00000	3 48334	53 27660	3 21645	51 35497	4 94655	49 26688	4 67356	47 03704	4 39741
56	62 57304	3 97212	59 43758	3 70632	56 00000	3 43758	54 31799	3 16584	52 43415	4 89103	50 38083	4 61308	48 18317	4 33191
57	63 47613	3 93591	60 39182	3 66536	57 00000	3 39182	55 35938	3 11523	53 51333	4 83551	51 49477	4 55260	49 32930	4 26641
58	64 37922	3 89969	61 34607	3 62440	58 00000	3 34607	56 40078	3 06462	54 59251	4 77999	52 60871	4 49212	50 47543	4 20091
59	65 28231	3 86348	62 30031	3 58344	59 00000	3 30031	57 44217	3 01401	55 67169	4 72448	53 72266	4 43164	51 62155	4 13541
60	66 18540	3 82727	63 25455	3 54248	60 00000	3 25455	58 48356	4 96340	56 75087	4 66896	54 83660	4 37116	52 76768	4 06991
61	67 08849	3 79106	64 20879	3 50152	61 00000	3 20879	59 52495	4 91279	57 83006	4 61344	55 95054	4 31067	53 91381	4 00441
62	69 99158	3 75485	65 16304	3 46057	62 00000	3 16304	60 56635	4 86218	58 90924	4 55793	55 06449	4 25019	53 05994	5 93890
63	70 89467	3 71863	66 11728	3 41961	63 00000	3 11728	61 60774	4 81157	59 98842	4 50241	56 17843	4 18971	54 20607	5 87340
64	71 79776	3 68242	67 07152	3 37865	64 00000	3 07152	62 64913	4 76096	59 06760	4 44689	57 29237	4 12923	55 35219	5 80790
65	72 70085	3 64621	68 02576	3 33769	65 00000	3 02576	63 69052	4 71035	60 14678	4 39137	58 40632	4 06875	56 49832	5 74240
66	73 60394	3 61000	70 98001	3 29673	66 00000	4 98001	64 73192	4 65974	61 22596	4 33586	59 52026	4 00827	57 64445	5 67690
67	74 50703	3 57378	71 93425	3 25577	67 00000	4 93425	65 77331	4 60913	62 30514	4 28034	60 63420	5 94779	58 79058	5 61140
68	75 41012	3 53757	72 88849	3 21481	68 00000	4 88849	66 81470	4 55852	63 38432	4 22482	61 74815	5 88731	59 93671	5 54589
69	76 31321	3 50136	73 84273	3 17386	69 00000	4 84273	67 85610	4 50791	64 46351	4 16930	62 86209	5 82683	59 08283	5 48039
70	77 21630	3 46515	74 79698	3 13290	70 00000	4 79698	68 89749	4 45730	65 54269	4 11379	63 97603	5 76635	60 22896	5 41489
71	78 11939	3 42894	75 75122	3 09194	71 00000	4 75122	69 93888	4 40669	66 62187	4 05827	63 08998	5 70587	61 37509	5 34939
72	79 02248	3 39272	76 70546	3 05098	72 00000	4 70546	70 98027	4 35608	67 70105	4 00275	64 20392	5 64539	62 52122	5 28389
73	81 92557	3 35651	77 65970	3 01002	73 00000	4 65970	70 02167	4 30547	68 78023	5 94724	65 31786	5 58491	63 66735	5 21839
74	82 82866	3 32030	78 61395	4 96906	74 00000	4 61395	71 06306	4 25486	69 85941	5 89172	66 43181	5 52442	64 81347	5 15289
75	83 73175	3 28409	79 56819	4 92810	75 00000	4 56819	72 10445	4 20425	70 93859	5 83620	67 54575	5 46394	65 95960	5 08738
76	84 63484	3 24787	80 52243	4 88715	76 00000	4 52243	73 14584	4 15364	70 01777	5 78068	68 65969	5 40346	65 10573	5 02188
77	85 53793	3 21166	81 47667	4 84619	77 00000	4 47667	74 18724	4 10303	71 09696	5 72517	69 77364	5 34298	66 25186	4 95638
78	86 44102	3 17545	82 43092	4 80523	78 00000	4 43092	75 22863	4 05242	72 17614	5 66965	70 88758	5 28250	67 39799	4 89088
79	87 34411	3 13924	83 38516	4 76427	79 00000	4 38516	76 27002	4 00181	73 25532	5 61413	70 00152	5 22202	68 54411	4 82538
80	88 24720	3 10303	84 33940	4 72331	80 00000	4 33940	77 31141	5 95120	74 33450	5 55861	71 11547	5 16154	69 69024	4 75988
81	89 15029	3 06681	85 29364	4 68235	81 00000	4 29364	78 35281	5 90059	75 41368	5 50310	72 22941	5 10106	70 83637	4 69437
82	90 05338	3 03060	86 24789	4 64139	82 00000	4 24789	79 39420	5 84998	76 49286	5 44758	73 34335	5 04058	71 98250	4 62887
83	92 95647	4 99439	87 20213	4 60044	83 00000	4 20213	80 43559	5 79937	77 57204	5 39206	74 45730	6 98010	71 12863	4 56337
84	93 85956	4 95818	88 15637	4 55948	84 00000	4 15637	81 47699	5 74876	78 65122	5 33654	75 57124	6 91962	72 27476	4 49787
85	94 76265	4 92197	89 11061	4 51852	85 00000	4 11061	82 51838	5 69815	79 73041	5 28103	76 68518	6 85914	73 42088	4 43237
86	95 66574	4 88575	90 06486	4 47756	86 00000	4 06486	83 55977	5 64754	80 80959	5 22551	77 79913	6 79866	74 56701	4 36687
87	96 56883	4 84954	91 01910	4 43660	87 00000	4 01910	84 60116	5 59693	81 88877	5 16999	78 91307	6 73817	75 71314	4 30137
88	97 47192	4 81333	93 97334	4 39564	88 00000	5 97334	85 64256	5 54632	82 96795	5 11448	78 02702	6 67769	76 85927	4 23586
89	98 37501	4 77712	94 92758	4 35468	89 00000	5 92758	86 68395	5 49571	82 04713	5 05896	79 14096	6 61721	76 00540	4 17036
90	99 27810	4 74090	95 88183	4 31373	90 00000	5 88183	87 72534	5 44510	83 12631	5 00344	80 25490	6 55673	77 15152	4 10486
91	100 18119	4 70469	96 83607	4 27277	91 00000	5 83607	88 76673	5 39449	84 20549	4 94792	81 36885	6 49625	78 29765	4 03936
92	101 08428	4 66848	97 79031	4 23181	92 00000	5 79031	89 80813	5 34388	85 28467	4 89241	82 48279	6 43577	79 44378	7 97386
93	103 98737	4 63227	98 74455	4 19085	93 00000	5 74455	90 84952	5 29327	86 36386	4 83689	83 59673	6 37529	80 58991	7 90836
94	104 89046	4 59606	99 69880	4 14989	94 00000	5 69880	91 89091	5 24266	87 44304	4 78137	84 71068	6 31481	81 73604	7 84285
95	105 79355	4 55984	100 65304	4 10893	95 00000	5 65304	92 93231	5 19205	88 52222	6 72585	85 82462	6 25433	82 88216	7 77735
96	106 69664	4 52363	101 60728	4 06797	96 00000	5 60728	93 97370	5 14144	89 60140	6 67034	86 93856	6 19385	82 02829	7 71185
97	107 59973	4 48742	102 56152	4 02702	97 00000	5 56152	93 01509	5 09083	90 68058	6 61482	86 05251	6 13337	83 17442	7 64635
98	108 50282	4 45121	103 51577	5 98606	98 00000	5 51577	94 05648	5 04022	91 75976	6 55930	87 16645	6 07289	84 32055	7 58085
99	109 40591	4 41499	104 47001	5 94510	99 00000	5 47001	95 09788	6 98961	92 83894	6 50378	88 28039	6 01241	85 46668	7 51535
100	110 30900	4 37878	105 42425	5 90414	100 00000	5 42425	96 13927	6 93900	93 91812	6 44827	89 39434	7 95193	86 61280	7 44985

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	$p\,(q)$ 0,15	$q\,(p)$ 0,85	$p\,(q)$ 0,16	$q\,(p)$ 0,84	$p\,(q)$ 0,17	$q\,(p)$ 0,83	$p\,(q)$ 0,18	$q\,(p)$ 0,82	$p\,(q)$ 0,19	$q\,(p)$ 0,81	$p\,(q)$ 0,20	$q\,(p)$ 0,80	$p\,(q)$ 0,21	$q\,(p)$ 0,79
0	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000
1	1 17609	1 92942	1 20412	1 92428	1 23045	1 91908	1 25527	1 91381	1 27875	1 90849	1 30103	1 90309	1 32222	1 89763
2	2 35218	1 85884	2 40824	1 84856	2 46090	1 83816	2 51055	1 82763	2 55751	1 81697	2 60206	1 80618	2 64444	1 79525
3	3 52827	1 78826	3 61236	1 77284	3 69135	1 75723	3 76582	1 74144	3 83626	1 72546	3 90309	1 70927	3 96666	1 69288
4	4 70437	1 71768	4 81648	1 69712	4 92180	1 67631	5 02109	1 65526	5 11501	1 63394	5 20412	1 61236	5 28888	1 59051
5	5 88046	1 64709	6 02060	1 62140	6 15224	1 59539	6 27636	1 56907	6 39377	1 54243	6 50515	1 51545	6 61110	1 48814
6	7 05655	1 57651	7 22472	1 54568	7 38269	1 51447	7 53164	1 48288	8 07252	1 45091	8 20618	1 41854	8 33332	1 38576
7	8 23264	1 50593	8 42884	1 46996	8 61314	1 43355	8 78691	1 39670	9 05128	1 35940	9 20721	1 32163	9 35554	1 28339
8	9 40873	1 43535	7 63296	1 39423	7 84359	1 35262	6 04218	1 31051	6 23003	1 26788	6 40824	1 22472	6 57775	1 18102
9	8 58482	1 36477	8 83708	1 31851	7 07404	1 27170	7 29745	1 22432	7 50878	1 17637	7 70927	1 12781	7 89997	1 07864
10	9 76091	1 29419	8 04120	1 24279	8 30449	1 19078	8 55273	1 13814	8 78754	1 08485	7 01030	1 03090	7 22219	2 97627
11	10 93700	1 22361	9 24532	1 16707	9 53494	1 10986	9 80800	1 05195	8 06629	2 99334	8 31133	2 93399	8 54441	2 87390
12	10 11310	1 15303	10 44944	1 09135	10 76539	1 02894	9 06327	2 96577	9 34504	2 90182	9 61236	2 83708	9 86663	2 77153
13	11 28919	1 08245	11 65356	1 01563	11 99584	2 94802	10 31854	2 87958	10 62380	2 81031	10 91339	2 74017	9 18885	2 66915
14	12 46528	1 01186	12 85768	2 93991	11 22628	2 86709	11 57382	2 79339	11 90255	2 71879	10 21442	2 64326	10 51107	2 56678
15	13 64137	2 94128	12 06180	2 86419	12 45673	2 78617	12 82909	2 70721	11 18130	2 62728	11 51545	2 54635	11 83329	2 46441
16	14 81746	2 87070	13 26592	2 78847	13 68718	2 70525	12 08436	2 62102	12 46006	2 53576	12 81648	2 44944	11 15551	2 36203
17	15 99355	2 80012	14 47004	2 71275	14 91763	2 62433	13 33963	2 53484	13 73881	2 44425	12 11751	2 35253	12 47773	2 25966
18	15 16964	2 72954	15 67416	2 63703	14 14808	2 54341	14 59491	2 44865	13 01756	2 35273	13 41854	2 25562	13 79995	2 15729
19	16 34573	2 65896	16 87828	2 56131	15 37853	2 46248	15 85018	2 36246	14 29632	2 26122	14 71957	2 15871	13 12217	2 05491
20	17 52183	2 58838	16 08240	2 48559	16 60898	2 38156	15 10545	2 27628	15 57507	2 16970	14 02060	2 06180	14 44439	3 95254
21	18 69792	2 51780	17 28652	2 40987	17 83943	2 30064	16 36072	2 19009	16 85383	2 07819	15 32163	3 96489	15 76661	3 85017
22	19 87401	2 44722	18 49064	2 33414	17 06988	2 21972	17 61600	2 10390	16 13258	3 98667	16 62266	3 86798	15 08882	3 74780
23	19 05010	2 37664	19 69476	2 25842	18 30033	2 13880	18 87127	2 01772	17 41133	3 89516	17 92369	3 77107	16 41104	3 64542
24	20 22619	2 30605	20 89888	2 18270	19 53077	2 05787	18 12654	3 93153	18 69009	3 80364	17 22472	3 67416	17 73326	3 54305
25	21 40228	2 23547	20 10300	2 10698	20 76122	3 97695	19 38181	3 84535	19 96884	3 71213	18 52575	3 57725	17 05548	3 44068
26	22 57837	2 16489	21 30712	2 03126	21 99167	3 89603	20 63709	3 75916	19 24759	3 62061	19 82678	3 48034	18 37770	3 33830
27	23 75446	2 09431	22 51124	3 95554	21 22212	3 81511	21 89236	3 67297	20 52635	3 52910	19 12781	3 38343	19 69992	3 23593
28	24 93056	2 02373	23 71536	3 87982	22 45257	3 73419	21 14763	3 58679	21 80510	3 43758	20 42884	3 28652	19 02214	3 13356
29	24 10665	3 95315	24 91948	3 80410	23 68302	3 65326	22 40290	3 50060	21 08385	3 34607	21 72987	3 18961	20 34436	3 03119
30	25 28274	3 88257	24 12360	3 72838	24 91347	3 57234	23 65818	3 41442	22 36261	3 25455	21 03090	3 09270	21 66658	4 92881
31	26 45883	3 81199	25 32772	3 65266	24 14392	3 49142	24 91345	3 32823	23 64136	3 16304	22 33193	4 99579	22 98880	4 82644
32	27 63492	3 74141	26 53184	3 57694	25 37437	3 41050	24 16872	3 24204	24 92012	3 07152	23 63296	4 89888	22 31102	4 72407
33	28 81101	3 67082	27 73596	3 50122	26 60481	3 32958	25 42399	3 15586	24 19887	4 98001	24 93399	4 80197	23 63324	4 62169
34	29 98710	3 60024	28 94008	3 42550	27 83526	3 24866	26 67927	3 06967	25 47762	4 88849	24 23502	4 70506	24 95546	4 51932
35	29 16319	3 52966	28 14420	3 34978	27 06571	3 16773	27 93454	2 98348	26 75638	4 79698	25 53605	4 60815	24 27768	4 41695
36	30 33929	3 45908	29 34832	3 27405	28 29616	3 08681	27 18981	2 89730	26 03513	4 70546	26 83708	4 51124	25 59989	4 31458
37	31 51538	3 38850	30 55244	3 19833	29 52661	3 00589	28 44508	2 81111	27 31388	4 61395	26 13811	4 41433	26 92211	4 21220
38	32 69147	3 31792	31 75656	3 12261	30 75706	2 92497	29 70036	2 72493	28 59264	4 52243	27 43914	4 31742	26 24433	4 10983
39	33 86756	3 24734	32 96068	3 04689	31 98751	2 84405	30 95563	2 63874	29 87139	4 43092	28 74017	4 22051	27 56655	4 00746
40	33 04365	3 17676	32 16480	4 97117	31 21796	4 76312	30 21090	4 55255	29 15014	4 33940	28 04120	4 12360	28 88877	5 90508
41	34 21974	3 10618	33 36892	4 89545	32 44841	4 68220	31 46617	4 46637	30 42890	4 24789	29 34223	4 02669	28 21099	5 80271
42	35 39583	3 03559	34 57304	4 81973	33 67885	4 60128	32 72145	4 38018	31 70765	4 15637	30 64326	5 92978	29 53321	5 70034
43	36 57192	4 96501	35 77716	4 74401	34 90930	4 52036	33 97672	4 29400	32 98640	4 06486	31 94429	5 83287	30 85543	5 59796
44	37 74802	4 89443	36 98128	4 66829	34 13975	4 43944	33 23199	4 20781	32 26516	5 97334	31 24532	5 73596	30 17765	5 49559
45	38 92411	4 82385	36 18540	4 59257	35 37020	4 35851	34 48726	4 12162	33 54391	5 88183	32 54635	5 63905	31 49987	5 39322
46	38 10020	4 75327	37 38952	4 51685	36 60065	4 27759	35 74254	4 03544	34 82267	5 79031	33 84738	5 54214	32 82209	5 29085
47	39 27629	4 68269	38 59364	4 44113	37 83110	4 19667	36 99781	3 94925	34 10142	5 69880	33 14841	5 44523	32 14431	5 18847
48	40 45238	4 61211	39 79776	4 36541	37 06155	4 11575	36 25308	3 86306	35 38017	5 60728	34 44944	5 34832	33 46653	5 08610
49	41 62847	4 54153	39 00188	4 28969	38 29200	4 03483	37 50835	3 77688	36 65893	5 51577	35 75047	5 25141	34 78875	6 98373
50	42 80456	4 47095	40 20600	4 21396	39 52245	3 95390	38 76363	3 69069	37 93768	5 42425	35 05150	5 15450	34 11096	6 88135
51	43 98065	4 40037	41 41012	4 13824	40 75290	3 87298	40 01890	3 60451	37 21643	5 33274	36 35253	5 05759	35 43318	6 77898
52	43 15675	4 32978	42 61424	4 06252	41 98334	3 79206	39 27417	3 51832	38 49519	5 24122	37 65356	4 96068	36 75540	6 67661
53	44 33284	4 25920	43 81836	3 98680	41 21379	3 71114	40 52944	3 43213	39 77394	5 14971	38 95459	4 86377	36 07762	6 57424
54	45 50893	4 18862	43 02248	3 91108	42 44424	3 63022	41 78472	3 34595	39 05269	5 05819	38 25562	4 76686	37 39984	6 47186
55	46 68502	4 11804	44 22660	5 83536	43 67469	3 54930	41 03999	3 25976	40 33145	6 96668	39 55665	6 66995	38 72206	6 36949
56	47 86111	4 04746	45 43072	5 75964	44 90514	3 46837	42 29526	3 17358	41 61020	6 87516	40 85768	6 57304	38 04428	6 26712
57	47 03720	3 97688	46 63484	5 68392	44 13559	3 38745	43 55053	3 08739	42 88896	6 78365	40 15871	6 47613	39 36650	6 16474
58	48 21329	3 90630	47 83896	5 60820	45 36604	3 30653	44 80581	5 00120	42 16771	6 69213	41 45974	6 37922	40 68872	6 06237
59	49 38938	5 83572	47 04308	5 53248	46 59649	5 22561	44 06108	6 91502	43 44646	6 60062	42 76077	6 28231	40 01094	7 96000
60	50 56548	5 76514	48 24720	5 45676	47 82694	5 14469	45 31635	6 82883	44 72522	6 50910	42 06180	6 18540	41 33316	7 85763
61	51 74157	5 69455	49 45132	5 38104	47 05738	5 06376	46 57162	6 74264	44 00397	6 41759	43 36283	6 08849	42 65538	7 75525
62	52 91766	5 62397	50 65544	5 30532	48 28783	6 98284	47 82690	6 65646	45 28272	6 32607	44 66386	7 99158	43 97760	7 65288
63	52 09375	5 55339	51 85956	5 22960	49 51828	6 90192	47 08217	6 57027	46 56148	6 23456	45 96489	7 89467	43 29982	7 55051
64	53 26984	5 48281	51 06368	5 15387	50 74873	6 82100	48 33744	6 48409	47 84023	6 14304	45 26592	7 79776	44 62203	7 44813
65	54 44593	5 41223	52 26780	5 07815	51 97918	6 74008	49 59271	6 39790	47 11898	6 05153	46 56695	7 70085	45 94425	7 34576
66	55 62202	5 34165	53 47192	5 00243	51 20963	6 65915	50 84799	6 31171	48 39774	7 96001	47 86798	7 60394	45 26647	7 24339
67	56 79811	5 27107	54 67604	6 92671	52 44008	6 57823	50 10326	6 22553	49 67649	7 86850	47 16901	7 50703	46 58869	7 14102
68	57 97421	5 20049	55 88016	6 85099	53 67053	6 49731	51 35853	6 13934	50 95524	7 77698	48 47004	7 41012	47 91091	7 03864
69	57 15030	5 12991	55 08428	6 77527	54 90098	6 41639	52 61380	6 05316	50 23400	7 68547	49 77107	7 31321	47 23313	8 93627
70	58 32639	5 05932	56 28840	6 69955	54 13142	6 33547	53 86908	7 96697	51 51275	7 59395	49 07210	7 21630	48 55535	8 83390
71	59 50248	6 98874	57 49252	6 62383	55 36187	6 25454	53 12435	7 88078	52 79151	7 50244	50 37313	7 11939	49 87757	8 73152
72	60 67857	6 91816	58 69664	6 54811	56 59232	6 17362	54 37962	7 79460	52 07026	7 41092	51 67416	7 02248	49 19979	8 62915
73	61 85466	6 84758	59 90076	6 47239	57 82277	6 09270	55 63489	7 70841	53 34901	7 31941	52 97519	8 92557	50 52201	8 52678
74	61 03075	6 77700	59 10488	6 39667	57 05322	6 01178	56 89017	7 62223	54 62777	7 22789	52 27622	8 82866	51 84423	8 42440
75	62 20684	6 70642	60 30900	6 32095	58 28367	7 93086	56 14544	7 53604	55 90652	7 13638	53 57725	8 73175	51 16645	8 32203
76	63 38294	6 63584	61 51312	6 24523	59 51412	7 84994	57 40071	7 44985	55 18527	7 04486	54 87828	8 63484	52 48867	8 21966
77	64 55903	6 56526	62 71724	6 16951	60 74457	7 76901	58 65598	7 36367	56 46403	8 95335	54 17931	8 53793	53 81089	8 11729
78	65 73512	6 49468	63 92136	6 09378	61 97502	7 68809	59 91126	7 27748	57 74278	8 86183	55 48034	8 44102	53 13311	8 01491
79	66 91121	6 42410	63 12548	6 01806	61 20546	7 60717	59 16653	7 19129	57 02153	8 77032	56 78137	8 34411	54 45532	9 91254
80	66 08730	6 35351	64 32960	7 94234	62 43591	7 52625	60 42180	7 10511	58 30029	8 67880	56 08240	8 24720	55 77754	9 81017
81	67 26339	6 28293	65 53372	7 86662	63 66636	7 44533	61 67707	7 01892	59 57904	8 58729	57 38343	8 15029	55 09976	9 70779
82	68 43948	6 21235	66 73784	7 79090	64 89681	7 36440	62 93235	8 93274	60 85780	8 49577	58 68446	8 05338	56 42198	9 60542
83	69 61557	6 14177	67 94196	7 71518	64 12726	7 28348	62 18762	8 84655	60 13655	8 40426	59 98549	9 95647	57 74420	9 50305
84	70 79167	6 07119	67 14608	7 63946	65 35771	7 20256	63 44289	8 76036	61 41530	8 31274	59 28652	9 85956	57 06642	9 40068
85	71 96776	6 00061	68 35020	7 56374	66 58816	7 12164	64 69816	8 67418	62 69406	8 22123	60 58755	9 76265	58 38864	9 29830
86	71 14385	7 93003	69 55432	7 48802	67 81861	7 04072	65 95344	8 58799	63 97281	8 12971	61 88858	9 66574	59 71086	9 19593
87	72 31994	7 85945	70 75844	7 41230	67 04906	8 95979	65 20871	8 50181	63 25156	8 03820	61 18961	9 56883	59 03308	9 09356
88	73 49603	7 78887	71 96256	7 33658	68 27951	8 87887	66 46398	8 41562	64 53032	9 94668	62 49064	9 47192	60 35530	10 99118
89	74 67212	7 71828	71 16668	7 26086	69 50995	8 79795	67 71925	8 32943	65 80907	9 85517	63 79167	9 37501	61 67752	10 88881
90	75 84821	7 64770	72 37080	7 18514	70 74040	8 71703	68 97453	8 24325	65 08782	9 76365	63 09270	9 27810	62 99974	10 78644
91	75 02430	7 57712	73 57492	7 10942	71 97085	8 63611	68 22980	8 15706	66 36658	9 67214	64 39373	9 18119	62 32196	10 68407
92	76 20040	7 50654	74 77904	7 03369	71 20130	8 55518	69 48507	8 07087	67 64533	9 58062	65 69476	9 08428	63 64418	10 58169
93	77 37649	7 43596	75 98316	8 95797	72 43175	8 47426	70 74034	9 98469	68 92408	9 48911	66 99579	10 98737	64 96639	10 47932
94	78 55258	7 36538	75 18728	8 88225	73 66220	8 39334	71 99562	9 89850	68 20284	9 39759	66 29682	10 89046	64 28861	10 37695
95	79 72867	7 29480	76 39140	8 80653	74 89265	8 31242	71 25089	9 81232	69 48159	9 30608	67 59785	10 79355	65 61083	10 27457
96	80 90476	7 22422	77 59552	8 73081	74 12310	8 23150	72 50616	9 72613	70 76035	9 21456	68 89888	10 69664	66 93305	10 17220
97	80 08085	7 15364	78 79964	8 65509	75 35355	8 15057	73 76143	9 63994	70 03910	9 12305	68 19991	10 59973	66 25527	10 06983
98	81 25694	7 08305	78 00376	8 57937	76 58399	8 06965	73 01671	9 55376	71 31785	9 03153	69 50094	10 50282	67 57749	11 96745
99	82 43303	7 01247	79 20788	8 50365	77 81444	9 98873	74 27198	9 46757	72 59661	10 94002	70 80197	10 40591	68 89971	11 86508
100	83 60913	8 94189	80 41200	8 42793	77 04489	9 90781	75 52725	9 38139	73 87536	10 84850	70 10300	10 30900	68 22193	11 76271

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen* von p^n und q^n $(q = 1-p)$

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	p (q) 0,22	q (p) 0,78	p (q) 0,23	q (p) 0,77	p (q) 0,24	q (p) 0,76	p (q) 0,25	q (p) 0,75	p (q) 0,26	q (p) 0,74	p (q) 0,27	q (p) 0,73	p (q) 0,28	q (p) 0,72
0	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000
1	1 34242	1 89209	1 36173	1 88649	1 38021	1 88081	1 39794	1 87506	1 41497	1 86923	1 43136	1 86332	1 44716	1 85733
2	2 68485	1 78419	2 72346	1 77298	2 76042	1 76163	2 79588	1 75012	2 82995	1 73846	2 86273	1 72665	2 89432	1 71466
3	2 02727	1 67628	2 08518	1 65947	2 14063	1 64244	2 19382	1 62518	2 24492	1 60770	2 29409	1 58997	2 34147	1 57200
4	3 36969	1 56838	3 44691	1 54596	3 52084	1 52325	3 59176	1 50025	3 65989	1 47693	3 72546	1 45329	3 78863	1 42933
5	4 71211	1 46047	4 80864	1 43245	4 90106	1 40407	4 98970	1 37531	3 07487	1 34616	3 15682	1 31661	3 23579	1 28666
6	4 05454	1 35257	4 17037	1 31894	4 28127	1 28488	4 38764	1 25037	4 48984	1 21539	4 58818	1 17994	4 68295	1 14399
7	5 39696	1 24466	5 53209	1 20544	5 66148	1 16570	5 78558	1 12543	5 90481	1 08462	4 01955	1 04326	4 13011	1 00133
8	6 73938	1 13676	6 89382	1 09193	5 04169	1 04651	5 18352	1 00049	5 31979	2 95385	5 45091	2 90658	5 57726	2 85866
9	6 08180	1 02885	6 25555	2 97842	6 42190	2 92732	6 58146	2 87555	6 73476	2 82309	6 88227	2 76991	5 02442	2 71599
10	7 42423	2 92095	7 61728	2 86491	7 80211	2 80814	7 97940	2 75061	6 14973	2 69232	6 31364	2 63323	6 47158	2 57332
11	8 76665	2 81304	8 97901	2 75140	7 18232	2 68895	7 37734	2 62567	7 56471	2 56155	7 74500	2 49655	7 91874	2 43066
12	8 10907	2 70514	8 34073	2 63789	8 56253	2 56976	8 77528	2 50074	8 97968	2 43078	7 17637	2 35987	7 36590	2 28799
13	9 45149	2 59723	9 70246	2 52438	9 94275	2 45058	8 17322	2 37580	8 39465	2 30001	8 60773	2 22320	8 81305	2 14532
14	10 79392	2 48932	9 06419	2 41087	9 32296	2 33139	9 57116	2 25086	9 80963	2 16924	8 03909	2 08652	8 26021	2 00265
15	10 13634	2 38142	10 42592	2 29736	10 70317	2 21220	10 96910	2 12592	9 22460	2 03848	9 47046	3 94984	9 70737	3 85999
16	11 47876	2 27351	11 78765	2 18385	10 08338	2 09302	10 36704	2 00098	10 63957	3 90771	10 90182	3 81317	9 15453	3 71732
17	12 82119	2 16561	11 14937	2 07034	11 46359	3 97383	11 76498	3 87604	10 05455	3 77694	10 33318	3 67649	10 60169	3 57465
18	12 16361	2 05770	12 51110	3 95683	12 84380	3 85464	11 16292	3 75110	11 46952	3 64617	11 76455	3 53981	10 04884	3 43198
19	13 50603	3 94980	13 87283	3 84332	12 22401	3 73546	12 56086	3 62616	12 88449	3 51540	11 19591	3 40313	11 49600	3 28932
20	14 84845	3 84189	13 23456	3 72981	13 60422	3 61627	13 95880	3 50123	12 29947	3 38463	12 62728	3 26646	12 94316	3 14665
21	14 19088	3 73399	14 59628	3 61631	14 98444	3 49709	13 35674	3 37629	13 71444	3 25387	12 05864	3 12978	12 39032	3 00398
22	15 53330	3 62608	15 95801	3 50280	14 36465	3 37790	14 75468	3 25135	13 12941	3 12310	13 49000	4 99310	13 83748	4 86131
23	16 87572	3 51818	15 31974	3 38929	15 74486	3 25871	14 15262	3 12641	14 54439	4 99233	14 92137	4 85643	13 28463	4 71865
24	16 21814	3 41027	16 68147	3 27578	15 12507	3 13953	15 55056	3 00147	15 95936	4 86156	14 35273	4 71975	14 73179	4 57598
25	17 56057	3 30237	16 04320	3 16227	16 50528	3 02034	16 94850	4 87653	15 37433	4 73079	15 78409	4 58307	14 17895	4 43331
26	18 90299	3 19446	17 40492	3 04876	17 88549	4 90115	16 34644	4 75159	16 78931	4 60002	15 21546	4 44639	15 62611	4 29064
27	18 24541	3 08655	18 76665	4 93525	17 26570	4 78197	17 74438	4 62665	16 20428	4 46926	16 64682	4 30972	15 07327	4 14798
28	19 58784	4 97865	18 12838	4 82174	18 64591	4 66278	17 14232	4 50172	17 61925	4 33849	16 07819	4 17304	16 52042	4 00531
29	20 93026	4 87074	19 49011	4 70823	18 02613	4 54359	18 54026	4 37678	17 03423	4 20772	17 50955	4 03636	17 96758	3 86264
30	20 27268	4 76284	20 85184	4 59472	19 40634	4 42441	19 93820	4 25184	18 44920	4 07695	18 94091	5 89969	17 41474	5 71997
31	21 61510	4 65493	20 21356	4 48121	20 78655	4 30522	19 33614	4 12690	19 86417	5 94618	18 37228	5 76301	18 86190	5 57731
32	22 95753	4 54703	21 57529	4 36770	20 16676	4 18603	20 73408	4 00196	19 27915	5 81542	19 80364	5 62633	18 30906	5 43464
33	22 29995	4 43912	22 93702	4 25419	21 54697	4 06685	20 13202	3 87702	20 69412	5 68465	19 23500	5 48965	19 75622	5 29197
34	23 64237	4 33122	22 29875	4 14068	22 92718	3 94766	21 52996	3 75208	20 10909	5 55388	20 66637	5 35298	19 20337	5 14930
35	24 98479	4 22331	23 66047	4 02718	22 30739	5 82848	22 92790	5 62714	21 52407	5 42311	20 09773	5 21630	20 65053	5 00664
36	24 32722	4 11541	23 02220	5 91367	23 68760	5 70929	22 32584	5 50221	22 93904	5 29234	21 52910	5 07962	20 09769	6 86397
37	25 66964	4 00750	24 38393	5 80016	23 06782	5 59010	23 72378	5 37727	22 35401	5 16157	22 96046	6 94295	21 54485	6 72130
38	25 01206	5 89959	25 74566	5 68665	24 44803	5 47092	23 12172	5 25233	23 76899	5 03081	22 39182	6 80627	22 99201	6 57863
39	26 35448	5 79169	25 10739	5 57314	25 82824	5 35173	24 51966	5 12739	23 18396	6 90004	23 82319	6 66959	22 43916	6 43597
40	27 69691	5 68378	26 46911	5 45963	25 20845	5 23254	25 91760	5 00245	24 59893	6 76927	23 25455	6 53291	23 88632	6 29330
41	27 03933	5 57588	27 83084	5 34612	26 58866	5 11336	25 31554	6 87751	24 01391	6 63850	24 68591	6 39624	23 33348	6 15063
42	28 38175	5 46797	27 19257	5 23261	27 96887	6 99417	26 71348	6 75257	25 42888	6 50773	24 11728	6 25956	24 78064	6 00796
43	29 72418	5 36007	28 55430	5 11910	27 34908	6 87498	26 11142	6 62763	26 84385	6 37696	25 54864	6 12288	24 22780	7 86530
44	29 06660	5 25216	29 91602	5 00559	28 72929	6 75580	27 50936	6 50270	26 25883	6 24620	26 98001	7 98621	25 67495	7 72263
45	30 40902	5 14426	29 27775	6 89208	28 10951	6 63661	28 90730	6 37776	27 67380	6 11543	26 41137	7 84953	25 12211	7 57996
46	31 75144	5 03635	30 63948	6 77857	29 48972	6 51743	28 30524	6 25282	27 08877	7 98466	27 84273	7 71285	26 56927	7 43729
47	31 09387	6 92845	30 00121	6 66506	30 86993	6 39824	29 70318	6 12788	28 50375	7 85389	27 27410	7 57617	26 01643	7 29463
48	32 43629	6 82054	31 36294	6 55155	30 25014	6 27905	30 10112	6 00294	29 91872	7 72312	28 70546	7 43950	27 46359	7 15196
49	33 77871	6 71264	32 72466	6 43805	31 63035	6 15987	30 49906	5 87800	29 33369	7 59235	28 13682	7 30282	28 91074	7 00929
50	33 12113	6 60473	32 08639	6 32454	31 01056	6 04068	31 89700	7 75306	30 74867	7 46159	29 56819	7 16614	28 35790	8 86662
51	34 46356	6 49682	33 44812	6 21103	32 39077	7 92149	31 29494	7 62812	30 16364	7 33082	30 99955	7 02947	29 80506	8 72396
52	35 80598	6 38892	34 80985	6 09752	33 77098	7 80231	32 69288	7 50319	31 57861	7 20005	30 43092	8 89279	29 25222	8 58129
53	35 14840	6 28101	34 17158	7 98401	33 15120	7 68312	32 09082	7 37825	32 99359	7 06928	31 86228	8 75611	30 69938	8 43862
54	36 49082	6 17311	35 53330	7 87050	34 53141	7 56393	33 48876	7 25331	32 40856	8 93851	31 29364	8 61943	30 14653	8 29595
55	37 83325	6 06520	36 89503	7 75699	35 91162	7 44475	34 88670	7 12837	33 82353	8 80774	32 72501	8 48276	31 59369	8 15329
56	37 17567	7 95730	36 25676	7 64348	35 29183	7 32556	34 28464	7 00343	33 23851	8 67698	32 15637	8 34608	31 04085	8 01062
57	38 51809	7 84939	37 61849	7 52997	36 67204	7 20637	35 68258	8 87849	34 65348	8 54621	33 58773	8 20940	32 48801	9 86795
58	39 86052	7 74149	38 98021	7 41646	36 05225	7 08719	35 08052	8 75355	34 06845	8 41544	33 01910	8 07273	33 93517	9 72528
59	39 20294	7 63358	38 34194	7 30295	37 43246	8 96800	36 47846	8 62861	35 48343	8 28467	34 45046	9 93605	33 38232	9 58262
60	40 54536	7 52568	39 70367	7 18944	38 81267	8 84882	37 87640	8 50368	36 89840	8 15390	35 88183	9 79937	34 82948	9 43995
61	41 88778	7 41777	39 06540	7 07593	38 19289	8 72963	37 27434	8 37874	36 31337	8 02313	35 31319	9 66269	34 27664	9 29728
62	41 23021	7 30987	40 42713	8 96242	39 57310	8 61044	38 67228	8 25380	37 72835	9 89237	36 74455	9 52602	35 72380	9 15461
63	42 57263	7 20196	41 78885	8 84892	40 95331	8 49126	38 07022	8 12886	37 14332	9 76160	36 17592	9 38934	35 17096	9 01195
64	43 91505	7 09405	41 15058	8 73541	40 33352	8 37207	39 46816	8 00392	38 55829	9 63083	37 60728	9 25266	36 61811	10 86928
65	43 25747	8 98615	42 51231	8 62190	41 71373	8 25288	40 86610	9 87898	39 97327	9 50006	37 03864	9 11599	36 06527	10 72661
66	44 59990	8 87824	43 87404	8 50839	41 09394	8 13370	40 26404	9 75404	39 38824	9 36929	38 47001	10 97931	37 51243	10 58394
67	45 94232	8 77034	43 23577	8 39488	42 47415	8 01451	41 66198	9 62910	40 80321	9 23853	39 90137	10 84263	38 95959	10 44128
68	45 28474	8 66243	44 59749	8 28137	43 85436	9 89532	41 05992	9 50417	40 21819	9 10776	39 33274	10 70595	38 40675	10 29861
69	46 62716	8 55453	45 95922	8 16786	43 23458	9 77614	42 45786	9 37923	41 63316	10 97699	40 76410	10 56928	39 85390	10 15594
70	47 96959	8 44662	45 32095	8 05435	44 61479	9 65695	43 85580	9 25429	41 04813	10 84622	40 19546	10 43260	39 30106	10 01327
71	47 31201	8 33872	46 68268	9 94084	45 99500	9 53777	43 25374	9 12935	42 46311	10 71545	41 62683	10 29592	40 74822	11 87061
72	48 65443	8 23081	46 04440	9 82733	45 37521	9 41858	44 65168	9 00441	43 87808	10 58468	41 05819	10 15925	40 19538	11 72794
73	49 99686	8 12291	47 40613	9 71382	46 75542	9 29939	44 04962	10 87947	43 29305	10 45392	42 48955	10 02257	41 64254	11 58527
74	49 33928	8 01500	48 76786	9 60031	46 13563	9 18021	45 44756	10 75453	44 70803	10 32315	43 92092	11 88589	41 08969	11 44260
75	50 68170	9 90710	48 12959	9 48680	47 51584	9 06102	46 84550	10 62959	44 12300	10 19238	43 35228	11 74921	42 53685	11 29994
76	50 02412	9 79919	49 49132	9 37330	48 89605	10 94183	46 24344	10 50466	45 53797	10 06161	44 78365	11 61254	43 98401	11 15727
77	51 36655	9 69128	50 85304	9 25979	48 27627	10 82265	47 64138	10 37972	46 95295	11 93084	44 21501	11 47586	43 43117	11 01460
78	52 70897	9 58338	50 21477	9 14628	49 65648	10 70346	47 03932	10 25478	46 36792	11 80007	45 64637	11 33918	44 87833	12 87193
79	52 05139	9 47547	51 57650	9 03277	49 03669	10 58427	48 43726	10 12984	47 78289	11 66931	45 07774	11 20251	44 32548	12 72927
80	53 39381	9 36757	52 93823	10 91926	50 41690	10 46509	49 83520	10 00490	47 19787	11 53854	46 50910	11 06583	45 77264	12 58660
81	54 73624	9 25966	52 29995	10 80575	51 79711	10 34590	49 23314	11 87996	48 61284	11 40777	47 94046	12 92915	45 21980	12 44393
82	54 07866	9 15176	53 66168	10 69224	51 17732	10 22671	50 63108	11 75502	48 02781	11 27700	47 37183	12 79247	46 66696	12 30126
83	55 42108	9 04385	53 02341	10 57873	52 55753	10 10753	50 02902	11 63008	49 44279	11 14623	48 80319	12 65580	46 11412	12 15860
84	56 76351	10 93595	54 38514	10 46522	53 93774	11 98834	51 42696	11 50515	50 85776	11 01546	48 23456	12 51912	47 56127	12 01593
85	56 10593	10 82804	55 74687	10 35171	53 31796	11 86916	52 82490	11 38021	50 27273	12 88470	49 66592	12 38244	47 00843	13 87326
86	57 44835	10 72014	55 10859	10 23820	54 69817	11 74997	52 22284	11 25527	51 68771	12 75393	49 09728	12 24577	48 45559	13 73059
87	58 79077	10 61223	56 47032	10 12469	54 07838	11 63078	53 62078	11 13033	51 10268	12 62316	50 52865	12 10909	49 90275	13 58793
88	58 13320	10 50433	57 83205	10 01118	55 45859	11 51160	53 01872	11 00539	52 51765	12 49239	51 96001	13 97241	49 34991	13 44526
89	59 47562	10 39642	57 19378	11 89767	56 83880	11 39241	54 41666	12 88045	53 93263	12 36162	51 39138	13 83573	50 79706	13 30259
90	60 81804	10 28851	58 55551	11 78417	56 21901	11 27322	55 81460	12 75551	53 34760	12 23085	52 82274	13 69906	50 24422	13 15992
91	60 16046	10 18061	59 91723	11 67066	57 59922	11 15404	55 21254	12 63057	54 76257	12 10009	52 25410	13 56238	51 69138	13 01726
92	61 50289	10 07270	59 27896	11 55715	58 97943	11 03485	56 61048	12 50564	54 17755	13 96932	53 68547	13 42570	51 13854	14 87459
93	62 84531	11 96480	60 64069	11 44364	58 35965	12 91566	56 00842	12 38070	55 59252	13 83855	53 11683	13 28903	52 58570	14 73192
94	62 18773	11 85689	60 00242	11 33013	59 73986	12 79648	57 40636	12 25576	55 00749	13 70778	54 54819	13 15235	52 03285	14 58925
95	63 53015	11 74899	61 36414	11 21662	59 12007	12 67729	58 80430	12 13082	56 42247	13 57701	55 97956	13 01567	53 48001	14 44659
96	64 87258	11 64108	62 72587	11 10311	60 50028	12 55810	58 20224	12 00588	57 83744	13 44625	55 41092	14 87899	54 92717	14 30392
97	64 21500	11 53318	62 08760	12 98960	61 88049	12 43892	59 60018	13 88094	57 25241	13 31548	56 84229	14 74232	54 37433	14 16125
98	65 55742	11 42527	63 44933	12 87609	61 26070	12 31973	60 99812	13 75600	58 66739	13 18471	56 27365	14 60564	55 82149	14 01858
99	66 89985	11 31737	64 81106	12 76258	62 64091	12 20055	60 39606	13 63107	58 08236	13 05394	57 70501	14 46896	55 26865	15 87592
100	66 24227	11 20946	64 17278	12 64907	62 02112	12 08136	61 79400	13 50613	59 49733	14 92317	57 13638	14 33229	56 71580	15 73325

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Zehnerlogarithmen* von p^n und q^n $(q = 1 - p)$

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	p (q) 0,29	q (p) 0,71	p (q) 0,30	q (p) 0,70	p (q) 0,31	q (p) 0,69	p (q) 0,32	q (p) 0,68	p (q) 0,33	q (p) 0,67	p (q) 0,34	q (p) 0,66	p (q) 0,35	q (p) 0,65
0	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000
1	1 46240	1 85126	1 47712	1 84510	1 49136	1 83885	1 50515	1 83251	1 51851	1 82607	1 53148	1 81954	1 54407	1 81291
2	2 92480	1 70252	2 95424	1 69020	2 98272	1 67770	1 01030	1 66502	1 03703	1 65215	1 06296	1 63909	1 08814	1 62583
3	2 38719	1 55378	2 43136	1 53529	2 47409	1 51655	2 51545	1 49753	2 55554	1 47822	2 59444	1 45863	2 63220	1 43874
4	3 84959	1 40503	3 90849	1 38039	3 96545	1 35540	2 02060	1 33004	2 07406	1 30430	2 12592	1 27818	2 17627	1 25165
5	3 31199	1 25629	3 38561	1 22549	3 45681	1 19425	3 52575	1 16254	3 59257	1 13037	3 65739	1 09772	3 72034	1 06457
6	4 77439	1 10755	4 86273	1 07059	4 94817	1 03309	3 03090	2 99505	3 11108	2 95645	3 18887	2 91726	3 26441	2 87748
7	4 23679	2 95881	4 33985	2 91569	4 43953	2 87194	4 53605	2 82756	4 62960	2 78252	4 72035	2 73681	4 80848	2 69039
8	5 69918	2 81007	5 81697	2 76078	5 93089	2 71079	4 04120	2 66007	4 14811	2 60860	4 25183	2 55635	4 35254	2 50331
9	5 16158	2 66133	5 29409	2 60588	5 42226	2 54964	5 54635	2 49258	5 66663	2 43467	5 78331	2 37590	5 89661	2 31622
10	6 62398	2 51258	6 77121	2 45098	6 91362	2 38849	5 05150	2 32509	5 18514	2 26075	5 31479	2 19544	5 44068	2 12913
11	6 08638	2 36384	6 24833	2 29608	6 40498	2 22734	6 55665	2 15760	6 70365	2 08682	6 84627	2 01498	6 98475	3 94205
12	7 54878	2 21510	7 72546	2 14118	7 89634	2 06619	6 06180	3 99011	6 22217	3 91290	6 37775	3 83453	6 52882	3 75496
13	7 01117	2 06636	7 20258	3 98627	7 38770	3 90504	7 56695	3 82262	7 74068	3 73897	7 90923	3 65407	6 07288	3 56787
14	8 47357	3 91762	8 67970	3 83137	8 87906	3 74389	7 07210	3 65512	7 25920	3 56505	7 44070	3 47362	7 61695	3 38079
15	9 93597	3 76888	8 15682	3 67647	8 37043	3 58274	8 57725	3 48763	8 77771	3 39112	8 97218	3 29316	7 16102	3 19370
16	9 39837	3 62013	9 63394	3 52157	9 86179	3 42159	8 08240	3 32014	8 29622	3 21720	8 50366	3 11270	8 70509	3 00661
17	**10** 86077	3 47139	9 11106	3 36667	9 35315	3 26043	9 58755	3 15265	9 81474	3 04327	8 03514	4 93225	8 24916	4 81953
18	**10** 32316	3 32265	**10** 58818	3 21176	**10** 84451	3 09928	9 09270	4 98516	9 33325	4 86935	9 56662	4 75179	9 79322	4 63244
19	11 78556	3 17391	**10** 06530	3 05686	**10** 33587	4 93813	**10** 59785	4 81767	**10** 85176	4 69542	9 09810	4 57133	9 33729	4 44535
20	11 24796	3 02517	11 54243	4 90196	11 82723	4 77698	**10** 10300	4 65018	**10** 37028	4 52150	**10** 62958	4 39088	**10** 88136	4 25827
21	12 71036	4 87643	11 01955	4 74706	11 31860	4 61583	11 60815	4 48269	11 88879	4 34757	**10** 16106	4 21042	**10** 42543	4 07118
22	12 17276	4 72768	12 49667	4 59216	12 80996	4 45468	11 11330	4 31520	11 40731	4 17365	11 69254	4 02997	11 96950	5 88409
23	13 63515	4 57894	13 97379	4 43725	12 30132	4 29353	12 61845	4 14770	12 92582	5 99972	11 22402	5 84951	11 51357	5 69701
24	13 09755	4 43020	13 45091	4 28235	13 79268	4 13238	12 12360	5 98021	12 44433	5 82580	12 75549	5 66905	11 05763	5 50992
25	14 55995	4 28146	14 92803	4 12745	13 28404	5 97123	13 62875	5 81272	13 96285	5 65187	12 28697	5 48860	12 60170	5 32283
26	14 02235	4 13272	14 40515	5 97255	14 77540	5 81008	13 13390	5 64523	13 48136	5 47794	13 81845	5 30814	12 14577	5 13575
27	15 48475	5 98398	15 88227	5 81765	14 26677	5 64893	14 63905	5 47774	14 99988	5 30402	13 34993	5 12769	13 68984	6 94866
28	16 94714	5 83523	15 35940	5 66275	15 75813	5 48777	14 14420	5 31025	14 51839	5 13009	14 88141	6 94723	13 23391	6 76157
29	16 40954	5 68649	16 83652	5 50784	15 24949	5 32662	15 64935	5 14276	14 03690	4 95617	14 41289	6 76677	14 77797	6 57449
30	17 87194	5 53775	16 31364	5 35294	16 74085	5 16547	15 15450	6 97527	15 55542	6 78224	15 94437	6 58632	14 32204	6 38740
31	17 33434	5 38901	17 79076	5 19804	16 23221	5 00432	16 65965	6 80778	15 07393	6 60832	15 47585	6 40586	15 86611	6 20031
32	18 79674	5 24027	17 26788	5 04314	17 72357	6 84317	16 16480	6 64029	16 59245	6 43439	15 00733	6 22541	15 41018	6 01323
33	18 25913	5 09153	18 74500	6 88824	17 21494	6 68202	17 66995	6 47279	16 11096	6 26047	16 53880	6 04495	16 95425	7 82614
34	19 72153	6 94278	18 22212	6 73333	18 70630	6 52087	17 17510	6 30530	17 62947	6 08654	16 07028	7 86449	16 49831	7 63905
35	19 18393	6 79404	19 69924	6 57843	18 19766	6 35972	18 68025	6 13781	17 14799	7 91262	17 60176	7 68404	16 04238	7 45197
36	20 64633	6 64530	19 17637	6 42353	19 68902	6 19857	18 18540	7 97032	18 66650	7 73869	17 13324	7 50358	17 58645	7 26488
37	20 10873	6 49656	20 65349	6 26863	19 18038	6 03742	19 69055	7 80283	18 18502	7 56477	18 66472	7 32313	17 13052	7 07779
38	21 57112	6 34782	20 13061	6 11373	20 67174	7 87627	19 19570	7 63534	19 70353	7 39084	18 19620	7 14267	18 67459	8 89071
39	21 03352	6 19908	21 60773	7 95882	20 16311	7 71511	20 70085	7 46785	19 22204	7 21692	19 72768	8 96221	18 21865	8 70362
40	22 49592	6 05033	21 08485	7 80392	21 65447	7 55396	20 20600	7 30036	20 74056	7 04299	19 25916	8 78176	19 76272	8 51653
41	23 95832	7 90159	22 56197	7 64902	21 14583	7 39281	21 71115	7 13287	20 25907	8 86907	20 79064	8 60130	19 30679	8 32945
42	23 42072	7 75285	22 03909	7 49412	22 63719	7 23166	21 21630	8 96537	21 77759	8 69514	20 32211	8 42085	20 85086	8 14236
43	24 88311	7 60411	23 51621	7 33922	22 12855	7 07051	22 72145	8 79788	21 29610	8 52122	21 85359	8 24039	20 39493	9 95527
44	24 34551	7 45537	24 99334	7 18431	23 61991	8 90936	22 22660	8 63039	22 81461	8 34729	21 38507	8 05993	21 93899	9 76819
45	25 80791	7 30663	24 47046	7 02941	23 11128	8 74821	23 73175	8 46290	22 33313	8 17337	22 91655	8 87948	21 48306	9 58110
46	25 27031	7 15788	25 94758	8 87451	24 60264	8 58706	23 23690	8 29541	23 85164	9 99944	22 44803	9 69902	21 02713	9 39401
47	26 73271	7 00914	25 42470	8 71961	24 09400	8 42591	24 74205	8 12792	23 37016	9 82552	23 97951	9 51856	22 57120	9 20693
48	26 19510	8 86040	26 90182	8 56471	25 58536	8 26476	24 24720	9 96043	24 88867	9 65159	23 51099	9 33811	22 11527	9 01984
49	27 65750	8 71166	26 37894	8 40980	25 07672	8 10361	25 75235	9 79294	24 40718	9 47767	23 04247	9 15765	23 65933	**10** 83275
50	27 11990	8 56292	27 85606	8 25490	26 56808	9 94245	25 25750	9 62545	25 92570	9 30374	24 57395	**10** 97720	23 20340	**10** 64567
51	28 58230	8 41418	27 33318	8 10000	26 05945	9 78130	26 76265	9 45795	25 44421	9 12981	24 10542	**10** 79674	24 74747	**10** 45858
52	28 04470	8 26543	28 81031	9 94510	27 55081	9 62015	26 26780	9 29046	26 96272	**10** 95589	25 63690	**10** 61628	24 29154	**10** 27149
53	29 50709	8 11669	28 28743	9 79020	27 04217	9 45900	27 77295	9 12297	26 48124	**10** 78196	25 16838	**10** 43583	25 83561	**10** 08441
54	30 96949	9 96795	29 76455	9 63529	28 53353	9 29785	27 27810	**10** 95548	27 99975	**10** 60804	26 69986	**10** 25537	25 37967	**11** 89732
55	30 43189	9 81921	29 24167	9 48039	28 02489	9 13670	28 78325	**10** 78799	27 51827	**10** 43411	26 23134	**10** 07492	26 92374	**11** 71023
56	31 89429	9 67047	30 71879	9 32549	29 51625	**10** 97555	28 28840	**10** 62050	27 03678	**10** 26019	27 76282	**11** 89446	26 46781	**11** 52315
57	31 35669	9 52173	30 19591	9 17059	29 00762	**10** 81440	29 79355	**10** 45301	28 55529	**10** 08626	27 29430	**11** 71400	26 01188	**11** 33606
58	32 81908	9 37298	31 67303	9 01569	30 49898	**10** 65325	29 29870	**10** 28552	28 07381	**11** 91234	28 82578	**11** 53355	27 55595	**11** 14897
59	32 28148	9 22424	31 15015	**10** 86078	31 99034	**10** 49210	30 80385	**10** 11803	29 59232	**11** 73841	28 35726	**11** 35309	27 10001	**12** 96189
60	33 74388	9 07550	32 62728	**10** 70588	31 48170	**10** 33095	30 30900	**11** 95053	29 11084	**11** 56449	29 88874	**11** 17264	28 64408	**12** 77480
61	33 20628	**10** 92676	32 10440	**10** 55098	32 97306	**10** 16979	31 81415	**11** 78304	30 62935	**11** 39056	29 42021	**12** 99218	28 18815	**12** 58771
62	34 66868	**10** 77802	33 58152	**10** 39608	32 46443	**10** 00864	31 31930	**11** 61555	30 14786	**11** 21664	30 95169	**12** 81172	29 73222	**12** 40063
63	34 13107	**10** 62928	33 05864	**10** 24118	33 95579	**11** 84749	32 82445	**11** 44806	31 66638	**11** 04271	30 48317	**12** 63127	29 27629	**12** 21354
64	35 59347	**10** 48053	34 53576	**10** 08627	33 44715	**11** 68634	32 32960	**11** 28057	31 18489	**12** 86879	30 01465	**12** 45081	30 82035	**12** 02645
65	35 05587	**10** 33179	34 01288	**11** 93137	34 93851	**11** 52519	33 83475	**11** 11308	32 70341	**12** 69486	31 54613	**12** 27036	30 36442	**13** 83937
66	36 51827	**10** 18305	35 49000	**11** 77647	34 42987	**11** 36404	33 33990	**12** 94559	32 22192	**12** 52094	31 07761	**12** 08990	31 90849	**13** 65228
67	37 98067	**10** 03431	36 96712	**11** 62157	35 92123	**11** 20289	34 84505	**12** 77810	33 74043	**12** 34701	32 60909	**13** 90944	31 45256	**13** 46519
68	37 44306	**11** 88557	36 44425	**11** 46667	35 41260	**11** 04174	34 35020	**12** 61061	33 25895	**12** 17309	32 14057	**13** 72899	32 99663	**13** 27811
69	38 90546	**11** 73683	37 92137	**11** 31176	36 90396	**12** 88059	35 85535	**12** 44311	34 77746	**13** 99916	33 67205	**13** 54853	32 54070	**13** 09102
70	38 36786	**11** 58808	37 39849	**11** 15686	36 39532	**12** 71944	35 36050	**12** 27562	34 29598	**13** 82524	33 20352	**13** 36808	32 08476	**14** 90393
71	39 83026	**11** 43934	38 87561	**11** 00196	37 88668	**12** 55829	36 86565	**12** 10813	35 81449	**13** 65131	34 73500	**13** 18762	33 62883	**14** 71685
72	39 29266	**11** 29060	38 35273	**12** 84706	37 37804	**12** 39713	36 37080	**13** 94064	35 33300	**13** 47739	34 26648	**13** 00716	33 17290	**14** 52976
73	40 75505	**11** 14186	39 82985	**12** 69216	38 86940	**12** 23598	37 87595	**13** 77315	36 85152	**13** 30346	35 79796	**14** 82671	34 71697	**14** 34268
74	40 21745	**12** 99312	39 30697	**12** 53725	38 36077	**12** 07483	37 38110	**13** 60566	36 37003	**13** 12954	35 32944	**14** 64625	34 26104	**14** 15559
75	41 67985	**12** 84438	40 78409	**12** 38235	39 85213	**13** 91368	38 88625	**13** 43817	37 88855	**14** 95561	36 86092	**14** 46580	35 80510	**15** 96850
76	41 14225	**12** 69563	40 26122	**12** 22745	39 34349	**13** 75253	38 39140	**13** 27068	37 40706	**14** 78169	36 39240	**14** 28534	35 34917	**15** 78142
77	42 60465	**12** 54689	41 73834	**12** 07255	40 83485	**13** 59138	39 89655	**13** 10319	38 92557	**14** 60776	37 92388	**14** 10488	36 89324	**15** 59433
78	42 06704	**12** 39815	41 21546	**13** 91765	40 32621	**13** 43023	39 40170	**14** 93570	38 44409	**14** 43383	37 45536	**15** 92443	36 43731	**15** 40724
79	43 52944	**12** 24941	42 69258	**13** 76275	41 81757	**13** 26908	40 90685	**14** 76820	39 96260	**14** 25991	38 98683	**15** 74397	37 98138	**15** 22016
80	44 99184	**12** 10067	42 16970	**13** 60784	41 30894	**13** 10793	40 41200	**14** 60071	39 48112	**14** 08598	38 51831	**15** 56351	37 52544	**15** 03307
81	44 45424	**13** 95193	43 64682	**13** 45294	42 80030	**14** 94678	41 91715	**14** 43322	40 99963	**15** 91206	38 04979	**15** 38306	37 06951	**16** 84598
82	45 91664	**13** 80318	43 12394	**13** 29804	42 29166	**14** 78563	41 42230	**14** 26573	40 51814	**15** 73813	39 58127	**15** 20260	38 61358	**16** 65890
83	47 37903	**13** 65444	44 60106	**13** 14314	43 78302	**14** 62447	42 92745	**14** 09824	40 03666	**15** 56421	39 11275	**15** 02215	38 15765	**16** 47181
84	46 84143	**13** 50570	44 07819	**14** 98824	43 27438	**14** 46332	42 43260	**15** 93075	41 55517	**15** 39028	40 64423	**16** 84169	39 70172	**16** 28472
85	46 30383	**13** 35696	45 55531	**14** 83333	44 76574	**14** 30217	43 93775	**15** 76326	41 07368	**15** 21636	40 17571	**16** 66123	39 24578	**16** 09764
86	47 76623	**13** 20822	45 03243	**14** 67843	44 25711	**14** 14102	43 44290	**15** 59577	42 59220	**15** 04243	41 70719	**16** 48078	40 78985	**17** 91055
87	47 22863	**13** 05948	46 50955	**14** 52353	45 74847	**15** 97987	44 94805	**15** 42828	42 11071	**16** 86851	41 23867	**16** 30032	40 33392	**17** 72346
88	48 69102	**14** 91073	47 98667	**14** 36863	45 23983	**15** 81872	44 45320	**15** 26078	43 62923	**16** 69458	42 77014	**16** 11987	41 87799	**17** 53638
89	48 15342	**14** 76199	47 46379	**14** 21373	46 73119	**15** 65757	45 95835	**15** 09329	43 14774	**16** 52066	42 30162	**17** 93941	41 42206	**17** 34929
90	49 61582	**14** 61325	48 94091	**14** 05882	46 22255	**15** 49642	45 46350	**16** 92580	44 66625	**16** 34673	43 83310	**17** 75895	42 96612	**17** 16220
91	49 07822	**14** 46451	48 41803	**15** 90392	47 71391	**15** 33527	46 96865	**16** 75831	44 18477	**16** 17281	43 36458	**17** 57850	42 51019	**18** 97512
92	50 54062	**14** 31577	49 89516	**15** 74902	47 20528	**15** 17412	46 47380	**16** 59082	45 70328	**17** 99888	44 89606	**17** 39804	42 05426	**18** 78803
93	50 00301	**14** 16703	49 37228	**15** 59412	48 69664	**15** 01297	47 97895	**16** 42333	45 22180	**17** 82496	44 42754	**17** 21759	43 59833	**18** 60094
94	51 46541	**14** 01828	50 84940	**15** 43922	48 18800	**16** 85181	47 48410	**16** 25584	46 74031	**17** 65103	45 95902	**17** 03713	43 14240	**18** 41386
95	52 92781	**15** 86954	50 32652	**15** 28431	49 67936	**16** 69066	48 98925	**16** 08835	46 25882	**17** 47711	45 49050	**18** 85667	44 68646	**18** 22677
96	52 39021	**15** 72080	51 80364	**15** 12941	49 17072	**16** 52951	48 49440	**17** 92086	47 77734	**17** 30318	45 02198	**18** 67622	44 23053	**18** 03968
97	53 85261	**15** 57206	51 28076	**16** 97451	50 66208	**16** 36836	49 99955	**17** 75336	47 29585	**17** 12926	46 55345	**18** 49576	45 77460	**19** 85260
98	53 31500	**15** 42332	52 75788	**16** 81961	50 15345	**16** 20721	49 50470	**17** 58587	48 81437	**18** 95533	46 08493	**18** 31531	45 31867	**19** 66551
99	54 77740	**15** 27458	52 23500	**16** 66471	51 64481	**16** 04606	49 00985	**17** 41838	48 33288	**18** 78141	47 61641	**18** 13485	46 86274	**19** 47842
100	54 23980	**15** 12583	53 71213	**16** 50980	51 13617	**17** 88491	50 51500	**17** 25089	49 85139	**18** 60748	47 14789	**19** 95439	46 40680	**19** 29134

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	p (q) 0,36	q (p) 0,64	p (q) 0,37	q (p) 0,63	p (q) 0,38	q (p) 0,62	p (q) 0,39	q (p) 0,61	p (q) 0,40	q (p) 0,60	p (q) 0,41	q (p) 0,59	p (q) 0,42	q (p) 0,58
0	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000
1	1 55630	1 80618	1 56820	1 79934	1 57978	1 79239	1 59106	1 78533	1 60206	1 77815	1 61278	1 77085	1 62325	1 76343
2	1 11261	1 61236	1 13640	1 59868	1 15957	1 58478	1 18213	1 57066	1 20412	1 55630	1 22557	1 54170	1 24650	1 52686
3	2 66891	1 41854	2 70461	1 39802	2 73935	1 37718	2 77319	1 35599	2 80618	1 33445	2 83835	1 31256	2 86975	1 29028
4	2 22521	1 22472	2 27281	1 19736	2 31913	1 16957	2 36426	1 14132	2 40824	1 11261	2 45114	1 08341	2 49300	1 05371
5	3 78151	1 03090	3 84101	2 99670	3 89892	2 96196	3 95532	2 92665	2 01030	2 89076	2 06392	2 85426	2 11625	2 81714
6	3 33782	2 83708	3 40921	2 79604	3 47870	2 75435	3 54639	2 71198	3 61236	2 66891	3 67670	2 62511	3 73950	2 58057
7	4 89412	2 64326	4 97741	2 59538	3 05849	2 54674	3 13745	2 49731	3 21442	2 44706	3 28949	2 39596	3 36275	2 34400
8	4 45042	2 44944	4 54561	2 39472	4 63827	2 33913	4 72852	2 28264	4 81648	2 22521	4 90227	2 16682	4 98599	2 10742
9	4 00672	2 25562	4 11382	2 19406	4 21805	2 13153	4 31958	2 06797	4 41854	2 00336	4 51505	3 93767	4 60924	3 87085
10	5 56303	2 06180	5 68202	3 99341	5 79784	3 92392	5 91065	3 85330	4 02060	3 78151	4 12784	3 70852	4 23249	3 63428
11	5 11933	3 86798	5 25022	3 79275	5 37762	3 71631	5 50171	3 63863	5 62266	3 55966	5 74062	3 47937	5 85574	3 39771
12	6 67563	3 67416	6 81842	3 59209	6 95740	3 50870	5 09278	3 42396	5 22472	3 33782	5 35341	3 25022	5 47899	3 16114
13	6 23193	3 48034	6 38662	3 39143	6 53719	3 30109	6 68384	3 20929	6 82678	3 11597	6 96619	3 02108	5 10224	4 92456
14	7 78824	3 28652	7 95482	3 19077	6 11697	3 09348	6 27490	4 99462	6 42884	4 89412	6 57897	4 79193	6 72549	4 68799
15	7 34454	3 09270	7 52303	4 99011	7 69675	4 88588	7 86597	4 77995	6 03090	4 67227	6 19176	4 56278	6 34874	4 45142
16	8 90084	4 89888	7 09123	4 78945	7 27654	4 67827	7 45703	4 56528	7 63296	4 45042	7 80454	4 33363	7 97199	4 21485
17	8 45714	4 70506	8 65943	4 58879	8 85632	4 47066	7 04810	4 35061	7 23502	4 22857	7 41733	4 10448	7 59524	3 97828
18	8 01345	4 51124	8 22763	4 38813	8 43610	4 26305	8 63916	4 13594	8 83708	4 00672	7 03011	3 87534	7 21849	3 74170
19	9 56975	4 31742	9 79583	4 18747	8 01589	4 05544	8 23023	3 92127	8 43914	3 78487	8 64289	3 64619	8 84174	3 50513
20	9 12605	4 12360	9 36403	5 98681	9 59567	5 84783	9 82129	3 70660	8 04120	3 56303	8 25568	3 41704	8 46499	3 26856
21	10 68235	5 92978	10 93224	5 78615	9 17546	5 64023	9 41236	5 49193	9 64326	5 34118	9 86846	5 18789	8 08824	5 03199
22	10 23866	5 73596	10 50044	5 58549	10 75524	5 43262	9 00342	5 27726	9 24532	5 11933	9 48124	6 95874	9 71148	6 79542
23	11 79496	5 54214	10 06864	5 38483	10 33502	5 22501	10 59449	5 06259	10 84738	6 89748	9 09403	6 72960	9 33473	6 55884
24	11 35126	5 34832	11 63684	5 18417	11 91481	5 01740	10 18555	6 84792	10 44944	6 67563	10 70681	6 50045	10 95798	6 32227
25	12 90756	5 15450	11 20504	6 98351	11 49459	6 80979	11 77662	6 63325	10 05150	6 45378	10 31960	6 27130	10 58123	6 08570
26	12 46387	6 96068	12 77324	6 78285	11 07437	6 60218	11 36768	6 41858	11 65356	6 23193	11 93238	6 04215	10 20448	7 84913
27	12 02017	6 76686	12 34145	6 58219	12 65416	6 39458	12 95874	6 20391	11 25562	6 01008	11 54516	7 81300	11 82773	7 61256
28	13 57647	6 57304	13 90965	6 38154	12 23394	6 18697	12 54981	7 98924	12 85768	7 78824	11 15795	7 58386	11 45098	7 37598
29	13 13277	6 37922	13 47785	6 18088	13 81372	7 97936	12 14087	7 77457	12 45974	7 56639	12 77073	7 35471	11 07423	7 13941
30	14 68908	6 18540	13 04605	7 98022	13 39351	7 77175	13 73194	7 55990	12 06180	7 34454	12 38352	7 12556	12 69748	8 90284
31	14 24538	7 99158	14 61425	7 77956	14 97329	7 56414	13 32300	7 34522	13 66386	7 12269	13 99630	8 89641	12 32073	8 66627
32	15 80168	7 79776	14 18246	7 57890	14 55308	7 35653	14 91407	7 13055	13 26592	8 90084	13 60908	8 66726	13 94398	8 42970
33	15 35798	7 60394	15 75066	7 37824	14 13286	7 14893	14 50513	8 91588	14 86798	8 67899	13 22187	8 43812	13 56723	8 19312
34	16 91429	7 41012	15 31886	7 17758	15 71264	8 94132	14 09620	8 70121	14 47004	8 45714	14 83465	8 20897	13 19048	9 95655
35	16 47059	7 21630	16 88706	8 97692	15 29243	8 73371	15 68726	8 48654	14 07210	8 23529	14 44743	9 97982	14 81373	9 71998
36	16 02689	7 02248	16 45526	8 77626	16 87221	8 52610	15 27833	8 27187	15 67416	8 01345	14 06022	9 75067	14 43697	9 48341
37	17 58319	8 82866	16 02346	8 57560	16 45199	8 31849	16 86939	8 05720	15 27622	9 79160	15 67300	9 52152	14 06022	9 24684
38	17 13950	8 63484	17 59167	8 37494	16 03178	8 11088	16 46046	9 84253	16 87828	9 56975	15 28579	9 29238	15 68347	9 01026
39	18 69580	8 44102	17 15987	8 17428	17 61156	9 90328	16 05152	9 62786	16 48034	9 34790	16 89857	9 06323	15 30672	10 77369
40	18 25210	8 24720	18 72807	9 97362	17 19134	9 69567	17 64258	9 41319	16 08240	9 12605	16 51135	10 83408	16 92997	10 53712
41	19 80840	8 05338	19 29627	9 77296	18 77113	9 48806	17 23365	9 19852	17 68446	10 90420	16 12414	10 60493	16 55322	10 30055
42	19 36471	9 85956	19 86447	9 57230	18 35091	9 28045	18 82471	10 98385	17 28652	10 68235	17 73692	10 37578	16 17647	10 06398
43	20 92101	9 66574	19 43267	9 37164	19 93069	9 07284	18 41578	10 76918	18 88858	10 46050	17 34971	10 14664	17 79972	11 82740
44	20 47731	9 47192	19 00088	9 17098	19 51048	10 86523	18 00684	10 55451	18 49064	10 23866	18 96249	11 91749	17 42297	11 59083
45	20 03361	9 27810	20 56908	10 97032	19 09026	10 65763	19 59791	10 33984	18 09270	10 01681	18 57527	11 68834	17 04622	11 35426
46	21 58992	9 08428	20 13728	10 76967	20 67005	10 45002	19 18897	10 12517	19 69476	11 79496	18 18806	11 45919	18 66947	11 11769
47	21 14622	10 89046	21 70548	10 56901	20 24983	10 24241	20 78004	11 91050	19 29682	11 57311	19 80084	11 23004	18 29272	12 88112
48	22 70252	10 69664	21 27368	10 36835	21 82961	10 03480	20 37110	11 69583	20 89888	11 35126	19 41363	11 00090	19 91597	12 64454
49	22 25882	10 50282	22 84188	10 16769	21 40940	11 82719	21 96217	11 48116	20 50094	11 12941	19 02641	12 77175	19 53922	12 40797
50	23 81513	10 30900	22 41009	11 96703	22 98918	11 61958	21 55323	11 26649	20 10300	12 90756	20 63919	12 54260	19 16246	12 17140
51	23 37143	10 11518	23 97829	11 76637	22 56896	11 41198	21 14429	11 05182	21 70506	12 68571	20 25198	12 31345	20 78571	13 93483
52	24 92773	11 92136	23 54649	11 56571	22 14875	11 20437	22 73536	12 83715	21 30712	12 46387	21 86476	12 08430	20 40896	13 69826
53	24 48403	11 72754	23 11469	11 36505	23 72853	12 99676	22 32642	12 62248	22 90918	12 24202	21 47754	13 85516	20 03221	13 46168
54	24 04034	11 53372	24 68289	11 16439	23 30831	12 78915	23 91749	12 40781	22 51124	12 02017	21 09033	13 62601	21 65546	13 22511
55	25 59664	11 33990	24 25109	12 96373	24 88810	12 58154	23 50855	12 19314	22 11330	13 79832	22 70311	13 39686	21 27871	14 98854
56	25 15294	11 14608	25 81930	12 76307	24 46788	12 37393	23 09962	13 97847	23 71536	13 57647	22 31590	13 16771	22 90196	14 75197
57	26 70924	12 95226	25 38750	12 56241	24 04767	12 16633	24 69068	13 76380	23 31742	13 35462	23 92868	14 93856	22 52521	14 51540
58	26 26555	12 75844	26 95570	12 36175	25 62745	13 95872	24 28175	13 54913	23 91948	13 13277	23 54146	14 70942	22 14846	14 27882
59	27 82185	12 56462	26 52390	12 16109	25 20723	13 75111	25 87281	13 33446	24 52154	14 91092	23 15425	14 48027	23 77171	14 04225
60	27 37815	12 37080	26 09210	13 96043	26 78702	13 54350	25 46388	13 11979	24 12360	14 68908	24 76703	14 25112	23 39496	15 80568
61	28 93445	12 17698	27 66031	13 75977	26 36680	13 33589	25 05494	14 90512	25 72566	14 46723	24 37982	14 02197	23 01821	15 56911
62	28 49076	13 98316	27 22851	13 55911	27 94658	13 12828	26 64601	14 69045	25 32772	14 24538	25 99260	15 79282	24 64146	15 33254
63	28 04706	13 78934	28 79671	13 35845	27 52637	14 92068	26 23707	14 47578	26 92978	14 02353	25 60538	15 56368	24 26471	15 09596
64	29 60336	13 59552	28 36491	13 15780	27 10615	14 71307	27 82813	14 26111	26 53184	15 80168	25 21817	15 33453	25 88795	16 85939
65	29 15966	13 40170	29 93311	14 95714	28 68593	14 50546	27 41920	14 04644	26 13390	15 57983	26 83095	15 10538	25 51120	16 62282
66	30 71597	13 20788	29 50131	14 75648	28 26572	14 29785	27 01026	15 83177	27 73596	15 35798	26 44373	16 87623	25 13445	16 38625
67	30 27227	13 01406	29 06952	14 55582	29 84550	14 09024	28 60133	15 61710	27 33802	15 13613	26 05652	16 64708	26 75770	16 14968
68	31 82857	14 82024	30 63772	14 35516	29 42528	15 88263	28 19239	15 40243	28 94008	16 91429	27 66930	16 41794	26 38095	17 91310
69	31 38487	14 62642	30 20592	14 15450	29 00507	15 67503	27 78346	15 18776	28 54214	16 69244	27 28209	16 18879	26 00420	17 67653
70	32 94118	14 43260	31 77412	15 95384	30 58485	15 46742	29 37452	16 97309	28 14420	16 47059	28 89487	17 95964	27 62745	17 43996
71	32 49748	14 23878	31 34232	15 75318	30 16464	15 25981	30 96559	16 75842	29 74626	16 24874	28 50765	17 73049	27 25070	17 20339
72	32 05378	14 04496	32 91052	15 55252	31 74442	15 05220	30 55665	16 54375	29 34832	16 02689	28 12044	17 50134	28 87395	18 96682
73	33 61008	15 85114	32 47873	15 35186	31 32420	16 84459	30 14772	16 32908	30 95038	17 80504	29 73322	17 27220	28 49720	18 73024
74	33 16639	15 65732	32 04693	15 15120	32 90399	16 63699	31 73878	16 11441	30 55244	17 58319	29 34601	17 04305	28 12045	18 49367
75	34 72269	15 46350	33 61513	16 95054	32 48377	16 42938	31 32985	17 89974	30 15450	17 36134	30 95879	18 81390	29 74370	18 25710
76	34 27899	15 26968	33 18333	16 74988	32 06355	16 22177	32 92091	17 68507	31 75656	17 13950	30 57157	18 58475	29 36695	18 02053
77	35 83529	15 07586	34 75153	16 54922	33 64334	16 01416	32 51197	17 47040	31 35862	18 91765	30 18436	18 35560	30 99020	19 78396
78	35 39160	16 88204	34 31973	16 34856	33 22312	17 80655	32 10304	17 25573	32 96068	18 69580	31 79714	18 12646	30 61344	19 54738
79	36 94790	16 68822	35 88794	16 14790	34 80290	17 59894	33 69410	17 04106	32 56274	18 47395	31 40992	19 89731	30 23669	19 31081
80	36 50420	16 49440	35 45614	17 94724	34 38269	17 39134	33 28517	18 82639	32 16480	18 25210	31 02271	19 66816	31 85994	19 07424
81	36 06050	16 30058	35 02434	17 74658	35 96247	17 18373	34 87623	18 61172	33 76686	18 03025	32 63549	19 43901	31 48319	20 83767
82	37 61681	16 10676	36 59254	17 54593	35 54225	18 97612	34 46730	18 39705	33 36892	19 80840	32 24828	19 20986	31 10644	20 60110
83	37 17311	17 91294	36 16074	17 34527	35 12204	18 76851	34 05836	18 18238	34 97098	19 58655	33 86106	20 98072	32 72969	20 36452
84	38 72941	17 71912	37 72894	17 14461	36 70182	18 56090	35 64943	19 96771	34 57304	19 36471	33 47384	20 75157	32 35294	20 12795
85	38 28571	17 52530	37 29715	18 94395	36 28161	18 35329	35 24049	19 75304	34 17510	19 14286	33 08663	20 52242	33 97619	21 89138
86	39 84202	17 33148	38 86535	18 74329	37 86139	18 14569	36 83156	19 53837	35 77716	20 92101	34 69941	20 29327	33 59944	21 65481
87	39 39832	17 13766	38 43355	18 54263	37 44117	19 93808	36 42262	19 32370	35 37922	20 69916	34 31220	20 06413	33 22269	21 41824
88	40 95462	18 94384	38 00175	18 34197	37 02096	19 73047	36 01369	19 10903	36 98128	20 47731	35 92498	21 83498	34 84594	21 18166
89	40 51092	18 75002	39 56995	18 14131	38 60074	19 52286	37 60475	20 89436	36 58334	20 25546	35 53776	21 60583	34 46919	22 94509
90	40 06723	18 55620	39 13816	19 94065	38 18052	19 31525	37 19581	20 67969	36 18540	20 03361	35 15055	21 37668	34 09244	22 70852
91	41 62353	18 36238	40 70636	19 73999	39 76031	19 10764	38 78688	20 46501	37 78746	21 81176	36 76333	21 14753	35 71569	22 47195
92	41 17983	18 16856	40 27456	19 53933	39 34009	20 90004	38 37794	20 25034	37 38952	21 58992	36 37611	22 91839	35 33893	22 23538
93	42 73613	19 97474	41 84276	19 33867	40 91987	20 69243	39 96901	20 03567	38 99158	21 36807	37 98890	22 68924	36 96218	23 99880
94	42 29244	19 78092	41 41096	19 13801	40 49966	20 48482	39 56007	21 82100	38 59364	21 14622	37 60168	22 46009	36 58543	23 76223
95	43 84874	19 58710	42 97916	20 93735	40 07944	20 27721	39 15114	21 60633	38 19570	22 92437	37 21447	22 23094	36 20868	23 52566
96	43 40504	19 39328	42 54737	20 73669	41 65923	20 06960	40 74220	21 39166	39 79776	22 70252	38 82725	22 00179	37 83193	23 28909
97	44 96134	19 19946	42 11557	20 53603	41 23901	21 86199	40 33327	21 17699	39 39982	22 48067	38 44003	23 77265	37 45518	23 05252
98	44 51765	19 00564	43 68377	20 33537	42 81879	21 65439	41 92433	22 96232	39 00188	22 25882	38 05282	23 54350	37 07843	24 81594
99	44 07395	20 81182	43 25197	20 13471	42 39858	21 44678	41 51540	22 74765	40 60394	22 03697	39 66560	23 31435	38 70168	24 57937
100	45 63025	20 61800	44 82017	21 93405	43 97836	21 23917	41 10646	22 53298	40 20600	23 81513	39 27839	23 08520	38 32493	24 34280

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vgl. Erläuterungen S. 77

n	$p(q)$ 0,43	$q(p)$ 0,57	$p(q)$ 0,44	$q(p)$ 0,56	$p(q)$ 0,45	$q(p)$ 0,55	$p(q)$ 0,46	$q(p)$ 0,54	$p(q)$ 0,47	$q(p)$ 0,53	$p(q)$ 0,48	$q(p)$ 0,52	$p(q)$ 0,49	$q(p)$ 0,51	$p(q)$ 0,50	$q(p)$ 0,50
0	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000	0 00000
1	1 63347	1 75587	1 64345	1 74819	1 65321	1 74036	1 66276	1 73239	1 67210	1 72428	1 68124	1 71600	1 69020	1 70757	1 69897	1 69897
2	1 26694	1 51175	1 28691	1 49638	1 30643	1 48073	1 32552	1 46479	1 34420	1 44855	1 36248	1 43201	1 38039	1 41514	1 39794	1 39794
3	2 90041	1 26762	2 93036	1 24456	2 95964	1 22109	2 98827	1 19718	1 01629	1 17283	1 04372	1 14801	1 07059	1 12271	1 09691	1 09691
4	2 53387	1 02350	2 57381	2 99275	2 61285	2 96145	2 65103	2 92958	2 68839	2 89710	2 72496	2 86401	2 76078	2 83028	2 79588	2 79588
5	2 16734	2 77937	2 21726	2 74094	2 26606	2 70181	2 31379	2 66197	2 36049	2 62138	2 40621	2 58002	2 45098	2 53785	2 49485	2 49485
6	3 80081	2 53525	3 86072	2 48913	3 91928	2 44218	3 97655	2 39436	2 03259	2 34566	2 08745	2 29602	2 14118	2 24542	2 19382	2 19382
7	3 43428	2 29112	3 50417	2 23732	3 57249	2 18254	3 63930	2 12676	3 70469	2 06993	3 76869	2 01202	3 83137	3 95299	3 89279	3 89279
8	3 06775	2 04700	3 14762	3 98550	3 22570	3 92290	3 30206	3 85915	3 37678	3 79421	3 44993	3 72803	3 52157	3 66056	3 59176	3 59176
9	4 70122	3 80287	4 79107	3 73369	4 87891	3 66326	4 96482	3 59154	3 04888	3 51848	3 13117	3 44403	3 21176	3 36813	3 29073	3 29073
10	4 33468	3 55875	4 43453	3 48188	4 53213	3 40363	4 62758	3 32394	4 72098	3 24276	4 81241	3 16003	4 90196	3 07570	4 98970	4 98970
11	5 96815	3 31462	4 07798	3 23007	4 18534	3 14399	4 29034	3 05633	4 39308	2 96703	4 49365	4 87604	4 59216	4 78327	4 68867	4 68867
12	5 60162	3 07050	5 72143	4 97826	5 83855	4 88435	5 95309	4 78873	4 06517	4 69131	4 17489	4 59204	4 28235	4 49084	4 38764	4 38764
13	5 23509	4 82637	5 36488	4 72644	5 49176	4 62471	5 61585	4 52112	5 73727	4 41559	5 85614	4 30804	5 97255	4 19841	4 08661	4 08661
14	6 86856	4 58225	5 00834	4 47463	5 14498	4 36508	5 27861	4 25351	5 40937	4 13986	5 53738	4 02405	5 66275	5 90598	5 78558	5 78558
15	6 50203	4 33812	6 65179	4 22282	6 79819	4 10544	6 94137	3 98591	5 08147	3 86414	5 21862	5 74005	5 35294	5 61355	5 48455	5 48455
16	6 13550	4 09400	6 29524	5 97101	6 45140	5 84580	6 60413	5 71830	6 75357	5 58841	6 89986	5 45605	5 04314	5 32112	5 18352	5 18352
17	7 76896	5 84987	7 93870	5 71920	6 10461	5 58617	6 26688	5 45069	6 42566	5 31269	6 58110	5 17206	6 73333	5 02869	6 88249	6 88249
18	7 40243	5 60575	7 58215	5 46738	7 75783	5 32653	7 92964	5 18309	6 09776	5 03697	6 26234	6 88806	6 42353	6 73626	6 58146	6 58146
19	7 03590	5 36162	7 22560	5 21557	7 41104	5 06689	7 59240	6 91548	7 76986	6 76124	7 94358	6 60406	6 11373	6 44383	6 28043	6 28043
20	8 66937	5 11750	8 86905	6 96376	7 06425	6 80725	7 25516	6 64788	7 44196	6 48552	7 62482	6 32007	7 80392	6 15140	7 97940	7 97940
21	8 30284	6 87337	8 51251	6 71195	8 71746	6 54762	8 91791	6 38027	7 11406	6 20979	7 30607	6 03607	7 49412	7 85897	7 67837	7 67837
22	9 93631	6 62925	8 15596	6 46014	8 37068	6 28798	8 58067	6 11266	8 78615	7 93407	8 98731	7 75207	7 18431	7 56654	7 37734	7 37734
23	9 56977	6 38512	9 79941	6 20832	8 02389	6 02834	8 24343	7 84506	8 45825	7 65835	8 66855	7 46808	8 87451	7 27411	7 07631	7 07631
24	9 20324	6 14100	9 44286	7 95651	9 67710	7 76870	9 90619	7 57745	8 13035	7 38262	8 34979	7 18408	8 56471	8 98168	8 77528	8 77528
25	10 83671	7 89687	9 08632	7 70470	9 33031	7 50907	9 56895	7 30984	9 80245	7 10690	8 03103	8 90008	8 25490	8 68925	8 47425	8 47425
26	10 47018	7 65275	10 72977	7 45289	10 98353	7 24943	9 23170	7 04224	9 47454	6 83117	9 71227	8 61609	9 94510	8 39682	8 17322	8 17322
27	10 10365	7 40862	10 37322	7 20108	10 63674	6 98979	10 89446	6 77463	9 14664	6 55545	9 39351	8 33209	9 63529	8 10439	9 87219	9 87219
28	11 73712	7 16450	10 01667	8 94926	10 28995	8 73016	10 55722	8 50703	10 81874	8 27972	9 07475	8 04809	9 32549	9 81196	9 57116	9 57116
29	11 37059	8 92037	11 66013	8 69745	11 94316	8 47052	10 21998	8 23942	10 49084	8 00400	10 75600	9 76410	9 01569	9 51954	9 27013	9 27013
30	11 00405	8 67625	11 30358	8 44564	11 59638	8 21088	11 88273	9 97181	10 16294	9 72828	10 43724	9 48010	10 70588	9 22711	10 96910	10 96910
31	12 63752	8 43212	12 94703	8 19383	11 24959	9 95124	11 54549	9 70421	11 83503	9 45255	10 11848	9 19610	10 39608	10 93468	10 66807	10 66807
32	12 27099	8 18800	12 59049	9 94202	12 90280	9 69161	11 20825	9 43660	11 50713	9 17683	11 79972	10 91211	10 08627	10 64225	10 36704	10 36704
33	13 90446	9 94387	12 23394	9 69020	12 55601	9 43197	12 87101	9 16899	11 17923	10 90110	11 48096	10 62811	11 77647	10 34982	10 06601	10 06601
34	13 53793	9 69975	13 87739	9 43839	12 20923	9 17233	12 53377	10 90139	12 85133	10 62538	11 16220	10 34411	11 46667	10 05739	11 76498	11 76498
35	13 17140	9 45562	13 52084	9 18658	13 86244	10 91269	12 19652	10 63378	12 52343	10 34966	12 84344	10 06012	11 15686	11 76496	11 46395	11 46395
36	14 80486	9 21149	13 16430	10 93477	13 51565	10 65306	13 85928	10 36618	12 19552	10 07393	12 52468	11 76712	12 84706	11 47253	11 16292	11 16292
37	14 43833	10 96737	14 80775	10 68296	13 16886	10 39342	13 52204	10 09857	13 86762	11 79821	12 20593	11 49212	12 53725	11 18010	12 86189	12 86189
38	14 07180	10 72324	14 45120	10 43115	14 82208	10 13378	13 18480	11 83096	13 53972	11 52248	13 88717	11 20813	12 22745	12 88767	12 56086	12 56086
39	15 70527	10 47912	14 09465	10 17933	14 47529	11 87414	14 84756	11 56336	13 21182	11 24676	13 56841	12 92413	13 91765	12 59524	12 25983	12 25983
40	15 33874	10 23499	15 73811	11 92752	14 12850	11 61451	14 51031	11 29575	14 88391	12 97103	13 24965	12 64013	13 60784	12 30281	13 95880	13 95880
41	16 97221	11 99087	15 38156	11 67571	15 78171	11 35487	14 17307	11 02814	14 55601	12 69531	14 93089	12 35614	13 29804	12 01038	13 65777	13 65777
41	16 60568	11 74674	15 02501	11 42390	15 43493	11 09523	15 83583	12 76054	14 22811	12 41959	14 61213	12 07214	14 98824	13 71795	13 35674	13 35674
43	16 23914	11 50262	16 66847	11 17209	15 08814	12 83560	15 49859	12 49293	15 90021	12 14386	14 29337	13 78814	14 67843	13 42552	13 05571	13 05571
44	17 87261	11 25849	16 31192	12 92027	16 74135	12 57596	16 16134	12 22533	15 57231	13 86814	15 97461	13 50415	14 36863	13 13309	14 75468	14 75468
45	17 50608	11 01437	17 95537	12 66846	16 39456	12 31632	16 82410	13 95772	15 24440	13 59241	15 65586	13 22015	14 05882	14 84066	14 45365	14 45365
46	17 13955	12 77024	17 59882	12 41665	16 04778	12 05668	16 48686	13 69011	16 91650	13 31669	15 33710	14 93615	15 74902	14 54823	14 15262	14 15262
47	18 77302	12 52612	17 24228	12 16484	17 70099	13 79705	16 14962	13 42251	16 58860	13 04097	15 01834	14 65216	15 43922	14 25580	15 85159	15 85159
48	18 40649	12 28199	18 88573	13 91303	17 35420	13 53741	17 81238	13 15490	16 26070	14 76524	16 69958	14 36816	15 12941	15 96337	15 55056	15 55056
49	18 03995	12 03787	18 52918	13 66121	17 00741	13 27777	17 47513	14 88729	17 93280	14 48952	16 38082	14 08416	16 81961	15 67094	15 24953	15 24953
50	19 67342	13 79374	18 17263	13 40940	18 66063	13 01813	17 13789	14 61969	17 60489	14 21379	16 06206	15 80017	16 50980	15 37851	16 94850	16 94850
51	19 30689	13 54962	19 81609	13 15759	18 31384	14 75850	18 80065	14 35208	17 27699	15 93807	17 74330	15 51617	16 20000	15 08608	16 64747	16 64747
52	20 94036	13 30549	19 45954	14 90578	19 96705	14 49886	18 46341	14 08448	18 94909	15 66235	17 42454	15 23217	17 89020	16 79365	16 34644	16 34644
53	20 57383	13 06137	19 10299	14 65397	19 62026	14 23922	18 12617	15 81687	18 62119	15 38662	17 10579	16 94818	17 58039	16 50122	16 04541	16 04541
54	20 20730	14 81724	20 74644	14 40215	19 27348	15 97959	19 78892	15 54926	18 29328	15 11090	18 78703	16 66418	17 27059	16 20879	17 74438	17 74438
55	21 84077	14 57312	20 38990	14 15034	20 92669	15 71995	19 45168	15 28166	19 96538	16 83517	18 46827	16 38018	18 96078	17 91636	17 44335	17 44335
56	21 47423	14 32899	20 03335	15 89853	20 57990	15 46031	19 11444	15 01405	19 63748	16 55945	18 14951	16 09619	18 65098	17 62393	17 14232	17 14232
57	21 10770	14 08487	21 67680	15 64672	20 23311	15 20067	20 77720	16 74644	19 30958	16 28372	19 83075	17 81219	18 34118	17 33150	18 84129	18 84129
58	22 74117	15 84074	21 32026	15 39491	21 88633	16 94104	20 43995	16 47884	20 98168	16 00800	19 51199	17 52819	18 03137	17 03907	18 54026	18 54026
59	22 37464	15 59662	22 96371	15 14309	21 53954	16 68140	20 10271	16 21123	20 65377	17 73228	19 19323	17 24420	19 72157	18 74664	18 23923	18 23923
60	22 00811	15 35249	22 60716	16 89128	21 19275	16 42176	21 76547	17 94363	20 32587	17 45655	20 87447	18 96020	19 41176	18 45421	19 93820	19 93820
61	23 64158	15 10837	22 25061	16 63947	22 84596	16 16212	21 42823	17 67602	21 99797	17 18083	20 55572	18 67620	19 10196	18 16178	19 63717	19 63717
62	23 27504	16 86424	23 89407	16 38766	22 49918	17 90249	21 09099	17 40841	21 67007	18 90510	20 23696	18 39221	20 79216	18 86935	19 33614	19 33614
63	24 90851	16 62012	23 53752	16 13585	22 15239	17 64285	22 75374	17 14081	21 34217	18 62938	21 91820	18 10821	20 48235	19 57692	19 03511	19 03511
64	24 54198	16 37599	23 18097	17 88403	23 80560	17 38321	22 41650	18 87320	21 01426	18 35366	21 59944	19 82421	20 17255	19 28449	20 73408	20 73408
65	24 17545	16 13187	24 82442	17 63222	23 45881	17 12357	22 07926	18 60559	22 68636	18 07793	21 28068	19 54022	21 86275	20 99206	20 43305	20 43305
66	25 80892	17 88774	24 46788	17 38041	23 11203	18 86394	23 74202	18 33799	22 35846	19 80221	22 96192	19 25622	21 55294	20 69963	20 13202	20 13202
67	25 44239	17 64362	24 11133	17 12860	24 76524	18 60430	23 40477	18 07038	22 03056	19 52648	22 64316	20 97222	21 24314	20 40720	21 83099	21 83099
68	25 07585	17 39949	25 75478	18 87679	24 41845	18 34466	23 06753	19 80278	23 70265	19 25076	22 32440	20 68823	22 93333	20 11477	21 52996	21 52996
69	26 70932	17 15537	25 39823	18 62497	24 07166	18 08503	24 73029	19 53517	23 37475	20 97504	22 00565	20 40423	22 62353	21 82234	21 22893	21 22893
70	26 34279	18 91124	25 04169	18 37316	25 72488	19 82539	24 39305	19 26756	23 04685	20 69931	23 68689	20 12023	22 31373	21 52991	22 92790	22 92790
71	27 97626	18 66711	26 68514	18 12135	25 37809	19 56575	24 05581	20 99996	24 71895	20 42359	23 36813	21 83624	22 00392	21 23748	22 62687	22 62687
72	27 60973	18 42299	26 32859	19 86954	25 03130	19 30611	25 71856	20 73235	24 39105	20 14786	23 04937	21 55224	23 69412	22 94505	22 32584	22 32584
73	27 24320	18 17886	27 97205	19 61773	26 68451	19 04648	25 38132	20 46474	24 06314	21 87214	24 73061	21 26824	23 38431	22 65262	22 02481	22 02481
74	28 87667	19 93474	27 61550	19 36591	26 33773	20 78684	25 04408	20 19714	25 73524	21 59641	24 41185	22 98425	23 07451	22 36019	23 72378	23 72378
75	28 51013	19 69061	27 25895	19 11410	27 99094	20 52720	26 70684	21 92953	25 40734	21 32069	24 09309	22 70025	24 76471	22 06776	23 42275	23 42275
76	28 14360	19 44649	28 90240	20 86229	27 64415	20 26756	26 36960	21 66193	25 07944	21 04497	25 77433	22 41625	24 45490	23 77533	23 12172	23 12172
79	27 77707	19 20236	28 54586	20 61048	27 29736	20 00793	26 03235	21 39432	26 75154	22 76924	25 45558	22 13226	24 14510	23 48290	24 82069	24 82069
79	29 41054	20 95824	28 18931	20 35867	28 95058	21 74829	27 69511	21 12671	26 42363	22 49352	25 13682	23 84826	25 83529	23 19047	24 51966	24 51966
79	29 04401	20 71411	29 83276	20 10685	28 60379	21 48865	27 35787	22 85911	26 09573	22 21779	26 81806	23 56426	25 52549	24 89804	24 21863	24 21863
80	30 67748	20 46999	29 47621	21 85504	28 25700	21 22902	27 02063	22 59150	27 76783	23 94207	26 49930	23 28027	25 21569	24 60561	25 91760	25 91760
81	30 31094	20 22586	29 11967	21 60323	29 91021	22 96938	28 68338	22 32389	27 43993	23 66635	26 18054	24 99627	26 90588	24 31318	25 61657	25 61657
82	31 94441	21 98174	30 76312	21 35142	29 56343	22 70974	28 34614	22 05629	27 11202	23 39062	27 86178	24 71227	26 59608	24 02075	25 31554	25 31554
83	31 57788	21 73761	30 40657	21 09961	29 21664	22 45010	28 00890	23 78868	28 78412	23 11490	27 54302	24 42828	26 28627	25 72832	25 01451	25 01451
84	31 21135	21 49349	30 05002	22 84779	30 86985	22 19047	29 67166	23 52108	28 45622	24 83917	27 22426	24 14428	27 97647	25 43589	26 71348	26 71348
85	32 84482	21 24936	31 69348	22 59598	30 52306	23 93083	29 33442	23 25347	28 12832	24 56345	28 90551	25 86028	27 66667	25 14347	26 41245	26 41245
86	32 47829	21 00524	31 33693	22 34417	30 17628	23 67119	30 99717	24 98586	29 80042	24 28772	28 58675	25 57629	27 35686	26 85104	26 11142	26 11142
87	32 11176	22 76111	32 98038	22 09236	31 82949	23 41155	30 65993	24 71826	29 47251	24 01200	28 26799	25 29229	27 04706	26 55861	27 81039	27 81039
88	33 74522	22 51699	32 62384	23 84055	31 48270	23 15192	30 32269	24 45065	29 14461	25 73628	29 94923	25 00829	28 73726	26 26618	27 50936	27 50936
89	33 37869	22 27286	32 26729	23 58873	31 13591	24 89228	31 98545	24 18304	30 81671	25 46055	29 63047	26 72430	28 42745	27 97375	27 20833	27 20833
90	33 01216	22 02874	33 91074	23 33692	32 78913	24 63264	31 64820	25 91544	30 48881	25 18483	29 31171	26 44030	28 11765	27 68132	28 90730	28 90730
91	34 64563	23 78461	33 55419	23 08511	32 44234	24 37300	31 31096	25 64783	30 16091	26 90910	30 99295	26 15630	29 80784	27 38889	28 60627	28 60627
92	34 27910	23 54049	33 19765	24 83330	32 09555	24 11337	32 97372	25 38023	31 83300	26 63338	30 67419	27 87231	29 49804	27 09646	28 30524	28 30524
93	35 91257	23 29636	34 84110	24 58149	33 74876	25 85373	32 63648	25 11262	31 50510	26 35766	30 35544	27 58831	29 18824	28 80403	28 00421	28 00421
94	35 54603	23 05224	34 48455	24 32967	33 40198	25 59409	32 29924	26 84501	31 17720	26 08193	30 03668	27 30431	30 87843	28 51160	29 70318	29 70318
95	35 17950	24 80811	34 12800	24 07786	33 05519	25 33446	31 96199	26 57741	32 84930	27 80621	31 71792	27 02032	30 56863	28 21917	29 40215	29 40215
96	36 81297	24 56399	35 77146	25 82605	34 70840	25 07482	33 62475	26 30980	32 52139	27 53048	31 39916	28 73632	30 25882	29 92674	29 10112	29 10112
97	36 44644	24 31986	35 41491	25 57424	34 36161	26 81518	33 28751	26 04219	32 19349	27 25476	31 08040	28 45232	31 94902	29 63431	30 80009	30 80009
98	36 07991	24 07574	35 05836	25 32243	34 01483	26 55554	34 95027	27 77459	33 86559	28 97904	32 76164	28 16833	31 63922	29 34188	30 49906	30 49906
99	37 71338	25 83161	36 70182	25 07061	35 66804	26 29591	34 61303	27 50698	33 53769	28 70331	32 44288	29 88433	31 32941	29 04945	30 19803	30 19803
100	37 34685	25 58749	36 34527	26 81880	35 32125	26 03627	34 27578	27 23938	33 20979	28 42759	32 12412	29 60033	31 01961	30 75702	31 89700	31 89700

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Exakte Vertrauensgrenzen* $N = 2 - 25$

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 2$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	84,19	0,00	92,93
1	50,00	1,26	98,74	0,25	99,75
2	100,00	15,81	100,00	7,07	100,00

$N = 3$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	70,76	0,00	82,90
1	33,33	0,84	90,57	0,17	95,86
2	66,67	9,43	99,16	4,14	99,83
3	100,00	29,24	100,00	17,10	100,00

$N = 4$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	60,24	0,00	73,41
1	25,00	0,63	80,59	0,13	88,91
2	50,00	6,76	93,24	2,94	97,06
3	75,00	19,41	99,37	11,09	99,87
4	100,00	39,76	100,00	26,59	100,00

$N = 5$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	52,18	0,00	65,34
1	20,00	0,51	71,64	0,10	81,49
2	40,00	5,27	85,34	2,29	91,72
3	60,00	14,66	94,73	8,28	97,71
4	80,00	28,36	99,49	18,51	99,90
5	100,00	47,82	100,00	34,66	100,00

$N = 6$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	45,93	0,00	58,65
1	16,67	0,42	64,12	0,08	74,60
2	33,33	4,33	77,72	1,87	85,64
3	50,00	11,81	88,19	6,63	93,37
4	66,67	22,28	95,67	14,36	98,13
5	83,33	35,88	99,58	25,40	99,92
6	100,00	54,07	100,00	41,35	100,00

$N = 7$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	40,96	0,00	53,09
1	14,29	0,36	57,87	0,07	68,49
2	28,57	3,67	70,96	1,58	79,70
3	42,86	9,90	81,59	5,53	88,23
4	57,14	18,41	90,10	11,77	94,47
5	71,43	29,04	96,33	20,30	98,42
6	85,71	42,13	99,64	31,51	99,93
7	100,00	59,04	100,00	46,91	100,00

$N = 8$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	36,94	0,00	48,43
1	12,50	0,32	52,65	0,06	63,15
2	25,00	3,19	65,09	1,37	74,22
3	37,50	8,52	75,51	4,75	83,03
4	50,00	15,70	84,30	9,99	90,01
5	62,50	24,49	91,48	16,97	95,25
6	75,00	34,91	96,81	25,78	98,63
7	87,50	47,35	99,68	36,85	99,94
8	100,00	63,06	100,00	51,57	100,00

$N = 9$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	33,63	0,00	44,50
1	11,11	0,28	48,25	0,06	58,50
2	22,22	2,81	60,01	1,21	69,26
3	33,33	7,49	70,07	4,16	78,09
4	44,44	13,70	78,80	8,68	85,39
5	55,56	21,20	86,30	14,61	91,32
6	66,67	29,93	92,51	21,91	95,84
7	77,78	39,99	97,19	30,74	98,79
8	88,89	51,75	99,72	41,50	99,94
9	100,00	66,37	100,00	55,50	100,00

$N = 10$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	30,85	0,00	41,13
1	10,00	0,25	44,50	0,05	54,43
2	20,00	2,52	55,61	1,09	64,82
3	30,00	6,67	65,25	3,70	73,51
4	40,00	12,16	73,76	7,68	80,91
5	50,00	18,71	81,29	12,83	87,17
6	60,00	26,24	87,84	19,09	92,32
7	70,00	34,75	93,33	26,49	96,30
8	80,00	44,39	97,48	35,18	98,91
9	90,00	55,50	99,75	45,57	99,95
10	100,00	69,15	100,00	58,87	100,00

$N = 11$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	28,49	0,00	38,22
1	9,09	0,23	41,28	0,05	50,86
2	18,18	2,28	51,78	0,98	60,85
3	27,27	6,02	60,97	3,33	69,33
4	36,36	10,93	69,21	6,88	76,68
5	45,45	16,75	76,62	11,45	83,07
6	54,55	23,38	83,25	16,93	88,55
7	63,64	30,79	89,07	23,32	93,12
8	72,73	39,03	93,98	30,67	96,67
9	81,82	48,22	97,72	39,15	99,02
10	90,91	58,72	99,77	49,14	99,95
11	100,00	71,51	100,00	61,78	100,00

$N = 12$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	26,46	0,00	35,69
1	8,33	0,21	38,48	0,04	47,70
2	16,67	2,09	48,41	0,90	57,29
3	25,00	5,49	57,19	3,03	65,52
4	33,33	9,92	65,11	6,24	72,75
5	41,67	15,17	72,33	10,34	79,15
6	50,00	21,09	78,91	15,22	84,78
7	58,33	27,67	84,83	20,85	89,66
8	66,67	34,89	90,08	27,25	93,76
9	75,00	42,81	94,51	34,48	96,97
10	83,33	51,59	97,91	42,71	99,10
11	91,67	61,52	99,79	52,30	99,96
12	100,00	73,54	100,00	64,31	100,00

$N = 13$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	24,71	0,00	33,47
1	7,69	0,19	36,03	0,04	44,90
2	15,38	1,92	45,45	0,83	54,10
3	23,08	5,04	53,81	2,78	62,06
4	30,77	9,09	61,43	5,71	69,13
5	38,46	13,86	68,42	9,42	75,46
6	46,15	19,22	74,87	13,83	81,13
7	53,85	25,13	80,78	18,87	86,17
8	61,54	31,58	86,14	24,54	90,58
9	69,23	38,57	90,91	30,87	94,29
10	76,92	46,19	94,96	37,94	97,22
11	84,62	54,55	98,08	45,90	99,17
12	92,31	63,97	99,81	55,10	99,96
13	100,00	75,29	100,00	66,53	100,00

$N = 14$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	23,16	0,00	31,51
1	7,14	0,18	33,87	0,04	42,40
2	14,29	1,78	42,81	0,76	51,23
3	21,43	4,66	50,80	2,57	58,92
4	28,57	8,39	58,10	5,26	65,79
5	35,71	12,76	64,86	8,66	72,01
6	42,86	17,66	71,14	12,67	77,66
7	50,00	23,04	76,96	17,24	82,76
8	57,14	28,86	82,34	22,34	87,33
9	64,29	35,14	87,24	27,99	91,34
10	71,43	41,90	91,61	34,21	94,74
11	78,57	49,20	95,34	41,08	97,43
12	85,71	57,19	98,22	48,77	99,44
13	92,86	66,13	99,82	57,60	99,96
14	100,00	76,84	100,00	68,49	100,00

$N = 15$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	21,80	0,00	29,76
1	6,67	0,17	31,95	0,03	40,16
2	13,33	1,66	40,46	0,71	48,63
3	20,00	4,33	48,09	2,39	56,05
4	26,67	7,79	55,10	4,88	62,73
5	33,33	11,82	61,62	8,01	68,82
6	40,00	16,34	67,71	11,70	74,39
7	46,67	21,27	73,41	15,87	79,49
8	53,33	26,59	78,73	20,51	84,13
9	60,00	32,29	83,66	25,61	88,30
10	66,67	38,38	88,18	31,18	91,99
11	73,33	44,90	92,21	37,27	95,12
12	80,00	51,91	95,67	43,95	97,61
13	86,67	59,54	98,34	51,37	99,29
14	93,33	68,05	99,83	59,84	99,97
15	100,00	78,20	100,00	70,24	100,00

$N = 16$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	20,59	0,00	28,19
1	6,25	0,16	30,23	0,03	38,14
2	12,50	1,55	38,35	0,67	46,28
3	18,75	4,05	45,65	2,23	53,44
4	25,00	7,27	52,38	4,55	59,91
5	31,25	11,02	58,66	7,45	65,85
6	37,50	15,20	64,57	10,86	71,32
7	43,75	19,75	70,12	14,71	76,38
8	50,00	24,65	75,35	18,97	81,03
9	56,25	29,88	80,25	23,62	85,29
10	62,50	35,43	84,80	28,68	89,14
11	68,75	41,34	88,98	34,15	92,55
12	75,00	47,62	92,73	40,09	95,45
13	81,25	54,35	95,95	46,56	97,77
14	87,50	61,65	98,45	53,72	99,33
15	93,75	69,77	99,84	61,86	99,97
16	100,00	79,41	100,00	71,81	100,00

$N = 17$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	19,51	0,00	26,78
1	5,88	0,15	28,69	0,03	36,30
2	11,76	1,46	36,44	0,63	44,13
3	17,65	3,80	43,43	2,09	51,04
4	23,53	6,81	49,90	4,26	57,32
5	29,41	10,31	55,96	6,97	63,10
6	35,29	14,21	61,67	10,14	68,46
7	41,18	18,44	67,08	13,71	73,44
8	47,06	22,98	72,19	17,64	78,07
9	52,94	27,81	77,02	21,93	82,36
10	58,82	32,92	81,56	26,56	86,29
11	64,71	38,33	85,79	31,54	89,86
12	70,59	44,04	89,69	36,90	93,03
13	76,47	50,10	93,19	42,68	95,74
14	82,35	56,57	96,20	48,96	97,91
15	88,24	63,56	98,54	55,87	99,37
16	94,12	71,31	99,85	63,70	99,97
17	100,00	80,49	100,00	73,22	100,00

$N = 18$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	18,53	0,00	25,50
1	5,56	0,14	27,29	0,03	34,63
2	11,11	1,38	34,71	0,59	42,17
3	16,67	3,58	41,42	1,97	48,84
4	22,22	6,41	47,64	4,00	54,92
5	27,78	9,69	53,48	6,54	60,55
6	33,33	13,34	59,01	9,51	65,79
7	38,89	17,30	64,25	12,84	70,68
8	44,44	21,53	69,24	16,49	75,26
9	50,00	26,02	73,98	20,47	79,53
10	55,56	30,76	78,47	24,74	83,51
11	61,11	35,75	82,70	29,32	87,16
12	66,67	40,99	86,66	34,21	90,49
13	72,22	46,52	90,31	39,45	93,46
14	77,78	52,36	93,59	45,08	96,00
15	83,33	58,58	96,42	51,16	98,03
16	88,89	65,29	98,62	57,83	99,41
17	94,44	72,71	99,86	65,37	99,97
18	100,00	81,47	100,00	74,50	100,00

$N = 19$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	17,65	0,00	24,34
1	5,26	0,13	26,03	0,03	33,11
2	10,53	1,30	33,14	0,56	40,37
3	15,79	3,38	39,58	1,86	46,82
4	21,05	6,05	45,57	3,78	52,71
5	26,32	9,15	51,20	6,17	58,18
6	31,58	12,58	56,55	8,95	63,29
7	36,84	16,29	61,64	12,07	68,09
8	42,11	20,25	66,50	15,49	72,60
9	47,37	24,45	71,14	19,19	76,84
10	52,63	28,86	75,55	23,16	80,81
11	57,89	33,50	79,75	27,40	84,51
12	63,16	38,36	83,71	31,91	87,93
13	68,42	43,45	87,42	36,71	91,05
14	73,68	48,80	90,85	41,82	93,83
15	78,95	54,43	93,95	47,29	96,22
16	84,21	60,42	96,62	53,18	98,14
17	89,47	66,86	98,70	59,63	99,44
18	94,74	73,97	99,87	66,89	99,97
19	100,00	82,35	100,00	75,66	100,00

$N = 20$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	16,84	0,00	23,27
1	5,00	0,13	24,87	0,03	31,71
2	10,00	1,23	31,70	0,53	38,71
3	15,00	3,21	37,89	1,76	44,95
4	20,00	5,73	43,66	3,58	50,66
5	25,00	8,66	49,10	5,83	55,98
6	30,00	11,89	54,28	8,46	60,96
7	35,00	15,39	59,22	11,39	65,66
8	40,00	19,12	63,95	14,60	70,09
9	45,00	23,06	68,47	18,06	74,28
10	50,00	27,20	72,80	21,77	78,23
11	55,00	31,53	76,94	25,72	81,94
12	60,00	36,05	80,88	29,91	85,40
13	65,00	40,78	84,61	34,34	88,61
14	70,00	45,72	88,11	39,04	91,54
15	75,00	50,90	91,34	44,02	94,17
16	80,00	56,34	94,27	49,34	96,42
17	85,00	62,11	96,79	55,05	98,24
18	90,00	68,30	98,77	61,29	99,47
19	95,00	75,13	99,87	68,29	99,97
20	100,00	83,16	100,00	76,73	100,00

$N = 21$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	16,11	0,00	22,30
1	4,76	0,12	23,82	0,02	30,43
2	9,52	1,17	30,38	0,50	37,18
3	14,29	3,05	36,34	1,68	43,22
4	19,05	5,45	41,91	3,39	48,76
5	23,81	8,22	47,17	5,53	53,92
6	28,57	11,28	52,18	8,01	58,78
7	33,33	14,59	56,97	10,78	63,37
8	38,10	18,11	61,56	13,81	67,72
9	42,86	21,82	65,98	17,07	71,85
10	47,62	25,71	70,22	20,55	75,76
11	52,38	29,78	74,29	24,24	79,45
12	57,14	34,02	78,18	28,15	82,93
13	61,90	38,44	81,89	32,28	86,19
14	66,67	43,03	85,41	36,63	89,22
15	71,43	47,82	88,72	41,22	91,99
16	76,19	52,83	91,78	46,08	94,47
17	80,95	58,09	94,55	51,24	96,61
18	85,71	63,66	96,95	56,78	98,32
19	90,48	69,62	98,83	62,82	99,50
20	95,24	76,18	99,88	69,57	99,98
21	100,00	83,89	100,00	77,70	100,00

$N = 22$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	15,44	0,00	21,40
1	4,55	0,12	22,84	0,02	29,24
2	9,09	1,12	29,16	0,48	35,77
3	13,64	2,91	34,91	1,60	41,61
4	18,18	5,19	40,28	3,23	46,99
5	22,73	7,82	45,37	5,26	52,01
6	27,27	10,73	50,22	7,61	56,74
7	31,82	13,86	54,87	10,24	61,23
8	36,36	17,20	59,34	13,10	65,49
9	40,91	20,71	63,65	16,18	69,54
10	45,45	24,39	67,79	19,46	73,40
11	50,00	28,22	71,78	22,93	77,07
12	54,55	32,21	75,61	26,60	80,54
13	59,09	36,35	79,29	30,46	83,82
14	63,64	40,66	82,80	34,51	86,90
15	68,18	45,13	86,14	38,77	89,76
16	72,73	49,78	89,27	43,26	92,39
17	77,27	54,63	92,18	47,99	94,74
18	81,82	59,72	94,81	53,01	96,77
19	86,36	65,09	97,09	58,39	98,40
20	90,91	70,84	98,88	64,23	99,52
21	95,45	77,16	99,88	70,76	99,98
22	100,00	84,56	100,00	78,60	100,00

$N = 23$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	14,82	0,00	20,58
1	4,35	0,11	21,95	0,02	28,14
2	8,70	1,07	28,04	0,46	34,46
3	13,04	2,78	33,59	1,53	40,12
4	17,39	4,95	38,78	3,08	45,34
5	21,74	7,46	43,70	5,02	50,22
6	26,09	10,23	48,41	7,25	54,83
7	30,43	13,21	52,92	9,74	59,21
8	34,78	16,38	57,27	12,46	63,38
9	39,13	19,71	61,46	15,37	67,36
10	43,48	23,19	65,51	18,48	71,16
11	47,83	26,82	69,41	21,76	74,79
12	52,17	30,59	73,18	25,21	78,24
13	56,52	34,49	76,81	28,84	81,52
14	60,87	38,54	80,29	32,64	84,63
15	65,22	42,73	83,62	36,62	87,54
16	69,57	47,08	86,79	40,79	90,26
17	73,91	51,59	89,77	45,17	92,75
18	78,26	56,30	92,54	49,78	94,98
19	82,61	61,22	95,05	54,66	96,92
20	86,96	66,41	97,22	59,88	98,47
21	91,30	71,96	98,93	65,54	99,54
22	95,65	78,05	99,89	71,86	99,98
23	100,00	85,18	100,00	79,42	100,00

$N = 24$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	14,25	0,00	19,81
1	4,17	0,11	21,12	0,02	27,13
2	8,33	1,03	27,00	0,44	33,24
3	12,50	2,66	32,36	1,46	38,73
4	16,67	4,74	37,38	2,95	43,79
5	20,83	7,13	42,15	4,79	48,55
6	25,00	9,77	46,71	6,92	53,04
7	29,17	12,62	51,09	9,30	57,32
8	33,33	15,63	55,32	11,88	61,40
9	37,50	18,80	59,41	14,65	65,30
10	41,67	22,11	63,36	17,59	69,04
11	45,83	25,55	67,18	20,70	72,62
12	50,00	29,12	70,88	23,96	76,04
13	54,17	32,82	74,45	27,38	79,30
14	58,33	36,64	77,89	30,96	82,41
15	62,50	40,59	81,20	34,70	85,35
16	66,67	44,68	84,37	38,60	88,12
17	70,83	48,91	87,38	42,68	90,70
18	75,00	53,29	90,23	46,96	93,08
19	79,17	57,85	92,87	51,45	95,21
20	83,33	62,62	95,26	56,21	97,05
21	87,50	67,64	97,34	61,27	98,54
22	91,67	73,00	98,97	66,76	99,56
23	95,83	78,88	99,89	72,87	99,98
24	100,00	85,75	100,00	80,19	100,00

$N = 25$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00	13,72	0,00	19,10
1	4,00	0,10	20,35	0,02	26,18
2	8,00	0,98	26,03	0,42	32,10
3	12,00	2,55	31,22	1,40	37,43
4	16,00	4,54	36,08	2,82	42,35
5	20,00	6,83	40,70	4,59	46,98
6	24,00	9,36	45,13	6,63	51,36
7	28,00	12,07	49,39	8,89	55,53
8	32,00	14,95	53,50	11,35	59,52

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 25$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
9	36,00	17,97–	57,48	13,99–	63,35
10	40,00	21,13–	61,33	16,79–	67,02
11	44,00	24,40–	65,07	19,74–	70,54
12	48,00	27,80–	68,69	22,83–	73,93
13	52,00	31,31–	72,20	26,07–	77,17
14	56,00	34,93–	75,60	29,46–	80,26
15	60,00	38,67–	78,87	32,98–	83,21
16	64,00	42,52–	82,03	36,65–	86,01
17	68,00	46,50–	85,05	40,48–	88,65
18	72,00	50,61–	87,93	44,47–	91,11
19	76,00	54,87–	90,64	48,64–	93,37
20	80,00	59,30–	93,17	53,02–	95,41
21	84,00	63,92–	95,46	57,65–	97,18
22	88,00	68,78–	97,45	62,57–	98,60
23	92,00	73,97–	99,02	67,90–	99,58
24	96,00	79,65–	99,90	73,82–	99,98
25	100,00	86,28–	100,00	80,90–	100,00

$N = 26$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	13,23	0,00–	18,44
1	3,85	0,10–	19,64	0,02–	25,29
2	7,69	0,95–	25,13	0,41–	31,04
3	11,54	2,45–	30,15	1,34–	36,21
4	15,38	4,36–	34,87	2,71–	41,00
5	19,23	6,55–	39,35	4,40–	45,50
6	23,08	8,97–	43,65	6,35–	49,77
7	26,92	11,57–	47,79	8,52–	53,85
8	30,77	14,33–	51,79	10,87–	57,75
9	34,62	17,21–	55,67	13,38–	61,50
10	38,46	20,23–	59,43	16,05–	65,10
11	42,31	23,35–	63,08	18,86–	68,57
12	46,15	26,59–	66,63	21,81–	71,91
13	50,00	29,93–	70,07	24,89–	75,11
14	53,85	33,37–	73,41	28,09–	78,19
15	57,69	36,92–	76,65	31,43–	81,14
16	61,54	40,57–	79,77	34,90–	83,95
17	65,38	44,33–	82,79	38,50–	86,62
18	69,23	48,21–	85,67	42,25–	89,13
19	73,08	52,21–	88,43	46,15–	91,48
20	76,92	56,35–	91,03	50,23–	93,65
21	80,77	60,65–	93,45	54,50–	95,60
22	84,62	65,13–	95,64	59,00–	97,29
23	88,46	69,85–	97,55	63,79–	98,66
24	92,31	74,87–	99,05	68,96–	99,59
25	96,15	80,36–	99,90	74,71–	99,98
26	100,00	86,77–	100,00	81,56–	100,00

$N = 27$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	12,77	0,00–	17,82
1	3,70	0,09–	18,97	0,02–	24,46
2	7,41	0,91–	24,29	0,39–	30,04
3	11,11	2,35–	29,16	1,29–	35,07
4	14,81	4,19–	33,73	2,60–	39,73
5	18,52	6,30–	38,08	4,23–	44,11
6	22,22	8,62–	42,26	6,10–	48,28
7	25,93	11,11–	46,28	8,17–	52,26
8	29,63	13,75–	50,18	10,42–	56,08
9	33,33	16,52–	53,96	12,83–	59,75
10	37,04	19,40–	57,63	15,38–	63,28
11	40,74	22,39–	61,20	18,07–	66,69
12	44,44	25,48–	64,67	20,88–	69,98
13	48,15	28,67–	68,05	23,81–	73,14
14	51,85	31,95–	71,33	26,86–	76,19
15	55,56	35,33–	74,52	30,02–	79,12
16	59,26	38,80–	77,61	33,31–	81,93
17	62,96	42,37–	80,60	36,72–	84,62
18	66,67	46,04–	83,48	40,25–	87,17
19	70,37	49,82–	86,25	43,92–	89,58
20	74,07	53,72–	88,89	47,74–	91,83
21	77,78	57,74–	91,38	51,72–	93,90
22	81,48	61,92–	93,70	55,89–	95,77
23	85,19	66,27–	95,81	60,27–	97,40
24	88,89	70,84–	97,65	64,93–	98,71
25	92,59	75,71–	99,09	69,96–	99,61
26	96,30	81,03–	99,91	75,54–	99,98
27	100,00	87,23–	100,00	82,18–	100,00

$N = 28$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	12,34	0,00–	17,24
1	3,57	0,09–	18,35	0,02–	23,69
2	7,14	0,88–	23,50	0,38–	29,11
3	10,71	2,27–	28,23	1,25–	33,99
4	14,29	4,03–	32,67	2,51–	38,53
5	17,86	6,06–	36,89	4,07–	42,80
6	21,43	8,30–	40,95	5,86–	46,87
7	25,00	10,69–	44,87	7,86–	50,76
8	28,57	13,22–	48,67	10,02–	54,49
9	32,14	15,88–	52,35	12,32–	58,08
10	35,71	18,64–	55,93	14,77–	61,55
11	39,29	21,50–	59,42	17,33–	64,90
12	42,86	24,46–	62,82	20,02–	68,14
13	46,43	27,51–	66,13	22,82–	71,26
14	50,00	30,65–	69,35	25,72–	74,28
15	53,57	33,87–	72,49	28,74–	77,18
16	57,14	37,18–	75,54	31,86–	79,98
17	60,71	40,58–	78,50	35,10–	82,67

$N = 28$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
18	64,29	44,07–	81,36	38,45–	85,23
19	67,86	47,65–	84,12	41,92–	87,68
20	71,43	51,33–	86,78	45,51–	89,98
21	75,00	55,13–	89,31	49,24–	92,14
22	78,57	59,05–	91,70	53,13–	94,14
23	82,14	63,11–	93,94	57,20–	95,93
24	85,71	67,33–	95,97	61,47–	97,49
25	89,29	71,77–	97,73	66,01–	98,75
26	92,86	76,50–	99,12	70,89–	99,62
27	96,43	81,65–	99,91	76,31–	99,98
28	100,00	87,66–	100,00	82,76–	100,00

$N = 29$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	11,94	0,00–	16,70
1	3,45	0,09–	17,76	0,02–	22,96
2	6,90	0,85–	22,77	0,36–	28,23
3	10,34	2,19–	27,35	1,20–	32,98
4	13,79	3,89–	31,66	2,42–	37,40
5	17,24	5,85–	35,77	3,92–	41,57
6	20,69	7,99–	39,72	5,65–	45,54
7	24,14	10,30–	43,54	7,56–	49,33
8	27,59	12,73–	47,24	9,64–	52,99
9	31,03	15,28–	50,83	11,85–	56,51
10	34,48	17,94–	54,33	14,20–	59,91
11	37,93	20,69–	57,74	16,66–	63,20
12	41,38	23,52–	61,06	19,23–	66,38
13	44,83	26,45–	64,31	21,91–	69,46
14	48,28	29,45–	67,47	24,69–	72,43
15	51,72	32,53–	70,55	27,57–	75,31
16	55,17	35,69–	73,55	30,54–	78,09
17	58,62	38,94–	76,48	33,62–	80,77
18	62,07	42,26–	79,31	36,80–	83,34
19	65,52	45,67–	82,06	40,09–	85,80
20	68,97	49,17–	84,72	43,49–	88,15
21	72,41	52,76–	87,27	47,01–	90,36
22	75,86	56,46–	89,70	50,67–	92,44
23	79,31	60,28–	92,01	54,46–	94,35
24	82,76	64,23–	94,15	58,43–	96,08
25	86,21	68,34–	96,11	62,60–	97,58
26	89,66	72,65–	97,81	67,02–	98,80
27	93,10	77,23–	99,15	71,77–	99,64
28	96,55	82,24–	99,91	77,04–	99,98
29	100,00	88,06–	100,00	83,30–	100,00

$N = 30$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	11,57	0,00–	16,19
1	3,33	0,08–	17,22	0,02–	22,27
2	6,67	0,82–	22,07	0,35–	27,40
3	10,00	2,11–	26,53	1,16–	32,03
4	13,33	3,76–	30,72	2,33–	36,34
5	16,67	5,64–	34,72	3,78–	40,40
6	20,00	7,71–	38,57	5,45–	44,28
7	23,33	9,93–	42,28	7,29–	47,99
8	26,67	12,28–	45,89	9,29–	51,56
9	30,00	14,73–	49,40	11,42–	55,01
10	33,33	17,29–	52,81	13,67–	58,34
11	36,67	19,93–	56,14	16,04–	61,57
12	40,00	22,66–	59,40	18,50–	64,70
13	43,33	25,46–	62,57	21,07–	67,73
14	46,67	28,34–	65,67	23,73–	70,67
15	50,00	31,30–	68,70	26,48–	73,52
16	53,33	34,33–	71,66	29,33–	76,27
17	56,67	37,43–	74,54	32,27–	78,93
18	60,00	40,60–	77,34	35,30–	81,50
19	63,33	43,86–	80,07	38,43–	83,96
20	66,67	47,19–	82,71	41,66–	86,33
21	70,00	50,60–	85,27	44,99–	88,58
22	73,33	54,11–	87,72	48,44–	90,71
23	76,67	57,72–	90,07	52,01–	92,71
24	80,00	61,43–	92,29	55,72–	94,55
25	83,33	65,28–	94,36	59,60–	96,22
26	86,67	69,28–	96,24	63,66–	97,67
27	90,00	73,47–	97,89	67,97–	98,84
28	93,33	77,93–	99,18	72,60–	99,65
29	96,67	82,78–	99,92	77,73–	99,98
30	100,00	88,43–	100,00	83,81–	100,00

$N = 31$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	11,22	0,00–	15,71
1	3,23	0,08–	16,70	0,02–	21,63
2	6,45	0,79–	21,42	0,34–	26,62
3	9,68	2,04–	25,75	1,12–	31,13
4	12,90	3,63–	29,83	2,25–	35,33
5	16,13	5,45–	33,73	3,65–	39,30
6	19,35	7,45–	37,47	5,26–	43,08
7	22,58	9,59–	41,10	7,04–	46,71
8	25,81	11,86–	44,61	8,96–	50,21
9	29,03	14,22–	48,04	11,02–	53,58
10	32,26	16,68–	51,37	13,18–	56,85
11	35,48	19,23–	54,63	15,46–	60,02
12	38,71	21,85–	57,81	17,83–	63,09
13	41,94	24,55–	60,92	20,29–	66,08
14	45,16	27,32–	63,97	22,85–	68,98
15	48,39	30,15–	66,94	25,49–	71,79
16	51,61	33,06–	69,85	28,21–	74,51
17	54,84	36,03–	72,68	31,02–	77,15

$N = 31$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
18	58,06	39,08–	75,45	33,92–	79,71
19	61,29	42,19–	78,15	36,91–	82,17
20	64,52	45,37–	80,77	39,98–	84,54
21	67,74	48,63–	83,32	43,15–	86,82
22	70,97	51,96–	85,78	46,42–	88,98
23	74,19	55,39–	88,14	49,79–	91,04
24	77,42	58,90–	90,41	53,29–	92,96
25	80,65	62,53–	92,55	56,92–	94,74
26	83,87	66,27–	94,55	60,70–	96,35
27	87,10	70,17–	96,37	64,67–	97,75
28	90,32	74,25–	97,96	68,87–	98,88
29	93,55	78,58–	99,21	73,38–	99,66
30	96,77	83,30–	99,92	78,37–	99,98
31	100,00	88,78–	100,00	84,29–	100,00

$N = 32$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	10,89	0,00–	15,26
1	3,13	0,08–	16,22	0,02–	21,02
2	6,25	0,77–	20,81	0,33–	25,88
3	9,38	1,98–	25,02	1,09–	30,28
4	12,50	3,51–	28,99	2,18–	34,38
5	15,63	5,28–	32,79	3,53–	38,25
6	18,75	7,21–	36,44	5,09–	41,95
7	21,88	9,28–	39,97	6,80–	45,50
8	25,00	11,46–	43,40	8,66–	48,92
9	28,13	13,75–	46,75	10,64–	52,22
10	31,25	16,12–	50,01	12,73–	55,43
11	34,38	18,57–	53,19	14,92–	58,54
12	37,50	21,10–	56,31	17,20–	61,56
13	40,63	23,70–	59,36	19,57–	64,50
14	43,75	26,36–	62,34	22,03–	67,35
15	46,88	29,09–	65,26	24,56–	70,13
16	50,00	31,89–	68,11	27,18–	72,82
17	53,13	34,74–	70,91	29,87–	75,44
18	56,25	37,66–	73,64	32,65–	77,97
19	59,38	40,64–	76,30	35,50–	80,43
20	62,50	43,69–	78,90	38,44–	82,80
21	65,63	46,81–	81,43	41,46–	85,08
22	68,75	49,99–	83,88	44,57–	87,27
23	71,88	53,25–	86,25	47,78–	89,36
24	75,00	56,60–	88,54	51,08–	91,34
25	78,13	60,03–	90,72	54,50–	93,20
26	81,25	63,56–	92,79	58,05–	94,91
27	84,38	67,21–	94,72	61,75–	96,47
28	87,50	71,01–	96,49	65,62–	97,82
29	90,63	74,98–	98,02	69,72–	98,91
30	93,75	79,19–	99,23	74,12–	99,67
31	96,88	83,78–	99,92	78,98–	99,98
32	100,00	89,11–	100,00	84,74–	100,00

$N = 33$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	10,58	0,00–	14,83
1	3,03	0,08–	15,76	0,02–	20,44
2	6,06	0,74–	20,23	0,32–	25,18
3	9,09	1,92–	24,33	1,05–	29,47
4	12,12	3,40–	28,20	2,11–	33,47
5	15,15	5,11–	31,90	3,42–	37,26
6	18,18	6,98–	35,46	4,92–	40,87
7	21,21	8,98–	38,91	6,58–	44,34
8	24,24	11,09–	42,26	8,38–	47,69
9	27,27	13,30–	45,52	10,29–	50,93
10	30,30	15,59–	48,71	12,31–	54,08
11	33,33	17,96–	51,83	14,42–	57,13
12	36,36	20,40–	54,88	16,62–	60,10
13	39,39	22,91–	57,86	18,90–	62,98
14	42,42	25,48–	60,78	21,27–	65,79
15	45,45	28,11–	63,65	23,71–	68,53
16	48,48	30,80–	66,46	26,22–	71,19
17	51,52	33,54–	69,20	28,81–	73,78
18	54,55	36,35–	71,89	31,47–	76,29
19	57,58	39,22–	74,52	34,21–	78,73
20	60,61	42,14–	77,09	37,02–	81,10
21	63,64	45,12–	79,60	39,90–	83,38
22	66,67	48,17–	82,04	42,87–	85,58
23	69,70	51,29–	84,41	45,92–	87,69
24	72,73	54,48–	86,70	49,07–	89,71
25	75,76	57,74–	88,91	52,31–	91,62
26	78,79	61,09–	91,02	55,66–	93,42
27	81,82	64,54–	93,02	59,13–	95,08
28	84,85	68,10–	94,89	62,74–	96,58
29	87,88	71,80–	96,60	66,53–	97,89
30	90,91	75,67–	98,08	70,53–	98,95
31	93,94	79,77–	99,26	74,82–	99,68
32	96,97	84,24–	99,92	79,56–	99,98
33	100,00	89,42–	100,00	85,17–	100,00

$N = 34$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	10,28	0,00–	14,43
1	2,94	0,07–	15,33	0,01–	19,90
2	5,88	0,72–	19,68	0,31–	24,52
3	8,82	1,86–	23,68	1,02–	28,71
4	11,76	3,30–	27,45	2,05–	32,62
5	14,71	4,95–	31,06	3,32–	36,31
6	17,65	6,76–	34,53	4,77–	39,85
7	20,59	8,70–	37,90	6,38–	43,24
8	23,53	10,75–	41,17	8,11–	46,52

$N = 34$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
9	26,47	12,88–	44,36	9,96–	49,70
10	29,41	15,10–	47,48	11,91–	52,78
11	32,35	17,39–	50,53	13,95–	55,78
12	35,29	19,75–	53,51	16,07–	58,69
13	38,24	22,17–	56,44	18,28–	61,53
14	41,18	24,65–	59,30	20,56–	64,30
15	44,12	27,19–	62,11	22,91–	67,00
16	47,06	29,78–	64,87	25,33–	69,62
17	50,00	32,43–	67,57	27,82–	72,18
18	52,94	35,13–	70,22	30,38–	74,67
19	55,88	37,89–	72,81	33,00–	77,09
20	58,82	40,70–	75,35	35,70–	79,44
21	61,76	43,56–	77,83	38,47–	81,72
22	64,71	46,49–	80,25	41,31–	83,93
23	67,65	49,47–	82,61	44,22–	86,05
24	70,59	52,52–	84,90	47,22–	88,09
25	73,53	55,64–	87,12	50,30–	90,04
26	76,47	58,83–	89,25	53,48–	91,89
27	79,41	62,10–	91,30	56,76–	93,62
28	82,35	65,47–	93,24	60,15–	95,23
29	85,29	68,94–	95,05	63,69–	96,68
30	88,24	72,55–	96,70	67,38–	97,95
31	91,18	76,32–	98,14	71,29–	98,98
32	94,12	80,32–	99,28	75,48–	99,69
33	97,06	84,67–	99,93	80,10–	99,99
34	100,00	89,72–	100,00	85,57–	100,00

$N = 35$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	10,00	0,00–	14,05
1	2,86	0,07–	14,92	0,01–	19,38
2	5,71	0,70–	19,16	0,30–	23,89
3	8,57	1,80–	23,06	0,99–	27,98
4	11,43	3,20–	26,74	1,99–	31,80
5	14,29	4,81–	30,26	3,22–	35,42
6	17,14	6,56–	33,65	4,63–	38,87
7	20,00	8,44–	36,94	6,18–	42,20
8	22,86	10,42–	40,14	7,86–	45,41
9	25,71	12,49–	43,26	9,65–	48,52
10	28,57	14,64–	46,30	11,54–	51,55
11	31,43	16,85–	49,29	13,51–	54,49
12	34,29	19,13–	52,21	15,56–	57,35
13	37,14	21,47–	55,08	17,69–	60,14
14	40,00	23,87–	57,89	19,89–	62,87
15	42,86	26,32–	60,65	22,16–	65,52
16	45,71	28,83–	63,35	24,50–	68,11
17	48,57	31,38–	66,01	26,90–	70,64
18	51,43	33,99–	68,62	29,36–	73,10
19	54,29	36,65–	71,17	31,89–	75,50
20	57,14	39,35–	73,68	34,48–	77,84
21	60,00	42,11–	76,13	37,13–	80,11
22	62,86	44,92–	78,53	39,86–	82,31
23	65,71	47,79–	80,87	42,65–	84,44
24	68,57	50,71–	83,15	45,51–	86,49
25	71,43	53,70–	85,36	48,45–	88,46
26	74,29	56,74–	87,51	51,48–	90,35
27	77,14	59,86–	89,58	54,59–	92,14
28	80,00	63,06–	91,56	57,80–	93,82
29	82,86	66,35–	93,44	61,13–	95,37
30	85,71	69,74–	95,19	64,58–	96,78
31	88,57	73,26–	96,80	68,20–	98,01
32	91,43	76,94–	98,20	72,02–	99,01
33	94,29	80,84–	99,30	76,11–	99,70
34	97,14	85,08–	99,93	80,62–	99,99
35	100,00	90,00–	100,00	85,95–	100,00

$N = 36$

x	$100\,p_x$	$100\,p_l$	$100\,p_r$	$100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	9,74	0,00–	13,69
1	2,78	0,07–	14,53	0,01–	18,89
2	5,56	0,68–	18,66	0,29–	23,29
3	8,33	1,75–	22,47	0,96–	27,29
4	11,11	3,11–	26,06	1,93–	31,02
5	13,89	4,67–	29,50	3,12–	34,56
6	16,67	6,37–	32,81	4,49–	37,94
7	19,44	8,19–	36,02	6,00–	41,20
8	22,22	10,12–	39,15	7,63–	44,35
9	25,00	12,12–	42,20	9,36–	47,40
10	27,78	14,20–	45,19	11,19–	50,37
11	30,56	16,35–	48,11	13,10–	53,25
12	33,33	18,56–	50,97	15,09–	56,07
13	36,11	20,82–	53,78	17,14–	58,81
14	38,89	23,14–	56,54	19,27–	61,49
15	41,67	25,51–	59,24	21,46–	64,11
16	44,44	27,94–	61,90	23,72–	66,66
17	47,22	30,41–	64,51	26,03–	69,16
18	50,00	32,92–	67,08	28,41–	71,59
19	52,78	35,49–	69,59	30,84–	73,97
20	55,56	38,10–	72,06	33,34–	76,28
21	58,33	40,76–	74,49	35,89–	78,54
22	61,11	43,46–	76,86	38,51–	80,73
23	63,89	46,22–	79,18	41,19–	82,86
24	66,67	49,03–	81,44	43,93–	84,91
25	69,44	51,89–	83,65	46,75–	86,90
26	72,22	54,81–	85,80	49,63–	88,81
27	75,00	57,80–	87,88	52,60–	90,64
28	77,78	60,85–	89,88	55,65–	92,37
29	80,56	63,98–	91,81	58,80–	94,00

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 36$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
30	83,33	67,19–	93,63	62,06–	95,51
31	86,11	70,50–	95,33	65,44–	96,88
32	88,89	73,94–	96,89	68,98–	98,07
33	91,67	77,53–	98,25	72,71–	99,04
34	94,44	81,34–	99,32	76,71–	99,71
35	97,22	85,47–	99,93	81,11–	99,99
36	100,00	90,26–	100,00	86,31–	100,00

$N = 37$

0	0,00	0,00–	9,49	0,00–	13,34
1	2,70	0,07–	14,16	0,01–	18,42
2	5,41	0,66–	18,19	0,28–	22,73
3	8,11	1,70–	21,91	0,94–	26,63
4	10,81	3,03–	25,42	1,88–	30,28
5	13,51	4,54–	28,77	3,04–	33,75
6	16,22	6,19–	32,01	4,36–	37,06
7	18,92	7,96–	35,16	5,83–	40,25
8	21,62	9,83–	38,21	7,41–	43,33
9	24,32	11,77–	41,20	9,09–	46,32
10	27,03	13,79–	44,12	10,86–	49,24
11	29,73	15,87–	46,98	12,71–	52,07
12	32,43	18,01–	49,79	14,64–	54,83
13	35,14	20,21–	52,54	16,63–	57,53
14	37,84	22,46–	55,24	18,69–	60,17
15	40,54	24,75–	57,90	20,81–	62,75
16	43,24	27,10–	60,51	22,99–	65,26
17	45,95	29,49–	63,08	25,22–	67,73
18	48,65	31,92–	65,60	27,52–	70,13
19	51,35	34,40–	68,08	29,87–	72,48
20	54,05	36,92–	70,51	32,27–	74,78
21	56,76	39,49–	72,90	34,74–	77,01
22	59,46	42,10–	75,25	37,25–	79,19
23	62,16	44,76–	77,54	39,83–	81,31
24	64,86	47,46–	79,79	42,47–	83,37
25	67,57	50,21–	81,99	45,17–	85,36
26	70,27	53,02–	84,13	47,93–	87,29
27	72,97	55,88–	86,21	50,76–	89,14
28	75,68	58,80–	88,23	53,68–	90,91
29	78,38	61,79–	90,17	56,67–	92,59
30	81,08	64,84–	92,04	59,75–	94,17
31	83,78	67,99–	93,81	62,94–	95,64
32	86,49	71,23–	95,46	66,25–	96,96
33	89,19	74,58–	96,97	69,72–	98,12
34	91,89	78,09–	98,30	73,37–	99,06
35	94,59	81,81–	99,34	77,27–	99,72
36	97,30	85,84–	99,93	81,58–	99,99
37	100,00	90,51–	100,00	86,66–	100,00

$N = 38$

0	0,00	0,00–	9,25	0,00–	13,01
1	2,63	0,07–	13,81	0,01–	17,98
2	5,26	0,64–	17,75	0,28–	22,19
3	7,89	1,66–	21,38	0,91–	26,01
4	10,53	2,94–	24,80	1,83–	29,58
5	13,16	4,41–	28,09	2,95–	32,97
6	15,79	6,02–	31,25	4,24–	36,21
7	18,42	7,74–	34,33	5,67–	39,34
8	21,05	9,55–	37,32	7,20–	42,36
9	23,68	11,44–	40,24	8,83–	45,30
10	26,32	13,40–	43,10	10,55–	48,15
11	28,95	15,42–	45,90	12,35–	50,94
12	31,58	17,50–	48,65	14,21–	53,65
13	34,21	19,63–	51,35	16,14–	56,31
14	36,84	21,81–	54,01	18,14–	58,90
15	39,47	24,04–	56,61	20,19–	61,44
16	42,11	26,31–	59,18	22,30–	63,92
17	44,74	28,62–	61,70	24,47–	66,35
18	47,37	30,98–	64,18	26,68–	68,72
19	50,00	33,38–	66,62	28,95–	71,05
20	52,63	35,82–	69,02	31,28–	73,32
21	55,26	38,30–	71,38	33,65–	75,53
22	57,89	40,82–	73,69	36,08–	77,70
23	60,53	43,39–	75,96	38,56–	79,81
24	63,16	45,99–	78,19	41,10–	81,86
25	65,79	48,65–	80,37	43,69–	83,86
26	68,42	51,35–	82,50	46,35–	85,79
27	71,05	54,10–	84,58	49,06–	87,65
28	73,68	56,90–	86,60	51,85–	89,45
29	76,32	59,76–	88,56	54,70–	91,17
30	78,95	62,68–	90,45	57,64–	92,80
31	81,58	65,67–	92,26	60,66–	94,33
32	84,21	68,75–	93,98	63,79–	95,76
33	86,84	71,91–	95,59	67,03–	97,05
34	89,47	75,20–	97,06	70,42–	98,17
35	92,11	78,62–	98,34	73,99–	99,09
36	94,74	82,25–	99,36	77,81–	99,72
37	97,37	86,19–	99,93	82,02–	99,99
38	100,00	90,75–	100,00	86,99–	100,00

$N = 39$

0	0,00	0,00–	9,03	0,00–	12,70
1	2,56	0,06–	13,48	0,01–	17,56
2	5,13	0,63–	17,32	0,27–	21,67
3	7,69	1,62–	20,87	0,89–	25,41
4	10,26	2,87–	24,22	1,78–	28,90
5	12,82	4,30–	27,43	2,87–	32,22
6	15,38	5,86–	30,53	4,13–	35,40
7	17,95	7,54–	33,54	5,51–	38,47
8	20,51	9,30–	36,46	7,01–	41,43
9	23,08	11,13–	39,33	8,59–	44,31
10	25,64	13,04–	42,13	10,26–	47,12
11	28,21	15,00–	44,87	12,00–	49,85
12	30,77	17,02–	47,57	13,81–	52,52
13	33,33	19,09–	50,22	15,69–	55,13
14	35,90	21,20–	52,82	17,62–	57,68
15	38,46	23,36–	55,38	19,61–	60,18
16	41,03	25,57–	57,90	21,66–	62,62
17	43,59	27,81–	60,38	23,75–	65,02
18	46,15	30,09–	62,82	25,90–	67,36
19	48,72	32,42–	65,22	28,10–	69,66
20	51,28	34,78–	67,58	30,34–	71,90
21	53,85	37,18–	69,91	32,64–	74,10
22	56,41	39,62–	72,19	34,98–	76,25
23	58,97	42,10–	74,43	37,38–	78,34
24	61,54	44,62–	76,64	39,82–	80,39
25	64,10	47,18–	78,80	42,32–	82,38
26	66,67	49,78–	80,91	44,87–	84,31
27	69,23	52,43–	82,98	47,48–	86,19
28	71,79	55,13–	85,00	50,15–	88,00
29	74,36	57,87–	86,96	52,88–	89,74
30	76,92	60,67–	88,87	55,69–	91,41
31	79,49	63,54–	90,70	58,57–	92,99
32	82,05	66,46–	92,46	61,53–	94,49
33	84,62	69,47–	94,14	64,60–	95,87
34	87,18	72,57–	95,70	67,78–	97,13
35	89,74	75,78–	97,13	71,10–	98,22
36	92,31	79,13–	98,38	74,59–	99,11
37	94,87	82,68–	99,37	78,33–	99,73
38	97,44	86,52–	99,94	82,44–	99,99
39	100,00	90,97–	100,00	87,30–	100,00

$N = 40$

0	0,00	0,00–	8,81	0,00–	12,41
1	2,50	0,06–	13,16	0,01–	17,15
2	5,00	0,61–	16,92	0,26–	21,18
3	7,50	1,57–	20,39	0,86–	24,84
4	10,00	2,79–	23,66	1,73–	28,26
5	12,50	4,19–	26,80	2,80–	31,51
6	15,00	5,71–	29,84	4,02–	34,63
7	17,50	7,34–	32,78	5,37–	37,63
8	20,00	9,05–	35,65	6,82–	40,54
9	22,50	10,84–	38,45	8,36–	43,37
10	25,00	12,69–	41,20	9,98–	46,12
11	27,50	14,60–	43,89	11,68–	48,81
12	30,00	16,56–	46,53	13,44–	51,43
13	32,50	18,57–	49,13	15,26–	54,00
14	35,00	20,63–	51,68	17,13–	56,51
15	37,50	22,73–	54,20	19,06–	58,97
16	40,00	24,86–	56,67	21,05–	61,38
17	42,50	27,04–	59,11	23,08–	63,74
18	45,00	29,26–	61,51	25,16–	66,05
19	47,50	31,51–	63,87	27,29–	68,32
20	50,00	33,80–	66,20	29,46–	70,54
21	52,50	36,13–	68,49	31,68–	72,71
22	55,00	38,49–	70,74	33,95–	74,84
23	57,50	40,89–	72,96	36,26–	76,92
24	60,00	43,33–	75,14	38,62–	78,95
25	62,50	45,80–	77,27	41,03–	80,94
26	65,00	48,32–	79,37	43,49–	82,87
27	67,50	50,87–	81,43	46,00–	84,74
28	70,00	53,47–	83,44	48,57–	86,56
29	72,50	56,11–	85,40	51,19–	88,32
30	75,00	58,80–	87,31	53,88–	90,02
31	77,50	61,55–	89,16	56,63–	91,64
32	80,00	64,35–	90,95	59,46–	93,18
33	82,50	67,22–	92,66	62,37–	94,63
34	85,00	70,16–	94,29	65,37–	95,98
35	87,50	73,20–	95,81	68,49–	97,20
36	90,00	76,34–	97,21	71,74–	98,27
37	92,50	79,61–	98,43	75,16–	99,14
38	95,00	83,08–	99,39	78,82–	99,74
39	97,50	86,84–	99,94	82,85–	99,99
40	100,00	91,19–	100,00	87,59–	100,00

$N = 41$

0	0,00	0,00–	8,60	0,00–	12,12
1	2,44	0,06–	12,86	0,01–	16,77
2	4,88	0,60–	16,53	0,26–	20,71
3	7,32	1,54–	19,92	0,84–	24,29
4	9,76	2,72–	23,13	1,69–	27,64
5	12,20	4,08–	26,20	2,73–	30,83
6	14,63	5,57–	29,17	3,92–	33,89
7	17,07	7,15–	32,06	5,23–	36,83
8	19,51	8,82–	34,87	6,64–	39,69
9	21,95	10,56–	37,61	8,14–	42,46
10	24,39	12,36–	40,30	9,72–	45,17
11	26,83	14,22–	42,94	11,37–	47,81
12	29,27	16,13–	45,54	13,08–	50,38
13	31,71	18,08–	48,09	14,85–	52,91
14	34,15	20,08–	50,59	16,67–	55,38
15	36,59	22,12–	53,06	18,55–	57,80
16	39,02	24,20–	55,50	20,47–	60,17
17	41,46	26,32–	57,89	22,44–	62,50
18	43,90	28,47–	60,25	24,46–	64,78
19	46,34	30,66–	62,58	26,53–	67,02
20	48,78	32,88–	64,87	28,63–	69,22
21	51,22	35,13–	67,12	30,78–	71,37
22	53,66	37,42–	69,34	32,98–	73,47
23	56,10	39,75–	71,53	35,22–	75,54
24	58,54	42,11–	73,68	37,50–	77,56
25	60,98	44,50–	75,80	39,83–	79,53
26	63,41	46,94–	77,88	42,20–	81,45
27	65,85	49,41–	79,92	44,62–	83,33
28	68,29	51,91–	81,92	47,09–	85,15
29	70,73	54,46–	83,87	49,62–	86,92
30	73,17	57,06–	85,78	52,19–	88,63
31	75,61	59,70–	87,64	54,83–	90,28
32	78,05	62,39–	89,44	57,54–	91,86
33	80,49	65,13–	91,18	60,31–	93,36
34	82,93	67,94–	92,85	63,17–	94,77
35	85,37	70,83–	94,43	66,11–	96,08
36	87,80	73,80–	95,92	69,17–	97,27
37	90,24	76,87–	97,28	72,36–	98,31
38	92,68	80,08–	98,46	75,71–	99,16
39	95,12	83,47–	99,40	79,29–	99,74
40	97,56	87,14–	99,94	83,23–	99,99
41	100,00	91,40–	100,00	87,88–	100,00

$N = 42$

0	0,00	0,00–	8,41	0,00–	11,85
1	2,38	0,06–	12,57	0,01–	16,40
2	4,76	0,58–	16,16	0,25–	20,26
3	7,14	1,50–	19,48	0,82–	23,77
4	9,52	2,66–	22,62	1,65–	27,05
5	11,90	3,98–	25,63	2,66–	30,18
6	14,29	5,43–	28,54	3,82–	33,18
7	16,67	6,97–	31,36	5,10–	36,07
8	19,05	8,60–	34,12	6,47–	38,87
9	21,43	10,30–	36,81	7,94–	41,59
10	23,81	12,05–	39,45	9,47–	44,25
11	26,19	13,86–	42,04	11,08–	46,84
12	28,57	15,72–	44,58	12,74–	49,38
13	30,95	17,62–	47,09	14,46–	51,86
14	33,33	19,57–	49,55	16,23–	54,29
15	35,71	21,55–	51,97	18,06–	56,68
16	38,10	23,57–	54,36	19,93–	59,02
17	40,48	25,63–	56,72	21,84–	61,31
18	42,86	27,72–	59,04	23,80–	63,56
19	45,24	29,85–	61,33	25,81–	65,77
20	47,62	32,00–	63,58	27,85–	67,94
21	50,00	34,19–	65,81	29,93–	70,07
22	52,38	36,42–	68,00	32,06–	72,15
23	54,76	38,67–	70,15	34,23–	74,19
24	57,14	40,96–	72,28	36,44–	76,20
25	59,52	43,28–	74,37	38,69–	78,16
26	61,90	45,64–	76,43	40,98–	80,07
27	64,29	48,03–	78,45	43,32–	81,94
28	66,67	50,45–	80,43	45,71–	83,77
29	69,05	52,91–	82,38	48,14–	85,54
30	71,43	55,42–	84,28	50,62–	87,26
31	73,81	57,96–	86,14	53,16–	88,92
32	76,19	60,55–	87,95	55,75–	90,53
33	78,57	63,19–	89,70	58,41–	92,06
34	80,95	65,88–	91,40	61,13–	93,53
35	83,33	68,64–	93,03	63,93–	94,90
36	85,71	71,46–	94,57	66,82–	96,18
37	88,10	74,37–	96,02	69,82–	97,34
38	90,48	77,38–	97,34	72,95–	98,35
39	92,86	80,52–	98,50	76,23–	99,18
40	95,24	83,84–	99,42	79,74–	99,75
41	97,62	87,43–	99,94	83,60–	99,99
42	100,00	91,59–	100,00	88,15–	100,00

$N = 43$

0	0,00	0,00–	8,22	0,00–	11,59
1	2,33	0,06–	12,29	0,01–	16,04
2	4,65	0,57–	15,81	0,24–	19,82
3	6,98	1,46–	19,06	0,80–	23,27
4	9,30	2,59–	22,14	1,61–	26,49
5	11,63	3,89–	25,08	2,60–	29,55
6	13,95	5,30–	27,93	3,73–	32,49
7	16,28	6,81–	30,70	4,97–	35,33
8	18,60	8,39–	33,40	6,32–	38,08
9	20,93	10,04–	36,04	7,74–	40,76
10	23,26	11,76–	38,63	9,24–	43,37
11	25,58	13,52–	41,17	10,80–	45,92
12	27,91	15,33–	43,67	12,42–	48,41
13	30,23	17,18–	46,13	14,09–	50,85
14	32,56	19,08–	48,54	15,82–	53,25
15	34,88	21,01–	50,93	17,59–	55,59
16	37,21	22,98–	53,27	19,41–	57,90
17	39,53	24,98–	55,59	21,27–	60,16
18	41,86	27,01–	57,87	23,18–	62,38
19	44,19	29,08–	60,12	25,12–	64,56
20	46,51	31,18–	62,35	27,11–	66,70
21	48,84	33,31–	64,54	29,13–	68,80
22	51,16	35,46–	66,69	31,20–	70,87
23	53,49	37,65–	68,82	33,30–	72,89
24	55,81	39,88–	70,92	35,44–	74,88
25	58,14	42,13–	72,99	37,62–	76,82
26	60,47	44,41–	75,02	39,84–	78,73
27	62,79	46,73–	77,02	42,10–	80,59
28	65,12	49,07–	78,99	44,41–	82,41
29	67,44	51,46–	80,92	46,75–	84,18
30	69,77	53,87–	82,82	49,15–	85,91
31	72,09	56,33–	84,67	51,59–	87,58
32	74,42	58,83–	86,48	54,08–	89,20
33	76,74	61,37–	88,24	56,63–	90,76
34	79,07	63,96–	89,96	59,24–	92,26
35	81,40	66,60–	91,61	61,92–	93,68
36	83,72	69,30–	93,19	64,67–	95,03
37	86,05	72,07–	94,70	67,51–	96,27
38	88,37	74,92–	96,11	70,45–	97,40
39	90,70	77,86–	97,41	73,51–	98,39
40	93,02	80,94–	98,54	76,73–	99,20
41	95,35	84,19–	99,43	80,18–	99,76
42	97,67	87,71–	99,94	83,96–	99,99
43	100,00	91,78–	100,00	88,41–	100,00

$N = 44$

0	0,00	0,00–	8,04	0,00–	11,34
1	2,27	0,06–	12,02	0,01–	15,70
2	4,55	0,56–	15,47	0,24–	19,41
3	6,82	1,43–	18,66	0,78–	22,79
4	9,09	2,53–	21,67	1,57–	25,95
5	11,36	3,79–	24,56	2,54–	28,95
6	13,64	5,17–	27,35	3,64–	31,84
7	15,91	6,64–	30,07	4,85–	34,62
8	18,18	8,19–	32,71	6,16–	37,33
9	20,45	9,80–	35,30	7,55–	39,96
10	22,73	11,47–	37,84	9,01–	42,52
11	25,00	13,19–	40,34	10,53–	45,03
12	27,27	14,96–	42,79	12,11–	47,48
13	29,55	16,76–	45,20	13,74–	49,88
14	31,82	18,61–	47,58	15,43–	52,24
15	34,09	20,49–	49,92	17,15–	54,55
16	36,36	22,41–	52,23	18,92–	56,82
17	38,64	24,36–	54,50	20,73–	59,05
18	40,91	26,34–	56,75	22,59–	61,24
19	43,18	28,35–	58,97	24,48–	63,39
20	45,45	30,39–	61,15	26,41–	65,50
21	47,73	32,46–	63,31	28,37–	67,58
22	50,00	34,56–	65,44	30,38–	69,62
23	52,27	36,69–	67,54	32,42–	71,63
24	54,55	38,85–	69,61	34,50–	73,59
25	56,82	41,03–	71,65	36,61–	75,52
26	59,09	43,25–	73,66	38,76–	77,41
27	61,36	45,50–	75,64	40,95–	79,27
28	63,64	47,77–	77,59	43,18–	81,08
29	65,91	50,08–	79,51	45,45–	82,85
30	68,18	52,42–	81,39	47,76–	84,57
31	70,45	54,80–	83,24	50,12–	86,26
32	72,73	57,21–	85,04	52,52–	87,89
33	75,00	59,66–	86,81	54,97–	89,47
34	77,27	62,16–	88,53	57,48–	90,99
35	79,55	64,70–	90,20	60,04–	92,45
36	81,82	67,29–	91,81	62,67–	93,84
37	84,09	69,93–	93,36	65,38–	95,15
38	86,36	72,65–	94,83	68,16–	96,36
39	88,64	75,44–	96,21	71,05–	97,46
40	90,91	78,33–	97,47	74,05–	98,43
41	93,18	81,34–	98,57	77,21–	99,22
42	95,45	84,53–	99,44	80,59–	99,76
43	97,73	87,98–	99,94	84,30–	99,99
44	100,00	91,96–	100,00	88,66–	100,00

$N = 45$

0	0,00	0,00–	7,87	0,00–	11,11
1	2,22	0,06–	11,77	0,01–	15,38
2	4,44	0,54–	15,15	0,23–	19,01
3	6,67	1,40–	18,27	0,77–	22,32
4	8,89	2,48–	21,22	1,54–	25,43
5	11,11	3,71–	24,05	2,48–	28,38
6	13,33	5,05–	26,79	3,56–	31,21
7	15,56	6,49–	29,46	4,74–	33,95
8	17,78	8,00–	32,05	6,02–	36,60
9	20,00	9,58–	34,60	7,37–	39,18
10	22,22	11,20–	37,09	8,80–	41,71
11	24,44	12,88–	39,54	10,28–	44,17
12	26,67	14,60–	41,94	11,82–	46,58
13	28,89	16,37–	44,31	13,41–	48,95
14	31,11	18,17–	46,65	15,05–	51,27
15	33,33	20,00–	48,95	16,73–	53,54
16	35,56	21,87–	51,22	18,46–	55,78
17	37,78	23,77–	53,46	20,22–	57,98
18	40,00	25,70–	55,67	22,02–	60,14
19	42,22	27,66–	57,85	23,86–	62,26
20	44,44	29,64–	60,00	25,74–	64,35
21	46,67	31,66–	62,13	27,65–	66,40
22	48,89	33,70–	64,23	29,60–	68,42
23	51,11	35,77–	66,30	31,58–	70,40
24	53,33	37,87–	68,34	33,60–	72,35
25	55,56	40,00–	70,36	35,65–	74,26
26	57,78	42,15–	72,34	37,74–	76,14
27	60,00	44,33–	74,30	39,86–	77,98

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
		$N = 45$ (Fortsetzung)			
28	62,22	46,54–	76,23	42,02–	79,78
29	64,44	48,78–	78,13	44,22–	81,54
30	66,67	51,05–	80,00	46,46–	83,27
31	68,89	53,35–	81,83	48,73–	84,95
32	71,11	55,69–	83,63	51,05–	86,59
33	73,33	58,06–	85,40	53,42–	88,18
34	75,56	60,46–	87,12	55,83–	89,72
35	77,78	62,91–	88,80	58,29–	91,20
36	80,00	65,40–	90,42	60,82–	92,63
37	82,22	67,95–	92,00	63,40–	93,98
38	84,44	70,54–	93,51	66,05–	95,26
39	86,67	73,21–	94,95	68,79–	96,44
40	88,89	75,95–	96,29	71,62–	97,52
41	91,11	78,78–	97,52	74,57–	98,46
42	93,33	81,73–	98,60	77,68–	99,23
43	95,56	84,85–	99,46	80,99–	99,77
44	97,78	88,23–	99,94	84,62–	99,99
45	100,00	92,13–100,00		88,89–100,00	
		$N = 46$			
0	0,00	0,00–	7,71	0,00–	10,88
1	2,17	0,06–	11,53	0,01–	15,07
2	4,35	0,53–	14,84	0,23–	18,63
3	6,52	1,37–	17,90	0,75–	21,88
4	8,70	2,42–	20,79	1,50–	24,93
5	10,87	3,62–	23,57	2,42–	27,82
6	13,04	4,94–	26,26	3,47–	30,60
7	15,22	6,34–	28,87	4,63–	33,29
8	17,39	7,82–	31,42	5,88–	35,90
9	19,57	9,36–	33,91	7,20–	38,44
10	21,74	10,95–	36,36	8,59–	40,92
11	23,91	12,59–	38,77	10,04–	43,34
12	26,09	14,27–	41,13	11,54–	45,72
13	28,26	15,99–	43,46	13,10–	48,04
14	30,43	17,74–	45,75	14,69–	50,33
15	32,61	19,53–	48,02	16,33–	52,57
16	34,78	21,35–	50,25	18,01–	54,77
17	36,96	23,21–	52,45	19,73–	56,94
18	39,13	25,09–	54,63	21,49–	59,07
19	41,30	27,00–	56,77	23,28–	61,16
20	43,48	28,93–	58,89	25,11–	63,23
21	45,65	30,90–	60,99	26,97–	65,25
22	47,83	32,89–	63,05	28,86–	67,25
23	50,00	34,90–	65,10	30,79–	69,21
24	52,17	36,95–	67,11	32,75–	71,14
25	54,35	39,01–	69,10	34,75–	73,03
26	56,52	41,11–	71,07	36,77–	74,89
27	58,70	43,23–	73,00	38,84–	76,72
28	60,87	45,37–	74,91	40,93–	78,51
29	63,04	47,55–	76,79	43,06–	80,27
30	65,22	49,75–	78,65	45,23–	81,99
31	67,39	51,98–	80,47	47,43–	83,67
32	69,57	54,25–	82,26	49,67–	85,31
33	71,74	56,54–	84,01	51,96–	86,90
34	73,91	58,87–	85,73	54,28–	88,46
35	76,09	61,23–	87,41	56,66–	89,96
36	78,26	63,64–	89,05	59,08–	91,41
37	80,43	66,09–	90,64	61,56–	92,80
38	82,61	68,58–	92,18	64,10–	94,12
39	84,78	71,13–	93,66	66,71–	95,37
40	86,96	73,74–	95,06	69,40–	96,53
41	89,13	76,43–	96,38	72,18–	97,58
42	91,30	79,21–	97,58	75,07–	98,50
43	93,48	82,10–	98,63	78,12–	99,25
44	95,65	85,16–	99,47	81,37–	99,77
45	97,83	88,47–	99,94	84,93–	99,99
46	100,00	92,29–100,00		89,12–100,00	
		$N = 47$			
0	0,00	0,00–	7,55	0,00–	10,66
1	2,13	0,05–	11,29	0,01–	14,77
2	4,26	0,52–	14,54	0,22–	18,27
3	6,38	1,34–	17,54	0,73–	21,45
4	8,51	2,37–	20,38	1,47–	24,44
5	10,64	3,55–	23,10	2,37–	27,29
6	12,77	4,83–	25,74	3,40–	30,02
7	14,89	6,20–	28,31	4,53–	32,66
8	17,02	7,65–	30,81	5,75–	35,23
9	19,15	9,15–	33,26	7,04–	37,72
10	21,28	10,70–	35,66	8,40–	40,16
11	23,40	12,30–	38,03	9,81–	42,55
12	25,53	13,94–	40,35	11,28–	44,88
13	27,66	15,62–	42,64	12,79–	47,17
14	29,79	17,34–	44,89	14,35–	49,42
15	31,91	19,09–	47,12	15,95–	51,63
16	34,04	20,86–	49,31	17,59–	53,80
17	36,17	22,67–	51,48	19,27–	55,94
18	38,30	24,51–	53,62	20,98–	58,04
19	40,43	26,37–	55,73	22,73–	60,11
20	42,55	28,26–	57,82	24,51–	62,14
21	44,68	30,17–	59,88	26,32–	64,14
22	46,81	32,11–	61,92	28,16–	66,11
23	48,94	34,08–	63,94	30,04–	68,05
24	51,06	36,06–	65,92	31,95–	69,96
25	53,19	38,08–	67,89	33,89–	71,84
26	55,32	40,12–	69,83	35,86–	73,68
27	57,45	42,18–	71,74	37,86–	75,49
28	59,57	44,27–	73,63	39,89–	77,27
29	61,70	46,38–	75,49	41,96–	79,02
30	63,83	48,52–	77,33	44,06–	80,73
31	65,96	50,69–	79,14	46,20–	82,41
32	68,09	52,88–	80,91	48,37–	84,05
33	70,21	55,11–	82,66	50,58–	85,65
34	72,34	57,36–	84,38	52,83–	87,21
35	74,47	59,65–	86,06	55,12–	88,72
36	76,60	61,97–	87,70	57,45–	90,19
37	78,72	64,34–	89,30	59,84–	91,60
38	80,85	66,74–	90,85	62,28–	92,96
39	82,98	69,19–	92,35	64,77–	94,25
40	85,11	71,69–	93,80	67,34–	95,47
41	87,23	74,26–	95,17	69,98–	96,60
42	89,36	76,90–	96,45	72,71–	97,63
43	91,49	79,62–	97,63	75,56–	98,53
44	93,62	82,46–	98,66	78,55–	99,27
45	95,74	85,46–	99,48	81,73–	99,78
46	97,87	88,71–	99,95	85,23–	99,99
47	100,00	92,45–100,00		89,34–100,00	
		$N = 48$			
0	0,00	0,00–	7,40	0,00–	10,45
1	2,08	0,05–	11,07	0,01–	14,48
2	4,17	0,51–	14,25	0,22–	17,91
3	6,25	1,31–	17,20	0,72–	21,04
4	8,33	2,32–	19,98	1,44–	23,98
5	10,42	3,47–	22,66	2,32–	26,78
6	12,50	4,73–	25,25	3,32–	29,46
7	14,58	6,07–	27,76	4,43–	32,06
8	16,67	7,48–	30,22	5,62–	34,58
9	18,75	8,95–	32,63	6,89–	37,03
10	20,83	10,47–	34,99	8,21–	39,43
11	22,92	12,03–	37,31	9,59–	41,78
12	25,00	13,64–	39,60	11,03–	44,08
13	27,08	15,28–	41,85	12,51–	46,33
14	29,17	16,95–	44,06	14,03–	48,55
15	31,25	18,66–	46,25	15,59–	50,72
16	33,33	20,40–	48,41	17,19–	52,86
17	35,42	22,16–	50,54	18,83–	54,97
18	37,50	23,95–	52,65	20,50–	57,04
19	39,58	25,77–	54,73	22,20–	59,08
20	41,67	27,61–	56,79	23,93–	61,09
21	43,75	29,48–	58,82	25,70–	63,07
22	45,83	31,37–	60,83	27,50–	65,01
23	47,92	33,29–	62,81	29,33–	66,93
24	50,00	35,23–	64,77	31,18–	68,82
25	52,08	37,19–	66,71	33,07–	70,67
26	54,17	39,17–	68,63	34,99–	72,50
27	56,25	41,18–	70,52	36,93–	74,30
28	58,33	43,21–	72,39	38,91–	76,07
29	60,42	45,27–	74,23	40,92–	77,80
30	62,50	47,35–	76,05	42,96–	79,50
31	64,58	49,46–	77,84	45,03–	81,17
32	66,67	51,59–	79,60	47,14–	82,81
33	68,75	53,75–	81,34	49,28–	84,41
34	70,83	55,94–	83,05	51,45–	85,97
35	72,92	58,15–	84,72	53,67–	87,49
36	75,00	60,40–	86,36	55,92–	88,97
37	77,08	62,69–	87,97	58,22–	90,41
38	79,17	65,01–	89,53	60,57–	91,79
39	81,25	67,37–	91,05	62,97–	93,11
40	83,33	69,78–	92,52	65,42–	94,38
41	85,42	72,24–	93,93	67,94–	95,57
42	87,50	74,75–	95,27	70,54–	96,68
43	89,58	77,34–	96,53	73,22–	97,68
44	91,67	80,02–	97,68	76,02–	98,56
45	93,75	82,80–	98,69	78,96–	99,28
46	95,83	85,75–	99,49	82,09–	99,78
47	97,92	88,93–	99,95	85,52–	99,99
48	100,00	92,60–100,00		89,55–100,00	
		$N = 49$			
0	0,00	0,00–	7,25	0,00–	10,25
1	2,04	0,05–	10,85	0,01–	14,21
2	4,08	0,50–	13,98	0,21–	17,58
3	6,12	1,28–	16,87	0,70–	20,65
4	8,16	2,27–	19,60	1,41–	23,53
5	10,20	3,40–	22,23	2,27–	26,28
6	12,24	4,63–	24,77	3,25–	28,92
7	14,29	5,94–	27,24	4,34–	31,47
8	16,33	7,32–	29,66	5,50–	33,95
9	18,37	8,76–	32,02	6,74–	36,37
10	20,41	10,24–	34,34	8,03–	38,73
11	22,45	11,77–	36,62	9,39–	41,04
12	24,49	13,34–	38,87	10,79–	43,30
13	26,53	14,95–	41,08	12,23–	45,52
14	28,57	16,58–	43,26	13,72–	47,70
15	30,61	18,25–	45,42	15,24–	49,85
16	32,65	19,95–	47,54	16,81–	51,96
17	34,69	21,67–	49,64	18,40–	54,03
18	36,73	23,42–	51,71	20,03–	56,07
19	38,78	25,20–	53,76	21,69–	58,09
20	40,82	27,00–	55,79	23,39–	60,07
21	42,86	28,82–	57,79	25,11–	62,02
22	44,90	30,67–	59,77	26,86–	63,95
23	46,94	32,53–	61,73	28,64–	65,84
24	48,98	34,42–	63,66	30,45–	67,71
25	51,02	36,34–	65,58	32,29–	69,55
26	53,06	38,27–	67,47	34,16–	71,36
27	55,10	40,23–	69,33	36,05–	73,14
28	57,14	42,21–	71,18	37,98–	74,89
29	59,18	44,21–	73,00	39,93–	76,61
30	61,22	46,24–	74,80	41,91–	78,31
31	63,27	48,29–	76,58	43,93–	79,97
32	65,31	50,36–	78,33	45,97–	81,60
33	67,35	52,46–	80,05	48,04–	83,19
34	69,39	54,58–	81,75	50,15–	84,76
35	71,43	56,74–	83,42	52,30–	86,28
36	73,47	58,92–	85,05	54,48–	87,77
37	75,51	61,13–	86,66	56,70–	89,21
38	77,55	63,38–	88,23	58,96–	90,61
39	79,59	65,66–	89,76	61,27–	91,97
40	81,63	67,98–	91,24	63,63–	93,26
41	83,67	70,34–	92,68	66,05–	94,50
42	85,71	72,76–	94,06	68,53–	95,66
43	87,76	75,23–	95,37	71,08–	96,75
44	89,80	77,77–	96,60	73,72–	97,73
45	91,84	80,40–	97,73	76,47–	98,59
46	93,88	83,13–	98,72	79,35–	99,30
47	95,92	86,02–	99,50	82,42–	99,79
48	97,96	89,15–	99,95	85,79–	99,99
49	100,00	92,75–100,00		89,75–100,00	
		$N = 50$			
0	0,00	0,00–	7,11	0,00–	10,05
1	2,00	0,05–	10,65	0,01–	13,94
2	4,00	0,49–	13,71	0,21–	17,25
3	6,00	1,25–	16,55	0,69–	20,27
4	8,00	2,22–	19,23	1,38–	23,11
5	10,00	3,33–	21,81	2,22–	25,80
6	12,00	4,53–	24,31	3,19–	28,40
7	14,00	5,82–	26,74	4,25–	30,91
8	16,00	7,17–	29,11	5,39–	33,35
9	18,00	8,58–	31,44	6,60–	35,73
10	20,00	10,03–	33,72	7,86–	38,05
11	22,00	11,53–	35,96	9,19–	40,32
12	24,00	13,06–	38,17	10,56–	42,55
13	26,00	14,63–	40,34	11,97–	44,74
14	28,00	16,23–	42,49	13,42–	46,89
15	30,00	17,86–	44,61	14,91–	49,00
16	32,00	19,52–	46,70	16,44–	51,08
17	34,00	21,21–	48,77	18,00–	53,12
18	36,00	22,92–	50,81	19,59–	55,14
19	38,00	24,65–	52,83	21,21–	57,13
20	40,00	26,41–	54,82	22,87–	59,08
21	42,00	28,19–	56,79	24,55–	61,01
22	44,00	29,99–	58,75	26,26–	62,91
23	46,00	31,81–	60,68	27,99–	64,78
24	48,00	33,66–	62,58	29,76–	66,63
25	50,00	35,53–	64,47	31,55–	68,45
26	52,00	37,42–	66,34	33,37–	70,24
27	54,00	39,32–	68,19	35,22–	72,01
28	56,00	41,25–	70,01	37,09–	73,74
29	58,00	43,21–	71,81	38,99–	75,45
30	60,00	45,18–	73,59	40,92–	77,13
31	62,00	47,17–	75,35	42,87–	78,79
32	64,00	49,19–	77,08	44,86–	80,41
33	66,00	51,23–	78,79	46,88–	82,00
34	68,00	53,30–	80,48	48,92–	83,56
35	70,00	55,39–	82,14	51,00–	85,09
36	72,00	57,51–	83,77	53,11–	86,58
37	74,00	59,66–	85,37	55,26–	88,03
38	76,00	61,83–	86,94	57,45–	89,44
39	78,00	64,04–	88,47	59,68–	90,81
40	80,00	66,28–	89,97	61,95–	92,14
41	82,00	68,56–	91,42	64,27–	93,40
42	84,00	70,89–	92,83	66,65–	94,61
43	86,00	73,26–	94,18	69,09–	95,75
44	88,00	75,69–	95,47	71,60–	96,81
45	90,00	78,19–	96,67	74,20–	97,78
46	92,00	80,77–	97,78	76,89–	98,62
47	94,00	83,45–	98,75	79,73–	99,31
48	96,00	86,29–	99,51	82,75–	99,79
49	98,00	89,35–	99,95	86,06–	99,99
50	100,00	92,89–100,00		89,95–100,00	
		$N = 51$			
0	0,00	0,00–	6,98	0,00–	9,87
1	1,96	0,05–	10,45	0,01–	13,68
2	3,92	0,48–	13,46	0,20–	16,94
3	5,88	1,23–	16,24	0,67–	19,90
4	7,84	2,18–	18,88	1,35–	22,69
5	9,80	3,26–	21,41	2,18–	25,35
6	11,76	4,44–	23,87	3,12–	27,90
7	13,73	5,70–	26,26	4,16–	30,37
8	15,69	7,02–	28,59	5,28–	32,77
9	17,65	8,40–	30,87	6,46–	35,11
10	19,61	9,82–	33,12	7,70–	37,39
11	21,57	11,29–	35,32	8,99–	39,63
12	23,53	12,79–	37,49	10,33–	41,82
13	25,49	14,33–	39,63	11,72–	43,98
14	27,45	15,89–	41,74	13,14–	46,09
15	29,41	17,49–	43,83	14,59–	48,18
16	31,37	19,11–	45,89	16,09–	50,23
17	33,33	20,76–	47,92	17,61–	52,25
18	35,29	22,43–	49,93	19,17–	54,23
19	37,25	24,13–	51,92	20,75–	56,19
20	39,22	25,84–	53,89	22,37–	58,12
21	41,18	27,58–	55,83	24,01–	60,03
22	43,14	29,35–	57,75	25,68–	61,91
23	45,10	31,13–	59,66	27,37–	63,76
24	47,06	32,93–	61,54	29,10–	65,58
25	49,02	34,75–	63,40	30,84–	67,38
26	50,98	36,60–	65,25	32,62–	69,16
27	52,94	38,46–	67,07	34,42–	70,90
28	54,90	40,34–	68,87	36,24–	72,63
29	56,86	42,25–	70,65	38,09–	74,32
30	58,82	44,17–	72,42	39,97–	75,99
31	60,78	46,11–	74,16	41,88–	77,63
32	62,75	48,08–	75,87	43,81–	79,25
33	64,71	50,07–	77,57	45,77–	80,83
34	66,67	52,08–	79,24	47,75–	82,39
35	68,63	54,11–	80,89	49,77–	83,91
36	70,59	56,17–	82,51	51,82–	85,41
37	72,55	58,26–	84,11	53,91–	86,86
38	74,51	60,37–	85,67	56,02–	88,28
39	76,47	62,51–	87,21	58,18–	89,67
40	78,43	64,68–	88,71	60,37–	91,01
41	80,39	66,88–	90,18	62,61–	92,30
42	82,35	69,13–	91,60	64,89–	93,54
43	84,31	71,41–	92,98	67,23–	94,72
44	86,27	73,74–	94,30	69,63–	95,84
45	88,24	76,13–	95,56	72,10–	96,88
46	90,20	78,59–	96,74	74,65–	97,82
47	92,16	81,12–	97,82	77,31–	98,65
48	94,12	83,76–	98,77	80,10–	99,33
49	96,08	86,54–	99,52	83,06–	99,80
50	98,04	89,55–	99,95	86,32–	99,99
51	100,00	93,02–100,00		90,13–100,00	
		$N = 52$			
0	0,00	0,00–	6,85	0,00–	9,69
1	1,92	0,05–	10,26	0,01–	13,44
2	3,85	0,47–	13,21	0,20–	16,63
3	5,77	1,21–	15,95	0,66–	19,55
4	7,69	2,14–	18,54	1,32–	22,29
5	9,62	3,20–	21,03	2,13–	24,90
6	11,54	4,35–	23,44	3,06–	27,41
7	13,46	5,59–	25,79	4,08–	29,84
8	15,38	6,88–	28,08	5,17–	32,20
9	17,31	8,23–	30,33	6,33–	34,51
10	19,23	9,63–	32,53	7,54–	36,76
11	21,15	11,06–	34,70	8,81–	38,96
12	23,08	12,53–	36,84	10,12–	41,12
13	25,00	14,03–	38,95	11,47–	43,24
14	26,92	15,57–	41,02	12,86–	45,33
15	28,85	17,13–	43,08	14,29–	47,38
16	30,77	18,72–	45,10	15,75–	49,40
17	32,69	20,33–	47,11	17,24–	51,39
18	34,62	21,97–	49,09	18,76–	53,36
19	36,54	23,62–	51,04	20,31–	55,29
20	38,46	25,30–	52,98	21,89–	57,20
21	40,38	27,01–	54,90	23,49–	59,08
22	42,31	28,73–	56,80	25,12–	60,93
23	44,23	30,47–	58,67	26,78–	62,76
24	46,15	32,23–	60,53	28,46–	64,57
25	48,08	34,01–	62,37	30,17–	66,35
26	50,00	35,81–	64,19	31,90–	68,10
27	51,92	37,63–	65,99	33,65–	69,83
28	53,85	39,47–	67,77	35,43–	71,54
29	55,77	41,33–	69,53	37,24–	73,22
30	57,69	43,20–	71,27	39,07–	74,88
31	59,62	45,10–	72,99	40,92–	76,51
32	61,54	47,02–	74,70	42,80–	78,11
33	63,46	48,96–	76,38	44,71–	79,69
34	65,38	50,91–	78,03	46,64–	81,24
35	67,31	52,89–	79,67	48,61–	82,76
36	69,23	54,90–	81,28	50,60–	84,25
37	71,15	56,92–	82,87	52,62–	85,71
38	73,08	58,98–	84,43	54,67–	87,14
39	75,00	61,05–	85,97	56,76–	88,53
40	76,92	63,16–	87,47	58,88–	89,88
41	78,85	65,30–	88,94	61,04–	91,19
42	80,77	67,47–	90,37	63,24–	92,46
43	82,69	69,67–	91,77	65,49–	93,67
44	84,62	71,92–	93,12	67,80–	94,83
45	86,54	74,21–	94,41	70,16–	95,92
46	88,46	76,56–	95,65	72,59–	96,94
47	90,38	78,97–	96,80	75,10–	97,87
48	92,31	81,46–	97,86	77,71–	98,68
49	94,23	84,05–	98,79	80,45–	99,34
50	96,15	86,79–	99,53	83,37–	99,80
51	98,08	89,74–	99,95	86,56–	99,99
52	100,00	93,15–100,00		90,31–100,00	
		$N = 53$			
0	0,00	0,00–	6,72	0,00–	9,51
1	1,89	0,05–	10,07	0,01–	13,20
2	3,77	0,46–	12,98	0,20–	16,34
3	5,66	1,18–	15,66	0,65–	19,21

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 53$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
4	7,55	2,09–	18,21	1,30–	21,90
5	9,43	3,13–	20,66	2,09–	24,47
6	11,32	4,27–	23,03	3,00–	26,94
7	13,21	5,48–	25,34	4,00–	29,33
8	15,09	6,75–	27,59	5,07–	31,66
9	16,98	8,07–	29,80	6,20–	33,93
10	18,87	9,44–	31,97	7,39–	36,14
11	20,75	10,84–	34,11	8,63–	38,31
12	22,64	12,28–	36,21	9,92–	40,44
13	24,53	13,76–	38,28	11,24–	42,53
14	26,42	15,26–	40,33	12,60–	44,59
15	28,30	16,79–	42,35	14,00–	46,61
16	30,19	18,34–	44,34	15,43–	48,61
17	32,08	19,92–	46,32	16,89–	50,57
18	33,96	21,52–	48,27	18,37–	52,51
19	35,85	23,14–	50,20	19,89–	54,41
20	37,74	24,79–	52,11	21,43–	56,30
21	39,62	26,45–	54,00	23,00–	58,15
22	41,51	28,14–	55,87	24,59–	59,99
23	43,40	29,84–	57,72	26,21–	61,79
24	45,28	31,56–	59,55	27,86–	63,58
25	47,17	33,30–	61,36	29,52–	65,34
26	49,06	35,06–	63,16	31,21–	67,07
27	50,94	36,84–	64,94	32,93–	68,79
28	52,83	38,64–	66,70	34,66–	70,48
29	54,72	40,45–	68,44	36,42–	72,14
30	56,60	42,28–	70,16	38,21–	73,79
31	58,49	44,13–	71,86	40,01–	75,41
32	60,38	46,00–	73,55	41,85–	77,00
33	62,26	47,89–	75,21	43,70–	78,57
34	64,15	49,80–	76,86	45,59–	80,11
35	66,04	51,73–	78,48	47,49–	81,63
36	67,92	53,68–	80,08	49,43–	83,11
37	69,81	55,66–	81,66	51,39–	84,57
38	71,70	57,65–	83,21	53,39–	86,00
39	73,58	59,67–	84,74	55,41–	87,40
40	75,47	61,72–	86,24	57,47–	88,76
41	77,36	63,79–	87,72	59,56–	90,08
42	79,25	65,89–	89,16	61,69–	91,37
43	81,13	68,03–	90,56	63,86–	92,61
44	83,02	70,20–	91,93	66,07–	93,80
45	84,91	72,41–	93,25	68,34–	94,93
46	86,79	74,66–	94,52	70,67–	96,00
47	88,68	76,97–	95,73	73,06–	97,00
48	90,57	79,34–	96,87	75,53–	97,91
49	92,45	81,79–	97,91	78,10–	98,70
50	94,34	84,34–	98,82	80,79–	99,35
51	96,23	87,02–	99,54	83,66–	99,80
52	98,11	89,93–	99,95	86,80–	99,99
53	100,00	93,28–100,00		90,49–100,00	

$N = 54$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	6,60	0,00–	9,35
1	1,85	0,05–	9,89	0,01–	12,97
2	3,70	0,45–	12,75	0,19–	16,06
3	5,56	1,16–	15,39	0,64–	18,88
4	7,41	2,06–	17,89	1,27–	21,53
5	9,26	3,08–	20,30	2,05–	24,06
6	11,11	4,19–	22,63	2,94–	26,49
7	12,96	5,37–	24,90	3,92–	28,84
8	14,81	6,62–	27,12	4,97–	31,13
9	16,67	7,92–	29,29	6,08–	33,36
10	18,52	9,25–	31,43	7,25–	35,55
11	20,37	10,63–	33,53	8,46–	37,69
12	22,22	12,04–	35,60	9,72–	39,78
13	24,07	13,49–	37,64	11,02–	41,85
14	25,93	14,96–	39,65	12,35–	43,87
15	27,78	16,46–	41,64	13,72–	45,87
16	29,63	17,98–	43,61	15,12–	47,83
17	31,48	19,52–	45,55	16,55–	49,77
18	33,33	21,09–	47,47	18,00–	51,68
19	35,19	22,68–	49,38	19,49–	53,56
20	37,04	24,29–	51,26	20,99–	55,42
21	38,89	25,92–	53,12	22,53–	57,26
22	40,74	27,57–	54,97	24,09–	59,07
23	42,59	29,23–	56,79	25,67–	60,85
24	44,44	30,92–	58,60	27,27–	62,62
25	46,30	32,62–	60,39	28,90–	64,36
26	48,15	34,34–	62,16	30,55–	66,08
27	50,00	36,08–	63,92	32,23–	67,77
28	51,85	37,84–	65,66	33,92–	69,45
29	53,70	39,61–	67,38	35,64–	71,10
30	55,56	41,40–	69,08	37,38–	72,73
31	57,41	43,21–	70,77	39,15–	74,33
32	59,26	45,03–	72,43	40,93–	75,91
33	61,11	46,88–	74,08	42,74–	77,47
34	62,96	48,74–	75,71	44,58–	79,01
35	64,81	50,62–	77,32	46,44–	80,51
36	66,67	52,53–	78,91	48,32–	82,00
37	68,52	54,45–	80,48	50,23–	83,45
38	70,37	56,39–	82,02	52,17–	84,88
39	72,22	58,36–	83,54	54,13–	86,28
40	74,07	60,35–	85,04	56,13–	87,65
41	75,93	62,36–	86,51	58,15–	88,98
42	77,78	64,40–	87,96	60,22–	90,28
43	79,63	66,47–	89,37	62,31–	91,54
44	81,48	68,57–	90,75	64,45–	92,75
45	83,33	70,71–	92,08	66,64–	93,92

$N = 54$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
46	85,19	72,88–	93,38	68,87–	95,03
47	87,04	75,10–	94,63	71,16–	96,08
48	88,89	77,37–	95,81	73,51–	97,06
49	90,74	79,70–	96,92	75,94–	97,95
50	92,59	82,11–	97,94	78,47–	98,73
51	94,44	84,61–	98,84	81,12–	99,36
52	96,30	87,25–	99,55	83,94–	99,81
53	98,15	90,11–	99,95	87,03–	99,99
54	100,00	93,40–100,00		90,65–100,00	

$N = 55$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	6,49	0,00–	9,18
1	1,82	0,05–	9,72	0,01–	12,75
2	3,64	0,44–	12,53	0,19–	15,79
3	5,45	1,14–	15,12	0,62–	18,56
4	7,27	2,02–	17,59	1,25–	21,17
5	9,09	3,02–	19,95	2,01–	23,66
6	10,91	4,11–	22,25	2,89–	26,05
7	12,73	5,27–	24,48	3,85–	28,37
8	14,55	6,50–	26,66	4,88–	30,62
9	16,36	7,77–	28,80	5,97–	32,82
10	18,18	9,08–	30,90	7,11–	34,97
11	20,00	10,43–	32,97	8,30–	37,08
12	21,82	11,81–	35,01	9,53–	39,15
13	23,64	13,23–	37,02	10,81–	41,18
14	25,45	14,67–	39,00	12,11–	43,18
15	27,27	16,14–	40,96	13,45–	45,15
16	29,09	17,63–	42,90	14,82–	47,08
17	30,91	19,14–	44,81	16,22–	49,00
18	32,73	20,68–	46,71	17,64–	50,88
19	34,55	22,24–	48,58	19,10–	52,74
20	36,36	23,81–	50,44	20,57–	54,57
21	38,18	25,41–	52,27	22,07–	56,39
22	40,00	27,02–	54,09	23,60–	58,17
23	41,82	28,65–	55,89	25,15–	59,94
24	43,64	30,30–	57,68	26,72–	61,68
25	45,45	31,97–	59,45	28,31–	63,40
26	47,27	33,65–	61,20	29,92–	65,10
27	49,09	35,35–	62,93	31,56–	66,78
28	50,91	37,07–	64,65	33,22–	68,44
29	52,73	38,80–	66,35	34,90–	70,08
30	54,55	40,55–	68,03	36,60–	71,69
31	56,36	42,32–	69,70	38,32–	73,28
32	58,18	44,11–	71,35	40,06–	74,85
33	60,00	45,91–	72,98	41,83–	76,40
34	61,82	47,73–	74,59	43,61–	77,93
35	63,64	49,56–	76,19	45,43–	79,43
36	65,45	51,42–	77,76	47,26–	80,90
37	67,27	53,29–	79,32	49,12–	82,36
38	69,09	55,19–	80,86	51,00–	83,78
39	70,91	57,10–	82,37	52,92–	85,18
40	72,73	59,04–	83,86	54,85–	86,55
41	74,55	61,00–	85,33	56,82–	87,89
42	76,36	62,98–	86,77	58,82–	89,19
43	78,18	64,99–	88,19	60,85–	90,47
44	80,00	67,03–	89,57	62,92–	91,70
45	81,82	69,10–	90,92	65,03–	92,89
46	83,64	71,20–	92,23	67,18–	94,03
47	85,45	73,34–	93,50	69,38–	95,12
48	87,27	75,52–	94,73	71,63–	96,15
49	89,09	77,75–	95,89	73,95–	97,11
50	90,91	80,05–	96,98	76,34–	97,99
51	92,73	82,41–	97,98	78,83–	98,75
52	94,55	84,88–	98,86	81,44–	99,38
53	96,36	87,47–	99,56	84,21–	99,81
54	98,18	90,28–	99,95	87,25–	99,99
55	100,00	93,51–100,00		90,82–100,00	

$N = 56$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	6,38	0,00–	9,03
1	1,79	0,05–	9,55	0,01–	12,53
2	3,57	0,44–	12,31	0,19–	15,52
3	5,36	1,12–	14,87	0,61–	18,25
4	7,14	1,98–	17,29	1,23–	20,82
5	8,93	2,96–	19,62	1,98–	23,27
6	10,71	4,03–	21,88	2,83–	25,63
7	12,50	5,18–	24,07	3,77–	27,91
8	14,29	6,38–	26,22	4,79–	30,13
9	16,07	7,62–	28,33	5,86–	32,30
10	17,86	8,91–	30,40	6,98–	34,42
11	19,64	10,23–	32,43	8,14–	36,49
12	21,43	11,59–	34,44	9,35–	38,53
13	23,21	12,98–	36,42	10,60–	40,53
14	25,00	14,39–	38,37	11,88–	42,50
15	26,79	15,83–	40,30	13,19–	44,45
16	28,57	17,30–	42,21	14,53–	46,36
17	30,36	18,78–	44,10	15,90–	48,24
18	32,14	20,29–	45,96	17,30–	50,10
19	33,93	21,81–	47,81	18,72–	51,94
20	35,71	23,36–	49,64	20,17–	53,75
21	37,50	24,92–	51,45	21,64–	55,54
22	39,29	26,50–	53,25	23,13–	57,31
23	41,07	28,10–	55,02	24,65–	59,05
24	42,86	29,71–	56,78	26,18–	60,77
25	44,64	31,34–	58,53	27,74–	62,48
26	46,43	32,99–	60,26	29,32–	64,16
27	48,21	34,66–	61,97	30,92–	65,82

$N = 56$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
28	50,00	36,34–	63,66	32,54–	67,46
29	51,79	38,03–	65,34	34,18–	69,08
30	53,57	39,74–	67,01	35,84–	70,68
31	55,36	41,47–	68,66	37,52–	72,26
32	57,14	43,22–	70,29	39,23–	73,82
33	58,93	44,98–	71,90	40,95–	75,35
34	60,71	46,75–	73,50	42,69–	76,87
35	62,50	48,55–	75,08	44,46–	78,36
36	64,29	50,36–	76,64	46,25–	79,83
37	66,07	52,19–	78,19	48,06–	81,28
38	67,86	54,04–	79,71	49,90–	82,70
39	69,64	55,90–	81,22	51,76–	84,10
40	71,43	57,79–	82,70	53,64–	85,47
41	73,21	59,70–	84,17	55,55–	86,81
42	75,00	61,63–	85,61	57,50–	88,12
43	76,79	63,58–	87,02	59,47–	89,40
44	78,57	65,56–	88,41	61,47–	90,65
45	80,36	67,57–	89,77	63,51–	91,86
46	82,14	69,60–	91,09	65,58–	93,02
47	83,93	71,67–	92,38	67,70–	94,14
48	85,71	73,78–	93,62	69,87–	95,21
49	87,50	75,93–	94,82	72,09–	96,23
50	89,29	78,12–	95,97	74,37–	97,17
51	91,07	80,38–	97,04	76,73–	98,02
52	92,86	82,71–	98,02	79,18–	98,77
53	94,64	85,13–	98,88	81,75–	99,39
54	96,43	87,69–	99,56	84,48–	99,81
55	98,21	90,45–	99,95	87,47–	99,99
56	100,00	93,62–100,00		90,97–100,00	

$N = 57$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	6,27	0,00–	8,88
1	1,75	0,04–	9,39	0,01–	12,32
2	3,51	0,43–	12,11	0,18–	15,27
3	5,26	1,10–	14,62	0,60–	17,96
4	7,02	1,95–	17,00	1,21–	20,48
5	8,77	2,91–	19,30	1,94–	22,90
6	10,53	3,96–	21,52	2,78–	25,22
7	12,28	5,08–	23,68	3,71–	27,47
8	14,04	6,26–	25,79	4,70–	29,65
9	15,79	7,48–	27,87	5,75–	31,79
10	17,54	8,75–	29,91	6,85–	33,88
11	19,30	10,05–	31,91	7,99–	35,92
12	21,05	11,38–	33,89	9,18–	37,93
13	22,81	12,74–	35,84	10,40–	39,91
14	24,56	14,13–	37,76	11,66–	41,85
15	26,32	15,54–	39,66	12,94–	43,77
16	28,07	16,97–	41,54	14,26–	45,65
17	29,82	18,43–	43,40	15,60–	47,51
18	31,58	19,91–	45,24	16,97–	49,35
19	33,33	21,40–	47,06	18,36–	51,16
20	35,09	22,91–	48,87	19,78–	52,95
21	36,84	24,45–	50,66	21,22–	54,72
22	38,60	26,00–	52,43	22,68–	56,46
23	40,35	27,56–	54,18	24,17–	58,19
24	42,11	29,14–	55,92	25,67–	59,89
25	43,86	30,74–	57,64	27,20–	61,57
26	45,61	32,36–	59,34	28,74–	63,24
27	47,37	33,98–	61,03	30,31–	64,88
28	49,12	35,63–	62,71	31,89–	66,51
29	50,88	37,29–	64,37	33,49–	68,11
30	52,63	38,97–	66,02	35,12–	69,69
31	54,39	40,66–	67,64	36,76–	71,26
32	56,14	42,36–	69,26	38,43–	72,80
33	57,89	44,08–	70,86	40,11–	74,33
34	59,65	45,82–	72,44	41,81–	75,83
35	61,40	47,57–	74,00	43,54–	77,32
36	63,16	49,34–	75,55	45,28–	78,78
37	64,91	51,13–	77,09	47,05–	80,22
38	66,67	52,94–	78,60	48,84–	81,64
39	68,42	54,76–	80,09	50,65–	83,03
40	70,18	56,60–	81,57	52,49–	84,40
41	71,93	58,46–	83,03	54,35–	85,74
42	73,68	60,34–	84,46	56,23–	87,06
43	75,44	62,24–	85,87	58,15–	88,34
44	77,19	64,16–	87,26	60,09–	89,60
45	78,95	66,11–	88,62	62,07–	90,82
46	80,70	68,09–	89,95	64,08–	92,01
47	82,46	70,09–	91,25	66,12–	93,15
48	84,21	72,13–	92,52	68,21–	94,25
49	85,96	74,21–	93,74	70,35–	95,30
50	87,72	76,32–	94,92	72,53–	96,29
51	89,47	78,48–	96,04	74,78–	97,22
52	91,23	80,70–	97,09	77,10–	98,06
53	92,98	83,00–	98,05	79,52–	98,79
54	94,74	85,38–	98,90	82,04–	99,40
55	96,49	87,89–	99,57	84,73–	99,82
56	98,25	90,61–	99,96	87,68–	99,99
57	100,00	93,73–100,00		91,12–100,00	

$N = 58$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	6,16	0,00–	8,73
1	1,72	0,04–	9,24	0,01–	12,12
2	3,45	0,42–	11,91	0,18–	15,02
3	5,17	1,08–	14,38	0,59–	17,67
4	6,90	1,91–	16,73	1,18–	20,16

$N = 58$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
5	8,62	2,86–	18,98	1,91–	22,53
6	10,34	3,89–	21,17	2,73–	24,82
7	12,07	4,99–	23,30	3,64–	27,03
8	13,79	6,15–	25,38	4,61–	29,19
9	15,52	7,35–	27,42	5,64–	31,29
10	17,24	8,59–	29,43	6,72–	33,35
11	18,97	9,87–	31,41	7,85–	35,37
12	20,69	11,17–	33,35	9,01–	37,35
13	22,41	12,51–	35,27	10,21–	39,30
14	24,14	13,87–	37,17	11,44–	41,22
15	25,86	15,26–	39,04	12,70–	43,11
16	27,59	16,66–	40,90	13,99–	44,97
17	29,31	18,09–	42,73	15,31–	46,80
18	31,03	19,54–	44,54	16,65–	48,62
19	32,76	21,01–	46,34	18,02–	50,41
20	34,48	22,49–	48,12	19,41–	52,17
21	36,21	23,99–	49,88	20,82–	53,92
22	37,93	25,51–	51,63	22,25–	55,64
23	39,66	27,05–	53,36	23,70–	57,35
24	41,38	28,60–	55,07	25,18–	59,03
25	43,10	30,16–	56,77	26,67–	60,70
26	44,83	31,74–	58,46	28,18–	62,34
27	46,55	33,34–	60,13	29,72–	63,97
28	48,28	34,95–	61,78	31,27–	65,57
29	50,00	36,58–	63,42	32,84–	67,16
30	51,72	38,22–	65,05	34,43–	68,73
31	53,45	39,87–	66,66	36,03–	70,28
32	55,17	41,54–	68,26	37,66–	71,82
33	56,90	43,23–	69,84	39,30–	73,33
34	58,62	44,93–	71,40	40,97–	74,82
35	60,34	46,64–	72,95	42,65–	76,30
36	62,07	48,37–	74,49	44,36–	77,75
37	63,79	50,12–	76,01	46,08–	79,18
38	65,52	51,88–	77,51	47,83–	80,59
39	67,24	53,66–	78,99	49,59–	81,98
40	68,97	55,46–	80,46	51,38–	83,35
41	70,69	57,27–	81,91	53,20–	84,69
42	72,41	59,10–	83,34	55,03–	86,01
43	74,14	60,96–	84,74	56,89–	87,30
44	75,86	62,83–	86,13	58,78–	88,56
45	77,59	64,73–	87,49	60,70–	89,79
46	79,31	66,65–	88,83	62,65–	90,99
47	81,03	68,59–	90,13	64,63–	92,15
48	82,76	70,57–	91,41	66,65–	93,28
49	84,48	72,58–	92,65	68,71–	94,36
50	86,21	74,62–	93,85	70,81–	95,39
51	87,93	76,70–	95,01	72,97–	96,36
52	89,66	78,83–	96,11	75,18–	97,27
53	91,38	81,02–	97,14	77,47–	98,09
54	93,10	83,27–	98,09	79,84–	98,82
55	94,83	85,62–	98,92	82,33–	99,41
56	96,55	88,09–	99,58	84,98–	99,82
57	98,28	90,76–	99,96	87,88–	99,99
58	100,00	93,84–100,00		91,27–100,00	

$N = 59$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00–	6,06	0,00–	8,59
1	1,69	0,04–	9,09	0,01–	11,93
2	3,39	0,41–	11,71	0,18–	14,78
3	5,08	1,06–	14,15	0,58–	17,39
4	6,78	1,88–	16,46	1,16–	19,84
5	8,47	2,81–	18,68	1,87–	22,18
6	10,17	3,82–	20,83	2,69–	24,43
7	11,86	4,91–	22,93	3,58–	26,62
8	13,56	6,04–	24,98	4,53–	28,74
9	15,25	7,22–	26,99	5,54–	30,82
10	16,95	8,44–	28,97	6,60–	32,84
11	18,64	9,69–	30,91	7,71–	34,83
12	20,34	10,98–	32,83	8,85–	36,79
13	22,03	12,29–	34,73	10,03–	38,71
14	23,73	13,62–	36,60	11,24–	40,60
15	25,42	14,98–	38,44	12,47–	42,47
16	27,12	16,36–	40,27	13,74–	44,30
17	28,81	17,76–	42,08	15,03–	46,12
18	30,51	19,19–	43,87	16,35–	47,91
19	32,20	20,62–	45,64	17,69–	49,67
20	33,90	22,08–	47,39	19,05–	51,42
21	35,59	23,55–	49,13	20,43–	53,14
22	37,29	25,04–	50,85	21,84–	54,84
23	38,98	26,55–	52,56	23,26–	56,53
24	40,68	28,07–	54,25	24,70–	58,19
25	42,37	29,61–	55,93	26,17–	59,84
26	44,07	31,16–	57,60	27,65–	61,47
27	45,76	32,72–	59,25	29,15–	63,08
28	47,46	34,30–	60,88	30,67–	64,67
29	49,15	35,89–	62,50	32,20–	66,24
30	50,85	37,50–	64,11	33,76–	67,80
31	52,54	39,12–	65,70	35,33–	69,33
32	54,24	40,75–	67,28	36,92–	70,85
33	55,93	42,40–	68,84	38,53–	72,35
34	57,63	44,07–	70,39	40,16–	73,83
35	59,32	45,75–	71,93	41,81–	75,30
36	61,02	47,44–	73,45	43,47–	76,74
37	62,71	49,15–	74,96	45,16–	78,16
38	64,41	50,87–	76,45	46,86–	79,57
39	66,10	52,61–	77,92	48,58–	80,95
40	67,80	54,36–	79,38	50,33–	82,31
41	69,49	56,13–	80,81	52,09–	83,65

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
		$N = 59$ (Fortsetzung)			
42	71,19	57,92–	82,24	53,88–	84,97
43	72,88	59,73–	83,64	55,70–	86,26
44	74,58	61,56–	85,02	57,53–	87,53
45	76,27	63,40–	86,38	59,40–	88,76
46	77,97	65,27–	87,71	61,29–	89,97
47	79,66	67,17–	89,02	63,21–	91,15
48	81,36	69,09–	90,31	65,17–	92,29
49	83,05	71,03–	91,56	67,16–	93,40
50	84,75	73,01–	92,78	69,18–	94,46
51	86,44	75,02–	93,96	71,26–	95,47
52	88,14	77,07–	95,09	73,38–	96,42
53	89,83	79,17–	96,18	75,57–	97,31
54	91,53	81,32–	97,19	77,82–	98,13
55	93,22	83,54–	98,12	80,16–	98,84
56	94,92	85,85–	98,94	82,61–	99,42
57	96,61	88,29–	99,59	85,22–	99,82
58	98,31	90,91–	99,96	88,07–	99,99
59	100,00	93,94–	100,00	91,41–	100,00
		$N = 60$			
0	0,00	0,00–	5,96	0,00–	8,45
1	1,67	0,04–	8,94	0,01–	11,74
2	3,33	0,41–	11,53	0,17–	14,55
3	5,00	1,04–	13,92	0,57–	17,12
4	6,67	1,85–	16,20	1,14–	19,53
5	8,33	2,76–	18,39	1,84–	21,84
6	10,00	3,76–	20,51	2,64–	24,06
7	11,67	4,82–	22,57	3,51–	26,21
8	13,33	5,94–	24,59	4,45–	28,31
9	15,00	7,10–	26,57	5,45–	30,35
10	16,67	8,29–	28,52	6,49–	32,35
11	18,33	9,52–	30,44	7,57–	34,31
12	20,00	10,78–	32,33	8,69–	36,24
13	21,67	12,07–	34,20	9,85–	38,14
14	23,33	13,38–	36,04	11,04–	40,00
15	25,00	14,72–	37,86	12,25–	41,84
16	26,67	16,07–	39,66	13,49–	43,66
17	28,33	17,45–	41,44	14,76–	45,45
18	30,00	18,85–	43,21	16,05–	47,21
19	31,67	20,26–	44,96	17,37–	48,96
20	33,33	21,69–	46,69	18,70–	50,68
21	35,00	23,13–	48,40	20,06–	52,39
22	36,67	24,59–	50,10	21,44–	54,07
23	38,33	26,07–	51,79	22,83–	55,73
24	40,00	27,56–	53,46	24,25–	57,38
25	41,67	29,07–	55,12	25,68–	59,01
26	43,33	30,59–	56,76	27,13–	60,62
27	45,00	32,12–	58,39	28,60–	62,21
28	46,67	33,67–	60,00	30,09–	63,78
29	48,33	35,23–	61,61	31,60–	65,34
30	50,00	36,81–	63,19	33,12–	66,88
31	51,67	38,39–	64,77	34,66–	68,40
32	53,33	40,00–	66,33	36,22–	69,91
33	55,00	41,61–	67,88	37,79–	71,40
34	56,67	43,24–	69,41	39,38–	72,87
35	58,33	44,88–	70,93	40,99–	74,32
36	60,00	46,54–	72,44	42,62–	75,75
37	61,67	48,21–	73,93	44,27–	77,17
38	63,33	49,90–	75,41	45,93–	78,56
39	65,00	51,60–	76,87	47,61–	79,94
40	66,67	53,31–	78,31	49,32–	81,30
41	68,33	55,04–	79,74	51,04–	82,63
42	70,00	56,79–	81,15	52,79–	83,95
43	71,67	58,56–	82,55	54,55–	85,24
44	73,33	60,34–	83,93	56,34–	86,51
45	75,00	62,14–	85,28	58,16–	87,75
46	76,67	63,96–	86,62	60,00–	88,96
47	78,33	65,80–	87,93	61,86–	90,15
48	80,00	67,67–	89,22	63,76–	91,31
49	81,67	69,56–	90,48	65,69–	92,43
50	83,33	71,48–	91,71	67,65–	93,51
51	85,00	73,43–	92,90	69,65–	94,55
52	86,67	75,41–	94,06	71,69–	95,55
53	88,33	77,43–	95,18	73,79–	96,49
54	90,00	79,49–	96,24	75,94–	97,36
55	91,67	81,61–	97,24	78,16–	98,16
56	93,33	83,80–	98,15	80,47–	98,86
57	95,00	86,08–	98,96	82,88–	99,43
58	96,67	88,47–	99,59	85,45–	99,83
59	98,33	91,06–	99,96	88,26–	99,99
60	100,00	94,04–	100,00	91,55–	100,00
		$N = 61$			
0	0,00	0,00–	5,87	0,00–	8,32
1	1,64	0,04–	8,80	0,01–	11,56
2	3,28	0,40–	11,35	0,17–	14,33
3	4,92	1,03–	13,71	0,56–	16,86
4	6,56	1,82–	15,95	1,12–	19,24
5	8,20	2,72–	18,10	1,81–	21,51
6	9,84	3,70–	20,19	2,59–	23,70
7	11,48	4,74–	22,22	3,45–	25,82
8	13,11	5,84–	24,22	4,38–	27,88
9	14,75	6,98–	26,17	5,35–	29,90
10	16,39	8,15–	28,09	6,38–	31,87
11	18,03	9,36–	29,98	7,44–	33,81
12	19,67	10,60–	31,84	8,54–	35,71
13	21,31	11,86–	33,68	9,68–	37,58
14	22,95	13,15–	35,50	10,84–	39,42
15	24,59	14,46–	37,29	12,04–	41,24
16	26,23	15,80–	39,07	13,26–	43,03
17	27,87	17,15–	40,83	14,50–	44,80
18	29,51	18,52–	42,57	15,77–	46,54
19	31,15	19,90–	44,29	17,06–	48,26
20	32,79	21,31–	46,00	18,37–	49,97
21	34,43	22,73–	47,69	19,70–	51,65
22	36,07	24,16–	49,37	21,05–	53,31
23	37,70	25,61–	51,04	22,42–	54,96
24	39,34	27,07–	52,69	23,81–	56,59
25	40,98	28,55–	54,32	25,21–	58,20
26	42,62	30,04–	55,94	26,64–	59,79
27	44,26	31,55–	57,55	28,08–	61,36
28	45,90	33,06–	59,15	29,54–	62,92
29	47,54	34,60–	60,73	31,01–	64,46
30	49,18	36,14–	62,30	32,50–	65,99
31	50,82	37,70–	63,86	34,01–	67,50
32	52,46	39,27–	65,40	35,54–	68,99
33	54,10	40,85–	66,94	37,08–	70,46
34	55,74	42,45–	68,45	38,64–	71,92
35	57,38	44,06–	69,96	40,21–	73,36
36	59,02	45,68–	71,45	41,80–	74,79
37	60,66	47,31–	72,93	43,41–	76,19
38	62,30	48,96–	74,39	45,04–	77,58
39	63,93	50,63–	75,84	46,69–	78,95
40	65,57	52,31–	77,27	48,35–	80,30
41	67,21	54,00–	78,69	50,03–	81,63
42	68,85	55,71–	80,10	51,74–	82,94
43	70,49	57,43–	81,48	53,46–	84,23
44	72,13	59,17–	82,85	55,20–	85,50
45	73,77	60,93–	84,20	56,97–	86,74
46	75,41	62,71–	85,54	58,76–	87,96
47	77,05	64,50–	86,85	60,58–	89,16
48	78,69	66,32–	88,14	62,42–	90,32
49	80,33	68,16–	89,40	64,29–	91,46
50	81,97	70,02–	90,64	66,19–	92,56
51	83,61	71,91–	91,85	68,13–	93,62
52	85,25	73,83–	93,02	70,10–	94,65
53	86,89	75,78–	94,16	72,12–	95,62
54	88,52	77,78–	95,26	74,18–	96,55
55	90,16	79,81–	96,30	76,30–	97,41
56	91,80	81,90–	97,28	78,49–	98,19
57	93,44	84,05–	98,18	80,76–	98,88
58	95,08	86,29–	98,97	83,14–	99,44
59	96,72	88,65–	99,60	85,67–	99,83
60	98,36	91,20–	99,96	88,44–	99,99
61	100,00	94,13–	100,00	91,68–	100,00
		$N = 62$			
0	0,00	0,00–	5,78	0,00–	8,19
1	1,61	0,04–	8,66	0,01–	11,38
2	3,23	0,39–	11,17	0,17–	14,11
3	4,84	1,01–	13,50	0,55–	16,60
4	6,45	1,79–	15,70	1,11–	18,95
5	8,06	2,67–	17,83	1,78–	21,19
6	9,68	3,63–	19,88	2,55–	23,35
7	11,29	4,66–	21,89	3,40–	25,44
8	12,90	5,74–	23,85	4,30–	27,47
9	14,52	6,86–	25,78	5,26–	29,46
10	16,13	8,02–	27,67	6,27–	31,41
11	17,74	9,20–	29,53	7,32–	33,32
12	19,35	10,42–	31,37	8,40–	35,20
13	20,97	11,66–	33,18	9,51–	37,04
14	22,58	12,93–	34,97	10,66–	38,86
15	24,19	14,22–	36,74	11,83–	40,65
16	25,81	15,53–	38,50	13,03–	42,42
17	27,42	16,85–	40,23	14,25–	44,16
18	29,03	18,20–	41,95	15,49–	45,89
19	30,65	19,56–	43,65	16,76–	47,59
20	32,26	20,94–	45,34	18,05–	49,27
21	33,87	22,33–	47,01	19,35–	50,93
22	35,48	23,74–	48,66	20,68–	52,58
23	37,10	25,16–	50,31	22,02–	54,21
24	38,71	26,60–	51,93	23,38–	55,81
25	40,32	28,05–	53,55	24,76–	57,41
26	41,94	29,51–	55,15	26,16–	58,98
27	43,55	30,99–	56,74	27,57–	60,54
28	45,16	32,48–	58,32	29,00–	62,08
29	46,77	33,98–	59,88	30,45–	63,61
30	48,39	35,50–	61,44	31,91–	65,12
31	50,00	37,02–	62,98	33,39–	66,61
32	51,61	38,56–	64,50	34,88–	68,09
33	53,23	40,12–	66,02	36,39–	69,55
34	54,84	41,68–	67,52	37,92–	71,00
35	56,45	43,26–	69,01	39,46–	72,43
36	58,06	44,85–	70,49	41,02–	73,84
37	59,68	46,45–	71,95	42,59–	75,24
38	61,29	48,07–	73,40	44,19–	76,62
39	62,90	49,69–	74,84	45,79–	77,98
40	64,52	51,34–	76,26	47,42–	79,32
41	66,13	52,99–	77,67	49,07–	80,65
42	67,74	54,66–	79,06	50,73–	81,95
43	69,35	56,35–	80,44	52,41–	83,24
44	70,97	58,05–	81,80	54,11–	84,51
45	72,58	59,77–	83,15	55,84–	85,75
46	74,19	61,50–	84,47	57,58–	86,97
47	75,81	63,26–	85,78	59,35–	88,17
48	77,42	65,03–	87,07	61,14–	89,34
49	79,03	66,82–	88,34	62,96–	90,49
50	80,65	68,63–	89,58	64,80–	91,60
51	82,26	70,47–	90,80	66,68–	92,68
52	83,87	72,33–	91,98	68,59–	93,73
53	85,48	74,22–	93,14	70,54–	94,74
54	87,10	76,15–	94,26	72,53–	95,70
55	88,71	78,11–	95,34	74,56–	96,60
56	90,32	80,12–	96,37	76,65–	97,45
57	91,94	82,17–	97,33	78,81–	98,22
58	93,55	84,30–	98,21	81,05–	98,89
59	95,16	86,50–	98,99	83,40–	99,45
60	96,77	88,83–	99,61	85,89–	99,83
61	98,39	91,34–	99,96	88,62–	99,99
62	100,00	94,22–	100,00	91,81–	100,00
		$N = 63$			
0	0,00	0,00–	5,69	0,00–	8,07
1	1,59	0,04–	8,53	0,01–	11,21
2	3,17	0,39–	11,00	0,17–	13,90
3	4,76	0,99–	13,29	0,54–	16,36
4	6,35	1,76–	15,47	1,09–	18,67
5	7,94	2,63–	17,56	1,75–	20,88
6	9,52	3,58–	19,59	2,51–	23,00
7	11,11	4,59–	21,56	3,34–	25,07
8	12,70	5,65–	23,50	4,23–	27,08
9	14,29	6,75–	25,39	5,18–	29,04
10	15,87	7,88–	27,26	6,17–	30,96
11	17,46	9,05–	29,10	7,19–	32,84
12	19,05	10,25–	30,91	8,26–	34,70
13	20,63	11,47–	32,70	9,35–	36,52
14	22,22	12,72–	34,46	10,48–	38,31
15	23,81	13,98–	36,21	11,63–	40,08
16	25,40	15,27–	37,94	12,81–	41,83
17	26,98	16,57–	39,65	14,01–	43,55
18	28,57	17,89–	41,35	15,23–	45,25
19	30,16	19,23–	43,02	16,47–	46,93
20	31,75	20,58–	44,69	17,74–	48,59
21	33,33	21,95–	46,34	19,02–	50,24
22	34,92	23,34–	47,97	20,32–	51,86
23	36,51	24,73–	49,60	21,64–	53,47
24	38,10	26,15–	51,20	22,98–	55,06
25	39,68	27,57–	52,80	24,33–	56,64
26	41,27	29,01–	54,38	25,70–	58,19
27	42,86	30,46–	55,95	27,08–	59,74
28	44,44	31,92–	57,51	28,49–	61,26
29	46,03	33,39–	59,06	29,90–	62,77
30	47,62	34,88–	60,59	31,34–	64,27
31	49,21	36,38–	62,11	32,79–	65,75
32	50,79	37,89–	63,62	34,25–	67,21
33	52,38	39,41–	65,12	35,73–	68,66
34	53,97	40,94–	66,61	37,23–	70,10
35	55,56	42,49–	68,08	38,74–	71,51
36	57,14	44,05–	69,54	40,26–	72,92
37	58,73	45,62–	70,99	41,81–	74,30
38	60,32	47,20–	72,43	43,36–	75,67
39	61,90	48,80–	73,85	44,94–	77,02
40	63,49	50,40–	75,27	46,53–	78,36
41	65,08	52,03–	76,66	48,14–	79,68
42	66,67	53,66–	78,05	49,76–	80,98
43	68,25	55,31–	79,42	51,41–	82,26
44	69,84	56,98–	80,77	53,07–	83,53
45	71,43	58,65–	82,11	54,75–	84,77
46	73,02	60,35–	83,43	56,45–	85,99
47	74,60	62,06–	84,73	58,17–	87,19
48	76,19	63,79–	86,02	59,92–	88,37
49	77,78	65,54–	87,28	61,69–	89,52
50	79,37	67,30–	88,53	63,48–	90,65
51	80,95	69,09–	89,75	65,30–	91,74
52	82,54	70,90–	90,95	67,16–	92,81
53	84,13	72,74–	92,12	69,04–	93,83
54	85,71	74,61–	93,25	70,96–	94,82
55	87,30	76,50–	94,35	72,92–	95,77
56	88,89	78,44–	95,41	74,93–	96,66
57	90,48	80,41–	96,42	77,00–	97,49
58	92,06	82,44–	97,37	79,12–	98,25
59	93,65	84,53–	98,24	81,33–	98,91
60	95,24	86,71–	99,01	83,64–	99,46
61	96,83	89,00–	99,61	86,10–	99,83
62	98,41	91,47–	99,96	88,79–	99,99
63	100,00	94,31–	100,00	91,93–	100,00
		$N = 64$			
0	0,00	0,00–	5,60	0,00–	7,95
1	1,56	0,04–	8,40	0,01–	11,04
2	3,13	0,38–	10,84	0,16–	13,69
3	4,69	0,98–	13,09	0,54–	16,12
4	6,25	1,73–	15,24	1,07–	18,40
5	7,81	2,59–	17,30	1,72–	20,57
6	9,38	3,52–	19,30	2,47–	22,67
7	10,94	4,51–	21,25	3,29–	24,71
8	12,50	5,55–	23,15	4,17–	26,69
9	14,06	6,64–	25,02	5,09–	28,62
10	15,63	7,76–	26,86	6,07–	30,52
11	17,19	8,90–	28,68	7,08–	32,38
12	18,75	10,08–	30,46	8,12–	34,21
13	20,31	11,28–	32,23	9,20–	36,01
14	21,88	12,51–	33,97	10,30–	37,78
15	23,44	13,75–	35,69	11,44–	39,53
16	25,00	15,02–	37,40	12,59–	41,25
17	26,56	16,30–	39,09	13,77–	42,95
18	28,13	17,60–	40,76	14,97–	44,63
19	29,69	18,91–	42,42	16,19–	46,29
20	31,25	20,24–	44,06	17,43–	47,94
21	32,81	21,59–	45,69	18,69–	49,56
22	34,38	22,95–	47,30	19,97–	51,17
23	35,94	24,32–	48,90	21,27–	52,76
24	37,50	25,70–	50,49	22,58–	54,33
25	39,06	27,10–	52,07	23,91–	55,89
26	40,63	28,51–	53,63	25,25–	57,43
27	42,19	29,94–	55,18	26,61–	58,95
28	43,75	31,37–	56,72	27,99–	60,46
29	45,31	32,82–	58,25	29,38–	61,96
30	46,88	34,28–	59,77	30,79–	63,44
31	48,44	35,75–	61,27	32,21–	64,90
32	50,00	37,23–	62,77	33,64–	66,36
33	51,56	38,73–	64,25	35,10–	67,79
34	53,13	40,23–	65,72	36,56–	69,21
35	54,69	41,75–	67,18	38,04–	70,62
36	56,25	43,28–	68,63	39,54–	72,01
37	57,81	44,82–	70,06	41,05–	73,39
38	59,38	46,37–	71,49	42,57–	74,75
39	60,94	47,93–	72,90	44,11–	76,09
40	62,50	49,51–	74,30	45,67–	77,42
41	64,06	51,10–	75,68	47,24–	78,73
42	65,63	52,70–	77,05	48,83–	80,03
43	67,19	54,31–	78,41	50,44–	81,31
44	68,75	55,94–	79,76	52,06–	82,57
45	70,31	57,58–	81,09	53,71–	83,81
46	71,88	59,24–	82,40	55,37–	85,03
47	73,44	60,91–	83,70	57,05–	86,23
48	75,00	62,60–	84,98	58,75–	87,41
49	76,56	64,31–	86,25	60,47–	88,56
50	78,13	66,03–	87,49	62,22–	89,70
51	79,69	67,77–	88,72	63,99–	90,80
52	81,25	69,54–	89,92	65,79–	91,88
53	82,81	71,32–	91,10	67,62–	92,92
54	84,38	73,14–	92,24	69,48–	93,93
55	85,94	74,98–	93,36	71,38–	94,91
56	87,50	76,85–	94,45	73,31–	95,83
57	89,06	78,75–	95,49	75,29–	96,71
58	90,63	80,70–	96,48	77,33–	97,53
59	92,19	82,70–	97,41	79,43–	98,28
60	93,75	84,76–	98,27	81,60–	98,93
61	95,31	86,91–	99,02	83,88–	99,46
62	96,88	89,16–	99,62	86,31–	99,84
63	98,44	91,60–	99,96	88,96–	99,99
64	100,00	94,40–	100,00	92,05–	100,00
		$N = 65$			
0	0,00	0,00–	5,52	0,00–	7,83
1	1,54	0,04–	8,28	0,01–	10,88
2	3,08	0,37–	10,68	0,16–	13,49
3	4,62	0,96–	12,90	0,53–	15,88
4	6,15	1,70–	15,01	1,05–	18,13
5	7,69	2,54–	17,05	1,70–	20,28
6	9,23	3,46–	19,02	2,43–	22,35
7	10,77	4,44–	20,94	3,24–	24,36
8	12,31	5,47–	22,82	4,10–	26,31
9	13,85	6,53–	24,66	5,01–	28,22
10	15,38	7,63–	26,48	5,97–	30,09
11	16,92	8,76–	28,27	6,96–	31,93
12	18,46	9,92–	30,03	7,99–	33,73
13	20,00	11,10–	31,77	9,05–	35,51
14	21,54	12,31–	33,49	10,14–	37,26
15	23,08	13,53–	35,19	11,25–	38,98
16	24,62	14,77–	36,87	12,38–	40,69
17	26,15	16,03–	38,54	13,54–	42,37
18	27,69	17,31–	40,19	14,72–	44,03
19	29,23	18,60–	41,83	15,93–	45,67
20	30,77	19,91–	43,45	17,14–	47,29
21	32,31	21,23–	45,05	18,38–	48,90
22	33,85	22,57–	46,65	19,64–	50,49
23	35,38	23,92–	48,23	20,91–	52,06
24	36,92	25,28–	49,80	22,20–	53,61
25	38,46	26,65–	51,36	23,50–	55,15
26	40,00	28,04–	52,90	24,82–	56,68
27	41,54	29,44–	54,44	26,16–	58,19
28	43,08	30,85–	55,96	27,51–	59,68
29	44,62	32,27–	57,47	28,88–	61,16
30	46,15	33,70–	58,97	30,26–	62,63
31	47,69	35,15–	60,46	31,65–	64,08
32	49,23	36,60–	61,93	33,06–	65,52
33	50,77	38,07–	63,40	34,48–	66,94
34	52,31	39,54–	64,85	35,92–	68,35
35	53,85	41,03–	66,30	37,37–	69,74
36	55,38	42,53–	67,73	38,84–	71,12
37	56,92	44,04–	69,15	40,32–	72,49
38	58,46	45,56–	70,56	41,81–	73,84
39	60,00	47,10–	71,96	43,32–	75,18
40	61,54	48,64–	73,35	44,85–	76,50
41	63,08	50,20–	74,72	46,39–	77,80
42	64,62	51,77–	76,08	47,94–	79,09
43	66,15	53,35–	77,43	49,51–	80,36
44	67,69	54,95–	78,77	51,10–	81,62

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
		$N = 65$ (Fortsetzung)			
45	69,23	56,55–	80,09	52,71–	82,86
46	70,77	58,17–	81,40	54,33–	84,07
47	72,31	59,81–	82,69	55,97–	85,28
48	73,85	61,46–	83,97	57,63–	86,46
49	75,38	63,13–	85,23	59,31–	87,62
50	76,92	64,81–	86,47	61,02–	88,75
51	78,46	66,51–	87,69	62,74–	89,86
52	80,00	68,23–	88,90	64,49–	90,95
53	81,54	69,97–	90,08	66,27–	92,01
54	83,08	71,73–	91,24	68,07–	93,04
55	84,62	73,52–	92,37	69,91–	94,03
56	86,15	75,34–	93,47	71,78–	94,99
57	87,69	77,18–	94,53	73,69–	95,90
58	89,23	79,06–	95,56	75,64–	96,76
59	90,77	80,98–	96,54	77,65–	97,57
60	92,31	82,95–	97,46	79,72–	98,30
61	93,85	84,99–	98,30	81,87–	98,95
62	95,38	87,10–	99,04	84,12–	99,47
63	96,92	89,32–	99,63	86,51–	99,84
64	98,46	91,72–	99,96	89,12–	99,99
65	100,00	94,48–100,00		92,17–100,00	
		$N = 66$			
0	0,00	0,00–	5,44	0,00–	7,71
1	1,52	0,04–	8,16	0,01–	10,72
2	3,03	0,37–	10,52	0,16–	13,30
3	4,55	0,95–	12,71	0,52–	15,66
4	6,06	1,68–	14,80	1,04–	17,88
5	7,58	2,51–	16,80	1,67–	19,99
6	9,09	3,41–	18,74	2,39–	22,04
7	10,61	4,37–	20,64	3,19–	24,02
8	12,12	5,38–	22,49	4,03–	25,95
9	13,64	6,43–	24,31	4,93–	27,83
10	15,15	7,51–	26,10	5,87–	29,68
11	16,67	8,62–	27,87	6,85–	31,49
12	18,18	9,76–	29,61	7,86–	33,27
13	19,70	10,93–	31,32	8,90–	35,03
14	21,21	12,11–	33,02	9,97–	36,75
15	22,73	13,31–	34,70	11,07–	38,46
16	24,24	14,54–	36,36	12,18–	40,14
17	25,76	15,78–	38,01	13,32–	41,80
18	27,27	17,03–	39,64	14,49–	43,44
19	28,79	18,30–	41,25	15,67–	45,06
20	30,30	19,59–	42,85	16,86–	46,67
21	31,82	20,89–	44,44	18,08–	48,25
22	33,33	22,20–	46,01	19,31–	49,82
23	34,85	23,53–	47,58	20,56–	51,38
24	36,36	24,87–	49,13	21,83–	52,92
25	37,88	26,22–	50,66	23,11–	54,44
26	39,39	27,58–	52,19	24,41–	55,95
27	40,91	28,95–	53,71	25,72–	57,44
28	42,42	30,34–	55,21	27,05–	58,92
29	43,94	31,74–	56,70	28,39–	60,39
30	45,45	33,14–	58,19	29,74–	61,84
31	46,97	34,56–	59,66	31,11–	63,28
32	48,48	35,99–	61,12	32,49–	64,70
33	50,00	37,43–	62,57	33,89–	66,11
34	51,52	38,88–	64,01	35,30–	67,51
35	53,03	40,34–	65,44	36,72–	68,89
36	54,55	41,81–	66,86	38,16–	70,26
37	56,06	43,30–	68,26	39,61–	71,61
38	57,58	44,79–	69,66	41,08–	72,95
39	59,09	46,29–	71,05	42,56–	74,28
40	60,61	47,81–	72,42	44,05–	75,59
41	62,12	49,34–	73,78	45,56–	76,89
42	63,64	50,87–	75,13	47,08–	78,17
43	65,15	52,42–	76,47	48,62–	79,44
44	66,67	53,99–	77,80	50,18–	80,69
45	68,18	55,56–	79,11	51,75–	81,92
46	69,70	57,15–	80,41	53,33–	83,14
47	71,21	58,75–	81,70	54,94–	84,33
48	72,73	60,36–	82,97	56,56–	85,51
49	74,24	61,99–	84,22	58,20–	86,68
50	75,76	63,64–	85,46	59,86–	87,82
51	77,27	65,30–	86,69	61,54–	88,93
52	78,79	66,98–	87,89	63,25–	90,03
53	80,30	68,68–	89,07	64,97–	91,10
54	81,82	70,39–	90,24	66,73–	92,14
55	83,33	72,13–	91,38	68,51–	93,15
56	84,85	73,90–	92,49	70,32–	94,13
57	86,36	75,69–	93,57	72,17–	95,07
58	87,88	77,51–	94,62	74,05–	95,97
59	89,39	79,36–	95,63	75,98–	96,81
60	90,91	81,26–	96,59	77,96–	97,61
61	92,42	83,20–	97,49	80,01–	98,33
62	93,94	85,20–	98,32	82,12–	98,96
63	95,45	87,29–	99,05	84,34–	99,48
64	96,97	89,48–	99,63	86,70–	99,84
65	98,48	91,84–	99,96	89,28–	99,99
66	100,00	94,56–100,00		92,29–100,00	
		$N = 67$			
0	0,00	0,00–	5,36	0,00–	7,60
1	1,49	0,04–	8,04	0,01–	10,57
2	2,99	0,36–	10,37	0,16–	13,11
3	4,48	0,93–	12,53	0,51–	15,44
4	5,97	1,65–	14,59	1,02–	17,63
5	7,46	2,47–	16,56	1,65–	19,72
6	8,96	3,36–	18,48	2,36–	21,73
7	10,45	4,31–	20,35	3,14–	23,69
8	11,94	5,30–	22,18	3,97–	25,59
9	13,43	6,33–	23,97	4,86–	27,45
10	14,93	7,40–	25,74	5,78–	29,28
11	16,42	8,49–	27,48	6,74–	31,07
12	17,91	9,61–	29,20	7,74–	32,82
13	19,40	10,76–	30,89	8,76–	34,56
14	20,90	11,92–	32,57	9,82–	36,26
15	22,39	13,11–	34,22	10,89–	37,95
16	23,88	14,31–	35,86	11,99–	39,61
17	25,37	15,53–	37,49	13,11–	41,25
18	26,87	16,76–	39,10	14,25–	42,87
19	28,36	18,01–	40,69	15,41–	44,47
20	29,85	19,28–	42,27	16,59–	46,06
21	31,34	20,56–	43,84	17,79–	47,63
22	32,84	21,85–	45,40	19,00–	49,18
23	34,33	23,15–	46,94	20,23–	50,72
24	35,82	24,47–	48,47	21,47–	52,24
25	37,31	25,80–	49,99	22,73–	53,74
26	38,81	27,14–	51,50	24,01–	55,24
27	40,30	28,49–	53,00	25,30–	56,72
28	41,79	29,85–	54,48	26,60–	58,18
29	43,28	31,22–	55,96	27,92–	59,63
30	44,78	32,60–	57,42	29,25–	61,07
31	46,27	34,00–	58,88	30,59–	62,49
32	47,76	35,40–	60,33	31,95–	63,90
33	49,25	36,82–	61,76	33,32–	65,30
34	50,75	38,24–	63,18	34,70–	66,68
35	52,24	39,67–	64,60	36,10–	68,05
36	53,73	41,12–	66,00	37,51–	69,41
37	55,22	42,58–	67,40	38,93–	70,75
38	56,72	44,04–	68,78	40,37–	72,08
39	58,21	45,52–	70,15	41,82–	73,40
40	59,70	47,00–	71,51	43,28–	74,70
41	61,19	48,50–	72,86	44,76–	75,99
42	62,69	50,01–	74,20	46,26–	77,27
43	64,18	51,53–	75,53	47,76–	78,53
44	65,67	53,06–	76,85	49,28–	79,77
45	67,16	54,60–	78,15	50,82–	81,00
46	68,66	56,16–	79,44	52,37–	82,21
47	70,15	57,73–	80,72	53,94–	83,41
48	71,64	59,31–	81,99	55,53–	84,59
49	73,13	60,90–	83,24	57,13–	85,75
50	74,63	62,51–	84,47	58,75–	86,89
51	76,12	64,14–	85,69	60,39–	88,01
52	77,61	65,78–	86,89	62,05–	89,11
53	79,10	67,43–	88,08	63,74–	90,18
54	80,60	69,11–	89,24	65,44–	91,24
55	82,09	70,80–	90,39	67,18–	92,26
56	83,58	72,52–	91,51	68,93–	93,26
57	85,07	74,26–	92,60	70,72–	94,22
58	86,57	76,03–	93,67	72,55–	95,14
59	88,06	77,82–	94,70	74,41–	96,03
60	89,55	79,65–	95,69	76,31–	96,86
61	91,04	81,52–	96,64	78,27–	97,64
62	92,54	83,44–	97,53	80,28–	98,35
63	94,03	85,41–	98,35	82,37–	98,98
64	95,52	87,47–	99,07	84,56–	99,49
65	97,01	89,63–	99,64	86,89–	99,84
66	98,51	91,96–	99,96	89,43–	99,99
67	100,00	94,64–100,00		92,40–100,00	
		$N = 68$			
0	0,00	0,00–	5,28	0,00–	7,50
1	1,47	0,04–	7,92	0,01–	10,42
2	2,94	0,36–	10,22	0,15–	12,93
3	4,41	0,92–	12,36	0,50–	15,22
4	5,88	1,63–	14,38	1,01–	17,38
5	7,35	2,43–	16,33	1,62–	19,45
6	8,82	3,31–	18,22	2,32–	21,44
7	10,29	4,24–	20,07	3,09–	23,37
8	11,76	5,22–	21,87	3,91–	25,25
9	13,24	6,23–	23,64	4,78–	27,08
10	14,71	7,28–	25,39	5,69–	28,88
11	16,18	8,36–	27,10	6,64–	30,65
12	17,65	9,46–	28,80	7,62–	32,39
13	19,12	10,59–	30,47	8,63–	34,10
14	20,59	11,74–	32,12	9,66–	35,78
15	22,06	12,90–	33,76	10,72–	37,45
16	23,53	14,09–	35,38	11,80–	39,09
17	25,00	15,29–	36,98	12,91–	40,71
18	26,47	16,50–	38,57	14,03–	42,31
19	27,94	17,73–	40,15	15,17–	43,90
20	29,41	18,98–	41,71	16,33–	45,46
21	30,88	20,24–	43,26	17,51–	47,02
22	32,35	21,51–	44,79	18,70–	48,55
23	33,82	22,79–	46,32	19,91–	50,07
24	35,29	24,08–	47,83	21,13–	51,57
25	36,76	25,39–	49,33	22,37–	53,07
26	38,24	26,71–	50,82	23,62–	54,54
27	39,71	28,03–	52,30	24,89–	56,00
28	41,18	29,37–	53,77	26,17–	57,45
29	42,65	30,72–	55,23	27,46–	58,89
30	44,12	32,08–	56,68	28,77–	60,31
31	45,59	33,45–	58,12	30,09–	61,72
32	47,06	34,83–	59,55	31,42–	63,12
33	48,53	36,22–	60,97	32,77–	64,50
34	50,00	37,62–	62,38	34,12–	65,88
35	51,47	39,03–	63,78	35,50–	67,23
36	52,94	40,45–	65,17	36,88–	68,58
37	54,41	41,88–	66,55	38,28–	69,91
38	55,88	43,32–	67,92	39,69–	71,23
39	57,35	44,77–	69,28	41,11–	72,54
40	58,82	46,23–	70,63	42,55–	73,83
41	60,29	47,70–	71,97	44,00–	75,11
42	61,76	49,18–	73,29	45,46–	76,38
43	63,24	50,67–	74,61	46,93–	77,63
44	64,71	52,17–	75,92	48,43–	78,87
45	66,18	53,68–	77,21	49,93–	80,09
46	67,65	55,21–	78,49	51,45–	81,30
47	69,12	56,74–	79,76	52,98–	82,49
48	70,59	58,29–	81,02	54,54–	83,67
49	72,06	59,85–	82,27	56,10–	84,83
50	73,53	61,43–	83,50	57,69–	85,97
51	75,00	63,02–	84,71	59,29–	87,09
52	76,47	64,62–	85,91	60,91–	88,20
53	77,94	66,24–	87,10	62,55–	89,28
54	79,41	67,88–	88,26	64,22–	90,34
55	80,88	69,53–	89,41	65,90–	91,37
56	82,35	71,20–	90,54	67,61–	92,38
57	83,82	72,90–	91,64	69,35–	93,36
58	85,29	74,61–	92,72	71,12–	94,31
59	86,76	76,36–	93,77	72,92–	95,22
60	88,24	78,13–	94,78	74,75–	96,09
61	89,71	79,93–	95,76	76,63–	96,91
62	91,18	81,78–	96,69	78,56–	97,68
63	92,65	83,67–	97,57	80,55–	98,38
64	94,12	85,62–	98,37	82,62–	98,99
65	95,59	87,64–	99,08	84,78–	99,50
66	97,06	89,78–	99,64	87,07–	99,85
67	98,53	92,08–	99,96	89,58–	99,99
68	100,00	94,72–100,00		92,50–100,00	
		$N = 69$			
0	0,00	0,00–	5,21	0,00–	7,39
1	1,45	0,04–	7,81	0,01–	10,28
2	2,90	0,35–	10,08	0,15–	12,75
3	4,35	0,91–	12,18	0,50–	15,02
4	5,80	1,60–	14,18	0,99–	17,15
5	7,25	2,39–	16,11	1,60–	19,18
6	8,70	3,26–	17,97	2,29–	21,15
7	10,14	4,18–	19,79	3,04–	23,05
8	11,59	5,14–	21,57	3,85–	24,91
9	13,04	6,14–	23,32	4,71–	26,72
10	14,49	7,17–	25,04	5,61–	28,50
11	15,94	8,24–	26,74	6,54–	30,25
12	17,39	9,32–	28,41	7,50–	31,96
13	18,84	10,43–	30,06	8,50–	33,65
14	20,29	11,56–	31,69	9,51–	35,32
15	21,74	12,71–	33,31	10,56–	36,96
16	23,19	13,87–	34,91	11,62–	38,58
17	24,64	15,06–	36,49	12,71–	40,19
18	26,09	16,25–	38,06	13,81–	41,77
19	27,54	17,46–	39,62	14,93–	43,34
20	28,99	18,69–	41,16	16,07–	44,88
21	30,43	19,92–	42,69	17,23–	46,42
22	31,88	21,17–	44,21	18,40–	47,94
23	33,33	22,44–	45,71	19,59–	49,44
24	34,78	23,71–	47,21	20,80–	50,93
25	36,23	25,00–	48,69	22,01–	52,40
26	37,68	26,29–	50,16	23,24–	53,86
27	39,13	27,60–	51,63	24,49–	55,31
28	40,58	28,91–	53,08	25,75–	56,75
29	42,03	30,24–	54,52	27,02–	58,17
30	43,48	31,58–	55,96	28,30–	59,58
31	44,93	32,92–	57,38	29,60–	60,97
32	46,38	34,28–	58,80	30,91–	62,36
33	47,83	35,65–	60,20	32,23–	63,73
34	49,28	37,02–	61,59	33,57–	65,09
35	50,72	38,41–	62,98	34,91–	66,43
36	52,17	39,80–	64,35	36,27–	67,77
37	53,62	41,20–	65,72	37,64–	69,09
38	55,07	42,62–	67,08	39,03–	70,40
39	56,52	44,04–	68,42	40,42–	71,70
40	57,97	45,48–	69,76	41,83–	72,98
41	59,42	46,92–	71,09	43,25–	74,25
42	60,87	48,37–	72,40	44,69–	75,51
43	62,32	49,84–	73,71	46,14–	76,76
44	63,77	51,31–	75,00	47,60–	77,99
45	65,22	52,79–	76,29	49,07–	79,20
46	66,67	54,29–	77,56	50,56–	80,41
47	68,12	55,79–	78,83	52,06–	81,60
48	69,57	57,31–	80,08	53,58–	82,77
49	71,01	58,84–	81,31	55,12–	83,93
50	72,46	60,38–	82,54	56,66–	85,07
51	73,91	61,94–	83,75	58,23–	86,19
52	75,36	63,51–	84,94	59,81–	87,29
53	76,81	65,09–	86,13	61,42–	88,38
54	78,26	66,69–	87,29	63,04–	89,44
55	79,71	68,31–	88,44	64,68–	90,49
56	81,16	69,94–	89,57	66,35–	91,50
57	82,61	71,59–	90,68	68,04–	92,50
58	84,06	73,26–	91,76	69,75–	93,46
59	85,51	74,96–	92,83	71,50–	94,39
60	86,96	76,68–	93,86	73,28–	95,29
61	88,41	78,43–	94,86	75,09–	96,15
62	89,86	80,21–	95,82	76,95–	96,96
63	91,30	82,03–	96,74	78,85–	97,71
64	92,75	83,89–	97,61	80,82–	98,40
65	94,20	85,82–	98,40	82,85–	99,01
66	95,65	87,82–	99,09	84,98–	99,50
67	97,10	89,92–	99,65	87,25–	99,85
68	98,55	92,19–	99,96	89,72–	99,99
69	100,00	94,79–100,00		92,61–100,00	
		$N = 70$			
0	0,00	0,00–	5,13	0,00–	7,29
1	1,43	0,04–	7,70	0,01–	10,14
2	2,86	0,35–	9,94	0,15–	12,58
3	4,29	0,89–	12,02	0,49–	14,81
4	5,71	1,58–	13,99	0,98–	16,92
5	7,14	2,36–	15,89	1,57–	18,93
6	8,57	3,21–	17,73	2,25–	20,87
7	10,00	4,12–	19,52	3,00–	22,75
8	11,43	5,07–	21,28	3,80–	24,58
9	12,86	6,05–	23,01	4,64–	26,37
10	14,29	7,07–	24,71	5,52–	28,13
11	15,71	8,11–	26,38	6,44–	29,85
12	17,14	9,18–	28,03	7,39–	31,55
13	18,57	10,28–	29,66	8,37–	33,22
14	20,00	11,39–	31,27	9,37–	34,86
15	21,43	12,52–	32,87	10,40–	36,49
16	22,86	13,67–	34,45	11,45–	38,09
17	24,29	14,83–	36,01	12,51–	39,67
18	25,71	16,01–	37,56	13,60–	41,24
19	27,14	17,20–	39,10	14,71–	42,79
20	28,57	18,40–	40,62	15,83–	44,32
21	30,00	19,62–	42,13	16,97–	45,84
22	31,43	20,85–	43,63	18,12–	47,34
23	32,86	22,09–	45,12	19,29–	48,82
24	34,29	23,35–	46,60	20,47–	50,30
25	35,71	24,61–	48,07	21,67–	51,76
26	37,14	25,89–	49,52	22,88–	53,20
27	38,57	27,17–	50,97	24,11–	54,63
28	40,00	28,47–	52,41	25,34–	56,05
29	41,43	29,77–	53,83	26,59–	57,46
30	42,86	31,09–	55,25	27,85–	58,86
31	44,29	32,41–	56,66	29,13–	60,24
32	45,71	33,74–	58,06	30,42–	61,61
33	47,14	35,09–	59,45	31,72–	62,97
34	48,57	36,44–	60,83	33,03–	64,32
35	50,00	37,80–	62,20	34,35–	65,65
36	51,43	39,17–	63,56	35,68–	66,97
37	52,86	40,55–	64,91	37,03–	68,28
38	54,29	41,94–	66,26	38,39–	69,58
39	55,71	43,34–	67,59	39,76–	70,87
40	57,14	44,75–	68,91	41,14–	72,15
41	58,57	46,17–	70,23	42,54–	73,41
42	60,00	47,59–	71,53	43,95–	74,66
43	61,43	49,03–	72,83	45,37–	75,89
44	62,86	50,48–	74,11	46,80–	77,12
45	64,29	51,93–	75,39	48,24–	78,33
46	65,71	53,40–	76,65	49,70–	79,53
47	67,14	54,88–	77,91	51,18–	80,71
48	68,57	56,37–	79,15	52,66–	81,88
49	70,00	57,87–	80,38	54,16–	83,03
50	71,43	59,38–	81,60	55,68–	84,17
51	72,86	60,90–	82,80	57,21–	85,29
52	74,29	62,44–	83,99	58,76–	86,40
53	75,71	63,99–	85,17	60,33–	87,49
54	77,14	65,55–	86,33	61,91–	88,55
55	78,57	67,13–	87,48	63,51–	89,60
56	80,00	68,73–	88,61	65,14–	90,63
57	81,43	70,34–	89,72	66,78–	91,63
58	82,86	71,97–	90,82	68,45–	92,61
59	84,29	73,62–	91,89	70,15–	93,56
60	85,71	75,29–	92,93	71,87–	94,48
61	87,14	76,99–	93,95	73,63–	95,36
62	88,57	78,72–	94,93	75,42–	96,20
63	90,00	80,48–	95,88	77,25–	97,00
64	91,43	82,27–	96,79	79,13–	97,75
65	92,86	84,11–	97,64	81,07–	98,43
66	94,29	86,01–	98,42	83,08–	99,02
67	95,71	87,98–	99,11	85,19–	99,51
68	97,14	90,06–	99,65	87,42–	99,85
69	98,57	92,30–	99,96	89,86–	99,99
70	100,00	94,87–100,00		92,71–100,00	
		$N = 71$			
0	0,00	0,00–	5,06	0,00–	7,19
1	1,41	0,04–	7,60	0,01–	10,00
2	2,82	0,34–	9,81	0,15–	12,41
3	4,23	0,88–	11,86	0,48–	14,62
4	5,63	1,56–	13,80	0,96–	16,69
5	7,04	2,33–	15,67	1,55–	18,68
6	8,45	3,17–	17,49	2,22–	20,59
7	9,86	4,06–	19,26	2,95–	22,45
8	11,27	4,99–	21,00	3,74–	24,26
9	12,68	5,96–	22,70	4,57–	26,03
10	14,08	6,97–	24,38	5,44–	27,77
11	15,49	8,00–	26,03	6,35–	29,47
12	16,90	9,05–	27,66	7,28–	31,14

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 71$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
13	18,31	10,13– 29,27		8,24– 32,79	
14	19,72	11,22– 30,87		9,23– 34,42	
15	21,13	12,33– 32,44		10,24– 36,02	
16	22,54	13,46– 34,00		11,27– 37,61	
17	23,94	14,61– 35,54		12,33– 39,17	
18	25,35	15,77– 37,08		13,40– 40,72	
19	26,76	16,94– 38,59		14,48– 42,25	
20	28,17	18,13– 40,10		15,59– 43,77	
21	29,58	19,33– 41,59		16,71– 45,27	
22	30,99	20,54– 43,08		17,84– 46,75	
23	32,39	21,76– 44,55		18,99– 48,22	
24	33,80	23,00– 46,01		20,16– 49,68	
25	35,21	24,24– 47,46		21,34– 51,12	
26	36,62	25,50– 48,90		22,53– 52,55	
27	38,03	26,76– 50,33		23,73– 53,97	
28	39,44	28,03– 51,75		24,95– 55,38	
29	40,85	29,32– 53,16		26,18– 56,77	
30	42,25	30,61– 54,56		27,42– 58,15	
31	43,66	31,91– 55,95		28,67– 59,52	
32	45,07	33,23– 57,34		29,94– 60,88	
33	46,48	34,55– 58,71		31,22– 62,23	
34	47,89	35,88– 60,08		32,50– 63,56	
35	49,30	37,22– 61,44		33,80– 64,88	
36	50,70	38,56– 62,78		35,12– 66,20	
37	52,11	39,92– 64,12		36,44– 67,50	
38	53,52	41,29– 65,45		37,77– 68,78	
39	54,93	42,66– 66,77		39,12– 70,06	
40	56,34	44,05– 68,09		40,48– 71,33	
41	57,75	45,44– 69,39		41,85– 72,58	
42	59,15	46,84– 70,68		43,23– 73,82	
43	60,56	48,25– 71,97		44,62– 75,05	
44	61,97	49,67– 73,24		46,03– 76,27	
45	63,38	51,10– 74,50		47,45– 77,47	
46	64,79	52,54– 75,76		48,88– 78,66	
47	66,20	53,99– 77,00		50,32– 79,84	
48	67,61	55,45– 78,24		51,78– 81,01	
49	69,01	56,92– 79,46		53,25– 82,16	
50	70,42	58,41– 80,67		54,73– 83,29	
51	71,83	59,90– 81,87		56,23– 84,41	
52	73,24	61,41– 83,06		57,75– 85,52	
53	74,65	62,92– 84,23		59,28– 86,60	
54	76,06	64,46– 85,39		60,83– 87,67	
55	77,46	66,00– 86,54		62,39– 88,73	
56	78,87	67,56– 87,67		63,98– 89,76	
57	80,28	69,13– 88,78		65,58– 90,77	
58	81,69	70,73– 89,87		67,21– 91,76	
59	83,10	72,34– 90,95		68,86– 92,72	
60	84,51	73,97– 92,00		70,53– 93,65	
61	85,92	75,62– 93,03		72,23– 94,56	
62	87,32	77,30– 94,04		73,97– 95,43	
63	88,73	79,00– 95,01		75,74– 96,26	
64	90,14	80,74– 95,94		77,55– 97,05	
65	91,55	82,51– 96,83		79,41– 97,78	
66	92,96	84,33– 97,67		81,32– 98,45	
67	94,37	86,20– 98,44		83,31– 99,04	
68	95,77	88,14– 99,12		85,38– 99,52	
69	97,18	90,19– 99,66		87,59– 99,85	
70	98,59	92,40– 99,96		90,00– 99,99	
71	100,00	94,94–100,00		92,81–100,00	

$N = 72$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00– 4,99		0,00– 7,09	
1	1,39	0,04– 7,50		0,01– 9,87	
2	2,78	0,34– 9,68		0,14– 12,25	
3	4,17	0,87– 11,70		0,48– 14,42	
4	5,56	1,53– 13,62		0,95– 16,48	
5	6,94	2,29– 15,47		1,53– 18,44	
6	8,33	3,12– 17,26		2,19– 20,33	
7	9,72	4,00– 19,01		2,91– 22,16	
8	11,11	4,92– 20,72		3,69– 23,95	
9	12,50	5,88– 22,41		4,51– 25,70	
10	13,89	6,87– 24,06		5,36– 27,41	
11	15,28	7,88– 25,69		6,26– 29,09	
12	16,67	8,92– 27,30		7,18– 30,75	
13	18,06	9,98– 28,89		8,12– 32,38	
14	19,44	11,06– 30,47		9,10– 33,99	
15	20,83	12,16– 32,02		10,09– 35,57	
16	22,22	13,27– 33,56		11,11– 37,14	
17	23,61	14,40– 35,09		12,14– 38,69	
18	25,00	15,54– 36,60		13,20– 40,22	
19	26,39	16,70– 38,10		14,27– 41,73	
20	27,78	17,86– 39,59		15,36– 43,23	
21	29,17	19,05– 41,07		16,46– 44,71	
22	30,56	20,24– 42,53		17,58– 46,18	
23	31,94	21,44– 43,99		18,71– 47,64	
24	33,33	22,66– 45,43		19,86– 49,08	
25	34,72	23,88– 46,86		21,01– 50,51	
26	36,11	25,12– 48,29		22,19– 51,92	
27	37,50	26,36– 49,70		23,37– 53,33	
28	38,89	27,62– 51,11		24,57– 54,72	
29	40,28	28,88– 52,50		25,78– 56,10	
30	41,67	30,15– 53,89		27,00– 57,47	
31	43,06	31,43– 55,27		28,23– 58,82	
32	44,44	32,72– 56,64		29,48– 60,17	
33	45,83	34,02– 58,00		30,73– 61,50	
34	47,22	35,33– 59,35		32,00– 62,82	
35	48,61	36,65– 60,69		33,28– 64,13	
36	50,00	37,98– 62,02		34,57– 65,43	

$N = 72$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
37	51,39	39,31– 63,35		35,87– 66,72	
38	52,78	40,65– 64,67		37,18– 68,00	
39	54,17	42,00– 65,98		38,50– 69,27	
40	55,56	43,36– 67,28		39,83– 70,52	
41	56,94	44,73– 68,57		41,18– 71,77	
42	58,33	46,11– 69,85		42,53– 73,00	
43	59,72	47,50– 71,12		43,90– 74,22	
44	61,11	48,89– 72,38		45,28– 75,43	
45	62,50	50,30– 73,64		46,67– 76,63	
46	63,89	51,71– 74,88		48,08– 77,81	
47	65,28	53,14– 76,12		49,49– 78,99	
48	66,67	54,57– 77,34		50,92– 80,14	
49	68,06	56,01– 78,56		52,36– 81,29	
50	69,44	57,47– 79,76		53,82– 82,42	
51	70,83	58,93– 80,95		55,29– 83,54	
52	72,22	60,41– 82,14		56,77– 84,64	
53	73,61	61,90– 83,30		58,27– 85,73	
54	75,00	63,40– 84,46		59,78– 86,80	
55	76,39	64,91– 85,60		61,31– 87,86	
56	77,78	66,44– 86,73		62,86– 88,89	
57	79,17	67,98– 87,84		64,43– 89,91	
58	80,56	69,53– 88,94		66,01– 90,90	
59	81,94	71,11– 90,02		67,62– 91,88	
60	83,33	72,70– 91,08		69,25– 92,82	
61	84,72	74,31– 92,12		70,91– 93,74	
62	86,11	75,94– 93,13		72,59– 94,64	
63	87,50	77,59– 94,12		74,30– 95,49	
64	88,89	79,28– 95,08		76,05– 96,31	
65	90,28	80,99– 96,00		77,84– 97,09	
66	91,67	82,74– 96,88		79,67– 97,81	
67	93,06	84,53– 97,71		81,56– 98,47	
68	94,44	86,38– 98,47		83,52– 99,05	
69	95,83	88,30– 99,13		85,58– 99,52	
70	97,22	90,32– 99,66		87,75– 99,86	
71	98,61	92,50– 99,96		90,13– 99,99	
72	100,00	95,01–100,00		92,91–100,00	

$N = 73$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00– 4,93		0,00– 7,00	
1	1,37	0,03– 7,40		0,01– 9,74	
2	2,74	0,33– 9,55		0,14– 12,09	
3	4,11	0,86– 11,54		0,47– 14,24	
4	5,48	1,51– 13,44		0,94– 16,26	
5	6,85	2,26– 15,26		1,51– 18,20	
6	8,22	3,08– 17,04		2,16– 20,07	
7	9,59	3,94– 18,76		2,87– 21,88	
8	10,96	4,85– 20,46		3,63– 23,65	
9	12,33	5,80– 22,12		4,44– 25,37	
10	13,70	6,77– 23,75		5,29– 27,07	
11	15,07	7,77– 25,36		6,17– 28,73	
12	16,44	8,79– 26,95		7,07– 30,37	
13	17,81	9,84– 28,53		8,01– 31,98	
14	19,18	10,90– 30,08		8,97– 33,57	
15	20,55	11,98– 31,62		9,95– 35,13	
16	21,92	13,08– 33,14		10,95– 36,68	
17	23,29	14,19– 34,65		11,97– 38,21	
18	24,66	15,32– 36,14		13,01– 39,73	
19	26,03	16,45– 37,62		14,06– 41,22	
20	27,40	17,61– 39,09		15,13– 42,71	
21	28,77	18,77– 40,55		16,22– 44,17	
22	30,14	19,94– 42,00		17,32– 45,63	
23	31,51	21,13– 43,44		18,43– 47,06	
24	32,88	22,33– 44,87		19,56– 48,49	
25	34,25	23,53– 46,28		20,70– 49,90	
26	35,62	24,75– 47,69		21,86– 51,31	
27	36,99	25,97– 49,09		23,02– 52,70	
28	38,36	27,21– 50,48		24,20– 54,07	
29	39,73	28,45– 51,86		25,39– 55,44	
30	41,10	29,71– 53,23		26,59– 56,79	
31	42,47	30,97– 54,59		27,80– 58,14	
32	43,84	32,24– 55,95		29,03– 59,47	
33	45,21	33,52– 57,30		30,26– 60,79	
34	46,58	34,80– 58,63		31,51– 62,10	
35	47,95	36,10– 59,96		32,77– 63,40	
36	49,32	37,40– 61,28		34,03– 64,69	
37	50,68	38,72– 62,60		35,31– 65,97	
38	52,05	40,04– 63,90		36,60– 67,23	
39	53,42	41,37– 65,20		37,90– 68,49	
40	54,79	42,70– 66,48		39,21– 69,74	
41	56,16	44,05– 67,76		40,53– 70,97	
42	57,53	45,41– 69,03		41,86– 72,20	
43	58,90	46,77– 70,29		43,21– 73,41	
44	60,27	48,14– 71,55		44,56– 74,61	
45	61,64	49,52– 72,79		45,93– 75,80	
46	63,01	50,91– 74,03		47,30– 76,98	
47	64,38	52,31– 75,25		48,69– 78,14	
48	65,75	53,72– 76,47		50,10– 79,30	
49	67,12	55,13– 77,67		51,51– 80,44	
50	68,49	56,56– 78,87		52,94– 81,57	
51	69,86	58,00– 80,06		54,37– 82,68	
52	71,23	59,45– 81,23		55,83– 83,78	
53	72,60	60,91– 82,39		57,29– 84,87	
54	73,97	62,38– 83,55		58,78– 85,94	
55	75,34	63,86– 84,68		60,27– 86,99	
56	76,71	65,35– 85,81		61,79– 88,03	
57	78,08	66,86– 86,92		63,32– 89,05	
58	79,45	68,38– 88,02		64,87– 90,05	
59	80,82	69,92– 89,10		66,43– 91,03	

$N = 73$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
60	82,19	71,47– 90,16		68,02– 91,99	
61	83,56	73,05– 91,21		69,63– 92,93	
62	84,93	74,64– 92,23		71,27– 93,83	
63	86,30	76,25– 93,23		72,93– 94,71	
64	87,67	77,88– 94,20		74,63– 95,56	
65	89,04	79,54– 95,15		76,35– 96,37	
66	90,41	81,24– 96,06		78,12– 97,13	
67	91,78	82,96– 96,92		79,93– 97,84	
68	93,15	84,74– 97,74		81,80– 98,49	
69	94,52	86,56– 98,49		83,74– 99,06	
70	95,89	88,46– 99,14		85,76– 99,53	
71	97,26	90,45– 99,67		87,91– 99,86	
72	98,63	92,60– 99,97		90,26– 99,99	
73	100,00	95,07–100,00		93,00–100,00	

$N = 74$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00– 4,86		0,00– 6,91	
1	1,35	0,03– 7,30		0,01– 9,62	
2	2,70	0,33– 9,42		0,14– 11,93	
3	4,05	0,84– 11,39		0,46– 14,06	
4	5,41	1,49– 13,27		0,92– 16,06	
5	6,76	2,23– 15,07		1,49– 17,97	
6	8,11	3,03– 16,82		2,13– 19,81	
7	9,46	3,89– 18,52		2,83– 21,60	
8	10,81	4,78– 20,19		3,58– 23,35	
9	12,16	5,71– 21,84		4,38– 25,06	
10	13,51	6,68– 23,45		5,21– 26,73	
11	14,86	7,66– 25,04		6,08– 28,37	
12	16,22	8,67– 26,61		6,97– 29,99	
13	17,57	9,70– 28,17		7,89– 31,58	
14	18,92	10,75– 29,70		8,84– 33,15	
15	20,27	11,81– 31,22		9,80– 34,70	
16	21,62	12,89– 32,72		10,79– 36,24	
17	22,97	13,99– 34,21		11,80– 37,75	
18	24,32	15,10– 35,69		12,82– 39,25	
19	25,68	16,22– 37,16		13,86– 40,73	
20	27,03	17,35– 38,61		14,91– 42,19	
21	28,38	18,50– 40,05		15,98– 43,64	
22	29,73	19,66– 41,48		17,07– 45,08	
23	31,08	20,83– 42,90		18,16– 46,51	
24	32,43	22,00– 44,32		19,27– 47,92	
25	33,78	23,19– 45,72		20,40– 49,32	
26	35,14	24,39– 47,11		21,53– 50,70	
27	36,49	25,60– 48,49		22,68– 52,08	
28	37,84	26,81– 49,87		23,84– 53,44	
29	39,19	28,04– 51,23		25,01– 54,79	
30	40,54	29,27– 52,59		26,20– 56,14	
31	41,89	30,51– 53,94		27,39– 57,47	
32	43,24	31,77– 55,28		28,59– 58,79	
33	44,59	33,02– 56,61		29,81– 60,10	
34	45,95	34,29– 57,93		31,03– 61,39	
35	47,30	35,57– 59,25		32,27– 62,68	
36	48,65	36,85– 60,56		33,52– 63,96	
37	50,00	38,14– 61,86		34,77– 65,23	
38	51,35	39,44– 63,15		36,04– 66,48	
39	52,70	40 75– 64,43		37,32– 67,73	
40	54,05	42,07– 65,71		38,61– 68,97	
41	55,41	43,39– 66,98		39,90– 70,19	
42	56,76	44,72– 68,23		41,21– 71,41	
43	58,11	46,06– 69,49		42,53– 72,61	
44	59,46	47,41– 70,73		43,86– 73,80	
45	60,81	48,77– 71,96		45,21– 74,99	
46	62,16	50,13– 73,19		46,56– 76,16	
47	63,51	51,51– 74,40		47,92– 77,32	
48	64,86	52,89– 75,61		49,30 78,47	
49	66,22	54,28– 76,81		50,68– 79,60	
50	67,57	55,68– 78,00		52,08– 80,73	
51	68,92	57,10– 79,17		53,49– 81,84	
52	70,27	58,52– 80,34		54,92– 82,93	
53	71,62	59,95– 81,50		56,36– 84,02	
54	72,97	61,39– 82,65		57,81– 85,09	
55	74,32	62,84– 83,78		59,27– 86,14	
56	75,68	64,31– 84,90		60,75– 87,18	
57	77,03	65,79– 86,01		62,25– 88,20	
58	78,38	67,28– 87,11		63,76– 89,21	
59	79,73	68,78– 88,19		65,30– 90,20	
60	81,08	70,30– 89,25		66,85– 91,16	
61	82,43	71,83– 90,30		68,42– 92,11	
62	83,78	73,39– 91,33		70,01– 93,03	
63	85,14	74,96– 92,34		71,63– 93,92	
64	86,49	76,55– 93,32		73,27– 94,79	
65	87,84	78,16– 94,29		74,94– 95,62	
66	89,19	79,81– 95,22		76,65– 96,42	
67	90,54	81,48– 96,11		78,40– 97,17	
68	91,89	83,18– 96,97		80,19– 97,87	
69	93,24	84,93– 97,77		82,03– 98,51	
70	94,59	86,73– 98,51		83,94– 99,08	
71	95,95	88,61– 99,16		85,94– 99,54	
72	97,30	90,58– 99,67		88,07– 99,86	
73	98,65	92,70– 99,97		90,38– 99,99	
74	100,00	95,14–100,00		93,09–100,00	

$N = 75$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00– 4,80		0,00– 6,82	
1	1,33	0,03– 7,21		0,01– 9,49	
2	2,67	0,32– 9,30		0,14– 11,78	
3	4,00	0,83– 11,25		0,46– 13,88	
4	5,33	1,47– 13,10		0,91– 15,85	
5	6,67	2,20– 14,88		1,47– 17,74	
6	8,00	2,99– 16,60		2,10– 19,57	
7	9,33	3,84– 18,29		2,79– 21,34	
8	10,67	4,72– 19,94		3,53– 23,06	
9	12,00	5,64– 21,56		4,32– 24,75	
10	13,33	6,58– 23,16		5,14– 26,40	
11	14,67	7,56– 24,73		5,99– 28,03	
12	16,00	8,55– 26,28		6,88– 29,63	
13	17,33	9,57– 27,81		7,78– 31,20	
14	18,67	10,60– 29,33		8,71– 32,75	
15	20,00	11,65– 30,83		9,67– 34,29	
16	21,33	12,71– 32,32		10,64– 35,80	
17	22,67	13,79– 33,79		11,63– 37,30	
18	24,00	14,89– 35,25		12,64– 38,78	
19	25,33	15,99– 36,70		13,66– 40,24	
20	26,67	17,11– 38,14		14,70– 41,69	
21	28,00	18,24– 39,56		15,75– 43,13	
22	29,33	19,38– 40,98		16,82– 44,55	
23	30,67	20,53– 42,38		17,90– 45,96	
24	32,00	21,69– 43,78		19,00– 47,36	
25	33,33	22,86– 45,17		20,10– 48,74	
26	34,67	24,04– 46,54		21,22– 50,11	
27	36,00	25,23– 47,91		22,35– 51,48	
28	37,33	26,43– 49,27		23,49– 52,83	
29	38,67	27,64– 50,62		24,65– 54,16	
30	40,00	28,85– 51,96		25,81– 55,49	
31	41,33	30,08– 53,30		26,99– 56,81	
32	42,67	31,31– 54,62		28,17– 58,12	
33	44,00	32,55– 55,94		29,37– 59,42	
34	45,33	33,79– 57,25		30,57– 60,70	
35	46,67	35,05– 58,55		31,79– 61,98	
36	48,00	36,31– 59,85		33,02– 63,25	
37	49,33	37,58– 61,14		34,25– 64,50	
38	50,67	38,86– 62,42		35,50– 65,75	
39	52,00	40,15– 63,69		36,75– 66,98	
40	53,33	41,45– 64,95		38,02– 68,21	
41	54,67	42,75– 66,21		39,30– 69,43	
42	56,00	44,06– 67,45		40,58– 70,63	
43	57,33	45,38– 68,69		41,88– 71,83	
44	58,67	46,70– 69,92		43,19– 73,01	
45	60,00	48,04– 71,15		44,51– 74,19	
46	61,33	49,38– 72,36		45,84– 75,35	
47	62,67	50,73– 73,57		47,17– 76,51	
48	64,00	52,09– 74,77		48,52– 77,65	
49	65,33	53,46– 75,96		49,89– 78,78	
50	66,67	54,83– 77,14		51,26– 79,90	
51	68,00	56,22– 78,31		52,64– 81,00	
52	69,33	57,62– 79,47		54,04– 82,10	
53	70,67	59,02– 80,62		55,45– 83,18	
54	72,00	60,44– 81,76		56,87– 84,25	
55	73,33	61,86– 82,89		58,31– 85,30	
56	74,67	63,30– 84,01		59,76– 86,34	
57	76,00	64,75– 85,11		61,22– 87,36	
58	77,33	66,21– 86,21		62,70– 88,37	
59	78,67	67,68– 87,29		64,20– 89,36	
60	80,00	69,17– 88,35		65,71– 90,33	
61	81,33	70,67– 89,40		67,25– 91,29	
62	82,67	72,19– 90,43		68,80– 92,22	
63	84,00	73,72– 91,45		70,37– 93,12	
64	85,33	75,27– 92,44		71,97– 94,01	
65	86,67	76,84– 93,42		73,60– 94,86	
66	88,00	78,44– 94,36		75,25– 95,68	
67	89,33	80,06– 95,28		76,94– 96,47	
68	90,67	81,71– 96,16		78,66– 97,21	
69	92,00	83,40– 97,01		80,43– 97,90	
70	93,33	85,12– 97,80		82,26– 98,53	
71	94,67	86,90– 98,53		84,15– 99,09	
72	96,00	88,75– 99,17		86,12– 99,54	
73	97,33	90,70– 99,68		88,22– 99,86	
74	98,67	92,79– 99,97		90,51– 99,99	
75	100,00	95,20–100,00		93,18–100,00	

$N = 76$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
0	0,00	0,00– 4,74		0,00– 6,73	
1	1,32	0,03– 7,11		0,01– 9,37	
2	2,63	0,32– 9,18		0,14– 11,63	
3	3,95	0,82– 11,11		0,45– 13,71	
4	5,26	1,45– 12,93		0,90– 15,66	
5	6,58	2,17– 14,69		1,45– 17,52	
6	7,89	2,95– 16,40		2,07– 19,33	
7	9,21	3,78– 18,06		2,76– 21,07	
8	10,53	4,66– 19,69		3,49– 22,78	
9	11,84	5,56– 21,29		4,26– 24,45	
10	13,16	6,49– 22,87		5,07– 26,08	
11	14,47	7,45– 24,42		5,91– 27,69	
12	15,79	8,43– 25,96		6,78– 29,27	
13	17,11	9,43– 27,47		7,68– 30,83	
14	18,42	10,45– 28,97		8,59– 32,36	
15	19,74	11,49– 30,46		9,53– 33,88	
16	21,05	12,54– 31,92		10,49– 35,37	
17	22,37	13,60– 33,38		11,47– 36,85	
18	23,68	14,68– 34,82		12,46– 38,32	
19	25,00	15,77– 36,26		13,47– 39,77	
20	26,32	16,87– 37,68		14,49– 41,20	
21	27,63	17,99– 39,09		15,53– 42,62	
22	28,95	19,11– 40,49		16,58– 44,03	
23	30,26	20,25– 41,87		17,65– 45,43	
24	31,58	21,39– 43,25		18,73– 46,81	

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
		$N = 76$ (Fortsetzung)			
25	32,89	22,54–	44,63	19,82–	48,18
26	34,21	23,71–	45,99	20,92–	49,54
27	35,53	24,88–	47,34	22,03–	50,89
28	36,84	26,06–	48,69	23,16–	52,22
29	38,16	27,25–	50,02	24,29–	53,55
30	39,47	28,44–	51,35	25,44–	54,86
31	40,79	29,65–	52,67	26,59–	56,17
32	42,11	30,86–	53,98	27,76–	57,46
33	43,42	32,08–	55,29	28,94–	58,75
34	44,74	33,31–	56,59	30,13–	60,02
35	46,05	34,55–	57,87	31,32–	61,29
36	47,37	35,79–	59,16	32,53–	62,55
37	48,68	37,04–	60,43	33,75–	63,79
38	50,00	38,30–	61,70	34,97–	65,03
39	51,32	39,57–	62,96	36,21–	66,25
40	52,63	40,84–	64,21	37,45–	67,47
41	53,95	42,13–	65,45	38,71–	68,68
42	55,26	43,41–	66,69	39,98–	69,87
43	56,58	44,71–	67,92	41,25–	71,06
44	57,89	46,02–	69,14	42,54–	72,24
45	59,21	47,33–	70,35	43,83–	73,41
46	60,53	48,65–	71,56	45,14–	74,56
47	61,84	49,98–	72,75	46,45–	75,71
48	63,16	51,31–	73,94	47,78–	76,84
49	64,47	52,66–	75,12	49,11–	77,97
50	65,79	54,01–	76,29	50,46–	79,08
51	67,11	55,37–	77,46	51,82–	80,18
52	68,42	56,75–	78,61	53,19–	81,27
53	69,74	58,13–	79,75	54,57–	82,35
54	71,05	59,51–	80,89	55,97–	83,42
55	72,37	60,91–	82,01	57,38–	84,47
56	73,68	62,32–	83,13	58,80–	85,51
57	75,00	63,74–	84,23	60,23–	86,53
58	76,32	65,18–	85,32	61,68–	87,54
59	77,63	66,62–	86,40	63,15–	88,53
60	78,95	68,08–	87,46	64,63–	89,51
61	80,26	69,54–	88,51	66,12–	90,47
62	81,58	71,03–	89,55	67,64–	91,41
63	82,89	72,53–	90,57	69,17–	92,32
64	84,21	74,04–	91,57	70,73–	93,22
65	85,53	75,58–	92,55	72,31–	94,09
66	86,84	77,13–	93,51	73,92–	94,93
67	88,16	78,71–	94,44	75,55–	95,74
68	89,47	80,31–	95,34	77,22–	96,51
69	90,79	81,94–	96,22	78,93–	97,24
70	92,11	83,60–	97,05	80,67–	97,93
71	93,42	85,31–	97,83	82,48–	98,55
72	94,74	87,07–	98,55	84,34–	99,10
73	96,05	88,89–	99,18	86,29–	99,55
74	97,37	90,82–	99,68	88,37–	99,86
75	98,68	92,89–	99,97	90,63–	99,99
76	100,00	95,26–100,00		93,27–100,00	
		$N = 77$			
0	0,00	0,00–	4,68	0,00–	6,65
1	1,30	0,03–	7,02	0,01–	9,26
2	2,60	0,32–	9,07	0,14–	11,49
3	3,90	0,81–	10,97	0,44–	13,54
4	5,19	1,43–	12,77	0,89–	15,47
5	6,49	2,14–	14,51	1,43–	17,31
6	7,79	2,91–	16,19	2,04–	19,09
7	9,09	3,73–	17,84	2,72–	20,82
8	10,39	4,59–	19,45	3,44–	22,50
9	11,69	5,49–	21,03	4,20–	24,15
10	12,99	6,41–	22,59	5,00–	25,77
11	14,29	7,35–	24,13	5,83–	27,36
12	15,58	8,32–	25,64	6,69–	28,92
13	16,88	9,31–	27,14	7,57–	30,46
14	18,18	10,31–	28,62	8,48–	31,98
15	19,48	11,33–	30,09	9,40–	33,48
16	20,78	12,37–	31,54	10,35–	34,96
17	22,08	13,42–	32,98	11,31–	36,42
18	23,38	14,48–	34,41	12,29–	37,87
19	24,68	15,56–	35,82	13,28–	39,31
20	25,97	16,64–	37,23	14,29–	40,72
21	27,27	17,74–	38,62	15,32–	42,13
22	28,57	18,85–	40,00	16,35–	43,52
23	29,87	19,97–	41,38	17,40–	44,90
24	31,17	21,09–	42,74	18,46–	46,27
25	32,47	22,23–	44,10	19,54–	47,63
26	33,77	23,38–	45,45	20,62–	48,97
27	35,06	24,53–	46,78	21,72–	50,31
28	36,36	25,70–	48,12	22,83–	51,63
29	37,66	26,87–	49,44	23,95–	52,95
30	38,96	28,05–	50,75	25,08–	54,25
31	40,26	29,23–	52,06	26,21–	55,54
32	41,56	30,43–	53,36	27,36–	56,82
33	42,86	31,63–	54,65	28,52–	58,10
34	44,16	32,84–	55,93	29,69–	59,36
35	45,45	34,06–	57,21	30,87–	60,62
36	46,75	35,29–	58,48	32,06–	61,86
37	48,05	36,52–	59,74	33,26–	63,10
38	49,35	37,76–	61,00	34,46–	64,32
39	50,65	39,00–	62,24	35,68–	65,54
40	51,95	40,26–	63,48	36,90–	66,74
41	53,25	41,52–	64,71	38,14–	67,94
42	54,55	42,79–	65,94	39,38–	69,13
43	55,84	44,07–	67,16	40,64–	70,31
44	57,14	45,35–	68,37	41,90–	71,48
45	58,44	46,64–	69,57	43,18–	72,64
46	59,74	47,94–	70,77	44,46–	73,79
47	61,04	49,25–	71,95	45,75–	74,92
48	62,34	50,56–	73,13	47,05–	76,05
49	63,64	51,88–	74,30	48,37–	77,17
50	64,94	53,22–	75,47	49,69–	78,28
51	66,23	54,55–	76,62	51,03–	79,38
52	67,53	55,90–	77,77	52,37–	80,46
53	68,83	57,26–	78,91	53,73–	81,54
54	70,13	58,62–	80,03	55,10–	82,60
55	71,43	60,00–	81,15	56,48–	83,65
56	72,73	61,38–	82,26	57,87–	84,68
57	74,03	62,77–	83,36	59,28–	85,71
58	75,32	64,18–	84,44	60,69–	86,72
59	76,62	65,59–	85,52	62,13–	87,71
60	77,92	67,02–	86,58	63,58–	88,69
61	79,22	68,46–	87,63	65,04–	89,65
62	80,52	69,91–	88,67	66,52–	90,60
63	81,82	71,38–	89,69	68,02–	91,52
64	83,12	72,86–	90,69	69,54–	92,43
65	84,42	74,36–	91,68	71,08–	93,31
66	85,71	75,87–	92,65	72,64–	94,17
67	87,01	77,41–	93,59	74,23–	95,00
68	88,31	78,97–	94,51	75,85–	95,80
69	89,61	80,55–	95,41	77,50–	96,56
70	90,91	82,16–	96,27	79,18–	97,28
71	92,21	83,81–	97,09	80,91–	97,96
72	93,51	85,49–	97,86	82,69–	98,57
73	94,81	87,23–	98,57	84,53–	99,11
74	96,10	89,03–	99,19	86,46–	99,56
75	97,40	90,93–	99,68	88,51–	99,86
76	98,70	92,98–	99,97	90,74–	99,99
77	100,00	95,32–100,00		93,35–100,00	
		$N = 78$			
0	0,00	0,00–	4,62	0,00–	6,57
1	1,28	0,03–	6,94	0,01–	9,14
2	2,56	0,31–	8,96	0,13–	11,35
3	3,85	0,80–	10,83	0,44–	13,37
4	5,13	1,41–	12,61	0,88–	15,28
5	6,41	2,11–	14,33	1,41–	17,10
6	7,69	2,88–	15,99	2,02–	18,86
7	8,97	3,68–	17,62	2,68–	20,57
8	10,26	4,53–	19,21	3,39–	22,24
9	11,54	5,41–	20,78	4,15–	23,87
10	12,82	6,32–	22,32	4,94–	25,46
11	14,10	7,26–	23,83	5,76–	27,03
12	15,38	8,21–	25,33	6,60–	28,58
13	16,67	9,18–	26,81	7,47–	30,10
14	17,95	10,17–	28,28	8,36–	31,60
15	19,23	11,18–	29,73	9,28–	33,09
16	20,51	12,20–	31,16	10,21–	34,55
17	21,79	13,24–	32,59	11,16–	36,00
18	23,08	14,29–	34,00	12,12–	37,43
19	24,36	15,35–	35,40	13,10–	38,85
20	25,64	16,42–	36,79	14,10–	40,26
21	26,92	17,50–	38,16	15,11–	41,65
22	28,21	18,59–	39,53	16,13–	43,03
23	29,49	19,70–	40,89	17,16–	44,39
24	30,77	20,81–	42,24	18,21–	45,75
25	32,05	21,93–	43,58	19,27–	47,09
26	33,33	23,06–	44,92	20,34–	48,42
27	34,62	24,20–	46,24	21,42–	49,74
28	35,90	25,34–	47,56	22,51–	51,05
29	37,18	26,50–	48,87	23,61–	52,36
30	38,46	27,66–	50,17	24,72–	53,65
31	39,74	28,83–	51,46	25,85–	54,93
32	41,03	30,01–	52,75	26,98–	56,20
33	42,31	31,19–	54,02	28,12–	57,46
34	43,59	32,39–	55,30	29,27–	58,71
35	44,87	33,59–	56,56	30,43–	59,96
36	46,15	34,79–	57,82	31,60–	61,19
37	47,44	36,01–	59,07	32,78–	62,41
38	48,72	37,23–	60,31	33,97–	63,63
39	50,00	38,46–	61,54	35,16–	64,84
40	51,28	39,69–	62,77	36,37–	66,03
41	52,56	40,93–	63,99	37,59–	67,22
42	53,85	42,18–	65,21	38,81–	68,40
43	55,13	43,44–	66,41	40,04–	69,57
44	56,41	44,70–	67,61	41,29–	70,73
45	57,69	45,98–	68,81	42,54–	71,88
46	58,97	47,25–	69,99	43,80–	73,02
47	60,26	48,54–	71,17	45,07–	74,15
48	61,54	49,83–	72,34	46,35–	75,28
49	62,82	51,13–	73,50	47,64–	76,39
50	64,10	52,44–	74,66	48,95–	77,49
51	65,38	53,76–	75,80	50,26–	78,58
52	66,67	55,08–	76,94	51,58–	79,66
53	67,95	56,42–	78,07	52,91–	80,73
54	69,23	57,76–	79,19	54,25–	81,79
55	70,51	59,11–	80,30	55,61–	82,84
56	71,79	60,47–	81,41	56,97–	83,87
57	73,08	61,84–	82,50	58,35–	84,89
58	74,36	63,21–	83,58	59,74–	85,90
59	75,64	64,60–	84,65	61,15–	86,90
60	76,92	66,00–	85,71	62,57–	87,88
61	78,21	67,41–	86,76	64,00–	88,84
62	79,49	68,84–	87,80	65,45–	89,79
63	80,77	70,27–	88,82	66,91–	90,72
64	82,05	71,72–	89,83	68,40–	91,64
65	83,33	73,19–	90,82	69,90–	92,53
66	84,62	74,67–	91,79	71,42–	93,40
67	85,90	76,17–	92,74	72,97–	94,24
68	87,18	77,68–	93,68	74,54–	95,06
69	88,46	79,22–	94,59	76,13–	95,85
70	89,74	80,79–	95,47	77,76–	96,61
71	91,03	82,38–	96,32	79,43–	97,32
72	92,31	84,01–	97,12	81,14–	97,98
73	93,59	85,67–	97,89	82,90–	98,59
74	94,87	87,39–	98,59	84,72–	99,12
75	96,15	89,17–	99,20	86,63–	99,56
76	97,44	91,04–	99,69	88,65–	99,87
77	98,72	93,06–	99,97	90,86–	99,99
78	100,00	95,38–100,00		93,43–100,00	
		$N = 79$			
0	0,00	0,00–	4,56	0,00–	6,49
1	1,27	0,03–	6,85	0,01–	9,03
2	2,53	0,31–	8,85	0,13–	11,21
3	3,80	0,79–	10,70	0,43–	13,21
4	5,06	1,40–	12,46	0,86–	15,10
5	6,33	2,09–	14,16	1,39–	16,90
6	7,59	2,84–	15,80	1,99–	18,64
7	8,86	3,64–	17,41	2,65–	20,33
8	10,13	4,47–	18,98	3,35–	21,97
9	11,39	5,34–	20,53	4,09–	23,59
10	12,66	6,24–	22,05	4,87–	25,17
11	13,92	7,16–	23,55	5,68–	26,72
12	15,19	8,10–	25,03	6,51–	28,25
13	16,46	9,06–	26,49	7,37–	29,75
14	17,72	10,04–	27,94	8,25–	31,24
15	18,99	11,03–	29,38	9,15–	32,71
16	20,25	12,04–	30,80	10,07–	34,16
17	21,52	13,06–	32,20	11,01–	35,59
18	22,78	14,10–	33,60	11,96–	37,01
19	24,05	15,14–	34,98	12,93–	38,41
20	25,32	16,20–	36,36	13,91–	39,80
21	26,58	17,27–	37,72	14,90–	41,18
22	27,85	18,35–	39,07	15,91–	42,54
23	29,11	19,43–	40,42	16,93–	43,89
24	30,38	20,53–	41,75	17,96–	45,23
25	31,65	21,63–	43,08	19,00–	46,56
26	32,91	22,75–	44,40	20,06–	47,88
27	34,18	23,87–	45,71	21,12–	49,19
28	35,44	25,00–	47,01	22,20–	50,49
29	36,71	26,14–	48,31	23,29–	51,78
30	37,97	27,28–	49,59	24,38–	53,06
31	39,24	28,44–	50,87	25,49–	54,33
32	40,51	29,60–	52,15	26,60–	55,59
33	41,77	30,77–	53,41	27,73–	56,84
34	43,04	31,94–	54,67	28,86–	58,08
35	44,30	33,12–	55,92	30,00–	59,31
36	45,57	34,31–	57,17	31,16–	60,53
37	46,84	35,51–	58,40	32,32–	61,75
38	48,10	36,71–	59,64	33,49–	62,95
39	49,37	37,92–	60,86	34,66–	64,15
40	50,63	39,14–	62,08	35,85–	65,34
41	51,90	40,36–	63,29	37,05–	66,51
42	53,16	41,60–	64,49	38,25–	67,68
43	54,43	42,83–	65,69	39,47–	68,84
44	55,70	44,08–	66,88	40,69–	70,00
45	56,96	45,33–	68,06	41,92–	71,14
46	58,23	46,59–	69,23	43,16–	72,27
47	59,49	47,85–	70,40	44,41–	73,40
48	60,76	49,13–	71,56	45,67–	74,51
49	62,03	50,41–	72,72	46,94–	75,62
50	63,29	51,69–	73,86	48,22–	76,71
51	64,56	52,99–	75,00	49,51–	77,80
52	65,82	54,29–	76,13	50,81–	78,88
53	67,09	55,60–	77,25	52,12–	79,94
54	68,35	56,92–	78,37	53,44–	81,00
55	69,62	58,25–	79,47	54,77–	82,04
56	70,89	59,58–	80,57	56,11–	83,07
57	72,15	60,93–	81,65	57,46–	84,09
58	73,42	62,28–	82,73	58,82–	85,10
59	74,68	63,64–	83,80	60,20–	86,09
60	75,95	65,02–	84,86	61,59–	87,07
61	77,22	66,40–	85,90	62,99–	88,04
62	78,48	67,80–	86,94	64,41–	88,99
63	79,75	69,20–	87,96	65,84–	89,93
64	81,01	70,62–	88,97	67,29–	90,85
65	82,28	72,06–	89,96	68,76–	91,75
66	83,54	73,51–	90,94	70,25–	92,63
67	84,81	74,97–	91,90	71,75–	93,49
68	86,08	76,45–	92,84	73,28–	94,32
69	87,34	77,95–	93,76	74,83–	95,13
70	88,61	79,47–	94,66	76,41–	95,91
71	89,87	81,02–	95,53	78,03–	96,65
72	91,14	82,59–	96,36	79,67–	97,35
73	92,41	84,20–	97,16	81,36–	98,01
74	93,67	85,84–	97,91	83,10–	98,61
75	94,94	87,54–	98,60	84,90–	99,14
76	96,20	89,30–	99,21	86,79–	99,57
77	97,47	91,15–	99,69	88,79–	99,87
78	98,73	93,15–	99,97	90,97–	99,99
79	100,00	95,44–100,00		93,51–100,00	
		$N = 80$			
0	0,00	0,00–	4,51	0,00–	6,41
1	1,25	0,03–	6,77	0,01–	8,92
2	2,50	0,30–	8,74	0,13–	11,08
3	3,75	0,78–	10,57	0,43–	13,05
4	5,00	1,38–	12,31	0,85–	14,92
5	6,25	2,06–	13,99	1,37–	16,70
6	7,50	2,80–	15,61	1,96–	18,42
7	8,75	3,59–	17,20	2,61–	20,09
8	10,00	4,42–	18,76	3,31–	21,72
9	11,25	5,28–	20,28	4,04–	23,31
10	12,50	6,16–	21,79	4,81–	24,87
11	13,75	7,07–	23,27	5,61–	26,41
12	15,00	8,00–	24,74	6,43–	27,92
13	16,25	8,95–	26,18	7,28–	29,41
14	17,50	9,91–	27,62	8,14–	30,88
15	18,75	10,89–	29,03	9,03–	32,33
16	20,00	11,89–	30,44	9,94–	33,77
17	21,25	12,89–	31,83	10,86–	35,19
18	22,50	13,91–	33,21	11,80–	36,59
19	23,75	14,95–	34,58	12,75–	37,98
20	25,00	15,99–	35,94	13,72–	39,35
21	26,25	17,04–	37,29	14,70–	40,72
22	27,50	18,10–	38,62	15,70–	42,07
23	28,75	19,18–	39,95	16,70–	43,41
24	30,00	20,26–	41,28	17,72–	44,73
25	31,25	21,35–	42,59	18,75–	46,05
26	32,50	22,45–	43,89	19,79–	47,36
27	33,75	23,55–	45,19	20,84–	48,65
28	35,00	24,67–	46,48	21,90–	49,94
29	36,25	25,79–	47,76	22,97–	51,21
30	37,50	26,92–	49,04	24,05–	52,48
31	38,75	28,06–	50,30	25,14–	53,74
32	40,00	29,20–	51,56	26,24–	54,99
33	41,25	30,35–	52,82	27,35–	56,22
34	42,50	31,51–	54,06	28,46–	57,45
35	43,75	32,68–	55,30	29,59–	58,68
36	45,00	33,85–	56,53	30,72–	59,89
37	46,25	35,03–	57,76	31,87–	61,09
38	47,50	36,21–	58,98	33,02–	62,29
39	48,75	37,41–	60,19	34,18–	63,47
40	50,00	38,60–	61,40	35,35–	64,65
41	51,25	39,81–	62,59	36,53–	65,82
42	52,50	41,02–	63,79	37,71–	66,98
43	53,75	42,24–	64,97	38,91–	68,13
44	55,00	43,47–	66,15	40,11–	69,28
45	56,25	44,70–	67,32	41,32–	70,41
46	57,50	45,94–	68,49	42,55–	71,54
47	58,75	47,18–	69,65	43,78–	72,65
48	60,00	48,44–	70,80	45,01–	73,76
49	61,25	49,70–	71,94	46,26–	74,86
50	62,50	50,96–	73,08	47,52–	75,95
51	63,75	52,24–	74,21	48,79–	77,03
52	65,00	53,52–	75,33	50,06–	78,10
53	66,25	54,81–	76,45	51,35–	79,16
54	67,50	56,11–	77,55	52,64–	80,21
55	68,75	57,41–	78,65	53,95–	81,25
56	70,00	58,72–	79,74	55,27–	82,28
57	71,25	60,05–	80,82	56,59–	83,30
58	72,50	61,38–	81,90	57,93–	84,30
59	73,75	62,71–	82,96	59,28–	85,30
60	75,00	64,06–	84,01	60,65–	86,28
61	76,25	65,42–	85,05	62,02–	87,25
62	77,50	66,79–	86,09	63,41–	88,20
63	78,75	68,17–	87,11	64,81–	89,14
64	80,00	69,56–	88,11	66,23–	90,06
65	81,25	70,97–	89,11	67,67–	90,97
66	82,50	72,38–	90,09	69,12–	91,86
67	83,75	73,82–	91,05	70,59–	92,72
68	85,00	75,26–	92,00	72,08–	93,57
69	86,25	76,73–	92,93	73,59–	94,39
70	87,50	78,21–	93,84	75,13–	95,19
71	88,75	79,72–	94,72	76,69–	95,96
72	90,00	81,24–	95,58	78,28–	96,69
73	91,25	82,80–	96,41	79,91–	97,39
74	92,50	84,39–	97,20	81,58–	98,04
75	93,75	86,01–	97,94	83,30–	98,63
76	95,00	87,69–	98,62	85,08–	99,15
77	96,25	89,43–	99,22	86,95–	99,57
78	97,50	91,26–	99,70	88,92–	99,87
79	98,75	93,23–	99,97	91,08–	99,99
80	100,00	95,49–100,00		93,59–100,00	
		$N = 81$			
0	0,00	0,00–	4,45	0,00–	6,33
1	1,23	0,03–	6,69	0,01–	8,82
2	2,47	0,30–	8,64	0,13–	10,95
3	3,70	0,77–	10,44	0,42–	12,90
4	4,94	1,36–	12,16	0,84–	14,74
5	6,17	2,03–	13,82	1,36–	16,50
6	7,41	2,77–	15,43	1,94–	18,21
7	8,64	3,55–	17,00	2,58–	19,86
8	9,88	4,36–	18,54	3,27–	21,47
9	11,11	5,21–	20,05	3,99–	23,04
10	12,35	6,08–	21,53	4,75–	24,59
11	13,58	6,98–	23,00	5,53–	26,11
12	14,81	7,90–	24,45	6,35–	27,60
13	16,05	8,83–	25,88	7,18–	29,08
14	17,28	9,78–	27,30	8,04–	30,53

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	$100(1-2\alpha)$-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
$N = 81$ (Fortsetzung)					
15	18,52	10,75–	28,70	8,92–	31,97
16	19,75	11,73–	30,09	9,81–	33,39
17	20,99	12,73–	31,46	10,72–	34,79
18	22,22	13,73–	32,83	11,65–	36,18
19	23,46	14,75–	34,18	12,59–	37,55
20	24,69	15,78–	35,53	13,54–	38,92
21	25,93	16,82–	36,86	14,51–	40,27
22	27,16	17,87–	38,19	15,49–	41,60
23	28,40	18,93–	39,50	16,48–	42,93
24	29,63	19,99–	40,81	17,49–	44,24
25	30,86	21,07–	42,11	18,50–	45,55
26	32,10	22,15–	43,40	19,52–	46,84
27	33,33	23,24–	44,68	20,56–	48,12
28	34,57	24,34–	45,96	21,61–	49,40
29	35,80	25,45–	47,23	22,66–	50,66
30	37,04	26,56–	48,49	23,73–	51,92
31	38,27	27,69–	49,74	24,80–	53,16
32	39,51	28,81–	50,99	25,88–	54,40
33	40,74	29,95–	52,23	26,97–	55,62
34	41,98	31,09–	53,46	28,08–	56,84
35	43,21	32,24–	54,69	29,18–	58,05
36	44,44	33,40–	55,91	30,30–	59,26
37	45,68	34,56–	57,13	31,43–	60,45
38	46,91	35,73–	58,33	32,56–	61,64
39	48,15	36,90–	59,53	33,71–	62,81
40	49,38	38,08–	60,73	34,86–	63,98
41	50,62	39,27–	61,92	36,02–	65,14
42	51,85	40,47–	63,10	37,19–	66,29
43	53,09	41,67–	64,27	38,36–	67,44
44	54,32	42,87–	65,44	39,55–	68,57
45	55,56	44,09–	66,60	40,74–	69,70
46	56,79	45,31–	67,76	41,95–	70,82
47	58,02	46,54–	68,91	43,16–	71,92
48	59,26	47,77–	70,05	44,38–	73,03
49	60,49	49,01–	71,19	45,60–	74,12
50	61,73	50,26–	72,31	46,84–	75,20
51	62,96	51,51–	73,44	48,08–	76,27
52	64,20	52,77–	74,55	49,34–	77,34
53	65,43	54,04–	75,66	50,60–	78,39
54	66,67	55,32–	76,76	51,88–	79,44
55	67,90	56,60–	77,85	53,16–	80,48
56	69,14	57,89–	78,93	54,45–	81,50
57	70,37	59,19–	80,01	55,76–	82,51
58	71,60	60,50–	81,07	57,07–	83,52
59	72,84	61,81–	82,13	58,40–	84,51
60	74,07	63,14–	83,18	59,73–	85,49
61	75,31	64,47–	84,22	61,08–	86,46
62	76,54	65,82–	85,25	62,45–	87,41
63	77,78	67,17–	86,27	63,82–	88,35
64	79,01	68,54–	87,27	65,21–	89,28
65	80,25	69,91–	88,27	66,61–	90,19
66	81,48	71,30–	89,25	68,03–	91,08
67	82,72	72,70–	90,22	69,47–	91,96
68	83,95	74,12–	91,17	70,92–	92,82
69	85,19	75,55–	92,10	72,40–	93,65
70	86,42	77,00–	93,02	73,89–	94,47
71	87,65	78,47–	93,92	75,41–	95,25
72	88,89	79,95–	94,79	76,96–	96,01
73	90,12	81,46–	95,64	78,53–	96,73
74	91,36	83,00–	96,45	80,14–	97,42
75	92,59	84,57–	97,23	81,79–	98,06
76	93,83	86,18–	97,97	83,50–	98,64
77	95,06	87,84–	98,64	85,26–	99,16
78	96,30	89,56–	99,23	87,10–	99,58
79	97,53	91,36–	99,70	89,05–	99,87
80	98,77	93,31–	99,97	91,18–	99,99
81	100,00	95,55–100,00		93,67–100,00	
$N = 82$					
0	0,00	0,00–	4,40	0,00–	6,26
1	1,22	0,03–	6,61	0,01–	8,71
2	2,44	0,30–	8,53	0,13–	10,82
3	3,66	0,76–	10,32	0,42–	12,75
4	4,88	1,34–	12,02	0,83–	14,57
5	6,10	2,01–	13,66	1,34–	16,31
6	7,32	2,73–	15,25	1,92–	18,00
7	8,54	3,50–	16,80	2,55–	19,63
8	9,76	4,31–	18,32	3,22–	21,22
9	10,98	5,14–	19,82	3,94–	22,78
10	12,20	6,01–	21,29	4,69–	24,31
11	13,41	6,89–	22,74	5,46–	25,81
12	14,63	7,80–	24,17	6,27–	27,29
13	15,85	8,72–	25,58	7,09–	28,75
14	17,07	9,66–	26,98	7,94–	30,19
15	18,29	10,62–	28,37	8,80–	31,61
16	19,51	11,58–	29,74	9,68–	33,02
17	20,73	12,57–	31,11	10,58–	34,41
18	21,95	13,56–	32,46	11,50–	35,78
19	23,17	14,56–	33,80	12,42–	37,14
20	24,39	15,58–	35,12	13,37–	38,49
21	25,61	16,60–	36,45	14,32–	39,82
22	26,83	17,64–	37,76	15,29–	41,15
23	28,05	18,68–	39,06	16,27–	42,46
24	29,27	19,74–	40,35	17,26–	43,76
25	30,49	20,80–	41,64	18,26–	45,05
26	31,71	21,87–	42,92	19,27–	46,33
27	32,93	22,94–	44,19	20,29–	47,61
28	34,15	24,03–	45,45	21,32–	48,87
$N = 82$ (Fortsetzung)					
29	35,37	25,12–	46,70	22,36–	50,12
30	36,59	26,22–	47,95	23,41–	51,36
31	37,80	27,32–	49,19	24,47–	52,60
32	39,02	28,44–	50,43	25,54–	53,82
33	40,24	29,56–	51,66	26,61–	55,04
34	41,46	30,68–	52,88	27,70–	56,25
35	42,68	31,82–	54,09	28,79–	57,45
36	43,90	32,95–	55,30	29,89–	58,64
37	45,12	34,10–	56,51	31,00–	59,82
38	46,34	35,25–	57,70	32,12–	61,00
39	47,56	36,41–	58,89	33,25–	62,16
40	48,78	37,58–	60,08	34,38–	63,32
41	50,00	38,75–	61,25	35,53–	64,47
42	51,22	39,92–	62,42	36,68–	65,62
43	52,44	41,11–	63,59	37,84–	66,75
44	53,66	42,30–	64,75	39,00–	67,88
45	54,88	43,49–	65,90	40,18–	69,00
46	56,10	44,70–	67,05	41,36–	70,11
47	57,32	45,91–	68,18	42,55–	71,21
48	58,54	47,12–	69,32	43,75–	72,30
49	59,76	48,34–	70,44	44,96–	73,39
50	60,98	49,57–	71,56	46,18–	74,46
51	62,20	50,81–	72,68	47,40–	75,53
52	63,41	52,05–	73,78	48,64–	76,59
53	64,63	53,30–	74,88	49,88–	77,64
54	65,85	54,55–	75,97	51,13–	78,68
55	67,07	55,81–	77,06	52,39–	79,71
56	68,29	57,08–	78,13	53,67–	80,73
57	69,51	58,36–	79,20	54,95–	81,74
58	70,73	59,65–	80,26	56,24–	82,74
59	71,95	60,94–	81,32	57,54–	83,73
60	73,17	62,24–	82,36	58,85–	84,71
61	74,39	63,55–	83,40	60,18–	85,68
62	75,61	64,88–	84,42	61,51–	86,63
63	76,83	66,20–	85,44	62,86–	87,58
64	78,05	67,54–	86,44	64,22–	88,50
65	79,27	68,89–	87,43	65,59–	89,42
66	80,49	70,26–	88,42	66,98–	90,32
67	81,71	71,63–	89,38	68,39–	91,20
68	82,93	73,02–	90,34	69,81–	92,06
69	84,15	74,42–	91,28	71,25–	92,91
70	85,37	75,83–	92,20	72,71–	93,73
71	86,59	77,26–	93,11	74,19–	94,54
72	87,80	78,71–	93,99	75,69–	95,31
73	89,02	80,18–	94,86	77,22–	96,06
74	90,24	81,68–	95,69	78,78–	96,78
75	91,46	83,20–	96,50	80,37–	97,45
76	92,68	84,75–	97,27	82,00–	98,08
77	93,90	86,34–	97,99	83,69–	98,66
78	95,12	87,98–	98,66	85,43–	99,17
79	96,34	89,68–	99,24	87,25–	99,58
80	97,56	91,47–	99,70	89,18–	99,87
81	98,78	93,39–	99,97	91,29–	99,99
82	100,00	95,60–100,00		93,74–100,00	
$N = 83$					
0	0,00	0,00–	4,35	0,00–	6,18
1	1,20	0,03–	6,53	0,01–	8,61
2	2,41	0,29–	8,43	0,13–	10,70
3	3,61	0,75–	10,20	0,41–	12,61
4	4,82	1,33–	11,88	0,82–	14,41
5	6,02	1,98–	13,50	1,32–	16,13
6	7,23	2,70–	15,07	1,89–	17,79
7	8,43	3,46–	16,61	2,52–	19,41
8	9,64	4,25–	18,11	3,18–	20,98
9	10,84	5,08–	19,59	3,89–	22,53
10	12,05	5,93–	21,04	4,63–	24,04
11	13,25	6,81–	22,48	5,40–	25,53
12	14,46	7,70–	23,89	6,19–	26,99
13	15,66	8,61–	25,29	7,00–	28,43
14	16,87	9,54–	26,68	7,84–	29,86
15	18,07	10,48–	28,05	8,69–	31,26
16	19,28	11,44–	29,41	9,56–	32,65
17	20,48	12,41–	30,76	10,45–	34,03
18	21,69	13,39–	32,09	11,35–	35,39
19	22,89	14,38–	33,42	12,27–	36,74
20	24,10	15,38–	34,73	13,20–	38,07
21	25,30	16,39–	36,04	14,14–	39,39
22	26,51	17,42–	37,34	15,09–	40,70
23	27,71	18,45–	38,62	16,06–	42,00
24	28,92	19,48–	39,91	17,03–	43,29
25	30,12	20,53–	41,18	18,02–	44,57
26	31,33	21,59–	42,44	19,02–	45,84
27	32,53	22,65–	43,70	20,03–	47,10
28	33,73	23,72–	44,95	21,04–	48,35
29	34,94	24,80–	46,19	22,07–	49,59
30	36,14	25,88–	47,43	23,10–	50,82
31	37,35	26,97–	48,66	24,15–	52,04
32	38,55	28,07–	49,88	25,20–	53,26
33	39,76	29,17–	51,10	26,26–	54,46
34	40,96	30,28–	52,31	27,33–	55,66
35	42,17	31,40–	53,51	28,41–	56,85
36	43,37	32,53–	54,71	29,50–	58,03
37	44,58	33,66–	55,90	30,59–	59,20
38	45,78	34,79–	57,08	31,69–	60,37
39	46,99	35,93–	58,26	32,80–	61,53
40	48,19	37,08–	59,44	33,92–	62,68
41	49,40	38,24–	60,60	35,05–	63,82
$N = 83$ (Fortsetzung)					
42	50,60	39,40–	61,76	36,18–	64,95
43	51,81	40,56–	62,92	37,32–	66,08
44	53,01	41,74–	64,07	38,47–	67,20
45	54,22	42,92–	65,21	39,63–	68,31
46	55,42	44,10–	66,34	40,80–	69,41
47	56,63	45,29–	67,47	41,97–	70,50
48	57,83	46,49–	68,60	43,15–	71,59
49	59,04	47,69–	69,72	44,34–	72,67
50	60,24	48,90–	70,83	45,54–	73,74
51	61,45	50,12–	71,93	46,74–	74,80
52	62,65	51,34–	73,03	47,96–	75,85
53	63,86	52,57–	74,12	49,18–	76,90
54	65,06	53,81–	75,20	50,41–	77,93
55	66,27	55,05–	76,28	51,65–	78,96
56	67,47	56,30–	77,35	52,90–	79,97
57	68,67	57,56–	78,41	54,16–	80,98
58	69,88	58,82–	79,47	55,43–	81,98
59	71,08	60,09–	80,52	56,71–	82,97
60	72,29	61,38–	81,55	58,00–	83,94
61	73,49	62,66–	82,58	59,30–	84,91
62	74,70	63,96–	83,61	60,61–	85,86
63	75,90	65,27–	84,62	61,93–	86,80
64	77,11	66,58–	85,62	63,26–	87,73
65	78,31	67,91–	86,61	64,61–	88,65
66	79,52	69,24–	87,59	65,97–	89,55
67	80,72	70,59–	88,56	67,35–	90,44
68	81,93	71,95–	89,52	68,74–	91,31
69	83,13	73,32–	90,46	70,14–	92,16
70	84,34	74,71–	91,39	71,57–	93,00
71	85,54	76,11–	92,30	73,01–	93,81
72	86,75	77,52–	93,19	74,47–	94,60
73	87,95	78,96–	94,07	75,96–	95,37
74	89,16	80,41–	94,92	77,47–	96,11
75	90,36	81,89–	95,75	79,02–	96,82
76	91,57	83,39–	96,54	80,59–	97,48
77	92,77	84,93–	97,30	82,21–	98,11
78	93,98	86,50–	98,02	83,87–	98,68
79	95,18	88,12–	98,67	85,59–	99,18
80	96,39	89,80–	99,25	87,39–	99,59
81	97,59	91,57–	99,71	89,30–	99,87
82	98,80	93,47–	99,97	91,39–	99,99
83	100,00	95,65–100,00		93,82–100,00	
$N = 84$					
0	0,00	0,00–	4,30	0,00–	6,11
1	1,19	0,03–	6,46	0,01–	8,51
2	2,38	0,29–	8,34	0,12–	10,57
3	3,57	0,74–	10,08	0,41–	12,46
4	4,76	1,31–	11,75	0,81–	14,24
5	5,95	1,96–	13,35	1,31–	15,95
6	7,14	2,67–	14,90	1,87–	17,59
7	8,33	3,42–	16,42	2,49–	19,19
8	9,52	4,20–	17,91	3,15–	20,75
9	10,71	5,02–	19,37	3,84–	22,28
10	11,90	5,86–	20,81	4,57–	23,77
11	13,10	6,72–	22,22	5,33–	25,25
12	14,29	7,61–	23,62	6,11–	26,69
13	15,48	8,51–	25,01	6,91–	28,12
14	16,67	9,42–	26,38	7,74–	29,53
15	17,86	10,35–	27,74	8,58–	30,92
16	19,05	11,30–	29,08	9,44–	32,30
17	20,24	12,25–	30,41	10,32–	33,66
18	21,43	13,22–	31,74	11,21–	35,01
19	22,62	14,20–	33,05	12,11–	36,34
20	23,81	15,19–	34,35	13,03–	37,66
21	25,00	16,19–	35,64	13,96–	38,97
22	26,19	17,20–	36,93	14,90–	40,27
23	27,38	18,21–	38,20	15,85–	41,56
24	28,57	19,24–	39,47	16,82–	42,83
25	29,76	20,27–	40,73	17,79–	44,10
26	30,95	21,31–	41,98	18,77–	45,35
27	32,14	22,36–	43,22	19,77–	46,60
28	33,33	23,42–	44,46	20,77–	47,84
29	34,52	24,48–	45,69	21,78–	49,07
30	35,71	25,55–	46,92	22,81–	50,29
31	36,90	26,63–	48,13	23,84–	51,50
32	38,10	27,71–	49,34	24,87–	52,70
33	39,29	28,80–	50,55	25,92–	53,90
34	40,48	29,90–	51,75	26,98–	55,09
35	41,67	31,00–	52,94	28,04–	56,27
36	42,86	32,11–	54,12	29,11–	57,44
37	44,05	33,22–	55,30	30,19–	58,60
38	45,24	34,34–	56,48	31,28–	59,76
39	46,43	35,47–	57,65	32,37–	60,90
40	47,62	36,60–	58,81	33,47–	62,04
41	48,81	37,74–	59,96	34,58–	63,18
42	50,00	38,88–	61,12	35,70–	64,30
43	51,19	40,04–	62,26	36,82–	65,42
44	52,38	41,19–	63,40	37,96–	66,53
45	53,57	42,35–	64,53	39,10–	67,63
46	54,76	43,52–	65,66	40,24–	68,72
47	55,95	44,70–	66,78	41,40–	69,81
48	57,14	45,88–	67,89	42,56–	70,89
49	58,33	47,06–	69,00	43,73–	71,96
50	59,52	48,25–	70,10	44,91–	73,02
51	60,71	49,45–	71,20	46,10–	74,08
52	61,90	50,66–	72,29	47,30–	75,13
53	63,10	51,87–	73,37	48,50–	76,16
$N = 84$ (Fortsetzung)					
54	64,29	53,08–	74,45	49,71–	77,19
55	65,48	54,31–	75,52	50,93–	78,22
56	66,67	55,54–	76,58	52,16–	79,23
57	67,86	56,78–	77,64	53,40–	80,23
58	69,05	58,02–	78,69	54,65–	81,23
59	70,24	59,27–	79,73	55,90–	82,21
60	71,43	60,53–	80,76	57,17–	83,18
61	72,62	61,80–	81,79	58,44–	84,15
62	73,81	63,07–	82,80	59,73–	85,10
63	75,00	64,36–	83,81	61,03–	86,04
64	76,19	65,65–	84,81	62,34–	86,97
65	77,38	66,95–	85,80	63,66–	87,89
66	78,57	68,26–	86,78	64,99–	88,79
67	79,76	69,59–	87,75	66,34–	89,68
68	80,95	70,92–	88,70	67,70–	90,56
69	82,14	72,26–	89,65	69,08–	91,42
70	83,33	73,62–	90,58	70,47–	92,26
71	84,52	74,99–	91,49	71,88–	93,09
72	85,71	76,39–	92,39	73,31–	93,89
73	86,90	77,78–	93,28	74,75–	94,67
74	88,10	79,19–	94,14	76,23–	95,43
75	89,29	80,63–	94,98	77,72–	96,16
76	90,48	82,09–	95,80	79,25–	96,85
77	91,67	83,58–	96,58	80,81–	97,51
78	92,86	85,10–	97,33	82,41–	98,13
79	94,05	86,65–	98,04	84,05–	98,69
80	95,24	88,25–	98,69	85,76–	99,19
81	96,43	89,92–	99,26	87,54–	99,59
82	97,62	91,66–	99,71	89,43–	99,88
83	98,81	93,54–	99,97	91,49–	99,99
84	100,00	95,70–100,00		93,89–100,00	
$N = 85$					
0	0,00	0,00–	4,25	0,00–	6,04
1	1,18	0,03–	6,38	0,01–	8,42
2	2,35	0,29–	8,24	0,12–	10,45
3	3,53	0,74–	9,97	0,40–	12,32
4	4,71	1,30–	11,61	0,80–	14,08
5	5,88	1,94–	13,20	1,29–	15,77
6	7,06	2,64–	14,73	1,85–	17,40
7	8,24	3,38–	16,23	2,46–	18,98
8	9,41	4,15–	17,71	3,11–	20,52
9	10,59	4,96–	19,15	3,80–	22,03
10	11,76	5,79–	20,57	4,52–	23,51
11	12,94	6,64–	21,98	5,26–	24,97
12	14,12	7,51–	23,36	6,04–	26,40
13	15,29	8,40–	24,73	6,83–	27,82
14	16,47	9,31–	26,09	7,64–	29,21
15	17,65	10,23–	27,43	8,48–	30,59
16	18,82	11,16–	28,76	9,33–	31,95
17	20,00	12,10–	30,08	10,19–	33,30
18	21,18	13,06–	31,39	11,07–	34,63
19	22,35	14,03–	32,69	11,96–	35,95
20	23,53	15,00–	33,97	12,87–	37,26
21	24,71	15,99–	35,25	13,78–	38,56
22	25,88	16,99–	36,52	14,71–	39,84
23	27,06	17,99–	37,79	15,65–	41,12
24	28,24	19,00–	39,04	16,61–	42,38
25	29,41	20,02–	40,29	17,57–	43,63
26	30,59	21,05–	41,53	18,54–	44,88
27	31,76	22,08–	42,76	19,52–	46,12
28	32,94	23,13–	43,98	20,51–	47,34
29	34,12	24,18–	45,20	21,51–	48,56
30	35,29	25,23–	46,41	22,51–	49,77
31	36,47	26,29–	47,62	23,53–	50,97
32	37,65	27,36–	48,82	24,55–	52,16
33	38,82	28,44–	50,01	25,59–	53,35
34	40,00	29,52–	51,20	26,63–	54,52
35	41,18	30,61–	52,38	27,68–	55,69
36	42,35	31,70–	53,55	28,73–	56,85
37	43,53	32,80–	54,72	29,80–	58,01
38	44,71	33,91–	55,89	30,87–	59,15
39	45,88	35,02–	57,04	31,95–	60,29
40	47,06	36,13–	58,19	33,03–	61,42
41	48,24	37,26–	59,34	34,13–	62,55
42	49,41	38,39–	60,48	35,23–	63,66
43	50,59	39,52–	61,61	36,34–	64,77
44	51,76	40,66–	62,74	37,45–	65,87
45	52,94	41,81–	63,87	38,58–	66,97
46	54,12	42,96–	64,98	39,71–	68,05
47	55,29	44,11–	66,09	40,85–	69,13
48	56,47	45,28–	67,20	41,99–	70,20
49	57,65	46,45–	68,30	43,15–	71,27
50	58,82	47,62–	69,39	44,31–	72,32
51	60,00	48,80–	70,48	45,48–	73,37
52	61,18	49,99–	71,56	46,65–	74,41
53	62,35	51,18–	72,64	47,84–	75,45
54	63,53	52,38–	73,71	49,03–	76,47
55	64,71	53,59–	74,77	50,23–	77,49
56	65,88	54,80–	75,82	51,44–	78,49
57	67,06	56,02–	76,87	52,66–	79,49
58	68,24	57,24–	77,92	53,88–	80,48
59	69,41	58,47–	78,95	55,12–	81,46
60	70,59	59,71–	79,98	56,37–	82,43
61	71,76	60,96–	81,00	57,62–	83,39
62	72,94	62,21–	82,01	58,88–	84,35
63	74,12	63,48–	83,01	60,16–	85,29
64	75,29	64,75–	84,01	61,44–	86,22

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 85$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
65	76,47	66,03–	85,00	62,74–	87,13
66	77,65	67,31–	85,97	64,05–	88,04
67	78,82	68,61–	86,94	65,37–	88,93
68	80,00	69,92–	87,90	66,70–	89,81
69	81,18	71,24–	88,84	68,05–	90,67
70	82,35	72,57–	89,77	69,41–	91,52
71	83,53	73,91–	90,69	70,79–	92,36
72	84,71	75,27–	91,60	72,18–	93,17
73	85,88	76,64–	92,49	73,60–	93,96
74	87,06	78,02–	93,36	75,03–	94,74
75	88,24	79,43–	94,21	76,49–	95,48
76	89,41	80,85–	95,04	77,97–	96,20
77	90,59	82,29–	95,85	79,48–	96,89
78	91,76	83,77–	96,62	81,02–	97,54
79	92,94	85,27–	97,36	82,60–	98,15
80	94,12	86,80–	98,06	84,23–	98,71
81	95,29	88,39–	98,70	85,92–	99,20
82	96,47	90,03–	99,26	87,68–	99,60
83	97,65	91,76–	99,71	89,55–	99,88
84	98,82	93,62–	99,97	91,58–	99,99
85	100,00	95,75–100,00		93,96–100,00	

$N = 86$

0	0,00	0,00–	4,20	0,00– 5,97
1	1,16	0,03–	6,31	0,01– 8,32
2	2,33	0,28–	8,15	0,12– 10,34
3	3,49	0,73–	9,86	0,40– 12,19
4	4,65	1,28–	11,48	0,79– 13,93
5	5,81	1,91–	13,05	1,28– 15,60
6	6,98	2,60–	14,57	1,82– 17,21
7	8,14	3,34–	16,05	2,43– 18,77
8	9,30	4,10–	17,51	3,07– 20,30
9	10,47	4,90–	18,94	3,75– 21,79
10	11,63	5,72–	20,35	4,46– 23,26
11	12,79	6,56–	21,73	5,20– 24,70
12	13,95	7,42–	23,11	5,96– 26,12
13	15,12	8,30–	24,46	6,75– 27,52
14	16,28	9,20–	25,80	7,55– 28,90
15	17,44	10,10–	27,13	8,37– 30,26
16	18,60	11,02–	28,45	9,21– 31,61
17	19,77	11,96–	29,75	10,07– 32,94
18	20,93	12,90–	31,05	10,93– 34,27
19	22,09	13,86–	32,33	11,81– 35,57
20	23,26	14,82–	33,61	12,71– 36,87
21	24,42	15,80–	34,87	13,61– 38,15
22	25,58	16,78–	36,13	14,53– 39,42
23	26,74	17,77–	37,38	15,46– 40,69
24	27,91	18,77–	38,62	16,40– 41,94
25	29,07	19,78–	39,86	17,35– 43,18
26	30,23	20,79–	41,08	18,31– 44,41
27	31,40	21,81–	42,30	19,27– 45,64
28	32,56	22,84–	43,52	20,25– 46,85
29	33,72	23,88–	44,72	21,24– 48,06
30	34,88	24,92–	45,92	22,23– 49,26
31	36,05	25,97–	47,12	23,23– 50,45
32	37,21	27,02–	48,30	24,24– 51,63
33	38,37	28,08–	49,49	25,26– 52,80
34	39,53	29,15–	50,66	26,29– 53,97
35	40,70	30,22–	51,83	27,32– 55,13
36	41,86	31,30–	52,99	28,37– 56,28
37	43,02	32,39–	54,15	29,41– 57,43
38	44,19	33,48–	55,30	30,47– 58,56
39	45,35	34,58–	56,45	31,54– 59,69
40	46,51	35,68–	57,59	32,61– 60,81
41	47,67	36,79–	58,73	33,69– 61,93
42	48,84	37,90–	59,86	34,77– 63,03
43	50,00	39,02–	60,98	35,86– 64,14
44	51,16	40,14–	62,10	36,97– 65,23
45	52,33	41,27–	63,21	38,07– 66,31
46	53,49	42,41–	64,32	39,19– 67,39
47	54,65	43,55–	65,42	40,31– 68,46
48	55,81	44,70–	66,52	41,44– 69,53
49	56,98	45,85–	67,61	42,57– 70,59
50	58,14	47,01–	68,70	43,72– 71,63
51	59,30	48,17–	69,78	44,87– 72,68
52	60,47	49,34–	70,85	46,03– 73,71
53	61,63	50,51–	71,92	47,20– 74,74
54	62,79	51,70–	72,98	48,37– 75,76
55	63,95	52,88–	74,03	49,55– 76,77
56	65,12	54,08–	75,08	50,74– 77,77
57	66,28	55,28–	76,12	51,94– 78,76
58	67,44	56,48–	77,16	53,15– 79,75
59	68,60	57,70–	78,19	54,36– 80,73
60	69,77	58,92–	79,21	55,59– 81,69
61	70,93	60,14–	80,22	56,82– 82,65
62	72,09	61,38–	81,23	58,06– 83,60
63	73,26	62,62–	82,23	59,31– 84,54
64	74,42	63,87–	83,22	60,58– 85,47
65	75,58	65,13–	84,20	61,85– 86,39
66	76,74	66,39–	85,18	63,13– 87,29
67	77,91	67,67–	86,14	64,43– 88,19
68	79,07	68,95–	87,10	65,73– 89,07
69	80,23	70,25–	88,04	67,06– 89,93
70	81,40	71,55–	88,98	68,39– 90,79
71	82,56	72,87–	89,90	69,74– 91,63
72	83,72	74,20–	90,80	71,10– 92,45
73	84,88	75,54–	91,70	72,48– 93,25
74	86,05	76,89–	92,58	73,88– 94,04

$N = 86$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
75	87,21	78,27–	93,44	75,30–	94,80
76	88,37	79,65–	94,28	76,74–	95,54
77	89,53	81,06–	95,10	78,21–	96,25
78	90,70	82,49–	95,90	79,70–	96,93
79	91,86	83,95–	96,66	81,23–	97,57
80	93,02	85,43–	97,40	82,79–	98,18
81	94,19	86,95–	98,09	84,40–	98,72
82	95,35	88,52–	98,72	86,07–	99,21
83	96,51	90,14–	99,27	87,81–	99,60
84	97,67	91,85–	99,72	89,66–	99,88
85	98,84	93,69–	99,97	91,68–	99,99
86	100,00	95,80–100,00		94,03–100,00	

$N = 87$

0	0,00	0,00–	4,15	0,00– 5,91
1	1,15	0,03–	6,24	0,01– 8,23
2	2,30	0,28–	8,06	0,12– 10,22
3	3,45	0,72–	9,75	0,39– 12,05
4	4,60	1,27–	11,36	0,78– 13,78
5	5,75	1,89–	12,90	1,26– 15,43
6	6,90	2,57–	14,41	1,80– 17,02
7	8,05	3,30–	15,88	2,40– 18,57
8	9,20	4,05–	17,32	3,03– 20,08
9	10,34	4,84–	18,73	3,71– 21,56
10	11,49	5,65–	20,12	4,41– 23,01
11	12,64	6,48–	21,50	5,14– 24,44
12	13,79	7,34–	22,85	5,89– 25,84
13	14,94	8,20–	24,20	6,67– 27,23
14	16,09	9,09–	25,52	7,46– 28,59
15	17,24	9,98–	26,84	8,27– 29,94
16	18,39	10,89–	28,14	9,10– 31,28
17	19,54	11,81–	29,43	9,94– 32,60
18	20,69	12,75–	30,71	10,80– 33,91
19	21,84	13,69–	31,98	11,67– 35,20
20	22,99	14,64–	33,25	12,55– 36,48
21	24,14	15,60–	34,50	13,45– 37,75
22	25,29	16,58–	35,75	14,35– 39,02
23	26,44	17,55–	36,98	15,27– 40,27
24	27,59	18,54–	38,21	16,20– 41,51
25	28,74	19,54–	39,43	17,13– 42,74
26	29,89	20,54–	40,65	18,08– 43,96
27	31,03	21,55–	41,86	19,04– 45,17
28	32,18	22,56–	43,06	20,00– 46,38
29	33,33	23,58–	44,25	20,97– 47,57
30	34,48	24,61–	45,44	21,95– 48,76
31	35,63	25,65–	46,62	22,94– 49,94
32	36,78	26,69–	47,80	23,94– 51,11
33	37,93	27,74–	48,97	24,95– 52,27
34	39,08	28,79–	50,13	25,96– 53,43
35	40,23	29,85–	51,29	26,98– 54,58
36	41,38	30,92–	52,45	28,01– 55,72
37	42,53	31,99–	53,59	29,04– 56,85
38	43,68	33,06–	54,74	30,09– 57,98
39	44,83	34,15–	55,87	31,13– 59,10
40	45,98	35,23–	57,00	32,19– 60,21
41	47,13	36,33–	58,13	33,26– 61,32
42	48,28	37,42–	59,25	34,33– 62,42
43	49,43	38,53–	60,36	35,40– 63,51
44	50,57	39,64–	61,47	36,49– 64,60
45	51,72	40,75–	62,58	37,58– 65,67
46	52,87	41,87–	63,67	38,68– 66,74
47	54,02	43,00–	64,77	39,79– 67,81
48	55,17	44,13–	65,85	40,90– 68,87
49	56,32	45,26–	66,94	42,02– 69,91
50	57,47	46,41–	68,01	43,15– 70,96
51	58,62	47,55–	69,08	44,28– 71,99
52	59,77	48,71–	70,15	45,42– 73,02
53	60,92	49,87–	71,21	46,57– 74,04
54	62,07	51,03–	72,26	47,73– 75,05
55	63,22	52,20–	73,31	48,89– 76,06
56	64,37	53,38–	74,35	50,06– 77,06
57	65,52	54,56–	75,39	51,24– 78,05
58	66,67	55,75–	76,42	52,43– 79,03
59	67,82	56,94–	77,44	53,62– 80,00
60	68,97	58,14–	78,45	54,83– 80,96
61	70,11	59,35–	79,46	56,04– 81,92
62	71,26	60,57–	80,46	57,26– 82,87
63	72,41	61,79–	81,46	58,49– 83,80
64	73,56	63,02–	82,45	59,73– 84,73
65	74,71	64,25–	83,42	60,98– 85,65
66	75,86	65,50–	84,40	62,25– 86,55
67	77,01	66,75–	85,36	63,52– 87,45
68	78,16	68,02–	86,31	64,80– 88,33
69	79,31	69,29–	87,25	66,09– 89,20
70	80,46	70,57–	88,19	67,40– 90,06
71	81,61	71,86–	89,11	68,72– 90,90
72	82,76	73,16–	90,02	70,06– 91,73
73	83,91	74,48–	90,91	71,41– 92,54
74	85,06	75,80–	91,80	72,77– 93,33
75	86,21	77,15–	92,66	74,16– 94,11
76	87,36	78,50–	93,52	75,56– 94,86
77	88,51	79,88–	94,35	76,99– 95,59
78	89,66	81,27–	95,16	78,44– 96,29
79	90,80	82,68–	95,95	79,92– 96,97
80	91,95	84,12–	96,70	81,43– 97,60
81	93,10	85,59–	97,43	82,98– 98,20
82	94,25	87,10–	98,11	84,57– 98,74
83	95,40	88,64–	98,73	86,22– 99,22

$N = 87$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
84	96,55	90,25–	99,28	87,95–	99,61
85	97,70	91,94–	99,72	89,78–	99,88
86	98,85	93,76–	99,97	91,77–	99,99
87	100,00	95,85–100,00		94,09–100,00	

$N = 88$

0	0,00	0,00–	4,11	0,00– 5,84
1	1,14	0,03–	6,17	0,01– 8,14
2	2,27	0,28–	7,97	0,12– 10,11
3	3,41	0,71–	9,64	0,39– 11,92
4	4,55	1,25–	11,23	0,77– 13,63
5	5,68	1,87–	12,76	1,25– 15,26
6	6,82	2,54–	14,25	1,78– 16,84
7	7,95	3,26–	15,70	2,37– 18,37
8	9,09	4,01–	17,13	3,00– 19,87
9	10,23	4,78–	18,53	3,66– 21,33
10	11,36	5,59–	19,91	4,36– 22,77
11	12,50	6,41–	21,27	5,08– 24,18
12	13,64	7,25–	22,61	5,82– 25,57
13	14,77	8,11–	23,94	6,59– 26,94
14	15,91	8,98–	25,25	7,37– 28,29
15	17,05	9,87–	26,55	8,17– 29,63
16	18,18	10,76–	27,84	8,99– 30,95
17	19,32	11,68–	29,12	9,82– 32,26
18	20,45	12,60–	30,39	10,67– 33,55
19	21,59	13,53–	31,65	11,53– 34,84
20	22,73	14,47–	32,89	12,40– 36,11
21	23,86	15,42–	34,14	13,29– 37,37
22	25,00	16,38–	35,37	14,18– 38,61
23	26,14	17,34–	36,59	15,09– 39,85
24	27,27	18,32–	37,81	16,00– 41,08
25	28,41	19,30–	39,02	16,93– 42,30
26	29,55	20,29–	40,22	17,86– 43,51
27	30,68	21,29–	41,42	18,80– 44,71
28	31,82	22,29–	42,61	19,76– 45,91
29	32,95	23,30–	43,79	20,72– 47,09
30	34,09	24,32–	44,97	21,68– 48,27
31	35,23	25,34–	46,14	22,66– 49,44
32	36,36	26,37–	47,31	23,65– 50,60
33	37,50	27,40–	48,47	24,64– 51,75
34	38,64	28,44–	49,62	25,64– 52,90
35	39,77	29,49–	50,77	26,64– 54,04
36	40,91	30,54–	51,91	27,66– 55,17
37	42,05	31,60–	53,05	28,68– 56,29
38	43,18	32,66–	54,18	29,71– 57,41
39	44,32	33,73–	55,30	30,74– 58,52
40	45,45	34,80–	56,42	31,79– 59,63
41	46,59	35,88–	57,54	32,84– 60,72
42	47,73	36,96–	58,65	33,89– 61,81
43	48,86	38,05–	59,75	34,96– 62,90
44	50,00	39,15–	60,85	36,03– 63,97
45	51,14	40,25–	61,95	37,10– 65,04
46	52,27	41,35–	63,04	38,19– 66,11
47	53,41	42,46–	64,12	39,28– 67,16
48	54,55	43,58–	65,20	40,37– 68,21
49	55,68	44,70–	66,27	41,48– 69,26
50	56,82	45,82–	67,34	42,59– 70,29
51	57,95	46,95–	68,40	43,71– 71,32
52	59,09	48,09–	69,46	44,83– 72,34
53	60,23	49,23–	70,51	45,96– 73,36
54	61,36	50,38–	71,56	47,10– 74,36
55	62,50	51,53–	72,60	48,25– 75,36
56	63,64	52,69–	73,63	49,40– 76,35
57	64,77	53,86–	74,66	50,56– 77,34
58	65,91	55,03–	75,68	51,73– 78,32
59	67,05	56,21–	76,70	52,91– 79,28
60	68,18	57,39–	77,71	54,09– 80,24
61	69,32	58,58–	78,71	55,29– 81,20
62	70,45	59,78–	79,71	56,49– 82,14
63	71,59	60,98–	80,70	57,70– 83,07
64	72,73	62,19–	81,68	58,92– 84,00
65	73,86	63,41–	82,66	60,15– 84,91
66	75,00	64,63–	83,62	61,39– 85,82
67	76,14	65,86–	84,58	62,63– 86,71
68	77,27	67,11–	85,53	63,89– 87,60
69	78,41	68,35–	86,47	65,16– 88,47
70	79,55	69,61–	87,40	66,45– 89,33
71	80,68	70,88–	88,32	67,74– 90,18
72	81,82	72,16–	89,24	69,05– 91,01
73	82,95	73,45–	90,13	70,37– 91,83
74	84,09	74,75–	91,02	71,71– 92,63
75	85,23	76,06–	91,89	73,06– 93,41
76	86,36	77,39–	92,75	74,43– 94,18
77	87,50	78,73–	93,59	75,82– 94,92
78	88,64	80,09–	94,41	77,23– 95,64
79	89,77	81,47–	95,22	78,67– 96,34
80	90,91	82,87–	95,99	80,13– 97,00
81	92,05	84,30–	96,74	81,63– 97,63
82	93,18	85,75–	97,46	83,16– 98,22
83	94,32	87,24–	98,13	84,74– 98,75
84	95,45	88,77–	98,75	86,37– 99,23
85	96,59	90,36–	99,29	88,08– 99,61
86	97,73	92,03–	99,72	89,89– 99,88
87	98,86	93,83–	99,97	91,86– 99,99
88	100,00	95,89–100,00		94,16–100,00	

$N = 89$

0	0,00	0,00–	4,06	0,00– 5,78
1	1,12	0,03–	6,10	0,01– 8,05
2	2,25	0,27–	7,88	0,12– 10,00
3	3,37	0,70–	9,54	0,38– 11,79
4	4,49	1,24–	11,11	0,77– 13,48
5	5,62	1,85–	12,63	1,23– 15,10
6	6,74	2,51–	14,10	1,76– 16,66
7	7,87	3,22–	15,54	2,34– 18,18
8	8,99	3,96–	16,95	2,96– 19,66
9	10,11	4,73–	18,33	3,62– 21,11
10	11,24	5,52–	19,69	4,31– 22,53
11	12,36	6,33–	21,04	5,02– 23,92
12	13,48	7,17–	22,37	5,75– 25,30
13	14,61	8,01–	23,68	6,51– 26,66
14	15,73	8,88–	24,98	7,29– 28,00
15	16,85	9,75–	26,27	8,08– 29,32
16	17,98	10,64–	27,55	8,89– 30,63
17	19,10	11,54–	28,81	9,71– 31,93
18	20,22	12,45–	30,07	10,55– 33,21
19	21,35	13,37–	31,31	11,39– 34,48
20	22,47	14,30–	32,55	12,26– 35,74
21	23,60	15,24–	33,78	13,13– 36,99
22	24,72	16,19–	35,00	14,01– 38,22
23	25,84	17,14–	36,21	14,91– 39,45
24	26,97	18,10–	37,42	15,81– 40,67
25	28,09	19,07–	38,62	16,72– 41,87
26	29,21	20,05–	39,81	17,65– 43,07
27	30,34	21,03–	40,99	18,58– 44,27
28	31,46	22,03–	42,17	19,52– 45,45
29	32,58	23,02–	43,34	20,47– 46,62
30	33,71	24,03–	44,51	21,42– 47,79
31	34,83	25,04–	45,67	22,39– 48,95
32	35,96	26,05–	46,82	23,36– 50,10
33	37,08	27,07–	47,97	24,34– 51,24
34	38,20	28,10–	49,11	25,32– 52,38
35	39,33	29,13–	50,25	26,32– 53,51
36	40,45	30,17–	51,38	27,32– 54,63
37	41,57	31,21–	52,51	28,33– 55,75
38	42,70	32,26–	53,63	29,34– 56,85
39	43,82	33,32–	54,75	30,36– 57,96
40	44,94	34,38–	55,86	31,39– 59,05
41	46,07	35,44–	56,96	32,43– 60,14
42	47,19	36,51–	58,06	33,47– 61,22
43	48,31	37,59–	59,16	34,52– 62,30
44	49,44	38,67–	60,25	35,57– 63,36
45	50,56	39,75–	61,33	36,64– 64,43
46	51,69	40,84–	62,41	37,70– 65,48
47	52,81	41,94–	63,49	38,78– 66,53
48	53,93	43,04–	64,56	39,86– 67,57
49	55,06	44,14–	65,62	40,95– 68,61
50	56,18	45,25–	66,68	42,04– 69,64
51	57,30	46,37–	67,74	43,15– 70,66
52	58,43	47,49–	68,79	44,25– 71,67
53	59,55	48,62–	69,83	45,37– 72,68
54	60,67	49,75–	70,87	46,49– 73,68
55	61,80	50,89–	71,90	47,62– 74,68
56	62,92	52,03–	72,93	48,76– 75,66
57	64,04	53,18–	73,95	49,90– 76,64
58	65,17	54,33–	74,96	51,05– 77,61
59	66,29	55,49–	75,97	52,21– 78,58
60	67,42	56,66–	76,98	53,38– 79,53
61	68,54	57,83–	77,97	54,55– 80,48
62	69,66	59,01–	78,97	55,73– 81,42
63	70,79	60,19–	79,95	56,93– 82,35
64	71,91	61,38–	80,93	58,13– 83,28
65	73,03	62,58–	81,90	59,33– 84,19
66	74,16	63,79–	82,86	60,55– 85,09
67	75,28	65,00–	83,81	61,78– 85,99
68	76,40	66,22–	84,76	63,01– 86,87
69	77,53	67,45–	85,70	64,26– 87,74
70	78,65	68,69–	86,63	65,52– 88,61
71	79,78	69,93–	87,55	66,79– 89,45
72	80,90	71,19–	88,46	68,07– 90,29
73	82,02	72,45–	89,36	69,37– 91,11
74	83,15	73,73–	90,25	70,68– 91,92
75	84,27	75,02–	91,12	72,00– 92,71
76	85,39	76,32–	91,99	73,34– 93,49
77	86,52	77,63–	92,83	74,70– 94,25
78	87,64	78,96–	93,67	76,08– 94,98
79	88,76	80,31–	94,48	77,47– 95,69
80	89,89	81,67–	95,27	78,89– 96,38
81	91,01	83,05–	96,04	80,34– 97,04
82	92,13	84,46–	96,78	81,82– 97,66
83	93,26	85,90–	97,49	83,34– 98,24
84	94,38	87,37–	98,15	84,90– 98,77
85	95,51	88,89–	98,76	86,52– 99,23
86	96,63	90,46–	99,30	88,21– 99,62
87	97,75	92,12–	99,73	90,00– 99,88
88	98,88	93,90–	99,97	91,95– 99,99
89	100,00	95,94–100,00		94,22–100,00	

$N = 90$

0	0,00	0,00–	4,02	0,00– 5,72
1	1,11	0,03–	6,04	0,01– 7,97
2	2,22	0,27–	7,80	0,12– 9,90
3	3,33	0,69–	9,43	0,38– 11,67
4	4,44	1,22–	10,99	0,76– 13,34
5	5,56	1,83–	12,49	1,22– 14,94
6	6,67	2,49–	13,95	1,74– 16,48
7	7,78	3,18–	15,37	2,32– 17,99
8	8,89	3,92–	16,77	2,93– 19,45

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

$N = 90$ (Fortsetzung)

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
9	10,00	4,68–	18,14	3,58–	20,89
10	11,11	5,46–	19,49	4,26–	22,29
11	12,22	6,26–	20,82	4,96–	23,68
12	13,33	7,08–	22,13	5,69–	25,04
13	14,44	7,92–	23,43	6,44–	26,38
14	15,56	8,77–	24,72	7,20–	27,71
15	16,67	9,64–	26,00	7,98–	29,02
16	17,78	10,52–	27,26	8,78–	30,32
17	18,89	11,41–	28,51	9,60–	31,60
18	20,00	12,31–	29,75	10,42–	32,87
19	21,11	13,22–	30,99	11,26–	34,13
20	22,22	14,13–	32,21	12,11–	35,38
21	23,33	15,06–	33,43	12,97–	36,61
22	24,44	16,00–	34,64	13,85–	37,84
23	25,56	16,94–	35,84	14,73–	39,05
24	26,67	17,89–	37,03	15,62–	40,26
25	27,78	18,85–	38,22	16,53–	41,46
26	28,89	19,82–	39,40	17,44–	42,65
27	30,00	20,79–	40,57	18,36–	43,83
28	31,11	21,77–	41,74	19,28–	45,00
29	32,22	22,75–	42,90	20,22–	46,16
30	33,33	23,74–	44,05	21,16–	47,32
31	34,44	24,74–	45,20	22,12–	48,47
32	35,56	25,74–	46,35	23,08–	49,61
33	36,67	26,75–	47,49	24,04–	50,74
34	37,78	27,77–	48,62	25,02–	51,87
35	38,89	28,79–	49,74	26,00–	52,99
36	40,00	29,81–	50,87	26,99–	54,10
37	41,11	30,84–	51,98	27,98–	55,21
38	42,22	31,88–	53,09	28,98–	56,31
39	43,33	32,92–	54,20	29,99–	57,40
40	44,44	33,96–	55,30	31,01–	58,49
41	45,56	35,02–	56,40	32,03–	59,57
42	46,67	36,07–	57,49	33,06–	60,64
43	47,78	37,13–	58,57	34,09–	61,71
44	48,89	38,20–	59,65	35,13–	62,77
45	50,00	39,27–	60,73	36,18–	63,82
46	51,11	40,35–	61,80	37,23–	64,87
47	52,22	41,43–	62,87	38,29–	65,91
48	53,33	42,51–	63,93	39,36–	66,94
49	54,44	43,60–	64,98	40,43–	67,97
50	55,56	44,70–	66,04	41,51–	68,99
51	56,67	45,80–	67,08	42,60–	70,01
52	57,78	46,91–	68,12	43,69–	71,02
53	58,89	48,02–	69,16	44,79–	72,02
54	60,00	49,13–	70,19	45,90–	73,01
55	61,11	50,26–	71,21	47,01–	74,00
56	62,22	51,38–	72,23	48,13–	74,98
57	63,33	52,51–	73,25	49,26–	75,96
58	64,44	53,65–	74,26	50,39–	76,92
59	65,56	54,80–	75,26	51,53–	77,88
60	66,67	55,95–	76,26	52,68–	78,84
61	67,78	57,10–	77,25	53,84–	79,78
62	68,89	58,26–	78,23	55,00–	80,72
63	70,00	59,43–	79,21	56,17–	81,64
64	71,11	60,60–	80,18	57,35–	82,56
65	72,22	61,78–	81,15	58,54–	83,47
66	73,33	62,97–	82,11	59,74–	84,38
67	74,44	64,16–	83,06	60,95–	85,27
68	75,56	65,36–	84,00	62,16–	86,15
69	76,67	66,57–	84,94	63,39–	87,03
70	77,78	67,79–	85,87	64,62–	87,89
71	78,89	69,01–	86,78	65,87–	88,74
72	80,00	70,25–	87,69	67,13–	89,58
73	81,11	71,49–	88,59	68,40–	90,40
74	82,22	72,74–	89,48	69,68–	91,22
75	83,33	74,00–	90,36	70,98–	92,02
76	84,44	75,28–	91,23	72,29–	92,80
77	85,56	76,57–	92,08	73,62–	93,56
78	86,67	77,87–	92,92	74,96–	94,31
79	87,78	79,18–	93,74	76,32–	95,04
80	88,89	80,51–	94,54	77,71–	95,74
81	90,00	81,86–	95,32	79,11–	96,42
82	91,11	83,23–	96,08	80,55–	97,07
83	92,22	84,63–	96,82	82,01–	97,68
84	93,33	86,05–	97,51	83,52–	98,26
85	94,44	87,51–	98,17	85,06–	98,78
86	95,56	89,01–	98,78	86,66–	99,24
87	96,67	90,57–	99,31	88,33–	99,62
88	97,78	92,20–	99,73	90,10–	99,88
89	98,89	93,96–	99,97	92,03–	99,99
90	100,00	95,98–100,00		94,28–100,00	

$N = 91$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00–	3,97	0,00–	5,66
1	1,10	0,03–	5,97	0,01–	7,88
2	2,20	0,27–	7,71	0,11–	9,79
3	3,30	0,69–	9,33	0,38–	11,55
4	4,40	1,21–	10,87	0,75–	13,20
5	5,49	1,81–	12,36	1,20–	14,78
6	6,59	2,46–	13,80	1,72–	16,31
7	7,69	3,15–	15,21	2,29–	17,80
8	8,79	3,87–	16,59	2,90–	19,25
9	9,89	4,62–	17,95	3,54–	20,67
10	10,99	5,40–	19,28	4,21–	22,06
11	12,09	6,19–	20,60	4,91–	23,43
12	13,19	7,00–	21,90	5,62–	24,78
13	14,29	7,83–	23,19	6,36–	26,12
14	15,38	8,67–	24,46	7,12–	27,43
15	16,48	9,53–	25,73	7,89–	28,73
16	17,58	10,40–	26,98	8,68–	30,01
17	18,68	11,28–	28,22	9,49–	31,28
18	19,78	12,17–	29,45	10,30–	32,54
19	20,88	13,06–	30,67	11,13–	33,79
20	21,98	13,97–	31,88	11,97–	35,02
21	23,08	14,89–	33,09	12,82–	36,25
22	24,18	15,81–	34,28	13,69–	37,46
23	25,27	16,75–	35,47	14,56–	38,66
24	26,37	17,69–	36,65	15,44–	39,86
25	27,47	18,63–	37,83	16,33–	41,05
26	28,57	19,59–	39,00	17,23–	42,22
27	29,67	20,55–	40,16	18,14–	43,39
28	30,77	21,51–	41,32	19,06–	44,56
29	31,87	22,49–	42,47	19,98–	45,71
30	32,97	23,47–	43,61	20,91–	46,85
31	34,07	24,45–	44,75	21,85–	47,99
32	35,16	25,44–	45,88	22,80–	49,12
33	36,26	26,44–	47,01	23,76–	50,25
34	37,36	27,44–	48,13	24,72–	51,37
35	38,46	28,45–	49,25	25,69–	52,48
36	39,56	29,46–	50,36	26,66–	53,58
37	40,66	30,48–	51,47	27,65–	54,68
38	41,76	31,50–	52,57	28,63–	55,77
39	42,86	32,53–	53,66	29,63–	56,85
40	43,96	33,56–	54,75	30,63–	57,93
41	45,05	34,60–	55,84	31,64–	59,00
42	46,15	35,64–	56,92	32,65–	60,07
43	47,25	36,69–	58,00	33,68–	61,12
44	48,35	37,74–	59,07	34,70–	62,18
45	49,45	38,80–	60,14	35,74–	63,22
46	50,55	39,86–	61,20	36,78–	64,26
47	51,65	40,93–	62,26	37,82–	65,30
48	52,75	42,00–	63,31	38,88–	66,32
49	53,85	43,08–	64,36	39,93–	67,35
50	54,95	44,16–	65,40	41,00–	68,36
51	56,04	45,25–	66,44	42,07–	69,37
52	57,14	46,34–	67,47	43,15–	70,37
53	58,24	47,43–	68,50	44,23–	71,37
54	59,34	48,53–	69,52	45,32–	72,35
55	60,44	49,64–	70,54	46,42–	73,34
56	61,54	50,75–	71,55	47,52–	74,31
57	62,64	51,87–	72,56	48,63–	75,28
58	63,74	52,99–	73,56	49,75–	76,24
59	64,84	54,12–	74,56	50,88–	77,20
60	65,93	55,25–	75,55	52,01–	78,15
61	67,03	56,39–	76,53	53,15–	79,09
62	68,13	57,53–	77,51	54,29–	80,02
63	69,23	58,68–	78,49	55,44–	80,94
64	70,33	59,84–	79,45	56,61–	81,86
65	71,43	61,00–	80,41	57,78–	82,77
66	72,53	62,17–	81,37	58,95–	83,67
67	73,63	63,35–	82,31	60,14–	84,56
68	74,73	64,53–	83,25	61,34–	85,44
69	75,82	65,72–	84,19	62,54–	86,31
70	76,92	66,91–	85,11	63,75–	87,18
71	78,02	68,12–	86,03	64,98–	88,03
72	79,12	69,33–	86,94	66,21–	88,87
73	80,22	70,55–	87,83	67,46–	89,70
74	81,32	71,78–	88,72	68,72–	90,51
75	82,42	73,02–	89,60	69,99–	91,32
76	83,52	74,27–	90,47	71,27–	92,11
77	84,62	75,54–	91,33	72,57–	92,88
78	85,71	76,81–	92,17	73,88–	93,64
79	86,81	78,10–	93,00	75,22–	94,38
80	87,91	79,40–	93,81	76,57–	95,09
81	89,01	80,72–	94,60	77,94–	95,79
82	90,11	82,05–	95,38	79,33–	96,46
83	91,21	83,41–	96,13	80,75–	97,10
84	92,31	84,79–	96,85	82,20–	97,71
85	93,41	86,20–	97,54	83,69–	98,28
86	94,51	87,64–	98,19	85,22–	98,80
87	95,60	89,13–	98,79	86,80–	99,25
88	96,70	90,67–	99,31	88,45–	99,62
89	97,80	92,29–	99,73	90,21–	99,89
90	98,90	94,03–	99,97	92,12–	99,99
91	100,00	96,03–100,00		94,34–100,00	

$N = 92$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00–	3,93	0,00–	5,60
1	1,09	0,03–	5,91	0,01–	7,80
2	2,17	0,26–	7,63	0,11–	9,69
3	3,26	0,68–	9,24	0,37–	11,43
4	4,35	1,20–	10,76	0,74–	13,06
5	5,43	1,79–	12,23	1,19–	14,63
6	6,52	2,43–	13,66	1,70–	16,15
7	7,61	3,11–	15,05	2,27–	17,62
8	8,70	3,83–	16,42	2,87–	19,05
9	9,78	4,57–	17,76	3,50–	20,46
10	10,87	5,34–	19,08	4,16–	21,84
11	11,96	6,12–	20,39	4,85–	23,20
12	13,04	6,93–	21,68	5,56–	24,53
13	14,13	7,74–	22,95	6,29–	25,85
14	15,22	8,58–	24,21	7,04–	27,15
15	16,30	9,42–	25,46	7,80–	28,44
16	17,39	10,28–	26,70	8,58–	29,71
17	18,48	11,15–	27,93	9,38–	30,97
18	19,57	12,03–	29,15	10,18–	32,22
19	20,65	12,92–	30,36	11,00–	33,45
20	21,74	13,81–	31,56	11,83–	34,67
21	22,83	14,72–	32,75	12,68–	35,89
22	23,91	15,63–	33,94	13,53–	37,09
23	25,00	16,55–	35,11	14,39–	38,28
24	26,09	17,48–	36,29	15,26–	39,47
25	27,17	18,42–	37,45	16,14–	40,64
26	28,26	19,36–	38,61	17,03–	41,81
27	29,35	20,31–	39,76	17,93–	42,97
28	30,43	21,27–	40,90	18,83–	44,12
29	31,52	22,23–	42,04	19,75–	45,27
30	32,61	23,20–	43,18	20,67–	46,40
31	33,70	24,17–	44,30	21,60–	47,53
32	34,78	25,15–	45,43	22,53–	48,65
33	35,87	26,13–	46,54	23,48–	49,77
34	36,96	27,12–	47,66	24,43–	50,87
35	38,04	28,12–	48,76	25,38–	51,98
36	39,13	29,12–	49,86	26,35–	53,07
37	40,22	30,12–	50,96	27,32–	54,16
38	41,30	31,13–	52,05	28,29–	55,24
39	42,39	32,15–	53,14	29,28–	56,32
40	43,48	33,17–	54,22	30,27–	57,38
41	44,57	34,19–	55,30	31,26–	58,45
42	45,65	35,22–	56,37	32,26–	59,50
43	46,74	36,26–	57,44	33,27–	60,55
44	47,83	37,30–	58,50	34,28–	61,60
45	48,91	38,34–	59,56	35,30–	62,64
46	50,00	39,39–	60,61	36,33–	63,67
47	51,09	40,44–	61,66	37,36–	64,70
48	52,17	41,50–	62,70	38,40–	65,72
49	53,26	42,56–	63,74	39,45–	66,73
50	54,35	43,63–	64,78	40,50–	67,74
51	55,43	44,70–	65,81	41,55–	68,74
52	56,52	45,78–	66,83	42,62–	69,73
53	57,61	46,86–	67,85	43,68–	70,72
54	58,70	47,95–	68,87	44,76–	71,71
55	59,78	49,04–	69,88	45,84–	72,68
56	60,87	50,14–	70,88	46,93–	73,65
57	61,96	51,24–	71,88	48,02–	74,62
58	63,04	52,34–	72,88	49,13–	75,57
59	64,13	53,46–	73,87	50,23–	76,52
60	65,22	54,57–	74,85	51,35–	77,47
61	66,30	55,70–	75,83	52,47–	78,40
62	67,39	56,82–	76,80	53,60–	79,33
63	68,48	57,96–	77,77	54,73–	80,25
64	69,57	59,10–	78,73	55,88–	81,17
65	70,65	60,24–	79,69	57,03–	82,07
66	71,74	61,39–	80,64	58,19–	82,97
67	72,83	62,55–	81,58	59,36–	83,86
68	73,91	63,71–	82,52	60,53–	84,74
69	75,00	64,89–	83,45	61,72–	85,61
70	76,09	66,06–	84,37	62,91–	86,47
71	77,17	67,25–	85,28	64,11–	87,32
72	78,26	68,44–	86,19	65,33–	88,17
73	79,35	69,64–	87,08	66,55–	89,00
74	80,43	70,85–	87,97	67,78–	89,82
75	81,52	72,07–	88,85	69,03–	90,62
76	82,61	73,30–	89,72	70,29–	91,42
77	83,70	74,54–	90,58	71,56–	92,20
78	84,78	75,79–	91,42	72,85–	92,96
79	85,87	77,05–	92,26	74,15–	93,71
80	86,96	78,32–	93,07	75,47–	94,44
81	88,04	79,61–	93,88	76,80–	95,15
82	89,13	80,92–	94,66	78,16–	95,84
83	90,22	82,24–	95,43	79,54–	96,50
84	91,30	83,58–	96,17	80,95–	97,13
85	92,39	84,95–	96,89	82,38–	97,73
86	93,48	86,34–	97,57	83,85–	98,30
87	94,57	87,77–	98,21	85,37–	98,81
88	95,65	89,24–	98,80	86,94–	99,26
89	96,74	90,76–	99,32	88,57–	99,63
90	97,83	92,37–	99,74	90,31–	99,89
91	98,91	94,09–	99,97	92,20–	99,99
92	100,00	96,07–100,00		94,40–100,00	

$N = 93$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00–	3,89	0,00–	5,54
1	1,08	0,03–	5,85	0,01–	7,72
2	2,15	0,26–	7,55	0,11–	9,59
3	3,23	0,67–	9,14	0,37–	11,31
4	4,30	1,18–	10,65	0,73–	12,93
5	5,38	1,77–	12,10	1,18–	14,48
6	6,45	2,41–	13,52	1,68–	15,98
7	7,53	3,08–	14,90	2,24–	17,44
8	8,60	3,79–	16,25	2,83–	18,86
9	9,68	4,52–	17,58	3,46–	20,25
10	10,75	5,28–	18,89	4,12–	21,62
11	11,83	6,05–	20,18	4,80–	22,96
12	12,90	6,85–	21,45	5,50–	24,29
13	13,98	7,66–	22,72	6,22–	25,59
14	15,05	8,48–	23,97	6,96–	26,88
15	16,13	9,32–	25,20	7,72–	28,16
16	17,20	10,17–	26,43	8,49–	29,42
17	18,28	11,02–	27,65	9,27–	30,66
18	19,35	11,89–	28,85	10,07–	31,90
19	20,43	12,77–	30,05	10,88–	33,12
20	21,51	13,66–	31,24	11,70–	34,33
21	22,58	14,55–	32,42	12,53–	35,54
22	23,66	15,46–	33,60	13,37–	36,73
23	24,73	16,37–	34,76	14,23–	37,91
24	25,81	17,29–	35,92	15,09–	39,08
25	26,88	18,21–	37,08	15,96–	40,25
26	27,96	19,14–	38,22	16,84–	41,41
27	29,03	20,08–	39,36	17,72–	42,56
28	30,11	21,03–	40,50	18,62–	43,70
29	31,18	21,98–	41,63	19,52–	44,83
30	32,26	22,93–	42,75	20,43–	45,96
31	33,33	23,89–	43,87	21,35–	47,08
32	34,41	24,86–	44,98	22,27–	48,19
33	35,48	25,83–	46,09	23,20–	49,29
34	36,56	26,81–	47,19	24,14–	50,39
35	37,63	27,79–	48,28	25,09–	51,48
36	38,71	28,78–	49,38	26,04–	52,57
37	39,78	29,78–	50,46	27,00–	53,65
38	40,86	30,77–	51,54	27,96–	54,72
39	41,94	31,78–	52,62	28,93–	55,79
40	43,01	32,78–	53,69	29,91–	56,85
41	44,09	33,80–	54,76	30,89–	57,90
42	45,16	34,81–	55,83	31,88–	58,95
43	46,24	35,84–	56,88	32,87–	59,99
44	47,31	36,86–	57,94	33,88–	61,03
45	48,39	37,89–	58,99	34,88–	62,06
46	49,46	38,93–	60,03	35,90–	63,09
47	50,54	39,97–	61,07	36,91–	64,10
48	51,61	41,01–	62,11	37,94–	65,12
49	52,69	42,06–	63,14	38,97–	66,12
50	53,76	43,12–	64,16	40,01–	67,13
51	54,84	44,17–	65,19	41,05–	68,12
52	55,91	45,24–	66,20	42,10–	69,11
53	56,99	46,31–	67,22	43,15–	70,09
54	58,06	47,38–	68,22	44,21–	71,07
55	59,14	48,46–	69,23	45,28–	72,04
56	60,22	49,54–	70,22	46,35–	73,00
57	61,29	50,62–	71,22	47,43–	73,96
58	62,37	51,72–	72,21	48,52–	74,91
59	63,44	52,81–	73,19	49,61–	75,86
60	64,52	53,91–	74,17	50,71–	76,80
61	65,59	55,02–	75,14	51,81–	77,73
62	66,67	56,13–	76,11	52,92–	78,65
63	67,74	57,25–	77,07	54,04–	79,57
64	68,82	58,37–	78,02	55,17–	80,48
65	69,89	59,50–	78,97	56,30–	81,38
66	70,97	60,64–	79,92	57,44–	82,28
67	72,04	61,78–	80,86	58,59–	83,16
68	73,12	62,92–	81,79	59,75–	84,04
69	74,19	64,08–	82,71	60,92–	84,91
70	75,27	65,24–	83,63	62,09–	85,77
71	76,34	66,40–	84,54	63,27–	86,63
72	77,42	67,58–	85,45	64,46–	87,47
73	78,49	68,76–	86,34	65,67–	88,30
74	79,57	69,95–	87,23	66,88–	89,12
75	80,65	71,15–	88,11	68,10–	89,93
76	81,72	72,35–	88,98	69,34–	90,73
77	82,80	73,57–	89,83	70,58–	91,51
78	83,87	74,80–	90,68	71,84–	92,28
79	84,95	76,03–	91,52	73,12–	93,04
80	86,02	77,28–	92,34	74,41–	93,78
81	87,10	78,55–	93,15	75,71–	94,50
82	88,17	79,82–	93,95	77,04–	95,20
83	89,25	81,11–	94,72	78,38–	95,88
84	90,32	82,42–	95,48	79,75–	96,54
85	91,40	83,75–	96,21	81,14–	97,17
86	92,47	85,10–	96,92	82,56–	97,76
87	93,55	86,48–	97,59	84,02–	98,32
88	94,62	87,90–	98,23	85,52–	98,82
89	95,70	89,35–	98,82	87,07–	99,27
90	96,77	90,86–	99,33	88,69–	99,63
91	97,85	92,45–	99,74	90,41–	99,89
92	98,92	94,15–	99,97	92,28–	99,99
93	100,00	96,11–100,00		94,46–100,00	

$N = 94$

x	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
0	0,00	0,00–	3,85	0,00–	5,48
1	1,06	0,03–	5,79	0,01–	7,64
2	2,13	0,26–	7,48	0,11–	9,49
3	3,19	0,66–	9,04	0,36–	11,19
4	4,26	1,17–	10,54	0,72–	12,80
5	5,32	1,75–	11,98	1,17–	14,33
6	6,38	2,38–	13,38	1,67–	15,82
7	7,45	3,05–	14,74	2,22–	17,26
8	8,51	3,75–	16,08	2,80–	18,67
9	9,57	4,47–	17,40	3,42–	20,05
10	10,64	5,22–	18,70	4,07–	21,40
11	11,70	5,99–	19,97	4,74–	22,74
12	12,77	6,77–	21,24	5,44–	24,05
13	13,83	7,57–	22,49	6,15–	25,34
14	14,89	8,39–	23,72	6,88–	26,62
15	15,96	9,22–	24,95	7,63–	27,88
16	17,02	10,05–	26,16	8,39–	29,13
17	18,09	10,90–	27,37	9,17–	30,36
18	19,15	11,76–	28,56	9,96–	31,59
19	20,21	12,63–	29,75	10,76–	32,80
20	21,28	13,51–	30,93	11,57–	34,00
21	22,34	14,39–	32,10	12,39–	35,19
22	23,40	15,29–	33,26	13,22–	36,37

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	95% $100\,p_r$	99% $100\,p_l$	99% $100\,p_r$
		$N = 94$ (Fortsetzung)			
23	24,47	16,19–	34,42	14,07–	37,54
24	25,53	17,09–	35,57	14,92–	38,71
25	26,60	18,01–	36,71	15,78–	39,86
26	27,66	18,93–	37,85	16,65–	41,01
27	28,72	19,86–	38,98	17,52–	42,15
28	29,79	20,79–	40,10	18,41–	43,28
29	30,85	21,73–	41,22	19,30–	44,40
30	31,91	22,67–	42,33	20,20–	45,52
31	32,98	23,62–	43,44	21,10–	46,63
32	34,04	24,58–	44,54	22,02–	47,73
33	35,11	25,54–	45,64	22,94–	48,83
34	36,17	26,51–	46,73	23,86–	49,92
35	37,23	27,48–	47,82	24,80–	51,00
36	38,30	28,46–	48,90	25,74–	52,08
37	39,36	29,44–	49,98	26,68–	53,15
38	40,43	30,42–	51,05	27,64–	54,21
39	41,49	31,41–	52,12	28,59–	55,27
40	42,55	32,41–	53,18	29,56–	56,32
41	43,62	33,41–	54,24	30,53–	57,37
42	44,68	34,41–	55,29	31,51–	58,41
43	45,74	35,42–	56,34	32,49–	59,44
44	46,81	36,44–	57,39	33,48–	60,47
45	47,87	37,46–	58,43	34,47–	61,50
46	48,94	38,48–	59,46	35,47–	62,51
47	50,00	39,51–	60,49	36,48–	63,52
48	51,06	40,54–	61,52	37,49–	64,53
49	52,13	41,57–	62,54	38,50–	65,53
50	53,19	42,61–	63,56	39,53–	66,52
51	54,26	43,66–	64,58	40,56–	67,51
52	55,32	44,71–	65,59	41,59–	68,49
53	56,38	45,76–	66,59	42,63–	69,47
54	57,45	46,82–	67,59	43,68–	70,44
55	58,51	47,88–	68,59	44,73–	71,41
56	59,57	48,95–	69,58	45,79–	72,36
57	60,64	50,02–	70,56	46,85–	73,32
58	61,70	51,10–	71,54	47,92–	74,26
59	62,77	52,18–	72,52	49,00–	75,20
60	63,83	53,27–	73,49	50,08–	76,14
61	64,89	54,36–	74,46	51,17–	77,06
62	65,96	55,46–	75,42	52,27–	77,98
63	67,02	56,56–	76,38	53,37–	78,90
64	68,09	57,67–	77,33	54,48–	79,80
65	69,15	58,78–	78,27	55,60–	80,70
66	70,21	59,90–	79,21	56,72–	81,59
67	71,28	61,02–	80,14	57,85–	82,48
68	72,34	62,15–	81,07	58,99–	83,35
69	73,40	63,29–	81,99	60,14–	84,22
70	74,47	64,43–	82,91	61,29–	85,08
71	75,53	65,58–	83,81	62,46–	85,93
72	76,60	66,74–	84,71	63,63–	86,78
73	77,66	67,90–	85,61	64,81–	87,61
74	78,72	69,07–	86,49	66,00–	88,43
75	79,79	70,25–	87,37	67,20–	89,24
76	80,85	71,44–	88,24	68,41–	90,04
77	81,91	72,63–	89,10	69,64–	90,83
78	82,98	73,84–	89,95	70,87–	91,61
79	84,04	75,05–	90,78	72,12–	92,37
80	85,11	76,28–	91,61	73,38–	93,12
81	86,17	77,51–	92,43	74,66–	93,85
82	87,23	78,76–	93,23	75,95–	94,56
83	88,30	80,03–	94,01	77,26–	95,26
84	89,36	81,30–	94,78	78,60–	95,93
85	90,43	82,60–	95,53	79,95–	96,58
86	91,49	83,92–	96,25	81,33–	97,20
87	92,55	85,26–	96,95	82,74–	97,78
88	93,62	86,62–	97,62	84,18–	98,33
89	94,68	88,02–	98,25	85,67–	98,83
90	95,74	89,46–	98,83	87,20–	99,28
91	96,81	90,96–	99,34	88,81–	99,64
92	97,87	92,52–	99,74	90,51–	99,89
93	98,94	94,21–	99,97	92,36–	99,99
94	100,00	96,15–100,00		94,52–100,00	
		$N = 95$			
0	0,00	0,00–	3,81	0,00–	5,42
1	1,05	0,03–	5,73	0,01–	7,56
2	2,11	0,26–	7,40	0,11–	9,40
3	3,16	0,66–	8,95	0,36–	11,08
4	4,21	1,16–	10,43	0,72–	12,67
5	5,26	1,73–	11,86	1,15–	14,19
6	6,32	2,35–	13,24	1,65–	15,66
7	7,37	3,01–	14,59	2,19–	17,09
8	8,42	3,71–	15,92	2,77–	18,49
9	9,47	4,42–	17,22	3,39–	19,85
10	10,53	5,16–	18,51	4,03–	21,19
11	11,58	5,92–	19,77	4,69–	22,51
12	12,63	6,70–	21,03	5,38–	23,81
13	13,68	7,49–	22,26	6,08–	25,09
14	14,74	8,30–	23,49	6,81–	26,36
15	15,79	9,12–	24,70	7,55–	27,61
16	16,84	9,94–	25,90	8,30–	28,84
17	17,89	10,78–	27,10	9,07–	30,07
18	18,95	11,63–	28,28	9,85–	31,28
19	20,00	12,49–	29,46	10,64–	32,48
20	21,05	13,36–	30,62	11,44–	33,67
21	22,11	14,23–	31,78	12,25–	34,85
22	23,16	15,12–	32,94	13,08–	36,02
23	24,21	16,01–	34,08	13,91–	37,18
24	25,26	16,91–	35,22	14,75–	38,34
25	26,32	17,81–	36,35	15,60–	39,48
26	27,37	18,72–	37,48	16,46–	40,62
27	28,42	19,64–	38,60	17,33–	41,75
28	29,47	20,56–	39,71	18,20–	42,87
29	30,53	21,49–	40,82	19,08–	43,98
30	31,58	22,42–	41,92	19,97–	45,09
31	32,63	23,36–	43,02	20,86–	46,19
32	33,68	24,31–	44,11	21,77–	47,28
33	34,74	25,26–	45,20	22,68–	48,37
34	35,79	26,21–	46,28	23,59–	49,45
35	36,84	27,17–	47,36	24,51–	50,53
36	37,89	28,14–	48,43	25,44–	51,59
37	38,95	29,11–	49,50	26,38–	52,66
38	40,00	30,08–	50,56	27,32–	53,71
39	41,05	31,06–	51,62	28,27–	54,76
40	42,11	32,04–	52,67	29,22–	55,81
41	43,16	33,03–	53,72	30,18–	56,84
42	44,21	34,02–	54,77	31,14–	57,88
43	45,26	35,02–	55,81	32,11–	58,90
44	46,32	36,02–	56,85	33,09–	59,92
45	47,37	37,03–	57,88	34,07–	60,94
46	48,42	38,04–	58,90	35,06–	61,95
47	49,47	39,05–	59,93	36,05–	62,95
48	50,53	40,07–	60,95	37,05–	63,95
49	51,58	41,10–	61,96	38,05–	64,94
50	52,63	42,12–	62,97	39,06–	65,93
51	53,68	43,15–	63,98	40,08–	66,91
52	54,74	44,19–	64,98	41,10–	67,89
53	55,79	45,23–	65,98	42,12–	68,86
54	56,84	46,28–	66,97	43,16–	69,82
55	57,89	47,33–	67,96	44,19–	70,78
56	58,95	48,38–	68,94	45,24–	71,73
57	60,00	49,44–	69,92	46,29–	72,68
58	61,05	50,50–	70,89	47,34–	73,62
59	62,11	51,57–	71,86	48,41–	74,56
60	63,16	52,64–	72,83	49,47–	75,49
61	64,21	53,72–	73,79	50,55–	76,41
62	65,26	54,80–	74,74	51,63–	77,32
63	66,32	55,89–	75,69	52,72–	78,23
64	67,37	56,98–	76,64	53,81–	79,14
65	68,42	58,08–	77,58	54,91–	80,03
66	69,47	59,18–	78,51	56,02–	80,92
67	70,53	60,29–	79,44	57,13–	81,80
68	71,58	61,40–	80,36	58,25–	82,67
69	72,63	62,52–	81,28	59,38–	83,54
70	73,68	63,65–	82,19	60,52–	84,40
71	74,74	64,78–	83,09	61,66–	85,25
72	75,79	65,92–	83,99	62,82–	86,09
73	76,84	67,06–	84,88	63,98–	86,92
74	77,89	68,22–	85,77	65,15–	87,75
75	78,95	69,38–	86,64	66,33–	88,56
76	80,00	70,54–	87,51	67,52–	89,36
77	81,05	71,72–	88,37	68,72–	90,15
78	82,11	72,90–	89,22	69,93–	90,93
79	83,16	74,10–	90,06	71,16–	91,70
80	84,21	75,30–	90,88	72,39–	92,45
81	85,26	76,51–	91,70	73,64–	93,19
82	86,32	77,74–	92,51	74,91–	93,92
83	87,37	78,97–	93,30	76,19–	94,62
84	88,42	80,23–	94,08	77,49–	95,31
85	89,47	81,49–	94,84	78,81–	95,97
86	90,53	82,78–	95,58	80,15–	96,61
87	91,58	84,08–	96,29	81,51–	97,23
88	92,63	85,41–	96,99	82,91–	97,81
89	93,68	86,76–	97,65	84,34–	98,35
90	94,74	88,14–	98,27	85,81–	98,85
91	95,79	89,57–	98,84	87,33–	99,28
92	96,84	91,05–	99,34	88,92–	99,64
93	97,89	92,60–	99,74	90,60–	99,89
94	98,95	94,27–	99,97	92,44–	99,99
95	100,00	96,19–100,00		94,58–100,00	
		$N = 96$			
0	0,00	0,00–	3,77	0,00–	5,37
1	1,04	0,03–	5,67	0,01–	7,49
2	2,08	0,25–	7,32	0,11–	9,30
3	3,13	0,65–	8,86	0,36–	10,97
4	4,17	1,15–	10,33	0,71–	12,54
5	5,21	1,71–	11,74	1,14–	14,05
6	6,25	2,33–	13,11	1,63–	15,51
7	7,29	2,98–	14,45	2,17–	16,92
8	8,33	3,67–	15,76	2,74–	18,30
9	9,38	4,38–	17,05	3,35–	19,66
10	10,42	5,11–	18,32	3,98–	20,99
11	11,46	5,86–	19,58	4,64–	22,29
12	12,50	6,63–	20,82	5,32–	23,58
13	13,54	7,41–	22,04	6,02–	24,85
14	14,58	8,21–	23,26	6,73–	26,10
15	15,63	9,02–	24,46	7,47–	27,34
16	16,67	9,84–	25,65	8,21–	28,57
17	17,71	10,67–	26,83	8,97–	29,78
18	18,75	11,51–	28,00	9,74–	30,98
19	19,79	12,36–	29,17	10,52–	32,17
20	20,83	13,21–	30,33	11,32–	33,35
21	21,88	14,08–	31,47	12,12–	34,52
22	22,92	14,95–	32,62	12,93–	35,68
23	23,96	15,83–	33,75	13,76–	36,83
24	25,00	16,72–	34,88	14,59–	37,98
25	26,04	17,62–	36,00	15,43–	39,11
26	27,08	18,52–	37,11	16,28–	40,24
27	28,13	19,42–	38,22	17,13–	41,36
28	29,17	20,33–	39,33	18,00–	42,47
29	30,21	21,25–	40,43	18,87–	43,57
30	31,25	22,18–	41,52	19,75–	44,67
31	32,29	23,10–	42,61	20,63–	45,76
32	33,33	24,04–	43,69	21,52–	46,85
33	34,38	24,98–	44,77	22,42–	47,92
34	35,42	25,92–	45,84	23,33–	48,99
35	36,46	26,87–	46,91	24,24–	50,06
36	37,50	27,82–	47,97	25,16–	51,12
37	38,54	28,78–	49,03	26,08–	52,17
38	39,58	29,75–	50,08	27,01–	53,22
39	40,63	30,71–	51,13	27,94–	54,26
40	41,67	31,68–	52,18	28,88–	55,30
41	42,71	32,66–	53,22	29,83–	56,33
42	43,75	33,64–	54,25	30,78–	57,35
43	44,79	34,63–	55,29	31,74–	58,37
44	45,83	35,62–	56,31	32,71–	59,38
45	46,88	36,61–	57,34	33,68–	60,39
46	47,92	37,61–	58,36	34,65–	61,39
47	48,96	38,61–	59,37	35,63–	62,39
48	50,00	39,62–	60,38	36,62–	63,38
49	51,04	40,63–	61,39	37,61–	64,37
50	52,08	41,64–	62,39	38,61–	65,35
51	53,13	42,66–	63,39	39,61–	66,32
52	54,17	43,69–	64,38	40,62–	67,29
53	55,21	44,71–	65,37	41,63–	68,26
54	56,25	45,75–	66,36	42,65–	69,22
55	57,29	46,78–	67,34	43,67–	70,17
56	58,33	47,82–	68,32	44,70–	71,12
57	59,38	48,87–	69,29	45,74–	72,06
58	60,42	49,92–	70,25	46,78–	72,99
59	61,46	50,97–	71,22	47,83–	73,92
60	62,50	52,03–	72,18	48,88–	74,84
61	63,54	53,09–	73,13	49,94–	75,76
62	64,58	54,16–	74,08	51,01–	76,67
63	65,63	55,23–	75,02	52,08–	77,58
64	66,67	56,31–	75,96	53,15–	78,48
65	67,71	57,39–	76,90	54,24–	79,37
66	68,75	58,48–	77,82	55,33–	80,25
67	69,79	59,57–	78,75	56,43–	81,13
68	70,83	60,67–	79,67	57,53–	82,00
69	71,88	61,78–	80,58	58,64–	82,87
70	72,92	62,89–	81,48	59,76–	83,72
71	73,96	64,00–	82,38	60,89–	84,57
72	75,00	65,12–	83,28	62,02–	85,41
73	76,04	66,25–	84,17	63,17–	86,24
74	77,08	67,38–	85,05	64,32–	87,07
75	78,13	68,53–	85,92	65,48–	87,88
76	79,17	69,67–	86,79	66,65–	88,68
77	80,21	70,83–	87,64	67,83–	89,48
78	81,25	72,00–	88,49	69,02–	90,26
79	82,29	73,17–	89,33	70,22–	91,03
80	83,33	74,35–	90,16	71,43–	91,79
81	84,38	75,54–	90,98	72,66–	92,53
82	85,42	76,74–	91,79	73,90–	93,27
83	86,46	77,96–	92,59	75,15–	93,98
84	87,50	79,18–	93,37	76,42–	94,68
85	88,54	80,42–	94,14	77,71–	95,36
86	89,58	81,68–	94,89	79,01–	96,02
87	90,63	82,95–	95,62	80,34–	96,65
88	91,67	84,24–	96,33	81,70–	97,26
89	92,71	85,55–	97,02	83,08–	97,83
90	93,75	86,89–	97,67	84,49–	98,37
91	94,79	88,26–	98,29	85,95–	98,86
92	95,83	89,67–	98,85	87,46–	99,29
93	96,88	91,14–	99,35	89,03–	99,64
94	97,92	92,68–	99,75	90,70–	99,89
95	98,96	94,33–	99,97	92,51–	99,99
96	100,00	96,23–100,00		94,63–100,00	
		$N = 97$			
0	0,00	0,00–	3,73	0,00–	5,32
1	1,03	0,03–	5,61	0,01–	7,41
2	2,06	0,25–	7,25	0,11–	9,21
3	3,09	0,64–	8,77	0,35–	10,86
4	4,12	1,13–	10,22	0,70–	12,42
5	5,15	1,69–	11,62	1,13–	13,91
6	6,19	2,30–	12,98	1,61–	15,35
7	7,22	2,95–	14,30	2,15–	16,76
8	8,25	3,63–	15,61	2,71–	18,13
9	9,28	4,33–	16,88	3,31–	19,47
10	10,31	5,06–	18,14	3,94–	20,78
11	11,34	5,80–	19,39	4,59–	22,08
12	12,37	6,56–	20,61	5,26–	23,35
13	13,40	7,33–	21,83	5,95–	24,61
14	14,43	8,12–	23,03	6,66–	25,85
15	15,46	8,92–	24,22	7,39–	27,08
16	16,49	9,73–	25,40	8,12–	28,29
17	17,53	10,55–	26,57	8,87–	29,50
18	18,56	11,38–	27,73	9,63–	30,69
19	19,59	12,22–	28,89	10,41–	31,87
20	20,62	13,07–	30,03	11,19–	33,03
21	21,65	13,93–	31,17	11,99–	34,19
22	22,68	14,79–	32,30	12,79–	35,34
23	23,71	15,66–	33,42	13,61–	36,49
24	24,74	16,54–	34,54	14,43–	37,62
25	25,77	17,42–	35,65	15,26–	38,74
26	26,80	18,32–	36,76	16,10–	39,86
27	27,84	19,21–	37,86	16,94–	40,97
28	28,87	20,11–	38,95	17,80–	42,07
29	29,90	21,02–	40,04	18,66–	43,17
30	30,93	21,93–	41,12	19,53–	44,26
31	31,96	22,85–	42,20	20,40–	45,34
32	32,99	23,78–	43,27	21,28–	46,41
33	34,02	24,70–	44,34	22,17–	47,48
34	35,05	25,64–	45,41	23,07–	48,55
35	36,08	26,58–	46,46	23,97–	49,60
36	37,11	27,52–	47,52	24,87–	50,65
37	38,14	28,47–	48,57	25,79–	51,70
38	39,18	29,42–	49,61	26,71–	52,74
39	40,21	30,37–	50,65	27,63–	53,77
40	41,24	31,33–	51,69	28,56–	54,80
41	42,27	32,30–	52,72	29,49–	55,82
42	43,30	33,27–	53,75	30,44–	56,84
43	44,33	34,24–	54,77	31,38–	57,85
44	45,36	35,22–	55,79	32,33–	58,85
45	46,39	36,20–	56,81	33,29–	59,86
46	47,42	37,19–	57,82	34,26–	60,85
47	48,45	38,18–	58,82	35,22–	61,84
48	49,48	39,17–	59,83	36,20–	62,82
49	50,52	40,17–	60,83	37,18–	63,80
50	51,55	41,18–	61,82	38,16–	64,78
51	52,58	42,18–	62,81	39,15–	65,74
52	53,61	43,19–	63,80	40,14–	66,71
53	54,64	44,21–	64,78	41,15–	67,67
54	55,67	45,23–	65,76	42,15–	68,62
55	56,70	46,25–	66,73	43,16–	69,56
56	57,73	47,28–	67,70	44,18–	70,51
57	58,76	48,31–	68,67	45,20–	71,44
58	59,79	49,35–	69,63	46,23–	72,37
59	60,82	50,39–	70,58	47,26–	73,29
60	61,86	51,43–	71,53	48,30–	74,21
61	62,89	52,48–	72,48	49,35–	75,13
62	63,92	53,54–	73,42	50,40–	76,03
63	64,95	54,59–	74,36	51,45–	76,93
64	65,98	55,66–	75,30	52,52–	77,83
65	67,01	56,73–	76,22	53,59–	78,72
66	68,04	57,80–	77,15	54,66–	79,60
67	69,07	58,88–	78,07	55,74–	80,47
68	70,10	59,96–	78,98	56,83–	81,34
69	71,13	61,05–	79,89	57,93–	82,20
70	72,16	62,14–	80,79	59,03–	83,06
71	73,20	63,24–	81,68	60,14–	83,90
72	74,23	64,35–	82,58	61,26–	84,74
73	75,26	65,46–	83,46	62,38–	85,57
74	76,29	66,58–	84,34	63,51–	86,39
75	77,32	67,70–	85,21	64,66–	87,21
76	78,35	68,83–	86,07	65,81–	88,01
77	79,38	69,97–	86,93	66,97–	88,81
78	80,41	71,11–	87,78	68,13–	89,59
79	81,44	72,27–	88,62	69,31–	90,37
80	82,47	73,43–	89,45	70,50–	91,13
81	83,51	74,60–	90,27	71,71–	91,88
82	84,54	75,78–	91,08	72,92–	92,61
83	85,57	76,97–	91,88	74,15–	93,34
84	86,60	78,17–	92,67	75,39–	94,05
85	87,63	79,39–	93,44	76,65–	94,74
86	88,66	80,61–	94,20	77,92–	95,41
87	89,69	81,86–	94,94	79,22–	96,06
88	90,72	83,12–	95,67	80,53–	96,69
89	91,75	84,39–	96,37	81,87–	97,29
90	92,78	85,70–	97,05	83,24–	97,85
91	93,81	87,02–	97,70	84,65–	98,39
92	94,85	88,38–	98,31	86,09–	98,87
93	95,88	89,78–	98,87	87,58–	99,30
94	96,91	91,23–	99,36	89,14–	99,65
95	97,94	92,75–	99,75	90,79–	99,89
96	98,97	94,39–	99,97	92,59–	99,99
97	100,00	96,27–100,00		94,68–100,00	
		$N = 98$			
0	0,00	0,00–	3,69	0,00–	5,26
1	1,02	0,03–	5,55	0,01–	7,34
2	2,04	0,25–	7,18	0,11–	9,12
3	3,06	0,64–	8,69	0,35–	10,75
4	4,08	1,12–	10,12	0,69–	12,30
5	5,10	1,68–	11,51	1,12–	13,78
6	6,12	2,28–	12,85	1,60–	15,21
7	7,14	2,92–	14,16	2,12–	16,60
8	8,16	3,59–	15,45	2,69–	17,95
9	9,18	4,29–	16,72	3,28–	19,28
10	10,20	5,00–	17,97	3,90–	20,58
11	11,22	5,74–	19,20	4,54–	21,87
12	12,24	6,49–	20,41	5,21–	23,13
13	13,27	7,26–	21,62	5,89–	24,38
14	14,29	8,04–	22,81	6,59–	25,61
15	15,31	8,83–	23,99	7,31–	26,82
16	16,33	9,63–	25,16	8,04–	28,03
17	17,35	10,44–	26,31	8,78–	29,22
18	18,37	11,26–	27,47	9,53–	30,40
19	19,39	12,10–	28,61	10,30–	31,57
20	20,41	12,93–	29,74	11,07–	32,73

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

x	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$	$100\,p_r$	99% $100\,p_l$	$100\,p_r$
		$N = 98$ (Fortsetzung)			
21	21,43	13,78–	30,87	11,86–	33,87
22	22,45	14,64–	31,99	12,65–	35,01
23	23,47	15,50–	33,11	13,46–	36,15
24	24,49	16,36–	34,21	14,27–	37,27
25	25,51	17,24–	35,31	15,09–	38,38
26	26,53	18,12–	36,41	15,92–	39,49
27	27,55	19,01–	37,50	16,76–	40,59
28	28,57	19,90–	38,58	17,60–	41,69
29	29,59	20,79–	39,66	18,46–	42,77
30	30,61	21,70–	40,74	19,31–	43,85
31	31,63	22,61–	41,80	20,18–	44,92
32	32,65	23,52–	42,87	21,05–	45,99
33	33,67	24,44–	43,93	21,93–	47,05
34	34,69	25,36–	44,98	22,81–	48,11
35	35,71	26,29–	46,03	23,70–	49,15
36	36,73	27,22–	47,07	24,60–	50,20
37	37,76	28,16–	48,12	25,50–	51,23
38	38,78	29,10–	49,15	26,41–	52,26
39	39,80	30,04–	50,18	27,32–	53,29
40	40,82	30,99–	51,21	28,24–	54,31
41	41,84	31,95–	52,23	29,17–	55,32
42	42,86	32,90–	53,25	30,10–	56,33
43	43,88	33,87–	54,27	31,03–	57,34
44	44,90	34,83–	55,28	31,97–	58,33
45	45,92	35,80–	56,29	32,92–	59,33
46	46,94	36,78–	57,29	33,87–	60,31
47	47,96	37,76–	58,29	34,82–	61,30
48	48,98	38,74–	59,28	35,79–	62,27
49	50,00	39,73–	60,27	36,75–	63,25
50	51,02	40,72–	61,26	37,73–	64,21
51	52,04	41,71–	62,24	38,70–	65,18
52	53,06	42,71–	63,22	39,69–	66,13
53	54,08	43,71–	64,20	40,67–	67,08
54	55,10	44,72–	65,17	41,67–	68,03
55	56,12	45,73–	66,13	42,66–	68,97
56	57,14	46,75–	67,10	43,67–	69,90
57	58,16	47,77–	68,05	44,68–	70,83
58	59,18	48,79–	69,01	45,69–	71,76
59	60,20	49,82–	69,96	46,71–	72,68
60	61,22	50,85–	70,90	47,74–	73,59
61	62,24	51,88–	71,84	48,77–	74,50
62	63,27	52,93–	72,78	49,80–	75,40
63	64,29	53,97–	73,71	50,85–	76,30
64	65,31	55,02–	74,64	51,89–	77,19
65	66,33	56,07–	75,56	52,95–	78,07
66	67,35	57,13–	76,48	54,01–	78,95
67	68,37	58,20–	77,39	55,08–	79,82
68	69,39	59,26–	78,30	56,15–	80,69
69	70,41	60,34–	79,21	57,23–	81,54
70	71,43	61,42–	80,10	58,31–	82,40
71	72,45	62,50–	80,99	59,41–	83,24
72	73,47	63,59–	81,88	60,51–	84,08
73	74,49	64,69–	82,76	61,62–	84,91
74	75,51	65,79–	83,64	62,73–	85,73
75	76,53	66,89–	84,50	63,85–	86,54
76	77,55	68,01–	85,36	64,99–	87,35
77	78,57	69,13–	86,22	66,13–	88,14
78	79,59	70,26–	87,07	67,27–	88,93
79	80,61	71,39–	87,90	68,43–	89,70
80	81,63	72,53–	88,74	69,60–	90,47
81	82,65	73,69–	89,56	70,78–	91,22
82	83,67	74,84–	90,37	71,97–	91,96
83	84,69	76,01–	91,17	73,18–	92,69
84	85,71	77,19–	91,96	74,39–	93,41
85	86,73	78,38–	92,74	75,62–	94,11
86	87,76	79,59–	93,51	76,87–	94,79
87	88,78	80,80–	94,26	78,13–	95,46
88	89,80	82,03–	95,00	79,42–	96,10
89	90,82	83,28–	95,71	80,72–	96,72
90	91,84	84,55–	96,41	82,05–	97,31
91	92,86	85,84–	97,08	83,40–	97,88
92	93,88	87,15–	97,72	84,79–	98,40
93	94,90	88,49–	98,32	86,22–	98,88
94	95,92	89,88–	98,88	87,70–	99,31
95	96,94	91,31–	99,36	89,25–	99,65
96	97,96	92,82–	99,75	90,88–	99,89
97	98,98	94,45–	99,97	92,66–	99,99
98	100,00	96,31–100,00		94,74–100,00	
		$N = 99$			
0	0,00	0,00–	3,66	0,00–	5,21
1	1,01	0,03–	5,50	0,01–	7,27
2	2,02	0,25–	7,11	0,11–	9,03
3	3,03	0,63–	8,60	0,34–	10,65
4	4,04	1,11–	10,02	0,69–	12,18
5	5,05	1,66–	11,39	1,11–	13,64
6	6,06	2,26–	12,73	1,58–	15,06
7	7,07	2,89–	14,03	2,10–	16,44
8	8,08	3,55–	15,30	2,66–	17,78
9	9,09	4,24–	16,56	3,25–	19,10
10	10,10	4,95–	17,79	3,86–	20,39
11	11,11	5,68–	19,01	4,50–	21,66
12	12,12	6,42–	20,22	5,15–	22,91
13	13,13	7,18–	21,41	5,83–	24,15
14	14,14	7,95–	22,59	6,52–	25,36
15	15,15	8,74–	23,76	7,23–	26,57
16	16,16	9,53–	24,91	7,95–	27,76
17	17,17	10,33–	26,06	8,69–	28,94
18	18,18	11,15–	27,20	9,43–	30,11
19	19,19	11,97–	28,34	10,19–	31,27
20	20,20	12,80–	29,46	10,96–	32,42
21	21,21	13,64–	30,58	11,73–	33,56
22	22,22	14,48–	31,69	12,52–	34,69
23	23,23	15,33–	32,79	13,32–	35,81
24	24,24	16,19–	33,89	14,12–	36,93
25	25,25	17,06–	34,98	14,93–	38,03
26	26,26	17,93–	36,07	15,75–	39,13
27	27,27	18,80–	37,15	16,58–	40,22
28	28,28	19,69–	38,22	17,42–	41,31
29	29,29	20,57–	39,29	18,26–	42,38
30	30,30	21,47–	40,36	19,11–	43,45
31	31,31	22,36–	41,41	19,96–	44,52
32	32,32	23,27–	42,47	20,82–	45,57
33	33,33	24,18–	43,52	21,69–	46,63
34	34,34	25,09–	44,56	22,56–	47,67
35	35,35	26,01–	45,60	23,44–	48,71
36	36,36	26,93–	46,64	24,33–	49,75
37	37,37	27,85–	47,67	25,22–	50,77
38	38,38	28,78–	48,70	26,12–	51,80
39	39,39	29,72–	49,72	27,02–	52,81
40	40,40	30,66–	50,74	27,93–	53,83
41	41,41	31,60–	51,76	28,84–	54,83
42	42,42	32,55–	52,77	29,76–	55,83
43	43,43	33,50–	53,77	30,69–	56,83
44	44,44	34,45–	54,78	31,62–	57,82
45	45,45	35,41–	55,77	32,55–	58,81
46	46,46	36,38–	56,77	33,49–	59,79
47	47,47	37,34–	57,76	34,44–	60,76
48	48,48	38,32–	58,75	35,39–	61,73
49	49,49	39,29–	59,73	36,34–	62,70
50	50,51	40,27–	60,71	37,30–	63,66
51	51,52	41,25–	61,68	38,27–	64,61
52	52,53	42,24–	62,66	39,24–	65,56
53	53,54	43,23–	63,62	40,21–	66,51
54	54,55	44,23–	64,59	41,19–	67,45
55	55,56	45,22–	65,55	42,18–	68,38
56	56,57	46,23–	66,50	43,17–	69,31
57	57,58	47,23–	67,45	44,17–	70,24
58	58,59	48,24–	68,40	45,17–	71,16
59	59,60	49,26–	69,34	46,17–	72,07
60	60,61	50,28–	70,28	47,19–	72,98
61	61,62	51,30–	71,22	48,20–	73,88
62	62,63	52,33–	72,15	49,23–	74,78
63	63,64	53,36–	73,07	50,25–	75,67
64	64,65	54,40–	73,99	51,29–	76,56
65	65,66	55,44–	74,91	52,33–	77,44
66	66,67	56,48–	75,82	53,37–	78,31
67	67,68	57,53–	76,73	54,43–	79,18
68	68,69	58,59–	77,64	55,48–	80,04
69	69,70	59,64–	78,53	56,55–	80,89
70	70,71	60,71–	79,43	57,62–	81,74
71	71,72	61,78–	80,31	58,69–	82,58
72	72,73	62,85–	81,20	59,78–	83,42
73	73,74	63,93–	82,07	60,87–	84,25
74	74,75	65,02–	82,94	61,97–	85,07
75	75,76	66,11–	83,81	63,07–	85,88
76	76,77	67,21–	84,67	64,19–	86,68
77	77,78	68,31–	85,52	65,31–	87,48
78	78,79	69,42–	86,36	66,44–	88,27
79	79,80	70,54–	87,20	67,58–	89,04
80	80,81	71,66–	88,03	68,73–	89,81
81	81,82	72,80–	88,85	69,89–	90,57
82	82,83	73,94–	89,67	71,06–	91,31
83	83,84	75,09–	90,47	72,24–	92,05
84	84,85	76,24–	91,26	73,43–	92,77
85	85,86	77,41–	92,05	74,64–	93,48
86	86,87	78,59–	92,82	75,85–	94,17
87	87,88	79,78–	93,58	77,09–	94,85
88	88,89	80,99–	94,32	78,34–	95,50
89	89,90	82,21–	95,05	79,61–	96,14
90	90,91	83,44–	95,76	80,90–	96,75
91	91,92	84,70–	96,45	82,22–	97,34
92	92,93	85,97–	97,11	83,56–	97,90
93	93,94	87,27–	97,74	84,94–	98,42
94	94,95	88,61–	98,34	86,36–	98,89
95	95,96	89,98–	98,89	87,82–	99,31
96	96,97	91,40–	99,37	89,35–	99,66
97	97,98	92,89–	99,75	90,97–	99,89
98	98,99	94,50–	99,97	92,73–	99,99
99	100,00	96,34–100,00		94,79–100,00	
		$N = 100$			
0	0,00	0,00–	3,62	0,00–	5,16
1	1,00	0,03–	5,45	0,01–	7,20
2	2,00	0,24–	7,04	0,10–	8,94
3	3,00	0,62–	8,52	0,34–	10,55
4	4,00	1,10–	9,93	0,68–	12,06
5	5,00	1,64–	11,28	1,09–	13,51
6	6,00	2,23–	12,60	1,56–	14,92
7	7,00	2,86–	13,89	2,08–	16,28
8	8,00	3,52–	15,16	2,63–	17,61
9	9,00	4,20–	16,40	3,21–	18,92
10	10,00	4,90–	17,62	3,82–	20,20
11	11,00	5,62–	18,83	4,45–	21,45
12	12,00	6,36–	20,02	5,10–	22,70
13	13,00	7,11–	21,20	5,77–	23,92
14	14,00	7,87–	22,37	6,45–	25,13
15	15,00	8,65–	23,53	7,15–	26,32
16	16,00	9,43–	24,68	7,87–	27,51
17	17,00	10,23–	25,82	8,59–	28,68
18	18,00	11,03–	26,95	9,33–	29,84
19	19,00	11,84–	28,07	10,08–	30,98
20	20,00	12,67–	29,18	10,84–	32,12
21	21,00	13,49–	30,29	11,61–	33,25
22	22,00	14,33–	31,39	12,39–	34,37
23	23,00	15,17–	32,49	13,18–	35,49
24	24,00	16,02–	33,57	13,97–	36,59
25	25,00	16,88–	34,66	14,77–	37,69
26	26,00	17,74–	35,73	15,59–	38,77
27	27,00	18,61–	36,80	16,40–	39,86
28	28,00	19,48–	37,87	17,23–	40,93
29	29,00	20,36–	38,93	18,06–	42,00
30	30,00	21,24–	39,98	18,90–	43,06
31	31,00	22,13–	41,03	19,75–	44,12
32	32,00	23,02–	42,08	20,60–	45,17
33	33,00	23,92–	43,12	21,46–	46,21
34	34,00	24,82–	44,15	22,32–	47,25
35	35,00	25,73–	45,18	23,19–	48,28
36	36,00	26,64–	46,21	24,07–	49,30
37	37,00	27,56–	47,24	24,95–	50,32
38	38,00	28,48–	48,25	25,84–	51,34
39	39,00	29,40–	49,27	26,73–	52,35
40	40,00	30,33–	50,28	27,63–	53,35
41	41,00	31,26–	51,29	28,53–	54,35
42	42,00	32,20–	52,29	29,44–	55,35
43	43,00	33,14–	53,29	30,35–	56,33
44	44,00	34,08–	54,28	31,27–	57,32
45	45,00	35,03–	55,27	32,19–	58,30
46	46,00	35,98–	56,26	33,12–	59,27
47	47,00	36,94–	57,24	34,06–	60,24
48	48,00	37,90–	58,22	34,99–	61,20
49	49,00	38,86–	59,20	35,94–	62,16
50	50,00	39,83–	60,17	36,89–	63,11
51	51,00	40,80–	61,14	37,84–	64,06
52	52,00	41,78–	62,10	38,80–	65,01
53	53,00	42,76–	63,06	39,76–	65,94
54	54,00	43,74–	64,02	40,73–	66,88
55	55,00	44,73–	64,97	41,70–	67,81
56	56,00	45,72–	65,92	42,68–	68,73
57	57,00	46,71–	66,86	43,67–	69,65
58	58,00	47,71–	67,80	44,65–	70,56
59	59,00	48,71–	68,74	45,65–	71,47
60	60,00	49,72–	69,67	46,65–	72,37
61	61,00	50,73–	70,60	47,65–	73,27
62	62,00	51,75–	71,52	48,66–	74,16
63	63,00	52,76–	72,44	49,68–	75,05
64	64,00	53,79–	73,36	50,70–	75,93
65	65,00	54,82–	74,27	51,72–	76,81
66	66,00	55,85–	75,18	52,75–	77,68
67	67,00	56,88–	76,08	53,79–	78,54
68	68,00	57,92–	76,98	54,83–	79,40
69	69,00	58,97–	77,87	55,88–	80,25
70	70,00	60,02–	78,76	56,94–	81,10
71	71,00	61,07–	79,64	58,00–	81,94
72	72,00	62,13–	80,52	59,07–	82,77
73	73,00	63,20–	81,39	60,14–	83,60
74	74,00	64,27–	82,26	61,23–	84,41
75	75,00	65,34–	83,12	62,31–	85,23
76	76,00	66,43–	83,98	63,41–	86,03
77	77,00	67,51–	84,83	64,51–	86,82
78	78,00	68,61–	85,67	65,63–	87,61
79	79,00	69,71–	86,51	66,75–	88,39
80	80,00	70,82–	87,33	67,88–	89,16
81	81,00	71,93–	88,16	69,02–	89,92
82	82,00	73,05–	88,97	70,16–	90,67
83	83,00	74,18–	89,77	71,32–	91,41
84	84,00	75,32–	90,57	72,49–	92,13
85	85,00	76,47–	91,35	73,68–	92,85
86	86,00	77,63–	92,13	74,87–	93,55
87	87,00	78,80–	92,89	76,08–	94,23
88	88,00	79,98–	93,64	77,30–	94,90
89	89,00	81,17–	94,38	78,55–	95,55
90	90,00	82,38–	95,10	79,80–	96,18
91	91,00	83,60–	95,80	81,08–	96,79
92	92,00	84,84–	96,48	82,39–	97,37
93	93,00	86,11–	97,14	83,72–	97,92
94	94,00	87,40–	97,77	85,08–	98,44
95	95,00	88,72–	98,36	86,49–	98,91
96	96,00	90,07–	98,90	87,94–	99,32
97	97,00	91,48–	99,38	89,45–	99,66
98	98,00	92,96–	99,76	91,06–	99,90
99	99,00	94,55–	99,97	92,80–	99,99
100	100,00	96,38–100,00		94,84–100,00	

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

Die kursiven Grenzen sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet. Interpolation siehe Textteil

x	$N = 105$			$N = 110$			$N = 120$			$N = 130$		
	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$
0	*0,00*	*0,00– 3,45*	*0,00– 4,92*	*0,00*	*0,00– 3,30*	*0,00– 4,70*	*0,00*	*0,00– 3,03*	*0,00– 4,32*	*0,00*	*0,00– 2,80*	*0,00– 3,99*
1	*0,95*	*0,02– 5,19*	*0,00– 6,86*	*0,91*	*0,02– 4,96*	*0,00– 6,56*	*0,83*	*0,02– 4,56*	*0,00– 6,03*	*0,77*	*0,02– 4,21*	*0,00– 5,58*
2	*1,90*	*0,23– 6,71*	*0,10– 8,53*	*1,82*	*0,22– 6,41*	*0,09– 8,16*	*1,67*	*0,20– 5,89*	*0,09– 7,50*	*1,54*	*0,19– 5,45*	*0,08– 6,94*
3	*2,86*	*0,59– 8,12*	*0,32–10,07*	*2,73*	*0,57– 7,76*	*0,31– 9,62*	*2,50*	*0,52– 7,13*	*0,28– 8,85*	*2,31*	*0,48– 6,60*	*0,26– 8,19*
4	*3,81*	*1,05– 9,47*	*0,65–11,51*	*3,64*	*1,00– 9,05*	*0,62–11,01*	*3,33*	*0,92– 8,31*	*0,57–10,13*	*3,08*	*0,84– 7,69*	*0,52– 9,37*
5	4,76	1,53–10,84	0,88–12,78	4,55	1,46–10,37	0,84–12,23	4,17	1,34– 9,53	0,77–11,24	3,85	1,23– 8,81	0,71–10,41
6	5,71	2,10–12,10	1,33–14,13	5,45	2,00–11,56	1,26–13,51	5,00	1,83–10,63	1,16–12,43	4,62	1,69– 9,84	1,06–11,50
7	6,67	2,70–13,32	1,81–15,43	6,36	2,58–12,74	1,73–14,76	5,83	2,36–11,71	1,58–13,58	5,38	2,17–10,84	1,46–12,57
8	7,62	3,33–14,53	2,34–16,71	7,27	3,18–13,89	2,23–15,98	6,67	2,91–12,77	2,04–14,71	6,15	2,68–11,82	1,88–13,62
9	8,57	3,99–15,71	2,90–17,96	8,18	3,80–15,02	2,76–17,18	7,50	3,48–13,81	2,52–15,81	6,92	3,20–12,79	2,32–14,64
10	9,52	4,66–16,87	3,48–19,19	9,09	4,44–16,14	3,31–18,36	8,33	4,06–14,84	3,03–16,90	7,69	3,74–13,74	2,79–15,65
11	10,48	5,35–18,03	4,08–20,40	10,00	5,10–17,24	3,89–19,52	9,17	4,66–15,86	3,55–17,97	8,46	4,30–14,68	3,27–16,65
12	11,43	6,05–19,16	4,70–21,59	10,91	5,77–18,33	4,48–20,66	10,00	5,28–16,86	4,09–19,02	9,23	4,86–15,61	3,77–17,62
13	12,38	6,77–20,29	5,34–22,76	11,82	6,45–19,41	5,09–21,79	10,83	5,90–17,86	4,65–20,06	10,00	5,43–16,53	4,28–18,59
14	13,33	7,50–21,41	6,00–23,92	12,73	7,15–20,48	5,71–22,90	11,67	6,53–18,84	5,22–21,09	10,76	6,02–17,45	4,80–19,55
15	14,29	8,24–22,51	6,67–25,07	13,64	7,85–21,54	6,35–24,00	12,50	7,18–19,82	5,80–22,11	11,54	6,61–18,35	5,34–20,49
16	15,24	8,99–23,61	7,35–26,21	14,55	8,57–22,59	7,00–25,09	13,33	7,83–20,79	6,39–23,12	12,31	7,21–19,25	5,88–21,43
17	16,19	9,75–24,69	8,04–27,33	15,45	9,29–23,63	7,66–26,17	14,17	8,49–21,75	6,99–24,11	13,08	7,82–20,15	6,43–22,36
18	17,14	10,51–25,77	8,75–28,45	16,36	10,02–24,66	8,33–27,24	15,00	9,16–22,70	7,61–25,10	13,85	8,43–21,03	7,00–23,28
19	18,10	11,29–26,85	9,47–29,55	17,27	10,76–25,69	9,01–28,30	15,83	9,83–23,65	8,23–26,08	14,62	9,05–21,91	7,57–24,19
20	19,05	12,07–27,91	10,19–30,65	18,18	11,50–26,71	9,70–29,35	16,67	10,51–24,59	8,86–27,06	15,38	9,68–22,79	8,14–25,10
21	20,00	12,86–28,97	10,93–31,74	19,09	12,25–27,73	10,40–30,39	17,50	11,20–25,53	9,49–28,02	16,15	10,31–23,66	8,73–25,99
22	20,95	13,66–30,02	11,67–32,82	20,00	13,01–28,73	11,11–31,43	18,33	11,89–26,46	10,14–28,98	16,92	10,94–24,52	9,32–26,89
23	21,90	14,46–31,07	12,42–33,89	20,91	13,78–29,74	11,83–32,46	19,17	12,58–27,39	10,79–29,93	17,69	11,58–25,39	9,92–27,77
24	22,86	15,27–32,11	13,18–34,95	21,82	14,55–30,74	12,55–33,48	20,00	13,29–28,31	11,44–30,88	18,46	12,23–26,24	10,52–28,65
25	23,81	16,09–33,14	13,95–36,01	22,73	15,32–31,73	13,28–34,49	20,83	13,99–29,23	12,11–31,82	19,23	12,88–27,09	11,13–29,53
26	24,76	16,91–34,17	14,73–37,05	23,64	16,10–32,73	14,01–35,50	21,67	14,70–30,14	12,78–32,76	20,00	13,53–27,94	11,74–30,40
27	25,71	17,73–35,20	15,51–38,10	24,55	16,89–33,70	14,76–36,50	22,50	15,42–31,05	13,45–33,68	20,77	14,19–28,79	12,36–31,27
28	26,67	18,56–36,22	16,30–39,13	25,45	17,68–34,68	15,51–37,50	23,33	16,14–31,96	14,13–34,61	21,54	14,85–29,63	12,99–32,13
29	27,72	19,40–37,23	17,09–40,16	26,36	18,47–35,65	16,26–38,49	24,17	16,86–32,86	14,82–35,53	22,31	15,51–30,47	13,62–32,98
30	28,57	20,24–38,24	17,89–41,19	27,27	19,27–36,62	17,02–39,47	25,00	17,59–33,75	15,51–36,44	23,08	16,18–31,30	14,25–33,84
31	29,52	21,08–39,25	18,70–42,20	28,18	20,08–37,59	17,79–40,45	25,83	18,32–34,65	16,21–37,35	23,85	16,85–32,13	14,89–34,68
32	30,48	21,93–40,25	19,52–43,22	29,09	20,88–38,55	18,56–41,43	26,67	19,06–35,54	16,91–38,25	24,62	17,53–32,96	15,53–35,53
33	31,43	22,79–41,25	20,33–44,22	30,00	21,69–39,50	19,34–42,39	27,50	19,80–36,42	17,62–39,15	25,38	18,20–33,79	16,18–36,37
34	32,38	23,65–42,24	21,16–45,22	30,91	22,51–40,46	20,12–43,36	28,33	20,54–37,31	18,33–40,05	26,15	18,88–34,61	16,83–37,20
35	33,33	24,51–43,23	21,99–46,22	31,82	23,33–41,41	20,91–44,32	29,17	21,28–38,19	19,04–40,94	26,92	19,57–35,43	17,48–38,03
36	34,29	25,38–44,21	22,82–47,21	32,73	24,15–42,35	21,70–45,27	30,00	22,03–39,06	19,76–41,83	27,69	20,25–36,24	18,14–38,86
37	35,24	26,25–45,19	23,66–48,20	33,64	24,98–43,30	22,50–46,22	30,83	22,78–39,94	20,48–42,71	28,46	20,94–37,06	18,80–39,69
38	36,19	27,12–46,17	24,51–49,18	34,55	25,81–44,23	23,30–47,16	31,67	23,54–40,81	21,21–43,59	29,23	21,64–37,87	19,47–40,51
39	37,14	28,00–47,14	25,36–50,15	35,45	26,64–45,17	24,11–48,10	32,50	24,30–41,68	21,94–44,46	30,00	22,33–38,68	20,13–41,33
40	38,10	28,88–48,11	26,22–51,12	36,36	27,48–46,10	24,92–49,04	33,33	25,06–42,54	22,68–45,33	30,77	23,03–39,48	20,81–42,14
41	39,05	29,77–49,08	27,08–52,09	37,27	28,32–47,03	25,74–49,97	34,17	25,82–43,40	23,42–46,20	31,54	23,73–40,29	21,48–42,95
42	40,00	30,66–50,04	27,94–53,05	38,18	29,17–47,96	26,56–50,90	35,00	26,59–44,26	24,16–47,06	32,31	24,43–41,09	22,16–43,76
43	40,95	31,55–51,00	28,81–54,01	39,09	30,01–48,88	27,38–51,82	35,83	27,36–45,12	24,90–47,92	33,08	25,14–41,89	22,84–44,56
44	41,90	32,45–51,96	29,69–54,96	40,00	30,87–49,80	28,21–52,74	36,67	28,13–45,97	25,65–48,78	33,85	25,84–42,68	23,53–45,37
45	42,86	33,35–52,91	30,57–55,91	40,91	31,72–50,71	29,04–53,65	37,50	28,90–46,82	26,41–49,63	34,62	26,55–43,48	24,22–46,17
46	43,81	34,25–53,86	31,45–56,85	41,82	32,58–51,63	29,88–54,56	38,33	29,68–47,67	27,17–50,48	35,38	27,26–44,27	24,91–46,96
47	44,76	35,16–54,80	32,34–57,79	42,73	33,44–52,54	30,72–55,47	39,17	30,46–48,52	27,93–51,33	36,15	27,98–45,06	25,60–47,75
48	45,71	36,07–55,74	33,23–58,72	43,64	34,30–53,44	31,57–56,37	40,00	31,25–49,36	28,69–52,17	36,92	28,69–45,84	26,30–48,54
49	46,67	36,98–56,68	34,13–59,65	44,55	35,17–54,35	32,42–57,27	40,83	32,03–50,20	29,46–53,01	37,69	29,41–46,63	27,00–49,33
50	47,72	37,90–57,62	35,04–60,57	45,45	36,04–55,25	33,27–58,16	41,67	32,82–51,04	30,23–53,85	38,46	30,13–47,41	27,70–50,12
51	48,57	38,82–58,55	35,94–61,49	46,36	36,91–56,14	34,13–59,05	42,50	33,61–51,87	31,00–54,68	39,23	30,86–48,19	28,41–50,90
52	49,52	39,74–59,48	36,85–62,41	47,27	37,79–57,04	34,99–59,94	43,33	34,40–52,71	31,78–55,51	40,00	31,58–48,97	29,12–51,68
53	50,48	40,52–60,26	37,59–63,15	48,18	38,67–57,93	35,86–60,82	44,17	35,20–53,54	32,56–56,34	40,77	32,31–49,75	29,83–52,45
54	51,43	41,45–61,18	38,51–64,06	49,09	39,55–58,82	36,73–61,70	45,00	36,00–54,36	33,35–57,16	41,54	33,04–50,52	30,54–53,22
55	52,38	42,38–62,10	39,43–64,96	50,00	40,36–59,64	37,51–62,49	45,83	36,80–55,19	34,13–57,98	42,31	33,77–51,30	31,26–53,99
56	53,33	43,32–63,02	40,35–65,87	50,91	41,18–60,45	38,30–63,27	46,67	37,60–56,01	34,92–58,79	43,08	34,51–52,07	31,98–54,76
57	54,29	44,26–63,93	41,28–66,77	51,82	42,07–61,33	39,18–64,14	47,50	38,41–56,83	35,72–59,61	43,85	35,24–52,83	32,70–55,53
58	55,24	45,20–64,84	42,21–67,66	52,73	42,96–62,21	40,06–65,01	48,33	39,22–57,65	36,52–60,42	44,62	35,98–53,60	33,43–56,29
59	56,19	46,14–65,75	43,15–68,55	53,64	43,86–63,09	40,95–65,87	49,17	40,03–58,47	37,32–61,23	45,38	36,72–54,36	34,16–57,05
60	57,14	47,09–66,65	44,09–69,43	54,55	44,75–63,96	41,84–66,73	50,00	40,78–59,22	38,04–61,96	46,15	37,46–55,13	34,89–57,81
61	58,10	48,04–67,55	45,04–70,31	55,45	45,65–64,83	42,73–67,58	50,83	41,53–59,97	38,77–62,68	46,92	38,21–55,89	35,62–58,56
62	59,05	49,00–68,45	45,99–71,19	56,36	46,56–65,70	43,63–68,43	51,67	42,35–60,78	39,58–63,48	47,69	38,95–56,64	36,36–59,31
63	60,00	49,96–69,34	46,95–72,06	57,27	47,46–66,56	44,53–69,28	52,50	43,17–61,59	40,39–64,28	48,46	39,70–57,40	37,10–60,06
64	60,95	50,92–70,23	47,91–72,92	58,18	48,37–67,42	45,44–70,12	53,33	43,99–62,40	41,21–65,08	49,23	40,45–58,15	37,84–60,81
65	61,90	51,89–71,12	48,88–73,78	59,09	49,29–68,28	46,35–70,96	54,17	44,81–63,20	42,02–65,87	50,00	41,14–58,86	38,51–61,51
66	62,86	52,86–72,00	49,85–74,64	60,00	50,20–69,13	47,26–71,79	55,00	45,64–64,00	42,84–66,65	50,77	41,85–59,55	39,19–62,16
67	63,81	53,83–72,88	50,82–75,49	60,91	51,12–69,99	48,18–72,62	55,83	46,46–64,80	43,66–67,44	51,54	42,60–60,30	39,94–62,90
68	64,76	54,81–73,75	51,80–76,34	61,82	52,04–70,83	49,10–73,44	56,67	47,29–65,60	44,49–68,22	52,31	43,36–61,05	40,69–63,64
69	65,71	55,79–74,62	52,79–77,18	62,73	52,97–71,68	50,03–74,26	57,50	48,13–66,39	45,32–69,00	53,08	44,11–61,79	41,44–64,38
70	66,67	56,77–75,49	53,78–78,01	63,64	53,90–72,52	50,96–75,08	58,33	48,96–67,18	46,15–69,77	53,85	44,87–62,54	42,19–65,11
71	67,72	57,76–76,35	54,78–78,84	64,55	54,83–73,36	51,90–75,89	59,17	49,80–67,97	46,99–70,54	54,62	45,64–63,28	42,95–65,84
72	68,57	58,75–77,21	55,78–79,67	65,45	55,77–74,19	52,84–76,70	60,00	50,64–68,75	47,83–71,31	55,38	46,40–64,02	43,71–66,57
73	69,52	59,75–78,07	56,78–80,48	66,36	56,70–75,02	53,78–77,50	60,83	51,48–69,54	48,67–72,07	56,15	47,17–64,76	44,47–67,30
74	70,48	60,75–78,92	57,80–81,30	67,27	57,65–75,85	54,73–78,30	61,67	52,33–70,32	49,52–72,83	56,92	47,93–65,49	45,24–68,02
75	71,43	61,76–79,76	58,81–82,11	68,18	58,59–76,67	55,68–79,09	62,50	53,18–71,10	50,37–73,59	57,69	48,70–66,23	46,01–68,74
76	72,38	62,77–80,60	59,84–82,91	69,09	59,54–77,49	56,64–79,88	63,33	54,03–71,87	51,22–74,35	58,46	49,48–66,96	46,78–69,46
77	73,33	63,78–81,44	60,87–83,70	70,00	60,50–78,31	57,61–80,66	64,17	54,88–72,64	52,08–75,10	59,23	50,25–67,69	47,55–70,17
78	74,29	64,80–82,27	61,90–84,49	70,91	61,45–79,12	58,57–81,44	65,00	55,74–73,41	52,94–75,84	60,00	51,03–68,42	48,32–70,88
79	75,24	65,83–83,09	62,95–85,27	71,82	62,41–79,92	59,55–82,21	65,83	56,60–74,18	53,80–76,58	60,77	51,81–69,14	49,10–71,59
80	76,19	66,86–83,91	63,99–86,05	72,73	63,38–80,73	60,53–82,98	66,67	57,46–74,94	54,67–77,32	61,54	52,59–69,87	49,88–72,30
81	77,14	67,89–84,73	65,05–86,82	73,64	64,35–81,53	61,51–83,74	67,50	58,32–75,70	55,54–78,06	62,31	53,37–70,59	50,67–73,00
82	78,10	68,93–85,54	66,11–87,58	74,55	65,32–82,32	62,50–84,49	68,33	59,19–76,46	56,41–78,79	63,08	54,16–71,31	51,46–73,70
83	79,05	69,98–86,34	67,18–88,33	75,45	66,30–83,11	63,50–85,24	69,17	60,06–77,22	57,29–79,52	63,85	54,94–72,02	52,25–74,40
84	80,00	71,03–87,14	68,26–89,07	76,36	67,27–83,90	64,50–85,99	70,00	60,94–77,97	58,17–80,24	64,62	55,73–72,74	53,04–75,09
85	80,95	72,09–87,93	69,35–89,81	77,27	68,27–84,68	65,51–86,72	70,83	61,81–78,72	59,06–80,96	65,38	56,52–73,45	53,83–75,78
86	81,90	73,15–88,71	70,45–90,53	78,18	69,26–85,45	66,52–87,45	71,67	62,69–79,46	59,95–81,67	66,15	57,32–74,16	54,63–76,47
87	82,86	74,23–89,49	71,55–91,25	79,09	70,26–86,22	67,54–88,17	72,50	63,58–80,20	60,85–82,38	66,92	58,11–74,86	55,44–77,16
88	83,81	75,31–90,25	72,67–91,96	80,00	71,27–86,99	68,57–88,89	73,33	64,46–80,94	61,75–83,09	67,69	58,91–75,57	56,24–77,84
89	84,76	76,39–91,01	73,79–92,65	80,91	72,27–87,75	69,61–89,60	74,17	65,35–81,68	62,65–83,79	68,46	59,71–76,27	57,05–78,52
90	85,71	77,49–91,76	74,93–93,33	81,82	73,29–88,50	70,65–90,30	75,00	66,25–82,41	63,56–84,49	69,23	60,52–76,97	57,86–79,19
91	86,67	78,59–92,50	76,08–94,00	82,73	74,31–89,24	71,70–90,99	75,83	67,14–83,14	64,47–85,18	70,00	61,32–77,67	58,67–79,87
92	87,72	79,71–93,23	77,24–94,66	83,64	75,34–89,98	72,76–91,67	76,67	68,04–83,86	65,39–85,87	70,77	62,13–78,36	59,49–80,53
93	88,57	80,84–93,95	78,41–95,30	84,55	76,37–90,71	73,83–92,34	77,50	68,95–84,58	66,32–86,55	71,54	62,94–79,06	60,31–81,20
94	89,52	81,97–94,65	79,60–95,92	85,45	77,41–91,43	74,91–93,00	78,33	69,86–85,30	67,24–87,22	72,31	63,76–79,75	61,14–81,86
95	90,48	83,13–95,34	80,81–96,52	86,36	78,46–92,15	76,00–93,65	79,17	70,77–86,01	68,18–87,89	73,08	64,57–80,43	61,97–82,52
96	91,43	84,29–96,01	82,04–97,10	87,27	79,52–92,85	77,10–94,29	80,00	71,69–86,71	69,12–88,56	73,85	65,39–81,12	62,80–83,17
97	92,38	85,47–96,67	83,29–97,66	88,18	80,59–93,55	78,21–94,91	80,83	72,61–87,42	70,07–89,21	74,62	66,21–81,80	63,63–83,82
98	93,33	86,68–97,30	84,57–98,19	89,09	81,67–94,23	79,34–95,52	81,67	73,54–88,11	71,02–89,86	75,38	67,04–82,47	64,47–84,47
99	94,29	87,90–97,90	85,87–98,67	90,00	82,76–94,90	80,48–96,11	82,50	74,47–88,80	71,98–90,51	76,15	67,87–83,15	65,32–85,11
100	95,24	89,16–98,47	87,22–99,12	90,91	83,86–95,65	81,64–96,69	83,33	75,41–89,49	72,94–91,14	76,92	68,70–83,82	66,16–85,75

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vertrauensgrenzen* $N = 140 - 170$

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

Die kursiven Grenzen sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet. Interpolation siehe Textteil

x	$N = 140$			$N = 150$			$N = 160$			$N = 170$		
	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$
0	*0,00*	*0,00– 2,60*	*0,00– 3,71*	*0,00*	*0,00– 2,43*	*0,00– 3,47*	*0,00*	*0,00– 2,28*	*0,00– 3,26*	*0,00*	*0,00– 2,15*	*0,00– 3,07*
1	*0,71*	*0,02– 3,92*	*0,00– 5,19*	*0,67*	*0,02– 3,66*	*0,00– 4,85*	*0,63*	*0,02– 3,43*	*0,00– 4,55*	*0,59*	*0,01– 3,23*	*0,00– 4,29*
2	*1,43*	*0,17– 5,07*	*0,07– 6,45*	*1,33*	*0,16– 4,73*	*0,07– 6,03*	*1,25*	*0,15– 4,44*	*0,07– 5,67*	*1,18*	*0,14– 4,19*	*0,06– 5,34*
3	*2,14*	*0,45– 6,13*	*0,24– 7,62*	*2,00*	*0,42– 5,73*	*0,23– 7,13*	*1,88*	*0,39– 5,38*	*0,21– 6,69*	*1,76*	*0,37– 5,07*	*0,20– 6,31*
4	*2,86*	*0,78– 7,15*	*0,49– 8,72*	*2,67*	*0,73– 6,69*	*0,45– 8,16*	*2,50*	*0,69– 6,28*	*0,42– 7,66*	*2,35*	*0,64– 5,91*	*0,40– 7,22*
5	3,57	1,14– 8,20	0,66– 9,68	3,33	1,07– 7,66	0,61– 9,06	3,13	1,00– 7,20	0,57– 8,51	2,94	0,94– 6,78	0,54– 8,02
6	4,29	1,57– 9,15	0,99–10,71	4,00	1,46– 8,56	0,92–10,02	3,75	1,37– 8,03	0,86– 9,41	3,53	1,29– 7,57	0,81– 8,87
7	5,00	2,02–10,08	1,35–11,71	4,67	1,88– 9,43	1,26–10,95	4,38	1,76– 8,85	1,18–10,29	4,12	1,66– 8,34	1,11– 9,70
8	5,71	2,48–11,00	1,74–12,68	5,33	2,32–10,28	1,62–11,86	5,00	2,17– 9,66	1,52–11,14	4,71	2,04– 9,10	1,43–10,51
9	6,43	2,97–11,90	2,15–13,64	6,00	2,77–11,13	2,00–12,76	5,63	2,59–10,45	1,88–11,99	5,29	2,44– 9,85	1,76–11,30
10	7,14	3,47–12,79	2,58–14,58	6,67	3,23–11,96	2,41–13,64	6,25	3,03–11,23	2,25–12,82	5,88	2,85–10,59	2,12–12,09
11	7,86	3,98–13,67	3,03–15,50	7,33	3,71–12,78	2,82–14,51	6,88	3,47–12,01	2,64–13,63	6,47	3,27–11,32	2,48–12,86
12	8,57	4,50–14,53	3,49–16,42	8,00	4,20–13,60	3,25–15,37	7,50	3,93–12,77	3,04–14,44	7,06	3,70–12,04	2,86–13,62
13	9,29	5,04–15,39	3,96–17,32	8,67	4,69–14,40	3,69–16,21	8,13	4,39–13,53	3,45–15,24	7,65	4,13–12,75	3,24–14,37
14	10,00	5,58–16,25	4,45–18,21	9,33	5,20–15,20	4,14–17,05	8,75	4,87–14,28	3,87–16,03	8,24	4,57–13,46	3,64–15,12
15	10,71	6,13–17,09	4,94–19,10	10,00	5,71–15,99	4,60–17,88	9,38	5,34–15,02	4,30–16,81	8,82	5,02–14,17	4,04–15,85
16	11,43	6,68–17,93	5,44–19,97	10,67	6,23–16,78	5,07–18,70	10,00	5,83–15,76	4,74–17,58	9,41	5,48–14,86	4,45–16,58
17	12,14	7,24–18,76	5,96–20,84	11,33	6,75–17,56	5,54–19,51	10,63	6,32–16,50	5,19–18,34	10,00	5,94–15,56	4,87–17,31
18	12,86	7,81–19,59	6,48–21,70	12,00	7,28–18,33	6,03–20,32	11,25	6,81–17,23	5,64–19,10	10,59	6,40–16,25	5,30–18,03
19	13,57	8,38–20,41	7,00–22,55	12,67	7,81–19,10	6,52–21,12	11,88	7,31–17,95	6,10–19,86	11,18	6,87–16,93	5,73–18,74
20	14,29	8,96–21,23	7,54–23,40	13,33	8,35–19,87	7,02–21,91	12,50	7,81–18,67	6,56–20,61	11,76	7,34–17,61	6,16–19,45
21	15,00	9,55–22,04	8,08–24,24	14,00	8,89–20,63	7,52–22,70	13,13	8,32–19,39	7,03–21,35	12,35	7,82–18,29	6,60–20,15
22	15,71	10,13–22,85	8,62–25,07	14,67	9,44–21,39	8,03–23,49	13,75	8,83–20,10	7,50–22,09	12,94	8,30–18,96	7,05–20,85
23	16,43	10,73–23,65	9,18–25,90	15,33	9,99–22,14	8,54–24,27	14,38	9,35–20,81	7,98–22,82	13,53	8,78–19,63	7,50–21,54
24	17,14	11,32–24,45	9,73–26,73	16,00	10,55–22,89	9,06–25,04	15,00	9,87–21,52	8,47–23,55	14,12	9,27–20,30	7,95–22,23
25	17,86	11,92–25,25	10,30–27,55	16,67	11,10–23,64	9,58–25,81	15,63	10,39–22,22	8,96–24,28	14,71	9,76–20,96	8,41–22,92
26	18,57	12,53–26,04	10,86–28,36	17,33	11,67–24,38	10,11–26,57	16,25	10,91–22,92	9,45–25,00	15,29	10,25–21,62	8,87–23,60
27	19,29	13,14–26,83	11,43–29,17	18,00	12,23–25,12	10,64–27,34	16,88	11,44–23,62	9,94–25,72	15,88	10,75–22,28	9,34–24,28
28	20,00	13,75–27,62	12,01–29,98	18,67	12,80–25,86	11,17–28,09	17,50	11,97–24,31	10,44–26,43	16,47	11,25–22,94	9,80–24,96
29	20,71	14,36–28,40	12,59–30,78	19,33	13,37–26,59	11,71–28,85	18,13	12,51–25,00	10,95–27,14	17,06	11,75–23,59	10,28–25,63
30	21,43	14,98–29,18	13,18–31,58	20,00	13,94–27,33	12,25–29,60	18,75	13,04–25,69	11,45–27,85	17,65	12,25–24,24	10,75–26,30
31	22,14	15,60–29,96	13,77–32,37	20,67	14,52–28,06	12,80–30,34	19,38	13,58–26,38	11,96–28,56	18,24	12,76–24,89	11,23–26,97
32	22,86	16,22–30,73	14,36–33,16	21,33	15,10–28,78	13,35–31,09	20,00	14,12–27,07	12,48–29,26	18,82	13,27–25,54	11,71–27,63
33	23,57	16,85–31,50	14,95–33,95	22,00	15,68–29,51	13,90–31,83	20,63	14,67–27,75	12,99–29,96	19,41	13,78–26,19	12,19–28,29
34	24,29	17,48–32,27	15,55–34,73	22,67	16,27–30,23	14,46–32,56	21,25	15,21–28,43	13,51–30,65	20,00	14,29–26,83	12,68–28,95
35	25,00	18,11–33,04	16,16–35,51	23,33	16,85–30,95	15,02–33,30	21,88	15,76–29,11	14,03–31,34	20,59	14,80–27,47	13,17–29,61
36	25,71	18,74–33,80	16,76–36,29	24,00	17,44–31,67	15,58–34,03	22,50	16,31–29,78	14,56–32,03	21,18	15,32–28,11	13,66–30,26
37	26,43	19,38–34,56	17,37–37,06	24,67	18,03–32,38	16,15–34,76	23,13	16,86–30,46	15,09–32,72	21,76	15,84–28,75	14,16–30,91
38	27,14	20,02–35,32	17,99–37,83	25,33	18,63–33,09	16,72–35,48	23,75	17,42–31,13	15,62–33,41	22,35	16,36–29,38	14,65–31,56
39	27,86	20,66–36,08	18,60–38,60	26,00	19,22–33,81	17,29–36,21	24,38	17,97–31,80	16,15–34,09	22,94	16,88–30,02	15,15–32,21
40	28,57	21,30–36,83	19,22–39,36	26,67	19,82–34,51	17,86–36,93	25,00	18,53–32,47	16,69–34,77	23,53	17,40–30,65	15,65–32,85
41	29,29	21,95–37,59	19,85–40,12	27,33	20,42–35,22	18,44–37,64	25,63	19,09–33,13	17,22–35,45	24,11	17,92–31,28	16,16–33,49
42	30,00	22,60–38,34	20,47–40,88	28,00	21,02–35,93	19,02–38,36	26,25	19,65–33,80	17,76–36,12	24,71	18,45–31,91	16,66–34,13
43	30,71	23,25–39,08	21,10–41,64	28,67	21,63–36,63	19,60–39,07	26,88	20,22–34,46	18,31–36,80	25,29	18,98–32,54	17,17–34,77
44	31,43	23,90–39,83	21,73–42,39	29,33	22,23–37,33	20,19–39,78	27,50	20,78–35,12	18,85–37,47	25,88	19,51–33,16	17,68–35,41
45	32,14	24,56–40,57	22,36–43,14	30,00	22,84–38,03	20,77–40,49	28,13	21,35–35,78	19,40–38,14	26,47	20,04–33,79	18,19–36,04
46	32,86	25,21–41,31	23,00–43,89	30,67	23,45–38,73	21,36–41,19	28,75	21,92–36,44	19,95–38,80	27,06	20,57–34,41	18,71–36,67
47	33,57	25,87–42,05	23,64–44,64	31,33	24,06–39,42	21,95–41,90	29,38	22,49–37,10	20,50–39,47	27,65	21,11–35,03	19,22–37,30
48	34,29	26,53–42,79	24,28–45,38	32,00	24,67–40,12	22,55–42,60	30,00	23,06–37,75	21,05–40,13	28,24	21,64–35,65	19,74–37,93
49	35,00	27,19–43,53	24,92–46,12	32,67	25,29–40,81	23,15–43,29	30,63	23,63–38,41	21,61–40,79	28,82	22,18–36,27	20,26–38,56
50	35,71	27,86–44,26	25,57–46,86	33,33	55,90–41,50	23,74–43,99	31,25	24,21–39,06	22,16–41,45	29,41	22,72–36,89	20,78–39,18
51	36,43	28,52–44,99	26,22–47,59	34,00	26,52–42,19	24,34–44,68	31,88	24,78–39,71	22,72–42,11	30,00	23,26–37,51	21,30–39,81
52	37,14	29,19–45,73	26,87–48,33	34,67	27,14–42,88	24,95–45,38	32,50	25,36–40,36	23,28–42,76	30,59	23,80–38,12	21,83–40,43
53	37,86	29,86–46,45	27,52–49,06	35,33	27,76–43,56	25,55–46,07	33,13	25,94–41,01	23,85–43,41	31,18	24,34–38,73	22,35–41,05
54	38,57	30,53–47,18	28,18–49,78	36,00	28,39–44,25	26,16–46,75	33,75	26,52–41,65	24,41–44,07	31,76	24,89–39,35	22,88–41,67
55	39,29	31,21–47,91	28,84–50,51	36,67	29,01–44,93	26,77–47,44	34,38	27,10–42,30	24,98–44,71	32,35	25,43–39,96	23,41–42,28
56	40,00	31,88–48,63	29,50–51,23	37,33	29,64–45,61	27,38–48,12	35,00	27,69–42,94	25,55–45,36	32,94	25,98–40,57	23,94–42,90
57	40,71	32,56–49,35	30,16–51,95	38,00	30,26–46,29	27,99–48,80	35,63	28,27–43,59	26,12–46,01	33,53	26,52–41,17	24,48–43,51
58	41,43	33,24–50,07	30,83–52,67	38,67	30,89–46,97	28,61–49,48	36,25	28,86–44,23	26,69–46,65	34,12	27,07–41,78	25,01–44,12
59	42,14	33,92–50,79	31,50–53,39	39,33	31,52–47,65	29,23–50,16	36,88	29,44–44,87	27,26–47,29	34,71	27,62–42,39	25,55–44,73
60	42,86	34,60–51,50	32,17–54,10	40,00	32,16–48,32	29,85–50,84	37,50	30,03–45,50	27,84–47,93	35,29	28,17–42,99	26,09–45,34
61	43,57	35,29–52,22	32,84–54,82	40,67	32,79–48,99	30,47–51,51	38,13	30,62–46,14	28,42–48,57	35,88	28,73–43,60	26,63–45,95
62	44,29	35,97–52,93	33,51–55,53	41,33	33,42–49,67	31,08–52,18	38,75	31,21–46,78	28,99–49,21	36,47	29,28–44,20	27,17–46,55
63	45,00	36,66–53,64	34,19–56,23	42,00	34,06–50,34	31,71–52,85	39,38	31,81–47,41	29,58–49,85	37,06	29,83–44,80	27,71–47,16
64	45,71	37,35–54,35	34,87–56,94	42,67	34,70–51,01	32,34–53,52	40,00	32,40–48,04	30,16–50,48	37,65	30,39–45,40	28,25–47,76
65	46,43	38,04–55,06	35,55–57,64	43,33	35,34–51,68	32,97–54,19	40,63	33,00–48,68	30,74–51,11	38,24	30,95–46,00	28,80–48,36
66	47,14	38,74–55,77	36,24–58,34	44,00	35,98–52,34	33,60–54,85	41,25	33,59–49,31	31,33–51,74	38,82	31,51–46,60	29,35–48,96
67	47,86	39,43–56,47	36,92–59,04	44,67	36,62–53,01	34,23–55,51	41,88	34,19–49,94	31,92–52,37	39,41	32,06–47,20	29,89–49,56
68	48,57	40,13–57,17	37,61–59,74	45,33	37,27–53,67	34,87–56,17	42,50	34,79–50,56	32,50–53,00	40,00	32,62–47,79	30,44–50,15
69	49,29	40,82–57,87	38,30–60,44	46,00	37,91–54,33	35,51–56,83	43,13	35,39–51,19	33,10–53,62	40,59	33,19–48,39	30,99–50,75
70	50,00	41,47–58,53	38,93–61,07	46,67	38,56–54,99	36,14–57,49	43,75	35,99–51,82	33,69–54,25	41,18	33,75–48,98	31,55–51,34
71	50,71	42,13–59,18	39,56–61,70	47,33	39,21–55,65	36,78–58,14	44,38	36,59–52,44	34,28–54,87	41,76	34,31–49,57	32,10–51,94
72	51,42	42,83–59,87	40,26–62,39	48,00	39,86–56,31	37,43–58,80	45,00	37,20–53,06	34,88–55,49	42,35	34,88–50,17	32,66–52,53
73	52,14	43,53–60,57	40,96–63,08	48,67	40,51–56,97	38,07–59,45	45,63	37,80–53,69	35,47–56,11	42,94	35,44–50,76	33,21–53,12
74	52,86	44,23–61,26	41,66–63,76	49,33	41,16–57,62	38,72–60,10	46,25	38,41–54,31	36,07–56,73	43,53	36,01–51,35	33,77–53,71
75	53,57	44,94–61,96	42,36–64,45	50,00	41,76–58,24	39,30–60,70	46,88	39,02–54,93	36,67–57,34	44,12	36,58–51,93	34,33–54,29
76	54,29	45,65–62,65	43,06–65,13	50,67	42,38–58,84	39,90–61,28	47,50	39,63–55,55	37,28–57,96	44,71	37,15–52,52	34,89–54,88
77	55,00	46,36–63,34	43,77–65,81	51,33	43,03–59,49	40,55–61,93	48,13	40,24–56,16	37,88–58,56	45,29	37,72–53,11	35,46–55,46
78	55,71	47,07–64,03	44,47–66,49	52,00	43,69–60,14	41,20–62,57	48,75	40,85–56,78	38,48–59,18	45,88	38,29–53,69	36,02–56,05
79	56,43	47,78–64,71	45,18–67,16	52,67	44,35–60,79	41,86–63,22	49,38	41,46–57,39	39,09–59,79	46,47	38,86–54,28	36,59–56,63
80	57,14	48,50–65,40	45,90–67,83	53,33	45,01–61,44	42,51–63,86	50,00	42,03–57,97	39,65–60,35	47,06	39,43–54,86	37,15–57,21
81	57,86	49,21–66,08	46,61–68,50	54,00	45,67–62,09	43,17–64,49	50,63	42,61–58,54	40,21–60,91	47,65	40,01–55,44	37,72–57,79
82	58,57	49,93–66,76	47,33–69,17	54,67	46,33–62,73	43,83–65,13	51,25	43,22–59,15	40,82–61,52	48,24	40,58–56,02	38,29–58,36
83	59,29	50,65–67,44	48,05–69,84	55,33	46,99–63,38	44,49–65,77	51,88	43,84–59,76	41,44–62,12	48,82	41,16–56,60	38,86–58,94
84	60,00	51,37–68,12	48,77–70,50	56,00	47,66–64,02	45,15–66,40	52,50	44,45–60,37	42,04–62,72	49,41	41,73–57,18	39,43–59,51
85	60,71	52,09–68,79	49,49–71,16	56,67	48,32–64,66	45,81–67,03	53,13	45,07–60,98	42,66–63,33	50,00	42,27–57,73	39,96–60,04
86	61,43	52,82–69,47	50,22–71,82	57,33	48,99–65,30	46,48–67,66	53,75	45,69–61,59	43,27–63,93	50,59	42,82–58,27	40,49–60,57
87	62,14	53,55–70,14	50,94–72,48	58,00	49,66–65,94	47,15–68,29	54,38	46,31–62,20	43,89–64,53	51,18	43,40–58,84	41,06–61,14
88	62,86	54,27–70,81	51,67–73,13	58,67	50,33–66,58	47,82–68,92	55,00	46,94–62,80	44,51–65,12	51,76	43,98–59,42	41,64–61,71
89	63,57	55,01–71,48	52,41–73,78	59,33	51,01–67,21	48,49–69,53	55,63	47,56–63,41	45,13–65,72	52,35	44,56–59,99	42,21–62,28
90	64,29	55,74–72,14	53,14–74,43	60,00	51,68–67,84	49,16–70,15	56,25	48,18–64,01	45,75–66,31	52,94	45,14–60,57	42,79–62,85
91	65,00	56,47–72,81	53,88–75,08	60,67	52,35–68,48	49,84–70,77	56,88	48,81–64,61	46,38–66,90	53,53	45,72–61,14	43,37–63,41
92	65,71	57,21–73,47	54,62–75,72	61,33	53,03–69,11	50,52–71,39	57,50	49,44–65,21	47,00–67,50	54,12	46,31–61,71	43,95–63,98
93	66,43	57,95–74,13	55,36–76,36	62,00	53,71–69,74	51,20–72,01	58,13	50,06–65,81	47,63–68,08	54,71	46,89–62,28	44,54–64,54
94	67,14	58,69–74,79	56,11–77,00	62,67	54,39–70,36	51,88–72,62	58,75	50,69–66,41	48,26–68,67	55,29	47,48–62,85	45,12–65,11
95	67,86	59,43–75,44	56,86–77,64	63,33	55,07–70,99	52,56–73,23	59,38	51,32–67,00	48,89–69,26	55,88	48,07–63,42	45,71–65,67
96	68,57	60,17–76,10	57,61–78,27	64,00	55,75–71,61	53,25–73,84	60,00	51,96–67,60	49,52–69,84	56,47	48,65–63,99	46,29–66,23
97	69,29	60,92–76,75	58,36–78,90	64,67	56,44–72,24	53,93–74,45	60,63	52,59–68,19	50,15–70,42	57,06	49,24–64,56	46,88–66,79
98	70,00	61,66–77,40	59,12–79,53	65,33	57,12–72,86	54,62–75,05	61,25	53,22–68,79	50,79–71,01	57,65	49,83–65,12	47,47–67,34
99	70,71	62,41–78,05	59,88–80,15	66,00	57,81–73,48	55,32–75,66	61,88	53,86–69,38	51,43–71,58	58,24	50,43–65,69	48,06–67,90
100	71,43	63,17–78,70	60,64–80,78	66,67	58,50–74,10	56,01–76,26	62,50	54,50–69,97	52,07–72,16	58,82	51,02–66,25	48,66–68,45

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vertrauensgrenzen* $N = 180 - 250$

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

Die kursiven Grenzen sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet. Interpolation siehe Textteil

x	$N = 180$			$N = 190$			x	$N = 200$			$N = 250$		
	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$		$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$
0	*0,00*	*0,00– 2,03*	*0,00– 2,90*	*0,00*	*0,00– 1,92*	*0,00– 2,75*	**0**	*0,00*	*0,00– 1,83*	*0,00– 2,61*	*0,00*	*0,00– 1,46*	*0,00– 2,10*
1	*0,56*	*0,01– 3,06*	*0,00– 4,06*	*0,53*	*0,01– 2,90*	*0,00– 3,85*	1	*0,50*	*0,01– 2,75*	*0,00– 3,66*	*0,40*	*0,01– 2,21*	*0,00– 2,93*
2	*1,11*	*0,14– 3,96*	*0,06– 5,05*	*1,05*	*0,13– 3,75*	*0,05– 4,79*	2	*1,00*	*0,12– 3,57*	*0,05– 4,55*	*0,80*	*0,10– 2,86*	*0,04– 3,66*
3	*1,67*	*0,35– 4,79*	*0,19– 5,97*	*1,58*	*0,33– 4,54*	*0,18– 5,66*	3	*1,50*	*0,31– 4,32*	*0,17– 5,38*	*1,20*	*0,25– 3,47*	*0,14– 4,32*
4	*2,22*	*0,61– 5,59*	*0,38– 6,83*	*2,11*	*0,58– 5,30*	*0,36– 6,48*	4	*2,00*	*0,55– 5,04*	*0,34– 6,16*	*1,60*	*0,44– 4,05*	*0,27– 4,95*
5	2,78	0,89– 6,41	0,51– 7,58	2,63	0,84– 6,08	0,48– 7,19	**5**	2,50	0,80– 5,78	0,46– 6,84	2,00	0,64– 4,64	0,36– 5,49
6	3,33	1,21– 7,16	0,76– 8,39	3,16	1,15– 6,79	0,72– 7,96	6	3,00	1,09– 6,46	0,69– 7,57	2,40	0,87– 5,18	0,55– 6,08
7	3,89	1,56– 7,89	1,04– 9,17	3,68	1,48– 7,48	0,99– 8,70	7	3,50	1,40– 7,12	0,94– 8,28	2,80	1,12– 5,71	0,75– 6,65
8	4,44	1,92– 8,61	1,35– 9,94	4,21	1,82– 8,17	1,27– 9,43	8	4,00	1,73– 7,76	1,21– 8,97	3,20	1,38– 6,24	0,96– 7,21
9	5,00	2,30– 9,32	1,66–10,69	4,74	2,18– 8,84	1,57–10,15	9	4,50	2,07– 8,40	1,49– 9,65	3,60	1,65– 6,75	1,19– 7,76
10	5,56	2,69–10,01	2,00–11,44	5,26	2,54– 9,50	1,89–10,85	**10**	5,00	2,41– 9,03	1,79–10,32	4,00	1,93– 7,26	1,43– 8,30
11	6,11	3,08–10,71	2,34–12,17	5,79	2,92–10,15	2,21–11,54	11	5,50	2,77– 9,66	2,10–10,98	4,40	2,21– 7,76	1,67– 8,84
12	6,67	3,49–11,39	2,69–12,89	6,32	3,30–10,80	2,55–12,23	12	6,00	3,13–10,28	2,42–11,64	4,80	2,50– 8,26	1,93– 9,36
13	7,22	3,90–12,06	3,06–13,60	6,84	3,69–11,45	2,89–12,91	13	6,50	3,50–10,89	2,75–12,28	5,20	2,79– 8,75	2,19– 9,88
14	7,78	4,31–12,74	3,43–14,31	7,37	4,08–12,08	3,25–13,58	14	7,00	3,88–11,49	3,08–12,92	5,60	3,09– 9,24	2,45–10,40
15	8,33	4,74–13,40	3,81–15,00	7,89	4,48–12,71	3,61–14,24	**15**	7,50	4,26–12,09	3,42–13,55	6,00	3,39– 9,72	2,72–10,91
16	8,89	5,17–14,06	4,20–15,70	8,42	4,89–13,34	3,97–14,90	16	8,00	4,64–12,69	3,77–14,18	6,40	3,70–10,21	3,00–11,42
17	9,44	5,60–14,72	4,59–16,38	8,95	5,30–13,97	4,35–15,55	17	8,50	5,03–13,29	4,12–14,80	6,80	4,01–10,68	3,28–11,92
18	10,00	6,04–15,37	4,99–17,06	9,47	5,71–14,58	4,72–16,20	18	9,00	5,42–13,88	4,48–15,42	7,20	4,32–11,16	3,57–12,42
19	10,56	6,48–16,02	5,40–17,74	10,00	6,13–15,20	5,11–16,84	19	9,50	5,82–14,46	4,84–16,03	7,60	4,64–11,63	3,85–12,91
20	11,11	6,93–16,66	5,81–18,41	10,53	6,55–15,81	5,49–17,48	**20**	10,00	6,22–15,04	5,21–16,63	8,00	4,96–12,10	4,15–13,40
21	11,67	7,38–17,30	6,22–19,08	11,05	6,98–16,42	5,89–18,11	21	10,50	6,62–15,62	5,58–17,24	8,40	5,28–12,57	4,44–13,89
22	12,22	7,83–17,94	6,64–19,74	11,58	7,41–17,03	6,28–18,74	22	11,00	7,03–16,20	5,96–17,84	8,80	5,60–13,04	4,74–14,38
23	12,78	8,28–18,58	7,07–20,40	12,11	7,84–17,63	6,68–19,37	23	11,50	7,44–16,78	6,34–18,44	9,20	5,92–13,50	5,04–14,86
24	13,33	8,74–19,21	7,49–21,05	12,63	8,27–18,23	7,09–19,99	24	12,00	7,85–17,35	6,72–19,03	9,60	6,25–13,96	5,34–15,34
25	13,89	9,20–19,84	7,92–21,70	13,16	8,71–18,83	7,49–20,61	**25**	12,50	8,26–17,92	7,11–19,62	10,00	6,58–14,42	5,65–15,82
26	14,44	9,67–20,47	8,36–22,35	13,68	9,15–19,43	7,90–21,22	26	13,00	8,68–18,49	7,50–20,21	10,40	6,91–14,88	5,96–16,30
27	15,00	10,14–21,09	8,80–22,99	14,21	9,59–20,02	8,32–21,84	27	13,50	9,10–19,05	7,89–20,79	10,80	7,24–15,34	6,27–16,77
28	15,56	10,61–21,71	9,24–23,64	14,74	10,03–20,61	8,73–22,45	28	14,00	9,52–19,61	8,28–21,37	11,20	7,58–15,80	6,58–17,24
29	16,11	11,08–22,33	9,68–24,27	15,26	10,48–21,20	9,15–23,05	29	14,50	9,94–20,18	8,68–21,95	11,60	7,91–16,25	6,90–17,71
30	16,67	11,55–22,95	10,13–24,91	15,79	10,93–21,79	9,58–23,66	**30**	15,00	10,37–20,73	9,08–22,53	12,00	8,25–16,70	7,21–18,18
31	17,22	12,03–23,57	10,58–25,54	16,32	11,38–22,37	10,00–24,26	31	15,50	10,79–21,29	9,48–23,10	12,40	8,59–17,15	7,53–18,65
32	17,78	12,51–24,18	11,03–26,17	16,84	11,83–22,95	10,43–24,86	32	16,00	11,22–21,85	9,89–23,67	12,80	8,93–17,60	7,85–19,11
33	18,33	12,99–24,79	11,49–26,80	17,37	12,28–23,54	10,86–25,46	33	16,50	11,65–22,40	10,30–24,24	13,20	9,27–18,05	8,17–19,57
34	18,89	13,47–25,40	11,95–27,43	17,89	12,74–24,12	11,29–26,05	34	17,00	12,08–22,95	10,70–24,81	13,60	9,61–18,50	8,50–20,03
35	19,44	13,95–26,01	12,41–28,05	18,42	13,20–24,69	11,73–26,65	**35**	17,50	12,52–23,51	11,12–25,38	14,00	9,96–18,94	8,82–20,49
36	20,00	14,44–26,62	12,87–28,67	18,95	13,65–25,27	12,16–27,24	36	18,00	12,95–24,05	11,53–25,94	14,40	10,30–19,39	9,15–20,95
37	20,56	14,93–27,22	13,33–29,29	19,47	14,12–25,85	12,60–27,83	37	18,50	13,39–24,60	11,95–26,50	14,80	10,65–19,83	9,48–21,41
38	21,11	15,42–27,82	13,80–29,90	20,00	14,58–26,42	13,04–28,41	38	19,00	13,83–25,15	12,36–27,06	15,20	11,00–20,27	9,81–21,86
39	21,67	15,91–28,42	14,27–30,52	20,53	15,04–26,99	13,49–29,00	39	19,50	14,27–25,69	12,78–27,62	15,60	11,34–20,72	10,14–22,32
40	22,22	16,40–29,02	14,74–31,13	21,05	15,51–27,56	13,93–29,58	**40**	20,00	14,71–26,24	13,20–28,18	16,00	11,69–21,16	10,47–22,77
41	22,78	16,89–29,62	15,21–31,74	21,58	15,97–28,13	14,38–30,16	41	20,50	15,15–26,78	13,63–28,73	16,40	12,04–21,60	10,81–23,22
42	23,33	17,39–30,22	15,69–32,35	22,11	16,44–28,70	14,83–30,74	42	21,00	15,59–27,32	14,05–29,28	16,80	12,40–22,04	11,14–23,67
43	23,89	17,89–30,81	16,17–32,96	22,63	16,91–29,26	15,28–31,32	43	21,50	16,04–27,86	14,48–29,84	17,20	12,75–22,47	11,48–24,12
44	24,44	18,38–31,41	16,65–33,56	23,16	17,38–29,83	15,73–31,89	44	22,00	16,48–28,40	14,91–30,39	17,60	13,10–22,91	11,82–24,57
45	25,00	18,88–32,00	17,13–34,16	23,68	17,85–30,39	16,18–32,47	**45**	22,50	16,93–28,94	15,34–30,93	18,00	13,45–23,35	12,16–25,01
46	25,56	19,39–32,59	17,61–34,76	24,21	18,33–30,96	16,64–33,04	46	23,00	17,38–29,47	15,77–31,48	18,40	13,81–23,78	12,50–25,46
47	26,11	19,89–33,18	18,10–35,36	24,74	18,80–31,52	17,09–33,61	47	23,50	17,83–30,01	16,20–32,03	18,80	14,17–24,22	12,84–25,90
48	26,67	20,39–33,77	18,58–35,96	25,26	19,28–32,08	17,55–34,18	48	24,00	18,28–30,54	16,63–32,57	19,20	14,52–24,65	13,18–26,35
49	27,22	20,90–34,36	19,07–36,56	25,79	19,75–32,64	18,01–34,75	49	24,50	18,73–31,08	17,07–33,11	19,60	14,88–25,08	13,52–26,79
50	27,78	21,40–34,94	19,56–37,15	26,32	20,23–33,19	18,48–35,32	**50**	25,00	19,18–31,61	17,51–33,65	20,00	15,24–25,51	13,87–27,23
51	28,33	21,91–35,53	20,05–37,74	26,84	20,71–33,75	18,94–35,88	60	30,00	23,77–36,88	21,95–38,99	24,00	18,86–29,80	17,36–31,59
52	28,89	22,42–36,11	20,54–38,33	27,37	21,19–34,31	19,40–36,44	70	35,00	28,44–42,06	26,51–44,21	28,00	22,55–34,01	20,94–35,87
53	29,44	22,93–36,70	21,04–38,92	27,89	21,67–34,86	19,87–37,01	80	40,00	33,19–47,16	31,17–49,33	32,00	26,29–38,18	24,60–40,08
54	30,00	23,44–37,28	21,53–39,51	28,42	22,16–35,41	20,34–37,57	90	45,00	38,02–52,18	35,93–54,36	36,00	30,07–42,30	28,31–44,23
55	30,56	23,95–37,86	22,03–40,10	28,95	22,64–35,97	20,81–38,13	**100**	50,00	42,89–57,11	40,74–59,26	40,00	33,91–46,37	32,08–48,31
56	31,11	24,47–38,44	22,53–40,68	29,47	23,13–36,52	21,28–38,68	110	55,00	47,82–61,98	45,64–64,07	44,00	37,78–50,40	35,91–52,35
57	31,67	24,98–39,02	23,03–41,27	30,00	23,61–37,07	21,75–39,24	120	60,00	52,84–66,81	50,67–68,83	48,00	41,70–54,39	39,80–56,33
58	32,22	25,50–39,59	23,53–41,85	30,53	24,10–37,62	22,22–39,80	130	65,00	57,94–71,56	55,79–73,49	52,00	45,61–58,30	43,67–60,20
59	32,78	26,02–40,17	24,04–42,43	31,05	24,59–38,17	22,70–40,35	140	70,00	63,12–76,23	61,01–78,05	56,00	49,60–62,22	47,65–64,09
60	33,33	26,53–40,74	24,54–43,01	31,58	25,07–38,71	23,17–40,90	**150**	75,00	68,39–80,82	66,35–82,49	60,00	53,63–66,09	51,69–67,92
61	33,89	27,05–41,32	25,05–43,59	32,11	25,56–39,26	23,65–41,45	160	80,00	73,76–85,29	71,82–86,80	64,00	57,70–69,93	55,77–71,69
62	34,44	27,57–41,89	25,56–44,16	32,63	26,05–39,81	24,13–42,00	170	85,00	79,27–89,63	77,47–90,92	68,00	61,82–73,71	59,92–75,40
63	35,00	28,09–42,46	26,07–44,74	33,16	26,55–40,35	24,61–42,55	180	90,00	84,96–93,78	83,37–94,79	72,00	65,99–77,45	64,13–79,06
64	35,56	28,62–43,03	26,58–45,31	33,68	27,04–40,89	25,09–43,10	190	95,00	90,97–97,59	89,68–98,21	76,00	70,20–81,14	68,41–82,64
65	36,11	29,14–43,60	27,09–45,89	34,21	27,53–41,44	25,57–43,65	**200**	*100,00*	*98,17–100,00*	*97,39–100,00*	80,00	74,49–84,76	72,77–86,13
66	36,67	29,66–44,17	27,60–46,46	34,74	28,03–41,98	26,05–44,19	210				84,00	78,84–88,31	77,23–89,53
67	37,22	30,19–44,74	28,11–47,03	35,26	28,52–42,52	26,54–44,74	220				88,00	83,30–91,75	81,82–92,79
68	37,78	30,72–45,30	28,63–47,60	35,79	29,02–43,06	27,02–45,28	230				92,00	87,90–95,04	86,60–95,85
69	38,33	31,24–45,87	29,15–48,16	36,32	29,52–43,60	27,51–45,82	240				96,00	92,74–98,07	91,70–98,57
70	38,89	31,77–46,44	29,67–48,73	36,84	30,01–44,14	28,00–46,36	**250**				*100,00*	*98,54–100,00*	*97,90–100,00*
71	39,44	32,30–47,00	30,18–49,29	37,37	30,51–44,68	28,49–46,90	260						
72	40,00	32,83–47,56	30,71–49,86	37,89	31,01–45,21	28,98–47,44	270						
73	40,56	33,36–48,12	31,23–50,42	38,42	31,51–45,75	29,47–47,98	280						
74	41,11	33,89–48,68	31,75–50,98	38,95	32,01–46,28	29,96–48,52	290						
75	41,67	34,43–49,25	32,28–51,54	39,47	32,52–46,82	30,45–49,05	**300**						
76	42,22	34,96–49,80	32,80–52,10	40,00	33,02–47,35	30,95–49,59	310						
77	42,78	35,50–50,36	33,33–52,66	40,53	33,52–47,88	31,44–50,12	320						
78	43,33	36,03–50,92	33,86–53,21	41,05	34,03–48,41	31,94–50,65	330						
79	43,89	36,57–51,48	34,39–53,77	41,58	34,53–48,95	32,44–51,18	340						
80	44,44	37,11–52,03	34,92–54,32	42,11	35,04–49,48	32,94–51,71	**350**						
81	45,00	37,64–52,59	35,45–54,88	42,63	35,55–50,01	33,44–52,24	360						
82	45,56	38,18–53,14	35,98–55,43	43,16	36,06–50,53	33,94–52,77	370						
83	46,11	38,72–53,69	36,51–55,98	43,68	36,56–51,06	34,44–53,29	380						
84	46,67	39,26–54,25	37,05–56,53	44,21	37,07–51,59	34,94–53,82	390						
85	47,22	39,81–54,80	37,59–57,08	44,74	37,58–52,11	35,45–54,34	**400**						
86	47,78	40,35–55,35	38,12–57,62	45,26	38,10–52,64	35,95–54,87	410						
87	48,33	40,89–55,90	38,66–58,17	45,79	38,61–53,16	36,46–55,39	420						
88	48,89	41,44–56,44	39,20–58,71	46,32	39,12–53,69	36,96–55,91	430						
89	49,44	41,98–56,99	39,74–59,26	46,84	39,63–54,21	37,47–56,43	440						
90	50,00	42,49–57,51	40,24–59,76	47,37	40,15–54,73	37,98–56,95	**450**						
91	50,56	43,01–58,02	40,74–60,26	47,89	40,66–55,25	38,49–57,47	460						
92	51,11	43,56–58,56	41,29–60,80	48,42	41,18–55,78	39,00–57,99	470						
93	51,67	44,10–59,11	41,83–61,34	48,95	41,70–56,29	39,52–58,51	480						
94	52,22	44,65–59,65	42,38–61,88	49,47	42,21–56,81	40,03–59,02	490						
95	52,78	45,20–60,19	42,92–62,41	50,00	42,70–57,30	40,50–59,50	**500**						
96	53,33	45,75–60,74	43,47–62,95	50,53	43,19–57,79	40,98–59,97	510						
97	53,89	46,31–61,28	44,02–63,49	51,05	43,71–58,30	41,49–60,48	520						
98	54,44	46,86–61,82	44,57–64,02	51,58	44,22–58,82	42,01–61,00	530						
99	55,00	47,41–62,36	45,12–64,55	52,11	44,75–59,34	42,53–61,51	540						
100	55,56	47,97–62,89	45,68–65,08	52,63	45,27–59,85	43,05–62,02	**550**						

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Vertrauensgrenzen* $N = 300 - 600$

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

Die kursiven Grenzen sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet. Interpolation siehe Textteil

x	$N = 300$			$N = 400$			$N = 500$			$N = 600$		
	$100\,p_x$	100 (1 − 2 α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$
0	*0,00*	*0,00– 1,22*	*0,00– 1,75*	*0,00*	*0,00– 0,92*	*0,00– 1,32*	*0,00*	*0,00– 0,74*	*0,00– 1,05*	*0,00*	*0,00– 0,61*	*0,00– 0,88*
1	*0,33*	*0,01– 1,84*	*0,00– 2,45*	*0,25*	*0,01– 1,38*	*0,00– 1,84*	*0,20*	*0,01– 1,11*	*0,00– 1,48*	*0,17*	*0,00– 0,93*	*0,00– 1,23*
2	*0,67*	*0,08– 2,39*	*0,03– 3,05*	*0,50*	*0,06– 1,79*	*0,03– 2,30*	*0,40*	*0,05– 1,44*	*0,02– 1,84*	*0,33*	*0,04– 1,20*	*0,02– 1,54*
3	*1,00*	*0,21– 2,89*	*0,11– 3,61*	*0,75*	*0,16– 2,18*	*0,08– 2,72*	*0,60*	*0,12– 1,74*	*0,07– 2,18*	*0,50*	*0,10– 1,45*	*0,06– 1,82*
4	*1,33*	*0,36– 3,38*	*0,23– 4,14*	*1,00*	*0,27– 2,54*	*0,17– 3,11*	*0,80*	*0,22– 2,04*	*0,14– 2,50*	*0,67*	*0,18– 1,70*	*0,11– 2,08*
5	1,67	0,53– 3,88	0,30– 4,59	1,25	0,40– 2,92	0,23– 3,46	1,00	0,32– 2,34	0,18– 2,77	0,83	0,26– 1,95	0,15– 2,31
6	2,00	0,73– 4,33	0,45– 5,08	1,50	0,54– 3,26	0,34– 3,83	1,20	0,43– 2,61	0,27– 3,07	1,00	0,36– 2,18	0,23– 2,56
7	2,33	0,93– 4,77	0,62– 5,56	1,75	0,70– 3,59	0,46– 4,19	1,40	0,56– 2,88	0,37– 3,36	1,17	0,46– 2,40	0,31– 2,80
8	2,67	1,15– 5,21	0,80– 6,03	2,00	0,86– 3,92	0,60– 4,54	1,60	0,69– 3,14	0,48– 3,64	1,33	0,57– 2,62	0,40– 3,04
9	3,00	1,37– 5,64	0,99– 6,49	2,25	1,03– 4,25	0,74– 4,89	1,80	0,82– 3,40	0,59– 3,92	1,50	0,68– 2,84	0,49– 3,27
10	3,33	1,60– 6,07	1,19– 6,94	2,50	1,20– 4,57	0,89– 5,23	2,00	0,96– 3,66	0,71– 4,20	1,67	0,80– 3,06	0,59– 3,50
11	3,67	1,84– 6,49	1,39– 7,39	2,75	1,37– 4,88	1,04– 5,57	2,20	1,10– 3,92	0,83– 4,47	1,83	0,91– 3,27	0,69– 3,73
12	4,00	2,08– 6,90	1,60– 7,83	3,00	1,55– 5,20	1,20– 5,90	2,40	1,24– 4,17	0,96– 4,74	2,00	1,03– 3,48	0,79– 3,95
13	4,33	2,32– 7,32	1,82– 8,27	3,25	1,74– 5,51	1,36– 6,23	2,60	1,39– 4,42	1,08– 5,00	2,17	1,15– 3,69	0,90– 4,18
14	4,67	2,57– 7,73	2,04– 8,70	3,50	1,92– 5,82	1,52– 6,56	2,80	1,54– 4,67	1,22– 5,26	2,33	1,28– 3,89	1,01– 4,39
15	5,00	2,82– 8,13	2,26– 9,13	3,75	2,11– 6,12	1,69– 6,88	3,00	1,69– 4,91	1,35– 5,52	2,50	1,40– 4,10	1,12– 4,61
16	5,33	3,08– 8,53	2,49– 9,55	4,00	2,30– 6,43	1,86– 7,20	3,20	1,84– 5,16	1,49– 5,78	2,67	1,53– 4,30	1,24– 4,83
17	5,67	3,33– 8,94	2,72– 9,98	4,25	2,49– 6,73	2,03– 7,52	3,40	1,99– 5,40	1,62– 6,04	2,83	1,66– 4,51	1,35– 5,04
18	6,00	3,59– 9,33	2,96– 10,39	4,50	2,69– 7,03	2,21– 7,84	3,60	2,14– 5,64	1,76– 6,29	3,00	1,78– 4,71	1,47– 5,26
19	6,33	3,85– 9,73	3,20– 10,81	4,75	2,88– 7,33	2,39– 8,15	3,80	2,30– 5,88	1,91– 6,55	3,17	1,91– 4,91	1,59– 5,47
20	6,67	4,12– 10,12	3,44– 11,22	5,00	3,08– 7,63	2,57– 8,47	4,00	2,46– 6,12	2,05– 6,80	3,33	2,05– 5,11	1,71– 5,68
21	7,00	4,38– 10,52	3,69– 11,63	5,25	3,28– 7,93	2,75– 8,78	4,20	2,62– 6,36	2,20– 7,05	3,50	2,18– 5,31	1,83– 5,89
22	7,33	4,65– 10,91	3,93– 12,04	5,50	3,48– 8,22	2,94– 9,09	4,40	2,78– 6,60	2,34– 7,30	3,67	2,31– 5,51	1,95– 6,09
23	7,67	4,92– 11,30	4,18– 12,45	5,75	3,68– 8,51	3,12– 9,39	4,60	2,94– 6,83	2,49– 7,54	3,83	2,44– 5,70	2,07– 6,30
24	8,00	5,19– 11,68	4,43– 12,85	6,00	3,88– 8,81	3,31– 9,70	4,80	3,10– 7,07	2,64– 7,79	4,00	2,58– 5,90	2,19– 6,51
25	8,33	5,47– 12,07	4,69– 13,25	6,25	4,08– 9,10	3,50– 10,00	5,00	3,26– 7,30	2,79– 8,03	4,17	2,71– 6,10	2,32– 6,71
26	8,67	5,74– 12,45	4,94– 13,65	6,50	4,29– 9,39	3,69– 10,31	5,20	3,42– 7,54	2,94– 8,28	4,33	2,85– 6,29	2,45– 6,92
27	9,00	6,02– 12,84	5,20– 14,05	6,75	4,49– 9,68	3,88– 10,61	5,40	3,59– 7,77	3,09– 8,52	4,50	2,99– 6,49	2,57– 7,12
28	9,33	6,29– 13,22	5,46– 14,45	7,00	4,70– 9,97	4,07– 10,91	5,60	3,75– 8,00	3,25– 8,76	4,67	3,12– 6,68	2,70– 7,32
29	9,67	6,57– 13,60	5,72– 14,84	7,25	4,91– 10,26	4,27– 11,21	5,80	3,92– 8,23	3,40– 9,01	4,83	3,26– 6,88	2,83– 7,53
30	10,00	6,85– 13,98	5,98– 15,24	7,50	5,12– 10,54	4,46– 11,51	6,00	4,08– 8,46	3,56– 9,25	5,00	3,40– 7,07	2,96– 7,73
31	10,33	7,13– 14,36	6,25– 15,63	7,75	5,33– 10,83	4,66– 11,81	6,20	4,25– 8,69	3,71– 9,49	5,17	3,54– 7,26	3,09– 7,93
32	10,67	7,41– 14,74	6,51– 16,02	8,00	5,54– 11,12	4,85– 12,10	6,40	4,42– 8,92	3,87– 9,72	5,33	3,68– 7,45	3,22– 8,13
33	11,00	7,70– 15,11	6,78– 16,41	8,25	5,75– 11,40	5,05– 12,40	6,60	4,59– 9,15	4,03– 9,96	5,50	3,82– 7,64	3,35– 8,33
34	11,33	7,98– 15,49	7,05– 16,80	8,50	5,96– 11,69	5,25– 12,69	6,80	4,76– 9,38	4,19– 10,20	5,67	3,96– 7,84	3,48– 8,52
35	11,67	8,27– 15,86	7,32– 17,18	8,75	6,17– 11,97	5,45– 12,99	7,00	4,92– 9,61	4,35– 10,44	5,83	4,10– 8,03	3,61– 8,72
36	12,00	8,55– 16,24	7,59– 17,57	9,00	6,38– 12,25	5,65– 13,28	7,20	5,09– 9,84	4,51– 10,67	6,00	4,24– 8,22	3,75– 8,92
37	12,33	8,84– 16,61	7,86– 17,95	9,25	6,60– 12,53	5,86– 13,57	7,40	5,26– 10,06	4,67– 10,91	6,17	4,38– 8,41	3,88– 9,12
38	12,67	9,13– 16,98	8,13– 18,34	9,50	6,81– 12,82	6,06– 13,86	7,60	5,43– 10,29	4,83– 11,14	6,33	4,52– 8,60	4,01– 9,31
39	13,00	9,42– 17,35	8,41– 18,72	9,75	7,03– 13,10	6,26– 14,15	7,80	5,61– 10,52	4,99– 11,38	6,50	4,66– 8,79	4,15– 9,51
40	13,33	9,71– 17,72	8,68– 19,10	10,00	7,24– 13,38	6,47– 14,44	8,00	5,78– 10,74	5,15– 11,61	6,67	4,81– 8,97	4,28– 9,71
41	13,67	10,00– 18,09	8,96– 19,48	10,25	7,46– 13,66	6,67– 14,73	8,20	5,95– 10,97	5,32– 11,84	6,83	4,95– 9,16	4,42– 9,90
42	14,00	10,29– 18,46	9,23– 19,86	10,50	7,68– 13,94	6,88– 15,02	8,40	6,12– 11,19	5,48– 12,08	7,00	5,09– 9,35	4,55– 10,10
43	14,33	10,58– 18,83	9,51– 20,24	10,75	7,89– 14,21	7,08– 15,31	8,60	6,30– 11,42	5,64– 12,31	7,17	5,24– 9,54	4,69– 10,29
44	14,67	10,87– 19,20	9,79– 20,62	11,00	8,11– 14,49	7,29– 15,59	8,80	6,47– 11,64	5,81– 12,54	7,33	5,38– 9,73	4,83– 10,48
45	15,00	11,16– 19,56	10,07– 20,99	11,25	8,33– 14,77	7,50– 15,88	9,00	6,64– 11,86	5,97– 12,77	7,50	5,52– 9,91	4,96– 10,68
46	15,33	11,46– 19,93	10,35– 21,37	11,50	8,55– 15,05	7,71– 16,17	9,20	6,82– 12,09	6,14– 13,00	7,67	5,67– 10,10	5,10– 10,87
47	15,67	11,75– 20,29	10,63– 21,74	11,75	8,77– 15,33	7,92– 16,45	9,40	6,99– 12,31	6,31– 13,23	7,83	5,81– 10,29	5,24– 11,06
48	16,00	12,05– 20,66	10,92– 22,12	12,00	8,99– 15,60	8,13– 16,74	9,60	7,17– 12,53	6,47– 13,46	8,00	5,96– 10,47	5,38– 11,26
49	16,33	12,34– 21,02	11,20– 22,49	12,25	9,21– 15,88	8,34– 17,02	9,80	7,34– 12,76	6,64– 13,69	8,17	6,10– 10,66	5,52– 11,45
50	16,67	12,64– 21,39	11,48– 22,86	12,50	9,43– 16,15	8,55– 17,30	10,00	7,52– 12,98	6,81– 13,92	8,33	6,25– 10,84	5,66– 11,64
60	20,00	15,63– 24,99	14,37– 26,55	15,00	11,65– 18,89	10,68– 20,11	12,00	9,29– 15,18	8,50– 16,18	10,00	7,72– 12,69	7,06– 13,54
70	23,33	18,68– 28,55	17,32– 30,16	17,50	13,91– 21,59	12,86– 22,87	14,00	11,08– 17,36	10,23– 18,42	11,67	9,21– 14,51	8,50– 15,41
80	26,67	21,76– 32,06	20,32– 33,73	20,00	16,20– 24,27	15,08– 25,60	16,00	12,90– 19,52	11,99– 20,62	13,33	10,72– 16,32	9,95– 17,26
90	30,00	24,89– 35,54	23,37– 37,25	22,50	18,51– 26,92	17,33– 28,30	18,00	14,74– 21,66	13,77– 22,80	15,00	12,24– 18,12	11,43– 19,09
100	33,33	28,04– 38,99	26,46– 40,73	25,00	20,84– 29,55	19,61– 30,96	20,00	16,59– 23,78	15,58– 24,97	16,67	13,78– 19,90	12,92– 20,91
110	36,67	31,22– 42,40	29,59– 44,17	27,50	23,19– 32,16	21,91– 33,61	22,00	18,45– 25,90	17,40– 27,11	18,33	15,32– 21,67	14,43– 22,71
120	40,00	34,44– 45,79	32,76– 47,57	30,00	25,56– 34,76	24,23– 36,23	24,00	20,33– 28,00	19,23– 29,24	20,00	16,87– 23,43	15,95– 24,51
130	43,33	37,67– 49,15	35,97– 50,93	32,50	27,94– 37,34	26,57– 38,83	26,00	22,21– 30,08	21,08– 31,35	21,67	18,44– 25,19	17,47– 26,28
140	46,67	40,94– 52,49	39,20– 54,27	35,00	30,34– 39,90	28,94– 41,41	28,00	24,11– 32,16	22,95– 33,45	23,33	20,01– 26,93	19,01– 28,05
150	50,00	44,21– 55,79	42,45– 57,55	37,50	32,75– 42,45	31,32– 43,98	30,00	26,02– 34,23	24,82– 35,54	25,00	21,59– 28,67	20,56– 29,81
160	53,33	47,51– 59,06	45,73– 60,80	40,00	35,18– 44,99	33,72– 46,52	32,00	27,94– 36,29	26,71– 37,62	26,67	23,17– 30,40	22,12– 31,56
170	56,67	50,85– 62,33	49,07– 64,03	42,50	37,62– 47,51	36,14– 49,05	34,00	29,86– 38,34	28,61– 39,68	28,33	24,76– 32,13	23,69– 33,31
180	60,00	54,21– 65,56	52,43– 67,24	45,00	40,07– 50,03	38,57– 51,57	36,00	31,80– 40,38	30,52– 41,74	30,00	26,36– 33,84	25,26– 35,04
190	63,33	57,60– 68,78	55,83– 70,41	47,50	42,53– 52,52	41,02– 54,06	38,00	33,74– 42,42	32,45– 43,78	31,67	27,97– 35,56	26,85– 36,77
200	66,67	61,01– 71,96	59,27– 73,54	50,00	45,00– 55,00	43,47– 56,53	40,00	35,69– 44,45	34,38– 45,82	33,33	29,58– 37,27	28,44– 38,49
210	70,00	64,46– 75,11	62,75– 76,63	52,50	47,48– 57,47	45,94– 58,98	42,00	37,64– 46,47	36,32– 47,84	35,00	31,19– 38,97	30,03– 40,20	
220	73,33	67,94– 78,24	66,27– 79,68	55,00	49,97– 59,93	48,43– 61,43	44,00	39,61– 48,48	38,27– 49,86	36,67	32,81– 40,67	31,64– 41,90	
230	76,67	71,45– 81,32	69,84– 82,68	57,50	52,49– 62,38	50,95– 63,86	46,00	41,58– 50,48	40,23– 51,86	38,33	34,43– 42,36	33,25– 43,60	
240	80,00	75,01– 84,37	73,45– 85,63	60,00	55,01– 64,82	53,48– 66,28	48,00	43,56– 52,48	42,20– 53,86	40,00	36,06– 44,05	34,86– 45,30	
250	83,33	78,61– 87,36	77,14– 88,52	62,50	57,55– 67,25	56,02– 68,68	50,00	45,54– 54,46	44,17– 55,83	41,67	37,70– 45,73	36,49– 46,98	
260	86,67	82,28– 90,29	80,90– 91,32	65,00	60,10– 69,66	58,59– 71,06	52,00	47,52– 56,44	46,14– 57,80	43,33	39,34– 47,41	38,11– 48,66	
270	90,00	86,02– 93,15	84,76– 94,02	67,50	62,66– 72,06	61,17– 73,43	54,00	49,52– 58,42	48,14– 59,77	45,00	40,98– 49,08	39,75– 50,34	
280	93,33	89,88– 95,88	88,78– 96,56	70,00	65,24– 74,44	63,77– 75,77	56,00	51,52– 60,39	50,14– 61,73	46,67	42,63– 50,75	41,39– 52,01	
290	96,67	93,93– 98,40	93,06– 98,81	72,50	67,84– 76,81	66,39– 78,09	58,00	53,53– 62,36	52,16– 63,68	48,33	44,28– 52,42	43,03– 53,67	
300	*100,00*	*98,78–100,00*	*98,25–100,00*	75,00	70,45– 79,16	69,04– 80,39	60,00	55,55– 64,31	54,18– 65,62	50,00	45,93– 54,07	44,68– 55,32	
310				77,50	73,08– 81,49	71,70– 82,67	62,00	57,58– 66,26	56,22– 67,55	51,67	47,58– 55,72	46,33– 56,97	
320				80,00	75,73– 83,80	74,40– 84,92	64,00	59,62– 68,20	58,26– 69,48	53,33	49,25– 57,37	47,99– 58,61	
330				82,50	78,41– 86,09	77,13– 87,14	66,00	61,66– 70,14	60,32– 71,39	55,00	50,92– 59,02	49,66– 60,25	
340				85,00	81,11– 88,35	79,89– 89,32	68,00	63,71– 72,06	62,38– 73,29	56,67	52,59– 60,66	51,34– 61,89	
350				87,50	83,85– 90,57	82,70– 91,45	70,00	65,77– 73,98	64,46– 75,18	58,33	54,27– 62,30	53,02– 63,51	
360				90,00	86,62– 92,76	85,56– 93,53	72,00	67,84– 75,89	66,55– 77,05	60,00	55,95– 63,94	54,70– 65,14	
370				92,50	89,46– 94,88	88,49– 95,54	74,00	69,92– 77,79	68,65– 78,92	61,67	57,64– 65,57	56,40– 66,75	
380				95,00	92,37– 96,92	91,53– 97,43	76,00	72,00– 79,67	70,76– 80,77	63,33	59,33– 67,19	58,10– 68,36	
390				97,50	95,43– 98,80	94,77– 99,11	78,00	74,10– 81,55	72,89– 82,60	65,00	61,03– 68,81	59,80– 69,97	
400				*100,00*	*99,08–100,00*	*98,68–100,00*	80,00	76,22– 83,41	75,03– 84,42	66,67	62,73– 70,42	61,51– 71,56	
410							82,00	78,34– 85,26	77,20– 86,23	68,33	64,44– 72,03	63,23– 73,15	
420							84,00	80,48– 87,10	79,38– 88,01	70,00	66,16– 73,64	64,96– 74,74	
430							86,00	82,64– 88,92	81,58– 89,77	71,67	67,87– 75,24	66,69– 76,31	
440							88,00	84,82– 90,71	83,82– 91,50	73,33	69,60– 76,83	68,44– 77,88	
450							90,00	87,02– 92,48	86,08– 93,19	75,00	71,33– 78,41	70,19– 79,44	
460							92,00	89,26– 94,22	88,39– 94,85	76,67	73,07– 79,99	71,95– 80,99	
470							94,00	91,54– 95,92	90,75– 96,44	78,33	74,81– 81,56	73,72– 82,53	
480							96,00	93,88– 97,54	93,20– 97,95	80,00	76,57– 83,13	75,49– 84,05	
490							98,00	96,34– 99,04	95,80– 99,29	81,67	78,33– 84,68	77,29– 85,57	
500							*100,00*	*99,26–100,00*	*98,95–100,00*	83,33	80,10– 86,22	79,09– 87,08	
510										85,00	81,88– 87,76	80,91– 88,57	
520										86,67	83,68– 89,28	82,74– 90,05	
530										88,33	85,49– 90,79	84,59– 91,50	
540										90,00	87,31– 92,28	86,46– 92,94	
550										91,67	89,16– 93,75	88,36– 94,34	

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche, x = Anzahl der Erfolge usw., $100\,p_x = 100\,x/N$

Die kursiven Grenzen sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet. Interpolation siehe Textteil

x	$N = 700$			$N = 800$			$N = 900$			$N = 1000$		
	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$	$100\,p_x$	100 (1 − 2α)-Grenzen 95% $100\,p_l$ $100\,p_r$	99% $100\,p_l$ $100\,p_r$
0	*0,00*	*0,00– 0,53*	*0,00– 0,75*	*0,00*	*0,00– 0,46*	*0,00– 0,66*	*0,00*	*0,00– 0,41*	*0,00– 0,59*	*0,00*	*0,00– 0,37*	*0,00– 0,53*
1	*0,14*	*0,00– 0,79*	*0,00– 1,06*	*0,13*	*0,00– 0,69*	*0,00– 0,93*	*0,11*	*0,00– 0,62*	*0,00– 0,82*	*0,10*	*0,00– 0,56*	*0,00– 0,74*
2	*0,29*	*0,03– 1,03*	*0,01– 1,32*	*0,25*	*0,03– 0,90*	*0,01– 1,15*	*0,22*	*0,03– 0,80*	*0,01– 1,03*	*0,20*	*0,02– 0,72*	*0,01– 0,92*
3	*0,43*	*0,09– 1,25*	*0,05– 1,56*	*0,38*	*0,08– 1,09*	*0,04– 1,37*	*0,33*	*0,07– 0,97*	*0,04– 1,21*	*0,30*	*0,06– 0,87*	*0,03– 1,09*
4	*0,57*	*0,16– 1,46*	*0,10– 1,79*	*0,50*	*0,14– 1,28*	*0,08– 1,57*	*0,44*	*0,12– 1,13*	*0,07– 1,39*	*0,40*	*0,11– 1,02*	*0,07– 1,25*
5	0,71	0,23– 1,67	0,13– 1,98	0,63	0,20– 1,46	0,11– 1,74	0,56	0,18– 1,30	0,10– 1,54	0,50	0,16– 1,17	0,09– 1,39
6	0,86	0,31– 1,87	0,19– 2,20	0,75	0,27– 1,64	0,17– 1,92	0,67	0,24– 1,45	0,15– 1,71	0,60	0,22– 1,31	0,14– 1,54
7	1,00	0,40– 2,06	0,26– 2,40	0,88	0,35– 1,80	0,23– 2,11	0,78	0,31– 1,60	0,21– 1,87	0,70	0,28– 1,44	0,18– 1,69
8	1,14	0,49– 2,25	0,34– 2,61	1,00	0,43– 1,97	0,30– 2,28	0,89	0,38– 1,75	0,26– 2,03	0,80	0,34– 1,58	0,24– 1,83
9	1,29	0,59– 2,44	0,42– 2,81	1,13	0,51– 2,13	0,37– 2,46	1,00	0,45– 1,90	0,33– 2,19	0,90	0,41– 1,71	0,29– 1,97
10	1,43	0,68– 2,62	0,50– 3,01	1,25	0,60– 2,30	0,44– 2,63	1,11	0,53– 2,04	0,39– 2,34	1,00	0,48– 1,84	0,35– 2,11
11	1,57	0,78– 2,80	0,59– 3,20	1,38	0,68– 2,46	0,52– 2,80	1,22	0,61– 2,18	0,46– 2,49	1,10	0,55– 1,97	0,41– 2,25
12	1,71	0,89– 2,98	0,68– 3,39	1,50	0,77– 2,61	0,60– 2,97	1,33	0,69– 2,32	0,53– 2,64	1,20	0,62– 2,09	0,48– 2,38
13	1,86	0,99– 3,16	0,77– 3,58	1,63	0,87– 2,77	0,68– 3,14	1,44	0,77– 2,46	0,60– 2,79	1,30	0,69– 2,22	0,54– 2,51
14	2,00	1,09– 3,34	0,87– 3,77	1,75	0,96– 2,93	0,76– 3,30	1,56	0,85– 2,60	0,67– 2,94	1,40	0,77– 2,34	0,60– 2,65
15	2,14	1,20– 3,52	0,96– 3,96	1,88	1,05– 3,08	0,84– 3,47	1,67	0,93– 2,74	0,75– 3,09	1,50	0,84– 2,47	0,67– 2,78
16	2,29	1,31– 3,69	1,06– 4,15	2,00	1,14– 3,23	0,92– 3,63	1,78	1,02– 2,88	0,82– 3,23	1,60	0,92– 2,59	0,74– 2,91
17	2,43	1,42– 3,87	1,16– 4,33	2,13	1,24– 3,39	1,01– 3,79	1,89	1,10– 3,01	0,90– 3,37	1,70	0,99– 2,71	0,81– 3,04
18	2,57	1,53– 4,04	1,26– 4,51	2,25	1,34– 3,54	1,10– 3,95	2,00	1,19– 3,15	0,98– 3,52	1,80	1,07– 2,84	0,88– 3,17
19	2,71	1,64– 4,21	1,36– 4,69	2,38	1,43– 3,69	1,19– 4,11	2,11	1,27– 3,28	1,05– 3,66	1,90	1,15– 2,96	0,95– 3,30
20	2,86	1,75– 4,39	1,46– 4,87	2,50	1,53– 3,84	1,28– 4,27	2,22	1,36– 3,42	1,13– 3,80	2,00	1,22– 3,08	1,02– 3,42
21	3,00	1,86– 4,56	1,56– 5,05	2,63	1,63– 3,99	1,37– 4,43	2,33	1,45– 3,55	1,21– 3,94	2,10	1,30– 3,20	1,09– 3,55
22	3,14	1,98– 4,73	1,67– 5,23	2,75	1,73– 4,14	1,46– 4,58	2,44	1,54– 3,68	1,29– 4,08	2,20	1,38– 3,32	1,16– 3,67
23	3,29	2,09– 4,90	1,77– 5,41	2,88	1,83– 4,29	1,55– 4,74	2,56	1,63– 3,82	1,38– 4,22	2,30	1,46– 3,44	1,24– 3,80
24	3,43	2,21– 5,07	1,88– 5,59	3,00	1,93– 4,44	1,64– 4,90	2,67	1,71– 3,95	1,46– 4,36	2,40	1,54– 3,55	1,31– 3,92
25	3,57	2,32– 5,23	1,99– 5,76	3,13	2,03– 4,58	1,74– 5,05	2,78	1,80– 4,08	1,54– 4,49	2,50	1,62– 3,67	1,39– 4,05
26	3,71	2,44– 5,40	2,09– 5,94	3,25	2,13– 4,73	1,83– 5,20	2,89	1,89– 4,21	1,62– 4,63	2,60	1,70– 3,79	1,46– 4,17
27	3,86	2,56– 5,57	2,20– 6,11	3,38	2,23– 4,88	1,92– 5,36	3,00	1,99– 4,34	1,71– 4,77	2,70	1,79– 3,91	1,54– 4,29
28	4,00	2,67– 5,74	2,31– 6,29	3,50	2,34– 5,02	2,02– 5,51	3,11	2,08– 4,47	1,79– 4,90	2,80	1,87– 4,03	1,61– 4,42
29	4,14	2,79– 5,90	2,42– 6,46	3,63	2,44– 5,17	2,12– 5,66	3,22	2,17– 4,60	1,88– 5,04	2,90	1,95– 4,14	1,69– 4,54
30	4,29	2,91– 6,07	2,53– 6,64	3,75	2,54– 5,32	2,21– 5,81	3,33	2,26– 4,73	1,96– 5,17	3,00	2,03– 4,26	1,77– 4,66
31	4,43	3,03– 6,23	2,64– 6,81	3,88	2,65– 5,46	2,31– 5,97	3,44	2,35– 4,86	2,05– 5,31	3,10	2,12– 4,38	1,84– 4,78
32	4,57	3,15– 6,40	2,75– 6,98	4,00	2,75– 5,61	2,41– 6,12	3,56	2,44– 4,99	2,14– 5,44	3,20	2,20– 4,49	1,92– 4,90
33	4,71	3,27– 6,56	2,87– 7,15	4,13	2,86– 5,75	2,50– 6,27	3,67	2,54– 5,12	2,22– 5,58	3,30	2,28– 4,61	2,00– 5,02
34	4,86	3,39– 6,73	2,98– 7,32	4,25	2,96– 5,89	2,60– 6,42	3,78	2,63– 5,24	2,31– 5,71	3,40	2,37– 4,72	2,08– 5,14
35	5,00	3,51– 6,89	3,09– 7,49	4,38	3,07– 6,04	2,70– 6,57	3,89	2,72– 5,37	2,40– 5,84	3,50	2,45– 4,84	2,16– 5,26
36	5,14	3,63– 7,05	3,21– 7,66	4,50	3,17– 6,18	2,80– 6,72	4,00	2,82– 5,50	2,49– 5,98	3,60	2,53– 4,95	2,24– 5,38
37	5,29	3,75– 7,22	3,32– 7,83	4,63	3,28– 6,32	2,90– 6,86	4,11	2,91– 5,63	2,58– 6,11	3,70	2,62– 5,07	2,32– 5,50
38	5,43	3,87– 7,38	3,43– 8,00	4,75	3,38– 6,47	3,00– 7,01	4,22	3,00– 5,75	2,66– 6,24	3,80	2,70– 5,18	2,40– 5,62
39	5,57	3,99– 7,54	3,55– 8,17	4,88	3,49– 6,61	3,10– 7,16	4,33	3,10– 5,88	2,75– 6,37	3,90	2,79– 5,30	2,48– 5,74
40	5,71	4,11– 7,71	3,66– 8,34	5,00	3,60– 6,75	3,20– 7,31	4,44	3,19– 6,01	2,84– 6,50	4,00	2,87– 5,41	2,56– 5,86
41	5,86	4,24– 7,87	3,78– 8,51	5,13	3,70– 6,89	3,30– 7,46	4,56	3,29– 6,13	2,93– 6,64	4,10	2,96– 5,53	2,64– 5,98
42	6,00	4,36– 8,03	3,90– 8,67	5,25	3,81– 7,04	3,40– 7,60	4,67	3,38– 6,26	3,02– 6,77	4,20	3,04– 5,64	2,72– 6,10
43	6,14	4,48– 8,19	4,01– 8,84	5,38	3,92– 7,18	3,51– 7,75	4,78	3,48– 6,39	3,11– 6,90	4,30	3,13– 5,75	2,80– 6,21
44	6,29	4,60– 8,35	4,13– 9,01	5,50	4,02– 7,32	3,61– 7,90	4,89	3,57– 6,51	3,20– 7,03	4,40	3,21– 5,87	2,88– 6,33
45	6,43	4,73– 8,51	4,25– 9,17	5,63	4,13– 7,46	3,71– 8,04	5,00	3,67– 6,64	3,29– 7,16	4,50	3,30– 5,98	2,96– 6,45
46	6,57	4,85– 8,67	4,36– 9,34	5,75	4,24– 7,60	3,81– 8,19	5,11	3,77– 6,76	3,39– 7,29	4,60	3,39– 6,09	3,04– 6,57
47	6,71	4,98– 8,83	4,48– 9,51	5,88	4,35– 7,74	3,92– 8,33	5,22	3,86– 6,89	3,48– 7,42	4,70	3,47– 6,20	3,13– 6,68
48	6,86	5,10– 8,99	4,60– 9,67	6,00	4,46– 7,88	4,02– 8,48	5,33	3,96– 7,01	3,57– 7,55	4,80	3,56– 6,32	3,21– 6,80
49	7,00	5,22– 9,15	4,72– 9,84	6,13	4,57– 8,02	4,12– 8,62	5,44	4,05– 7,14	3,66– 7,68	4,90	3,65– 6,43	3,29– 6,92
50	7,14	5,35– 9,31	4,84–10,00	6,25	4,67– 8,16	4,23– 8,77	5,56	4,15– 7,26	3,75– 7,80	5,00	3,73– 6,54	3,37– 7,03
60	8,57	6,61–10,90	6,04–11,64	7,50	5,77– 9,55	5,28–10,20	6,67	5,13– 8,50	4,68– 9,08	6,00	4,61– 7,66	4,21– 8,19
70	10,00	7,88–12,47	7,27–13,25	8,75	6,89–10,93	6,34–11,62	7,78	6,11– 9,73	5,63–10,35	7,00	5,50– 8,76	5,06– 9,32
80	11,43	9,17–14,03	8,51–14,84	10,00	8,01–12,29	7,43–13,02	8,89	7,11–10,94	6,59–11,59	8,00	6,40– 9,86	5,93–10,45
90	12,86	10,47–15,57	9,77–16,42	11,25	9,15–13,65	8,53–14,41	10,00	8,12–12,15	7,57–12,83	9,00	7,30–10,95	6,80–11,57
100	14,29	11,78–17,10	11,04–17,99	12,50	10,29–15,00	9,64–15,78	11,11	9,13–13,35	8,55–14,06	10,00	8,21–12,03	7,69–12,67
110	15,71	13,10–18,63	12,32–19,54	13,75	11,44–16,34	10,76–17,15	12,22	10,15–14,54	9,54–15,28	11,00	9,13–13,11	8,58–13,77
120	17,14	14,43–20,15	13,62–21,09	15,00	12,60–17,67	11,89–18,51	13,33	11,18–15,73	10,54–16,49	12,00	10,05–14,18	9,47–14,87
130	18,57	15,76–21,66	14,92–22,62	16,25	13,76–19,00	13,02–19,86	14,44	12,21–16,92	11,55–17,69	13,00	10,98–15,25	10,38–15,95
140	20,00	17,10–23,16	16,23–24,15	17,50	14,93–20,32	14,16–21,20	15,56	13,25–18,09	12,56–18,89	14,00	11,91–16,31	11,29–17,03
150	21,43	18,45–24,66	17,55–25,67	18,75	16,11–21,63	15,31–22,54	16,67	14,29–19,27	13,58–20,08	15,00	12,84–17,37	12,20–18,11
160	22,86	19,80–26,15	18,88–27,18	20,00	17,28–22,95	16,47–23,87	17,78	15,34–20,44	14,60–21,27	16,00	13,78–18,42	13,12–19,18
170	24,29	21,16–27,64	20,21–28,69	21,25	18,47–24,25	17,63–25,19	18,89	16,38–21,60	15,63–22,46	17,00	14,72–19,48	14,04–20,25
180	25,71	22,52–29,12	21,55–30,19	22,50	19,65–25,56	18,80–26,51	20,00	17,44–22,77	16,66–23,63	18,00	15,67–20,53	14,97–21,32
190	27,14	23,88–30,60	22,90–31,68	23,75	20,84–26,86	19,97–27,83	21,11	18,49–23,93	17,70–24,81	19,00	16,61–21,57	15,90–22,38
200	28,57	25,25–32,08	24,25–33,17	25,00	22,04–28,15	21,14–29,14	22,22	19,55–25,08	18,74–25,98	20,00	17,56–22,64	16,83–23,44
210	30,00	26,63–33,55	25,61–34,65	26,25	23,23–29,45	22,32–30,44	23,33	20,61–26,24	19,79–27,15	21,00	18,52–23,66	17,77–24,49
220	31,43	28,01–35,01	26,97–36,13	27,50	24,44–30,74	23,51–31,75	24,44	21,67–27,39	20,83–28,31	22,00	19,47–24,70	18,71–25,54
230	32,86	29,39–36,48	28,34–37,60	28,75	25,64–32,03	24,70–33,05	25,56	22,74–28,54	21,88–29,47	23,00	20,43–25,74	19,65–26,59
240	34,29	30,78–37,94	29,71–39,07	30,00	26,85–33,31	25,89–34,34	26,67	23,81–29,69	22,94–30,63	24,00	21,39–26,77	20,59–27,64
250	35,71	32,17–39,39	31,09–40,53	31,25	28,05–34,59	27,08–35,63	27,78	24,88–30,83	24,00–31,78	25,00	22,35–27,81	21,54–28,68
260	37,14	33,56–40,84	32,47–41,99	32,50	29,27–35,87	28,28–36,92	28,89	25,95–31,97	25,06–32,93	26,00	23,31–28,84	22,49–29,72
270	38,57	34,96–42,29	33,85–43,44	33,75	30,48–37,15	29,48–38,20	30,00	27,02–33,11	26,12–34,08	27,00	24,27–29,87	23,44–30,76
280	40,00	36,36–43,74	35,24–44,89	35,00	31,70–38,42	30,69–39,48	31,11	28,10–34,25	27,18–35,23	28,00	25,24–30,90	24,40–31,80
290	41,43	37,76–45,18	36,63–46,34	36,25	32,92–39,69	31,90–40,76	32,22	29,18–35,39	28,25–36,37	29,00	26,21–31,92	25,36–32,83
300	42,86	39,16–46,62	38,03–47,78	37,50	34,14–40,96	33,11–42,03	33,33	30,26–36,52	29,32–37,51	30,00	27,18–32,95	26,31–33,87
310	44,29	40,57–48,06	39,43–49,22	38,75	35,36–42,23	34,33–43,30	34,44	31,34–37,65	30,40–38,65	31,00	28,15–33,97	27,28–34,90
320	45,71	41,99–49,49	40,84–50,65	40,00	36,59–43,49	35,55–44,57	35,56	32,43–38,78	31,47–39,79	32,00	29,12–34,99	28,24–35,92
330	47,14	43,40–50,92	42,25–52,08	41,25	37,82–44,75	36,77–45,84	36,67	33,52–39,91	32,55–40,92	33,00	30,09–36,01	29,20–36,95
340	48,57	44,82–52,35	43,66–53,51	42,50	39,05–46,01	37,99–47,10	37,78	34,60–41,04	33,63–42,05	34,00	31,07–37,03	30,17–37,97
350	50,00	46,24–53,76	45,07–54,93	43,75	40,28–47,27	39,22–48,36	38,89	35,69–42,16	34,71–43,18	35,00	32,05–38,05	31,14–39,00
360	51,43	47,65–55,18	46,49–56,34	45,00	41,52–48,52	40,45–49,61	40,00	36,79–43,29	35,80–44,30	36,00	33,02–39,06	32,11–40,02
370	52,86	49,08–56,60	47,92–57,75	46,25	42,76–49,78	41,68–50,87	41,11	37,88–44,41	36,89–45,43	37,00	34,00–40,08	33,09–41,03
380	54,29	50,51–58,01	49,35–59,16	47,50	44,00–51,03	42,92–52,12	42,22	38,97–45,53	37,98–46,55	38,00	34,98–41,09	34,06–42,05
390	55,71	51,94–59,43	50,78–60,57	48,75	45,24–52,28	44,16–53,36	43,33	40,07–46,64	39,07–47,67	39,00	35,97–42,10	35,04–43,07
400	57,14	53,38–60,84	52,22–61,97	50,00	46,49–53,51	45,39–54,61	44,44	41,17–47,76	40,16–48,79	40,00	36,95–43,11	36,01–44,08
410	58,57	54,82–62,24	53,66–63,37	51,25	47,72–54,76	46,64–55,84	45,56	42,27–48,88	41,26–49,90	41,00	37,94–44,12	36,99–45,09
420	60,00	56,26–63,64	55,11–64,76	52,50	48,97–56,00	47,88–57,08	46,67	43,37–49,99	42,36–51,02	42,00	38,92–45,13	37,98–46,10
430	61,43	57,71–65,04	56,56–66,15	53,75	50,22–57,24	49,13–58,32	47,78	44,48–51,10	43,46–52,13	43,00	39,91–46,14	38,96–47,11
440	62,86	59,16–66,44	58,01–67,53	55,00	51,48–58,48	50,39–59,55	48,89	45,58–52,21	44,56–53,24	44,00	40,90–47,14	39,95–48,11
450	64,29	60,61–67,83	59,47–68,91	56,25	52,73–59,72	51,64–60,78	50,00	46,69–53,31	45,66–54,34	45,00	41,89–48,15	40,93–49,12
460	65,71	62,06–69,22	60,93–70,29	57,50	53,99–60,95	52,90–62,01	51,11	47,79–54,42	46,76–55,44	46,00	42,88–49,15	41,92–50,12
470	67,14	63,52–70,61	62,40–71,66	58,75	55,25–62,18	54,16–63,23	52,22	48,90–55,52	47,87–56,54	47,00	43,87–50,15	42,91–51,12
480	68,57	64,99–71,99	63,87–73,03	60,00	56,51–63,41	55,43–64,45	53,33	50,01–56,63	48,98–57,64	48,00	44,87–51,15	43,90–52,12
490	70,00	66,45–73,37	65,35–74,39	61,25	57,77–64,64	56,70–65,67	54,44	51,12–57,73	50,10–58,74	49,00	45,86–52,15	44,90–53,12
500	71,43	67,92–74,75	66,83–75,75	62,50	59,04–65,86	57,97–66,89	55,56	52,24–58,83	51,21–59,84	50,00	46,85–53,15	45,88–54,12
510	72,86	69,40–76,12	68,32–77,10	63,75	60,31–67,08	59,24–68,10	56,67	53,36–59,93	52,33–60,93	51,00	47,85–54,14	46,88–55,10
520	74,29	70,88–77,48	69,81–78,45	65,00	61,58–68,30	60,52–69,31	57,78	54,47–61,03	53,45–62,02	52,00	48,85–55,13	47,88–56,10
530	75,71	72,36–78,84	71,31–79,79	66,25	62,85–69,52	61,80–70,52	58,89	55,59–62,12	54,57–63,11	53,00	49,85–56,13	48,88–57,09
540	77,14	73,85–80,20	72,82–81,12	67,50	64,13–70,73	63,08–71,72	60,00	56,71–63,21	55,70–64,20	54,00	50,85–57,12	49,88–58,08
550	78,57	75,34–81,55	74,33–82,45	68,75	65,41–71,95	64,37–72,92	61,11	57,84–64,31	56,82–65,29	55,00	51,85–58,11	50,88–59,07

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche

Vertrauensgrenzen für Binomialverteilung Prob $[x_l < Np < x_r] \geqq 1 - 2\alpha$, für Quantile von stetigen Verteilungen Prob $[(x_l + 1) < Np < x_r] \geqq 1 - 2\alpha$

Das Fehlen einer signifikanten Schranke auf einer Seite ist durch einen Punkt, auf beiden Seiten durch einen isolierten Strich gekennzeichnet

$p =$	0,05		0,10		0,15		0,20		0,25		0,30		0,35		0,40		0,45		0,50	
$2\alpha =$	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01
N	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$	$x_l\ x_r$
5	•– 2	•– 3	•– 3	•– 4	•– 4	•– 4	•– 4	•– 5	•– 4	•– 5	•– 5	•– 5	•– 5	—	•– 5	—	•– 5	—	—	—
6	•– 3	•– 3	•– 3	•– 4	•– 4	•– 5	•– 4	•– 5	•– 5	•– 5	•– 5	•– 6	•– 5	•– 6	•– 6	•– 6	•– 6	—	0– 6	—
7	•– 3	•– 3	•– 4	•– 4	•– 4	•– 5	•– 5	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 6	•– 6	•– 7	•– 6	•– 7	0– 7	•– 7	0– 7	—
8	•– 3	•– 4	•– 4	•– 5	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 7	0– 7	•– 8	0– 7	•– 8	0– 8	0– 8
9	•– 3	•– 4	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 7	0– 7	•– 8	0– 8	•– 8	0– 8	0– 9	1– 8	0– 9
10	•– 3	•– 4	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 8	•– 8	0– 8	•– 9	1– 9	0– 9	1– 9	0–10
11	•– 3	•– 4	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 7	•– 8	0– 8	•– 9	0– 9	0–10	1– 9	0–10	1–10	0–11
12	•– 3	•– 4	•– 5	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 8	•– 9	0– 9	•–10	1– 9	0–10	1–10	0–11	2–10	1–11
13	•– 3	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 7	•– 9	0– 8	•– 9	0– 9	0–10	1–10	0–11	1–10	1–11	2–11	1–12
14	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 8	•– 9	0– 9	•–10	1– 9	0–11	1–10	0–11	2–11	1–12	2–12	1–13
15	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 8	•– 9	0– 9	0–10	1–10	0–11	1–11	0–12	2–12	1–13	3–12	2–13
16	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	•– 8	•– 8	•– 9	0– 9	•–10	0–10	0–11	1–10	0–12	2–11	1–12	2–12	1–13	3–13	2–14
17	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	0– 8	•– 9	0– 9	•–10	1–10	0–11	1–11	0–12	2–12	1–13	3–13	2–14	4–13	2–15
18	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 8	•– 9	0– 9	•–11	1–10	0–12	2–11	1–13	2–12	1–14	3–13	2–14	4–14	3–15
19	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	0– 8	•–10	0–10	0–11	1–11	0–12	2–12	1–13	3–13	1–14	3–14	2–15	4–15	3–16
20	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9	0– 9	•–10	1–10	0–11	1–11	0–13	2–12	1–14	3–13	2–15	4–14	3–16	5–15	3–17
21	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	0– 9	•–10	1–10	0–12	1–12	0–13	2–13	1–14	3–14	2–15	4–15	3–16	5–16	4–17
22	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	0– 9	•–11	1–11	0–12	2–12	1–13	3–13	1–15	3–14	2–16	4–15	3–17	5–17	4–18
23	•– 5	•– 5	•– 6	•– 8	0– 8	•– 9	0–10	•–11	1–11	0–12	2–12	1–14	3–14	2–15	4–15	2–16	5–16	3–17	6–17	4–19
24	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	0– 8	•–10	0–10	0–11	1–11	0–13	2–13	1–14	3–14	2–16	4–15	3–17	5–17	4–18	6–18	5–19
25	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	0– 9	•–10	0–10	0–12	1–12	0–13	2–13	1–15	3–15	2–16	4–16	3–17	5–17	4–19	7–18	5–20
26	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	0– 9	•–10	1–10	0–12	1–12	0–14	2–14	1–15	4–15	2–17	5–16	3–18	6–18	4–19	7–19	6–20
27	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	0– 9	•–10	1–11	0–12	2–12	1–14	3–14	1–15	4–15	2–17	5–17	4–18	6–18	5–20	7–20	6–21
28	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	0– 9	•–11	1–11	0–12	2–13	1–14	3–14	2–16	4–16	3–17	5–17	4–19	7–19	5–20	8–20	6–22
29	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	0– 9	•–11	1–11	0–13	2–13	1–15	3–15	2–16	4–16	3–18	6–18	4–19	7–19	5–21	8–21	7–22
30	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	0–10	•–11	1–12	0–13	2–13	1–15	3–15	2–17	5–17	3–18	6–18	4–20	7–20	6–22	9–21	7–23
31	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	0–10	•–11	1–12	0–13	2–14	1–15	4–15	2–17	5–17	3–19	6–19	5–21	8–20	6–22	9–22	7–24
32	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	0–10	•–12	1–12	0–14	2–14	1–16	4–16	2–18	5–18	4–19	7–19	5–21	8–21	6–23	9–23	8–24
33	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	0–10	0–12	1–12	0–14	3–14	1–16	4–16	3–18	5–18	4–20	7–20	5–22	8–21	7–23	10–23	8–25
34	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	0–10	0–12	2–13	1–14	3–15	2–16	4–17	3–18	6–18	4–20	7–20	6–22	9–22	7–24	10–24	9–25
35	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	1–11	0–12	2–13	1–15	3–15	2–17	4–17	3–19	6–19	4–21	7–21	6–23	9–23	7–24	11–24	9–26
36	•– 6	•– 7	0– 8	•–10	1–11	0–12	2–13	1–15	3–15	2–17	5–17	3–19	6–19	5–21	8–21	6–23	9–23	8–25	11–25	9–27
37	•– 6	•– 7	0– 9	•–10	1–11	0–13	2–13	1–15	3–16	2–17	5–18	3–20	6–20	5–22	8–22	6–24	10–24	8–25	12–25	10–27
38	•– 6	•– 7	0– 9	•–10	1–11	0–13	2–14	1–15	4–16	2–18	5–18	4–20	7–20	5–22	8–22	7–24	10–24	8–26	12–26	10–28
39	•– 6	•– 7	0– 9	•–10	1–11	0–13	2–14	1–16	4–16	2–18	5–18	4–20	7–21	5–23	9–23	7–25	11–25	9–27	12–27	11–28
40	•– 6	•– 7	0– 9	•–11	1–12	0–13	2–14	1–16	4–17	3–18	6–19	4–21	7–21	6–23	9–23	7–25	11–25	9–27	13–27	11–29
41	•– 6	•– 7	0– 9	•–11	1–12	0–14	3–14	1–16	4–17	3–19	6–19	4–21	8–21	6–23	9–24	8–26	11–26	9–28	13–28	11–30
42	•– 6	•– 7	0– 9	•–11	1–12	0–14	3–15	1–17	4–17	3–19	6–20	4–22	8–22	6–24	10–24	8–26	12–26	10–28	14–28	12–30
43	•– 6	•– 8	0– 9	•–11	1–12	0–14	3–15	2–17	4–18	3–19	6–20	5–22	8–22	6–24	10–25	8–27	12–27	10–29	14–29	12–31
44	•– 6	•– 8	0–10	•–11	1–13	0–14	3–15	2–17	5–18	3–20	6–20	5–22	8–23	7–25	10–25	9–27	12–27	10–29	15–29	13–31
45	•– 6	•– 8	0–10	•–11	1–13	0–14	3–15	2–17	5–18	3–20	7–21	5–23	9–23	7–25	11–25	9–28	13–28	11–30	15–30	13–32
46	•– 7	•– 8	0–10	•–11	2–13	0–15	3–16	2–18	5–18	4–20	7–21	5–23	9–24	7–26	11–26	9–28	13–28	11–30	15–31	13–33
47	•– 7	•– 8	0–10	•–12	2–13	1–15	3–16	2–18	5–19	4–21	7–21	5–23	9–24	7–26	11–26	9–29	14–29	12–31	16–31	14–33
48	•– 7	•– 8	0–10	•–12	2–13	1–15	4–16	2–18	5–19	4–21	7–22	6–24	10–24	8–27	12–27	10–29	14–29	12–31	16–32	14–34
49	•– 7	•– 8	0–10	•–12	2–14	1–15	4–17	2–18	6–19	4–21	8–22	6–24	10–25	8–27	12–27	10–30	14–30	12–32	17–32	15–34
50	•– 7	•– 8	0–10	•–12	2–14	1–16	4–17	2–19	6–20	4–22	8–23	6–25	10–25	8–27	12–28	10–30	15–30	13–33	17–33	15–35
51	•– 7	•– 8	0–11	0–12	2–14	1–16	4–17	3–19	6–20	4–22	8–23	6–25	10–26	8–28	13–28	11–31	15–31	13–33	18–33	15–36
52	•– 7	•– 8	0–11	0–12	2–14	1–16	4–17	3–19	6–20	5–22	8–23	7–25	11–26	9–28	13–29	11–31	15–31	13–34	18–34	16–36
53	•– 7	•– 8	0–11	0–13	2–14	1–16	4–18	3–20	6–21	5–23	9–24	7–26	11–26	9–29	13–29	11–31	16–32	14–34	18–35	16–37
54	•– 7	•– 9	1–11	0–13	2–15	1–16	4–18	3–20	7–21	5–23	9–24	7–26	11–27	9–29	14–30	12–32	16–32	14–35	19–35	17–37
55	•– 7	•– 9	1–11	0–13	2–15	1–17	5–18	3–20	7–21	5–23	9–24	7–27	11–27	10–30	14–30	12–32	17–33	14–35	19–36	17–38
56	•– 7	•– 9	1–11	0–13	3–15	1–17	5–18	3–20	7–22	5–24	9–25	7–27	12–28	10–30	14–31	12–33	17–34	15–36	20–36	17–39
57	•– 7	•– 9	1–11	0–13	3–15	1–17	5–19	3–21	7–22	5–24	10–25	8–27	12–28	10–30	15–31	13–33	17–34	15–36	20–37	18–39
58	•– 8	•– 9	1–12	0–13	3–15	1–17	5–19	3–21	7–22	6–24	10–25	8–28	12–29	10–31	15–32	13–34	18–35	16–37	21–37	18–40
59	•– 8	•– 9	1–12	0–13	3–16	2–17	5–19	4–21	8–22	6–25	10–26	8–28	13–29	11–31	15–32	13–34	18–35	16–37	21–38	19–40
60	•– 8	•– 9	1–12	0–14	3–16	2–18	5–19	4–21	8–23	6–25	10–26	8–28	13–29	11–32	16–32	13–35	19–36	16–38	21–39	19–41
61	•– 8	•– 9	1–12	0–14	3–16	2–18	5–20	4–22	8–23	6–25	11–26	9–29	13–30	11–32	16–33	14–35	19–36	17–38	22–39	20–41
62	•– 8	•– 9	1–12	0–14	3–16	2–18	6–20	4–22	8–23	6–26	11–27	9–29	14–30	11–33	16–33	14–36	19–37	17–39	22–40	20–42
63	•– 8	•– 9	1–12	0–14	3–16	2–18	6–20	4–22	8–24	6–26	11–27	9–30	14–31	12–33	17–34	14–36	20–37	17–40	23–40	20–43
64	•– 8	•– 9	1–12	0–14	3–16	2–19	6–20	4–23	8–24	7–26	11–28	9–30	14–31	12–33	17–34	15–37	20–38	18–40	23–41	21–43
65	•– 8	•– 9	1–13	0–14	3–17	2–19	6–21	4–23	9–24	7–27	11–28	9–30	14–31	12–34	17–35	15–37	20–38	18–41	24–41	21–44
66	•– 8	•–10	1–13	0–15	4–17	2–19	6–21	5–23	9–25	7–27	12–28	10–31	15–32	12–34	18–35	15–38	21–39	18–41	24–42	22–44
67	•– 8	•–10	1–13	0–15	4–17	2–19	6–21	5–23	9–25	7–27	12–29	10–31	15–32	13–35	18–36	16–38	21–39	19–42	25–42	22–45
68	•– 8	•–10	1–13	0–15	4–17	2–19	6–21	5–24	9–25	7–28	12–29	10–31	15–33	13–35	18–36	16–39	22–40	19–42	25–43	22–46
69	•– 8	•–10	1–13	0–15	4–17	2–20	7–22	5–24	9–26	8–28	12–29	10–32	16–33	13–36	19–37	16–39	22–40	20–43	25–44	23–46
70	•– 8	•–10	2–13	0–15	4–18	3–20	7–22	5–24	10–26	8–28	13–30	11–32	16–33	14–36	19–37	17–40	22–41	20–43	26–44	23–47
71	•– 9	•–10	2–13	0–15	4–18	3–20	7–22	5–24	10–26	8–29	13–30	11–33	16–34	14–36	19–38	17–40	23–41	20–44	26–45	24–47
72	0– 9	•–10	2–14	1–15	4–18	3–20	7–22	5–25	10–26	8–29	13–30	11–33	16–34	14–37	20–38	17–41	23–42	21–44	27–45	24–48
73	0– 9	•–10	2–14	1–16	4–18	3–20	7–23	5–25	10–27	8–29	13–31	11–33	17–35	14–37	20–38	18–41	24–42	21–45	27–46	25–48
74	0– 9	•–10	2–14	1–16	4–18	3–21	7–23	6–25	10–27	8–29	14–31	12–34	17–35	15–38	20–39	18–42	24–43	21–45	28–46	25–49
75	0– 9	•–10	2–14	1–16	5–19	3–21	8–23	6–25	11–27	9–30	14–31	12–34	17–35	15–38	21–39	18–42	24–43	22–46	28–47	25–50
76	0– 9	•–10	2–14	1–16	5–19	3–21	8–23	6–26	11–28	9–30	14–32	12–34	18–36	15–39	21–40	19–43	25–44	22–46	28–48	26–50
77	0– 9	•–10	2–14	1–16	5–19	3–21	8–24	6–26	11–28	9–30	14–32	12–35	18–36	16–39	21–40	19–43	25–44	23–47	29–48	26–51
78	0– 9	•–11	2–14	1–16	5–19	3–21	8–24	6–26	11–28	9–31	15–32	12–35	18–37	16–39	22–41	19–43	26–45	23–47	29–49	27–51
79	0– 9	•–11	2–14	1–16	5–19	3–22	8–24	6–26	11–28	9–31	15–33	13–35	19–37	16–40	22–41	20–44	26–45	23–48	30–49	27–52
80	0– 9	•–11	2–15	1–17	5–20	4–22	8–24	6–27	12–29	10–31	15–33	13–36	19–37	16–40	23–42	20–44	26–46	24–48	30–50	28–52
81	0– 9	•–11	2–15	1–17	5–20	4–22	8–25	7–27	12–29	10–32	15–34	13–36	19–38	17–41	23–42	20–45	27–46	24–49	31–50	28–53
82	0– 9	•–11	2–15	1–17	5–20	4–22	9–25	7–27	12–29	10–32	16–34	13–37	19–38	17–41	23–43	21–45	27–47	24–50	31–51	28–54
83	0– 9	•–11	2–15	1–17	5–20	4–22	9–25	7–27	12–30	10–32	16–34	14–37	20–39	17–41	24–43	21–46	28–47	25–50	32–51	29–54
84	0– 9	•–11	2–15	1–17	6–20	4–23	9–25	7–28	12–30	10–33	16–35	14–37	20–39	17–42	24–43	21–46	28–48	25–51	32–52	29–55
85	0–10	•–11	3–15	1–17	6–20	4–23	9–25	7–28	13–30	11–33	16–35	14–38	20–39	18–42	24–44	22–47	28–48	26–51	32–53	30–55
86	0–10	•–11	3–15	1–17	6–21	4–23	9–26	7–28	13–31	11–33	17–35	14–38	21–40	18–43	25–44	22–47	29–49	26–52	33–53	30–56
87	0–10	•–11	3–16	1–18	6–21	4–23	9–26	7–28	13–31	11–34	17–36	15–38	21–40	18–43	25–45	22–48	29–49	26–52	33–54	31–56
88	0–10	•–11	3–16	1–18	6–21	4–23	10–26	8–29	13–31	11–34	17–36	15–39	21–41	19–44	25–45	23–48	30–50	27–53	34–54	31–57
89	0–10	•–11	3–16	1–18	6–21	4–24	10–26	8–29	14–31	11–34	17–36	15–39	21–41	19–44	26–46	23–49	30–50	27–53	34–55	31–58
90	0–10	•–12	3–16	2–18	6–21	5–24	10–27	8–29	14–32	11–34	18–37	15–40	22–41	19–44	26–46	23–49	30–51	27–54	35–55	32–58
91	0–10	•–12	3–16	2–18	6–22	5–24	10–27	8–30	14–32	12–35	18–37	15–40	22–42	19–45	26–47	24–50	31–51	28–54	35–56	32–59
92	0–10	•–12	3–16	2–18	6–22	5–24	10–27	8–30	14–32	12–35	18–37	16–40	22–42	20–45	27–47	24–50	31–52	28–55	36–56	33–59
93	0–10	•–12	3–16	2–18	7–22	5–24	10–27	8–30	14–33	12–35	18–38	16–41	23–43	20–46	27–48	24–50	32–52	29–55	36–57	33–60
94	0–10	•–12	3–16	2–19	7–22	5–25	11–28	8–30	15–33	12–36	19–38	16–41	23–43	20–46	27–48	25–51	32–53	29–56	37–57	34–60
95	0–10	•–12	3–17	2–19	7–22	5–25	11–28	9–31	15–33	12–36	19–38	16–41	23–43	21–46	28–48	25–51	32–53	29–56	37–58	34–61
96	0–10	•–12	3–17	2–19	7–23	5–25	11–28	9–31	15–34	13–36	19–39	17–42	24–44	21–47	28–49	25–52	33–54	30–57	37–59	34–62
97	0–10	•–12	3–17	2–19	7–23	5–25	11–28	9–31	15–34	13–37	19–39	17–42	24–44	21–47	28–49	26–52	33–54	30–57	38–59	35–62
98	0–11	•–12	3–17	2–19	7–23	5–25	11–29	9–31	15–34	13–37	20–39	17–42	24–45	21–48	29–50	26–53	34–55	31–58	38–60	35–63
99	0–11	•–12	3–17	2–19	7–23	5–26	11–29	9–32	16–34	13–37	20–40	17–43	25–45	22–48	29–50	26–53	34–55	31–58	39–60	36–63
100	0–11	•–12	4–17	2–19	7–23	6–26	11–29	9–32	16–35	13–38	20–40	18–43	25–45	22–49	30–51	27–54	34–56	31–59	39–61	36–64

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche. Vgl. S. 104

N	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,01	N	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,01	N	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,01	N	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,01	N	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,01
	x_l x_r	x_l x_r		x_l x_r	x_l x_r		x_l x_r	x_l x_r		x_l x_r	x_l x_r		x_l x_r	x_l x_r
0	–	–	**100**	39– 61	36– 64	**200**	85–115	81–119	**300**	132–168	127–173	**400**	179–221	173–227
1	–	–	101	40– 61	37– 64	201	86–115	81–120	301	132–169	127–174	401	180–221	174–227
2	–	–	102	40– 62	37– 65	202	86–116	82–120	302	133–169	128–174	402	180–222	174–228
3	–	–	103	41– 62	37– 66	203	87–116	82–121	303	133–170	128–175	403	181–222	175–228
4	–	–	104	41– 63	38– 66	204	87–117	83–121	304	134–170	129–175	404	181–223	175–229
5	–	–	**105**	41– 64	38– 67	**205**	87–118	83–122	**305**	134–171	129–176	**405**	182–223	176–229
6	0– 6	–	106	42– 64	39– 67	206	88–118	84–122	306	135–171	129–177	406	182–224	176–230
7	0– 7	–	107	42– 65	39– 68	207	88–119	84–123	307	135–172	130–177	407	183–224	177–230
8	0– 8	0– 8	108	43– 65	40– 68	208	89–119	84–124	308	136–172	130–178	408	183–225	177–231
9	1– 8	0– 9	109	43– 66	40– 69	209	89–120	85–124	309	136–173	131–178	409	184–225	177–232
10	1– 9	0–10	**110**	44– 66	41– 69	**210**	90–120	85–125	**310**	137–173	131–179	**410**	184–226	178–232
11	1–10	0–11	111	44– 67	41– 70	211	90–121	86–125	311	137–174	132–179	411	185–226	178–233
12	2–10	1–11	112	45– 67	42– 71	212	91–121	86–126	312	138–174	132–180	412	185–227	179–233
13	2–11	1–12	113	45– 68	42– 71	213	91–122	87–126	313	138–175	133–180	413	186–227	179–234
14	2–12	1–13	114	46– 68	43– 72	214	92–122	87–127	314	139–175	133–181	414	186–228	180–234
15	3–12	2–13	**115**	46– 69	43– 72	**215**	92–123	88–127	**315**	139–176	134–181	**415**	187–228	180–235
16	3–13	2–14	116	46– 70	43– 73	216	93–123	88–128	316	140–176	134–182	416	187–229	181–235
17	4–13	2–15	117	47– 70	44– 73	217	93–124	89–128	317	140–177	135–182	417	187–230	181–236
18	4–14	3–15	118	47– 71	44– 74	218	94–124	89–129	318	141–177	135–183	418	188–230	182–236
19	4–15	3–16	119	48– 71	45– 75	219	94–125	89–130	319	141–178	135–184	419	188–231	182–237
20	5–15	3–17	**120**	48– 72	45– 75	**220**	94–126	90–130	**320**	141–179	136–184	**420**	189–231	183–237
21	5–16	4–17	121	49– 72	45– 76	221	95–126	90–131	321	142–179	136–185	421	189–232	183–238
22	5–17	4–18	122	49– 73	46– 76	222	95–127	91–131	322	142–180	137–185	422	190–232	184–238
23	6–17	4–19	123	50– 73	46– 77	223	96–127	91–132	323	143–180	137–186	423	190–233	184–239
24	6–18	5–19	124	50– 74	47– 77	224	96–128	92–132	324	143–181	138–186	424	191–233	184–240
25	7–18	5–20	**125**	51– 74	47– 78	**225**	97–128	92–133	**325**	144–181	138–187	**425**	191–234	185–240
26	7–19	6–20	126	51– 75	48– 78	226	97–129	93–133	326	144–182	139–187	426	192–234	185–241
27	7–20	6–21	127	51– 76	48– 79	227	98–129	93–134	327	145–182	139–188	427	192–235	186–241
28	8–20	6–22	128	52– 76	48– 80	228	98–130	94–134	328	145–183	140–188	428	193–235	186–242
29	8–21	7–22	129	52– 77	49– 80	229	99–130	94–135	329	146–183	140–189	429	193–236	187–242
30	9–21	7–23	**130**	53– 77	49– 81	**230**	99–131	94–136	**330**	146–184	141–189	**430**	194–236	187–243
31	9–22	7–24	131	53– 78	50– 81	231	100–131	95–136	331	147–184	141–190	431	194–237	188–243
32	9–23	8–24	132	54– 78	50– 82	232	100–132	95–137	332	147–185	142–190	432	195–237	188–244
33	10–23	8–25	133	54– 79	51– 82	233	101–132	96–137	333	148–185	142–191	433	195–238	189–244
34	10–24	9–25	134	55– 79	51– 83	234	101–133	96–138	334	148–186	142–192	434	196–238	189–245
35	11–24	9–26	**135**	55– 80	52– 83	**235**	101–134	97–138	**335**	149–186	143–192	**435**	196–239	190–245
36	11–25	9–27	136	56– 80	52– 84	236	102–134	97–139	336	149–187	143–193	436	197–239	190–246
37	12–25	10–27	137	56– 81	52– 85	237	102–135	98–139	337	150–187	144–193	437	197–240	191–246
38	12–26	10–28	138	56– 82	53– 85	238	103–135	98–140	338	150–188	144–194	438	197–241	191–247
39	12–27	11–28	139	57– 82	53– 86	239	103–136	99–140	339	150–189	145–194	439	198–241	192–247
40	13–27	11–29	**140**	57– 83	54– 86	**240**	104–136	99–141	**340**	151–189	145–195	**440**	198–242	192–248
41	13–28	11–30	141	58– 83	54– 87	241	104–137	100–141	341	151–190	146–195	441	199–242	192–249
42	14–28	12–30	142	58– 84	55– 87	242	105–137	100–142	342	152–190	146–196	442	199–243	193–249
43	14–29	12–31	143	59– 84	55– 88	243	105–138	100–143	343	152–191	147–196	443	200–243	193–250
44	15–29	13–31	144	59– 85	56– 88	244	106–138	101–143	344	153–191	147–197	444	200–244	194–250
45	15–30	13–32	**145**	60– 85	56– 89	**245**	106–139	101–144	**345**	153–192	148–197	**445**	201–244	194–251
46	15–31	13–33	146	60– 86	56– 90	246	107–139	102–144	346	154–192	148–198	446	201–245	195–251
47	16–31	14–33	147	61– 86	57– 90	247	107–140	102–145	347	154–193	149–198	447	202–245	195–252
48	16–32	14–34	148	61– 87	57– 91	248	108–140	103–145	348	155–193	149–199	448	202–246	196–252
49	17–32	15–34	149	62– 87	58– 91	249	108–141	103–146	349	155–194	149–200	449	203–246	196–253
50	17–33	15–35	**150**	62– 88	58– 92	**250**	109–141	104–146	**350**	156–194	150–200	**450**	203–247	197–253
51	18–33	15–36	151	62– 89	59– 92	251	109–142	104–147	351	156–195	150–201	451	204–247	197–254
52	18–34	16–36	152	63– 89	59– 93	252	109–143	105–147	352	157–195	151–201	452	204–248	198–254
53	18–35	16–37	153	63– 90	60– 93	253	110–143	105–148	353	157–196	151–202	453	205–248	198–255
54	19–35	17–37	154	64– 90	60– 94	254	110–144	105–149	354	158–196	152–202	454	205–249	199–255
55	19–36	17–38	**155**	64– 91	60– 95	**255**	111–144	106–149	**355**	158–197	152–203	**455**	206–249	199–256
56	20–36	17–39	156	65– 91	61– 95	256	111–145	106–150	356	159–197	153–203	456	206–250	199–257
57	20–37	18–39	157	65– 92	61– 96	257	112–145	107–150	357	159–198	153–204	457	207–250	200–257
58	21–37	18–40	158	66– 92	62– 96	258	112–146	107–151	358	159–199	154–204	458	207–251	200–258
59	21–38	19–40	159	66– 93	62– 97	259	113–146	108–151	359	160–199	154–205	459	208–251	201–258
60	21–39	19–41	**160**	67– 93	63– 97	**260**	113–147	108–152	**360**	160–200	155–205	**460**	208–252	201–259
61	22–39	20–41	161	67– 94	63– 98	261	114–147	109–152	361	161–200	155–206	461	208–253	202–259
62	22–40	20–42	162	68– 94	64– 98	262	114–148	109–153	362	161–201	155–207	462	209–253	202–260
63	23–40	20–43	163	68– 95	64– 99	263	115–148	110–153	363	162–201	156–207	463	209–254	203–260
64	23–41	21–43	164	68– 96	65– 99	264	115–149	110–154	364	162–202	156–208	464	210–254	203–261
65	24–41	21–44	**165**	69– 96	65–100	**265**	116–149	111–154	**365**	163–202	157–208	**465**	210–255	204–261
66	24–42	22–44	166	69– 97	65–101	266	116–150	111–155	366	163–203	157–209	466	211–255	204–262
67	25–42	22–45	167	70– 97	66–101	267	116–151	111–156	367	164–203	158–209	467	211–256	205–262
68	25–43	22–46	168	70– 98	66–102	268	117–151	112–156	368	164–204	158–210	468	212–256	205–263
69	25–44	23–46	169	71– 98	67–102	269	117–152	112–157	369	165–204	159–210	469	212–257	206–263
70	26–44	23–47	**170**	71– 99	67–103	**270**	118–152	113–157	**370**	165–205	159–211	**470**	213–257	206–264
71	26–45	24–47	171	72– 99	68–103	271	118–153	113–158	371	166–205	160–211	471	213–258	207–264
72	27–45	24–48	172	72–100	68–104	272	119–153	114–158	372	166–206	160–212	472	214–258	207–265
73	27–46	25–48	173	73–100	69–104	273	119–154	114–159	373	167–206	161–212	473	214–259	207–266
74	28–46	25–49	174	73–101	69–105	274	120–154	115–159	374	167–207	161–213	474	215–259	208–266
75	28–47	25–50	**175**	74–101	69–106	**275**	120–155	115–160	**375**	168–207	162–213	**475**	215–260	208–267
76	28–48	26–50	176	74–102	70–106	276	121–155	116–160	376	168–208	162–214	476	216–260	209–267
77	29–48	26–51	177	74–103	70–107	277	121–156	116–161	377	168–209	162–215	477	216–261	209–268
78	29–49	27–51	178	75–103	71–107	278	122–156	117–161	378	169–209	163–215	478	217–261	210–268
79	30–49	27–52	179	75–104	71–108	279	122–157	117–162	379	169–210	163–216	479	217–262	210–269
80	30–50	28–52	**180**	76–104	72–108	**280**	123–157	117–163	**380**	170–210	164–216	**480**	218–262	211–269
81	31–50	28–53	181	76–105	72–109	281	123–158	118–163	381	170–211	164–217	481	218–263	211–270
82	31–51	28–54	182	77–105	73–109	282	124–158	118–164	382	171–211	165–217	482	218–264	212–270
83	32–51	29–54	183	77–106	73–110	283	124–159	119–164	383	171–212	165–218	483	219–264	212–271
84	32–52	29–55	184	78–106	74–110	284	124–160	119–165	384	172–212	166–218	484	219–265	213–271
85	32–53	30–55	**185**	78–107	74–111	**285**	125–160	120–165	**385**	172–213	166–219	**485**	220–265	213–272
86	33–53	30–56	186	79–107	74–112	286	125–161	120–166	386	173–213	167–219	486	220–266	214–272
87	33–54	31–56	187	79–108	75–112	287	126–161	121–166	387	173–214	167–220	487	221–266	214–273
88	34–54	31–57	188	80–108	75–113	288	126–162	121–167	388	174–214	168–220	488	221–267	215–273
89	34–55	31–58	189	80–109	76–113	289	127–162	122–167	389	174–215	168–221	489	222–267	215–274
90	35–55	32–58	**190**	80–110	76–114	**290**	127–163	122–168	**390**	175–215	169–221	**490**	222–268	215–275
91	35–56	32–59	191	81–110	77–114	291	128–163	123–168	391	175–216	169–222	491	223–268	216–275
92	36–56	33–59	192	81–111	77–115	292	128–164	123–169	392	176–216	170–222	492	223–269	216–276
93	36–57	33–60	193	82–111	78–115	293	129–164	123–170	393	176–217	170–223	493	224–269	217–276
94	37–57	34–60	194	82–112	78–116	294	129–165	124–170	394	177–217	170–224	494	224–270	217–277
95	37–58	34–61	**195**	83–112	79–116	**295**	130–165	124–171	**395**	177–218	171–224	**495**	225–270	218–277
96	37–59	34–62	196	83–113	79–117	296	130–166	125–171	396	177–219	171–225	496	225–271	218–278
97	38–59	35–62	197	84–113	79–118	297	131–166	125–172	397	178–219	172–225	497	226–271	219–278
98	38–60	35–63	198	84–114	80–118	298	131–167	126–172	398	178–220	172–226	498	226–272	219–279
99	39–60	36–63	199	85–114	80–119	299	132–167	126–173	399	179–220	173–226	499	227–272	220–279
100	39–61	36–64	**200**	85–115	81–119	**300**	132–168	127–173	**400**	179–221	173–227	**500**	227–273	220–280

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

N = Anzahl der Versuche. Vgl. S. 104

N	$2\alpha=0{,}05$		$2\alpha=0{,}01$		N	$2\alpha=0{,}05$		$2\alpha=0{,}01$		N	$2\alpha=0{,}05$		$2\alpha=0{,}01$		N	$2\alpha=0{,}05$		$2\alpha=0{,}01$	
	x_l	x_r	x_l	x_r		x_l	x_r	x_l	x_r		x_l	x_r	x_l	x_r		x_l	x_r	x_l	x_r
500	227	273	220	280	**600**	275	325	267	333	**700**	323	377	315	385	**800**	371	429	363	437	**900**	420	480	410	490
501	228	273	221	280	601	275	326	268	333	701	324	377	315	386	801	372	429	363	438	901	420	481	411	490
502	228	274	221	281	602	276	326	268	334	702	324	378	316	386	802	372	430	364	438	902	421	481	411	491
503	229	274	222	281	603	276	327	269	334	703	325	378	316	387	803	373	430	364	439	903	421	482	412	491
504	229	275	222	282	604	277	327	269	335	704	325	379	317	387	804	373	431	364	440	904	422	482	412	492
505	229	276	223	282	**605**	277	328	270	335	**705**	325	380	317	388	**805**	374	431	365	440	**905**	422	483	413	492
506	230	276	223	283	606	278	328	270	336	706	326	380	318	388	806	374	432	365	441	906	423	483	413	493
507	230	277	224	283	607	278	329	271	336	707	326	381	318	389	807	375	432	366	441	907	423	484	414	493
508	231	277	224	284	608	279	329	271	337	708	327	381	319	389	808	375	433	366	442	908	423	485	414	494
509	231	278	224	285	609	279	330	272	337	709	327	382	319	390	809	376	433	367	442	909	424	485	415	494
510	232	278	225	285	**610**	280	330	272	338	**710**	328	382	320	390	**810**	376	434	367	443	**910**	424	486	415	495
511	232	279	225	286	611	280	331	273	338	711	328	383	320	391	811	377	434	368	443	911	425	486	416	495
512	233	279	226	286	612	281	331	273	339	712	329	383	321	391	812	377	435	368	444	912	425	487	416	496
513	233	280	226	287	613	281	332	274	339	713	329	384	321	392	813	378	435	369	444	913	426	487	417	496
514	234	280	227	287	614	282	332	274	340	714	330	384	322	392	814	378	436	369	445	914	426	488	417	497
515	234	281	227	288	**615**	282	333	275	340	**715**	330	385	322	393	**815**	379	436	370	445	**915**	427	488	418	497
516	235	281	228	288	616	283	333	275	341	716	331	385	323	393	816	379	437	370	446	916	427	489	418	498
517	235	282	228	289	617	283	334	276	341	717	331	386	323	394	817	379	438	371	446	917	428	489	418	499
518	236	282	229	289	618	284	334	276	342	718	332	386	323	395	818	380	438	371	447	918	428	490	419	499
519	236	283	229	290	619	284	335	276	343	719	332	387	324	395	819	380	439	372	447	919	429	490	419	500
520	237	283	230	290	**620**	285	335	277	343	**720**	333	387	324	396	**820**	381	439	372	448	**920**	429	491	420	500
521	237	284	230	291	621	285	336	277	344	721	333	388	325	396	821	381	440	373	448	921	430	491	420	501
522	238	284	231	291	622	286	336	278	344	722	334	388	325	397	822	382	440	373	449	922	430	492	421	501
523	238	285	231	292	623	286	337	278	345	723	334	389	326	397	823	382	441	374	449	923	431	492	421	502
524	239	285	232	292	624	287	337	279	345	724	335	389	326	398	824	383	441	374	450	924	431	493	422	502
525	239	286	232	293	**625**	287	338	279	346	**725**	335	390	327	398	**825**	383	442	375	450	**925**	432	493	422	503
526	240	286	232	294	626	287	339	280	346	726	336	390	327	399	826	384	442	375	451	926	432	494	423	503
527	240	287	233	294	627	288	339	280	347	727	336	391	328	399	827	384	443	375	452	927	433	494	423	504
528	240	288	233	295	628	288	340	281	347	728	337	391	328	400	828	385	443	376	452	928	433	495	424	504
529	241	288	234	295	629	289	340	281	348	729	337	392	329	400	829	385	444	376	453	929	434	495	424	505
530	241	289	234	296	**630**	289	341	282	348	**730**	338	392	329	401	**830**	386	444	377	453	**930**	434	496	425	505
531	242	289	235	296	631	290	341	282	349	731	338	393	330	401	831	386	445	377	454	931	435	496	425	506
532	242	290	235	297	632	290	342	283	349	732	338	394	330	402	832	387	445	378	454	932	435	497	426	506
533	243	290	236	297	633	291	342	283	350	733	339	394	331	402	833	387	446	378	455	933	436	497	426	507
534	243	291	236	298	634	291	343	284	350	734	339	395	331	403	834	388	446	379	455	934	436	498	427	507
535	244	291	237	298	**635**	292	343	284	351	**735**	340	395	332	403	**835**	388	447	379	456	**935**	437	498	427	508
536	244	292	237	299	636	292	344	285	351	736	340	396	332	404	836	389	447	380	456	936	437	499	428	508
537	245	292	238	299	637	293	344	285	352	737	341	396	333	404	837	389	448	380	457	937	438	499	428	509
538	245	293	238	300	638	293	345	285	353	738	341	397	333	405	838	390	448	381	457	938	438	500	429	509
539	246	293	239	300	639	294	345	286	353	739	342	397	333	406	839	390	449	381	458	939	438	501	429	510
540	246	294	239	301	**640**	294	346	286	354	**740**	342	398	334	406	**840**	391	449	382	458	**940**	439	501	430	510
541	247	294	240	301	641	295	346	287	354	741	343	398	334	407	841	391	450	382	459	941	439	502	430	511
542	247	295	240	302	642	295	347	287	355	742	343	399	335	407	842	392	450	383	459	942	440	502	430	512
543	248	295	240	303	643	296	347	288	355	743	344	399	335	408	843	392	451	383	460	943	440	503	431	512
544	248	296	241	303	644	296	348	288	356	744	344	400	336	408	844	393	451	384	460	944	441	503	431	513
545	249	296	241	304	**645**	297	348	289	356	**745**	345	400	336	409	**845**	393	452	384	461	**945**	441	504	432	513
546	249	297	242	304	646	297	349	289	357	746	345	401	337	409	846	393	453	385	461	946	442	504	432	514
547	250	297	242	305	647	298	349	290	357	747	346	401	337	410	847	394	453	385	462	947	442	505	433	514
548	250	298	243	305	648	298	350	290	358	748	346	402	338	410	848	394	454	385	463	948	443	505	433	515
549	251	298	243	306	649	299	350	291	358	749	347	402	338	411	849	395	454	386	463	949	443	506	434	515
550	251	299	244	306	**650**	299	351	291	359	**750**	347	403	339	411	**850**	395	455	386	464	**950**	444	506	434	516
551	251	300	244	307	651	299	352	292	359	751	348	403	339	412	851	396	455	387	464	951	444	507	435	516
552	252	300	245	307	652	300	352	292	360	752	348	404	340	412	852	396	456	387	465	952	445	507	435	517
553	252	301	245	308	653	300	353	293	360	753	349	404	340	413	853	397	456	388	465	953	445	508	436	517
554	253	301	246	308	654	301	353	293	361	754	349	405	341	413	854	397	457	388	466	954	446	508	436	518
555	253	302	246	309	**655**	301	354	294	361	**755**	350	405	341	414	**855**	398	457	389	466	**955**	446	509	437	518
556	254	302	247	309	656	302	354	294	362	756	350	406	342	414	856	398	458	389	467	956	447	509	437	519
557	254	303	247	310	657	302	355	294	363	757	351	406	342	415	857	399	458	390	467	957	447	510	438	519
558	255	303	248	310	658	303	355	295	363	758	351	407	343	415	858	399	459	390	468	958	448	510	438	520
559	255	304	248	311	659	303	356	295	364	759	352	407	343	416	859	400	459	391	468	959	448	511	439	520
560	256	304	249	311	**660**	304	356	296	364	**760**	352	408	343	417	**860**	400	460	391	469	**960**	449	511	439	521
561	256	305	249	312	661	304	357	296	365	761	352	409	344	417	861	401	460	392	469	961	449	512	440	521
562	257	305	249	313	662	305	357	297	365	762	353	409	344	418	862	401	461	392	470	962	450	512	440	522
563	257	306	250	313	663	305	358	297	366	763	353	410	345	418	863	402	461	393	470	963	450	513	441	522
564	258	306	250	314	664	306	358	298	366	764	354	410	345	419	864	402	462	393	471	964	451	513	441	523
565	258	307	251	314	**665**	306	359	298	367	**765**	354	411	346	419	**865**	403	462	394	471	**965**	451	514	441	524
566	259	307	251	315	666	307	359	299	367	766	355	411	346	420	866	403	463	394	472	966	452	514	442	524
567	259	308	252	315	667	307	360	299	368	767	355	412	347	420	867	404	463	395	472	967	452	515	442	525
568	260	308	252	316	668	308	360	300	368	768	356	412	347	421	868	404	464	395	473	968	453	515	443	525
569	260	309	253	316	669	308	361	300	369	769	356	413	348	421	869	405	464	396	473	969	453	516	443	526
570	261	309	253	317	**670**	309	361	301	369	**770**	357	413	348	422	**870**	405	465	396	474	**970**	453	517	444	526
571	261	310	254	317	671	309	362	301	370	771	357	414	349	422	871	406	465	396	475	971	454	517	444	527
572	262	310	254	318	672	310	362	302	370	772	358	414	349	423	872	406	466	397	475	972	454	518	445	527
573	262	311	255	318	673	310	363	302	371	773	358	415	350	423	873	407	466	397	476	973	455	518	445	528
574	263	311	255	319	674	311	363	303	371	774	359	415	350	424	874	407	467	398	476	974	455	519	446	528
575	263	312	256	319	**675**	311	364	303	372	**775**	359	416	351	424	**875**	408	467	398	477	**975**	456	519	446	529
576	263	313	256	320	676	312	364	304	372	776	360	416	351	425	876	408	468	399	477	976	456	520	447	529
577	264	313	257	320	677	312	365	304	373	777	360	417	352	425	877	408	469	399	478	977	457	520	447	530
578	264	314	257	321	678	312	366	304	374	778	361	417	352	426	878	409	469	400	478	978	457	521	448	530
579	265	314	258	321	679	313	366	305	374	779	361	418	353	426	879	409	470	400	479	979	458	521	448	531
580	265	315	258	322	**680**	313	367	305	375	**780**	362	418	353	427	**880**	410	470	401	479	**980**	458	522	449	531
581	266	315	258	323	681	314	367	306	375	781	362	419	354	427	881	410	471	401	480	981	459	522	449	532
582	266	316	259	323	682	314	368	306	376	782	363	419	354	428	882	411	471	402	480	982	459	523	450	532
583	267	316	259	324	683	315	368	307	376	783	363	420	354	429	883	411	472	402	481	983	460	523	450	533
584	267	317	260	324	684	315	369	307	377	784	364	420	355	429	884	412	472	403	481	984	460	524	451	533
585	268	317	260	325	**685**	316	369	308	377	**785**	364	421	355	430	**885**	412	473	403	482	**985**	461	524	451	534
586	268	318	261	325	686	316	370	308	378	786	365	421	356	430	886	413	473	404	482	986	461	525	452	534
587	269	318	261	326	687	317	370	309	378	787	365	422	356	431	887	413	474	404	483	987	462	525	452	535
588	269	319	262	326	688	317	371	309	379	788	365	423	357	431	888	414	474	405	483	988	462	526	453	535
589	270	319	262	327	689	318	371	310	379	789	366	423	357	432	889	414	475	405	484	989	463	526	453	536
590	270	320	263	327	**690**	318	372	310	380	**790**	366	424	358	432	**890**	415	475	406	484	**990**	463	527	453	537
591	271	320	263	328	691	319	372	311	380	791	367	424	358	433	891	415	476	406	485	991	464	527	454	537
592	271	321	264	328	692	319	373	311	381	792	367	425	359	433	892	416	476	407	485	992	464	528	454	538
593	272	321	264	329	693	320	373	312	381	793	368	425	359	434	893	416	477	407	486	993	465	528	455	538
594	272	322	265	329	694	320	374	312	382	794	368	426	360	434	894	417	477	407	487	994	465	529	455	539
595	273	322	265	330	**695**	321	374	313	382	**795**	369	426	360	435	**895**	417	478	408	487	**995**	466	529	456	539
596	273	323	266	330	696	321	375	313	383	796	369	427	361	435	896	418	478	408	488	996	466	530	456	540
597	274	323	266	331	697	322	375	313	384	797	370	427	361	436	897	418	479	409	488	997	467	530	457	540
598	274	324	267	331	698	322	376	314	384	798	370	428	362	436	898	419	479	409	489	998	467	531	457	541
599	275	324	267	332	699	323	376	314	385	799	371	428	362	437	899	419	480	410	489	999	468	531	458	541
600	275	325	267	333	**700**	323	377	315	385	**800**	371	429	363	437	**900**	420	480	410	490	**1000**	468	532	458	542

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Die Werte von 0 bis 100 sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet (vgl. Textteil)

x	0	1 10 100	2 20 200	3 30 300	4 40 400	5 50 500	6 60 600	7 70 700	8 80 800	9 90 900
	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r
0	0 –3,6889	0,0253–5,5716	0,2422–7,2247	0,6187–8,7673	1,0899–10,242	1,6235–11,669	2,2019–13,060	2,8144–14,423	3,4539–15,764	4,1154–17,085
10	4,7954–18,391	5,4913–19,683	6,2008–20,962	6,9223–22,231	7,6542–23,490	8,3957–24,741	9,1459–25,983	9,9037–27,219	10,668–28,448	11,440–29,671
20	12,217–30,889	13,000–32,101	13,788–33,309	14,581–34,512	15,378–35,711	16,178–36,905	16,983–38,097	17,793–39,284	18,606–40,468	19,422–41,649
30	20,241–42,827	21,063–44,002	21,888–45,175	22,715–46,345	23,545–47,512	24,378–48,677	25,213–49,840	26,050–51,000	26,890–52,158	27,732–53,315
40	28,575–54,469	29,421–55,622	30,269–56,772	31,119–57,921	31,970–59,068	32,823–60,214	33,678–61,358	34,534–62,501	35,392–63,642	36,251–64,781
50	37,112–65,919	37,973–67,056	38,837–68,192	39,701–69,326	40,567–70,459	41,433–71,591	42,301–72,721	43,171–73,851	44,041–74,979	44,912–76,106
60	45,785–77,232	46,658–78,357	47,533–79,482	48,409–80,605	49,286–81,727	50,164–82,848	51,042–83,969	51,922–85,088	52,803–86,207	53,685–87,324
70	54,567–88,441	55,451–89,557	56,335–90,673	57,220–91,787	58,106–92,901	58,993–94,014	59,880–95,126	60,768–96,237	61,657–97,348	62,547–98,458
80	63,437–99,567	64,328–100,68	65,219–101,79	66,111–102,90	67,003–104,00	67,897–105,11	68,790–106,21	69,684–107,32	70,579–108,42	71,474–109,53
90	72,370–110,63	73,267–111,73	74,164–112,83	75,061–113,94	75,959–115,04	76,858–116,14	77,757–117,24	78,657–118,34	79,557–119,44	80,458–120,53
100	81,36–121,66	90,40–132,61	99,49–143,52	108,61–154,39	117,77–165,23	126,96–176,04	136,17–186,83	145,41–197,59	154,66–208,33	163,94–219,05
200	173,24–229,75	182,56–240,43	191,89–251,10	201,24–261,75	210,60–272,39	219,97–283,01	229,36–293,62	238,75–304,23	248,16–314,82	257,58–325,39
300	267,01–335,96	276,45–346,52	285,90–357,08	295,36–367,62	304,82–378,15	314,29–388,68	323,77–399,20	333,26–409,71	342,75–420,22	352,25–430,72
400	361,76–441,21	371,27–451,69	380,79–462,18	390,32–472,65	399,85–483,12	409,38–493,58	418,92–504,04	428,47–514,50	438,02–524,95	447,57–535,39
500	457,13–545,83	466,70–556,27	476,27–566,70	485,84–577,12	495,41–587,55	505,00–597,97	514,58–608,38	524,17–618,79	533,76–629,20	543,35–639,61
600	552,95–650,01	562,55–660,41	572,16–670,80	581,77–681,19	591,38–691,58	600,99–701,97	610,61–712,35	620,23–722,73	629,85–733,11	639,48–743,48
700	649,11–753,85	658,74–764,22	668,37–774,59	678,01–784,95	687,64–795,31	697,28–805,67	706,93–816,03	716,57–826,38	726,22–836,73	735,87–847,08
800	745,52–857,43	755,18–867,78	764,84–878,12	774,49–888,46	784,16–898,80	793,82–909,14	803,48–919,47	813,15–929,80	822,82–940,14	832,49–950,46
900	842,16–960,79	851,84–971,12	861,51–981,44	871,19–991,76	880,87–1002,1	890,55–1012,5	900,23–1022,8	909,92–1033,1	919,60–1043,4	929,29–1053,7
1000	938,98–1064,0	948,67–1074,3	958,36–1084,6	968,06–1094,9	977,75–1105,2	987,45–1115,6	997,15–1125,8	1006,8–1136,1	1016,5–1146,4	1026,2–1156,7
1100	1035,9–1167,0	1045,6–1177,3	1055,3–1187,6	1065,0–1197,9	1074,7–1208,2	1084,4–1218,5	1094,2–1228,8	1103,9–1239,1	1113,6–1249,4	1123,3–1259,6
1200	1133,0–1269,9	1142,7–1280,2	1152,5–1290,5	1162,2–1300,8	1171,9–1311,1	1181,6–1321,3	1191,3–1331,6	1201,1–1341,9	1210,8–1352,2	1220,5–1362,4
1300	1230,2–1372,7	1240,0–1383,0	1249,7–1393,2	1259,4–1403,5	1269,2–1413,8	1278,9–1424,0	1288,6–1434,3	1298,4–1444,6	1308,1–1454,8	1317,8–1465,1
1400	1327,6–1475,4	1337,3–1485,6	1347,1–1495,9	1356,8–1506,1	1366,5–1516,4	1376,3–1526,7	1386,0–1536,9	1395,8–1547,2	1405,5–1557,4	1415,3–1567,7
1500	1425,0–1577,9	1434,8–1588,2	1444,5–1598,4	1454,3–1608,7	1464,0–1618,9	1473,8–1629,2	1483,5–1639,4	1493,3–1649,7	1503,0–1659,9	1512,8–1670,2
1600	1522,5–1680,4	1532,3–1690,7	1542,0–1700,9	1551,8–1711,2	1561,5–1721,4	1571,3–1731,7	1581,1–1741,9	1590,8–1752,1	1600,6–1762,4	1610,3–1772,6
1700	1620,1–1782,8	1629,9–1793,1	1639,6–1803,3	1649,4–1813,6	1659,2–1823,8	1668,9–1834,0	1678,7–1844,3	1688,5–1854,5	1698,2–1864,7	1708,0–1875,0
1800	1717,8–1885,2	1727,5–1895,4	1737,3–1905,6	1747,1–1915,9	1756,8–1926,1	1766,6–1936,3	1776,4–1946,6	1786,2–1956,8	1795,9–1967,0	1805,7–1977,2
1900	1815,5–1987,5	1825,3–1997,7	1835,0–2007,9	1844,8–2018,1	1854,6–2028,4	1864,4–2038,6	1874,1–2048,8	1883,9–2059,0	1893,7–2069,3	1903,5–2079,5
2000	1913,3–2089,7	1923,0–2099,9	1932,8–2110,1	1942,6–2120,3	1952,4–2130,6	1962,2–2140,8	1972,0–2151,0	1981,7–2161,2	1991,5–2171,4	2001,3–2181,6
2100	2011,1–2191,8	2020,9–2202,1	2030,7–2212,3	2040,5–2222,5	2050,2–2232,7	2060,0–2242,9	2069,8–2253,1	2079,6–2263,3	2089,4–2273,5	2099,2–2283,7
2200	2109,0–2294,0	2118,8–2304,2	2128,6–2314,4	2138,4–2324,6	2148,2–2334,8	2157,9–2345,0	2167,7–2355,2	2177,5–2365,4	2187,3–2375,6	2197,1–2385,8
2300	2206,9–2396,0	2216,7–2406,2	2226,5–2416,4	2236,3–2426,6	2246,1–2436,8	2255,9–2447,0	2265,7–2457,2	2275,5–2467,4	2285,3–2477,6	2295,1–2487,8
2400	2304,9–2498,0	2314,7–2508,2	2324,5–2518,4	2334,3–2528,6	2344,1–2538,8	2353,9–2549,0	2363,7–2559,2	2373,5–2569,4	2383,3–2579,6	2393,1–2589,8
2500	2402,9–2600,0	2412,7–2610,2	2422,5–2620,4	2432,3–2630,6	2442,1–2640,8	2451,9–2651,0	2461,7–2661,2	2471,6–2671,4	2481,4–2681,6	2491,2–2691,8
2600	2501,0–2702,0	2510,8–2712,2	2520,6–2722,3	2530,4–2732,5	2540,2–2742,7	2550,0–2752,9	2559,8–2763,1	2569,6–2773,3	2579,5–2783,5	2589,3–2793,7
2700	2599,1–2803,9	2608,9–2814,1	2618,7–2824,2	2628,5–2834,4	2638,3–2844,6	2648,1–2854,8	2657,9–2865,0	2667,8–2875,2	2677,6–2885,4	2687,4–2895,6
2800	2697,2–2905,7	2707,0–2915,9	2716,8–2926,1	2726,6–2936,3	2736,5–2946,5	2746,3–2956,7	2756,1–2966,8	2765,9–2977,0	2775,7–2987,2	2785,6–2997,4
2900	2795,4–3007,6	2805,2–3017,8	2815,0–3027,9	2824,8–3038,1	2834,6–3048,3	2844,5–3058,5	2854,3–3068,7	2864,1–3078,8	2873,9–3089,0	2883,7–3099,2
3000	2893,6–3109,4	2903,4–3119,6	2913,2–3129,7	2923,0–3139,9	2932,9–3150,1	2942,7–3160,3	2952,5–3170,4	2962,3–3180,6	2972,1–3190,8	2982,0–3201,0
3100	2991,8–3211,1	3001,6–3221,3	3011,4–3231,5	3021,3–3241,7	3031,1–3251,9	3040,9–3262,0	3050,7–3272,2	3060,6–3282,4	3070,4–3292,5	3080,2–3302,7
3200	3090,0–3312,9	3099,9–3323,1	3109,7–3333,2	3119,5–3343,4	3129,4–3353,6	3139,2–3363,8	3149,0–3373,9	3158,8–3384,1	3168,7–3394,3	3178,5–3404,4
3300	3188,3–3414,6	3198,2–3424,8	3208,0–3435,0	3217,8–3445,1	3227,6–3455,3	3237,5–3465,5	3247,3–3475,6	3257,1–3485,8	3267,0–3496,0	3276,8–3506,1
3400	3286,6–3516,3	3296,5–3526,5	3306,3–3536,6	3316,1–3546,8	3326,0–3557,0	3335,8–3567,1	3345,6–3577,3	3355,5–3587,5	3365,3–3597,6	3375,1–3607,8
3500	3385,0–3618,0	3394,8–3628,1	3404,6–3638,3	3414,5–3648,5	3424,3–3658,6	3434,1–3668,8	3444,0–3679,0	3453,8–3689,1	3463,6–3699,3	3473,5–3709,5
3600	3483,3–3719,6	3493,2–3729,8	3503,0–3739,9	3512,8–3750,1	3522,7–3760,3	3532,5–3770,4	3542,3–3780,6	3552,2–3790,8	3562,0–3800,9	3571,9–3811,1
3700	3581,7–3821,2	3591,5–3831,4	3601,4–3841,6	3611,2–3851,7	3621,1–3861,9	3630,9–3872,0	3640,7–3882,2	3650,6–3892,4	3660,4–3902,5	3670,3–3912,7
3800	3680,1–3922,8	3689,9–3933,0	3699,8–3943,2	3709,6–3953,3	3719,5–3963,5	3729,3–3973,6	3739,1–3983,8	3749,0–3993,9	3758,8–4004,1	3768,7–4014,3
3900	3778,5–4024,4	3788,4–4034,6	3798,2–4044,7	3808,0–4054,9	3817,9–4065,0	3827,7–4075,2	3837,6–4085,4	3847,4–4095,5	3857,3–4105,7	3867,1–4115,8
4000	3877,0–4126,0	3886,8–4136,1	3896,6–4146,3	3906,5–4156,4	3916,3–4166,6	3926,2–4176,8	3936,0–4186,9	3945,9–4197,1	3955,7–4207,2	3965,6–4217,4
4100	3975,4–4227,5	3985,3–4237,7	3995,1–4247,8	4005,0–4258,0	4014,8–4268,1	4024,7–4278,3	4034,5–4288,4	4044,3–4298,6	4054,2–4308,7	4064,0–4318,9
4200	4073,9–4329,0	4083,7–4339,2	4093,6–4349,3	4103,4–4359,5	4113,3–4369,6	4123,1–4379,8	4133,0–4389,9	4142,8–4400,1	4152,7–4410,2	4162,5–4420,4
4300	4172,4–4430,5	4182,2–4440,7	4192,1–4450,8	4201,9–4461,0	4211,8–4471,1	4221,6–4481,3	4231,5–4491,4	4241,4–4501,6	4251,2–4511,7	4261,1–4521,9
4400	4270,9–4532,0	4280,8–4542,2	4290,6–4552,3	4300,5–4562,5	4310,3–4572,6	4320,2–4582,8	4330,0–4592,9	4339,9–4603,1	4349,7–4613,2	4359,6–4623,4
4500	4369,4–4633,5	4379,3–4643,6	4389,1–4653,8	4399,0–4663,9	4408,9–4674,1	4418,7–4684,2	4428,6–4694,4	4438,4–4704,5	4448,3–4714,7	4458,1–4724,8
4600	4468,0–4735,0	4477,8–4745,1	4487,7–4755,2	4497,6–4765,4	4507,4–4775,5	4517,3–4785,7	4527,1–4795,8	4537,0–4806,0	4546,8–4816,1	4556,7–4826,2
4700	4566,5–4836,4	4576,4–4846,5	4586,3–4856,7	4596,1–4866,8	4606,0–4877,0	4615,8–4887,1	4625,7–4897,2	4635,6–4907,4	4645,4–4917,5	4655,3–4927,7
4800	4665,1–4937,8	4675,0–4948,0	4684,8–4958,1	4694,7–4968,2	4704,6–4978,4	4714,4–4988,5	4724,3–4998,7	4734,1–5008,8	4744,0–5018,9	4753,9–5029,1
4900	4763,7–5039,2	4773,6–5049,4	4783,4–5059,5	4793,3–5069,6	4803,2–5079,8	4813,0–5089,9	4822,9–5100,1	4832,7–5110,2	4842,6–5120,3	4852,5–5130,5
5000	4862,3–5140,6	4960,9–5242,0	5059,6–5343,4	5158,2–5444,7	5256,9–5546,0	5355,6–5647,4	5454,2–5748,7	5552,9–5850,0	5651,6–5951,3	5750,4–6052,6
6000	5849,1–6153,8	5947,8–6255,1	6046,6–6356,3	6145,3–6457,6	6244,1–6558,8	6342,9–6660,0	6441,7–6761,3	6540,5–6862,4	6639,3–6963,6	6738,1–7064,8
7000	6836,9–7166,0	6935,8–7267,2	7034,6–7368,3	7133,5–7469,5	7232,3–7570,6	7331,2–7671,8	7430,0–7772,9	7528,9–7874,0	7627,8–7975,1	7726,7–8076,2
8000	7825,6–8177,3	7924,5–8278,4	8023,4–8379,5	8122,4–8480,6	8221,3–8581,6	8320,2–8682,7	8419,2–8783,8	8518,1–8884,8	8617,1–8985,9	8716,0–9086,9
9000	8815,0–9188,0	8913,9–9289,0	9012,9–9390,0	9111,9–9491,0	9210,9–9592,0	9309,9–9693,0	9408,9–9794,1	9507,9–9895,0	9606,9–9996,0	9705,9– 10097
10000	9804,9– 10198	9903,9– 10299	10003– 10400	10102– 10501	10201– 10602	10300– 10703	10399– 10804	10498– 10905	10597– 11006	10696– 11107
11000	10795– 11208	10894– 11309	10993– 11410	11092– 11511	11191– 11612	11290– 11713	11389– 11814	11488– 11914	11588– 12015	11687– 12116
12000	11786– 12217	11885– 12318	11984– 12419	12083– 12520	12182– 12621	12281– 12722	12380– 12822	12480– 12923	12579– 13024	12678– 13125
13000	12777– 13226	12876– 13327	12975– 13428	13074– 13528	13174– 13629	13273– 13730	13372– 13831	13471– 13932	13570– 14033	13669– 14134
14000	13769– 14234	13868– 14335	13967– 14436	14066– 14537	14165– 14638	14264– 14738	14364– 14839	14463– 14940	14562– 15041	14661– 15142
15000	14760– 15243	14860– 15343	14959– 15444	15058– 15545	15157– 15646	15256– 15746	15356– 15847	15455– 15948	15554– 16049	15653– 16150
16000	15753– 16250	15852– 16351	15951– 16452	16050– 16553	16149– 16653	16249– 16754	16348– 16855	16447– 16956	16546– 17057	16646– 17157
17000	16745– 17258	16844– 17359	16943– 17460	17043– 17560	17142– 17661	17241– 17762	17340– 17862	17440– 17963	17539– 18064	17638– 18165
18000	17738– 18265	17837– 18366	17936– 18467	18035– 18568	18135– 18668	18234– 18769	18333– 18870	18432– 18970	18532– 19071	18631– 19172
19000	18730– 19273	18830– 19373	18929– 19474	19028– 19575	19127– 19675	19227– 19778	19326– 19877	19425– 19978	19525– 20078	19624– 20179
20000	19723– 20280	19823– 20380	19922– 20481	20021– 20582	20121– 20682	20220– 20783	20319– 20884	20418– 20984	20518– 21085	20617– 21186
21000	20716– 21286	20816– 21387	20915– 21488	21014– 21589	21114– 21689	21213– 21790	21312– 21891	21412– 21991	21511– 22092	21610– 22193
22000	21710– 22293	21809– 22394	21908– 22494	22008– 22595	22107– 22696	22206– 22796	22306– 22897	22405– 22998	22505– 23098	22604– 23199
23000	22703– 23300	22803– 23400	22902– 23501	23001– 23602	23101– 23702	23200– 23803	23299– 23904	23399– 24004	23498– 24105	23597– 24205
24000	23697– 24306	23796– 24407	23896– 24507	23995– 24608	24094– 24709	24194– 24809	24293– 24910	24392– 25010	24492– 25111	24591– 25212
25000	24691– 25312	24790– 25413	24889– 25514	24989– 25614	25088– 25715	25187– 25815	25287– 25916	25386– 26017	25486– 26117	25585– 26218
26000	25684– 26318	25784– 26419	25883– 26520	25983– 26620	26082– 26721	26181– 26822	26281– 26922	26380– 27023	26480– 27123	26579– 27224
27000	26678– 27325	26778– 27425	26877– 27526	26977– 27626	27076– 27727	27175– 27827	27275– 27928	27374– 28029	27474– 28129	27573– 28230
28000	27673– 28330	27772– 28431	27871– 28532	27971– 28632	28070– 28733	28170– 28833	28269– 28934	28368– 29035	28468– 29135	28567– 29236
29000	28667– 29336	28766– 29437	28866– 29537	28965– 29638	29064– 29739	29164– 29839	29263– 29940	29363– 30040	29462– 30141	29562– 30241
30000	29661– 30342	29760– 30443	29860– 30543	29959– 30644	30059– 30744	30158– 30845	30258– 30945	30357– 31046	30456– 31146	30556– 31247
31000	30655– 31348	30755– 31448	30854– 31549	30954– 31649	31053– 31750	31153– 31850	31252– 31951	31352– 32051	31451– 32152	31550– 32253
32000	31650– 32353	31749– 32454	31849– 32554	31948– 32655	32048– 32755	32147– 32856	32247– 32956	32346– 33057	32446– 33157	32545– 33258
33000	32644– 33359	32744– 33459	32843– 33560	32943– 33660	33042– 33761	33142– 33861	33241– 33962	33341– 34062	33440– 34163	33540– 34263
34000	33639– 34364	33739– 34464	33838– 34565	33937– 34665	34037– 34766	34136– 34867	34236– 34967	34335– 35068	34435– 35168	34534– 35269
35000	34634– 35369	34733– 35470	34833– 35570	34932– 35671	35032– 35771	35131– 35872	35231– 35972	35330– 36073	35430– 36173	35529– 36274
36000	35629– 36374	35728– 36475	35828– 36575	35927– 36676	36027– 36776	36126– 36877	36226– 36977	36325– 37078	36424– 37178	36524– 37279
37000	36623– 37379	36723– 37480	36822– 37580	36922– 37681	37021– 37781	37121– 37882	37220– 37983	37320– 38083	37419– 38184	37519– 38284
38000	37618– 38385	37718– 38485	37817– 38586	37917– 38686	38016– 38787	38116– 38887	38215– 38988	38315– 39088	38414– 39189	38514– 39289
39000	38613– 39390	38713– 39490	38812– 39591	38912– 39691	39011– 39792	39111– 39892	39210– 39992	39310– 40093	39409– 40193	39509– 40294
40000	39608– 40394	39708– 40495	39807– 40595	39907– 40696	40007– 40796	40106– 40897	40206– 40997	40305– 41098	40405– 41198	40504– 41299
41000	40604– 41399	40703– 41500	40803– 41600	40902– 41701	41002– 41801	41101– 41902	41201– 42002	41300– 42103	41400– 42203	41499– 42304
42000	41599– 42404	41698– 42505	41798– 42605	41897– 42706	41997– 42806	42096– 42907	42196– 43007	42295– 43107	42395– 43208	42495– 43308
43000	42594– 43409	42694– 43509	42793– 43610	42893– 43710	42992– 43811	43092– 43911	43191– 44012	43291– 44112	43390– 44213	43490– 44313
44000	43589– 44414	43689– 44514	43788– 44615	43888– 44715	43987– 44815	44087– 44916	44187– 45016	44286– 45117	44386– 45217	44485– 45318

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Die Werte von 0 bis 100 sind exakt, alle andern nach der Approximation von FREEMAN und TUKEY berechnet (vgl. Textteil)

x	0	1 10 100	2 20 200	3 30 300	4 40 400	5 50 500	6 60 600	7 70 700	8 80 800	9 90 900
	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r	λ_l λ_r
0	0 –5,2983	0,0050–7,4301	0,1035–9,2738	0,3379–10,978	0,6722–12,595	1,0779–14,150	1,5369–15,660	2,0374–17,134	2,5711–18,579	3,1325–19,999
10	3,7172–21,398	4,3216–22,780	4,9434–24,145	5,5807–25,497	6,2316–26,836	6,8946–28,164	7,5680–29,482	8,2518–30,791	8,9453–32,091	9,6470–33,383
20	10,355–34,668	11,072–35,947	11,795–37,219	12,525–38,485	13,260–39,745	14,000–41,001	14,745–42,251	15,495–43,497	16,244–44,739	17,003–45,976
30	17,767–47,210	18,535–48,439	19,306–49,666	20,080–50,888	20,858–52,108	21,638–53,324	22,422–54,538	23,208–55,748	23,997–56,956	24,789–58,161
40	25,583–59,363	26,381–60,564	27,181–61,761	27,983–62,957	28,788–64,150	29,596–65,341	30,406–66,530	31,218–67,717	32,032–68,902	32,848–70,085
50	33,666–71,267	34,485–72,446	35,306–73,624	36,129–74,800	36,953–75,975	37,779–77,148	38,605–78,319	39,434–79,489	40,263–80,657	41,094–81,825
60	41,926–82,990	42,759–84,155	43,594–85,317	44,430–86,479	45,267–87,640	46,106–88,799	46,946–89,957	47,787–91,114	48,630–92,269	49,475–93,424
70	50,320–94,577	51,167–95,730	52,015–96,881	52,865–98,031	53,716–99,180	54,567–100,33	55,420–101,48	56,275–102,63	57,130–103,77	57,986–104,92
80	58,844–106,06	59,701–107,20	60,559–108,34	61,419–109,49	62,279–110,63	63,140–111,77	64,001–112,90	64,863–114,04	65,725–115,18	66,587–116,31
90	67,451–117,45	68,314–118,59	69,179–119,72	70,043–120,85	70,909–121,98	71,775–123,12	72,641–124,25	73,508–125,38	74,375–126,51	75,244–127,64
100	75,90–128,55	84,64–139,80	93,44–150,99	102,29–162,14	111,18–173,24	120,11–184,31	129,08–195,34	138,07–206,34	147,10–217,31	156,15–228,26
200	165,23–239,18	174,33–250,07	183,45–260,95	192,59–271,81	201,75–282,65	210,93–293,47	220,12–304,27	229,33–315,06	238,56–325,84	247,79–336,60
300	257,04–347,35	266,31–358,08	275,58–368,81	284,87–379,52	294,16–390,22	303,47–400,92	312,79–411,60	322,11–422,27	331,45–432,94	340,79–443,59
400	350,14–454,24	359,50–464,88	368,87–475,51	378,25–486,13	387,63–496,75	397,02–507,36	406,41–517,96	415,82–528,56	425,23–539,15	434,64–549,74
500	444,06–560,31	453,49–570,89	462,92–581,45	472,36–592,01	481,80–602,57	491,25–613,12	500,70–623,67	510,16–634,21	519,62–644,75	529,09–655,28
600	538,56–665,81	548,04–676,33	557,52–686,85	567,01–697,36	576,49–707,87	585,99–718,38	595,48–728,88	604,99–739,38	614,49–749,88	624,00–760,37
700	633,51–770,86	643,02–781,34	652,54–791,82	662,06–802,30	671,59–812,78	681,12–823,25	690,65–833,72	700,18–844,18	709,72–854,64	719,26–865,10
800	728,80–875,56	738,35–886,01	747,90–896,46	757,45–906,91	767,00–917,36	776,56–927,80	786,12–938,24	795,68–948,68	805,25–959,11	814,81–969,55
900	824,38–979,98	833,96–990,40	843,53–1000,9	853,11–1011,3	862,69–1021,7	872,27–1032,1	881,85–1042,6	891,43–1053,0	901,02–1063,4	910,61–1073,8
1000	920,20–1084,2	929,80–1094,6	939,39–1105,0	948,99–1115,4	958,59–1125,8	968,19–1136,2	977,80–1146,6	987,40–1157,0	997,01–1167,4	1006,6–1177,8
1100	1016,2–1188,2	1025,8–1198,6	1035,4–1209,0	1045,0–1219,3	1054,6–1229,7	1064,3–1240,1	1073,9–1250,5	1083,5–1260,9	1093,1–1271,2	1102,8–1281,6
1200	1112,4–1292,0	1122,0–1302,3	1131,6–1312,7	1141,3–1323,1	1150,9–1333,4	1160,5–1343,8	1170,2–1354,2	1179,8–1364,5	1189,5–1374,9	1199,1–1385,3
1300	1208,7–1395,6	1218,4–1406,0	1228,0–1416,3	1237,7–1426,7	1247,3–1437,0	1257,0–1447,4	1266,6–1457,7	1276,3–1468,1	1285,9–1478,4	1295,6–1488,8
1400	1305,2–1499,1	1314,9–1509,5	1324,5–1519,8	1334,2–1530,1	1343,9–1540,5	1353,5–1550,8	1363,2–1561,2	1372,9–1571,5	1382,5–1581,8	1392,2–1592,2
1500	1401,9–1602,5	1411,5–1612,8	1421,2–1623,2	1430,9–1633,5	1440,5–1643,8	1450,2–1654,1	1459,9–1664,5	1469,6–1674,8	1479,2–1685,1	1488,9–1695,4
1600	1498,6–1705,8	1508,3–1716,1	1517,9–1726,4	1527,6–1736,7	1537,3–1747,0	1547,0–1757,4	1556,7–1767,7	1566,4–1778,0	1576,0–1788,3	1585,7–1798,6
1700	1595,4–1808,9	1605,1–1819,3	1614,8–1829,6	1624,5–1839,9	1634,2–1850,2	1643,9–1860,5	1653,6–1870,8	1663,2–1881,1	1672,9–1891,4	1682,6–1901,7
1800	1692,3–1912,0	1702,0–1922,3	1711,7–1932,6	1721,4–1942,9	1731,1–1953,2	1740,8–1963,5	1750,5–1973,8	1760,2–1984,1	1769,9–1994,4	1779,6–2004,7
1900	1789,3–2015,0	1799,0–2025,3	1808,7–2035,6	1818,5–2045,9	1828,2–2056,2	1837,9–2066,5	1847,6–2076,8	1857,3–2087,1	1867,0–2097,3	1876,7–2107,6
2000	1886,4–2117,9	1896,1–2128,2	1905,8–2138,5	1915,6–2148,8	1925,3–2159,1	1935,0–2169,4	1944,7–2179,6	1954,4–2189,9	1964,1–2200,2	1973,9–2210,5
2100	1983,6–2220,8	1993,3–2231,1	2003,0–2241,3	2012,7–2251,6	2022,5–2261,9	2032,2–2272,2	2041,9–2282,4	2051,6–2292,7	2061,3–2303,0	2071,1–2313,3
2200	2080,8–2323,5	2090,5–2333,8	2100,2–2344,1	2110,0–2354,4	2119,7–2364,6	2129,4–2374,9	2139,2–2385,2	2148,9–2395,5	2158,6–2405,7	2168,4–2416,0
2300	2178,1–2426,3	2187,8–2436,5	2197,5–2446,8	2207,3–2457,1	2217,0–2467,3	2226,7–2477,6	2236,5–2487,9	2246,2–2498,1	2256,0–2508,4	2265,7–2518,7
2400	2275,4–2528,9	2285,2–2539,2	2294,9–2549,4	2304,6–2559,7	2314,4–2570,0	2324,1–2580,2	2333,9–2590,5	2343,6–2600,7	2353,3–2611,0	2363,1–2621,3
2500	2372,8–2631,5	2382,6–2641,8	2392,3–2652,0	2402,1–2662,3	2411,8–2672,5	2421,5–2682,8	2431,3–2693,1	2441,0–2703,3	2450,8–2713,6	2460,5–2723,8
2600	2470,3–2734,1	2480,0–2744,3	2489,8–2754,6	2499,5–2764,8	2509,3–2775,1	2519,0–2785,3	2528,8–2795,6	2538,5–2805,8	2548,3–2816,1	2558,0–2826,3
2700	2567,8–2836,6	2577,5–2846,8	2587,3–2857,1	2597,0–2867,3	2606,8–2877,6	2616,5–2887,8	2626,3–2898,1	2636,0–2908,3	2645,8–2918,5	2655,6–2928,8
2800	2665,3–2939,0	2675,1–2949,3	2684,8–2959,5	2694,6–2969,8	2704,3–2980,0	2714,1–2990,2	2723,9–3000,5	2733,6–3010,7	2743,4–3021,0	2753,1–3031,2
2900	2762,9–3041,4	2772,7–3051,7	2782,4–3061,9	2792,2–3072,2	2801,9–3082,4	2811,7–3092,6	2821,5–3102,9	2831,2–3113,1	2841,0–3123,3	2850,8–3133,6
3000	2860,5–3143,8	2870,3–3154,0	2880,1–3164,3	2889,8–3174,5	2899,6–3184,7	2909,4–3195,0	2919,1–3205,2	2928,9–3215,4	2938,7–3225,7	2948,4–3235,9
3100	2958,2–3246,1	2968,0–3256,4	2977,7–3266,6	2987,5–3276,8	2997,3–3287,1	3007,0–3297,3	3016,8–3307,5	3026,6–3317,8	3036,4–3328,0	3046,1–3338,2
3200	3055,9–3348,4	3065,7–3358,7	3075,4–3368,9	3085,2–3379,1	3095,0–3389,3	3104,8–3399,6	3114,5–3409,8	3124,3–3420,0	3134,1–3430,2	3143,9–3440,5
3300	3153,6–3450,7	3163,4–3460,9	3173,2–3471,1	3183,0–3481,4	3192,7–3491,6	3202,5–3501,8	3212,3–3512,0	3222,1–3522,3	3231,9–3532,5	3241,6–3542,7
3400	3251,4–3552,9	3261,2–3563,1	3271,0–3573,4	3280,8–3583,6	3290,5–3593,8	3300,3–3604,0	3310,1–3614,2	3319,9–3624,5	3329,7–3634,7	3339,4–3644,9
3500	3349,2–3655,1	3359,0–3665,3	3368,8–3675,5	3378,6–3685,8	3388,4–3696,0	3398,1–3706,2	3407,9–3716,4	3417,7–3726,6	3427,5–3736,8	3437,3–3747,1
3600	3447,1–3757,3	3456,8–3767,5	3466,6–3777,7	3476,4–3787,9	3486,2–3798,1	3496,0–3808,3	3505,8–3818,6	3515,6–3828,8	3525,4–3839,0	3535,1–3849,2
3700	3544,9–3859,4	3554,7–3869,6	3564,5–3879,8	3574,3–3890,0	3584,1–3900,3	3593,9–3910,5	3603,7–3920,7	3613,5–3930,9	3623,2–3941,1	3633,0–3951,3
3800	3642,8–3961,5	3652,6–3971,7	3662,4–3981,9	3672,2–3992,1	3682,0–4002,3	3691,8–4012,6	3701,6–4022,8	3711,4–4033,0	3721,2–4043,2	3731,0–4053,4
3900	3740,8–4063,6	3750,5–4073,8	3760,3–4084,0	3770,1–4094,2	3779,9–4104,4	3789,7–4114,6	3799,5–4124,8	3809,3–4135,0	3819,1–4145,2	3828,9–4155,4
4000	3838,7–4165,6	3848,5–4175,8	3858,3–4186,0	3868,1–4196,2	3877,9–4206,4	3887,7–4216,6	3897,5–4226,9	3907,3–4237,1	3917,1–4247,3	3926,9–4257,5
4100	3936,7–4267,7	3946,5–4277,9	3956,3–4288,1	3966,1–4298,3	3975,9–4308,5	3985,7–4318,7	3995,5–4328,9	4005,3–4339,1	4015,1–4349,3	4024,9–4359,5
4200	4034,7–4369,7	4044,5–4379,9	4054,3–4390,1	4064,1–4400,3	4073,9–4410,4	4083,7–4420,6	4093,5–4430,8	4103,3–4441,0	4113,1–4451,2	4122,9–4461,4
4300	4132,7–4471,6	4142,5–4481,8	4152,3–4492,0	4162,1–4502,2	4171,9–4512,4	4181,7–4522,6	4191,5–4532,8	4201,3–4543,0	4211,1–4553,2	4220,9–4563,4
4400	4230,8–4573,6	4240,6–4583,8	4250,4–4594,0	4260,2–4604,2	4270,0–4614,4	4279,8–4624,6	4289,6–4634,7	4299,4–4644,9	4309,2–4655,1	4319,0–4665,3
4500	4328,8–4675,5	4338,6–4685,7	4348,4–4695,9	4358,2–4706,1	4368,1–4716,3	4377,9–4726,5	4387,7–4736,7	4397,5–4746,9	4407,3–4757,0	4417,1–4767,2
4600	4426,9–4777,4	4436,7–4787,6	4446,5–4797,8	4456,3–4808,0	4466,2–4818,2	4476,0–4828,4	4485,8–4838,6	4495,6–4848,7	4505,4–4858,9	4515,2–4869,1
4700	4525,0–4879,3	4534,8–4889,5	4544,6–4899,7	4554,5–4909,9	4564,3–4920,1	4574,1–4930,2	4583,9–4940,4	4593,7–4950,6	4603,5–4960,8	4613,3–4971,0
4800	4623,2–4981,2	4633,0–4991,4	4642,8–5001,6	4652,6–5011,7	4662,4–5021,9	4672,2–5032,1	4682,0–5042,3	4691,9–5052,5	4701,7–5062,7	4711,5–5072,8
4900	4721,3–5083,0	4731,1–5093,2	4740,9–5103,4	4750,8–5113,6	4760,6–5123,8	4770,4–5134,0	4780,2–5144,1	4790,0–5154,3	4799,8–5164,5	4809,7–5174,7
5000	4819,5–5184,9	4917,7–5286,7	5015,9–5388,5	5114,1–5490,2	5212,3–5592,0	5310,6–5693,7	5408,9–5795,5	5507,1–5897,2	5605,4–5998,9	5703,8–6100,6
6000	5802,1–6202,2	5900,4–6303,9	5998,8–6405,5	6097,2–6507,2	6195,5–6608,8	6293,9–6710,4	6392,4–6812,0	6490,8–6913,6	6589,2–7015,1	6687,6–7116,7
7000	6786,1–7218,2	6884,6–7319,8	6983,0–7421,3	7081,5–7522,8	7180,0–7624,3	7278,5–7725,8	7377,1–7827,3	7475,6–7928,7	7574,1–8030,2	7672,7–8131,7
8000	7771,2–8233,1	7869,8–8334,5	7968,4–8436,0	8066,9–8537,4	8165,5–8638,8	8264,1–8740,2	8362,7–8841,6	8461,4–8943,0	8560,0–9044,4	8658,6–9145,7
9000	8757,2–9247,1	8855,9–9348,4	8954,5–9449,8	9053,2–9551,1	9151,9–9652,5	9250,6–9753,8	9349,2–9855,1	9447,9–9956,4	9546,6– 10058	9645,3– 10159
10000	9744,0– 10261	9842,7– 10362	9941,5– 10463	10040– 10565	10138– 10666	10237– 10767	10336– 10868	10435– 10970	10533– 11071	10632– 11172
11000	10731– 11273	10830– 11375	10929– 11476	11027– 11577	11126– 11678	11225– 11779	11324– 11881	11423– 11982	11521– 12083	11620– 12184
12000	11719– 12285	11818– 12387	11917– 12488	12015– 12589	12114– 12690	12213– 12791	12312– 12892	12411– 12993	12510– 13095	12609– 13196
13000	12707– 13297	12806– 13398	12905– 13499	13004– 13600	13103– 13701	13202– 13802	13301– 13904	13400– 14005	13499– 14106	13597– 14207
14000	13696– 14308	13795– 14409	13894– 14510	13993– 14611	14092– 14712	14191– 14813	14290– 14914	14389– 15015	14488– 15117	14587– 15218
15000	14686– 15319	14785– 15420	14884– 15521	14983– 15622	15082– 15723	15180– 15824	15279– 15925	15378– 16026	15477– 16127	15576– 16228
16000	15675– 16329	15774– 16430	15873– 16531	15972– 16632	16071– 16733	16170– 16834	16269– 16935	16368– 17036	16467– 17137	16566– 17238
17000	16665– 17339	16764– 17440	16863– 17541	16962– 17642	17061– 17743	17160– 17844	17259– 17945	17358– 18046	17458– 18147	17557– 18248
18000	17656– 18349	17755– 18450	17854– 18551	17953– 18652	18052– 18753	18151– 18854	18250– 18954	18349– 19055	18448– 19156	18547– 19257
19000	18646– 19358	18745– 19459	18844– 19560	18943– 19661	19042– 19762	19141– 19863	19241– 19964	19340– 20065	19439– 20166	19538– 20267
20000	19637– 20367	19736– 20468	19835– 20569	19934– 20670	20033– 20771	20132– 20872	20231– 20973	20331– 21074	20430– 21175	20529– 21276
21000	20628– 21376	20727– 21477	20826– 21578	20925– 21679	21024– 21780	21123– 21881	21223– 21982	21322– 22083	21421– 22183	21520– 22284
22000	21619– 22385	21718– 22486	21817– 22587	21917– 22688	22016– 22789	22115– 22890	22214– 22990	22313– 23091	22412– 23192	22511– 23293
23000	22611– 23394	22710– 23495	22809– 23596	22908– 23696	23007– 23797	23106– 23898	23205– 23999	23305– 24100	23404– 24201	23503– 24301
24000	23602– 24401	23701– 24503	23800– 24604	23900– 24705	23999– 24806	24098– 24906	24197– 25007	24296– 25108	24396– 25209	24495– 25310
25000	24594– 25410	24693– 25511	24792– 25612	24891– 25713	24991– 25814	25090– 25914	25189– 26015	25288– 26116	25387– 26217	25487– 26318
26000	25586– 26419	25685– 26519	25784– 26620	25883– 26721	25983– 26822	26082– 26922	26181– 27023	26280– 27124	26379– 27225	26479– 27326
27000	26578– 27426	26677– 27527	26776– 27628	26876– 27729	26975– 27830	27074– 27930	27173– 28031	27272– 28132	27372– 28233	27471– 28333
28000	27570– 28434	27669– 28535	27769– 28636	27868– 28736	27967– 28837	28066– 28938	28166– 29039	28265– 29140	28364– 29240	28463– 29341
29000	28563– 29442	28662– 29543	28761– 29643	28860– 29744	28960– 29845	29059– 29946	29158– 30046	29257– 30147	29357– 30248	29456– 30349
30000	29555– 30449	29654– 30550	29754– 30651	29853– 30752	29952– 30852	30051– 30953	30151– 31054	30250– 31154	30349– 31255	30448– 31356
31000	30548– 31457	30647– 31556	30746– 31658	30845– 31759	30945– 31860	31044– 31960	31143– 32061	31243– 32162	31342– 32263	31441– 32363
32000	31540– 32464	31640– 32565	31739– 32665	31838– 32767	31938– 32867	32037– 32968	32136– 33068	32235– 33169	32335– 33270	32434– 33370
33000	32533– 33471	32633– 33572	32732– 33672	32831– 33773	32930– 33874	33030– 33975	33129– 34075	33228– 34176	33328– 34277	33427– 34377
34000	33526– 34478	33626– 34579	33725– 34680	33824– 34780	33923– 34881	34023– 34982	34122– 35082	34221– 35183	34321– 35284	34420– 35384
35000	34519– 35485	34619– 35586	34718– 35686	34817– 35787	34917– 35888	35016– 35988	35115– 36089	35214– 36190	35314– 36291	35413– 36391
36000	35512– 36492	35612– 36593	35711– 36693	35810– 36794	35910– 36895	36009– 36995	36108– 37096	36208– 37197	36307– 37297	36406– 37398
37000	36506– 37499	36605– 37599	36704– 37700	36804– 37801	36903– 37901	37002– 38002	37102– 38103	37201– 38203	37300– 38304	37400– 38405
38000	37499– 38505	37598– 38606	37698– 38707	37797– 38807	37896– 38908	37996– 39009	38095– 39109	38194– 39210	38294– 39311	38393– 39411
39000	38492– 39512	38592– 39612	38691– 39713	38791– 39814	38890– 39914	38989– 40015	39089– 40116	39188– 40216	39287– 40317	39387– 40418
40000	39486– 40518	39585– 40619	39685– 40720	39784– 40820	39883– 40921	39983– 41022	40082– 41122	40182– 41223	40281– 41323	40380– 41424
41000	40480– 41525	40579– 41625	40678– 41726	40778– 41827	40877– 41927	40976– 42028	41076– 42129	41175– 42229	41275– 42330	41374– 42430
42000	41473– 42531	41573– 42632	41672– 42732	41771– 42833	41871– 42934	41970– 43034	42070– 43135	42169– 43235	42268– 43336	42368– 43437
43000	42467– 43537	42566– 43638	42666– 43739	42765– 43839	42865– 43940	42964– 44040	43063– 44141	43163– 44242	43262– 44342	43361– 44443
44000	43461– 44543	43560– 44644	43660– 44745	43759– 44845	43858– 44946	43958– 45047	44057– 45147	44157– 45248	44256– 45348	44355– 45449

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

x_1	N_1-x_1	N_1
x_2	N_2-x_2	N_2
X	$N-X$	N

$N=N_1+N_2$, $X=x_1+x_2$, $N_1 \leqq N_2$, $x_1 \leqq N_1-x_1$

Anleitung siehe S. 123

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
$N=8$							
4	0	•– 3	•– 4	•– 4	–	–	–
	1	•– 5	–	–	–	–	–
	2	–	–	–	–	–	–
$N=9$							
4	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 5	–	–
	1	•– 6	•– 6	–	–	–	–
	2	–	–	–	–	–	–
$N=10$							
4	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 6	–
	1	•– 7	•– 7	–	–	–	–
	2	–	–	–	–	–	–
5	0	•– 3	•– 4	•– 4	•– 5	•– 5	–
	1	•– 6	•– 6	•– 6	–	–	–
	2	•– 7	–	–	–	–	–
$N=11$							
4	0	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	–
	1	•– 7	•– 8	•– 8	–	–	–
	2	–	–	–	–	–	–
5	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	–
	1	•– 6	•– 7	•– 7	–	–	–
	2	•– 8	–	–	–	–	–
$N=12$							
4	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 8	–
	1	•– 8	•– 9	•– 9	–	–	–
	2	2–10	–	–	–	–	–
5	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	–
	1	•– 7	•– 7	•– 8	–	–	–
	2	•– 9	•– 9	–	–	–	–
6	0	•– 3	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	–
	1	•– 6	•– 6	•– 7	•– 7	–	–
	2	•– 8	•– 8	–	–	–	–
	3	3– 9	–	–	–	–	–
$N=13$							
4	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	–
	1	•– 9	•–10	•–10	–	–	–
	2	2–11	–	–	–	–	–
5	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	–	–
	2	•–10	•–10	–	–	–	–
6	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 8	•– 8	–
	2	•– 8	•– 9	•– 9	–	–	–
	3	3–10	–	–	–	–	–
$N=14$							
4	0	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	•–10
	1	•– 9	•–10	•–11	–	–	–
	2	2–12	–	–	–	–	–
5	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9
	1	•– 8	•– 9	•– 9	•–10	•–10	–
	2	•–10	•–11	–	–	–	–
6	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9	•– 9	–
	2	•– 9	•–10	•–10	–	–	–
	3	3–11	–	–	–	–	–
7	0	•– 3	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7
	1	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	•– 8	–
	2	•– 8	•– 9	•– 9	–	–	–
	3	3–10	•–10	–	–	–	–
$N=15$							
4	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–10	•–11
	1	•–10	•–11	•–12	•–12	–	–
	2	2–13	–	–	–	–	–
5	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 9	•– 9	•–10	•–11	•–11	–
	2	2–11	•–12	•–12	–	–	–
6	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–10	–
	2	•–10	•–10	•–11	–	–	–
	3	3–12	3–12	–	–	–	–
7	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9	–
	2	•– 9	•– 9	•–10	•–10	–	–
	3	3–11	•–11	–	–	–	–
$N=16$							
4	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	1	•–11	•–12	•–13	•–13	–	–
	2	2–14	–	–	–	–	–
5	0	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	•–11
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	–
	2	2–12	•–13	•–13	–	–	–

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
$N=16$ (Fortsetzung)							
6	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9
	1	•– 8	•– 9	•– 9	•–10	•–11	–
	2	•–10	•–11	•–12	•–12	–	–
	3	3–13	3–13	–	–	–	–
7	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8
	1	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9	•–10	•–10
	2	•– 9	•–10	•–10	•–11	•–11	–
	3	3–11	•–12	•–12	–	–	–
8	0	•– 3	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 7
	1	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9
	2	•– 8	•– 9	•– 9	•–10	•–10	–
	3	•–10	•–11	•–11	–	–	–
	4	4–12	4–12	–	–	–	–
$N=17$							
4	0	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	1	•–11	•–13	•–13	•–14	–	–
	2	2–15	2–15	–	–	–	–
5	0	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	1	•–10	•–11	•–12	•–12	•–13	–
	2	2–13	•–14	•–14	–	–	–
6	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12
	2	•–11	•–12	•–13	•–13	–	–
	3	4–13	3–14	–	–	–	–
7	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–10	•–11
	2	•–10	•–11	•–11	•–12	•–12	–
	3	3–12	•–13	•–13	–	–	–
8	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	•–10
	2	•– 9	•– 9	•–10	•–11	•–11	–
	3	3–11	•–11	•–12	•–12	–	–
	4	4–13	4–13	–	–	–	–
$N=18$							
4	0	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–12	•–14
	1	•–12	•–13	•–14	•–15	•–15	–
	2	2–16	2–16	–	–	–	–
5	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	1	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	–
	2	2–13	•–14	•–15	–	–	–
6	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•– 9	•–11
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–13
	2	2–12	•–13	•–13	•–14	•–14	–
	3	4–14	3–15	3–15	–	–	–
7	0	•– 5	•– 6	•– 6	•– 8	•– 8	•–10
	1	•– 8	•– 9	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–13	–
	3	3–13	3–13	•–14	–	–	–
8	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–11	•–11	•–12	–
	3	3–11	•–12	•–13	•–13	–	–
	4	5–13	4–14	4–14	–	–	–
9	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 6	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 7	•– 8	•– 8	•–10
	2	•– 8	•– 9	•– 9	•–10	•–10	–
	3	•–10	•–11	•–11	•–12	•–12	–
	4	4–12	4–13	•–13	–	–	–
$N=19$							
4	0	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	1	•–13	•–14	•–15	•–16	•–16	–
	2	3–16	2–17	–	–	–	–
5	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–11	•–13
	1	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	–
	2	2–14	•–15	•–16	–	–	–
6	0	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	2	2–12	•–13	•–14	•–15	•–15	–
	3	4–15	3–16	3–16	–	–	–
7	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	2	•–11	•–12	•–13	•–13	•–14	–
	3	3–13	3–14	•–15	•–15	–	–
8	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–10	•–12
	2	•–10	•–11	•–11	•–12	•–13	–
	3	3–12	•–13	•–13	•–14	•–14	–
	4	5–14	4–15	4–15	–	–	–
9	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	•–10
	2	•– 9	•–10	•–10	•–11	•–11	•–12
	3	3–11	•–12	•–12	•–13	•–13	–
	4	4–13	4–13	•–14	–	–	–
$N=20$							
4	0	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	1	•–14	•–15	•–16	•–17	•–17	–
	2	3–17	2–18	–	–	–	–

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
$N=20$ (Fortsetzung)							
5	0	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–13	•–14	•–15	•–15	–
	2	2–15	•–16	•–17	•–17	–	–
6	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12
	1	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	2	2–13	•–14	•–15	•–16	•–16	–
	3	4–16	3–17	3–17	–	–	–
7	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•– 9	•–11
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–14
	2	•–12	•–13	•–13	•–14	•–15	–
	3	3–14	3–15	•–16	•–16	–	–
8	0	•– 5	•– 6	•– 6	•– 8	•– 8	•–10
	1	•– 8	•– 9	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–13	•–14
	3	3–13	3–14	•–14	•–15	•–15	–
	4	5–15	4–16	4–16	–	–	–
9	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–13
	3	3–11	•–12	•–13	•–14	•–14	–
	4	5–14	4–14	•–15	•–15	–	–
10	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 8	•– 9	•–10
	2	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–11	•–12
	3	•–10	•–11	•–12	•–12	•–13	–
	4	4–12	4–13	•–14	•–14	–	–
	5	6–14	5–15	5–15	–	–	–
$N=21$							
4	0	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16
	1	•–14	•–16	•–17	•–18	•–18	–
	2	3–18	2–19	–	–	–	–
5	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	1	•–12	•–13	•–15	•–16	•–16	•–17
	2	2–16	2–17	•–18	•–18	–	–
6	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	2	2–14	•–15	•–16	•–17	•–17	–
	3	4–17	3–18	3–18	–	–	–
7	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	2	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	–
	3	4–15	3–16	•–17	•–17	–	–
8	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–15
	3	3–13	3–14	•–15	•–16	•–16	–
	4	5–16	5–16	4–17	–	–	–
9	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•–10	•–11	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	3–12	•–13	•–14	•–14	•–15	–
	4	5–14	4–15	4–16	•–16	–	–
10	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–10	•–11	•–12	•–13
	3	3–11	•–12	•–12	•–13	•–14	–
	4	4–13	4–14	•–14	•–15	•–15	–
	5	6–15	5–16	5–16	–	–	–
$N=22$							
4	0	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	1	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19	–
	2	3–19	2–20	–	–	–	–
5	0	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15
	1	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	2	2–17	2–18	•–18	•–19	–	–
6	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–12	•–13	•–15	•–15	•–17
	2	2–14	•–16	•–17	•–17	•–18	–
	3	4–18	4–18	3–19	–	–	–
7	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–10	•–12
	1	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	2	2–13	•–14	•–15	•–16	•–16	•–17
	3	4–16	3–17	3–17	•–18	•–18	–
8	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	3	3–14	3–15	•–16	•–17	•–17	–
	4	6–16	5–17	4–18	4–18	–	–
9	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 8	•–10
	1	•– 8	•– 9	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	3	3–13	•–14	•–14	•–15	•–16	–
	4	5–15	4–16	4–16	•–17	•–17	–
10	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–14
	3	3–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–15
	4	4–14	4–14	•–15	•–16	•–16	–
	5	6–16	6–16	5–17	5–17	–	–
11	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

Hypergeometrische Verteilung

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N = N_1+N_2 \\ X = x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

$N = 22$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
11	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	•–10
	2	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–11	•–12
	3	•–10	•–11	•–12	•–13	•–13	•–14
	4	4–12	4–13	•–14	•–15	•–15	–
	5	6–14	5–15	5–16	•–16	–	–

$N = 23$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	1	•–16	•–17	•–18	•–19	•–20	–
	2	3–20	2–21	2–21	–	–	–
5	0	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	1	•–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	2	2–17	2–18	•–19	•–20	–	–
6	0	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	2	2–15	•–16	•–17	•–18	•–19	–
	3	5–18	4–19	3–20	–	–	–
7	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–12	•–14	•–14	•–16
	2	2–13	•–15	•–16	•–17	•–17	•–18
	3	4–16	3–17	3–18	•–19	•–19	–
8	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	3	3–15	3–16	•–17	•–17	•–18	–
	4	5–18	4–19	4–19	–	–	–
9	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–16
	3	3–13	3–14	•–15	•–16	•–16	•–17
	4	5–16	4–17	4–17	•–18	•–18	–
10	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–13	•–14
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–15	•–16
	4	5–14	4–15	4–16	•–17	•–17	–
	5	7–16	6–17	5–18	5–18	–	–
11	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–11	•–11	•–12	•–13
	3	3–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–15
	4	4–13	4–14	•–15	•–15	•–16	–
	5	6–15	5–16	5–16	•–17	•–17	–

$N = 24$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–19
	1	•–16	•–18	•–19	•–20	•–21	–
	2	3–21	2–22	2–22	–	–	–
5	0	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17
	1	•–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–20
	2	3–18	2–19	•–20	•–21	•–21	–
6	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	1	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–18
	2	2–16	•–17	•–18	•–19	•–20	–
	3	5–19	4–20	3–21	3–21	–	–
7	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	2	2–14	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	3	4–17	3–18	3–19	•–20	•–20	–
8	0	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	2	•–12	•–14	•–15	•–16	•–16	•–18
	3	4–15	3–16	•–17	•–18	•–19	–
	4	6–18	5–19	4–20	4–20	–	–
9	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	3	3–14	3–15	•–16	•–17	•–17	•–18
	4	5–16	5–17	4–18	•–19	•–19	–
10	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 9	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	3	3–13	•–14	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	5–15	4–16	4–17	•–17	•–18	–
	5	7–17	6–18	5–19	5–19	–	–
11	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	3–12	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	4	4–14	4–15	•–15	•–16	•–17	•–17
	5	6–16	6–17	5–17	•–18	•–18	–
12	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•– 9	•–11
	2	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	3	•–11	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	4	4–13	4–13	•–14	•–15	•–15	•–16
	5	6–15	5–15	5–16	•–17	•–17	–
	6	8–16	7–17	6–18	6–18	–	–

$N = 25$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–11	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20
	1	•–17	•–19	•–20	•–21	•–22	–
	2	3–22	2–23	2–23	–	–	–

$N = 25$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
5	0	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	1	•–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–21
	2	3–19	2–20	•–21	•–22	•–22	–
6	0	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–16
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–19
	2	2–16	•–18	•–19	•–20	•–21	–
	3	5–20	4–21	3–22	3–22	–	–
7	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	2	2–15	•–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	3	4–18	3–19	3–20	•–21	•–21	–
8	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	2–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	4–16	3–17	3–18	•–19	•–20	–
	4	6–19	5–20	5–20	4–21	–	–
9	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	3	3–14	3–16	•–17	•–17	•–18	•–19
	4	6–17	5–18	4–19	4–20	•–20	–
10	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–16
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	4	5–16	4–17	4–17	•–18	•–19	–
	5	7–18	6–19	6–19	5–20	5–20	–
11	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–13	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–15	•–17
	4	5–14	4–15	•–16	•–17	•–17	•–18
	5	6–16	6–17	5–18	5–19	•–19	–
12	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–14
	3	3–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–15
	4	4–13	4–14	•–15	•–16	•–16	•–17
	5	6–15	5–16	5–17	•–17	•–18	–
	6	8–17	7–18	6–19	6–19	–	–

$N = 26$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	1	•–18	•–19	•–21	•–22	•–23	–
	2	4–22	2–24	2–24	–	–	–
5	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–16	•–18
	1	•–15	•–17	•–18	•–20	•–20	•–22
	2	3–20	2–21	•–22	•–23	•–23	–
6	0	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	1	•–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	2	2–17	2–19	•–20	•–21	•–21	–
	3	5–21	4–22	3–23	3–23	–	–
7	0	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–15
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–18
	2	2–15	•–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	3	4–19	4–20	3–21	•–22	•–22	–
8	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	2	2–14	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	3	4–17	3–18	3–19	•–20	•–20	•–21
	4	6–20	5–21	5–21	4–22	4–22	–
9	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–16	•–18
	3	3–15	3–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	4	6–18	5–19	4–20	4–20	•–21	–
10	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–14	3–15	•–16	•–17	•–17	•–19
	4	5–16	4–17	4–18	•–19	•–20	•–20
	5	7–19	6–20	6–20	5–21	5–21	–
11	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–16	•–17
	4	5–15	4–16	4–17	•–18	•–18	•–19
	5	7–17	6–18	5–19	5–20	•–20	–
12	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13
	3	•–11	•–12	•–12	•–13	•–14	•–15
	4	4–13	4–14	•–14	•–15	•–16	•–17
	5	6–15	5–16	5–16	•–17	•–18	•–18
	6	7–17	7–17	6–18	6–19	•–19	–

$N = 27$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–21
	1	•–18	•–20	•–21	•–23	•–24	–
	2	4–23	3–24	2–25	–	–	–
5	0	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17	•–19
	1	•–16	•–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	2	3–20	2–22	•–23	•–24	•–24	–
6	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17
	1	•–13	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	2	2–18	2–19	•–20	•–22	•–22	•–23
	3	5–22	4–23	4–23	3–24	–	–
7	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	1	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–19
	2	2–16	•–17	•–18	•–20	•–20	•–22
	3	5–19	4–20	3–21	•–22	•–23	–
8	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17
	2	2–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–20
	3	4–17	3–18	3–19	•–20	•–21	•–21
	4	6–19	5–20	4–21	4–22	•–23	–
9	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	4–16	3–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	4	6–18	5–20	4–20	4–21	•–22	–
10	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	3	3–14	3–15	•–16	•–18	•–18	•–19
	4	5–17	5–18	4–19	•–20	•–20	•–21
	5	8–19	7–20	6–21	5–22	5–22	–
11	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	4	5–16	4–17	4–17	•–18	•–19	•–20
	5	7–18	6–19	5–20	5–20	•–21	–
12	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–13	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–17	6–17	5–18	5–19	•–20	•–20
	6	8–19	8–19	7–20	6–21	6–21	–
13	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–14
	3	3–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	4	4–13	4–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	5	6–15	5–16	5–17	•–18	•–18	•–19
	6	8–17	7–18	6–19	6–20	•–20	–

$N = 28$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–12	•–14	•–16	•–19	•–20	•–22
	1	•–19	•–21	•–22	•–24	•–24	–
	2	4–24	3–25	2–26	–	–	–
5	0	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	1	•–16	•–18	•–20	•–21	•–22	•–24
	2	3–21	2–23	•–24	•–25	•–25	–
6	0	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–15	•–18
	1	•–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	2	2–18	2–20	•–21	•–22	•–23	•–24
	3	6–22	4–24	4–24	3–25	–	–
7	0	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–16
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	2	2–16	•–18	•–19	•–20	•–21	•–23
	3	5–20	4–21	3–22	•–23	•–24	–
8	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	2	2–15	•–16	•–17	•–19	•–19	•–21
	3	4–18	3–19	3–20	•–21	•–22	•–23
	4	7–21	6–22	5–23	4–24	4–24	–
9	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	2–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	3	4–16	3–18	•–19	•–20	•–20	•–22
	4	6–19	5–20	4–21	4–22	•–23	–
10	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15
	2	•–12	•–13	•–14	•–16	•–16	•–18
	3	3–15	3–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	4	6–18	5–19	4–20	•–21	•–21	•–22
	5	8–20	7–21	6–22	5–23	5–23	–
11	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–14	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	4	5–16	4–17	4–18	•–19	•–20	•–21
	5	7–19	6–20	6–20	5–21	5–22	–
12	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–16	•–18
	4	5–15	4–16	4–17	•–18	•–18	•–20
	5	7–17	6–18	5–19	5–20	•–20	•–21

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

x_1	N_1-x_1	N_1
x_2	N_2-x_2	N_2
X	$N-X$	N

$N = N_1+N_2$, $X = x_1+x_2$, $N_1 \leqq N_2$, $x_1 \leqq N_1-x_1$

Anleitung siehe S. 123

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
		$N = 28$ (Fortsetzung)					
	6	9–19	8–20	7–21	6–22	6–22	–
13	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–15	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–17	•–18
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–19	•–20
	6	8–18	7–19	7–20	6–20	6–21	–
14	0	•– 4	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11
	2	•– 9	•–10	•–10	•–11	•–12	•–13
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–14	•–15
	4	4–13	4–14	•–15	•–16	•–16	•–17
	5	6–15	5–16	5–17	•–17	•–18	•–19
	6	7–17	7–18	6–18	6–19	•–20	•–20
	7	9–19	8–20	8–20	7–21	7–21	–
		$N = 29$					
4	0	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–23
	1	•–20	•–22	•–23	•–25	•–25	–
	2	4–25	3–26	2–27	–	–	–
5	0	•–10	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	1	•–17	•–19	•–20	•–22	•–23	•–25
	2	3–22	2–23	2–24	•–26	•–26	–
6	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–16	•–18
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–22
	2	3–19	2–21	•–22	•–23	•–24	•–25
	3	6–23	5–24	4–25	3–26	–	–
7	0	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–13	•–14	•–16	•–18	•–19	•–21
	2	2–17	•–19	•–20	•–21	•–22	•–23
	3	5–21	4–22	3–23	3–24	•–25	–
8	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–15
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	2	2–15	•–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	3	4–19	3–20	3–21	•–22	•–23	•–24
	4	7–22	6–23	5–24	4–25	4–25	–
9	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	2	2–14	•–15	•–16	•–18	•–19	•–20
	3	4–17	3–18	3–19	•–21	•–21	•–23
	4	6–20	5–21	5–22	4–23	•–24	–
10	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	4	6–18	5–19	4–20	4–21	•–22	•–23
	5	8–21	7–22	6–23	5–24	5–24	–
11	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•– 9	•–11
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	3	3–14	3–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–17	4–18	4–19	•–20	•–21	•–22
	5	7–19	6–20	6–21	5–22	5–23	•–23
12	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	4	5–15	4–17	4–18	•–19	•–19	•–20
	5	7–18	6–19	5–20	5–21	•–21	•–22
	6	9–20	8–21	7–22	6–23	6–23	–
13	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–17	•–18	•–19	•–20
	6	8–18	7–19	7–20	6–21	6–22	–
14	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	3–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	4	4–13	4–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	5	6–15	5–16	5–17	•–18	•–19	•–20
	6	8–17	7–18	6–19	6–20	•–20	•–21
	7	10–19	9–20	8–21	7–22	7–22	–
		$N = 30$					
4	0	•–13	•–15	•–18	•–20	•–21	•–24
	1	•–20	•–22	•–24	•–25	•–26	•–27
	2	4–26	3–27	2–28	–	–	–
5	0	•–11	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21
	1	•–17	•–19	•–21	•–23	•–24	•–25
	2	3–23	2–24	2–25	•–26	•–27	–
6	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–19
	1	•–15	•–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	2	3–20	2–21	•–23	•–24	•–25	•–26
	3	6–24	5–25	4–26	3–27	3–27	–
7	0	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–15	•–17
	1	•–13	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	2	2–18	2–19	•–21	•–22	•–23	•–24
	3	5–21	4–23	3–24	3–25	•–26	–
8	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20
	2	4–23	3–24	3–25	•–27	•–28	–
9	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	2	2–16	•–18	•–19	•–21	•–22	•–23
	3	5–20	4–21	3–23	•–24	•–25	•–26
	4	8–23	6–25	5–26	5–26	4–27	–
10	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	2	2–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	3	4–17	3–18	•–19	•–20	•–21	•–23
	4	6–20	5–21	4–22	4–23	•–24	•–25
	5	9–22	8–23	7–24	6–25	5–26	–
11	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	4	6–18	5–19	4–20	4–21	•–22	•–23
	5	8–21	7–22	6–23	5–24	5–24	•–25
12	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–14	3–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–17	4–18	4–19	•–20	•–21	•–22
	5	7–19	6–20	6–21	5–22	5–23	•–24
	6	9–22	8–23	8–23	7–24	6–25	–
		$N = 30$ (Fortsetzung)					
	2	2–16	•–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	3	4–19	4–21	3–22	•–23	•–24	•–25
	4	7–23	6–24	5–25	4–26	4–26	–
9	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	2	2–14	•–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	3	4–17	3–19	3–20	•–21	•–22	•–23
	4	7–21	6–22	5–23	4–24	4–24	•–25
10	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–19
	3	4–16	3–17	•–18	•–20	•–20	•–22
	4	6–19	5–20	4–21	4–22	•–23	•–24
	5	8–22	7–23	6–24	6–24	5–25	–
11	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–15
	2	•–12	•–13	•–14	•–16	•–16	•–18
	3	3–15	3–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	4	5–17	5–19	4–20	•–21	•–21	•–23
	5	8–20	7–21	6–22	5–23	5–23	•–24
12	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	4	5–16	4–17	4–18	•–19	•–20	•–21
	5	7–18	6–19	5–20	5–21	•–22	•–23
	6	9–21	8–22	7–23	7–23	6–24	–
13	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	4	5–15	4–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	5	7–18	6–19	5–20	5–21	•–21	•–22
	6	9–21	8–22	7–23	7–23	6–24	–
14	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–17	•–18	•–19	•–20
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–21	•–22
	7	9–21	8–22	8–22	7–23	7–23	•–24
		$N = 31$					
4	0	•–13	•–16	•–18	•–21	•–22	•–25
	1	•–21	•–23	•–25	•–26	•–27	•–28
	2	4–27	3–28	2–29	–	–	–
5	0	•–11	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	1	•–18	•–20	•–22	•–23	•–25	•–26
	2	3–23	2–25	2–26	•–27	•–28	–
6	0	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	1	•–15	•–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	2	3–20	2–22	•–24	•–25	•–26	•–27
	3	6–25	5–26	4–27	3–28	3–28	–
7	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–15	•–18
	1	•–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	2	2–18	2–20	•–21	•–23	•–24	•–25
	3	5–22	4–24	3–25	3–26	•–27	–
8	0	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–16
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	2	2–16	•–18	•–19	•–21	•–22	•–23
	3	5–20	4–21	3–23	•–24	•–25	•–26
	4	8–23	6–25	5–26	5–26	4–27	–
9	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–17	•–19
	2	2–15	•–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	3	4–18	3–20	3–21	•–22	•–23	•–24
	4	7–21	6–23	5–24	4–25	4–25	•–26
10	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	2	2–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	3	4–17	3–18	•–19	•–20	•–21	•–23
	4	6–20	5–21	4–22	4–23	•–24	•–25
	5	9–22	8–23	7–24	6–25	5–26	–
11	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	4	6–18	5–19	4–20	•–21	•–22	•–23
	5	8–21	7–22	6–23	5–24	5–24	•–25
12	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	3–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–17	4–18	4–19	•–20	•–21	•–22
	5	7–19	6–20	6–21	5–22	5–23	•–24
	6	9–22	8–23	8–23	7–24	6–25	–
		$N = 31$ (Fortsetzung)					
13	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	5–15	4–17	4–18	•–19	•–19	•–21
	5	7–18	6–19	5–20	5–21	•–21	•–23
	6	9–20	8–21	7–22	6–23	6–23	•–24
14	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–20	•–21
	6	8–19	7–20	7–21	6–21	6–22	•–23
	7	10–21	9–22	8–23	8–23	7–24	–
15	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 8	•– 8	•–10	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	4	4–13	4–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	5	6–16	5–17	5–17	•–18	•–19	•–20
	6	8–18	7–19	6–19	6–20	•–21	•–22
	7	9–20	9–21	8–21	7–22	7–23	•–23
		$N = 32$					
4	0	•–14	•–17	•–19	•–21	•–23	•–25
	1	•–22	•–24	•–26	•–27	•–28	•–29
	2	4–28	3–29	2–30	–	–	–
5	0	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	1	•–18	•–21	•–22	•–24	•–25	•–27
	2	3–24	2–26	2–27	•–28	•–29	–
6	0	•–10	•–12	•–14	•–16	•–18	•–21
	1	•–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–25
	2	3–21	2–23	•–24	•–26	•–27	•–28
	3	6–26	5–27	4–28	3–29	3–29	–
7	0	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–23
	2	2–19	2–21	•–22	•–24	•–24	•–26
	3	5–23	4–24	3–26	3–27	•–27	•–28
8	0	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–13	•–14	•–16	•–18	•–19	•–21
	2	2–17	•–18	•–20	•–21	•–22	•–24
	3	5–21	4–22	3–23	•–25	•–25	•–27
	4	8–24	7–25	6–26	5–27	4–28	–
9	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–15
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	3	4–19	3–20	3–21	•–23	•–24	•–25
	4	7–22	6–23	5–24	4–26	4–26	•–27
10	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	2	2–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	3	4–17	3–19	3–20	•–21	•–22	•–24
	4	6–20	5–22	5–23	4–24	•–24	•–26
	5	9–23	8–24	7–25	6–26	5–27	–
11	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–17
	2	•–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–19
	3	3–16	3–17	•–18	•–20	•–20	•–22
	4	6–19	5–20	4–21	4–22	•–23	•–24
	5	8–21	7–23	6–23	5–24	5–25	•–26
12	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	3–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–21	•–23
	5	7–20	6–21	6–22	5–23	5–24	•–25
	6	10–22	9–23	8–24	7–25	6–26	–
13	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	4	5–16	4–17	4–18	•–19	•–20	•–21
	5	7–18	6–20	5–21	5–22	•–22	•–23
	6	9–21	8–22	7–23	6–24	6–24	•–25
14	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	4	5–15	4–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	5	6–17	6–18	5–19	5–20	•–21	•–22
	6	8–19	8–20	7–21	6–22	6–23	•–24
	7	10–22	9–23	9–23	8–24	7–25	–
15	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–21
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–22	•–23
	7	10–20	9–21	8–22	7–23	7–23	•–24
16	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–12	•–14
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

Hypergeometrische Verteilung

x_1	N_1-x_1	N_1
x_2	N_2-x_2	N_2
X	$N-X$	N

$N = N_1 + N_2$
$X = x_1 + x_2$
$N_1 \leqq N_2$
$x_1 \leqq N_1 - x_1$

Anleitung siehe S. 123

$N = 32$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
16	4	4–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	5	6–15	5–16	5–17	•–18	•–19	•–20
	6	7–17	7–18	6–19	6–20	•–20	•–22
	7	9–19	8–20	8–21	7–22	7–22	•–23
	8	11–21	10–22	9–23	9–23	8–24	–

$N = 33$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–14	•–17	•–19	•–22	•–24	•–26
	1	•–22	•–25	•–26	•–28	•–29	•–30
	2	5–28	3–30	2–31	–	–	–
5	0	•–12	•–14	•–17	•–19	•–21	•–24
	1	•–19	•–21	•–23	•–25	•–26	•–28
	2	4–25	2–27	2–28	•–29	•–30	–
6	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–18	•–21
	1	•–17	•–19	•–20	•–22	•–24	•–26
	2	3–22	2–24	•–25	•–27	•–27	•–29
	3	7–26	5–28	4–29	3–30	3–30	–
7	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–16	•–19
	1	•–15	•–17	•–18	•–20	•–21	•–24
	2	2–19	2–21	•–23	•–24	•–25	•–27
	3	6–24	4–25	4–26	3–28	•–28	•–29
8	0	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–15	•–17
	1	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–22
	2	2–17	•–19	•–21	•–22	•–23	•–25
	3	5–21	4–23	3–24	•–25	•–26	•–28
	4	8–25	7–26	6–27	5–28	4–29	–
9	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–12	•–13	•–15	•–17	•–18	•–20
	2	2–16	•–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	3	4–19	3–21	3–22	•–24	•–24	•–26
	4	7–23	6–24	5–25	4–26	4–27	•–28
10	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–19
	2	2–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	3	4–18	3–19	3–20	•–22	•–23	•–24
	4	6–21	5–22	5–23	4–25	•–25	•–27
	5	9–24	8–25	7–26	6–27	5–28	–
11	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	3	4–16	3–18	•–19	•–20	•–21	•–23
	4	6–19	5–21	4–22	4–23	•–24	•–25
	5	8–22	7–23	6–24	6–25	5–26	•–27
12	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–16	•–18	•–19	•–20	•–21
	4	5–18	5–19	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	8–20	7–22	6–23	5–24	5–24	•–26
	6	10–23	9–24	8–25	7–26	7–26	6–27
13	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–16	4–18	4–19	•–20	•–21	•–22
	5	7–19	6–20	6–21	5–22	•–23	•–24
	6	9–21	8–23	7–23	7–24	6–25	•–26
14	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	5–15	4–17	4–18	•–19	•–20	•–21
	5	7–18	6–19	5–20	5–21	•–22	•–23
	6	9–20	8–21	7–22	6–23	6–24	•–25
	7	11–22	10–23	9–24	8–25	8–25	7–26
15	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–18	•–20
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–20	•–22
	6	8–19	7–20	7–21	6–22	6–22	•–24
	7	10–21	9–22	8–23	8–24	7–24	•–25
16	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 8	•–10	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	4	4–13	4–15	•–16	•–17	•–17	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–19	•–21
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–21	•–22
	7	9–20	9–21	8–22	7–22	7–23	•–24
	8	11–22	10–23	10–23	9–24	8–25	8–25

$N = 34$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–15	•–18	•–20	•–23	•–24	•–27
	1	•–23	•–25	•–27	•–29	•–30	•–31
	2	5–29	3–31	2–32	–	–	–
5	0	•–12	•–15	•–17	•–20	•–21	•–24
	1	•–20	•–22	•–24	•–26	•–27	•–29
	2	4–26	2–27	2–29	•–30	•–31	–
6	0	•–11	•–13	•–15	•–17	•–19	•–22
	1	•–17	•–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	2	3–22	2–24	•–26	•–27	•–28	•–30
	3	7–27	5–29	4–30	3–31	3–31	–
7	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–20
	1	•–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	2	2–20	2–22	•–23	•–25	•–26	•–28
	3	6–24	5–26	4–27	3–28	•–29	•–30
8	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–20	•–22
	2	2–18	2–20	•–21	•–23	•–24	•–26
	3	5–22	4–24	3–25	3–26	•–27	•–29
	4	8–26	7–27	6–28	5–29	4–30	–
9	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–16
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–16	•–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	3	4–20	4–22	3–23	•–24	•–25	•–27
	4	7–23	6–25	5–26	4–27	4–28	•–29
10	0	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	2	2–15	•–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	3	4–18	3–20	3–21	•–23	•–23	•–25
	4	7–21	6–23	5–24	4–25	4–26	•–27
	5	9–25	8–26	7–27	6–28	6–28	5–29
11	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18
	2	2–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	3	4–17	3–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	6–20	5–21	4–22	4–24	•–24	•–26
	5	9–23	7–24	7–25	6–26	5–27	•–28
12	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–19
	3	3–15	3–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	4	6–18	5–20	4–21	•–22	•–23	•–24
	5	8–21	7–22	6–23	5–25	5–25	•–26
	6	10–24	9–25	8–26	7–27	7–27	6–28
13	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	3–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	4	5–17	4–18	4–19	•–21	•–22	•–23
	5	7–20	6–21	6–22	5–23	5–24	•–25
	6	10–22	8–23	8–24	7–25	6–26	•–27
14	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	4–18	•–19	•–20	•–22
	5	7–18	6–20	5–21	5–22	•–22	•–24
	6	9–21	8–22	7–23	6–24	6–24	•–26
	7	11–23	10–24	9–25	8–26	8–26	7–27
15	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	4	4–15	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	6–18	5–19	•–20	•–21	•–22
	6	8–19	7–21	7–21	6–22	6–23	•–24
	7	10–22	9–23	9–23	8–24	7–25	•–26
16	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–21
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–21	•–23
	7	10–20	9–21	8–22	7–23	7–24	•–25
	8	12–22	11–23	10–24	9–25	9–25	8–26
17	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16
	4	4–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–18
	5	6–15	5–16	5–17	•–18	•–19	•–20
	6	7–17	7–18	6–19	6–20	•–21	•–22
	7	9–19	8–20	8–21	7–22	7–23	•–24
	8	11–21	10–22	9–23	9–24	8–24	•–25

$N = 35$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–15	•–18	•–21	•–23	•–25	•–28
	1	•–24	•–26	•–28	•–30	•–31	•–32
	2	5–30	3–32	2–33	–	–	–
5	0	•–13	•–15	•–18	•–20	•–22	•–25
	1	•–20	•–23	•–25	•–27	•–28	•–30
	2	4–26	3–28	2–30	•–31	•–32	–
6	0	•–11	•–13	•–15	•–18	•–19	•–23
	1	•–18	•–20	•–22	•–24	•–25	•–27
	2	3–23	2–25	•–27	•–28	•–29	•–31
	3	7–28	6–29	4–31	3–32	3–32	–
7	0	•– 9	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	1	•–15	•–18	•–19	•–21	•–23	•–25
	2	3–21	2–23	•–24	•–26	•–27	•–29
	3	6–25	5–27	4–28	3–29	•–30	•–31
8	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21	•–23
	2	2–18	2–20	•–22	•–24	•–25	•–27
	3	5–23	4–24	3–26	3–27	•–28	•–29
	4	9–26	7–28	6–29	5–30	4–31	–

$N = 35$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
9	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–21
	2	2–17	•–18	•–20	•–22	•–23	•–25
	3	5–21	4–22	3–24	•–25	•–26	•–28
	4	8–24	6–26	5–27	4–28	4–29	•–30
10	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	3	4–19	3–20	3–22	•–23	•–24	•–26
	4	7–22	6–24	5–25	4–26	4–27	•–28
	5	10–25	8–27	7–28	6–29	6–29	5–30
11	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	2	2–14	•–15	•–17	•–18	•–20	•–22
	3	4–17	3–19	•–20	•–22	•–23	•–24
	4	6–20	5–22	4–23	4–24	•–25	•–27
	5	9–23	8–25	7–26	6–27	5–28	•–29
12	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	3	3–16	3–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	4	6–19	5–20	4–21	4–23	•–24	•–25
	5	8–22	7–23	6–24	5–25	5–26	•–27
	6	11–24	9–26	8–27	7–28	7–28	6–29
13	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–16	•–17	•–19	•–20	•–21
	4	5–18	4–19	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–20	6–22	6–23	5–24	5–25	•–26
	6	10–23	9–24	8–25	7–26	6–27	•–28
14	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–16	4–18	4–19	•–20	•–21	•–22
	5	7–19	6–20	5–21	5–22	•–23	•–25
	6	9–21	8–23	7–23	7–25	6–25	•–26
	7	11–24	10–25	9–26	8–27	8–27	7–28
15	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	5–15	4–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	5	6–18	6–19	5–20	5–21	•–22	•–23
	6	8–20	8–21	7–22	6–23	6–24	•–25
	7	11–22	10–23	9–24	8–25	7–26	7–27
16	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–21	•–22
	6	8–19	7–20	7–21	6–22	6–23	•–24
	7	10–21	9–22	8–23	8–24	7–25	•–26
	8	12–23	11–24	10–25	9–26	9–26	8–27
17	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 8	•–10	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–13	•–15	•–15	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–17	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–21
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–21	•–23
	7	9–20	9–21	8–22	7–23	7–23	•–24
	8	11–22	10–23	10–24	9–24	8–25	•–26

$N = 36$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–16	•–19	•–21	•–24	•–26	•–29
	1	•–24	•–27	•–29	•–31	•–32	•–33
	2	5–31	3–33	2–34	2–34	–	–
5	0	•–13	•–16	•–18	•–21	•–23	•–26
	1	•–21	•–23	•–25	•–27	•–29	•–31
	2	4–27	3–29	2–30	•–32	•–33	–
6	0	•–11	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	1	•–18	•–20	•–22	•–25	•–26	•–28
	2	3–24	2–26	2–27	•–29	•–30	•–32
	3	7–29	6–30	5–31	3–33	3–33	–
7	0	•–10	•–12	•–14	•–16	•–18	•–21
	1	•–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	2	3–21	2–23	•–25	•–27	•–28	•–30
	3	6–26	5–27	4–29	3–30	3–31	•–32
8	0	•– 9	•–11	•–12	•–15	•–16	•–19
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	2	2–19	2–21	•–23	•–24	•–25	•–28
	3	5–23	4–25	3–26	3–28	•–29	•–30
	4	9–27	7–29	6–30	5–31	4–32	–
9	0	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17
	1	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20	•–22
	2	2–17	•–19	•–21	•–22	•–23	•–26
	3	5–21	4–23	3–24	•–26	•–27	•–29
	4	8–25	7–26	6–28	5–29	4–30	•–31
10	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–12	•–13	•–15	•–17	•–18	•–20
	2	2–16	•–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	3	4–19	3–21	3–22	•–24	•–25	•–27

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

x_1	N_1-x_1	N_1
x_2	N_2-x_2	N_2
X	$N-X$	N

$N = N_1 + N_2$
$X = x_1 + x_2$
$N_1 \leqq N_2$
$x_1 \leqq N_1 - x_1$

Anleitung siehe S. 123

$N = 36$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
	4	7–23	6–24	5–26	4–27	4–28	•–29
	5	10–26	9–27	8–28	6–30	6–30	5–31
11	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19
	2	2–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	3	4–18	3–19	3–21	•–22	•–23	•–25
	4	6–21	5–23	5–24	4–25	•–26	•–28
	5	9–24	8–25	7–27	6–28	5–28	•–30
12	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	3	4–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	6–19	5–21	4–22	4–24	•–24	•–26
	5	8–22	7–24	6–25	5–26	5–27	•–28
	6	11–25	10–26	9–27	8–28	7–29	6–30
13	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	4	5–18	5–19	4–21	•–22	•–23	•–25
	5	8–21	7–22	6–23	5–25	5–25	•–27
	6	10–23	9–25	8–26	7–27	7–27	6–29
14	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	4	5–17	4–18	4–19	•–21	•–22	•–23
	5	7–19	6–21	6–22	5–23	•–24	•–25
	6	9–22	8–23	7–24	7–25	6–26	•–27
	7	12–24	10–26	10–26	9–27	8–28	7–29
15	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	4–18	•–19	•–20	•–22
	5	7–18	6–20	5–21	5–22	•–23	•–24
	6	9–21	8–22	7–23	6–24	6–25	•–26
	7	11–23	10–24	9–25	8–26	8–27	7–28
16	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	6–18	5–19	•–21	•–21	•–23
	6	8–19	7–21	7–22	6–23	6–23	•–25
	7	10–22	9–23	8–24	8–25	7–25	•–26
	8	12–24	11–25	10–26	9–27	9–27	8–28
17	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–22
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–22	•–23
	7	10–20	9–22	8–22	7–23	7–24	•–25
	8	12–22	11–23	10–24	9–25	8–26	8–27
18	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	4	4–13	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	5	6–15	5–16	5–17	•–18	•–19	•–21
	6	7–17	7–18	6–19	6–20	•–21	•–22
	7	9–19	8–20	8–21	7–22	7–23	•–24
	8	11–21	10–22	9–23	9–24	8–25	•–26
	9	13–23	12–24	11–25	10–26	10–26	9–27

$N = 37$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–16	•–19	•–22	•–25	•–26	•–30
	1	•–25	•–28	•–30	•–31	•–32	•–34
	2	5–32	4–33	2–35	2–35	–	–
5	0	•–13	•–16	•–19	•–22	•–23	•–27
	1	•–21	•–24	•–26	•–28	•–29	•–32
	2	4–28	3–30	2–31	•–33	•–33	–
6	0	•–11	•–14	•–16	•–19	•–21	•–24
	1	•–19	•–21	•–23	•–25	•–27	•–29
	2	3–24	2–27	2–28	•–30	•–31	•–33
	3	7–30	6–31	5–32	4–33	3–34	–
7	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–18	•–22
	1	•–16	•–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	2	3–22	2–24	•–26	•–27	•–28	•–30
	3	6–26	5–28	4–30	3–31	3–32	•–33
8	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–20
	1	•–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	2	2–19	2–22	•–23	•–25	•–26	•–28
	3	5–24	4–26	3–27	3–29	•–30	•–31
	4	9–28	8–29	6–31	5–32	5–32	–
9	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	2	2–18	•–20	•–21	•–23	•–24	•–26
	3	5–22	4–24	3–25	•–27	•–28	•–29
	4	8–25	7–27	6–28	5–30	4–30	•–32
10	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19	•–21
	2	2–16	•–18	•–19	•–21	•–22	•–25

$N = 37$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
	3	4–20	3–22	3–23	•–25	•–26	•–28
	4	7–23	6–25	5–26	4–28	4–29	•–30
	5	10–27	9–28	8–29	7–30	6–31	5–32
11	0	•– 6	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–15
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–15	•–16	•–18	•–20	•–21	•–23
	3	4–18	3–20	3–21	•–23	•–24	•–26
	4	7–22	5–23	5–24	4–26	4–27	•–28
	5	9–25	8–26	7–27	6–29	5–29	•–31
12	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	2	2–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	3	4–17	3–18	•–20	•–21	•–22	•–24
	4	6–20	5–22	4–23	4–24	•–25	•–27
	5	9–23	7–24	6–26	6–27	5–28	•–29
	6	11–26	10–27	9–28	8–29	7–30	6–31
13	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–16	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	6–19	5–20	4–21	•–23	•–24	•–25
	5	8–21	7–23	6–24	5–25	5–26	•–28
	6	10–24	9–25	8–26	7–28	7–28	6–30
14	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–20	6–21	6–23	5–24	5–25	•–26
	6	10–23	8–24	8–25	7–26	6–27	•–28
	7	12–25	11–26	10–27	9–28	8–29	7–30
15	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–16	4–18	4–19	•–20	•–21	•–23
	5	7–19	6–20	5–21	5–22	•–23	•–25
	6	9–21	8–22	7–24	6–25	6–25	•–27
	7	11–24	10–25	9–26	8–27	8–27	7–29
16	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–17	•–19
	4	5–15	4–17	•–18	•–19	•–20	•–21
	5	6–18	6–19	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–20	7–21	7–22	6–23	6–24	•–25
	7	10–22	9–23	9–24	8–25	7–26	•–27
	8	13–24	11–26	11–26	10–27	9–28	8–29
17	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–16	•–18
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–21	•–22
	6	8–19	7–20	6–21	6–22	•–23	•–24
	7	10–21	9–22	8–23	7–24	7–25	•–26
	8	12–23	11–24	10–25	9–26	9–27	8–28
18	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–13	•–15	•–15	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–21
	6	8–18	7–19	6–20	6–21	•–22	•–23
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–24	•–25
	8	11–22	10–23	10–24	9–25	8–25	•–27
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–27	9–28

$N = 38$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–16	•–20	•–22	•–25	•–27	•–30
	1	•–26	•–28	•–30	•–32	•–33	•–35
	2	5–33	4–34	3–35	2–36	–	–
5	0	•–14	•–17	•–19	•–22	•–24	•–27
	1	•–22	•–25	•–27	•–29	•–30	•–32
	2	4–29	3–31	2–32	•–34	•–34	–
6	0	•–12	•–14	•–17	•–19	•–21	•–25
	1	•–19	•–22	•–24	•–26	•–27	•–30
	2	3–25	2–27	2–29	•–31	•–32	•–33
	3	8–30	6–32	5–33	4–34	3–35	–
7	0	•–10	•–13	•–15	•–17	•–19	•–22
	1	•–17	•–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	2	3–22	2–24	•–26	•–28	•–29	•–31
	3	6–27	5–29	4–30	3–32	3–33	•–34
8	0	•– 9	•–11	•–13	•–16	•–17	•–20
	1	•–15	•–17	•–19	•–21	•–23	•–25
	2	2–20	2–22	•–24	•–26	•–27	•–29
	3	6–25	4–26	4–28	3–30	•–30	•–32
	4	9–29	8–30	7–31	5–33	5–33	4–34
9	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–13	•–16	•–17	•–19	•–21	•–23
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–25	•–27
	3	5–22	4–24	3–26	3–27	•–28	•–30
	4	8–26	7–28	6–29	5–31	4–31	•–33
10	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22

$N = 38$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–25
	3	4–20	4–22	3–24	•–25	•–26	•–28
	4	7–24	6–26	5–27	4–28	4–29	•–31
	5	11–27	9–29	8–30	7–31	6–32	5–33
11	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18	•–20
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–19	3–20	3–22	•–24	•–25	•–27
	4	7–22	6–24	5–25	4–27	4–28	•–29
	5	10–25	8–27	7–28	6–29	6–30	5–32
12	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	2–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	3	4–17	3–19	•–20	•–22	•–23	•–25
	4	6–21	5–22	4–23	4–25	•–26	•–28
	5	9–24	8–25	7–26	6–28	5–28	•–30
	6	11–27	10–28	9–29	8–30	7–31	6–32
13	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	6–19	5–21	4–22	4–23	•–24	•–26
	5	8–22	7–23	6–25	5–26	5–27	•–28
	6	11–25	9–26	8–27	7–28	7–29	6–30
14	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	4	5–18	4–19	4–21	•–22	•–23	•–25
	5	7–21	7–22	6–23	5–24	5–25	•–27
	6	10–23	9–25	8–26	7–27	6–28	•–29
	7	12–26	11–27	10–28	9–29	8–30	7–31
15	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	4	5–17	4–18	4–19	•–21	•–22	•–23
	5	7–19	6–21	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	9–22	8–23	7–24	7–25	6–26	•–28
	7	11–24	10–25	9–26	8–28	8–28	7–29
16	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	4–18	•–20	•–20	•–22
	5	7–18	6–19	5–21	5–22	•–23	•–24
	6	9–21	8–22	7–23	6–24	6–25	•–26
	7	11–23	10–24	9–25	8–26	7–27	7–28
	8	13–25	12–26	11–27	10–28	9–29	8–30
17	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–19	•–21	•–21	•–23
	6	8–19	7–21	7–22	6–23	6–24	•–25
	7	10–22	9–23	8–24	8–25	7–26	•–27
	8	12–24	11–25	10–26	9–27	9–27	8–29
18	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–20	•–20	•–22
	6	8–18	7–20	6–21	6–22	•–22	•–24
	7	10–20	9–22	8–23	7–24	7–24	•–26
	8	11–23	11–24	10–25	9–26	8–26	8–27
	9	13–25	12–26	12–26	11–27	10–28	9–29
19	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	4	4–13	•–14	•–15	•–17	•–17	•–19
	5	6–15	5–16	5–17	•–19	•–19	•–21
	6	7–17	7–19	6–20	6–21	•–21	•–23
	7	9–19	8–21	8–21	7–23	7–23	•–24
	8	11–21	10–22	9–23	9–24	8–25	•–26
	9	13–23	12–24	11–25	10–26	10–27	9–28

$N = 39$

N_1	x_1	2α = 0,20	2α = 0,10	2α = 0,05	2α = 0,02	2α = 0,01	2α = 0,002
4	0	•–17	•–20	•–23	•–26	•–28	•–31
	1	•–26	•–29	•–31	•–33	•–34	•–36
	2	5–34	4–35	3–36	2–37	–	–
5	0	•–14	•–17	•–20	•–23	•–25	•–28
	1	•–23	•–25	•–27	•–30	•–31	•–33
	2	4–29	3–31	2–33	•–35	•–35	–
6	0	•–12	•–15	•–17	•–20	•–22	•–25
	1	•–20	•–22	•–24	•–27	•–28	•–31
	2	3–26	2–28	2–30	•–32	•–33	•–34
	3	8–31	6–33	5–34	4–35	3–36	–
7	0	•–11	•–13	•–15	•–18	•–20	•–23
	1	•–17	•–20	•–22	•–24	•–26	•–28
	2	3–23	2–25	•–27	•–29	•–30	•–32
	3	7–28	5–30	4–31	3–33	3–34	•–35
8	0	•– 9	•–12	•–14	•–16	•–18	•–21
	1	•–15	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N = N_1+N_2 \\ X = x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
		$N = 39$ (Fortsetzung)					
	2	2–21	2–23	•–25	•–26	•–28	•–30
	3	6–25	5–27	4–29	3–30	•–31	•–33
	4	10–29	8–31	7–32	5–34	5–34	4–35
9	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	2	2–19	2–21	•–22	•–24	•–26	•–28
	3	5–23	4–25	3–26	3–28	•–29	•–31
	4	8–27	7–29	6–30	5–31	4–32	•–34
10	0	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20	•–22
	2	2–17	•–19	•–21	•–22	•–24	•–26
	3	5–21	4–23	3–24	•–26	•–27	•–29
	4	8–25	6–26	5–28	4–29	4–30	•–32
	5	11–28	9–30	8–31	7–32	6–33	5–34
11	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–16	•–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	3	4–19	3–21	3–23	•–24	•–25	•–27
	4	7–23	6–24	5–26	4–27	4–28	•–30
	5	10–26	8–28	7–29	6–30	6–31	5–32
12	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–17	•–19
	2	2–14	•–16	•–18	•–19	•–20	•–23
	3	4–18	3–20	3–21	•–23	•–24	•–26
	4	6–21	5–23	5–24	4–26	•–27	•–28
	5	9–24	8–26	7–27	6–28	5–29	•–31
	6	12–27	10–29	9–30	8–31	7–32	6–33
13	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	3	4–17	3–18	•–20	•–21	•–22	•–24
	4	6–20	5–21	4–23	4–24	•–25	•–27
	5	8–23	7–24	6–25	5–27	5–28	•–29
	6	11–25	10–27	9–28	8–29	7–30	6–31
14	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	5–20	4–21	•–23	•–24	•–25
	5	8–21	7–23	6–24	5–25	5–26	•–28
	6	10–24	9–25	8–26	7–28	6–28	6–30
	7	13–26	11–28	10–29	9–30	8–31	7–32
15	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	3–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–20	6–21	6–22	5–24	•–25	•–26
	6	9–22	8–24	7–25	7–26	6–27	•–28
	7	12–25	11–26	10–27	9–28	8–29	7–30
16	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–16	4–18	4–19	•–20	•–21	•–23
	5	7–19	6–20	5–21	5–22	•–23	•–25
	6	9–21	8–22	7–24	6–25	6–26	•–27
	7	11–24	10–25	9–26	8–27	8–28	7–29
	8	13–26	12–27	11–28	10–29	9–30	8–31
17	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–17	•–19
	4	4–15	4–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	5	6–18	6–19	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–20	7–21	7–22	6–23	6–24	•–26
	7	10–22	9–23	9–24	8–26	7–26	•–28
	8	12–24	11–26	10–27	10–28	9–28	8–29
18	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–16	•–18
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–20
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	10–21	9–22	8–23	7–24	7–25	•–26
	8	12–23	11–24	10–25	9–26	9–27	8–28
	9	14–25	13–26	12–27	11–28	10–29	9–30
19	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–21
	6	7–18	7–19	6–20	6–21	•–22	•–23
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–24	•–25
	8	11–22	10–23	9–24	9–25	8–26	•–27
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–27	9–29
		$N = 40$					
4	0	•–17	•–21	•–24	•–27	•–29	•–32
	1	•–27	•–30	•–32	•–34	•–35	•–37
	2	6–34	4–36	3–37	2–38	–	–
5	0	•–14	•–18	•–20	•–23	•–25	•–29
	1	•–23	•–26	•–28	•–30	•–32	•–34
	2	4–30	3–32	2–34	•–35	•–36	–
6	0	•–12	•–15	•–18	•–21	•–22	•–26
	1	•–20	•–23	•–25	•–27	•–29	•–32
	2	4–26	2–29	2–31	•–32	•–33	•–35
	3	8–32	6–34	5–35	4–36	3–37	–
7	0	•–11	•–13	•–16	•–18	•–20	•–24
	1	•–18	•–20	•–22	•–25	•–26	•–29
	2	3–24	2–26	•–28	•–30	•–31	•–33
	3	7–29	5–31	4–32	3–34	3–34	•–36
8	0	•–10	•–12	•–14	•–16	•–18	•–21
	1	•–16	•–18	•–20	•–22	•–24	•–27
	2	3–21	2–23	•–25	•–27	•–28	•–31
	3	6–26	5–28	4–29	3–31	•–32	•–34
	4	10–30	8–32	7–33	6–34	5–35	4–36
9	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–16	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	2	2–19	2–21	•–23	•–25	•–26	•–29
	3	5–24	4–25	3–27	3–29	•–30	•–32
	4	9–28	7–29	6–31	5–32	4–33	•–35
10	0	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	3	5–22	4–23	3–25	•–27	•–28	•–30
	4	8–25	6–27	5–29	5–30	4–31	•–33
	5	11–29	10–30	8–32	7–33	6–34	5–35
11	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19	•–21
	2	2–16	•–18	•–19	•–21	•–23	•–25
	3	4–20	3–22	3–23	•–25	•–26	•–28
	4	7–23	6–25	5–27	4–28	4–29	•–31
	5	10–27	9–28	8–30	6–31	6–32	5–33
12	0	•– 6	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–15
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–15	•–16	•–18	•–20	•–21	•–23
	3	4–18	3–20	3–22	•–23	•–24	•–26
	4	6–22	5–23	5–25	4–26	•–27	•–29
	5	9–25	8–26	7–28	6–29	5–30	•–32
	6	12–28	11–29	9–31	8–32	8–32	6–34
13	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20	•–22
	3	4–17	3–19	•–20	•–22	•–23	•–25
	4	6–20	5–22	4–23	4–25	•–26	•–28
	5	8–23	7–25	6–26	6–27	5–28	•–30
	6	11–26	10–28	9–29	8–30	7–31	6–32
14	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–21
	3	3–16	3–17	•–19	•–20	•–21	•–24
	4	6–19	5–20	4–22	•–23	•–24	•–26
	5	8–22	7–23	6–25	5–26	5–27	•–28
	6	10–24	9–26	8–27	7–28	7–29	6–31
	7	13–27	12–28	10–30	9–31	9–31	7–33
15	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	4	5–18	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–22	6–23	5–24	5–25	•–27
	6	10–23	9–24	8–26	7–27	6–28	•–29
	7	12–26	11–27	10–28	9–29	8–30	7–31
16	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	4	5–17	4–18	4–19	•–21	•–22	•–23
	5	7–19	6–21	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	9–22	8–23	7–24	6–25	6–26	•–28
	7	11–24	10–25	9–27	8–28	7–30	
	8	13–27	12–28	11–29	10–30	10–30	8–32
17	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	•–18	•–20	•–20	•–22
	5	6–18	6–19	5–21	5–22	•–23	•–24
	6	8–21	8–22	7–23	6–24	6–25	•–27
	7	11–23	10–24	9–25	8–26	7–27	•–28
	8	13–25	12–26	11–27	10–28	9–29	8–30
18	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–23
	6	8–19	7–21	7–22	6–23	6–24	•–25
	7	10–22	9–23	8–24	8–25	7–26	•–27
	8	12–24	11–25	10–26	9–27	9–28	8–29
	9	14–26	13–27	12–28	11–29	10–30	9–31
19	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–19	•–20	•–21	•–22
	6	8–18	7–20	6–21	6–22	•–23	•–24
	7	9–21	9–22	8–23	7–24	7–25	•–26
	8	11–23	10–24	10–25	9–26	8–26	8–28
	9	13–25	12–26	11–27	11–28	10–28	9–29
20	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	4	4–13	•–14	•–15	•–17	•–17	•–19
	5	6–15	5–17	5–18	•–19	•–20	•–21
	6	7–18	7–19	6–20	•–21	•–22	•–23
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–23	•–25
	8	11–22	10–23	9–24	9–25	8–25	•–27
	9	13–24	12–25	11–25	10–26	10–27	9–28
	10	15–25	14–26	13–27	12–28	11–29	10–30
		$N = 41$					
4	0	•–18	•–21	•–24	•–27	•–29	•–33
	1	1–28	•–31	•–33	•–35	•–36	•–38
	2	6–35	4–37	3–38	2–39	–	–
5	0	•–15	•–18	•–21	•–24	•–26	•–30
	1	•–24	•–27	•–29	•–31	•–33	•–35
	2	4–31	3–33	2–35	•–36	•–37	•–38
6	0	•–13	•–16	•–18	•–21	•–23	•–27
	1	•–21	•–23	•–26	•–28	•–30	•–32
	2	4–27	2–30	2–31	•–33	•–34	•–36
	3	8–33	6–35	5–36	4–37	3–38	–
7	0	•–11	•–14	•–16	•–19	•–21	•–24
	1	•–18	•–21	•–23	•–25	•–27	•–30
	2	3–24	2–26	•–28	•–30	•–32	•–34
	3	7–29	5–31	4–33	3–34	3–35	•–37
8	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–19	•–22
	1	•–16	•–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	2	3–22	2–24	•–26	•–28	•–29	•–32
	3	6–27	5–29	4–30	3–32	•–33	•–35
	4	10–31	8–33	7–34	6–35	5–36	4–37
9	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–20
	1	•–15	•–17	•–19	•–21	•–23	•–25
	2	2–20	2–22	•–24	•–26	•–27	•–29
	3	5–24	4–26	3–28	3–30	•–31	•–33
	4	9–28	7–30	6–32	5–33	4–34	•–35
10	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–15	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–25	•–27
	3	5–22	4–24	3–26	•–27	•–29	•–31
	4	8–26	7–28	6–29	5–31	4–32	•–34
	5	11–30	10–31	8–33	7–34	6–35	5–36
11	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	3	4–20	3–22	3–24	•–26	•–27	•–29
	4	7–24	6–26	5–27	4–29	4–30	•–32
	5	10–27	9–29	8–30	7–32	6–33	5–34
12	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20
	2	2–15	•–17	•–19	•–20	•–22	•–24
	3	4–19	3–21	3–22	•–24	•–25	•–27
	4	7–22	5–24	5–25	4–27	4–28	•–30
	5	9–26	8–27	7–28	6–30	5–31	•–32
	6	12–29	11–30	10–31	8–33	8–33	6–35
13	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17	•–19
	2	2–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	4–17	3–19	•–21	•–22	•–23	•–26
	4	6–21	5–22	4–24	4–25	•–26	•–28
	5	9–24	7–25	7–27	6–28	5–29	•–31
	6	11–27	10–28	9–29	8–31	7–32	6–33
14	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	6–19	5–21	4–22	4–24	•–25	•–27
	5	8–22	7–24	6–25	5–27	5–28	•–29
	6	11–25	9–27	8–28	7–29	7–30	6–31
	7	13–28	12–29	11–30	10–31	9–32	7–34
15	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–20	4–21	•–23	•–23	•–25
	5	7–21	7–22	6–24	5–25	5–26	•–28
	6	10–24	9–25	8–26	7–28	6–28	•–30
	7	12–26	11–28	10–29	9–30	8–31	7–32
16	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–14	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	3–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–17	4–19	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–20	6–21	5–22	5–24	•–25	•–26
	6	9–22	8–24	7–25	7–26	6–27	•–29
	7	11–25	10–26	9–27	8–28	8–29	7–31
	8	14–27	13–28	12–29	10–31	10–31	9–32
17	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	4–19	•–20	•–21	•–23
	5	7–19	6–20	5–21	5–23	•–23	•–25
	6	9–21	8–22	7–24	6–25	6–26	•–27

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ \hline x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N=N_1+N_2 \\ X=x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
				$N=41$ (Fortsetzung)			
	7	11–23	10–25	9–26	8–27	7–28	7–29
	8	13–26	12–27	11–28	10–29	9–30	8–31
18	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–17	•–19
	4	4–15	4–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	5	6–18	6–19	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–20	7–21	7–22	6–24	6–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–25	8–26	7–26	•–28
	8	12–24	11–26	10–27	9–28	9–28	8–30
	9	14–27	13–28	12–29	11–30	11–30	9–32
19	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–18
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	10–21	9–22	8–23	7–25	7–25	•–27
	8	12–23	11–24	10–25	9–27	8–27	8–29
	9	14–25	13–26	12–27	11–28	10–29	9–30
20	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–17
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	6–21	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–24	•–26
	8	11–22	10–23	9–24	9–25	8–26	•–27
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–28	9–29
	10	15–26	14–27	13–28	12–29	11–30	10–31
				$N=42$			
4	0	•–18	•–22	•–25	•–28	•–30	•–34
	1	1–28	•–31	•–34	•–36	•–37	•–39
	2	6–36	4–38	3–39	2–40	–	–
5	0	•–15	•–18	•–21	•–25	•–27	•–30
	1	•–24	•–27	•–30	•–32	•–34	•–36
	2	5–32	3–34	2–36	•–37	•–38	•–39
6	0	•–13	•–16	•–19	•–22	•–24	•–27
	1	•–21	•–24	•–26	•–29	•–30	•–33
	2	4–28	3–30	2–32	•–34	•–35	•–37
	3	8–34	7–35	5–37	4–38	3–39	–
7	0	•–11	•–14	•–16	•–19	•–21	•–25
	1	•–19	•–21	•–23	•–26	•–28	•–31
	2	3–25	2–27	2–29	•–31	•–32	•–35
	3	7–30	6–32	4–34	3–35	3–36	•–38
8	0	•–10	•–12	•–15	•–17	•–19	•–23
	1	•–17	•–19	•–21	•–24	•–25	•–28
	2	3–22	2–25	•–26	•–29	•–30	•–32
	3	6–27	5–29	4–31	3–33	3–34	•–36
	4	10–32	9–33	7–35	6–36	5–37	4–38
9	0	•– 9	•–11	•–13	•–16	•–17	•–21
	1	•–15	•–17	•–19	•–22	•–23	•–26
	2	2–20	2–22	•–24	•–26	•–28	•–30
	3	5–25	4–27	3–29	3–30	•–32	•–34
	4	9–29	8–31	6–32	5–34	4–35	•–36
10	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–26	•–28
	3	5–23	4–25	3–26	•–28	•–29	•–32
	4	8–27	7–29	6–30	5–32	4–33	•–34
	5	12–30	10–32	9–33	7–35	7–35	5–37
11	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–22
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–24	•–26
	3	4–21	4–23	3–24	•–26	•–27	•–30
	4	7–25	6–26	5–28	4–30	4–31	•–33
	5	10–28	9–30	8–31	7–33	6–34	5–35
12	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–26	•–28
	4	7–23	6–25	5–26	4–28	4–29	•–31
	5	10–26	8–28	7–29	6–31	6–32	5–33
	6	13–29	11–31	10–32	9–33	8–34	6–36
13	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–23
	3	4–18	3–20	3–21	•–23	•–24	•–26
	4	6–21	5–23	4–24	4–26	•–27	•–29
	5	9–24	8–26	7–27	6–29	5–30	•–32
	6	12–27	10–29	9–30	8–32	7–32	6–34
14	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–18
	2	•–13	•–15	•–17	•–18	•–19	•–22
	3	4–17	3–18	•–20	•–22	•–23	•–25
	4	6–20	5–22	4–23	4–25	•–26	•–28
	5	8–23	7–24	6–26	5–27	5–28	•–30
	6	11–26	9–27	8–29	7–30	7–31	6–32
	7	13–29	12–30	11–31	10–32	9–33	8–34
15	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	3	3–16	3–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	4	5–19	5–20	4–22	•–23	•–24	•–26
	5	8–21	7–23	6–24	5–26	5–27	•–29
	6	10–24	9–26	8–27	7–28	6–29	6–31
	7	13–27	11–28	10–29	9–31	8–31	7–33
16	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	3–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–22	6–23	5–24	•–25	•–27
	6	9–23	8–24	8–26	7–27	6–28	•–29
	7	12–25	11–27	10–28	9–29	8–30	7–31
	8	14–28	13–29	12–30	11–31	10–32	9–33
17	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	4–19	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–21	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	9–22	8–23	7–24	6–26	6–26	•–28
	7	11–24	10–25	9–27	8–28	8–29	7–30
	8	13–26	12–28	11–29	10–30	9–31	8–32
18	0	•– 4	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–23
	6	8–19	7–21	7–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–24	7–25	7–26	•–27
	8	12–24	11–25	10–26	9–27	9–28	8–29
	9	14–26	13–27	12–28	11–29	10–30	9–31
20	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–20	•–21	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	6–21	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–24	7–24	•–26
	8	11–22	10–23	9–24	9–25	8–26	•–27
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–28	9–29
	10	15–26	14–27	13–28	12–29	11–30	10–31
				$N=43$			
4	0	•–19	•–22	•–25	•–29	•–31	•–35
	1	1–29	•–32	•–34	•–37	•–38	•–40
	2	6–37	4–39	3–40	2–41	–	–
5	0	•–16	•–19	•–22	•–25	•–27	•–31
	1	•–25	•–28	•–30	•–33	•–34	•–37
	2	5–32	3–35	2–36	•–38	•–39	•–40
6	0	•–13	•–16	•–19	•–22	•–24	•–28
	1	•–22	•–25	•–27	•–30	•–31	•–34
	2	4–28	3–31	2–33	•–35	•–36	•–38
	3	9–34	7–36	5–38	4–39	3–40	–
7	0	•–12	•–14	•–17	•–20	•–22	•–25
	1	•–19	•–22	•–24	•–27	•–28	•–31
	2	3–25	2–28	2–30	•–32	•–33	•–36
	3	7–31	6–33	5–35	3–36	3–37	•–39
8	0	•–10	•–13	•–15	•–18	•–20	•–23
	1	•–17	•–20	•–22	•–24	•–26	•–29
	2	3–23	2–25	•–27	•–29	•–31	•–33
	3	6–28	5–30	4–32	3–34	3–35	•–37
	4	11–32	9–34	7–36	6–37	5–38	4–39
9	0	•– 9	•–11	•–14	•–16	•–18	•–21
	1	•–15	•–18	•–20	•–22	•–24	•–27
	2	2–21	2–23	•–25	•–27	•–28	•–31
	3	6–25	4–27	4–29	3–31	•–32	•–34
	4	9–30	8–32	6–33	5–35	5–36	•–37
10	0	•– 8	•–10	•–12	•–15	•–16	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	2	2–19	2–21	•–23	•–25	•–26	•–29
	3	5–23	4–25	3–27	3–29	•–30	•–32
	4	8–27	7–29	6–31	5–32	4–33	•–35
	5	12–31	10–33	9–34	7–36	7–36	5–38
11	0	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	3	5–21	4–23	3–25	•–27	•–28	•–30
	4	8–25	6–27	5–29	4–30	4–31	•–33
	5	11–29	9–31	8–32	7–33	6–34	5–36
12	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–21	•–23	•–25
	3	4–20	3–22	3–23	•–25	•–26	•–29
	4	7–23	6–25	5–27	4–28	4–30	•–32
	5	10–27	8–29	7–30	6–31	6–32	5–34
	6	13–30	11–32	10–33	9–34	8–35	7–36
13	0	•– 6	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–18	3–20	3–22	•–24	•–25	•–27
	4	6–22	5–24	5–25	4–27	•–28	•–30
	5	9–25	8–27	7–28	6–30	5–31	•–32
	6	12–28	10–30	9–31	8–32	7–33	6–35
14	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–14	•–15	•–17	•–19	•–20	•–22
	3	4–17	3–19	•–20	•–22	•–23	•–26
	4	6–20	5–22	4–24	4–25	•–26	•–28
	5	8–23	7–25	6–26	5–28	5–29	•–31
	6	11–26	10–28	9–29	8–31	7–32	6–33
	7	14–29	12–31	11–32	10–33	9–34	8–35
15	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–14	•–16	•–18	•–19	•–21
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	6–19	5–21	4–22	•–24	•–25	•–27
	5	8–22	7–24	6–25	5–26	5–27	•–29
	6	10–25	9–26	8–28	7–29	7–30	6–32
	7	13–28	11–29	10–30	9–31	9–32	7–34
16	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–20	4–21	•–22	•–23	•–25
	5	7–21	6–22	6–24	5–25	5–26	•–28
	6	10–23	9–25	8–26	7–28	6–28	•–30
	7	12–26	11–27	10–29	9–30	8–31	7–32
	8	14–29	13–30	12–31	11–32	10–33	9–34
17	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–18	•–20	•–22
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–20	6–21	5–22	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–24	7–25	6–26	6–27	•–29
	7	11–25	10–26	9–27	8–28	8–29	7–31
	8	14–27	12–28	11–29	10–31	10–31	8–33
18	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	4–19	•–20	•–21	•–23
	5	7–19	6–20	5–21	5–23	•–23	•–25
	6	9–21	8–22	7–24	6–25	6–26	•–27
	7	11–23	10–25	9–26	8–27	7–28	7–30
	8	13–26	12–27	11–28	10–29	9–30	8–31
	9	15–28	14–29	13–30	12–31	11–32	10–33
19	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–19
	4	4–15	4–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	5	6–18	5–19	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–20	7–21	7–22	6–24	6–25	•–26
	7	10–22	9–24	8–25	8–26	7–27	•–28
	8	12–24	11–26	10–27	9–28	9–29	8–30
	9	14–27	13–28	12–29	11–30	11–31	9–32
20	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–18
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–23	•–23	•–25
	7	10–21	9–22	8–23	7–25	7–25	•–27
	8	12–23	11–25	10–26	9–27	8–27	8–29
	9	14–25	12–27	12–28	11–29	10–29	9–31
	10	16–27	14–29	13–30	12–31	12–31	11–32
21	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	6–22	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–24	7–24	•–26
	8	11–22	10–23	9–24	9–26	8–26	•–28
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–28	9–29
	10	15–26	14–27	13–28	12–29	11–30	10–31

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

x_1	N_1-x_1	N_1	$N = N_1+N_2$
x_2	N_2-x_2	N_2	$X = x_1+x_2$
X	$N-X$	N	$N_1 \leqq N_2$
			$x_1 \leqq N_1-x_1$

Hypergeometrische Verteilung

Anleitung siehe S. 123

$N = 44$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–19	•–23	•–26	•–30	•–32	•–35
	1	1–30	•–33	•–35	•–37	•–39	•–41
	2	6–38	4–40	3–41	2–42	–	–
5	0	•–16	•–19	•–22	•–26	•–28	•–32
	1	•–25	•–29	•–31	•–34	•–35	•–38
	2	5–33	3–36	2–37	•–39	•–40	•–41
6	0	•–14	•–17	•–20	•–23	•–25	•–29
	1	•–22	•–25	•–28	•–30	•–32	•–35
	2	4–29	3–32	2–34	•–36	•–37	•–39
	3	9–35	7–37	5–39	4–40	3–41	–
7	0	•–12	•–15	•–17	•–20	•–22	•–26
	1	•–20	•–22	•–25	•–27	•–29	•–32
	2	3–26	2–28	2–31	•–33	•–34	•–36
	3	7–32	6–34	5–35	4–37	3–38	•–40
8	0	•–11	•–13	•–15	•–18	•–20	•–24
	1	•–17	•–20	•–22	•–25	•–26	•–30
	2	3–23	2–26	•–28	•–30	•–31	•–34
	3	6–28	5–31	4–32	3–34	3–35	•–37
	4	11–33	9–35	7–37	6–38	5–39	4–40
9	0	•– 9	•–12	•–14	•–16	•–18	•–22
	1	•–16	•–18	•–20	•–23	•–24	•–27
	2	2–21	2–23	•–25	•–28	•–29	•–32
	3	6–26	4–28	4–30	3–32	•–33	•–35
	4	9–30	8–32	7–34	5–36	5–36	4–38
10	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–21	•–22	•–25
	2	2–19	2–21	•–23	•–26	•–27	•–30
	3	5–24	4–26	3–28	3–30	•–31	•–33
	4	8–28	7–30	6–32	5–33	4–34	•–36
	5	12–32	10–34	9–35	8–36	7–37	5–39
11	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–15	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–25	•–28
	3	5–22	4–24	3–26	•–28	•–29	•–31
	4	8–26	6–28	5–29	4–31	4–32	•–34
	5	11–30	9–31	8–33	7–34	6–35	5–37
12	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	3	4–20	3–22	3–24	•–26	•–27	•–29
	4	7–24	6–26	5–27	4–29	4–30	•–32
	5	10–27	9–29	8–31	6–32	6–33	5–35
	6	13–31	12–32	10–34	9–35	8–36	7–37
13	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	3	4–19	3–21	3–22	•–24	•–25	•–28
	4	6–22	5–24	5–26	4–27	•–29	•–31
	5	9–26	8–27	7–29	6–30	5–31	•–33
	6	12–29	11–30	9–32	8–33	8–34	6–36
14	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19
	2	2–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	4–18	3–19	•–21	•–23	•–24	•–26
	4	6–21	5–23	4–24	4–26	•–27	•–29
	5	9–24	7–26	6–27	6–29	5–30	•–32
	6	11–27	10–29	9–30	8–31	7–32	6–34
	7	14–30	13–31	11–33	10–34	9–35	8–36
15	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–18	•–20	•–21	•–22	•–25
	4	6–20	5–21	4–23	•–24	•–25	•–28
	5	8–23	7–24	6–26	5–27	5–28	•–30
	6	10–25	9–27	8–28	7–30	7–31	6–32
	7	13–28	12–30	11–31	9–32	9–33	7–35
16	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–20	4–21	•–23	•–24	•–26
	5	8–21	7–23	6–24	5–26	5–27	•–29
	6	10–24	9–26	8–27	7–28	6–29	•–31
	7	12–27	11–28	10–29	9–31	8–32	7–33
	8	15–29	13–31	12–32	11–33	10–34	9–35
17	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–15	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–22	5–23	5–24	•–25	•–27
	6	9–23	8–24	7–25	7–27	6–28	•–30
	7	12–25	10–27	9–28	8–29	8–30	7–32
	8	14–28	13–29	12–30	10–31	10–32	9–34
18	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	4–19	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–20	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	9–21	8–23	7–24	6–26	6–26	•–28
	7	11–24	10–25	9–27	8–28	8–29	7–30
	8	13–26	12–28	11–29	10–30	9–31	8–32
	9	15–29	14–30	13–31	12–32	11–33	10–34
19	0	•– 4	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14

$N = 44$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	5–16	4–17	•–18	•–20	•–21	•–22
	5	6–18	6–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	7–23	6–24	6–25	•–27
	7	10–23	9–24	9–25	8–27	7–27	•–29
	8	12–25	11–26	10–27	9–29	9–29	8–31
	9	15–27	13–29	12–30	11–31	11–31	10–33
20	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–14	•–16
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–21
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–24	7–25	7–26	•–28
	8	12–24	11–25	10–26	9–27	9–28	8–30
	9	14–26	13–27	12–28	11–29	10–30	9–31
	10	16–28	15–29	14–30	13–31	12–32	11–33
21	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–18	•–19	•–20
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–18	7–20	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	9–21	9–22	8–23	7–24	7–25	•–27
	8	11–23	10–24	10–25	9–26	8–27	•–28
	9	13–25	12–26	11–27	10–28	10–29	9–30
	10	15–27	14–28	13–29	12–30	12–31	10–32
22	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–13	•–15	•–15	•–17
	4	4–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–19
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	•–21	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–24	•–25
	8	11–22	10–23	9–24	8–25	8–26	•–27
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–28	9–29
	10	14–26	13–27	13–28	12–29	11–29	10–31
	11	16–28	15–29	14–30	13–31	13–31	12–32

$N = 45$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–20	•–23	•–27	•–30	•–32	•–36
	1	1–31	•–34	•–36	•–38	•–40	•–42
	2	6–39	4–41	3–42	2–43	–	–
5	0	•–16	•–20	•–23	•–26	•–29	•–33
	1	•–26	•–29	•–32	•–34	•–36	•–39
	2	5–34	3–36	2–38	•–40	•–41	•–42
6	0	•–14	•–17	•–20	•–23	•–25	•–29
	1	•–23	•–26	•–28	•–31	•–33	•–36
	2	4–30	3–32	2–34	•–37	•–38	•–40
	3	9–36	7–38	6–39	4–41	3–42	–
7	0	•–12	•–15	•–18	•–21	•–23	•–27
	1	•–20	•–23	•–25	•–28	•–30	•–33
	2	3–26	2–29	2–31	•–33	•–35	•–37
	3	8–32	6–34	5–36	4–38	3–39	•–41
8	0	•–11	•–13	•–16	•–19	•–21	•–24
	1	•–18	•–20	•–23	•–25	•–27	•–30
	2	3–24	2–26	•–28	•–31	•–32	•–35
	3	7–29	5–31	4–33	3–35	3–36	•–38
	4	11–34	9–36	8–37	6–39	5–40	4–41
9	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–19	•–22
	1	•–16	•–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	2	3–22	2–24	•–26	•–28	•–30	•–33
	3	6–27	5–29	4–31	3–33	•–34	•–36
	4	10–31	8–33	7–35	5–36	5–37	4–39
10	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–21
	1	•–15	•–17	•–19	•–21	•–23	•–26
	2	2–20	2–22	•–24	•–26	•–28	•–30
	3	5–24	4–26	3–28	3–30	•–32	•–34
	4	9–29	7–31	6–32	5–34	4–35	•–37
	5	12–33	11–34	9–36	8–37	7–38	5–40
11	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–20	•–21	•–24
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–26	•–28
	3	5–22	4–24	3–26	•–28	•–30	•–32
	4	8–26	7–28	6–30	5–32	4–33	•–35
	5	11–30	10–32	8–34	7–35	6–36	5–38
12	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–20	•–23	•–24	•–27
	3	4–21	3–23	3–24	•–26	•–28	•–30
	4	7–24	6–26	5–28	4–30	4–31	•–33
	5	10–28	9–30	8–31	7–33	6–34	5–36
	6	13–32	12–33	10–35	9–36	8–37	7–38
13	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–26	•–28
	4	7–23	6–25	5–26	4–28	4–29	•–31
	5	9–26	8–28	7–30	6–31	5–32	•–34
	6	12–29	11–31	10–33	8–34	8–35	6–37
14	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20

$N = 45$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–18	3–20	•–21	•–23	•–24	•–27
	4	6–21	5–23	4–25	4–26	•–28	•–30
	5	9–25	8–26	7–28	6–29	5–30	•–32
	6	11–28	10–29	9–31	8–32	7–33	6–35
	7	14–31	13–32	12–33	10–35	9–36	8–37
15	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–13	•–15	•–17	•–18	•–20	•–22
	3	3–17	3–19	•–20	•–22	•–23	•–25
	4	6–20	5–22	4–23	4–25	•–26	•–28
	5	8–23	7–25	6–26	5–28	5–29	•–31
	6	11–26	9–28	8–29	7–30	7–31	6–33
	7	13–29	12–30	11–32	10–33	9–34	8–35
16	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21
	3	3–16	3–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	5–19	5–20	4–22	•–24	•–25	•–27
	5	8–22	7–23	6–25	5–26	5–27	•–29
	6	10–25	9–26	8–27	7–29	6–30	6–32
	7	13–27	11–29	10–30	9–31	8–32	7–34
	8	15–30	14–31	12–33	11–34	10–35	9–36
17	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20
	3	3–15	3–16	•–18	•–19	•–21	•–23
	4	5–18	4–19	4–21	•–22	•–23	•–25
	5	7–21	6–22	6–23	5–25	•–26	•–28
	6	9–23	8–25	8–26	7–28	6–28	•–30
	7	12–26	11–27	10–29	9–30	8–31	7–32
	8	14–28	13–30	12–31	11–32	10–33	9–34
18	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–18	•–19	•–22
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–23	7–25	6–26	6–27	•–29
	7	11–25	10–26	9–27	8–29	8–29	7–31
	8	13–27	12–28	11–29	10–31	9–32	8–33
	9	16–29	14–31	13–32	12–33	11–34	10–35
19	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–21
	4	5–16	4–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	5	7–18	6–20	5–21	5–23	•–24	•–25
	6	8–21	8–22	7–24	6–25	6–26	•–28
	7	11–23	10–25	9–26	8–27	7–28	•–30
	8	13–26	12–27	11–28	10–29	9–30	8–32
	9	15–28	14–29	13–30	12–31	11–32	10–34
20	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	5	6–18	5–19	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–20	7–21	7–22	6–24	6–25	•–26
	7	10–22	9–24	8–25	8–26	7–27	•–28
	8	12–24	11–26	10–27	9–28	9–29	8–30
	9	14–27	13–28	12–29	11–30	10–31	9–32
	10	16–29	15–30	14–31	13–32	12–33	11–34
21	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–25
	7	10–21	9–22	8–24	7–25	7–26	•–27
	8	12–23	11–25	10–26	9–27	8–28	8–29
	9	13–25	12–27	12–28	11–29	10–30	9–31
	10	15–28	14–29	13–30	12–31	12–31	11–33
22	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–20	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	6–22	•–23	•–24
	7	9–20	8–21	8–23	7–24	7–25	•–26
	8	11–22	10–24	9–25	9–26	8–27	•–28
	9	13–24	12–26	11–27	10–28	10–28	9–30
	10	15–26	14–27	13–28	12–30	11–30	10–32
	11	17–28	16–29	15–30	14–31	13–32	12–33

$N = 46$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–20	•–24	•–27	•–31	•–33	•–37
	1	1–31	•–34	•–37	•–39	•–40	•–43
	2	6–40	4–42	3–43	2–44	–	–
5	0	•–17	•–20	•–23	•–27	•–29	•–33
	1	•–27	•–30	•–32	•–35	•–37	•–40
	2	5–35	3–37	2–39	2–41	•–42	•–43
6	0	•–14	•–18	•–20	•–24	•–26	•–30
	1	•–23	•–26	•–29	•–32	•–33	•–36
	2	4–30	3–33	2–35	•–37	•–39	•–41

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N = N_1+N_2 \\ X = x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

$N = 46$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	3	9–37	7–39	6–40	4–42	4–42	–
7	0	•–13	•–15	•–18	•–21	•–23	•–27
	1	•–20	•–23	•–26	•–29	•–30	•–34
	2	3–27	2–30	2–32	•–34	•–36	•–38
	3	8–33	6–35	5–37	4–39	3–40	•–42
8	0	•–11	•–14	•–16	•–19	•–21	•–25
	1	•–18	•–21	•–23	•–26	•–28	•–31
	2	3–24	2–27	•–29	•–31	•–33	•–36
	3	7–30	5–32	4–34	3–36	3–37	•–39
	4	11–35	9–37	8–38	6–40	5–41	4–42
9	0	•–10	•–12	•–15	•–17	•–19	•–23
	1	•–16	•–19	•–21	•–24	•–25	•–29
	2	3–22	2–25	•–27	•–29	•–30	•–33
	3	6–27	5–29	4–31	3–33	•–35	•–37
	4	10–32	8–34	7–35	6–37	5–38	4–40
10	0	•– 9	•–11	•–13	•–16	•–17	•–21
	1	•–15	•–17	•–19	•–22	•–23	•–27
	2	2–20	2–22	•–24	•–27	•–28	•–31
	3	5–25	4–27	3–29	3–31	•–32	•–35
	4	9–29	7–31	6–33	5–35	4–36	•–38
	5	13–33	11–35	9–37	8–38	7–39	6–40
11	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	2	2–18	•–21	•–23	•–25	•–26	•–29
	3	5–23	4–25	3–27	•–29	•–30	•–33
	4	8–27	7–29	6–31	5–33	4–34	•–36
	5	11–31	10–33	9–34	7–36	6–37	5–39
12	0	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–16	•–19	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–25	•–27
	3	4–21	4–23	3–25	•–27	•–28	•–31
	4	7–25	6–27	5–29	4–31	4–32	•–34
	5	10–29	9–31	8–32	7–34	6–35	5–37
	6	14–32	12–34	11–35	9–37	8–38	7–39
13	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	3	4–20	3–22	3–23	•–25	•–27	•–29
	4	7–23	6–25	5–27	4–29	4–30	•–32
	5	10–27	8–29	7–30	6–32	6–33	5–35
	6	13–30	11–32	10–33	9–35	8–36	6–37
14	0	•– 6	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18	•–20
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–22	•–24
	3	4–18	3–20	3–22	•–24	•–25	•–27
	4	6–22	5–24	5–25	4–27	•–28	•–30
	5	9–25	8–27	7–28	6–30	5–31	•–33
	6	12–28	10–30	9–31	8–33	7–34	6–36
	7	15–31	13–33	12–34	10–36	10–36	8–38
15	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	4–17	3–19	•–21	•–22	•–24	•–26
	4	6–20	5–22	4–24	4–26	•–27	•–29
	5	8–24	7–25	6–27	5–28	5–30	•–32
	6	11–27	10–28	9–30	8–31	7–32	6–34
	7	14–30	12–31	11–32	10–34	9–35	8–36
16	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–25
	4	6–19	5–21	4–22	•–24	•–25	•–27
	5	8–22	7–24	6–25	5–27	5–28	•–30
	6	10–25	9–27	8–28	7–30	7–31	6–32
	7	13–28	11–29	10–31	9–32	9–33	7–35
	8	15–31	14–32	13–33	11–35	11–35	9–37
17	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–20	4–21	•–23	•–24	•–26
	5	7–21	6–23	6–24	5–26	5–27	•–29
	6	10–24	9–25	8–27	7–28	6–29	•–31
	7	12–26	11–28	10–29	9–31	8–32	7–33
	8	14–29	13–30	12–32	11–33	10–34	9–35
18	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–21	5–23	5–24	•–25	•–27
	6	9–23	8–24	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–25	10–27	9–28	8–29	8–30	7–32
	8	14–28	12–29	11–30	10–31	10–32	8–34
	9	16–30	15–31	14–32	12–34	12–34	10–36
19	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	4–19	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–20	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	9–21	8–23	7–24	6–26	6–26	•–28
	7	11–24	10–25	9–26	8–28	7–29	7–30
	8	13–26	12–28	11–29	10–30	9–31	8–32
	9	15–29	14–30	13–31	12–32	11–33	10–34
20	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11

$N = 46$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	6–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	7–23	6–24	6–25	•–27
	7	10–23	9–24	8–25	8–27	7–27	•–29
	8	12–25	11–26	10–27	9–29	9–30	8–31
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	11–32	9–33
	10	17–29	15–31	14–32	13–33	12–34	11–35
21	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–24	7–25	7–26	•–28
	8	12–24	11–25	10–26	9–28	9–28	8–30
	9	14–26	13–27	12–28	11–30	10–30	9–32
	10	16–28	15–29	14–30	13–32	12–32	11–34
22	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	9–21	8–22	8–23	7–24	7–25	•–27
	8	11–23	10–24	10–25	9–26	8–27	•–29
	9	13–25	12–26	11–27	10–28	10–29	9–31
	10	15–27	14–28	13–29	12–30	11–31	10–32
	11	17–29	16–30	15–31	14–32	13–33	12–34
23	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–10	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17
	4	4–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	•–21	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–24	•–26
	8	11–22	10–23	9–24	8–25	8–26	•–28
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	10–28	9–29
	10	14–26	13–27	13–28	12–29	11–30	10–31
	11	16–28	15–29	14–30	13–31	13–32	12–33

$N = 47$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–20	•–24	•–28	•–32	•–34	•–38
	1	1–32	•–35	•–38	•–40	•–41	•–43
	2	7–40	4–43	3–44	2–45	–	–
5	0	•–17	•–21	•–24	•–28	•–30	•–34
	1	•–27	•–31	•–33	•–36	•–38	•–40
	2	5–35	3–38	2–40	2–42	•–43	•–44
6	0	•–15	•–18	•–21	•–24	•–27	•–31
	1	•–24	•–27	•–29	•–32	•–34	•–37
	2	4–31	3–34	2–36	•–38	•–40	•–42
	3	9–38	7–40	6–41	4–43	4–43	–
7	0	•–13	•–16	•–18	•–22	•–24	•–28
	1	•–21	•–24	•–26	•–29	•–31	•–34
	2	4–28	2–30	2–33	•–35	•–36	•–39
	3	8–34	6–36	5–38	4–40	3–41	•–42
8	0	•–11	•–14	•–17	•–19	•–21	•–26
	1	•–19	•–21	•–24	•–27	•–28	•–32
	2	3–25	2–28	•–30	•–32	•–34	•–36
	3	7–30	5–33	4–35	3–37	3–38	•–40
	4	11–36	9–38	8–39	6–41	5–42	4–43
9	0	•–10	•–13	•–15	•–18	•–20	•–23
	1	•–17	•–19	•–22	•–24	•–26	•–29
	2	3–23	2–25	•–27	•–30	•–31	•–34
	3	6–28	5–30	4–32	3–34	•–35	•–38
	4	10–32	8–35	7–36	6–38	5–39	4–41
10	0	•– 9	•–11	•–14	•–16	•–18	•–22
	1	•–15	•–18	•–20	•–22	•–24	•–27
	2	2–21	2–23	•–25	•–27	•–29	•–32
	3	5–25	4–28	3–30	3–32	•–33	•–36
	4	9–30	7–32	6–34	5–36	4–37	•–39
	5	13–34	11–36	10–37	8–39	7–40	6–41
11	0	•– 8	•–10	•–12	•–15	•–16	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–21	•–22	•–25
	2	2–19	•–21	•–23	•–25	•–27	•–30
	3	5–23	4–26	3–27	•–30	•–31	•–34
	4	8–28	7–30	6–31	5–33	4–35	•–37
	5	12–32	10–33	9–35	7–37	7–38	5–39
12	0	•– 8	•–10	•–11	•–14	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–17	•–20	•–21	•–24	•–25	•–28
	3	5–22	4–24	3–26	•–28	•–29	•–32
	4	7–26	6–28	5–29	4–31	4–32	•–35
	5	11–29	9–31	8–33	7–35	6–36	5–38
	6	14–33	12–35	11–36	9–38	9–38	7–40
13	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	3	4–20	3–22	3–24	•–26	•–27	•–30
	4	7–24	6–26	5–28	4–29	4–31	•–33
	5	10–27	8–29	7–31	6–33	6–34	5–36

$N = 47$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	6	13–31	11–33	10–34	9–36	8–37	7–38
14	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	3	4–19	3–21	3–22	•–24	•–26	•–28
	4	6–22	5–24	5–26	4–28	•–29	•–31
	5	9–26	8–28	7–29	6–31	5–32	•–34
	6	12–29	11–31	9–32	8–34	7–35	6–37
	7	15–32	13–34	12–35	11–36	10–37	8–39
15	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–14	•–16	•–18	•–19	•–21	•–23
	3	4–18	3–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	4	6–21	5–23	4–24	4–26	•–27	•–30
	5	9–24	7–26	6–27	6–29	5–30	•–32
	6	11–27	10–29	9–30	8–32	7–33	6–35
	7	14–30	12–32	11–33	10–35	9–35	8–37
16	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20	•–22
	3	3–17	3–18	•–20	•–22	•–23	•–25
	4	6–20	5–21	4–23	•–25	•–26	•–28
	5	8–23	7–24	6–26	5–28	5–29	•–31
	6	10–26	9–27	8–29	7–30	7–31	6–33
	7	13–29	12–30	11–31	9–33	9–34	7–36
	8	16–31	14–33	13–34	12–35	11–36	9–38
17	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–16	•–17	•–18	•–21
	3	3–16	3–17	•–19	•–20	•–22	•–24
	4	5–19	4–20	4–22	•–23	•–25	•–27
	5	8–21	7–23	6–25	5–26	5–27	•–29
	6	10–24	9–26	8–27	7–29	6–30	•–32
	7	12–27	11–29	10–30	9–31	8–32	7–34
	8	15–30	13–31	12–32	11–34	10–35	9–36
18	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–20
	3	3–15	•–16	•–18	•–19	•–20	•–23
	4	5–18	4–19	4–21	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–22	6–23	5–25	•–26	•–28
	6	9–23	8–25	7–26	7–27	6–28	•–30
	7	12–26	10–27	9–28	8–30	8–31	7–33
	8	14–28	13–30	12–31	10–32	10–33	9–35
	9	16–31	15–32	14–33	13–34	12–35	10–37
19	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17	•–19
	3	3–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–22
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–23	7–25	6–26	6–27	•–29
	7	11–24	10–26	9–27	8–29	8–29	7–31
	8	13–27	12–28	11–29	10–31	9–32	8–33
	9	15–29	14–31	13–32	12–33	11–34	10–35
20	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–21
	4	5–16	4–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	6–20	5–21	•–23	•–24	•–26
	6	8–21	7–22	7–24	6–25	6–26	•–28
	7	10–23	9–25	9–26	8–27	7–28	•–30
	8	13–26	11–27	11–28	10–29	9–30	8–32
	9	15–28	13–29	12–30	11–32	11–32	10–34
	10	17–30	16–31	15–32	13–34	13–34	11–36
21	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 8	•–11
	1	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–19	5–20	•–22	•–22	•–24
	6	8–20	7–21	7–22	6–24	•–25	•–27
	7	10–22	9–24	8–25	7–26	7–27	•–29
	8	12–24	11–26	10–27	9–28	9–29	8–31
	9	14–27	13–28	12–29	11–30	10–31	9–33
	10	16–29	15–30	14–31	13–32	12–33	11–34
22	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–19	•–21	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–25
	7	10–21	9–23	8–24	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–25	10–26	9–27	8–28	•–29
	9	13–25	12–27	11–28	11–29	10–30	9–31
	10	15–28	14–29	13–30	12–31	12–32	11–33
	11	17–30	16–31	15–32	14–33	13–34	12–35
23	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–20	•–21	•–22
	6	7–18	7–19	6–21	6–22	•–23	•–24
	7	9–20	8–22	8–23	7–24	7–25	•–26
	8	11–22	10–24	9–25	9–26	8–27	•–28

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

Hypergeometrische Verteilung

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N = N_1+N_2 \\ X = x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
		$N = 47$ (Fortsetzung)					
23	9	13–24	12–26	11–27	10–28	10–29	9–30
	10	15–26	14–28	13–29	12–30	11–31	10–32
	11	17–28	16–30	15–31	14–32	13–32	12–34
		$N = 48$					
4	0	•–21	•–25	•–28	•–32	•–35	•–39
	1	1–33	•–36	•–38	•–41	•–42	•–44
	2	7–41	5–43	3–45	2–46	–	–
5	0	•–17	•–21	•–24	•–28	•–31	•–35
	1	•–28	•–31	•–34	•–37	•–38	•–41
	2	5–36	4–39	2–41	2–43	•–44	•–45
6	0	•–15	•–18	•–21	•–25	•–27	•–32
	1	•–24	•–27	•–30	•–33	•–35	•–38
	2	4–32	3–35	2–37	•–39	•–40	•–43
	3	10–38	8–40	6–42	4–44	4–44	–
7	0	•–13	•–16	•–19	•–22	•–24	•–29
	1	•–21	•–24	•–27	•–30	•–32	•–35
	2	4–28	2–31	2–33	•–36	•–37	•–40
	3	8–34	6–37	5–39	4–41	3–42	•–43
8	0	•–12	•–14	•–17	•–20	•–22	•–26
	1	•–19	•–22	•–24	•–27	•–29	•–33
	2	3–25	2–28	2–30	•–33	•–34	•–37
	3	7–31	6–34	4–36	3–38	3–39	•–41
	4	12–36	10–38	8–40	6–42	6–42	4–44
9	0	•–10	•–13	•–15	•–18	•–20	•–24
	1	•–17	•–20	•–22	•–25	•–27	•–30
	2	3–23	2–26	•–28	•–30	•–32	•–35
	3	6–28	5–31	4–33	3–35	3–36	•–39
	4	10–33	9–35	7–37	6–39	5–40	4–42
10	0	•– 9	•–12	•–14	•–16	•–18	•–22
	1	•–16	•–18	•–20	•–23	•–25	•–28
	2	2–21	2–23	•–26	•–28	•–30	•–33
	3	6–26	4–28	4–30	3–32	•–34	•–36
	4	9–31	8–33	6–34	5–36	5–38	•–40
	5	13–35	11–37	10–38	8–40	7–41	6–42
11	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–20
	1	•–14	•–17	•–19	•–21	•–23	•–26
	2	2–19	2–22	•–24	•–26	•–28	•–30
	3	5–24	4–26	3–28	3–30	•–32	•–34
	4	8–28	7–30	6–32	5–34	4–35	•–38
	5	12–32	10–34	9–36	7–37	7–39	5–40
12	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–20	•–21	•–24
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–26	•–29
	3	5–22	4–24	3–26	•–28	•–30	•–32
	4	8–26	6–28	5–30	4–32	4–33	•–36
	5	11–30	9–32	8–34	7–35	6–36	5–38
	6	14–34	13–35	11–37	10–38	9–39	7–41
13	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–20	•–23	•–24	•–27
	3	4–21	3–23	3–24	•–26	•–28	•–30
	4	7–24	6–26	5–28	4–30	4–31	•–34
	5	10–28	9–30	7–32	6–33	6–34	5–37
	6	13–32	12–33	10–35	9–36	8–37	7–39
14	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–23	•–25
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–26	•–29
	4	7–23	5–25	5–26	4–28	•–30	•–32
	5	9–26	8–28	7–30	6–31	5–33	•–35
	6	12–30	11–31	10–33	8–34	8–35	6–37
	7	15–33	14–34	12–36	11–37	10–38	8–40
15	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–15
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–18	3–20	•–22	•–23	•–25	•–27
	4	6–21	5–23	4–25	4–27	•–28	•–30
	5	9–25	7–27	7–28	6–30	5–31	•–33
	6	11–28	10–30	9–31	8–33	7–34	6–36
	7	14–31	13–33	11–34	10–35	9–36	8–38
16	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–14	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	3–17	3–19	•–20	•–22	•–23	•–26
	4	6–20	5–22	4–24	4–25	•–26	•–29
	5	8–23	7–25	6–27	5–28	5–29	•–32
	6	11–26	9–28	8–29	7–31	7–32	6–34
	7	13–29	12–31	11–32	10–34	9–35	7–36
	8	16–32	14–34	13–35	12–36	11–37	9–39
17	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–14	•–16	•–18	•–19	•–21
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–25
	4	5–19	5–21	4–22	•–24	•–25	•–27
	5	8–22	7–24	6–25	5–27	5–28	•–30
	6	10–25	9–27	8–28	7–30	6–31	•–33
	7	12–28	11–29	10–31	9–32	8–33	7–35
	8	15–30	14–32	12–33	11–34	10–35	9–37
18	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–20	4–21	•–23	•–24	•–26
	5	7–21	6–22	6–24	5–25	•–27	•–29
	6	9–24	8–25	8–27	7–28	6–29	•–31
	7	12–26	11–28	10–29	9–31	8–32	7–33
	8	14–29	13–30	12–32	11–33	10–34	9–35
	9	17–31	15–33	14–34	13–35	12–36	11–37
19	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–21	5–23	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–24	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–25	10–26	9–28	8–29	8–30	7–32
	8	13–27	12–29	11–30	10–32	9–32	8–34
	9	16–30	14–31	13–32	12–34	11–35	10–36
20	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–14	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	4–19	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–20	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	9–21	8–23	7–24	6–26	6–27	•–28
	7	11–24	10–25	9–26	8–28	7–29	•–31
	8	13–26	12–28	11–29	10–30	9–31	8–33
	9	15–28	14–30	13–31	12–32	11–33	10–35
	10	17–31	16–32	15–33	14–34	13–35	11–37
21	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	6–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	7–23	6–24	6–25	•–27
	7	10–23	9–24	8–25	8–27	7–28	•–29
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	9–30	8–31
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	10–32	9–33
	10	16–29	15–31	14–32	13–33	12–34	11–35
22	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–24	7–26	7–26	•–28
	8	12–24	11–25	10–26	9–28	8–29	8–30
	9	14–26	13–27	12–28	11–30	10–31	9–32
	10	16–28	14–29	14–31	13–32	12–32	11–34
	11	18–30	16–32	15–33	14–34	14–34	12–36
23	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	9–21	8–22	8–23	7–24	7–25	•–27
	8	11–23	10–24	9–25	9–27	8–27	•–29
	9	13–25	12–26	11–27	10–29	10–29	9–31
	10	15–27	14–28	13–29	12–30	11–31	10–33
	11	17–29	16–30	15–31	14–32	13–33	12–34
24	0	•– 4	•– 5	•– 5	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	4	4–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–19	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	•–21	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–23	7–24	•–26
	8	11–22	10–23	9–24	8–25	8–26	•–28
	9	13–24	12–25	11–26	10–27	9–28	9–30
	10	14–26	13–27	13–28	12–29	11–30	10–32
	11	16–28	15–29	14–30	13–31	13–32	12–33
	12	18–30	17–31	16–32	15–33	14–34	13–35
		$N = 49$					
4	0	•–21	•–26	•–29	•–33	•–35	•–39
	1	1–33	•–37	•–39	•–42	•–43	•–45
	2	7–42	5–44	3–46	2–47	–	–
5	0	•–18	•–22	•–25	•–29	•–31	•–36
	1	•–28	•–32	•–35	•–38	•–39	•–42
	2	5–37	4–40	3–42	2–43	•–45	•–46
6	0	•–15	•–19	•–22	•–25	•–28	•–32
	1	•–25	•–28	•–31	•–34	•–36	•–39
	2	4–32	3–35	2–38	•–40	•–41	•–43
	3	10–39	8–41	6–43	5–44	4–45	–
7	0	•–13	•–16	•–19	•–23	•–25	•–29
	1	•–22	•–25	•–28	•–31	•–32	•–36
	2	4–29	3–32	2–34	•–37	•–38	•–41
	3	8–35	6–38	5–39	4–41	3–42	•–44
8	0	•–12	•–15	•–17	•–20	•–22	•–27
	1	•–19	•–22	•–25	•–28	•–30	•–33
	2	3–26	2–29	2–31	•–34	•–35	•–38
	3	7–32	6–34	4–36	3–38	3–40	•–42
	4	12–37	10–39	8–41	7–42	6–43	4–45
9	0	•–11	•–13	•–16	•–18	•–20	•–24
	1	•–18	•–20	•–23	•–25	•–27	•–31
	2	2–24	2–26	•–28	•–31	•–33	•–36
	3	6–29	5–31	4–33	3–36	3–37	•–39
	4	11–34	9–36	7–38	6–40	5–41	4–43
10	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–19	•–23
	1	•–16	•–18	•–21	•–23	•–25	•–29
	2	2–21	2–24	•–26	•–29	•–30	•–33
	3	6–26	4–29	4–31	3–33	•–35	•–37
	4	9–31	8–33	7–35	5–37	5–38	4–40
	5	13–36	11–38	10–39	8–41	7–42	6–43
11	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–21
	1	•–15	•–17	•–19	•–22	•–23	•–27
	2	2–20	2–22	•–24	•–27	•–28	•–31
	3	5–24	4–27	3–29	3–31	•–32	•–35
	4	9–29	7–31	6–33	5–35	4–36	•–38
	5	12–33	10–35	9–37	8–38	7–39	5–41
12	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–13	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	2	2–18	•–20	•–22	•–25	•–26	•–29
	3	5–23	4–25	3–27	•–29	•–30	•–33
	4	8–27	6–29	5–31	4–33	4–34	•–36
	5	11–31	9–33	8–34	7–36	6–37	5–39
	6	15–34	13–36	11–38	10–39	9–40	7–42
13	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–12	•–15	•–16	•–19	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	3	4–21	3–23	3–25	•–27	•–28	•–31
	4	7–25	6–27	5–29	4–31	4–32	•–34
	5	10–29	9–31	8–32	6–34	6–35	5–37
	6	13–32	12–34	10–36	9–37	8–38	7–40
14	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	3	4–20	3–22	3–23	•–25	•–27	•–29
	4	7–23	6–25	5–27	4–29	4–30	•–33
	5	9–27	8–29	7–30	6–32	5–33	•–36
	6	12–30	11–32	10–34	8–35	8–36	6–38
	7	16–33	14–35	12–37	11–38	10–39	8–41
15	0	•– 6	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–22	•–24
	3	4–18	3–20	3–22	•–24	•–25	•–28
	4	6–22	5–24	4–25	4–27	•–29	•–31
	5	9–25	8–27	7–29	6–30	5–32	•–34
	6	12–28	10–30	9–32	8–33	7–34	6–36
	7	14–32	13–33	12–35	10–36	9–37	8–39
16	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17	•–19
	2	•–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	4–17	3–19	•–21	•–23	•–24	•–26
	4	6–21	5–22	4–24	4–26	•–27	•–29
	5	8–24	7–26	6–27	5–29	5–30	•–32
	6	11–27	10–29	9–30	7–32	7–33	6–35
	7	14–30	12–31	11–33	10–34	9–35	8–37
	8	16–33	15–34	13–36	12–37	11–38	10–39
17	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–18	•–20	•–21	•–23	•–25
	4	6–19	5–21	4–23	•–25	•–26	•–28
	5	8–22	7–24	6–26	5–27	5–29	•–31
	6	10–25	9–27	8–29	7–30	7–31	6–33
	7	13–28	11–30	10–31	9–33	8–34	7–36
	8	15–31	14–33	13–34	11–35	11–36	9–38
18	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	3	3–15	3–17	•–19	•–20	•–21	•–24
	4	5–18	4–20	4–22	•–23	•–24	•–27
	5	7–21	6–23	6–24	5–26	5–27	•–29
	6	10–24	9–26	8–27	7–29	6–30	•–32
	7	12–27	11–28	10–30	9–31	8–32	7–34
	8	14–29	13–31	12–32	11–34	10–35	9–36
	9	17–32	16–33	14–35	13–36	12–37	11–38
19	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–20
	3	3–15	•–16	•–18	•–19	•–20	•–23
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–22	5–23	5–25	•–26	•–28
	6	9–23	8–24	7–26	6–27	6–28	•–30
	7	11–25	10–27	9–28	8–30	8–31	7–33
	8	14–28	12–30	11–31	10–32	10–33	8–35
	9	16–30	15–32	14–33	12–34	12–35	10–37
20	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–19
	3	•–14	•–15	•–17	•–18	•–19	•–22
	4	5–17	4–18	4–19	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–23	7–25	6–26	6–27	•–29
	7	11–24	10–26	9–27	8–29	7–29	7–31
	8	13–27	12–28	11–29	10–31	9–32	8–33
	9	15–29	14–31	13–32	12–33	11–34	10–35
	10	18–31	16–33	15–34	14–35	13–36	12–37
21	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N = N_1+N_2 \\ X = x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

$N = 49$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	3	3–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–21
	4	5–16	4–17	•–19	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	6–20	5–21	•–23	•–24	•–26
	6	8–21	7–22	7–24	6–25	6–26	•–28
	7	10–23	9–25	9–26	8–27	7–28	•–30
	8	12–26	11–27	10–28	9–30	9–30	8–32
	9	15–28	13–29	12–30	11–32	11–33	9–34
	10	17–30	15–31	14–33	13–34	13–35	11–36
22	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 8	•–11
	1	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–16	•–18	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–19	5–20	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–21	6–22	6–24	•–25	•–27
	7	10–22	9–24	8–25	7–26	7–27	•–29
	8	12–24	11–26	10–27	9–28	9–29	8–31
	9	14–27	13–28	12–29	11–30	10–31	9–33
	10	16–29	15–30	14–31	13–32	12–33	11–35
	11	18–31	17–32	16–33	15–34	14–35	12–37
23	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•–10	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	3–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–16	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–17	5–18	5–19	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–20	6–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–21	9–23	8–24	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–25	10–26	9–27	8–28	•–30
	9	13–26	12–27	11–28	10–29	10–30	9–32
	10	15–28	14–29	13–30	12–31	12–32	10–33
	11	17–30	16–31	15–32	14–33	13–34	12–35
24	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	•–15	•–16	•–18	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	5–18	•–20	•–21	•–23
	6	7–18	7–19	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	9–20	8–22	8–23	7–24	7–25	•–27
	8	11–22	10–24	9–25	9–26	8–27	•–29
	9	13–24	12–26	11–27	10–28	10–29	9–30
	10	15–27	14–28	13–29	12–30	11–31	10–32
	11	17–29	15–30	15–31	14–32	13–33	12–34
	12	19–30	17–32	16–33	15–34	15–34	13–36

$N = 50$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–22	•–26	•–30	•–34	•–36	•–40
	1	1–34	•–37	•–40	•–43	•–44	•–46
	2	7–43	5–45	3–47	2–48	2–48	–
5	0	•–18	•–22	•–26	•–29	•–32	•–36
	1	•–29	•–33	•–35	•–38	•–40	•–43
	2	5–38	4–40	3–42	2–44	•–45	•–47
6	0	•–16	•–19	•–22	•–26	•–28	•–33
	1	•–25	•–29	•–31	•–34	•–36	•–40
	2	4–33	3–36	2–38	•–41	•–42	•–44
	3	10–40	8–42	6–44	5–45	4–46	–
7	0	•–14	•–17	•–20	•–23	•–25	•–30
	1	•–22	•–25	•–28	•–31	•–33	•–37
	2	4–29	3–32	2–35	•–37	•–39	•–42
	3	9–36	7–38	5–40	4–42	3–43	•–45
8	0	•–12	•–15	•–18	•–21	•–23	•–27
	1	•–20	•–23	•–25	•–28	•–30	•–34
	2	3–26	2–29	2–32	•–34	•–36	•–39
	3	7–32	6–35	5–37	3–39	3–40	•–43
	4	12–38	10–40	8–42	7–43	6–44	4–46
9	0	•–11	•–13	•–16	•–19	•–21	•–25
	1	•–18	•–21	•–23	•–26	•–28	•–31
	2	3–24	2–27	•–29	•–32	•–33	•–36
	3	7–30	5–32	4–34	3–36	3–38	•–40
	4	11–35	9–37	7–39	6–41	5–42	4–44
10	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–19	•–23
	1	•–16	•–19	•–21	•–24	•–26	•–29
	2	3–22	2–24	•–27	•–29	•–31	•–34
	3	6–27	5–30	4–32	3–34	•–35	•–38
	4	10–32	8–34	7–36	5–38	5–39	4–41
	5	14–36	12–38	10–40	8–42	8–42	6–44
11	0	•– 9	•–11	•–13	•–16	•–18	•–21
	1	•–15	•–17	•–19	•–22	•–24	•–27
	2	2–20	2–23	•–25	•–27	•–29	•–32
	3	5–25	4–27	3–29	3–32	•–33	•–36
	4	9–29	7–32	6–34	5–36	4–37	•–39
	5	12–34	11–36	9–37	8–39	7–40	5–42
12	0	•– 8	•–10	•–12	•–15	•–16	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	2	2–19	•–21	•–23	•–25	•–27	•–30
	3	5–23	4–25	3–27	•–30	•–31	•–34
	4	8–27	7–29	6–31	5–33	4–35	•–37
	5	11–31	10–33	8–35	7–37	6–38	5–40
	6	15–35	13–37	12–38	10–40	9–41	7–43
13	0	•– 8	•– 9	•–11	•–14	•–15	•–18
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–17	•–19	•–21	•–24	•–25	•–28
	3	4–21	4–24	3–26	•–28	•–29	•–32
	4	7–25	6–28	5–29	4–31	4–33	•–35
	5	10–29	9–31	8–33	7–35	6–36	5–38

$N = 50$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	6	14–33	12–35	11–36	9–38	8–39	7–41
14	0	•– 7	•– 9	•–10	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–24	•–27
	3	4–20	3–22	3–24	•–26	•–27	•–30
	4	7–24	6–26	5–28	4–30	4–31	•–33
	5	10–27	8–29	7–31	6–33	6–34	5–36
	6	13–31	11–33	10–34	9–36	8–37	6–39
	7	16–34	14–36	13–37	11–39	10–40	9–41
15	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–26	•–29
	4	6–22	5–24	5–26	4–28	•–29	•–32
	5	9–26	8–28	7–29	6–31	5–32	•–35
	6	12–29	10–31	9–32	8–34	7–35	6–37
	7	15–32	13–34	12–35	10–37	10–38	8–40
16	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–18	3–20	•–21	•–23	•–24	•–27
	4	6–21	5–23	4–25	4–26	•–28	•–30
	5	8–24	7–26	6–28	6–30	5–31	•–33
	6	11–27	10–29	9–31	8–32	7–34	6–36
	7	14–30	12–32	11–34	10–35	9–36	8–38
	8	17–33	15–35	14–36	12–38	11–39	10–40
17	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–13	•–15	•–17	•–18	•–20	•–22
	3	3–17	3–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	4	6–20	5–22	4–23	•–25	•–26	•–29
	5	8–23	7–25	6–26	5–28	5–29	•–31
	6	10–26	9–28	8–29	7–31	7–32	6–34
	7	13–29	12–31	10–32	9–33	9–35	7–36
	8	16–32	14–33	13–35	12–36	11–37	9–39
18	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21
	3	3–16	3–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	5–19	4–21	4–22	•–24	•–25	•–27
	5	8–22	7–23	6–25	5–27	5–28	•–30
	6	10–25	9–26	8–28	7–29	6–30	•–33
	7	12–27	11–29	10–30	9–32	8–33	7–35
	8	15–30	13–32	12–33	11–34	10–35	9–37
	9	17–33	16–34	15–35	13–37	12–38	11–39
19	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–13	•–15	•–17	•–18	•–20
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–19	4–21	•–23	•–24	•–26
	5	7–21	6–22	6–24	5–25	•–26	•–29
	6	9–23	8–25	7–26	7–28	6–29	•–31
	7	12–26	10–28	9–29	8–31	8–32	7–33
	8	14–29	13–30	12–31	10–33	10–34	9–36
	9	16–31	15–33	14–34	13–35	12–36	10–38
20	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–14	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–25
	5	7–20	6–21	5–23	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–24	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–25	10–26	9–28	8–29	8–30	7–32
	8	13–27	12–29	11–30	10–32	9–32	8–34
	9	16–30	14–31	13–32	12–34	11–35	10–36
	10	18–32	16–34	15–35	14–36	13–37	12–38
21	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	5	7–19	6–20	5–22	5–23	•–24	•–26
	6	8–21	8–23	7–24	6–26	6–27	•–29
	7	11–24	9–25	9–26	8–28	7–29	•–31
	8	13–26	12–28	11–29	10–30	9–31	8–33
	9	15–28	14–30	13–31	11–32	11–33	10–35
	10	17–31	16–32	15–33	13–35	13–35	11–37
22	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–16	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	5–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	7–23	6–24	6–25	•–27
	7	10–23	9–24	8–25	8–27	7–28	•–30
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	9–30	8–32
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	10–32	9–34
	10	16–29	15–31	14–32	13–33	12–34	11–36
	11	18–32	17–33	16–34	15–35	14–36	13–37
23	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–24	7–26	7–27	•–28
	8	12–24	11–25	10–26	9–28	8–29	8–30

$N = 50$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	9	14–26	12–27	12–29	11–30	10–31	9–32
	10	16–28	14–30	13–31	12–32	12–33	11–34
	11	18–30	16–32	15–33	14–34	14–35	12–36
24	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–16	•–16	•–18
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	8–19	7–20	6–21	6–22	•–23	•–25
	7	9–21	8–22	8–23	7–25	7–26	•–27
	8	11–23	10–24	9–25	9–27	8–28	•–29
	9	13–25	12–26	11–27	10–29	10–30	9–31
	10	15–27	14–28	13–29	12–31	11–31	10–33
	11	17–29	16–30	15–31	14–33	13–33	12–35
	12	19–31	18–32	17–33	16–34	15–35	13–37
25	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–12
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	•–18	•–19	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	•–22	•–22	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–24	7–25	•–26
	8	11–22	10–23	9–24	8–26	8–27	•–28
	9	13–24	12–25	11–26	10–28	9–28	9–30
	10	14–26	13–27	12–28	12–30	11–30	10–32
	11	16–28	15–29	14–30	13–31	13–32	12–34
	12	18–30	17–31	16–32	15–33	14–34	13–35

$N = 52$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–23	•–27	•–31	•–35	•–38	•–42
	1	1–35	•–39	•–42	•–44	•–46	•–48
	2	7–45	5–47	3–49	2–50	2–50	–
5	0	•–19	•–23	•–27	•–31	•–33	•–38
	1	1–30	•–34	•–37	•–40	•–42	•–45
	2	6–39	4–42	3–44	2–46	•–47	•–49
6	0	•–16	•–20	•–23	•–27	•–29	•–34
	1	•–26	•–30	•–33	•–36	•–38	•–41
	2	5–34	3–38	2–40	•–42	•–44	•–46
	3	10–42	8–44	6–46	5–47	4–48	3–49
7	0	•–14	•–18	•–21	•–24	•–26	•–31
	1	•–23	•–26	•–29	•–32	•–34	•–38
	2	4–31	3–34	2–36	•–39	•–40	•–43
	3	9–37	7–40	5–42	4–44	3–45	•–47
8	0	•–13	•–16	•–18	•–22	•–24	•–28
	1	•–21	•–24	•–26	•–30	•–32	•–35
	2	3–28	2–31	2–33	•–36	•–37	•–41
	3	8–34	6–36	5–39	4–41	3–42	•–45
	4	13–39	10–42	9–43	7–45	6–46	4–48
9	0	•–11	•–14	•–17	•–20	•–22	•–26
	1	•–19	•–22	•–24	•–27	•–29	•–33
	2	3–25	2–28	•–30	•–33	•–35	•–38
	3	7–31	5–33	4–36	3–38	3–39	•–42
	4	11–36	9–38	8–40	6–42	5–43	4–45
10	0	•–10	•–13	•–15	•–18	•–20	•–24
	1	•–17	•–20	•–22	•–25	•–27	•–30
	2	3–23	2–26	•–28	•–30	•–32	•–35
	3	6–28	5–31	4–33	3–35	•–37	•–40
	4	10–33	8–35	7–37	6–39	5–41	4–43
	5	14–38	12–40	10–42	9–43	8–44	6–46
11	0	•– 9	•–12	•–14	•–16	•–18	•–22
	1	•–16	•–18	•–20	•–23	•–25	•–28
	2	2–21	2–24	•–26	•–28	•–30	•–33
	3	5–26	4–28	3–31	3–33	•–34	•–37
	4	9–31	7–33	6–35	5–37	4–38	•–41
	5	13–35	11–37	9–39	8–41	7–42	6–44
12	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–21
	1	•–14	•–17	•–19	•–21	•–23	•–27
	2	2–19	2–22	•–24	•–26	•–28	•–31
	3	5–24	4–26	3–28	3–31	•–32	•–35
	4	8–28	7–31	6–33	5–35	4–36	•–39
	5	12–33	10–35	9–36	7–38	7–40	5–42
	6	15–37	14–38	12–40	10–42	9–43	7–45
13	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–20	•–21	•–25
	2	2–18	•–20	•–22	•–25	•–26	•–29
	3	5–22	4–25	3–27	•–29	•–30	•–33
	4	8–26	6–29	5–31	4–33	4–34	•–37
	5	11–30	9–33	8–34	7–36	6–37	5–40
	6	14–34	12–36	11–38	10–40	9–41	7–43
14	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–19	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	3	4–21	3–23	3–25	•–27	•–29	•–31
	4	7–25	6–27	5–29	4–31	4–32	•–35
	5	10–29	9–31	7–32	6–34	6–36	5–38
	6	13–32	12–34	10–36	9–37	8–39	7–41
	7	16–36	15–37	13–39	12–40	11–41	9–43
15	0	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–12	•–13	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	3	4–20	3–22	3–23	•–26	•–27	•–30
	4	7–23	5–25	5–27	4–29	•–30	•–33
	5	9–27	8–29	7–31	6–32	5–34	•–36
	6	12–30	11–32	10–34	8–36	8–37	6–39

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

Hypergeometrische Verteilung

x_1	N_1-x_1	N_1
x_2	N_2-x_2	N_2
X	$N-X$	N

$N = N_1 + N_2$
$X = x_1 + x_2$
$N_1 \leqq N_2$
$x_1 \leqq N_1 - x_1$

Anleitung siehe S. 123

$N = 52$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
	7	15–34	14–35	12–37	11–38	10–39	8–41
16	0	•– 6	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–18	•–20	•–22	•–25
	3	4–18	3–20	•–22	•–24	•–26	•–28
	4	6–22	5–24	4–26	4–28	•–29	•–31
	5	9–25	8–27	7–29	6–31	5–32	•–34
	6	11–29	10–30	9–32	8–34	7–35	6–37
	7	14–32	13–33	12–35	10–37	9–38	8–40
	8	17–35	16–36	14–38	13–39	12–40	10–42
17	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17	•–20
	2	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21	•–23
	3	4–17	3–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	4	6–21	5–23	4–24	4–26	•–27	•–30
	5	8–24	7–26	6–27	5–29	5–30	•–33
	6	11–27	10–29	8–30	7–32	7–33	6–36
	7	13–30	12–32	11–33	10–35	9–36	8–38
	8	16–33	15–35	13–36	12–38	11–39	10–40
18	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20	•–22
	3	3–16	3–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	4	6–20	5–21	4–23	•–25	•–26	•–29
	5	8–23	7–24	6–26	5–28	5–29	•–31
	6	10–26	9–27	8–29	7–31	7–32	6–34
	7	13–28	11–30	10–32	9–33	8–34	7–36
	8	15–31	14–33	13–34	11–36	11–37	9–39
	9	18–34	16–36	15–37	14–38	13–39	11–41
19	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–12	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21
	3	3–16	3–17	•–19	•–21	•–22	•–24
	4	5–19	4–20	4–22	•–24	•–25	•–27
	5	7–22	6–23	6–25	5–27	5–28	•–30
	6	10–24	9–26	8–28	7–29	6–30	•–33
	7	12–27	11–29	10–30	9–32	8–33	7–35
	8	14–30	13–31	12–33	11–34	10–35	9–37
	9	17–32	16–34	14–35	13–37	12–38	11–39
20	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20
	3	3–15	•–16	•–18	•–20	•–21	•–23
	4	5–18	4–19	4–21	•–23	•–24	•–26
	5	7–20	6–22	5–24	5–25	•–26	•–29
	6	9–23	8–25	7–26	7–28	6–29	•–31
	7	11–26	10–27	9–29	8–30	8–32	7–34
	8	14–28	12–30	11–31	10–33	10–34	8–36
	9	16–31	15–33	14–34	12–35	12–36	10–38
	10	19–33	17–35	16–36	15–37	14–38	12–40
21	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–23	•–25
	5	7–20	6–21	5–23	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–24	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–25	10–26	9–28	8–29	7–30	7–32
	8	13–27	12–29	11–30	10–32	9–33	8–34
	9	15–30	14–31	13–32	12–34	11–35	10–36
	10	18–32	16–33	15–35	14–36	13–37	12–38
22	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	•–19	•–21	•–22	•–24
	5	6–19	6–20	5–22	•–23	•–24	•–26
	6	8–21	7–23	7–24	6–26	6–27	•–29
	7	10–24	9–25	9–26	8–28	7–29	•–31
	8	13–26	11–27	10–29	10–30	9–31	8–33
	9	15–28	13–30	12–31	11–32	11–33	10–35
	10	17–31	16–32	14–33	13–35	13–35	11–37
	11	19–33	18–34	17–35	15–37	15–37	13–39
23	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–12	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	5–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	7–23	6–24	6–26	•–28
	7	10–23	9–24	8–25	7–27	7–28	•–30
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	9–30	8–32
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	10–32	9–34
	10	16–29	15–31	14–32	13–33	12–34	11–36
	11	18–32	17–33	16–34	15–35	14–36	13–38
24	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–23	•–24	•–26
	7	10–22	9–23	8–24	7–26	7–27	•–29
	8	12–24	11–25	10–27	9–28	8–29	8–31
	9	13–26	12–27	12–29	11–30	10–31	9–33
	10	15–28	14–30	13–31	12–32	12–33	11–35
	11	18–30	16–32	15–33	14–34	13–35	12–36
	12	20–32	18–34	17–35	16–36	15–37	14–38

$N = 52$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
25	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	7–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–25
	7	9–21	8–22	8–23	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–24	9–25	9–27	8–28	•–30
	9	13–25	12–26	11–28	10–29	10–30	9–31
	10	15–27	14–28	13–30	12–31	11–32	10–33
	11	17–29	16–30	15–32	14–33	13–34	12–35
	12	19–31	18–32	17–34	15–35	15–35	13–37
26	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 7	•– 9
	1	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–13	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	•–18	•–20	•–20	•–22
	6	7–18	7–19	6–20	•–22	•–23	•–24
	7	9–20	8–21	8–22	7–24	7–25	•–26
	8	11–22	10–23	9–25	8–26	8–27	•–28
	9	13–24	12–25	11–27	10–28	9–29	9–30
	10	14–26	13–27	12–29	12–30	11–31	10–32
	11	16–28	15–29	14–30	13–32	13–32	11–34
	12	18–30	17–31	16–32	15–34	14–34	13–36
	13	20–32	19–33	18–34	17–35	16–36	15–37

$N = 54$

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
4	0	•–23	•–28	•–32	•–36	•–39	•–44
	1	1–37	•–40	•–43	•–46	•–48	•–50
	2	7–47	5–49	4–50	2–52	2–52	–
5	0	•–20	•–24	•–28	•–32	•–34	•–39
	1	1–31	•–35	•–38	•–41	•–43	•–47
	2	6–41	4–44	3–46	2–48	•–49	•–51
6	0	•–17	•–21	•–24	•–28	•–31	•–36
	1	•–27	•–31	•–34	•–37	•–39	•–43
	2	5–36	3–39	2–41	•–44	•–46	•–48
	3	11–43	8–46	7–47	5–49	4–50	3–51
7	0	•–15	•–18	•–21	•–25	•–28	•–32
	1	•–24	•–28	•–30	•–34	•–36	•–40
	2	4–32	3–35	2–38	•–40	•–42	•–45
	3	9–39	7–41	6–44	4–46	3–47	•–49
8	0	•–13	•–16	•–19	•–23	•–25	•–30
	1	•–21	•–25	•–28	•–31	•–33	•–37
	2	3–29	2–32	2–34	•–37	•–39	•–42
	3	8–35	6–38	5–40	4–42	3–44	•–46
	4	13–41	11–43	9–45	7–47	6–48	4–50
9	0	•–12	•–15	•–17	•–20	•–23	•–27
	1	•–19	•–22	•–25	•–28	•–30	•–34
	2	3–26	2–29	•–31	•–34	•–36	•–39
	3	7–32	5–35	4–37	3–39	3–41	•–44
	4	12–37	10–40	8–42	6–44	5–45	4–47
10	0	•–11	•–13	•–16	•–19	•–21	•–25
	1	•–18	•–20	•–23	•–26	•–28	•–32
	2	3–24	2–27	•–29	•–32	•–33	•–37
	3	6–29	5–32	4–34	3–37	3–38	•–41
	4	10–34	9–37	7–39	6–41	5–42	4–45
	5	15–39	13–41	11–43	9–45	8–46	6–48
11	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–19	•–23
	1	•–16	•–19	•–21	•–24	•–26	•–30
	2	2–22	2–24	•–27	•–29	•–31	•–35
	3	6–27	4–30	4–32	3–34	•–36	•–39
	4	9–32	8–34	6–36	5–39	5–40	•–42
	5	13–36	11–39	10–40	8–42	7–44	6–46
12	0	•– 9	•–11	•–13	•–16	•–18	•–22
	1	•–15	•–17	•–20	•–22	•–24	•–28
	2	2–20	2–23	•–25	•–27	•–29	•–33
	3	5–25	4–27	3–30	3–32	•–34	•–37
	4	9–30	7–32	6–34	5–36	4–38	•–40
	5	12–34	10–36	9–38	8–40	7–41	5–43
	6	16–38	14–40	12–42	11–43	10–44	8–46
13	0	•– 8	•–10	•–12	•–15	•–16	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–21	•–22	•–26
	2	2–19	•–21	•–23	•–26	•–27	•–31
	3	5–23	4–26	3–28	•–30	•–32	•–35
	4	8–28	7–30	6–32	5–34	4–35	•–38
	5	11–32	10–34	8–36	7–38	6–39	5–41
	6	15–36	13–38	11–39	10–41	9–42	7–44
14	0	•– 8	•–10	•–11	•–14	•–15	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–17	•–20	•–22	•–24	•–26	•–29
	3	4–22	4–24	3–26	•–28	•–30	•–33
	4	7–26	6–28	5–30	4–32	4–34	•–36
	5	10–30	9–32	8–34	7–36	6–37	5–39
	6	14–33	12–35	11–37	9–39	8–40	7–42
	7	17–37	15–39	14–40	12–42	11–43	9–45
15	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	2	2–16	•–18	•–20	•–23	•–24	•–27
	3	4–20	3–23	3–24	•–27	•–28	•–31
	4	7–24	6–26	5–28	4–30	4–32	•–34
	5	10–28	8–30	7–32	6–34	6–35	5–38
	6	13–31	11–33	10–35	9–37	8–38	6–40
	7	16–35	14–37	13–38	11–40	10–41	9–43
16	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–17

$N = 54$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–23	•–26
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–27	•–29
	4	6–23	5–25	5–27	4–29	•–30	•–33
	5	9–26	8–28	7–30	6–32	5–33	•–36
	6	12–30	10–32	9–33	8–35	7–36	6–39
	7	15–33	13–35	12–36	10–38	10–39	8–41
	8	18–36	16–38	15–39	13–41	12–42	10–44
17	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–16
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–22	•–24
	3	4–18	3–20	•–22	•–24	•–25	•–28
	4	6–22	5–24	4–25	4–27	•–29	•–31
	5	9–25	7–27	6–29	6–30	5–32	•–34
	6	11–28	10–30	9–32	8–33	7–35	6–37
	7	14–31	12–33	11–35	10–36	9–37	8–40
	8	17–34	15–36	14–37	12–39	11–40	10–42
18	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17	•–19
	2	•–14	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	3–17	3–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	4	6–20	5–22	4–24	4–26	•–27	•–30
	5	8–24	7–25	6–27	5–29	5–30	•–33
	6	11–27	9–29	8–30	7–32	7–33	6–35
	7	13–30	12–31	11–33	9–35	9–36	7–38
	8	16–33	14–34	13–36	12–37	11–38	9–40
	9	19–35	17–37	16–38	14–40	13–41	11–43
19	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–18	•–20	•–21	•–23	•–25
	4	5–19	5–21	4–23	•–25	•–26	•–28
	5	8–22	7–24	6–26	5–28	5–29	•–31
	6	10–25	9–27	8–29	7–30	6–32	•–34
	7	12–28	11–30	10–31	9–33	8–34	7–36
	8	15–31	14–33	12–34	11–36	10–37	9–39
	9	18–34	16–35	15–37	13–38	13–39	11–41
20	0	•– 5	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	3	3–15	3–17	•–19	•–20	•–22	•–24
	4	5–18	4–20	4–22	•–23	•–25	•–27
	5	7–21	6–23	6–25	5–26	5–28	•–30
	6	10–24	8–26	8–27	7–29	6–30	•–33
	7	12–27	11–29	10–30	9–32	8–33	7–35
	8	14–30	13–31	12–33	11–34	10–35	9–37
	9	17–32	15–34	14–35	13–37	12–38	10–39
	10	19–35	18–36	16–38	15–39	14–40	12–42
21	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20
	3	3–15	•–16	•–18	•–19	•–21	•–23
	4	5–18	4–19	4–21	•–22	•–24	•–26
	5	7–20	6–22	5–23	5–25	•–26	•–29
	6	9–23	8–25	7–26	6–28	6–29	•–31
	7	11–26	10–27	9–29	8–30	8–31	7–34
	8	14–28	12–30	11–31	10–33	10–34	8–36
	9	16–31	15–32	13–34	12–35	11–36	10–38
	10	18–33	17–35	16–36	14–37	13–38	12–40
22	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–23	•–25
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–27
	6	9–22	8–24	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–25	10–26	9–28	8–29	7–30	7–32
	8	13–27	12–29	11–30	10–32	9–33	8–35
	9	15–29	14–31	13–32	12–34	11–35	10–37
	10	17–32	16–33	15–35	14–36	13–37	11–39
	11	20–34	18–36	17–37	16–38	15–39	13–41
23	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	5–16	4–18	•–19	•–20	•–22	•–24
	5	6–19	6–20	5–21	•–23	•–24	•–26
	6	8–21	7–23	7–24	6–26	6–27	•–29
	7	10–24	9–25	9–26	8–28	7–29	•–31
	8	12–26	11–27	10–29	9–30	9–31	8–33
	9	15–28	13–30	12–31	11–33	11–33	9–35
	10	17–31	15–32	14–33	13–35	12–36	11–37
	11	19–33	18–34	16–35	15–37	14–38	13–39
24	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	5–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	7–23	6–25	•–26	•–28
	7	10–23	9–24	8–25	7–27	7–28	•–30
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	9–30	8–32
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	10–32	9–34
	10	16–29	15–31	14–32	13–33	12–34	11–36
	11	18–32	17–33	16–34	15–35	14–36	12–38
	12	20–34	19–35	18–36	17–37	16–38	14–40
25	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N=N_1+N_2 \\ X=x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

$N = 54$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–24	•–25	•–27
	7	10–22	9–23	8–24	7–26	7–27	•–29
	8	11–24	10–25	10–27	9–28	8–29	•–31
	9	13–26	12–28	11–29	11–30	10–31	9–33
	10	15–28	14–30	13–31	12–32	12–33	10–35
	11	17–30	16–32	15–33	14–34	13–35	12–37
	12	19–32	18–34	17–35	16–36	15–37	14–38
26	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–23
	6	7–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–26
	7	9–21	8–22	8–23	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–24	9–26	9–27	8–28	•–30
	9	13–25	12–26	11–28	10–29	10–30	9–32
	10	15–27	14–29	13–30	12–31	11–32	10–34
	11	17–29	16–31	15–32	14–33	13–34	12–35
	12	19–31	17–33	16–34	15–35	15–36	13–37
	13	21–33	19–35	18–36	17–37	16–38	15–39
27	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–13	•–15
	3	•–11	•–12	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	•–18	•–20	•–21	•–22
	6	7–18	6–19	6–20	•–22	•–23	•–25
	7	9–20	8–21	7–23	7–24	•–25	•–27
	8	11–22	10–23	9–25	8–26	8–27	•–29
	9	12–24	12–26	11–27	10–28	9–29	9–31
	10	14–26	13–28	12–29	12–30	11–31	10–32
	11	16–28	15–30	14–31	13–32	13–33	11–34
	12	18–30	17–31	16–33	15–34	14–35	13–36
	13	20–32	19–33	18–34	17–36	16–36	15–38

$N = 56$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–24	•–29	•–33	•–38	•–40	•–45
	1	1–38	•–42	•–45	•–48	•–49	•–52
	2	8–48	5–51	4–52	2–54	2–54	–
5	0	•–20	•–25	•–29	•–33	•–36	•–41
	1	1–33	•–40	•–43	•–45	•–45	•–48
	2	6–42	4–45	3–48	2–50	•–51	•–53
6	0	•–18	•–21	•–25	•–29	•–32	•–37
	1	•–28	•–32	•–35	•–39	•–41	•–45
	2	5–37	3–40	2–43	2–46	•–47	•–50
	3	11–45	9–47	7–49	5–51	4–52	3–53
7	0	•–15	•–19	•–22	•–26	•–29	•–34
	1	•–25	•–29	•–32	•–35	•–37	•–41
	2	4–33	3–36	2–39	•–42	•–44	•–47
	3	10–40	7–43	6–45	4–47	4–49	•–51
8	0	•–14	•–17	•–20	•–23	•–26	•–31
	1	•–22	•–26	•–29	•–32	•–34	•–38
	2	4–30	2–33	2–36	•–39	•–40	•–44
	3	8–36	6–39	5–42	4–44	3–45	•–48
	4	14–42	11–45	9–47	7–49	6–50	5–51
9	0	•–12	•–15	•–18	•–21	•–24	•–28
	1	•–20	•–23	•–26	•–29	•–31	•–35
	2	3–27	2–30	2–33	•–36	•–37	•–41
	3	7–33	6–36	4–38	3–41	3–42	•–45
	4	12–39	10–41	8–43	7–45	6–47	4–49
10	0	•–11	•–14	•–16	•–19	•–22	•–26
	1	•–18	•–21	•–24	•–27	•–29	•–33
	2	3–25	2–28	•–30	•–33	•–35	•–38
	3	7–30	5–33	4–36	3–38	3–40	•–43
	4	11–36	9–38	7–40	6–43	5–44	4–47
	5	15–41	13–43	11–45	9–47	8–48	6–50
11	0	•–10	•–13	•–15	•–18	•–20	•–24
	1	•–17	•–20	•–22	•–25	•–27	•–31
	2	3–23	2–25	•–28	•–31	•–32	•–36
	3	6–28	5–31	4–33	3–36	•–37	•–40
	4	10–33	8–36	7–38	5–40	5–41	4–44
	5	14–38	12–40	10–42	9–44	8–45	6–47
12	0	•– 9	•–12	•–14	•–17	•–18	•–22
	1	•–15	•–18	•–20	•–23	•–25	•–29
	2	2–21	2–24	•–26	•–29	•–30	•–34
	3	5–26	4–29	3–31	3–33	•–35	•–38
	4	9–31	7–33	6–35	5–38	4–39	•–42
	5	13–35	11–37	9–39	8–41	7–43	5–45
	6	17–39	14–42	13–43	11–45	10–46	8–48
13	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–21
	1	•–14	•–17	•–19	•–22	•–23	•–27
	2	2–19	•–22	•–24	•–27	•–28	•–32
	3	5–24	4–27	3–29	•–31	•–33	•–36
	4	8–29	7–31	6–33	5–35	4–37	•–40
	5	12–33	10–35	9–37	7–39	6–41	5–43
	6	15–37	13–39	12–41	10–43	9–44	7–46
14	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–20
	1	•–13	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	2	2–18	•–20	•–23	•–25	•–27	•–30
	3	5–23	4–25	3–27	•–29	•–31	•–34
	4	8–27	6–29	5–31	4–33	4–35	•–38

$N = 56$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	5	11–31	9–33	8–35	7–37	6–38	5–41
	6	14–35	12–37	11–39	9–40	9–42	7–44
	7	18–38	16–40	14–42	12–44	11–45	9–47
15	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–12	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–17	•–19	•–21	•–24	•–25	•–28
	3	4–21	3–23	3–25	•–28	•–29	•–32
	4	7–25	6–27	5–29	4–32	4–33	•–36
	5	10–29	9–31	7–33	6–35	6–36	5–39
	6	13–33	11–35	10–37	9–38	8–40	7–42
	7	16–36	15–38	13–40	12–42	11–43	9–45
16	0	•– 7	•– 9	•–10	•–13	•–14	•–17
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–23
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–24	•–27
	3	4–20	3–22	3–24	•–26	•–28	•–31
	4	7–24	6–26	5–28	4–30	4–31	•–34
	5	9–27	8–29	7–31	6–33	5–35	•–37
	6	12–31	11–33	10–35	8–37	8–38	6–40
	7	15–34	14–36	12–38	11–40	10–41	8–43
	8	19–37	17–39	15–41	14–42	12–44	11–45
17	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–26	•–29
	4	6–22	5–24	4–26	4–28	•–30	•–33
	5	9–26	8–28	7–30	6–32	5–33	•–36
	6	12–29	10–31	9–33	8–35	7–36	6–38
	7	14–32	13–34	12–36	10–38	9–39	8–41
	8	17–36	16–37	14–39	13–41	12–42	10–44
18	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–18	3–20	•–21	•–24	•–25	•–28
	4	6–21	5–23	4–25	4–27	•–28	•–31
	5	8–24	7–26	6–28	5–30	5–31	•–34
	6	11–28	10–30	9–31	7–33	7–34	6–37
	7	14–31	12–33	11–34	10–36	9–37	8–39
	8	16–34	15–36	13–37	12–39	11–40	10–42
	9	19–37	18–38	16–40	15–41	14–42	12–44
19	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–13	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	3–17	3–19	•–20	•–22	•–24	•–26
	4	6–20	5–22	4–24	•–26	•–27	•–30
	5	8–23	7–25	6–27	5–29	5–30	•–33
	6	10–26	9–28	8–30	7–32	7–33	6–35
	7	13–29	12–31	10–33	9–34	9–36	7–38
	8	16–32	14–34	13–36	11–37	11–38	9–40
	9	18–35	17–37	15–38	14–40	13–41	11–43
20	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–16	•–18
	2	•–13	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–23	•–25
	4	5–19	5–21	4–23	•–24	•–26	•–28
	5	8–22	7–24	6–26	5–27	5–29	•–31
	6	10–25	9–27	8–28	7–30	6–31	•–34
	7	12–28	11–30	10–31	9–33	8–34	7–36
	8	15–31	13–32	12–34	11–36	10–37	9–39
	9	17–33	16–35	14–37	13–38	12–39	11–41
	10	20–36	18–38	17–39	15–41	15–41	13–43
21	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–14	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–22	•–24
	4	5–18	4–20	4–22	•–23	•–25	•–27
	5	7–21	6–23	6–24	5–26	•–27	•–30
	6	9–24	8–26	7–27	7–29	6–30	•–32
	7	12–27	10–28	9–30	8–32	8–33	7–35
	8	14–29	13–31	12–33	10–34	10–35	9–37
	9	16–32	15–34	14–35	13–37	12–38	10–40
	10	19–35	17–36	16–38	15–39	14–40	12–42
22	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–17
	2	•–12	•–13	•–15	•–16	•–17	•–20
	3	3–15	•–16	•–18	•–19	•–21	•–23
	4	5–17	4–19	4–21	•–22	•–24	•–26
	5	7–20	6–22	5–23	5–25	•–26	•–29
	6	9–23	8–25	7–26	6–28	6–29	•–31
	7	11–26	10–27	9–29	8–30	8–31	7–34
	8	13–28	12–30	11–31	10–33	9–34	8–36
	9	16–31	14–32	13–34	12–35	11–36	10–38
	10	18–33	17–35	15–36	14–37	13–38	12–40
	11	20–36	19–37	18–38	16–40	15–41	14–42
23	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	3	3–14	•–15	•–17	•–19	•–20	•–22
	4	5–17	4–18	4–20	•–21	•–23	•–25
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–28
	6	9–22	8–24	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–24	10–26	9–27	8–29	7–30	•–32
	8	13–27	12–29	11–30	10–32	9–33	8–35
	9	15–29	14–31	13–32	12–34	11–35	10–37
	10	17–32	16–33	15–35	14–36	13–37	11–39
	11	20–34	18–36	17–37	16–38	15–39	13–41
24	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18

$N = 56$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	4–16	4–17	•–19	•–20	•–22	•–24
	5	6–18	6–20	5–21	•–23	•–24	•–26
	6	8–21	7–23	7–24	6–26	6–27	•–29
	7	10–23	9–25	8–26	8–28	7–29	•–31
	8	12–26	11–27	10–29	9–30	9–31	8–33
	9	14–28	13–30	12–31	11–33	11–34	9–35
	10	17–31	15–32	14–33	13–35	12–36	11–38
	11	19–33	17–34	16–36	15–37	14–38	13–40
	12	21–35	20–36	18–38	17–39	16–40	15–41
25	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–17
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	5–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	6–23	6–25	•–26	•–28
	7	10–23	9–24	8–25	7–27	7–28	•–30
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	9–30	8–32
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	10–32	9–34
	10	16–29	15–31	14–32	13–34	12–34	11–36
	11	18–32	17–33	16–34	14–36	14–36	12–38
	12	20–34	19–35	18–36	16–38	16–38	14–40
26	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–19
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–24
	6	8–19	7–21	6–22	6–24	•–25	•–27
	7	10–22	9–23	8–24	7–26	7–27	•–29
	8	11–24	10–25	10–27	9–28	8–29	•–31
	9	13–26	12–28	11–29	10–30	10–31	9–33
	10	15–28	14–30	13–31	12–32	12–33	10–35
	11	17–30	16–32	15–33	14–34	13–35	12–37
	12	19–33	18–34	17–35	16–36	15–37	14–39
	13	21–35	20–36	19–37	18–38	17–39	15–41
27	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–20	•–21	•–24
	6	7–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–26
	7	9–21	8–22	8–23	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–24	9–26	9–27	8–28	•–30
	9	13–25	12–27	11–28	10–29	10–30	9–32
	10	15–27	14–29	13–30	12–31	11–32	10–34
	11	17–29	16–31	15–32	14–33	13–34	12–36
	12	19–31	17–33	16–34	15–35	15–36	13–38
	13	21–33	19–35	18–36	17–37	16–38	15–39
28	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–15
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	6	7–18	6–19	6–20	•–22	•–23	•–25
	7	9–20	8–21	7–23	7–24	•–25	•–27
	8	11–22	10–24	9–25	8–26	8–27	•–29
	9	12–24	11–26	11–27	10–28	9–29	9–31
	10	14–26	13–28	12–29	11–30	11–31	10–33
	11	16–28	15–30	14–31	13–32	13–33	11–35
	12	18–30	17–32	16–33	15–34	14–35	13–36
	13	20–32	19–34	18–35	17–36	16–37	15–38
	14	22–34	21–35	20–36	18–38	18–38	16–40

$N = 58$

N_1	x_1	$2\alpha = 0{,}20$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$	$2\alpha = 0{,}002$
4	0	•–25	•–30	•–35	•–39	•–42	•–47
	1	1–39	•–43	•–47	•–49	•–51	•–54
	2	8–50	6–52	4–54	2–56	2–56	–
5	0	•–21	•–26	•–30	•–34	•–37	•–42
	1	1–34	•–38	•–41	•–45	•–47	•–50
	2	6–44	4–47	3–49	2–52	•–53	•–55
6	0	•–18	•–22	•–26	•–30	•–33	•–38
	1	•–29	•–33	•–37	•–40	•–42	•–46
	2	5–38	4–42	2–45	2–47	•–49	•–52
	3	12–46	9–49	7–51	5–53	4–54	3–55
7	0	•–16	•–20	•–23	•–27	•–30	•–35
	1	•–26	•–30	•–33	•–36	•–39	•–43
	2	4–34	3–38	2–40	•–43	•–45	•–48
	3	10–42	8–45	6–47	4–49	4–50	•–53
8	0	•–14	•–17	•–21	•–24	•–27	•–32
	1	•–23	•–27	•–30	•–33	•–35	•–40
	2	4–31	3–34	2–37	•–40	•–42	•–45
	3	9–38	7–41	5–43	4–46	3–47	•–50
	4	14–44	12–46	10–48	8–50	7–51	5–53
9	0	•–13	•–16	•–19	•–22	•–24	•–29
	1	•–21	•–24	•–27	•–30	•–32	•–37
	2	3–28	2–31	2–34	•–37	•–39	•–42
	3	8–34	6–37	5–40	4–42	3–44	•–47
	4	12–40	10–43	8–45	7–47	6–48	4–51
10	0	•–11	•–14	•–17	•–20	•–22	•–27
	1	•–19	•–22	•–25	•–28	•–30	•–34
	2	3–26	2–29	•–31	•–34	•–36	•–40
	3	7–31	5–34	4–37	3–39	3–41	•–44
	4	11–37	9–40	8–42	6–44	5–46	4–48

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

Hypergeometrische Verteilung

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N = N_1+N_2 \\ X = x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe S. 123

$N = 58$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
	5	16–42	13–45	12–46	10–48	9–49	7–51
11	0	•–10	•–13	•–16	•–19	•–21	•–25
	1	•–17	•–20	•–23	•–26	•–28	•–32
	2	3–23	2–26	•–29	•–32	•–34	•–37
	3	6–29	5–32	4–34	3–37	•–39	•–42
	4	10–34	8–37	7–39	6–41	5–43	4–46
	5	14–39	12–42	10–44	9–46	8–47	6–49
12	0	•–10	•–12	•–14	•–17	•–19	•–23
	1	•–16	•–19	•–21	•–24	•–26	•–30
	2	2–22	2–24	•–27	•–30	•–31	•–35
	3	6–27	4–30	3–32	3–35	•–36	•–40
	4	9–32	8–34	6–37	5–39	4–41	•–43
	5	13–36	11–39	10–41	8–43	7–44	6–47
	6	17–41	15–43	13–45	11–47	10–48	8–50
13	0	•– 9	•–11	•–13	•–16	•–18	•–22
	1	•–15	•–17	•–20	•–22	•–24	•–28
	2	2–20	2–23	•–25	•–28	•–29	•–33
	3	5–25	4–28	3–30	3–32	•–34	•–37
	4	8–30	7–32	6–34	5–37	4–38	•–41
	5	12–34	10–36	9–38	7–41	7–42	5–45
	6	16–38	14–40	12–42	10–44	9–45	8–48
14	0	•– 8	•–10	•–12	•–15	•–17	•–20
	1	•–14	•–16	•–18	•–21	•–23	•–26
	2	2–19	•–21	•–23	•–26	•–28	•–31
	3	5–23	4–26	3–28	•–31	•–32	•–35
	4	8–28	6–30	5–32	4–35	4–36	•–39
	5	11–32	9–34	8–36	7–38	6–40	5–43
	6	15–36	13–38	11–40	10–42	9–43	7–46
	7	18–40	16–42	15–43	13–45	12–46	10–48
15	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–20	•–21	•–25
	2	2–18	•–20	•–22	•–24	•–26	•–30
	3	4–22	4–24	3–26	•–29	•–30	•–34
	4	7–26	6–28	5–30	4–33	4–34	•–37
	5	10–30	9–32	8–34	7–36	6–38	5–41
	6	14–34	12–36	10–38	9–40	8–41	7–44
	7	17–37	15–40	14–41	12–43	11–44	9–46
16	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	2	2–17	•–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	3	4–21	3–23	3–25	•–27	•–29	•–32
	4	7–25	6–27	5–29	4–31	4–33	•–35
	5	10–28	8–31	7–32	6–35	6–36	5–39
	6	13–32	11–34	10–36	9–38	8–39	6–42
	7	16–35	14–38	13–39	11–41	10–42	9–45
	8	19–39	17–41	16–42	14–44	13–45	11–47
17	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–17
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–16	•–18	•–20	•–22	•–23	•–27
	3	4–19	3–22	3–24	•–26	•–27	•–30
	4	6–23	5–25	5–27	4–29	•–31	•–34
	5	9–27	8–29	7–31	6–33	5–34	•–37
	6	12–30	10–32	9–34	8–36	7–37	6–40
	7	15–34	13–36	12–37	11–39	10–40	8–43
	8	18–37	16–39	15–40	13–42	12–43	10–45
18	0	•– 6	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–16
	1	•–11	•–13	•–14	•–16	•–18	•–21
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	3	4–18	3–20	•–22	•–24	•–26	•–29
	4	6–22	5–24	4–26	4–28	•–29	•–32
	5	9–25	7–27	7–29	6–31	5–33	•–35
	6	11–29	10–31	9–32	8–34	7–36	6–38
	7	14–32	13–34	11–36	10–37	9–39	8–41
	8	17–35	15–37	14–39	12–40	11–41	10–44
	9	20–38	18–40	17–41	15–43	14–44	12–46
19	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–14	•–16	•–17	•–20
	2	•–14	•–16	•–18	•–20	•–21	•–24
	3	4–17	3–19	•–21	•–23	•–25	•–28
	4	6–21	5–23	4–25	4–27	•–28	•–31
	5	8–24	7–26	6–28	5–30	5–31	•–34
	6	11–27	9–29	8–31	7–33	7–34	6–37
	7	13–30	12–32	11–34	10–36	9–37	7–39
	8	16–33	14–35	13–37	12–39	11–40	9–42
	9	19–36	17–38	16–40	14–41	13–42	11–44
20	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–13	•–15	•–17	•–19	•–20	•–23
	3	3–17	3–18	•–20	•–22	•–24	•–26
	4	6–20	5–22	4–23	•–25	•–27	•–29
	5	8–23	7–25	6–27	5–29	5–30	•–32
	6	10–26	9–28	8–30	7–31	6–33	6–35
	7	13–29	11–31	10–32	9–34	8–35	7–38
	8	15–32	14–34	13–35	11–37	10–38	9–40
	9	18–35	16–36	15–38	14–40	13–41	11–43
	10	21–37	19–39	17–41	16–42	15–43	13–45
21	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–13	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–18	•–19	•–21	•–22	•–25
	4	5–19	4–21	4–22	•–24	•–26	•–28
	5	7–22	6–24	6–25	5–27	5–29	•–31
	6	10–25	9–27	8–28	7–30	6–31	•–34
	7	12–28	11–30	10–31	9–33	8–34	7–36
	8	15–30	13–32	12–34	11–35	10–37	9–39
	9	17–33	15–35	14–36	13–38	12–39	11–41
	10	20–36	18–38	17–39	15–40	14–41	13–43
22	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	3	3–15	3–17	•–18	•–20	•–21	•–24
	4	5–18	4–20	4–21	•–23	•–24	•–27
	5	7–21	6–23	5–24	5–26	•–27	•–30
	6	9–24	8–26	7–27	7–29	6–30	•–32
	7	12–26	10–28	9–30	8–32	8–33	7–35
	8	14–29	13–31	11–32	10–34	10–35	8–37
	9	16–32	15–33	14–35	12–37	12–38	10–40
	10	19–34	17–36	16–37	15–39	14–40	12–42
	11	21–37	20–38	18–40	17–41	16–42	14–44
23	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–20
	3	3–14	•–16	•–18	•–19	•–21	•–23
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–26
	5	7–20	6–22	5–23	5–25	•–26	•–29
	6	9–23	8–24	7–26	6–28	6–29	•–31
	7	11–25	10–27	9–29	8–30	8–31	7–34
	8	13–28	12–30	11–31	10–33	9–34	8–36
	9	16–30	14–32	13–34	12–35	11–36	10–38
	10	18–33	16–35	15–36	14–37	13–38	12–40
	11	20–35	19–37	17–38	16–40	15–41	14–42
24	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19
	3	3–14	•–15	•–17	•–18	•–20	•–22
	4	5–17	4–18	•–20	•–21	•–22	•–25
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–28
	6	9–22	8–23	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–24	10–26	9–27	8–29	7–30	•–32
	8	13–27	12–28	11–30	10–32	9–33	8–35
	9	15–29	14–31	13–32	11–34	11–35	10–37
	10	17–32	16–33	15–35	13–36	13–37	11–39
	11	19–34	18–36	17–37	15–38	15–39	13–41
	12	22–36	20–38	19–39	18–40	17–41	15–43
25	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–11	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	4–16	4–17	•–19	•–20	•–22	•–24
	5	6–18	6–20	5–21	•–23	•–24	•–26
	6	8–21	7–23	7–24	6–26	6–27	•–29
	7	10–23	9–25	8–26	8–28	7–29	•–31
	8	12–26	11–27	10–29	9–30	9–31	8–33
	9	14–28	13–30	12–31	11–33	10–34	9–36
	10	16–30	15–32	14–33	13–35	12–36	11–38
	11	19–33	17–34	16–36	15–37	14–38	13–40
	12	21–35	19–36	18–38	17–39	16–40	14–42
26	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–18
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	5–19	5–21	•–22	•–23	•–25
	6	8–20	7–22	6–23	6–25	•–26	•–28
	7	10–22	9–24	8–25	7–27	7–28	•–30
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	9–30	8–32
	9	14–27	13–29	12–30	11–31	10–32	9–34
	10	16–29	15–31	14–32	13–34	12–35	11–36
	11	18–32	17–33	16–34	14–36	14–37	12–38
	12	20–34	19–35	18–36	16–38	15–39	14–40
	13	22–36	21–37	20–38	18–40	17–41	16–42
27	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–20
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–25
	6	8–19	7–21	6–22	6–24	•–25	•–27
	7	10–22	9–23	8–24	7–26	7–27	•–29
	8	11–24	10–25	10–27	9–28	8–29	•–31
	9	13–26	12–28	11–29	10–30	10–31	9–33
	10	15–28	14–30	13–31	12–32	12–33	10–35
	11	17–30	16–32	15–33	14–35	13–35	12–37
	12	19–33	18–34	17–35	16–37	15–37	14–39
	13	21–35	20–36	19–37	18–38	17–39	15–41
28	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–21	•–22	•–24
	6	7–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–26
	7	9–21	8–22	8–24	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–24	9–26	9–27	8–28	•–30
	9	13–25	12–27	11–28	10–29	10–30	9–32
	10	15–27	14–29	13–30	12–31	11–32	10–34
	11	17–29	15–31	15–32	13–33	13–34	12–36
	12	19–31	17–33	16–34	15–35	15–36	13–38
	13	21–33	19–35	18–36	17–37	16–38	15–40
	14	23–35	21–37	20–38	19–39	18–40	17–41
29	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–13	•–16
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	•–15	•–16	•–17	•–18	•–20
	5	6–16	5–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	6	7–18	6–19	6–21	•–22	•–23	•–25
	7	9–20	8–22	7–23	7–24	•–25	•–27
	8	11–22	10–24	9–25	8–26	8–27	•–29
	9	12–24	11–26	11–27	10–28	9–29	9–31
	10	14–26	13–28	12–29	11–30	11–31	10–33
	11	16–28	15–30	14–31	13–32	13–33	11–35
	12	18–30	17–32	16–33	15–34	14–35	13–37
	13	20–32	19–34	18–35	17–36	16–37	14–38
	14	22–34	20–36	19–37	18–38	18–39	16–40

$N = 60$

N_1	x_1	$2\alpha =$ 0,20	$2\alpha =$ 0,10	$2\alpha =$ 0,05	$2\alpha =$ 0,02	$2\alpha =$ 0,01	$2\alpha =$ 0,002
4	0	•–26	•–31	•–36	•–40	•–43	•–49
	1	1–41	•–45	•–48	•–51	•–53	•–56
	2	8–52	6–54	4–56	3–57	2–58	–
5	0	•–22	•–27	•–31	•–35	•–38	•–44
	1	1–35	•–39	•–43	•–46	•–48	•–52
	2	7–45	4–48	3–51	2–53	•–55	•–57
6	0	•–19	•–23	•–27	•–31	•–34	•–40
	1	•–30	•–34	•–38	•–42	•–44	•–48
	2	5–40	4–43	3–46	2–49	•–51	•–53
	3	12–48	9–51	7–53	5–55	4–56	3–57
7	0	•–16	•–20	•–24	•–28	•–31	•–36
	1	•–27	•–31	•–34	•–38	•–40	•–44
	2	5–35	3–39	2–42	•–45	•–47	•–50
	3	10–43	8–46	6–48	5–51	4–52	•–54
8	0	•–15	•–18	•–21	•–25	•–28	•–33
	1	•–24	•–28	•–31	•–34	•–37	•–41
	2	4–32	3–35	2–38	•–41	•–43	•–47
	3	9–39	7–42	5–45	4–47	3–49	•–52
	4	15–45	12–48	10–50	8–52	7–53	5–55
9	0	•–13	•–16	•–19	•–23	•–25	•–30
	1	•–22	•–25	•–28	•–31	•–34	•–38
	2	3–29	2–32	2–35	•–38	•–40	•–44
	3	8–36	6–39	5–41	4–44	3–46	•–49
	4	13–42	11–44	9–47	7–49	6–50	4–53
10	0	•–12	•–15	•–18	•–21	•–23	•–28
	1	•–20	•–23	•–26	•–29	•–31	•–35
	2	3–26	2–30	•–32	•–35	•–37	•–41
	3	7–33	5–36	4–38	3–41	3–43	•–46
	4	11–38	9–41	8–43	6–46	5–47	4–50
	5	16–44	14–46	12–48	10–50	9–51	7–53
11	0	•–11	•–14	•–16	•–19	•–21	•–26
	1	•–18	•–21	•–24	•–27	•–29	•–33
	2	3–24	2–27	•–30	•–33	•–35	•–39
	3	6–30	5–33	4–35	3–38	3–40	•–43
	4	10–35	9–38	7–40	6–43	5–45	4–47
	5	15–40	13–43	11–45	9–47	8–49	6–51
12	0	•–10	•–12	•–15	•–18	•–20	•–24
	1	•–17	•–19	•–22	•–25	•–27	•–31
	2	3–22	2–25	•–28	•–31	•–33	•–36
	3	6–28	5–31	4–33	3–36	•–38	•–41
	4	9–33	8–36	7–38	5–40	5–42	•–45
	5	13–38	11–40	10–42	8–45	7–46	6–49
	6	18–42	15–45	14–46	12–48	10–50	8–52
13	0	•– 9	•–12	•–14	•–17	•–18	•–23
	1	•–15	•–18	•–20	•–23	•–25	•–29
	2	2–21	2–24	•–26	•–29	•–31	•–34
	3	5–26	4–29	3–31	3–34	•–35	•–39
	4	9–31	7–33	6–36	5–38	4–40	•–43
	5	12–35	11–38	9–40	8–42	7–44	5–46
	6	16–40	14–42	13–44	11–46	10–47	8–49
14	0	•– 9	•–11	•–13	•–15	•–17	•–21
	1	•–14	•–17	•–19	•–22	•–24	•–27
	2	2–19	•–22	•–24	•–27	•–29	•–32
	3	5–24	4–27	3–29	•–32	•–33	•–37
	4	8–29	7–31	6–33	5–36	4–38	•–41
	5	11–33	10–35	8–38	7–40	6–41	5–44
	6	15–37	13–39	12–41	10–44	9–45	7–47
	7	19–41	17–43	15–45	13–47	12–48	10–50
15	0	•– 8	•–10	•–12	•–14	•–16	•–20
	1	•–13	•–16	•–18	•–20	•–22	•–26
	2	2–18	•–21	•–23	•–25	•–27	•–31
	3	5–23	4–25	3–27	•–30	•–32	•–35
	4	8–27	6–29	5–32	4–34	4–36	•–39
	5	11–31	9–33	8–36	7–38	6–39	5–42
	6	14–35	12–37	11–39	9–41	8–43	7–45
	7	18–39	16–41	14–43	12–45	11–46	9–48
16	0	•– 7	•– 9	•–11	•–14	•–15	•–19
	1	•–13	•–15	•–17	•–19	•–21	•–24
	2	2–17	•–19	•–21	•–24	•–26	•–29
	3	4–21	3–24	3–26	•–28	•–30	•–33
	4	7–25	6–28	5–30	4–32	4–34	•–37
	5	10–29	9–32	7–34	6–36	6–37	5–40
	6	13–33	11–35	10–37	9–39	8–41	7–43
	7	16–37	15–39	13–41	11–43	10–44	9–46
	8	20–40	18–42	16–44	14–46	13–47	11–49
17	0	•– 7	•– 9	•–11	•–13	•–14	•–18
	1	•–12	•–14	•–16	•–18	•–20	•–23
	2	2–16	•–18	•–20	•–23	•–24	•–28
	3	4–20	3–22	3–24	•–27	•–28	•–31
	4	7–24	6–26	5–28	4–31	4–32	•–35
	5	9–28	8–30	7–32	6–34	5–36	•–38
	6	12–31	11–34	10–35	8–37	8–39	6–41
	7	15–35	14–37	12–39	11–41	10–42	8–44
	8	19–38	17–40	15–42	13–44	12–45	11–47

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Signifikanzschranken* für den Vierfelder-Test

$$\begin{array}{c|c|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array} \quad \left.\begin{array}{l} N=N_1+N_2 \\ X=x_1+x_2 \\ N_1 \leqq N_2 \\ x_1 \leqq N_1-x_1 \end{array}\right\}$$

Anleitung siehe unten

$N = 60$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
18	0	•– 7	•– 8	•–10	•–12	•–13	•–17
	1	•–11	•–13	•–15	•–17	•–19	•–22
	2	2–15	•–17	•–19	•–21	•–23	•–26
	3	4–19	3–21	3–23	•–25	•–27	•–30
	4	6–23	5–25	4–27	4–29	•–31	•–33
	5	9–26	8–28	7–30	6–32	5–34	•–37
	6	12–30	10–32	9–34	8–36	7–37	6–40
	7	15–33	13–35	12–37	10–39	9–40	8–43
	8	18–36	16–38	14–40	13–42	12–43	10–45
	9	21–39	19–41	17–43	15–45	14–46	12–48
19	0	•– 6	•– 8	•– 9	•–11	•–13	•–16
	1	•–11	•–12	•–14	•–16	•–18	•–21
	2	2–14	•–16	•–18	•–20	•–22	•–25
	3	4–18	3–20	•–22	•–24	•–26	•–29
	4	6–22	5–24	4–26	4–28	•–29	•–32
	5	8–25	7–27	6–29	5–31	5–32	•–35
	6	11–28	10–30	9–32	8–34	7–35	6–38
	7	14–31	12–33	11–35	10–37	9–38	8–41
	8	17–35	15–37	14–38	12–40	11–41	10–43
	9	19–38	18–39	16–41	15–43	14–44	12–46
20	0	•– 6	•– 7	•– 9	•–11	•–12	•–15
	1	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17	•–20
	2	•–14	•–16	•–17	•–19	•–21	•–24
	3	3–17	3–19	•–21	•–23	•–24	•–27
	4	6–21	5–23	4–24	4–26	•–28	•–31
	5	8–24	7–26	6–28	5–30	5–31	•–34
	6	11–27	9–29	8–31	7–33	7–34	6–37
	7	13–30	12–32	11–34	9–36	9–37	7–39
	8	16–33	14–35	13–37	12–38	11–40	9–42
	9	18–36	17–38	15–39	14–41	13–42	11–44
	10	21–39	19–41	18–42	16–44	15–45	13–47
21	0	•– 6	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•–10	•–11	•–13	•–15	•–16	•–19
	2	•–13	•–15	•–16	•–18	•–20	•–23
	3	3–16	3–18	•–20	•–22	•–23	•–26
	4	5–20	5–22	4–23	•–25	•–27	•–29
	5	8–23	7–25	6–26	5–28	5–30	•–32
	6	10–26	9–28	8–29	7–31	6–33	•–35
	7	12–29	11–31	10–32	9–34	8–35	7–38
	8	15–32	14–33	12–35	11–37	10–38	9–40
	9	18–34	16–36	15–38	13–39	12–41	11–43
	10	20–37	19–39	17–40	16–42	15–43	13–45
22	0	•– 5	•– 7	•– 8	•–10	•–11	•–14
	1	•– 9	•–11	•–12	•–14	•–15	•–18
	2	•–12	•–14	•–16	•–18	•–19	•–22
	3	3–16	3–17	•–19	•–21	•–22	•–25
	4	5–19	4–21	4–22	•–24	•–25	•–28
	5	7–22	6–24	6–25	5–27	5–28	•–31
	6	10–25	8–26	8–28	7–30	6–31	•–34
	7	12–27	11–29	10–31	9–33	8–34	7–36
	8	14–30	13–32	12–34	11–35	10–37	9–39
	9	17–33	15–35	14–36	13–38	12–39	10–41
	10	19–36	18–37	16–39	15–40	14–41	12–43
	11	22–38	20–40	19–41	17–43	16–44	14–46
23	0	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–13

$N = 60$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
	1	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15	•–17
	2	•–12	•–14	•–15	•–17	•–18	•–21
	3	3–15	•–17	•–18	•–20	•–21	•–24
	4	5–18	4–20	4–21	•–23	•–24	•–27
	5	7–21	6–23	5–24	5–26	•–27	•–30
	6	9–24	8–25	7–27	6–29	6–30	•–32
	7	11–26	10–28	9–30	8–31	8–33	7–35
	8	14–29	12–31	11–32	10–34	10–35	8–37
	9	16–32	15–33	13–35	12–36	11–38	10–40
	10	18–34	17–36	16–37	14–39	13–40	12–42
	11	21–37	19–38	18–40	17–41	16–42	14–44
24	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 9	•–10	•–12
	1	•– 8	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	2	•–11	•–13	•–14	•–16	•–17	•–20
	3	3–14	•–16	•–17	•–19	•–20	•–23
	4	5–17	4–19	4–20	•–22	•–23	•–26
	5	7–20	6–22	5–23	5–25	•–26	•–29
	6	9–23	8–24	7–26	6–28	6–29	•–31
	7	11–25	10–27	9–28	8–30	7–31	7–34
	8	13–28	12–30	11–31	10–33	9–34	8–36
	9	15–30	14–32	13–33	12–35	11–36	10–38
	10	18–33	16–34	15–36	14–37	13–39	12–41
	11	20–35	18–37	17–38	16–40	15–41	13–43
	12	22–38	21–39	19–41	18–42	17–43	15–45
25	0	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–12
	1	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–16
	2	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17	•–19
	3	3–14	•–15	•–17	•–18	•–20	•–22
	4	5–16	4–18	•–20	•–21	•–22	•–25
	5	7–19	6–21	5–22	5–24	•–25	•–28
	6	8–22	8–23	7–25	6–27	6–28	•–30
	7	11–24	9–26	9–27	8–29	7–30	•–32
	8	13–27	11–28	11–30	10–31	9–33	8–35
	9	15–29	14–31	12–32	11–34	11–35	10–37
	10	17–32	16–33	14–35	13–36	13–37	11–39
	11	19–34	18–36	17–37	15–38	14–39	13–41
	12	21–36	20–38	19–39	17–41	16–41	15–43
26	0	•– 4	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 8	•– 9	•–10	•–12	•–13	•–15
	2	•–10	•–12	•–13	•–15	•–16	•–18
	3	3–13	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	4	4–16	4–17	•–19	•–20	•–22	•–24
	5	6–18	6–20	5–21	•–23	•–24	•–27
	6	8–21	7–22	7–24	6–26	6–27	•–29
	7	10–23	9–25	8–26	8–28	7–29	•–31
	8	12–26	11–27	10–29	9–30	9–31	8–34
	9	14–28	13–30	12–31	11–33	10–34	9–36
	10	16–30	15–32	14–33	13–35	12–36	11–38
	11	18–33	17–34	16–36	15–37	14–38	13–40
	12	21–35	19–36	18–38	17–39	16–40	14–42
	13	23–37	21–39	20–40	19–41	18–42	16–44
27	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 8	•– 9	•–11
	1	•– 7	•– 9	•–10	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–13	•–14	•–15	•–18
	3	3–13	•–14	•–15	•–17	•–18	•–20

$N = 60$ (Fortsetzung)

N_1	x_1	$2\alpha=$ 0,20	$2\alpha=$ 0,10	$2\alpha=$ 0,05	$2\alpha=$ 0,02	$2\alpha=$ 0,01	$2\alpha=$ 0,002
	4	4–15	4–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	5	6–18	5–19	5–21	•–22	•–23	•–26
	6	8–20	7–22	6–23	6–25	•–26	•–28
	7	10–22	9–24	8–25	7–27	7–28	•–30
	8	12–25	11–26	10–28	9–29	8–30	8–32
	9	14–27	13–29	12–30	11–32	10–33	9–35
	10	16–29	15–31	14–32	12–34	12–35	11–37
	11	18–32	16–33	15–34	14–36	14–37	12–39
	12	20–34	19–35	17–36	16–38	15–39	14–41
	13	22–36	21–37	19–39	18–40	17–41	16–42
28	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–11	•–12	•–14
	2	•–10	•–11	•–12	•–14	•–15	•–17
	3	3–12	•–14	•–15	•–16	•–17	•–20
	4	4–15	4–16	•–17	•–19	•–20	•–22
	5	6–17	5–18	5–20	•–21	•–22	•–25
	6	8–19	7–21	6–22	6–24	•–25	•–27
	7	9–22	9–23	8–24	7–26	7–27	•–29
	8	11–24	10–25	10–27	9–28	8–29	•–31
	9	13–26	12–28	11–29	10–30	10–31	9–33
	10	15–28	14–30	13–31	12–33	11–34	10–35
	11	17–30	16–32	15–33	14–35	13–36	12–37
	12	19–33	18–34	17–35	16–37	15–38	14–39
	13	21–35	20–36	19–37	18–39	17–40	15–41
	14	23–37	22–38	21–39	19–41	19–41	17–43
29	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•–10
	1	•– 7	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–11	•–12	•–13	•–14	•–16
	3	•–12	•–13	•–14	•–16	•–17	•–19
	4	4–14	4–15	•–17	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–18	5–19	•–21	•–22	•–24
	6	7–19	7–20	6–21	6–23	•–24	•–26
	7	9–21	8–22	8–24	7–25	7–26	•–28
	8	11–23	10–25	9–26	9–27	8–28	•–30
	9	13–25	12–27	11–28	10–29	10–30	9–32
	10	15–27	14–29	13–30	12–31	11–32	10–34
	11	17–29	15–31	14–32	13–34	13–34	12–36
	12	19–31	17–33	16–34	15–35	14–36	13–38
	13	20–34	19–35	18–36	17–37	16–38	15–40
	14	22–36	21–37	20–38	19–39	18–40	17–42
30	0	•– 4	•– 5	•– 6	•– 7	•– 8	•– 9
	1	•– 6	•– 8	•– 9	•–10	•–11	•–13
	2	•– 9	•–10	•–11	•–13	•–14	•–16
	3	•–11	•–13	•–14	•–15	•–16	•–18
	4	4–14	•–15	•–16	•–18	•–19	•–21
	5	6–16	5–17	•–18	•–20	•–21	•–23
	6	7–18	6–19	6–21	•–22	•–23	•–25
	7	9–20	8–22	7–23	7–24	•–25	•–27
	8	11–22	10–24	9–25	8–26	8–27	•–29
	9	12–24	11–26	11–27	10–28	9–29	9–31
	10	14–26	13–28	12–29	11–30	11–31	10–33
	11	16–28	15–30	14–31	13–32	12–33	11–35
	12	18–30	17–32	16–33	15–34	14–35	13–37
	13	20–32	19–34	18–35	16–36	16–37	14–39
	14	22–34	20–36	19–37	18–38	17–39	16–41
	15	24–36	22–38	21–39	20–40	19–41	18–42

Erläuterungen zu den S. 109–123

Irgendeine statistische Prüfung führe auf die Vierfeldertafel

$$\begin{array}{c|c} x_1 & (N_1-x_1) \\ x_2 & (N_2-x_2) \end{array} \quad \begin{array}{|c} N_1 \\ N_2 \end{array}$$

die man in den Zeilen und Spalten so ordnet, daß $N_1 \leqq N_2$ und $x_1 \leqq (N_1 - x_1)$ sei. Danach addiere man $N_1 + N_2 = N$ und $x_1 + x_2 = X$. Nun sucht man in der Tafel zuerst N, dann N_1, dann x_1 und findet daneben die der gewünschten Signifikanz entsprechenden Schranken X_l und X_r. Dann gilt, wenn $x_1/N_1 = p_1$ und $x_2/N_2 = p_2$:

Ist $X \leqq X_l$, so ist $\begin{cases} \text{Prob}\,(p_1 > p_2) \leqq \alpha \\ \text{Prob}\,(p_1 \neq p_2) \leqq 2\alpha \end{cases}$

Ist $X \geqq X_r$, so ist $\begin{cases} \text{Prob}\,(p_1 < p_2) \leqq \alpha \\ \text{Prob}\,(p_1 \neq p_2) \leqq 2\alpha \end{cases}$

Liegt X zwischen X_l und X_r, so läßt sich die Nullhypothese $p_1 = p_2$ nicht verwerfen.

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Prob $[T_l < T < T_r] \geqq 1 - 2\alpha$. Erläuterungen siehe S. 128. Die kursiven Schranken sind exakt berechnet[1], die andern approximiert[2]
Die fettgedruckten Schranken gelten für $N_1 = N_2$

$2\alpha = 0{,}10$

N_2	N_1 4 T_l	T_r	5 T_l	T_r	6 T_l	T_r	7 T_l	T_r	8 T_l	T_r	9 T_l	T_r	10 T_l	T_r	11 T_l	T_r	12 T_l	T_r	13 T_l	T_r	14 T_l	T_r	15 T_l	T_r	16 T_l	T_r	17 T_l	T_r	18 T_l	T_r	19 T_l	T_r	20 T_l	T_r	21 T_l	T_r	22 T_l	T_r	23 T_l	T_r	24 T_l	T_r	25 T_l	T_r
4	**11– 25**	*17– 33*			*24– 42*		*32– 52*		*41– 63*		*51– 75*		*62– 88*		*74–102*		*87–117*		*101–133*		*116–150*		*132–168*		*150–186*		*168–206*		*187–227*		*207–249*		*228–272*		*250–296*		*273–321*		*297–347*		*322– 374*		*348– 402*	
5	*12– 28*	**19– 36**			*26– 46*		*34– 57*		*44– 68*		*54– 81*		*66– 94*		*78–109*		*91–125*		*106–141*		*121–159*		*138–177*		*155–197*		*173–218*		*193–239*		*213–262*		*235–285*		*257–310*		*281–335*		*305–362*		*330– 390*		*357– 418*	
6	*13– 31*	*20– 40*			**28– 50**		*36– 62*		*46– 74*		*57– 87*		*69– 99*		*82–116*		*95–133*		*110–150*		*126–168*		*143–187*		*161–207*		*179–229*		*199–251*		*220–274*		*242–298*		*265–323*		*289–349*		*313–377*		*339– 403*		*366– 434*	
7	*14– 34*	*21– 44*			*29– 55*		**39– 66**		*49– 79*		*60– 93*		*72–108*		*85–124*		*99–141*		*115–158*		*131–177*		*148–197*		*166–218*		*186–239*		*206–262*		*227–286*		*249–311*		*272–337*		*297–363*		*322– 391*		*348– 420*		*375– 450*	
8	*15– 37*	*23– 47*			*31– 59*		*41– 71*		**51– 85**		*63– 99*		*75–115*		*89–131*		*104–148*		*119–167*		*136–186*		*153–207*		*172–228*		*192–250*		*212–274*		*234–298*		*257–323*		*280–350*		*305–377*		*330– 406*		*357– 435*		*385– 465*	
9	*16– 40*	*24– 51*			*33– 63*		*43– 76*		*54– 90*		**66–105**		*79–121*		*93–138*		*108–156*		*124–178*		*141–195*		*159–216*		*178–238*		*198–261*		*219–285*		*241–310*		*264–336*		*288–363*		*313–391*		*339– 420*		*366– 450*		*394– 481*	
10	*17– 43*	*26– 54*			*35– 67*		*45– 81*		*56– 96*		*69–111*		**82–128**		*97–145*		*112–164*		*128–184*		*146–204*		*164–226*		*184–248*		*204–272*		*226–297*		*248–322*		*272–348*		*296–376*		*321–405*		*348– 434*		*375– 465*		*403– 497*	
11	*18– 46*	*27– 58*			*37– 71*		*47– 86*		*59– 91*		*72–117*		**86–134**		*102–160*		*116–172*		*133–192*		*151–213*		*170–235*		*190–258*		*210–283*		*232–308*		*255–334*		*279–361*		*304–389*		*329–419*		*356– 449*		*384– 480*		*413– 512*	
12	*19– 49*	*28– 62*			*38– 76*		*49– 91*		*62–106*		*75–123*		*89–141*		*104–160*		**120–180**		*138–200*		*156–222*		*175–245*		*196–268*		*217–293*		*239–319*		*262–346*		*286–374*		*312–402*		*338–432*		*365– 463*		*393– 495*		*423– 527*	
13	*20– 52*	*30– 65*			*40– 80*		*52– 95*		*64–112*		*78–129*		*92–148*		*108–167*		*125–187*		**142–209**		*161–232*		*181–254*		*202–279*		*223–304*		*245–331*		*269–358*		*294–386*		*320–415*		*346– 446*		*374– 477*		*403– 509*		*433– 542*	
14	*21– 55*	*31– 69*			*42– 84*		*54–100*		*67–117*		*81–135*		*96–154*		*112–174*		*129–195*		*147–217*		**166–240**		*186–264*		*207–289*		*229–315*		*252–342*		*276–370*		*301–399*		*328–428*		*355–459*		*383– 491*		*412– 524*		*442– 558*	
15	*22– 58*	*33– 72*			*44– 88*		*56–105*		*69–123*		*84–141*		*99–161*		*116–181*		*133–203*		*152–225*		*171–249*		**191–274**		*213–299*		*235–326*		*259–353*		*284–381*		*309–411*		*336–441*		*363–473*		*392– 505*		*422– 538*		*452– 573*	
16	*24– 60*	*34– 76*			*46– 92*		*58–110*		*72–128*		*87–147*		*103–167*		*120–188*		*138–210*		*156–234*		*176–258*		*197–283*		**219–309**		*242–336*		*266–364*		*291–393*		*317–423*		*344–454*		*372–486*		*401– 519*		*431– 553*		*462– 588*	
17	*25– 63*	*35– 80*			*47– 97*		*61–114*		*75–133*		*90–153*		*106–174*		*123–196*		*142–218*		*161–242*		*181–267*		*202–293*		*225–319*		**248–347**		*273–375*		*298–405*		*325–435*		*352–467*		*380–500*		*410–533*		*440– 568*		*472– 603*	
18	*26– 66*	*37– 83*			*49–101*		*63–119*		*77–139*		*93–159*		*110–180*		*127–203*		*146–226*		*165–251*		*186–276*		*208–302*		*231–329*		*255–357*		**280–386**		*305–417*		*332–448*		*360–480*		*389–513*		*419– 547*		*450– 582*		*482– 618*	
19	*27– 69*	*38– 87*			*51–105*		*65–124*		*80–144*		*96–165*		*113–187*		*131–210*		*150–234*		*170–259*		*191–285*		*214–311*		*237–339*		*261–368*		**286–398**		**313–428**		*340–460*		*368–493*		*398–526*		*428–561*		*459– 597*		*492– 633*	
20	*28– 72*	*40– 90*			*53–109*		*67–129*		*83–149*		*99–171*		*117–193*		*135–217*		*154–242*		*175–267*		*196–294*		*219–321*		*243–349*		*268–378*		*293–409*		*320–440*		**348–472**		*376–506*		*406–540*		*437–575*		*469– 611*		*501– 649*	
21	*29– 73*	*41– 94*			*55–115*		*69–134*		*85–153*		*102–177*		*120–200*		*139–224*		*159–249*		*180–275*		*202–302*		*225–330*		*249–359*		*274–389*		*300–420*		*327–452*		*355–485*		**385–518**		*415–553*		*446–589*		*478– 626*		*511– 664*	
22	*30– 78*	*43– 97*			*57–117*		*72–138*		*88–160*		*105–183*		*123–207*		*142–232*		*163–257*		*184–284*		*207–311*		*230–340*		*255–369*		*280–400*		*307–431*		*335–463*		*363–497*		*393–531*		**423–567**		*455–603*		*488– 640*		*521– 679*	
23	*31– 81*	*44–101*			*58–122*		*74–143*		*90–166*		*108–189*		*127–213*		*146–239*		*167–265*		*189–292*		*212–320*		*236–349*		*261–379*		*287–410*		*314–442*		*342–475*		*371–509*		*401–544*		*432–580*		**464–617**		*497– 655*		*531– 694*	
24	*32– 84*	*45–105*			*60–126*		*76–148*		*93–171*		*111–195*		*130–220*		*150–246*		*171–273*		*194–300*		*217–329*		*242–358*		*267–389*		*293–421*		*321–453*		*349–487*		*379–521*		*409–557*		*441–593*		*473–631*		**507– 669**		*541– 709*	
25	*33– 87*	*47–108*			*62–130*		*78–153*		*96–176*		*114–201*		*133–227*		*154–253*		*176–280*		*199–308*		*222–338*		*247–368*		*273–399*		*300–431*		*328–464*		*357–498*		*386–534*		*417–570*		*449–607*		*482–645*		*516– 684*		**551– 724**	
26	*34– 90*	*48–112*			*64–134*		*81–157*		*98–182*		*117–207*		*137–233*		*158–260*		*180–288*		*203–317*		*227–347*		*253–377*		*279–409*		*306–442*		*335–475*		*364–510*		*394–546*		*426–582*		*458–620*		*491–659*		*526– 698*		*561– 739*	
27	*35– 93*	*50–115*			*66–138*		*83–162*		*101–187*		*120–213*		*140–240*		*162–267*		*184–296*		*208–325*		*233–355*		*258–387*		*285–419*		*313–452*		*342–486*		*371–522*		*402–558*		*434–599*		*467–637*		*500–678*		*535– 717*		*571– 759*	
28	*36– 96*	*51–119*			*67–143*		*85–167*		*103–193*		*123–219*		*144–246*		*166–274*		*189–303*		*213–333*		*238–364*		*264–396*		*291–429*		*319–463*		*348–498*		*379–533*		*410–570*		*442–608*		*475–647*		*510–686*		*545– 727*		*581– 769*	
29	*37– 99*	*53–122*			*69–147*		*87–172*		*106–198*		*126–225*		*147–253*		*170–281*		*193–311*		*218–341*		*243–373*		*270–405*		*297–439*		*326–473*		*355–509*		*386–545*		*418–582*		*450–621*		*484–660*		*519–700*		*554– 742*		*591– 784*	
30	*38–102*	*54–126*			*71–151*		*89–177*		*109–203*		*129–231*		*151–259*		*174–288*		*197–319*		*222–350*		*248–382*		*275–415*		*303–449*		*332–484*		*362–520*		*393–557*		*425–595*		*459–633*		*493–673*		*528–714*		*564– 756*		*601– 799*	
31	*39–105*	*55–130*			*73–155*		*92–181*		*111–209*		*132–237*		*154–266*		*178–295*		*202–326*		*227–358*		*253–391*		*281–424*		*309–459*		*339–494*		*369–531*		*401–568*		*433–607*		*467–646*		*501–687*		*537–728*		*574– 770*		*611– 814*	
32	*40–108*	*57–133*			*75–159*		*94–186*		*114–214*		*135–243*		*158–272*		*181–303*		*206–334*		*232–366*		*259–399*		*286–434*		*315–469*		*345–505*		*376–542*		*408–580*		*441–619*		*475–659*		*510–700*		*546–742*		*583– 785*		*621– 829*	
33	*41–111*	*58–137*			*77–163*		*96–191*		*117–219*		*138–249*		*161–279*		*185–310*		*210–342*		*237–374*		*264–408*		*292–443*		*321–479*		*352–515*		*383–553*		*415–592*		*449–631*		*483–672*		*519–713*		*555–756*		*593– 799*		*631– 844*	
34	*42–114*	*60–140*			*78–168*		*98–196*		*119–225*		*141–255*		*165–285*		*189–317*		*215–349*		*241–383*		*269–417*		*298–452*		*327–489*		*358–526*		*390–564*		*423–603*		*457–643*		*492–684*		*527–727*		*564– 770*		*602– 814*		*641– 859*	
35	*43–117*	*61–144*			*80–172*		*100–201*		*122–230*		*144–261*		*168–292*		*193–324*		*219–357*		*246–391*		*274–426*		*303–462*		*333–499*		*365–536*		*397–575*		*430–615*		*464–656*		*500–697*		*536–740*		*574– 783*		*612– 828*		*651– 874*	
36	*44–120*	*62–148*			*82–176*		*102–206*		*124–236*		*148–266*		*172–298*		*197–331*		*223–365*		*251–399*		*279–435*		*309–471*		*340–508*		*371–547*		*404–586*		*438–626*		*472–668*		*508–710*		*545–753*		*583– 797*		*621– 843*		*661– 889*	
37	*45–123*	*64–151*			*84–180*		*105–210*		*127–241*		*151–272*		*175–305*		*201–338*		*228–372*		*256–407*		*285–443*		*315–480*		*346–518*		*378–557*		*411–597*		*445–638*		*480–680*		*516–723*		*554–766*		*592– 811*		*631– 857*		*671– 904*	
38	*46–126*	*65–155*			*85–185*		*107–215*		*130–246*		*154–278*		*179–311*		*205–345*		*232–380*		*260–416*		*290–452*		*320–490*		*352–528*		*384–568*		*418–608*		*452–650*		*488–692*		*525–735*		*562–780*		*601– 825*		*641– 871*		*681– 919*	
39	*47–129*	*67–158*			*87–189*		*109–220*		*132–252*		*157–284*		*182–318*		*209–352*		*236–388*		*265–424*		*295–461*		*326–499*		*358–538*		*391–578*		*425–619*		*460–661*		*496–704*		*533–748*		*571–793*		*610– 839*		*650– 886*		*691– 934*	
40	*48–132*	*68–162*			*89–193*		*111–225*		*135–257*		*160–290*		*186–324*		*213–359*		*241–395*		*270–432*		*300–470*		*331–509*		*364–548*		*397–589*		*432–630*		*467–673*		*504–716*		*541–761*		*580–806*		*619– 853*		*660– 900*		*702– 948*	
41	*49–135*	*69–166*			*91–197*		*114–229*		*138–262*		*163–296*		*189–331*		*217–366*		*245–403*		*275–440*		*305–479*		*337–518*		*370–558*		*404–599*		*439–641*		*474–685*		*511–729*		*549–774*		*588–820*		*628–867*		*669– 915*		*712– 963*	
42	*50–138*	*71–169*			*93–201*		*118–233*		*143–273*		*169–303*		*196–344*		*224–388*		*254–418*		*284–457*		*316–496*		*348–537*		*381–578*		*417–620*		*452–664*		*489–708*		*527–753*		*566–799*		*606–846*		*647– 894*		*689– 943*		*732– 993*	
43	*51–141*	*72–173*			*95–205*		*120–239*		*145–279*		*172–309*		*199–351*		*228–396*		*258–426*		*289–465*		*321–505*		*354–546*		*388–588*		*423–631*		*459–675*		*497–719*		*535–765*		*574–812*		*615–859*		*656– 908*		*698– 958*		*742– 1008*	
44	*52–144*	*74–176*			*96–210*		*120–244*		*146–278*		*172–314*		*200–350*		*228–388*																													
45	*53–147*	*75–180*			*98–214*		*123–248*		*148–284*		*175–320*		*203–357*		*232–395*		*262–434*		*294–473*		*326–514*		*360–555*		*394–598*		*430–641*		*466–686*		*504–731*		*543–777*		*583–824*		*623–873*		*665– 922*		*708– 972*		*752– 1023*	
46	*55–149*	*77–183*			*100–218*		*125–253*		*151–289*		*178–326*		*207–363*		*236–402*		*267–441*		*299–481*		*331–523*		*365–565*		*400–608*		*436–652*		*473–697*		*511–743*		*551–789*		*591–837*		*632–886*		*674– 936*		*718– 986*		*762– 1038*	
47	*56–152*	*78–187*			*102–222*		*127–258*		*154–294*		*181–332*		*210–370*		*240–409*		*271–449*		*303–490*		*337–531*		*371–574*		*406–618*		*443–662*		*480–708*		*519–754*		*558–802*		*599–850*		*641– 899*		*683– 950*		*727– 1001*		*772– 1053*	
48	*57–155*	*79–191*			*104–226*		*129–263*		*156–300*		*184–338*		*214–376*		*244–416*		*275–457*		*308–498*		*342–540*		*377–583*		*413–628*		*449–673*		*487–719*		*526–766*		*566–814*		*607–863*		*649– 913*		*693– 963*		*737– 1015*		*782– 1068*	
49	*58–158*	*81–194*			*106–230*		*132–267*		*159–305*		*187–344*		*217–383*		*248–423*		*280–464*		*313–506*		*347–549*		*382–593*		*418–638*		*456–683*		*494–730*		*534–777*		*574–826*		*616–875*		*658–926*		*702–977*		*746–1030*		*792–1083*	
50	*59–161*	*82–198*			*107–235*		*134–272*		*162–310*		*190–350*		*221–387*		*252–430*		*284–472*		*318–514*		*352–558*		*388–602*		*425–647*		*462–694*		*501–741*		*541–789*		*582–838*		*624–888*		*667–939*		*711–991*		*756–1044*		*802–1098*	

1) **Auf Grund der exakten Schranken für $W = 2\,U$** in WABEKE und VAN EEDEN, *Handleiding voor de toets van Wilcoxon*, Rapport S.176 (M 65), Mathematisch Centrum, Statistische Afdeling (Prof. Dr. D. VAN DANTZIG) (1955). Mit freundlicher Erlaubnis der Verfasser und des Verlages. *2)* Auf Grund der normalen Approximation mit empirischer Kontinuitätskorrektur. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Prob $[T_l < T < T_r] \geqq 1 - 2\alpha$. Erläuterungen siehe S. 128. Die kursiven Schranken sind exakt berechnet[1], die andern approximiert[2]
Die fettgedruckten Schranken gelten für $N_1 = N_2$

$2\alpha = 0{,}05$

N_1	4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
N_2	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r	T_l	T_r
4	**10**	**26**	*16*	*34*	*23*	*43*	*31*	*53*	*40*	*64*	*49*	*77*	*60*	*90*	*72–104*		*85–119*		*99–135*		*114–152*		*130–170*		*147–189*		*164–210*		*183–231*		*203–253*		*224–276*		*246–300*		*269–325*		*293–351*		*317–379*		*343–407*	
5	*11–29*		**17–38**		**24–48**		*33–58*		*42–70*		*52–83*		*63–97*		*75–112*		*89–127*		*103–144*		*118–162*		*134–181*		*151–201*		*170–221*		*189–243*		*209–266*		*230–290*		*253–314*		*276–340*		*300–367*		*325–395*		*352–423*	
6	*12–32*		*18–42*		**26–52**		**36–69**		*44–76*		*55–89*		*66–104*		*79–119*		*92–136*		*107–153*		*122–172*		*139–191*		*157–211*		*175–233*		*195–255*		*215–279*		*237–303*		*260–328*		*283–355*		*308–382*		*333–411*		*360–440*	
7	*13–35*		*20–45*		*27–57*		**38–74**		**49–87**		*60–102*		*72–118*		*86–135*		*100–152*		*115–171*		*131–191*		*149–211*		*167–233*		*187–255*		*207–279*		*228–304*		*251–329*		*274–356*		*298–384*		*324–412*		*350–442*		*378–472*	
8	*14–38*		*21–49*		*29–61*		*38–83*		**51–93**		**62–105**		*75–125*		*89–142*		*104–160*		*119–180*		*136–200*		*154–221*		*173–243*		*192–267*		*213–291*		*235–316*		*258–342*		*281–370*		*306–398*		*332–427*		*359–457*		*387–488*	
9	*14–42*		*22–53*		*31–65*		*40–79*		*51–93*		**65–115**		**78–132**		*92–150*		*107–169*		*124–188*		*141–209*		*159–231*		*178–254*		*198–278*		*219–303*		*242–328*		*265–355*		*289–383*		*314–412*		*340–442*		*368–472*		*396–504*	
10	*15–45*		*23–57*		**32–70**		**42–84**		*53–99*		*65–115*		**78–132**		**92–150**		*107–169*		*124–188*		*141–209*		*159–231*		*178–254*		*198–278*		*219–303*		*242–328*		*265–355*		*289–383*		*314–412*		*340–442*		*368–488*		*396–520*	
11	*16–48*		*24–61*		**34–74**		**44–89**		*54–105*		*68–121*		*84–139*		**96–157**		*111–177*		*128–197*		*145–219*		*164–241*		*183–265*		*204–289*		*226–314*		*248–341*		*272–368*		*296–397*		*322–426*		*349–456*		*376–488*		*405–520*	
12	*17–51*		*26–64*		*35–79*		*46–94*		*58–110*		*73–134*		*88–152*		*103–172*		*119–193*		**136–215**		*155–237*		*174–261*		*195–285*		*216–311*		*239–337*		*262–365*		*286–394*		*312–423*		*338–454*		*365–486*		*394–518*		*423–552*	
13	*18–54*		*27–68*		*37–83*		*48–99*		*60–116*		*76–140*		*91–159*		*106–180*		*123–201*		*141–223*		**160–246**		*179–271*		*200–296*		*222–322*		*245–349*		*269–377*		*293–407*		*319–437*		*346–468*		*374–500*		*403–533*		*433–567*	
14	*19–57*		*28–72*		*38–88*		*50–104*		*62–122*		*76–140*		*91–159*		*106–180*		*123–201*		*141–223*		**160–246**		*179–271*		*200–296*		*222–322*		*245–349*		*269–377*		*293–407*		*319–437*		*346–468*		*374–500*		*403–533*		*433–567*	
15	*20–60*		*29–76*		*40–92*		*52–109*		*65–127*		*79–146*		*94–166*		*110–187*		*127–209*		*145–232*		*164–256*		**184–281**		*206–306*		*228–333*		*251–361*		*275–390*		*301–419*		*327–450*		*354–482*		*382–515*		*412–548*		*442–583*	
16	*21–63*		*30–80*		*42–96*		*54–114*		*67–133*		*82–152*		*97–173*		*113–195*		*131–217*		*150–240*		*169–265*		*190–290*		**211–317**		*234–344*		*258–372*		*282–402*		*308–432*		*335–463*		*362–496*		*391–529*		*421–563*		*451–599*	
17	*21–67*		*32–83*		*43–101*		*56–119*		*70–138*		*84–159*		*100–180*		*117–202*		*135–225*		*154–249*		*174–274*		*195–300*		*217–327*		**240–355**		*264–384*		*289–414*		*315–445*		*342–477*		*370–510*		*399–544*		*429–579*		*461–614*	
18	*22–70*		*33–87*		*45–105*		*58–124*		*72–144*		*87–165*		*103–187*		*121–209*		*139–233*		*159–257*		*179–283*		*200–310*		*223–337*		*246–366*		**271–395**		*296–426*		*322–458*		*350–490*		*378–524*		*408–558*		*438–594*		*470–630*	
19	*23–73*		*34–91*		*46–110*		*60–129*		*74–150*		*90–171*		*107–193*		*124–217*		*143–241*		*163–266*		*184–292*		*205–320*		*228–348*		*252–377*		*277–407*		**303–438**		*330–470*		*358–503*		*387–537*		*416–573*		*447–609*		*479–646*	
20	*24–76*		*35–95*		*48–114*		*62–134*		*77–155*		*93–177*		*110–200*		*128–224*		*147–249*		*167–275*		*188–302*		*211–329*		*234–358*		*258–388*		*283–419*		*310–450*		**337–483**		*365–517*		*395–551*		*425–587*		*456–624*		*489–661*	
21	*25–79*		*37–98*		*50–118*		*64–139*		*79–161*		*95–184*		*113–207*		*131–232*		*151–257*		*172–283*		*193–311*		*216–339*		*240–368*		*264–399*		*290–430*		*317–462*		*344–496*		*373–530*		*403–565*		*434–601*		*465–639*		*498–677*	
22	*26–82*		*38–102*		*51–123*		*66–144*		*81–167*		*98–190*		*116–214*		*135–239*		*155–265*		*176–292*		*198–320*		*221–349*		*245–379*		*270–410*		*296–442*		*324–474*		*352–508*		*381–549*		**411–579**		*442–616*		*474–654*		*508–692*	
23	*27–85*		*39–106*		*53–127*		*68–149*		*84–172*		*101–196*		*119–221*		*139–246*		*159–273*		*180–301*		*203–329*		*226–359*		*251–389*		*276–421*		*303–453*		*330–487*		*359–521*		*389–556*		*419–593*		**451–630**		*483–669*		*517–708*	
24	*27–89*		*40–110*		*54–132*		*70–154*		*86–178*		*104–202*		*123–227*		*142–254*		*163–281*		*185–309*		*208–338*		*232–368*		*257–399*		*282–432*		*309–465*		*337–499*		*366–534*		*396–570*		*427–607*		*459–645*		**492–684**		*527–723*	
25	*28–92*		*42–113*		*56–136*		*72–159*		*89–183*		*107–208*		*126–234*		*146–261*		*167–289*		*189–318*		*213–347*		*237–378*		*262–410*		*289–442*		*316–476*		*344–511*		*374–546*		*404–583*		*436–620*		*468–659*		*502–698*		**536–739**	
26	*29–95*		*43–117*		*58–140*		*74–164*		*91–189*		*109–215*		*129–241*		*150–268*		*171–297*		*194–326*		*217–357*		*242–388*		*268–420*		*295–453*		*322–488*		*351–523*		*381–559*		*412–596*		*444–634*		*477–673*		*511–713*		*545–755*	
27	*30–98*		*44–121*		*59–145*		*76–169*		*93–195*		*112–221*		*132–248*		*153–276*		*175–305*		*198–335*		*222–366*		*247–398*		*273–431*		*301–464*		*329–499*		*358–535*		*388–572*		*420–609*		*452–648*		*485–688*		*520–728*		*555–770*	
28	*31–101*		*45–125*		*61–149*		*78–174*		*96–200*		*115–227*		*135–255*		*157–283*		*179–313*		*203–343*		*227–375*		*253–407*		*279–441*		*307–475*		*335–511*		*365–547*		*396–584*		*427–623*		*460–662*		*494–702*		*529–743*		*564–786*	
29	*32–104*		*47–128*		*63–153*		*80–179*		*98–206*		*118–233*		*139–261*		*160–291*		*183–321*		*207–352*		*232–384*		*258–417*		*285–451*		*313–486*		*342–522*		*372–559*		*403–597*		*435–636*		*468–676*		*503–716*		*538–758*		*574–801*	
30	*33–107*		*48–132*		*64–158*		*82–184*		*101–211*		*121–239*		*142–268*		*164–298*		*187–329*		*211–361*		*237–393*		*263–427*		*291–461*		*319–497*		*348–534*		*379–571*		*411–609*		*443–649*		*477–689*		*511–731*		*547–773*		*584–816*	
31	*34–110*		*49–136*		*66–162*		*84–189*		*103–217*		*123–246*		*145–275*		*167–306*		*191–337*		*216–369*		*242–402*		*268–437*		*296–472*		*325–508*		*355–545*		*386–583*		*418–622*		*451–662*		*485–703*		*520–745*		*556–788*		*593–832*	
32	*34–114*		*50–140*		*67–167*		*86–194*		*106–222*		*126–252*		*148–282*		*171–313*		*195–345*		*220–378*		*246–412*		*274–446*		*302–482*		*331–519*		*362–556*		*393–595*		*425–635*		*459–675*		*493–717*		*529–759*		*565–803*		*603–847*	
33	*35–117*		*52–143*		*69–171*		*88–199*		*108–228*		*129–258*		*151–289*		*175–320*		*199–353*		*225–386*		*251–421*		*279–456*		*308–492*		*337–530*		*368–568*		*400–607*		*433–647*		*467–688*		*501–731*		*537–774*		*574–818*		*612–863*	
34	*36–120*		*53–147*		*71–175*		*90–204*		*110–234*		*132–264*		*155–295*		*178–328*		*203–361*		*229–395*		*256–430*		*284–466*		*313–503*		*343–541*		*375–579*		*407–619*		*440–660*		*474–702*		*510–744*		*546–788*		*583–833*		*622–878*	
35	*37–123*		*54–151*		*72–180*		*92–209*		*113–239*		*135–270*		*158–302*		*182–335*		*207–369*		*234–403*		*261–439*		*289–476*		*319–513*		*350–551*		*381–591*		*414–631*		*447–673*		*482–715*		*518–758*		*555–802*		*592–848*		*631–894*	
36	*38–126*		*55–155*		*74–184*		*94–214*		*115–245*		*137–277*		*161–309*		*185–343*		*211–377*		*238–412*		*266–448*		*295–485*		*325–523*		*356–562*		*388–602*		*421–643*		*455–685*		*490–728*		*526–772*		*563–817*		*602–862*		*641–909*	
37	*39–129*		*57–158*		*76–188*		*96–219*		*117–251*		*140–283*		*164–316*		*189–350*		*215–385*		*242–421*		*271–457*		*300–495*		*330–534*		*362–573*		*394–614*		*428–655*		*462–698*		*498–741*		*534–786*		*572–831*		*611–877*		*650–925*	
38	*40–132*		*58–162*		*77–193*		*98–224*		*120–256*		*143–289*		*167–323*		*193–357*		*219–393*		*247–429*		*275–467*		*305–505*		*336–544*		*368–584*		*401–625*		*435–667*		*470–710*		*506–754*		*543–799*		*581–845*		*620–892*		*660–940*	
39	*41–135*		*59–166*		*79–197*		*100–229*		*122–262*		*146–295*		*170–330*		*196–365*		*223–401*		*251–438*		*280–476*		*311–514*		*342–554*		*374–595*		*407–637*		*442–679*		*477–723*		*514–767*		*551–813*		*589–860*		*629–907*		*670–955*	
40	*41–139*		*60–170*		*80–202*		*102–234*		*125–267*		*149–301*		*174–336*		*200–372*		*227–409*		*256–446*		*285–485*		*316–524*		*347–565*		*380–606*		*414–648*		*449–691*		*485–735*		*521–781*		*559–827*		*598–874*		*638–922*		*679–971*	
41	*42–142*		*61–174*		*82–206*		*104–239*		*127–273*		*151–308*		*177–343*		*204–379*		*231–425*		*265–463*		*295–503*		*326–544*		*359–585*		*392–628*		*427–671*		*463–715*		*499–761*		*537–807*		*576–854*		*616–902*		*656–952*		*698–1002*	
42	*43–145*		*63–177*		*84–210*		*106–244*		*129–279*		*154–314*		*180–350*		*207–387*		*235–425*		*265–463*		*295–503*		*326–544*		*359–585*		*392–628*		*427–671*		*463–715*		*499–761*		*537–807*		*576–854*		*616–902*		*656–952*		*698–1002*	
43	*44–148*		*64–181*		*85–215*		*108–249*		*132–284*		*157–320*		*183–357*		*211–394*		*239–433*		*269–472*		*300–512*		*332–553*		*365–595*		*399–638*		*434–682*		*470–727*		*507–773*		*545–820*		*584–868*		*624–917*		*666–966*		*708–1017*	
44	*45–151*		*65–185*		*87–219*		*110–254*		*134–290*		*160–326*		*186–364*		*214–402*		*243–441*		*273–481*		*305–521*		*337–563*		*370–606*		*405–649*		*440–694*		*477–739*		*514–786*		*553–833*		*592–882*		*633–931*		*675–981*		*717–1033*	
45	*46–154*		*66–189*		*88–224*		*112–259*		*137–295*		*163–332*		*190–370*		*218–409*		*247–449*		*278–489*		*309–531*		*342–573*		*376–616*		*411–660*		*447–705*		*484–751*		*522–798*		*561–846*		*601–895*		*642–945*		*684–996*		*727–1048*	
46	*47–157*		*68–192*		*90–228*		*114–264*		*139–301*		*165–339*		*193–377*		*222–416*		*251–457*		*282–498*		*314–540*		*347–583*		*382–626*		*417–671*		*453–717*		*491–763*		*529–811*		*568–860*		*609–909*		*651–959*		*693–1011*		*737–1063*	
47	*48–160*		*69–196*		*92–232*		*116–269*		*141–307*		*168–345*		*196–384*		*225–424*		*255–465*		*287–506*		*319–549*		*353–592*		*387–637*		*423–682*		*460–728*		*498–775*		*536–824*		*576–873*		*617–923*		*659–974*		*702–1026*		*746–1079*	
48	*48–164*		*70–200*		*93–237*		*118–274*		*144–312*		*171–351*		*199–391*		*229–431*		*259–473*		*291–515*		*324–558*		*358–600*		*393–647*		*429–693*		*466–740*		*505–787*		*544–836*		*584–886*		*626–936*		*668–988*		*711–1041*		*756–1094*	
49	*49–167*		*71–204*		*95–241*		*120–279*		*146–318*		*174–357*		*202–398*		*232–439*		*263–481*		*296–523*		*329–567*		*363–612*		*399–657*		*435–704*		*473–751*		*512–799*		*551–849*		*592–899*		*634–950*		*677–1002*		*721–1055*		*766–1109*	
50	*50–170*		*73–207*		*97–245*		*122–284*		*149–323*		*177–363*		*206–404*		*236–446*		*267–489*		*300–532*		*334–576*		*369–621*		*405–667*		*441–715*		*480–762*		*519–811*		*559–861*		*600–912*		*642–964*		*685–1017*		*730–1070*		*775–1125*	

1) Auf Grund der exakten Schranken für $W = 2U$ in WABEKE und VAN EEDEN, *Handleiding voor de toets van Wilcoxon*, Rapport S.176 (M 65), Mathematisch Centrum, Statistische Afdeling (Prof. Dr. D. VAN DANTZIG) (1955). Mit freundlicher Erlaubnis der Verfasser und des Verlages. *2)* Auf Grund der normalen Approximation mit empirischer Kontinuitätskorrektur. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Prob $[T_l < T < T_r] \geqq 1 - 2\alpha$. Erläuterungen siehe S. 128. Die kursiven Schranken sind exakt berechnet[1], die andern approximiert[2]
Die fettgedruckten Schranken gelten für $N_1 = N_2$

$2\alpha = 0{,}02$

N_1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
N_2	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r
4	—	15– 35	22– 44	29– 55	38– 66	48– 78	58– 92	70–106	83–121	96–138	111–155	127–173	143–193	161–213	180–234	199–257	220–280	242–304	264–330	288– 356	313– 383	338– 412
5	10– 30	16– 39	23– 49	31– 60	40– 72	30– 85	61– 99	73–114	86–130	100–147	115–165	131–184	148–204	166–225	185–247	205–270	226–294	248–319	271–345	295– 372	320– 400	346– 429
6	11– 33	17– 43	24– 54	32– 66	42– 78	53–107	75–123	89–139	103–157	118–176	135–195	152–216	171–237	190–260	210–284	232–308	254–334	277–361	302– 388	327– 417	354– 446
7	11– 37	18– 47	25– 59	34– 71	43– 85	54– 99	66–114	78–131	92–148	107–166	122–186	139–206	157–227	176–249	195–273	216–297	238–322	261–348	284–376	309– 404	335– 433	361– 464
8	12– 40	19– 51	27– 63	35– 77	45– 91	56–106	68–122	81–139	95–157	111–175	127–195	144–216	162–238	181–261	201–285	222–310	244–336	267–363	291–391	316– 420	342– 450	370– 480
9	13– 43	20– 55	28– 68	37– 82	47– 97	59–112	71–129	84–147	99–165	114–185	131–205	148–227	167–249	186–273	207–297	228–323	250–350	274–377	298–406	324– 435	350– 466	378– 497
10	13– 47	21– 59	29– 73	39– 87	49–103	61–119	74–136	88–154	102–174	118–194	135–215	153–237	172–260	191–285	212–310	234–336	257–363	281–391	306–420	331– 451	358– 482	386– 514
11	14– 50	22– 63	30– 78	40– 93	51–109	63–126	77–143	91–162	106–182	122–203	139–225	157–248	177–271	197–296	218–322	240–349	263–377	288–405	313–435	339– 466	366– 498	394– 531
12	15– 53	23– 67	32– 82	42– 98	53–115	66–132	79–151	94–170	109–191	126–212	143–235	162–258	182–282	202–308	224–334	246–362	270–390	295–419	320–450	347– 481	374– 514	403– 547
13	15– 57	24– 71	33– 87	44–103	56–120	68–139	82–158	97–178	113–199	130–221	148–244	167–268	187–293	208–319	230–346	253–374	276–404	301–434	327–465	354– 497	382– 530	411– 564
14	16– 60	25– 75	34– 92	45–109	58–126	71–145	85–165	100–186	116–208	134–230	152–254	171–279	192–304	213–331	235–359	259–387	283–417	308–448	335–479	362– 512	391– 545	420– 580
15	17– 63	26– 79	36– 96	47–114	60–132	73–152	88–172	103–194	120–216	138–239	156–264	176–289	197–315	218–343	241–371	265–400	290–430	315–462	342–494	370– 527	399– 561	429– 596
16	17– 67	27– 83	37–101	49–119	62–138	76–158	91–179	107–201	124–224	142–248	161–273	181–299	202–326	224–354	247–383	271–413	296–444	323–475	350–508	378– 542	407– 577	437– 613
17	18– 70	28– 87	39–105	51–124	64–144	78–165	93–187	110–209	127–233	146–257	165–283	185–310	207–337	229–366	253–395	278–425	303–457	330–489	357–523	386– 557	416– 592	446– 629
18	19– 73	29– 91	40–110	52–130	66–150	81–171	96–194	113–217	131–241	150–266	169–293	190–320	212–348	235–377	259–407	284–438	310–470	337–503	365–537	394– 572	424– 608	455– 645
19	19– 77	30– 95	41–115	54–135	68–156	83–178	99–201	116–225	134–250	154–275	174–302	195–330	217–359	241–388	265–419	290–451	317–483	344–517	373–551	402– 587	432– 624	464– 661
20	20– 80	31– 99	43–119	56–140	70–162	85–185	102–208	119–233	138–258	157–285	178–312	200–340	222–370	246–400	271–431	297–463	323–497	351–531	380–566	410– 602	441– 639	473– 677
21	21– 83	32–103	44–124	58–145	72–168	88–191	105–215	123–240	142–266	161–294	182–322	204–351	228–380	252–411	277–443	303–476	330–510	359–544	388–580	418– 617	449– 655	482– 693
22	21– 87	33–107	45–129	59–151	74–174	90–198	108–222	126–248	145–275	165–303	187–331	209–361	233–391	257–423	283–455	310–488	337–523	366–558	395–595	426– 632	458– 670	490– 710
23	22– 90	34–111	47–133	61–156	76–180	93–204	110–230	129–256	149–283	169–312	191–341	214–371	238–402	263–434	289–467	316–501	344–536	373–572	403–609	434– 647	466– 686	499– 726
24	23– 93	35–115	48–138	63–161	78–186	95–211	113–237	132–264	152–292	173–321	196–350	219–381	243–413	269–445	295–479	322–514	351–549	380–586	411–623	442– 662	475– 701	508– 742
25	23– 97	36–119	50–142	64–167	81–191	98–217	116–244	135–272	156–300	177–330	200–360	224–391	248–424	274–457	301–491	329–526	358–562	388–599	418–638	450– 677	483– 717	517– 758
26	24–100	37–123	51–147	66–172	83–197	100–224	119–251	138–280	159–309	181–339	204–370	229–401	254–434	280–468	307–503	335–539	365–575	395–613	426–652	458– 692	492– 732	526– 774
27	25–103	38–127	52–152	68–177	85–203	103–230	121–259	142–287	163–317	185–348	209–379	233–412	259–445	285–480	313–515	342–551	371–589	402–627	434–666	466– 707	500– 748	535– 790
28	26–106	39–131	54–156	70–182	87–209	105–237	124–266	145–295	167–325	189–357	213–389	238–422	264–456	291–491	319–527	348–564	378–602	409–641	441–681	475– 721	509– 763	544– 806
29	26–110	40–135	55–161	71–188	89–215	108–243	127–273	148–303	170–334	193–366	218–398	243–432	269–467	297–502	325–539	355–576	385–615	417–654	449–695	483– 736	517– 779	553– 822
30	27–113	41–139	56–166	73–193	91–221	110–250	130–280	151–311	174–342	198–374	222–408	248–442	275–477	302–514	331–551	361–589	392–628	424–668	457–709	491– 751	526– 794	562– 838
31	28–116	42–143	58–170	75–198	93–227	112–257	133–287	155–318	178–350	202–383	227–417	253–452	280–488	308–525	337–563	368–601	399–641	431–682	465–723	499– 766	534– 810	571– 854
32	28–120	43–147	59–175	77–203	95–233	115–263	136–294	158–326	181–359	206–392	231–427	258–462	285–499	314–536	343–575	374–614	406–654	439–695	472–738	507– 781	543– 825	580– 870
33	29–123	44–151	61–179	78–209	97–239	117–270	139–301	161–334	185–367	210–401	235–437	262–473	290–510	319–548	349–587	381–626	415–667	446–709	480–752	515– 796	552– 840	589– 886
34	30–126	45–155	62–184	79–215	99–245	120–276	141–309	164–342	189–375	214–410	240–446	267–483	296–520	325–559	356–598	387–639	420–680	453–723	488–766	523– 811	560– 856	598– 902
35	30–130	46–159	63–189	81–220	101–251	122–283	144–316	168–349	192–384	218–419	244–456	272–493	301–531	331–570	362–610	394–651	427–693	461–736	496–780	532– 825	569– 871	607– 918
36	31–133	47–163	65–193	83–225	103–257	125–289	147–323	171–357	196–392	222–428	249–465	277–503	306–542	336–582	368–622	400–664	433–707	468–750	503–795	540– 840	577– 887	616– 934
37	32–136	48–167	66–198	84–231	105–263	127–296	150–330	174–365	199–401	226–437	253–475	282–513	311–553	342–593	374–634	407–676	440–720	475–764	511–809	548– 855	586– 917	625– 950
38	32–140	49–171	67–203	86–236	107–269	129–303	153–337	177–373	203–409	230–446	258–484	287–523	317–563	348–604	380–646	413–689	447–733	483–777	519–823	556– 870	595– 917	634– 966
39	33–143	50–175	69–207	88–241	109–275	132–309	156–344	181–380	207–417	234–455	262–494	292–533	322–574	353–616	386–658	420–701	454–746	490–791	527–837	564– 885	603– 933	643– 982
40	34–146	51–179	70–212	90–246	111–281	134–316	159–351	184–388	210–426	238–464	267–503	296–544	327–585	359–627	392–670	426–714	461–759	497–805	534–852	573– 899	612– 948	652– 998
41	34–150	52–183	72–216	91–252	113–287	137–322	161–359	187–396	214–434	242–473	271–513	301–554	333–595	365–638	398–682	433–726	468–772	505–818	542–866	581– 914	620– 964	661–1014
42	35–153	53–187	73–221	93–257	116–292	139–329	164–366	190–404	218–442	246–482	276–522	306–564	338–606	371–649	404–694	439–739	475–785	512–832	550–880	589– 929	629– 979	670–1030
43	35–157	54–191	74–226	94–262	118–296	142–335	167–373	194–411	221–451	250–491	280–532	311–574	343–617	376–661	410–706	446–751	482–798	519–846	558–894	597– 944	638– 994	679–1046
44	36–160	55–195	76–230	97–267	120–304	144–342	170–380	197–419	225–459	254–500	284–542	316–584	348–628	382–672	416–718	452–764	489–811	527–859	565–909	605– 959	646–1010	688–1062
45	37–163	56–199	77–235	98–273	122–310	147–348	173–387	200–427	229–467	258–509	289–551	321–594	354–638	388–683	423–729	459–776	496–824	534–873	573–923	614– 973	655–1025	697–1078
46	37–167	57–203	78–240	100–278	124–316	149–355	176–394	203–435	232–476	262–518	293–561	326–604	359–649	393–695	429–741	465–789	503–837	541–887	581–937	622– 988	663–1041	706–1094
47	38–170	58–207	80–244	101–283	126–322	152–361	179–401	207–442	236–484	266–527	298–570	330–615	364–660	399–706	435–753	472–801	510–850	549–900	589–951	630–1003	672–1056	715–1110
48	39–173	59–211	81–249	103–289	128–328	154–368	181–409	210–450	240–492	270–536	302–580	335–625	369–671	405–717	441–765	478–814	517–863	556–914	597–965	638–1018	681–1071	724–1126
49	39–177	60–215	82–254	105–294	130–334	157–374	184–416	213–458	243–501	274–545	307–589	340–635	375–681	410–729	447–777	485–826	524–876	563–928	604–980	646–1033	689–1087	733–1142
50	40–180	61–219	84–258	107–299	132–340	159–381	187–423	216–466	247–509	279–553	311–599	345–645	380–692	416–740	453–789	491–839	531–889	571–941	612–994	655–1047	698–1102	743–1157

1) Auf Grund der exakten Schranken für $W = 2U$ in WABEKE und VAN EEDEN, *Handleiding voor de toets van Wilcoxon*, Rapport S.176 (M 65), Mathematisch Centrum, Statistische Afdeling (Prof. Dr. D. VAN DANTZIG) (1955). Mit freundlicher Erlaubnis der Verfasser und des Verlages. *2)* Auf Grund der normalen Approximation mit empirischer Kontinuitätskorrektur. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Prob $[T_l < T < T_r] \geqq 1 - 2\alpha$. Erläuterungen siehe S. 128. Die kursiven Schranken sind exakt berechnet[1], die andern approximiert[2]
Die fettgedruckten Schranken gelten für $N_1 = N_2$

$2\alpha = 0{,}01$

N_2	N_1 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r	T_l T_r
4	—	—	*21– 45*	*28– 56*	*37– 67*	*46– 80*	*57– 93*	*68–108*	*81–123*	*94–140*	*109–157*	*125–175*	*141–195*	*159–215*	*177–237*	*197–259*	*218–282*	*239–307*	*262– 332*	*285– 359*	*310– 386*	*335– 415*
5	—	**15– 40**	**22– 50**	**29– 62**	**38– 74**	**48– 87**	*59–101*	*71–116*	*84–132*	*98–149*	*112–168*	*128–187*	*145–207*	*163–228*	*182–250*	*202–273*	*223–297*	*245–322*	*267– 349*	*291– 376*	*316– 404*	*342– 433*
6	*10– 34*	*16– 44*	**23– 55**	**31– 67**	*40– 80*	*50– 94*	*61–109*	*73–125*	*87–141*	*101–159*	*116–178*	*132–198*	*149–219*	*168–240*	*187–263*	*207–287*	*228–312*	*250–338*	*274– 364*	*298– 392*	*323– 421*	*349– 451*
7	*10– 38*	*16– 49*	**24– 60**	**32– 73**	*42– 86*	*52–101*	*64–116*	*76–133*	*90–150*	*104–169*	*120–188*	*136–209*	*154–230*	*172–253*	*192–276*	*212–301*	*234–326*	*256–353*	*280– 380*	*303– 408*	*328– 438*	*353– 468*
8	*11– 41*	*17– 53*	*25– 65*	*34– 78*	**43– 93**	*54–108*	*66–124*	*79–141*	*93–159*	*108–178*	*123–199*	*140–220*	*158–242*	*177–265*	*197–289*	*218–314*	*240–340*	*263–367*	*287– 395*	*311– 423*	*337– 453*	*364– 486*
9	*11– 45*	*18– 57*	*26– 70*	*35– 84*	*45– 99*	**56–115**	*68–132*	*82–149*	*96–168*	*111–188*	*127–209*	*144–231*	*163–253*	*182–277*	*202–302*	*223–328*	*246–354*	*269–382*	*293– 411*	*319– 440*	*345– 471*	*372– 503*
10	*12– 48*	*19– 61*	*27– 75*	*37– 89*	*47–105*	*58–122*	**71–139**	*84–158*	*99–177*	*115–197*	*131–219*	*149–241*	*167–265*	*187–289*	*208–314*	*229–341*	*252–368*	*275–397*	*300– 426*	*326– 456*	*352– 488*	*380– 520*
11	*12– 52*	*20– 65*	*28– 80*	*38– 95*	*49–111*	*61–128*	*73–147*	**87–166**	*102–186*	*118–207*	*135–229*	*153–252*	*172–276*	*192–301*	*213–327*	*235–354*	*258–382*	*282–411*	*307– 441*	*333– 472*	*360– 504*	*388– 537*
12	*13– 55*	*21– 69*	*30– 84*	*40–100*	*51–117*	*63–135*	*76–154*	**90–174**	**105–195**	*122–216*	*139–239*	*157–263*	*177–287*	*197–313*	*218–340*	*241–367*	*264–396*	*289–425*	*314– 456*	*340– 488*	*368– 520*	*396– 554*
13	*13– 59*	*22– 73*	*31– 89*	*41–106*	*53–123*	*65–142*	*79–161*	*93–182*	*109–203*	**125–226**	*143–249*	*162–273*	*181–299*	*202–325*	*224–352*	*247–380*	*271–409*	*295–440*	*321– 471*	*348– 503*	*376– 536*	*404– 571*
14	*14– 62*	*22– 78*	*32– 94*	*43–111*	*54–130*	*67–149*	*81–169*	*96–190*	*112–212*	*129–235*	**147–259**	*166–284*	*186–310*	*208–336*	*230–364*	*253–393*	*277–423*	*302–454*	*328– 486*	*355– 519*	*383– 553*	*413– 587*
15	*15– 65*	*23– 82*	*33– 99*	**44–117**	*56–136*	*69–156*	*84–176*	*99–198*	*115–221*	*133–244*	*151–269*	**171–294**	*191–321*	*213–348*	*235–377*	*259–406*	*283–437*	*309–468*	*335– 501*	*363– 534*	*391– 569*	*421– 604*
16	*15– 69*	*24– 86*	*34–104*	**46–122**	*58–142*	*72–162*	*86–184*	*102–206*	*119–229*	*136–254*	*155–279*	*175–305*	**196–332**	*218–360*	*241–389*	*265–419*	*290–450*	*315–483*	*342– 516*	*370– 550*	*399– 585*	*429– 621*
17	*16– 72*	*25– 90*	*36–108*	*47–128*	*60–148*	*74–169*	*89–191*	*105–214*	*122–238*	*140–263*	*160–288*	*180–315*	*201–343*	**223–372**	*246–402*	*271–432*	*296–464*	*322–497*	*350– 530*	*378– 565*	*407– 601*	*437– 638*
18	*16– 76*	*26– 94*	*37–113*	*49–133*	*62–154*	*76–176*	*92–198*	*108–222*	*125–247*	*144–272*	*164–298*	*184–326*	*206–354*	*228–384*	**252–414**	*277–445*	*302–478*	*329–511*	*357– 545*	*385– 581*	*415– 617*	*446– 654*
19	*17– 79*	*27– 98*	*38–118*	*50–139*	*64–160*	*78–183*	*94–206*	*111–230*	*129–255*	*148–281*	*168–308*	*189–336*	*211–365*	*234–395*	*258–426*	**283–458**	*309–491*	*336–525*	*364– 560*	*393– 596*	*423– 633*	*454– 671*
20	*18– 82*	*28–102*	*39–123*	*52–144*	*66–166*	*81–189*	*97–213*	*114–238*	*132–264*	*152–290*	*172–318*	*193–347*	*216–376*	*239–407*	*263–439*	*289–471*	**315–505**	*343–539*	*371– 575*	*401– 611*	*431– 649*	*463– 687*
21	*18– 86*	*29–106*	*40–128*	*53–150*	*68–172*	*83–196*	*99–221*	*117–246*	*136–272*	*155–300*	*176–328*	*198–356*	*220–388*	*244–419*	*269–451*	*295–484*	**322–518**	**350–553**	*378– 590*	*408– 627*	*439– 665*	*471– 704*
22	*19– 89*	*29–111*	*42–132*	*55–155*	*70–178*	*85–203*	*102–228*	*120–254*	*139–281*	*159–309*	*180–338*	*202–368*	*225–399*	*250–430*	*275–463*	*301–497*	*328–532*	*356–568*	**386– 604**	*416– 642*	*447– 681*	*480– 720*
23	*19– 93*	*30–115*	*43–135*	*57–160*	*73–185*	*88–209*	*105–235*	*123–262*	*142–290*	*163–318*	*184–348*	*207–378*	*230–410*	*255–442*	*280–476*	*307–510*	*335–545*	*363–582*	*393– 619*	**424– 657**	*455– 697*	*488– 737*
24	*20– 96*	*31–119*	*44–142*	*58–166*	*73–191*	*90–216*	*107–243*	*126–270*	*146–298*	*167–327*	*188–358*	*211–389*	*235–421*	*260–454*	*286–488*	*313–523*	*341–559*	*370–596*	*400– 634*	*431– 673*	**464– 712**	*497– 753*
25	*20–100*	*32–123*	*45–147*	*60–171*	*75–197*	*92–223*	*110–250*	*129–278*	*149–307*	*170–337*	*193–367*	*216–399*	*240–432*	*265–466*	*292–500*	*319–536*	*348–572*	*377–610*	*408– 648*	*439– 688*	*472– 728*	**505– 770**
26	*21–103*	*33–127*	*46–152*	*61–177*	*77–203*	*94–230*	*113–257*	*132–286*	*152–316*	*174–346*	*197–377*	*220–410*	*245–443*	*271–477*	*298–512*	*325–549*	*354–586*	*384–624*	*415– 663*	*447– 703*	*480– 744*	*514– 786*
27	*22–106*	*34–131*	*48–156*	*63–182*	*79–209*	*97–236*	*115–265*	*135–294*	*156–324*	*178–355*	*201–387*	*225–420*	*250–454*	*276–489*	*303–525*	*332–561*	*361–599*	*391–638*	*422– 678*	*454– 718*	*488– 760*	*522– 803*
28	*22–110*	*35–135*	*49–161*	*64–188*	*81–215*	*99–243*	*118–272*	*138–302*	*159–333*	*182–364*	*205–397*	*229–431*	*255–465*	*281–501*	*309–537*	*338–574*	*367–613*	*398–652*	*430– 692*	*462– 734*	*496– 776*	*531– 819*
29	*23–113*	*36–139*	*50–166*	*66–193*	*83–221*	*101–250*	*120–280*	*141–310*	*163–341*	*185–374*	*209–407*	*234–441*	*260–476*	*287–512*	*315–549*	*344–587*	*374–626*	*405–666*	*437– 707*	*470– 749*	*504– 792*	*540– 835*
30	*23–117*	*37–143*	*51–171*	*68–198*	*85–227*	*103–257*	*123–287*	*144–318*	*166–350*	*189–383*	*213–417*	*239–451*	*265–487*	*292–524*	*321–561*	*350–600*	*380–640*	*412–680*	*444– 722*	*478– 764*	*513– 807*	*548– 852*
31	*24–120*	*37–148*	*53–175*	*69–204*	*87–233*	*106–263*	*126–294*	*147–326*	*169–359*	*193–392*	*217–427*	*243–462*	*270–498*	*298–535*	*326–574*	*356–613*	*387–653*	*419–694*	*452– 736*	*486– 779*	*521– 823*	*557– 868*
32	*24–124*	*38–152*	*54–180*	*71–209*	*89–239*	*108–270*	*128–302*	*150–334*	*173–367*	*197–401*	*222–436*	*248–472*	*275–509*	*303–547*	*332–586*	*362–626*	*394–666*	*426–708*	*459– 751*	*494– 794*	*529– 839*	*565– 885*
33	*24–127*	*39–156*	*55–185*	*72–215*	*90–246*	*110–277*	*131–309*	*153–342*	*176–376*	*200–411*	*226–446*	*252–483*	*280–520*	*308–559*	*338–598*	*368–639*	*400–680*	*433–722*	*467– 765*	*501– 810*	*537– 855*	*574– 901*
34	*25–131*	*40–160*	*56–190*	*73–221*	*92–252*	*112–284*	*134–316*	*156–350*	*180–384*	*204–420*	*230–456*	*257–493*	*285–531*	*314–570*	*344–610*	*375–651*	*407–693*	*440–736*	*474– 780*	*509– 825*	*545– 871*	*583– 917*
35	*26–134*	*41–164*	57–195	75–226	94–258	114–291	136–324	159–358	183–393	208–429	234–466	261–504	290–542	319–582	349–623	381–664	413–707	447–750	481– 795	517– 840	554– 886	591– 934
36	*27–137*	*42–168*	58–200	76–232	96–264	117–297	139–331	162–366	186–402	212–438	238–476	266–514	295–553	324–594	355–635	387–677	420–720	454–764	489– 805	525– 850	562– 898	600– 950
37	*28–140*	*43–172*	60–204	78–237	98–270	119–304	141–339	165–374	190–410	216–447	242–486	270–525	300–564	330–605	361–647	393–690	426–734	461–778	496– 824	533– 870	570– 918	608– 967
38	*28–144*	*44–176*	*61–209*	79–243	100–276	121–311	144–346	168–382	193–419	219–457	247–495	275–535	305–575	335–617	367–659	399–703	433–747	468–792	504– 838	540– 886	578– 934	617– 983
39	*29–147*	*45–180*	*62–214*	81–248	102–282	123–318	147–353	171–390	197–427	*223–466*	*251–505*	280–545	310–586	340–629	372–672	406–715	440–760	475–806	511– 853	548– 901	587– 949	626– 999
40	*29–151*	*46–184*	*63–219*	82–254	103–289	126–324	149–361	174–398	200–436	*227–475*	*255–515*	*284–556*	*314–598*	*346–640*	*378–684*	*412–728*	*446–774*	*482–820*	*518– 868*	*556– 916*	*595– 965*	*634–1016*
41	*30–154*	*46–189*	*65–223*	*84–259*	*105–295*	*128–331*	*152–368*	*177–406*	*203–445*	*231–484*	*259–525*	*289–566*	*319–609*	*351–652*	*384–696*	*418–741*	*453–787*	*489–834*	*526– 882*	*564– 931*	*603– 981*	*643–1032*
42	*31–157*	*47–193*	*66–228*	*85–265*	*107–301*	*130–338*	*155–375*	*180–414*	*207–453*	*234–494*	*263–535*	*293–577*	*324–620*	*357–663*	*390–708*	*424–754*	*459–801*	*496–848*	*533– 897*	*572– 946*	*611– 997*	*652–1048*
43	*31–161*	*48–197*	*67–233*	*87–270*	*109–307*	*133–344*	*157–383*	*183–422*	*210–462*	*238–503*	*268–544*	*298–587*	*329–631*	*362–675*	*396–720*	*430–767*	*466–814*	*503–862*	*541– 911*	*580– 961*	*620–1012*	*660–1065*
44	*32–164*	*49–201*	*68–238*	*88–276*	*111–313*	*135–351*	*160–390*	*186–430*	*214–470*	*242–512*	*272–554*	*303–597*	*334–642*	*367–687*	*401–733*	*437–779*	*473–827*	*510–876*	*548– 926*	*587– 977*	*628–1028*	*669–1081*
45	*32–168*	*50–205*	*69–243*	*90–281*	*113–319*	*137–358*	*162–398*	*189–438*	*217–479*	*246–521*	*276–564*	*307–608*	*339–653*	*373–698*	*407–745*	*443–792*	*479–841*	*517–890*	*556– 940*	*595– 992*	*636–1044*	*678–1097*
46	*33–171*	*51–209*	*71–247*	*91–287*	*115–325*	*139–365*	*165–405*	*192–446*	*220–488*	*250–530*	*280–574*	*312–618*	*344–664*	*378–710*	*413–757*	*449–805*	*486–854*	*524–904*	*563– 955*	*603–1007*	*644–1060*	*687–1113*
47	*34–174*	*52–213*	*72–252*	*93–292*	*117–331*	*142–371*	*168–412*	*195–454*	*224–496*	*253–540*	*284–584*	*316–629*	*349–675*	*384–721*	*419–769*	*455–818*	*493–867*	*531–918*	*570– 970*	*611–1022*	*653–1075*	*695–1130*
48	*34–178*	*53–217*	*73–257*	*95–297*	*118–338*	*144–378*	*170–420*	*198–462*	*227–505*	*257–549*	*289–593*	*321–639*	*354–686*	*389–733*	*425–781*	*461–831*	*499–881*	*538–932*	*578– 984*	*619–1037*	*661–1091*	*704–1146*
49	*35–181*	*54–221*	*74–262*	*96–303*	*120–344*	*146–385*	*173–427*	*201–470*	*231–513*	*261–558*	*293–603*	*325–650*	*359–697*	*394–745*	*430–794*	*468–843*	*506–894*	*545–946*	*585– 999*	*627–1052*	*669–1107*	*713–1162*
50	*36–184*	*55–225*	*76–266*	*98–308*	*122–350*	*148–392*	*176–434*	*204–478*	*234–522*	*265–567*	*297–613*	*330–660*	*364–708*	*400–756*	*436–806*	*474–856*	*512–908*	*552–960*	*593–1013*	*635–1067*	*677–1123*	*721–1179*

1) Nach den unteren exakten Schranken auf Grund eines uns zur Verfügung gestellten Manuskriptes von Prof. C. WHITE, Yale University, Department of Public Health, New Haven, Connecticut, teilweise veröffentlicht in *Biometrics*, **8**, 33 (1952). *2)* Auf Grund der normalen Approximation mit empirischer Kontinuitätskorrektur. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Verteilungsfreie Toleranzgrenzen*

(Die *kursiven* Werte sind approximiert)

Die Tafel gibt den zu wählenden minimalen Stichprobenumfang N, bei dem mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von β_t anzunehmen ist, daß 100 β_p% der Bevölkerung

($x = 0$) entweder über dem kleinsten oder unter dem größten Wert der Stichprobe liegen;

($x = 1$) zwischen dem kleinsten und dem größten Wert der Stichprobe liegen;

($x = 2$) zwischen dem zweitkleinsten und dem zweitgrößten Wert der Stichprobe liegen usw.

Beispiel: Wie groß muß eine Stichprobe gewählt werden, damit mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von $\beta_t = 0{,}99$ 100 $\beta_p = 95\%$ der Bevölkerung

a) entweder über dem kleinsten oder unter dem größten Wert der Stichprobe liegen? Bei $x = 0$ findet man $N = 90$;

b) zwischen dem fünftkleinsten und dem fünftgrößten Wert der Stichprobe liegen? Bei $x = 5$ findet man $N = 371$.

$\beta_t = 0{,}999$

x	β_p 0,999	0,990	0,950	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
0	6 905	688	135	66	31	20	14	10	8	6
1	9 230	919	181	88	42	27	19	14	11	9
2	13 058	1301	256	126	60	38	27	21	16	13
3	16 450	1640	324	159	77	49	35	27	21	17
4	19 620	1957	387	190	92	59	43	33	26	21
5	22 651	2260	447	220	107	69	50	38	30	25
6	25 583	2552	505	249	121	78	57	44	35	28
7		2838	562	277	135	87	63	49	39	32
8		*3116*	617	305	148	96	70	54	43	35
9		*3390*	672	332	162	105	76	59	47	39
10		*3661*	*725*	359	175	113	83	64	51	42

$\beta_t = 0{,}990$

0	4 603	459	90	44	21	13	10	7	6	4
1	6 636	661	130	64	31	20	14	10	8	6
2	10 042	1001	197	97	46	30	21	16	13	10
3	13 105	1307	259	128	62	40	29	22	18	14
4	15 996	1596	316	156	76	49	36	28	22	18
5	18 779	1874	371	184	90	58	42	33	26	21
6	21 486	2145	425	210	103	67	49	38	30	25
7		2409	478	237	116	75	55	43	34	28
8		*2668*	530	262	128	83	61	47	38	31
9		*2924*	581	288	141	92	67	52	42	35
10		*3178*	*630*	313	153	100	73	57	46	38

$\beta_t = 0{,}980$

0	3 911	390	77	38	18	11	8	6	5	4
1	5 832	581	115	56	27	17	12	9	7	6
2	9 081	906	179	88	43	27	19	15	12	9
3	12 024	1200	238	117	57	37	27	21	16	13
4	14 813	1478	293	145	71	46	34	26	21	17
5	17 506	1747	347	172	84	55	40	31	25	20
6	20 131	2010	399	198	97	63	46	36	29	24
7		2267	450	223	109	71	52	40	33	27
8			501	248	122	79	58	45	37	30
9			551	273	134	87	64	50	40	33
10				297	146	95	70	55	44	37

$\beta_t = 0{,}950$

0	2 995	299	59	29	14	9	6	5	4	3
1	4 742	473	93	45	22	14	10	7	6	5
2	7 751	773	153	75	36	23	17	13	10	8
3	10 511	1049	208	103	50	33	24	18	15	12
4	13 146	1313	261	129	63	41	30	24	19	16
5	15 703	1568	312	154	76	50	36	28	23	19
6	18 205	1818	362	179	88	58	42	33	27	22
7		2064	410	204	100	65	48	38	30	25
8		*2305*	459	228	112	73	54	42	34	28
9		*2545*	507	252	124	81	60	47	38	32
10		*2783*	*553*	275	135	89	65	51	42	35

$\beta_t = 0{,}900$

0	2 302	230	45	22	11	7	5	4	3	2
1	3 889	388	77	38	18	12	8	6	5	4
2	6 679	666	132	65	32	20	14	11	9	7
3	9 273	926	184	91	45	29	21	17	13	11
4	11 770	1176	234	116	57	38	28	21	17	14
5	14 204	1419	283	140	69	45	33	26	21	18
6	16 596	1658	330	164	81	53	39	31	25	21
7		1894	377	188	92	61	45	35	29	24
8		*2126*	424	211	104	68	50	40	32	27
9		*2347*	470	234	115	76	56	44	36	30
10		*2586*	*514*	256	127	83	61	48	40	33

Wilcoxon-Test[1] für Paar-Differenzen

n = Anzahl der Paare. Erläuterungen siehe Textteil

n	$2\alpha \leqq 0{,}10$	$2\alpha \leqq 0{,}05$	$2\alpha \leqq 0{,}02$	$2\alpha \leqq 0{,}01$
5	0– 15	–	–	–
6	2– 19	0– 21	–	–
7	3– 25	2– 26	0– 28	–
8	5– 31	3– 33	1– 35	0– 36
9	8– 37	5– 40	3– 42	1– 44
10	10– 45	8– 47	5– 50	3– 52
11	13– 53	10– 56	7– 59	5– 61
12	17– 61	13– 65	9– 69	7– 71
13	21– 70	17– 74	12– 79	9– 82
14	25– 80	21– 84	15– 90	12– 93
15	30– 90	25– 95	19–101	15–105
16	35–101	29–107	23–113	19–117
17	41–112	34–119	28–125	23–130
18	47–124	40–131	32–139	27–144
19	53–137	46–144	37–153	32–158
20	60–150	52–158	43–167	37–173
21	67–164	58–173	49–182	42–189
22	75–178	66–187	55–198	48–205
23	83–193	73–203	62–214	54–222
24	91–209	81–219	69–231	61–239
25	100–225	89–236	76–249	68–257

Poisson-Verteilung

Signifikanzschranken* für x bei gegebenem λ

λ	$2\alpha \leqq 0{,}05$	$2\alpha \leqq 0{,}01$	λ	$2\alpha \leqq 0{,}05$	$2\alpha \leqq 0{,}01$
0	–	–	**50**	36– 65	32– 70
1	•– 4	•– 5	51	36– 66	33– 71
2	•– 6	•– 7	52	37– 68	33– 72
3	•– 8	•– 9	53	38– 69	34– 74
4	0– 9	•–11	54	39– 70	35– 75
5	0–11	•–13	**55**	40– 71	36– 76
6	1–12	0–14	56	41– 72	37– 77
7	1–14	0–16	57	42– 73	38– 78
8	2–15	1–17	58	43– 74	38– 80
9	3–16	1–19	59	43– 76	39– 81
10	3–18	2–20	**60**	44– 77	40– 82
11	4–19	3–21	61	45– 78	41– 83
12	5–20	3–23	62	46– 79	42– 84
13	5–21	4–24	63	47– 80	43– 85
14	6–23	4–25	64	48– 81	43– 86
15	7–24	5–27	**65**	49– 82	44– 88
16	8–25	6–28	66	50– 83	45– 89
17	8–27	6–29	67	50– 84	46– 90
18	9–28	7–31	68	51– 86	47– 91
19	10–29	8–32	69	52– 87	48– 92
20	11–30	9–33	**70**	53– 88	48– 93
21	12–31	9–35	71	54– 89	49– 95
22	12–33	10–36	72	55– 90	50– 96
23	13–34	11–37	73	56– 91	51– 97
24	14–35	11–39	74	57– 92	52– 98
25	15–36	12–40	**75**	58– 93	53– 99
26	16–37	13–41	76	58– 95	54–101
27	16–39	14–42	77	59– 96	54–102
28	17–40	14–44	78	60– 97	55–103
29	18–41	15–45	79	61– 98	56–104
30	19–42	16–46	**80**	62– 99	57–105
31	20–43	17–47	81	63–100	58–106
32	20–45	17–48	82	64–101	59–107
33	21–46	18–50	83	65–102	60–109
34	22–47	19–51	84	66–103	60–110
35	23–48	20–52	**85**	66–105	61–111
36	24–49	21–53	86	67–106	62–112
37	25–50	21–55	87	68–107	63–113
38	25–52	22–56	88	69–108	64–114
39	26–53	23–57	89	70–109	65–115
40	27–54	24–58	**90**	71–110	66–117
41	28–55	24–59	91	72–111	66–118
42	29–56	25–61	92	73–112	67–119
43	30–57	26–62	93	74–113	68–120
44	30–58	27–63	94	74–114	69–121
45	31–60	28–64	**95**	75–116	70–122
46	32–61	29–65	96	76–117	71–123
47	33–62	29–67	97	77–118	72–125
48	34–63	30–68	98	78–119	72–126
49	35–64	31–69	99	79–120	73–127
50	36–65	32–70	**100**	80–121	74–128

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

1) Werte (nach außen gerundet) nach TUKEY, J. W., *Memorandum Report 17*, Statistical Research Group, Princeton University (1949). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors.

Iterationen: Vertrauensgrenzen für die Gesamtanzahl I [1]

Erläuterungen siehe rechts unten

Das Fehlen einer signifikanten Schranke auf einer Seite ist durch einen Punkt (•), auf beiden Seiten durch einen isolierten Strich gekennzeichnet

$N_1 = N_2 = \frac{1}{2}N \leqq 100$

$\frac{1}{2}N$	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
4	2– 8	–	–	–
5	3– 9	2– 10	2– 10	–
6	3– 11	3– 11	2– 12	2– 12
7	4– 12	3– 13	3– 13	3– 13
8	5– 13	4– 14	4– 14	3– 15
9	6– 14	5– 15	4– 16	4– 16
10	6– 16	6– 16	5– 17	5– 17
11	7– 17	7– 17	6– 18	5– 19
12	8– 18	7– 19	7– 19	6– 20
13	9– 19	8– 20	7– 21	7– 21
14	10– 20	9– 21	8– 22	7– 23
15	11– 21	10– 22	9– 23	8– 24
16	11– 23	11– 23	10– 24	9– 25
17	12– 24	11– 25	10– 26	10– 26
18	13– 25	12– 26	11– 27	11– 27
19	14– 26	13– 27	12– 28	11– 29
20	15– 27	14– 28	13– 29	12– 30
21	16– 28	15– 29	14– 30	13– 31
22	17– 29	16– 30	14– 32	14– 32
23	17– 31	16– 32	15– 33	14– 34
24	18– 32	17– 33	16– 34	15– 35
25	19– 33	18– 34	17– 35	16– 36
26	20– 34	19– 35	18– 36	17– 37
27	21– 35	20– 36	19– 37	18– 38
28	22– 36	21– 37	19– 39	18– 40
29	23– 37	22– 38	20– 40	19– 41
30	24– 38	22– 40	21– 41	20– 42
31	25– 39	23– 41	22– 42	21– 43
32	25– 41	24– 42	23– 43	22– 44
33	26– 42	25– 43	24– 44	23– 45
34	27– 43	26– 44	24– 46	23– 47
35	28– 44	27– 45	25– 47	24– 48
36	29– 45	28– 46	26– 48	25– 49
37	30– 46	29– 47	27– 49	26– 50
38	31– 47	30– 48	28– 50	27– 51
39	32– 48	30– 50	29– 51	28– 52
40	33– 49	31– 51	30– 52	29– 53
41	34– 50	32– 52	31– 53	29– 55
42	35– 51	33– 53	31– 54	30– 56
43	35– 53	34– 54	32– 56	31– 57
44	36– 54	35– 55	33– 57	32– 58
45	37– 55	36– 56	34– 58	33– 59
46	38– 56	37– 57	35– 59	34– 60
47	39– 57	38– 58	36– 60	35– 61
48	40– 58	38– 60	37– 61	36– 63
49	41– 59	39– 61	38– 62	36– 64
50	42– 60	40– 62	38– 64	37– 65
51	43– 61	41– 63	39– 65	38– 66
52	44– 62	42– 64	40– 66	39– 67
53	45– 63	43– 65	41– 67	40– 68
54	45– 65	44– 66	42– 68	41– 69
55	46– 66	45– 67	43– 69	42– 70
56	47– 67	46– 68	44– 70	42– 72
57	48– 68	47– 69	45– 71	43– 73
58	49– 69	47– 71	46– 72	44– 74
59	50– 70	48– 72	46– 74	45– 75
60	51– 71	49– 73	47– 75	46– 76
61	52– 72	50– 74	48– 76	47– 77
62	53– 73	51– 75	49– 77	48– 78
63	54– 74	52– 76	50– 78	49– 79
64	55– 75	53– 77	51– 79	49– 81
65	56– 76	54– 78	52– 80	50– 82
66	57– 77	55– 79	53– 81	51– 83
67	58– 78	56– 80	54– 82	52– 84
68	58– 80	57– 81	54– 84	53– 85
69	59– 81	58– 82	55– 85	54– 86
70	60– 82	58– 84	56– 86	55– 87
71	61– 83	59– 85	57– 87	56– 88
72	62– 84	60– 86	58– 88	57– 89
73	63– 85	61– 87	59– 89	57– 91
74	64– 86	62– 88	60– 90	58– 92
75	65– 87	63– 89	61– 91	59– 93
76	66– 88	64– 90	62– 92	60– 94
77	67– 89	65– 91	63– 93	61– 95
78	68– 90	66– 92	64– 94	62– 96
79	69– 91	67– 93	64– 96	63– 97
80	70– 92	68– 94	65– 97	64– 98
81	71– 93	69– 95	66– 98	65– 99
82	71– 95	69– 97	67– 99	66–100
83	72– 96	70– 98	68–100	66–102
84	73– 97	71– 99	69–101	67–103
85	74– 98	72–100	70–102	68–104
86	75– 99	73–101	71–103	69–105
87	76–100	74–102	72–104	70–106
88	77–101	75–103	73–105	71–107
89	78–102	76–104	74–106	72–108
90	79–103	77–105	74–108	73–109
91	80–104	78–106	75–109	74–110
92	81–105	79–107	76–110	75–111
93	82–106	80–108	77–111	75–113
94	83–107	81–109	78–112	76–114
95	84–108	82–110	79–113	77–115
96	85–109	82–112	80–114	78–116
97	86–110	83–113	81–115	79–117
98	87–111	84–114	82–116	80–118
99	87–113	85–115	83–117	81–119
100	88–114	86–116	84–118	82–120

$N_1 < N_2,\ N_2 \leqq 20$

$N_1 = 2$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
2	–	–	–	–
3	–	–	–	–
4	–	–	–	–
5	–	–	–	–
6	–	–	–	–
7	–	–	–	–
8	2– •	–	–	–
9	2– •	–	–	–
10	2– •	–	–	–
11	2– •	–	–	–
12	2– •	2– •	–	–
13	2– •	2– •	–	–
14	2– •	2– •	–	–
15	2– •	2– •	–	–
16	2– •	2– •	–	–
17	2– •	2– •	–	–
18	2– •	2– •	–	–
19	2– •	2– •	2– •	–
20	2– •	2– •	2– •	–

$N_1 = 3$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
3	–	–	–	–
4	•– 7	–	–	–
5	2– •	–	–	–
6	2– •	2– •	–	–
7	2– •	2– •	–	–
8	2– •	2– •	–	–
9	2– •	2– •	2– •	–
10	3– •	2– •	2– •	–
11	3– •	2– •	2– •	–
12	3– •	2– •	2– •	2– •
13	3– •	2– •	2– •	2– •
14	3– •	2– •	2– •	2– •
15	3– •	3– •	2– •	2– •
16	3– •	3– •	2– •	2– •
17	3– •	3– •	2– •	2– •
18	3– •	3– •	2– •	2– •
19	3– •	3– •	2– •	2– •
20	3– •	3– •	2– •	2– •

$N_1 = 4$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
4	2– 8	–	–	–
5	2– 9	2– 9	•– 9	–
6	3– 9	2– 9	2– •	–
7	3– 9	2– •	2– •	–
8	3– •	3– •	2– •	2– •
9	3– •	3– •	2– •	2– •
10	3– •	3– •	2– •	2– •
11	3– •	3– •	2– •	2– •
12	4– •	3– •	3– •	2– •
13	4– •	3– •	3– •	2– •
14	4– •	3– •	3– •	2– •
15	4– •	3– •	3– •	3– •
16	4– •	4– •	3– •	3– •
17	4– •	4– •	3– •	3– •
18	4– •	4– •	3– •	3– •
19	4– •	4– •	3– •	3– •
20	4– •	4– •	3– •	3– •

$N_1 = 5$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
5	3– 9	2–10	2–10	–
6	3–10	3–10	2–11	2– •
7	3–10	3–11	2–11	2–11
8	3–11	3–11	2– •	2– •
9	4–11	3– •	3– •	2– •
10	4–11	3– •	3– •	3– •
11	4– •	4– •	3– •	3– •
12	4– •	4– •	3– •	3– •
13	4– •	4– •	3– •	3– •
14	5– •	4– •	3– •	3– •
15	5– •	4– •	4– •	3– •
16	5– •	4– •	4– •	3– •
17	5– •	4– •	4– •	3– •
18	5– •	5– •	4– •	4– •
19	5– •	5– •	4– •	4– •
20	5– •	5– •	4– •	4– •

$N_1 = 6$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
6	3–11	3–11	2–12	2–12
7	4–11	3–12	3–12	2–13
8	4–12	3–12	3–13	3–13
9	4–12	4–13	3–13	3– •
10	5–12	4–13	3– •	3– •
11	5–13	4–13	4– •	3– •
12	5–13	4–13	4– •	3– •
13	5–13	5– •	4– •	3– •
14	5–13	5– •	4– •	4– •
15	6– •	5– •	4– •	4– •
16	6– •	5– •	4– •	4– •
17	6– •	5– •	5– •	4– •
18	6– •	5– •	5– •	4– •
19	6– •	6– •	5– •	4– •
20	6– •	6– •	5– •	4– •

$N_1 = 7$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
7	4–12	3–13	3–13	3–13
8	4–13	4–13	3–14	3–14
9	5–13	4–14	4–14	3–15
10	5–13	5–14	4–15	3–15
11	5–14	5–14	4–15	4–15
12	6–14	5–14	4–15	4– •
13	6–14	5–15	5– •	4– •
14	6–14	5–15	5– •	4– •
15	6–15	6–15	5– •	4– •
16	6–15	6– •	5– •	5– •
17	7–15	6– •	5– •	5– •
18	7–15	6– •	5– •	5– •
19	7–15	6– •	6– •	5– •
20	7–15	6– •	6– •	5– •

$N_1 = 8$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
8	5–13	4–14	4–14	3–15
9	5–14	5–14	4–15	3–15
10	6–14	5–15	4–15	4–16
11	6–15	5–15	5–16	4–16
12	6–15	6–16	5–16	4–17
13	6–15	6–16	5–17	5–17
14	7–16	6–16	5–17	5–17
15	7–16	6–16	5–17	5– •
16	7–16	6–17	6–17	5– •
17	7–16	7–17	6– •	5– •
18	8–16	7–17	6– •	6– •
19	8–16	7–17	6– •	6– •
20	8–17	7–17	6– •	6– •

$N_1 = 9$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
9	6–14	5–15	4–16	4–16
10	6–15	5–16	5–16	4–17
11	6–15	6–16	5–17	5–17
12	7–16	6–16	5–17	5–18
13	7–16	6–17	6–18	5–18
14	7–17	7–17	6–18	5–18
15	8–17	7–18	6–18	6–19
16	8–17	7–18	6–18	6–19
17	8–17	7–18	7–19	6–19
18	8–18	8–18	7–19	6– •
19	8–18	8–18	7–19	6– •
20	9–18	8–18	7–19	7– •

$N_1 = 10$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
10	6–16	6–16	5–17	5–17
11	7–16	6–17	5–18	5–18
12	7–17	7–17	6–18	5–19
13	8–17	7–18	6–19	5–19
14	8–17	7–18	6–19	6–19
15	8–18	7–18	7–19	6–20
16	8–18	8–19	7–20	6–20
17	9–18	8–19	7–20	7–20
18	9–19	8–19	7–20	7–21
19	9–19	8–20	8–20	7–21
20	9–19	9–20	8–20	7–21

$N_1 = 11$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
11	7–17	7–17	6–18	5–19
12	8–17	7–18	6–19	6–19
13	8–18	7–19	6–19	6–20
14	8–18	8–19	7–20	6–20
15	9–19	8–19	7–20	7–21
16	9–19	8–20	7–21	7–21
17	9–19	9–20	8–21	7–22
18	10–20	9–20	8–21	7–22
19	10–20	9–21	8–22	8–22
20	10–20	9–21	8–22	8–22

$N_1 = 12$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
12	8–18	7–19	7–19	6–20
13	9–18	8–19	7–20	6–21
14	9–19	8–20	7–21	7–21
15	9–19	8–20	8–21	7–22
16	10–20	9–21	8–22	7–22
17	10–20	9–21	8–22	8–22
18	10–21	9–21	8–22	8–23
19	10–21	10–22	9–23	8–23
20	11–21	10–22	9–23	8–23

$N_1 = 13$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
13	9–19	8–20	7–21	7–21
14	9–20	9–20	8–21	7–22
15	10–20	9–21	8–22	7–22
16	10–21	9–21	8–22	8–23
17	10–21	10–22	9–23	8–23
18	11–21	10–22	9–23	8–24
19	11–22	10–23	9–24	9–24
20	11–22	10–23	10–24	9–24

$N_1 = 14$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
14	10–20	9–21	8–22	7–23
15	10–21	9–22	8–23	8–23
16	11–21	10–22	9–23	8–24
17	11–22	10–23	9–24	8–24
18	11–22	10–23	9–24	9–25
19	12–23	11–23	10–24	9–25
20	12–23	11–24	10–25	9–25

$N_1 = 15$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
15	11–21	10–22	9–23	8–24
16	11–22	10–23	9–24	9–24
17	11–22	11–23	10–24	9–25
18	12–23	11–24	10–25	9–25
19	12–23	11–24	10–25	10–26
20	12–24	12–25	11–26	10–26

$N_1 = 16$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
16	11–23	11–23	10–24	9–25
17	12–23	11–24	10–25	9–26
18	12–24	11–25	10–26	10–26
19	13–24	12–25	11–26	10–27
20	13–25	12–25	11–26	10–27

$N_1 = 17$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
17	12–24	11–25	10–26	10–26
18	13–24	12–25	11–26	10–27
19	13–25	12–26	11–27	10–27
20	13–25	13–26	11–27	11–28

$N_1 = 18$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
18	13–25	12–26	11–27	11–27
19	14–25	13–26	12–27	11–28
20	14–26	13–27	12–28	11–29

$N_1 = 19$

N_2	$2\alpha = 0{,}10$	$2\alpha = 0{,}05$	$2\alpha = 0{,}02$	$2\alpha = 0{,}01$
19	14–26	13–27	12–28	11–29
20	14–27	13–27	12–29	12–29

Erläuterungen

(Zeit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Folge (I)	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$
Folge (II)	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$
Folge (III)	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$

Jede der Folgen (I), (II), (III) hat einen Umfang von $N = 10$ und eine Anzahl B von $N_1 = 4$ und eine Anzahl A von $N_2 = 6$. (Man nenne, sofern $N = N_1 + N_2 < 40$, die kleinere Anzahl N_1). In diesen Folgen bilden die unterstrichenen Buchstaben je eine Iteration (englisch *run*). Das Total der Iterationen I ist bei Folge (I) = 7, bei Folge (II) = 9, bei Folge (III) = 2.

Die Tafel gibt die Vertrauensgrenzen ($\geqq 1-2\alpha$) für den Erwartungswert $\mathbf{I}_{(total)}$ des Totals der Iterationen:

a) Wird die linke Schranke *erreicht* oder *unterschritten*, so ist: $I < \mathbf{I}$ mit Wahrscheinlichkeit α oder $I \neq \mathbf{I}$ mit Wahrscheinlichkeit 2α.
Für den Wald-Wolfowitz-Test ist die Signifikanz immer 2α.

b) Wird die rechte Schranke *erreicht* oder *überschritten*, so ist: $I > \mathbf{I}$ mit Wahrscheinlichkeit α oder $I \neq \mathbf{I}$ mit Wahrscheinlichkeit 2α.

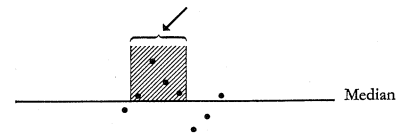
c) Liegt I zwischen den Schranken und *erreicht sie nicht*, so kann die Nullhypothese nicht verworfen werden.

1) Werte nach Swed und Eisenhart, *Ann. math. Statist.*, **14**, 66 (1943). Nachdruck mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages.

l	$\alpha \leqq 0{,}01$	$\alpha \leqq 0{,}10$	$\alpha \leqq 0{,}50$	$\alpha \leqq 0{,}90$	$\alpha \leqq 0{,}99$
1	2	2	2	2	2
2	4	4	6	8	12
3	6	6	12	22	38
4	8	10	22	54	100
5	10	16	46	116	230
6	14	26	92	260	490
7	18	44	182	530	1 044
8	26	78	360	1 104	2 140
9	38	142	714	2 240	4 370
10	56	256	1 424	4 530	8 980
11	86	480	2 850	9 190	18 240
12	140	930	5 680	18 540	37 200
13	234	1 838	11 330	37 600	75 500
14	410	3 630	22 700	75 700	151 700
15	748	7 160	45 300	151 700	303 000
16	1 446	14 190	90 600	303 000	607 000
17	2 830	28 100	181 200	607 000	1 214 000
18	5 530	56 100	362 000	1 214 000	2 430 000
19	10 860	117 300	725 000	2 430 000	4 850 000
20	21 500	235 000	1 450 000	4 850 000	9 710 000

Diese Tafel[1] gibt die Wahrscheinlichkeit α für den Fall, daß bei dem in der Tafel gegebenen Stichprobenumfang die längste Iteration oberhalb oder unterhalb des Medians die Länge l erreicht oder überschreitet. Der Entscheid, welche Seite des Medians geprüft werden soll, ist vor dem Test zu fassen!

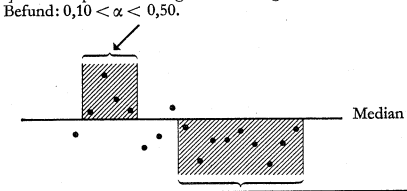
Beispiel: Stichprobenumfang = 28. Längste Iteration oben = 4. Befund: $0{,}50 < \alpha < 0{,}90$.



l	$\alpha \leqq 0{,}01$	$\alpha \leqq 0{,}10$	$\alpha \leqq 0{,}50$	$\alpha \leqq 0{,}90$	$\alpha \leqq 0{,}99$
1	2	2	2	2	2
2	4	4	6	10	14
3	6	8	14	26	44
4	8	14	30	68	116
5	12	26	68	152	252
6	20	50	140	322	552
7	34	98	290	676	1 164
8	62	194	596	1 390	2 390
9	116	390	1 208	2 830	4 930
10	216	782	2 440	5 650	10 140
11	446	1 182	4 910	11 750	20 700
12	884	2 360	9 840	23 800	42 500
13	1 762	4 720	19 890	48 600	86 700
14	3 510	9 450	39 900	98 600	174 200
15	6 990	18 900	80 500	197 300	348 000
16	13 930	37 800	161 300	395 000	697 000
17	27 900	75 600	323 000	789 000	1 394 000
18	55 500	151 200	645 000	1 578 000	2 790 000
19	111 000	302 000	1 290 000	3 160 000	5 570 000
20	222 000	605 000	2 580 000	6 310 000	11 150 000

Diese Tafel[1] gibt die Wahrscheinlichkeit α für den Fall, daß bei dem in der Tafel gegebenen Stichprobenumfang die *kürzere* der längsten Iteration oberhalb des Medians und der längsten Iteration unterhalb des Medians die Länge l erreicht oder überschreitet.

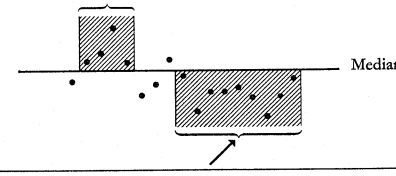
Beispiel: Stichprobenumfang = 28. Längste Iteration oben = 4, unten = 9. Befund: $0{,}10 < \alpha < 0{,}50$.



l	$\alpha \leqq 0{,}01$	$\alpha \leqq 0{,}10$	$\alpha \leqq 0{,}50$	$\alpha \leqq 0{,}90$	$\alpha \leqq 0{,}99$
1	2	2	2	2	2
2	4	4	4	8	10
3	6	6	8	16	28
4	8	8	16	36	64
5	10	14	30	76	136
6	12	20	58	152	282
7	16	32	106	296	568
8	22	52	200	580	1 150
9	32	86	388	1 174	2 310
10	42	150	758	2 350	4 640
11	62	262	1 488	4 720	9 330
12	94	500	2 920	9 460	18 730
13	156	962	5 860	10 660	37 700
14	256	1 876	11 250	21 300	75 700
15	418	3 670	22 600	42 600	151 600
16	766	7 330	45 200	85 300	303 000
17	1 472	14 090	90 100	170 500	606 000
18	2 860	27 900	180 300	341 000	1 213 000
19	5 570	55 500	361 000	682 000	2 430 000
20	10 860	111 100	721 000	1 364 000	4 850 000

Diese Tafel[1] gibt die Wahrscheinlichkeit α für den Fall, daß bei dem in der Tafel gegebenen Stichprobenumfang die *längere* der längsten Iteration oberhalb des Medians und der längsten Iteration unterhalb des Medians die Länge l erreicht oder überschreitet.

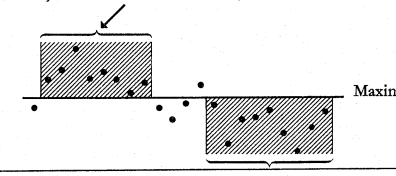
Beispiel: Stichprobenumfang = 28. Längste Iteration oben = 4, unten = 9. Befund: $\alpha < 0{,}01$.



l	$\alpha \leqq 0{,}01$	$\alpha \leqq 0{,}10$	$\alpha \leqq 0{,}50$	$\alpha \leqq 0{,}90$	$\alpha \leqq 0{,}99$
1	2	2	2	2	2
2	4	4	6	8	12
3	6	8	12	22	34
4	8	12	22	48	76
5	12	18	46	96	162
6	16	34	86	192	380
7	24	58	166	382	668
8	38	108	324	760	1 342
9	66	204	638	1 518	2 690
10	118	400	1 266	3 030	5 410
11	228	790	2 530	6 070	10 870
12	444	1 568	5 050	12 130	21 500
13	878	3 130	10 070	24 300	43 100
14	1 750	6 220	20 100	48 500	86 200
15	3 480	12 490	40 300	97 000	172 300
16	6 790	25 000	80 600	194 100	345 000
17	13 860	49 900	161 100	388 000	689 000
18	27 700	99 900	322 000	776 000	1 379 000
19	55 400	199 800	644 000	1 553 000	2 760 000
20	110 800	400 000	1 289 000	3 110 000	5 510 000

Diese Tafel[1] gibt die Wahrscheinlichkeit α für den Fall, daß bei dem in der Tafel gegebenen Stichprobenumfang die *kürzere* der längsten Iteration oberhalb eines Maximalschnittes und der längsten Iteration unterhalb dieses Maximalschnittes die Länge l erreicht oder überschreitet. Der Maximalschnitt wird so geführt, daß die kürzere der längsten Iterationen ober- und unterhalb dieses Schnittes maximalisiert wird.

Beispiel: Stichprobenumfang = 28. Längste Iteration über dem Maximalschnitt = 8, unten = 9. Befund: $\alpha < 0{,}01$.



l	$\alpha \leqq 0{,}01$	$\alpha \leqq 0{,}05$	$\alpha \leqq 0{,}10$	$\alpha \leqq 0{,}90$	$\alpha \leqq 0{,}95$	$\alpha \leqq 0{,}99$
2	—	—	—	7	8	12
3	—	—	4	32	40	61
4	—	7	11	162	210	321
5	9	26	48	964	1 253	1 923
6	34	153	309	6 637	8 633	13 268
7	234	1 170	2 396	52 229	67 950	104 452
8	2 034	10 348	21 248	464 209	603 947	928 410
9	20 067	102 382	210 291	4 595 600	5 979 012	9 191 191
10	218 833	1 116 808	2 294 003	50 133 734	65 225 489	100 267 459

Diese Tafel[2,3] gibt die Wahrscheinlichkeit α für den Fall, daß bei dem in der Tafel gegebenen Stichprobenumfang mindestens eine Auf- oder Ab-Iteration der Länge l oder länger eintritt.

Beispiel: Stichprobenumfang = 28. Zu prüfende Auf-Iteration = 5. Befund: $0{,}05 < \alpha < 0{,}10$.

Definition von Auf- und Ab-Iterationen:

Zeitliche Reihenfolge:	1	2	3	4	5	6
Werte:	1,14	1,17	1,20	1,19	1,21	1,16
		auf		ab	auf	ab
Länge l:		3		1	1	1

1) Werte nach Olmstead, P. S., Runs Determined in a Sample by an Arbitrary Cut, *Bell Telephone System, Technical Publications*, Monograph 2937 (1958). *2*) Werte für l von 2–5 nach Olmstead, P. S., Distribution of Sample Arrangements for Runs up and down, *Bell Telephone System, Technical Publications*, Monograph 2289 (1946); und *Ann. math. Statist.*, **17**, 24 (1946). Nachdruck mit Erlaubnis des Verfassers, des Verlages und der Bell Telephone Laboratories, Inc., New York. *3*) Werte für l von 6–10 durch den Herausgeber mit Poisson-Approximation errechnet.

72137	73850	32733	35321	80647	39713	61060	57865	88049	20557	43375	50914	83628	73935	72502	48174	62551	96122	22375	96488
04254	60099	50584	10961	57642	19101	30613	01549	96531	83936	45842	78222	88481	44933	12839	20750	47116	58973	99018	22769
48083	50731	81250	57995	41467	29834	08059	22945	72193	36077	82577	16210	76092	87730	90049	02115	37096	20505	91937	69776
16602	26772	89693	92558	38394	84119	68486	17622	30953	78267	31568	58297	88922	50436	86135	42726	54307	29170	13045	65527
29910	55480	47184	79775	09779	08718	45822	17643	63252	00232	98059	07255	90786	95246	15280	61692	45137	17539	31799	64780
77708	83761	89238	86521	82711	79266	47763	26173	36183	65869	64355	91271	49295	98354	28005	69792	01480	51557	70726	35862
90715	65115	12870	89922	24926	44062	94896	97561	96490	35454	51623	98381	11055	32951	28363	16451	67912	66404	76254	75495
79666	48119	38525	82189	34921	49838	47558	92343	47408	99542	44247	12762	54488	74321	36224	95619	16238	25374	13653	25345
53294	49761	76235	55814	29900	03796	73326	94291	10739	36087	32326	52225	72447	77804	57045	27552	72387	34001	83792	66764
44422	78305	76369	20601	39701	80769	17322	78280	42376	64899	62390	68375	42921	28545	33167	85710	11035	40171	04840	69848
12601	54432	65017	91131	50515	97477	80691	31834	32401	11994	97820	06653	27477	61364	22681	02280	53815	47479	44017	37563
65664	73669	24910	25458	23699	86413	19985	49355	24358	02915	81553	92012	50435	73814	96290	86827	81430	45597	82296	28947
18363	66515	23098	22384	87756	66396	63646	50963	99099	62895	09202	48494	95974	33534	94657	71126	71770	16092	03942	90111
00491	53688	72033	68063	86104	90576	04119	65531	30304	39202	82110	82254	03669	03281	11613	36336	98297	48100	71594	52667
02878	83197	94318	47901	85252	91124	32939	75043	40325	53252	18175	09457	83810	46392	02705	85591	33192	65127	80852	42030
79920	22780	43100	83886	26378	66010	00020	80666	66861	17820	50756	80608	35695	72641	26306	76298	32532	22644	96853	18610
97556	54260	42361	12741	56996	48177	85725	36668	45531	85245	12710	60264	74650	92126	08152	32147	17457	56298	48964	64733
79435	52143	12322	12254	04314	98550	58315	78036	24355	85822	44424	88508	66190	74060	93206	92840	44833	81146	64060	62975
93903	78220	09178	33676	58996	78675	11648	96220	54127	24804	24720	66501	74157	42246	41688	72835	87258	89384	11251	34329
04758	50961	90230	72006	24268	77817	10524	60304	79352	31942	85419	93017	28087	78323	77109	56832	78400	24190	37978	85863
53841	28758	93442	42983	25254	96336	16570	89358	36619	72838	10933	99964	13468	17211	48046	51122	92668	96750	11139	06275
07626	78473	17708	59059	33584	52451	11575	55992	83228	38546	49559	71671	53603	24491	57570	90789	32932	67449	05115	45941
40645	27008	16341	05870	42604	79286	08720	13175	89573	38051	39391	92039	71664	40219	97707	93975	66981	19556	24605	52169
82666	14127	94390	07069	39152	10357	94612	56748	75428	28101	38543	54214	48928	32818	51963	87353	15094	29529	87305	01361
60147	99378	58310	34655	48242	58656	30544	01860	08322	70476	44242	54227	28598	64422	29361	20359	48577	05971	92373	22765
61557	43927	11643	65522	76713	95782	34956	67384	47654	64999	11468	74149	81386	94127	67342	38010	92522	57728	39432	27914
71522	16545	68464	62540	76143	06328	94718	58404	84099	73641	52165	54336	89196	40042	37889	06003	58033	59082	94988	62152
05366	66273	49518	25413	20346	22719	18255	47685	78475	67421	83093	77038	55399	67893	89597	85630	08059	35757	49479	63531
72668	62720	08971	97908	15905	86615	97559	68107	10649	30976	66455	90708	08450	50120	17795	55604	51222	17900	55553	02980
51497	78491	83680	08319	51223	19735	72708	82599	28127	29660	30790	65154	19582	20942	81439	83917	90452	64753	99645	19799
66170	68781	91423	86645	02925	51327	41022	76893	29200	82747	97297	74420	18783	93471	89055	56413	77817	10655	52915	68198
23361	60672	52451	03774	06365	94880	70978	57385	70532	46978	87390	53319	90155	03154	20301	47831	86786	11284	49160	79852
53608	59661	70966	24937	56559	98856	19207	41684	20288	19783	82215	35810	39852	43795	21530	96315	55657	76473	08217	46810
24079	01177	02666	35515	24819	73382	50172	23114	28745	12249	35844	63265	26451	06986	08707	99251	06260	74779	96285	31998
50495	87947	20592	91917	59595	55083	43112	94833	72864	58785	53473	06308	56778	30474	57277	23425	27092	47759	18422	56074
93550	48308	20282	92711	74402	51335	64031	41740	69680	69373	73674	97914	77989	47280	71804	74587	70563	77813	50242	60398
16269	03381	09798	89487	33632	47073	92357	38870	73784	95662	83923	90790	49474	11901	30322	80254	99608	17019	17892	76813
32868	72831	55156	90166	91599	09471	79945	42580	86605	97758	08206	54199	41327	01170	21745	71318	07978	35440	26128	10545
80722	21328	19977	82161	29385	62151	48030	05125	70866	72154	86385	39490	57482	32921	33795	43155	30432	48384	85430	51828
67362	87389	09559	98456	70498	40173	80016	81500	48061	25583	74101	87573	01556	89183	64830	16779	35724	82103	61658	20296
83452	92994	85019	57720	36951	03383	34265	65728	89776	04006	06089	84076	12445	47416	83620	59151	97420	23689	74515	55211
51168	41624	94768	53124	95920	04777	82534	76335	21108	42302	79496	21054	80132	67719	72662	58360	57384	65406	63918	17046
83805	28803	63272	65480	08764	16379	72055	61146	82780	89411	53131	57879	39099	42715	24830	60045	23250	39847	46616	17817
59782	50488	77081	10186	86577	28581	26999	96294	20431	30114	23035	30380	76272	60343	57573	42492	47962	21439	54664	97968
09627	26695	79373	09119	79765	99918	01628	47335	17893	53176	07436	14799	78197	48601	97557	83918	20530	61565	69344	71964
20160	50603	71684	34875	60617	77991	66322	27390	73834	73494	21527	93579	20949	85666	25102	64733	93872	72698	87520	43340
04375	15463	49139	17369	71179	77472	96239	18521	67354	41883	58939	36222	43935	36272	47817	90287	91434	86453	84477	03559
67163	48629	25607	27003	09721	70206	10497	83617	39176	45062	63903	33862	14903	38996	60027	41702	78189	28598	12707	91191
49380	42273	93835	32621	60848	67721	69712	33438	85908	58620	50646	47857	96024	58568	67614	44370	40276	85964	71604	05691
56013	02278	53110	33235	62949	53799	51375	42451	76889	68096	80657	91046	95340	70209	23825	46031	45306	64476	31460	61553
46596	51960	02957	56574	18672	02994	39960	02489	53079	72789	22562	39359	38220	13972	86115	17196	24569	26820	66299	50962
52928	66296	15570	31407	54988	78749	16135	82797	31296	93268	10104	95616	82618	85756	51156	74037	12501	94162	42006	99213
09403	50848	71088	31308	35677	49046	10870	72107	11550	61175	33345	56717	07896	74085	59886	03051	78702	13402	74318	20992
30328	72163	66728	81091	52307	78952	60261	11207	73065	48286	57057	49472	95241	84360	13960	95736	43637	60399	19080	72417
78707	57821	28410	64908	30432	78760	36880	02564	96978	62332	77321	92228	53849	26578	39954	86726	91039	13884	25376	60187
73597	94657	72927	46459	61325	50908	25601	30038	78786	65197	65283	18169	72967	53031	47906	99501	27753	69946	66875	31598
07446	66408	19958	65159	11338	39231	72802	70630	87336	16385	32784	38073	87910	89260	66444	15979	83469	76952	50065	89540
47870	55448	14158	83451	58729	42430	42234	04905	83274	22459	75032	93544	10482	34277	40177	01081	57788	08612	39886	33050
84269	35324	35508	49481	56478	30246	41771	61398	98154	61644	12405	45037	68034	98561	46747	30655	41878	93610	51745	97527
52704	71441	50581	65679	37597	17182	60733	11765	09293	70076	40751	95846	80277	92450	60888	18689	45966	25837	70906	62841
19020	09999	08316	32781	89731	52148	09111	64205	77930	32391	69076	13459	59896	78185	60268	03650	36814	88460	34049	19544
19442	94873	36976	30366	65815	66895	27222	17378	59359	00055	66780	54939	78369	04163	77673	73342	78915	20537	06126	92480
39523	74227	51895	39733	29426	76685	93548	87546	07687	47338	12240	32277	23015	54261	95020	77705	81682	96907	37411	90717
01201	85057	93409	81200	21176	78459	18960	85182	02245	11566	52527	62992	55171	85448	12545	75992	08790	88992	69756	46722
51725	60273	84903	84374	31438	36959	83719	40702	79038	68639	63329	93821	58095	62204	69319	00672	96037	78680	98734	92743
91045	72642	42684	32419	12825	58785	84563	62071	17799	96994	41635	52830	19700	98193	37600	70617	58959	45486	58338	12464
54896	95603	17290	91508	95605	82514	32257	15699	02654	83110	44278	95523	12666	87597	23190	26243	36690	75829	71060	91605
92324	88115	77848	38006	45600	02181	79261	49705	31491	25318	52586	72494	66685	05344	71633	68536	18786	28575	08455	93825
88397	78035	06366	37342	62070	74459	62026	13032	14048	16304	11959	78684	72590	47283	45445	35611	98354	53680	45747	87442
52118	65337	13461	18438	16099	57330	05018	92605	10316	07351	78020	86361	30286	06434	50229	09070	44848	09996	77753	49227
37202	05623	23595	79677	59772	37141	63390	48093	02366	05407	08325	52046	87494	95585	25547	53500	45047	08406	66984	71128
71637	80269	83299	89743	94628	26784	17792	09214	53781	90102	25774	92525	32301	25923	76556	13274	39776	97027	56919	88547
35790	19603	31212	34419	34728	47391	93272	09887	34196	98251	62453	37703	70711	37921	54989	17828	60976	57662	61757	71249
99087	72525	34402	50115	09825	54728	37514	24437	01316	04770	06534	17768	36086	05468	41631	95632	78154	38634	47463	99728
89768	36608	49108	92337	79809	81934	06370	18703	90858	55130	40869	88243	37403	42231	17073	49097	54147	03656	14735	78351
83816	00718	94663	39629	27812	28250	44983	33834	54280	67850	96025	96117	00768	14821	69029	25453	48798	15486	73835	51776
00806	20667	81224	24296	39967	60239	89494	34431	44890	59892	79682	20308	82510	53609	13258	89631	80497	49167	81559	47202
65733	03902	29140	05414	62087	65727	54430	52632	94126	95597	48338	67645	44676	14730	22642	21919	21050	87791	76192	56686
60671	23190	47433	86979	45281	69750	96999	42104	34377	63309	82181	00278	28209	95629	75818	09043	48564	87355	27209	09827
45326	86280	74876	51858	03263	10215	87947	09427	32380	43636	58578	07761	28456	46570	11623	50417	37763	30136	58254	71090
54419	65493	88741	89069	10789	00973	30238	46126	85306	37114	22718	50584	92291	56575	24075	43889	40909	18741	86154	20843
72845	68939	06483	40835	16564	75047	22938	13073	32066	43098	75738	94910	15403	89151	73322	18370	90586	46115	87375	79147
01828	48113	60005	87083	90000	22346	89182	27750	63314	87302	49472	24885	79506	60638	07132	00908	92035	75518	30878	14979
89871	81320	05251	25930	37320	11895	16187	03303	40287	52435	23926	92544	54099	31497	03863	22864	72620	74169	25311	80669
74883	93005	77888	64673	19302	54669	21526	07401	30925	46148	20138	33874	56715	38424	38273	11361	15203	64912	62494	31231
25493	56247	46907	25634	84761	76421	42907	95158	27146	37012	43361	03173	97911	71313	44256	66609	42504	76799	46790	28464
28278	93841	13134	25129	65536	19838	21479	48265	01674	47274	56350	37512	14883	99673	62298	33948	32456	28675	04242	20735
44834	89816	52509	85192	32114	83770	90076	70233	76730	25043	16686	54737	57431	01786	20803	69465	37970	05673	49516	98035
23329	74767	85661	54449	76606	02131	93202	25355	93941	84434	22384	13240	93617	51549	28532	57150	77261	62643	74966	08777
33176	16108	98145	27652	76918	41000	46059	72208	90475	10341	39703	83224	37858	61657	04184	15597	29448	01922	05709	77900
44597	28074	92908	22392	38034	83739	32876	98604	75652	95680	51386	48724	76069	94867	93570	20306	31712	96238	57864	86267
81456	81110	94771	13664	07478	80992	58485	18882	13238	59865	55644	05528	94935	58972	43340	94718	97397	92197	57257	73187
91503	59589	22803	18122	17790	00236	93750	20468	92189	66781	06210	18208	13973	57905	66878	55721	67437	61709	88182	92769
63651	64109	13207	68346	42140	00052	04099	48767	23355	42505	34539	51129	48580	59386	62209	29754	77409	48146	50411	50511
30709	25869	68851	65221	69392	35106	36393	27129	17326	86452	69952	68433	72332	62502	76323	38379	07293	76788	84281	58581
50664	89487	41973	98456	51147	51327	26590	94684	58103	96936	71276	30275	22753	46046	67196	65135	54879	71903	23541	92400
80089	83750	36605	85343	26090	28447	33179	69730	09683	08770	50381	43130	88108	64709	15191	68718	38375	46747	19860	76129
19293	91304	37043	82077	42231	31534	54358	52939	26655	72687	26616	09608	59223	74533	64986	49667	78039	61030	46122	54941
97754	28401	62553	98641	48553	35996	08033	91811	70471	81538	20017	19613	81103	37642	41866	96777	08667	74544	92903	58427
47923	38366	81939	61526	27691	13988	21630	00957	50599	91260	72832	89364	14158	71740	91289	61204	91185	23485	18424	65084

1) Nach LINDER, A., *Planen und Auswerten von Versuchen*, Birkhäuser, Basel (1953), S. 177 ff. Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

I. Symbole

$a \to b$	a strebt nach b
∞	unendlich
lim	Grenzwert (limes)
$a \sim b$	a annähernd gleich groß wie b
$a \approx b$	a in großer Annäherung gleich groß wie b
$a = b$	a gleich groß wie b. Vgl. II, Gleichung (**1**)
$a \equiv b$	a identisch b (nur für Formeln)
$a > b$	a größer als b
$a < b$	a kleiner als b — Vgl. II, Gleichungen (**2**) und (**3**)
$a \gg b$	a viel größer als b
$a \ll b$	a viel kleiner als b
$a \neq b$ $a \lessgtr b$	a ungleich groß wie b, gelesen: a ungleich b
$b < a < c$	a größer als b und kleiner als c
$a \geqq b$	a gleich groß oder größer als b, das heißt, a ist mindestens so groß wie b
$a \leqq b$	a gleich groß oder kleiner als b, das heißt, a ist höchstens so groß wie b
$b \leqq a \leqq c$	a liegt zwischen b und c
$\lvert a \rvert$	Absolutwert von a; er ist immer positiv, zum Beispiel $\lvert -5 \rvert = 5$
$+$	Additionszeichen, plus, positiv
$-$	Subtraktionszeichen, minus, negativ
$\times$ oder $\cdot$	Multiplikationszeichen, mal (der Punkt wird von uns nicht verwendet)
: oder $\div$	Divisionszeichen, dividiert durch ($\div$ ist in den USA gebräuchlich; wird von uns nicht verwendet)
$a + b = c$	$a + b$, gelesen a plus b, wird Addition genannt. a und b sind die Summanden, $a + b$ die Summe, c der Summenwert, in der Regel ebenfalls als Summe bezeichnet
$\sum_1^k x_i$	Summe aller Werte $x_1, x_2, x_3, \ldots$, kurz aller Werte x_i, zwischen $i = 1$ bis und mit $i = k$, das heißt $\sum_1^k x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_k$. Wenn keine Unklarheit entsteht, werden die Summierungsgrenzen unter- und oberhalb des Σ meist weggelassen
$\int$	Unbestimmtes Integral
$\int_a^b$	Bestimmtes Integral, Integral zwischen $x = a$ und $x = b$
$a - b = c$	$a - b$, gelesen a minus b, wird Subtraktion genannt. a ist der Minuend, b der Subtrahend, $a - b$ die Differenz, c der Differenzenwert, in der Regel ebenfalls als Differenz bezeichnet. Die Subtraktion ist die Umkehroperation der Addition
$a \times b = c$ $a\,b = c$ $a \cdot b = c$	$a \times b$, gelesen a mal b, wird Multiplikation genannt. a, b sind die Faktoren, $a \times b$ das Produkt, c der Produktenwert, in der Regel ebenfalls als Produkt bezeichnet. Der Punkt wird von uns wegen Verwechslungsgefahr nicht verwendet
$a : b = c$	$a : b$, gelesen a durch b, wird Division genannt. a ist der Dividend, b der Divisor, $a : b$ der Quotient, c der Quotientenwert, in der Regel ebenfalls als Quotient bezeichnet. Die Division ist die Umkehroperation der Multiplikation. Sie kann auch als Bruch dargestellt werden $\frac{a}{b}$ oder a/b. Beim Bruch wird a als Zähler (= Dividend), b als Nenner (= Divisor) bezeichnet
$a^b = c$	a^b, gelesen a hoch b, wird Potenzierung genannt. a ist die Basis, b der Exponent, a^b die Potenz, c der Potenzwert, in der Regel ebenfalls als Potenz bezeichnet. Beim Spezialfall $a^2 = c$ wird a^2, in der Regel auch c, das Quadrat von a genannt
$\sqrt[b]{a} = c$	$\sqrt[b]{a}$, gelesen b-te Wurzel aus a (der Autor liest b aus a), wird Radizierung genannt. a ist der Radikand, b der Wurzelexponent, $\sqrt[b]{a}$ die Wurzel, c der Wurzelwert, in der Regel ebenfalls als Wurzel bezeichnet. Beim Spezialfall $\sqrt[2]{a} = c$ wird a, in der Regel auch c, die Quadratwurzel von a genannt. Der Wurzelexponent der Quadratwurzel wird meistens nicht angeschrieben, das heißt $\sqrt{a} = \sqrt[2]{a}$. Die Radizierung ist eine der beiden Umkehroperationen der Potenzierung, die andere ist das Logarithmieren
log, ln	siehe Logarithmen, S. 134
e	Basis der natürlichen Logarithmen = 2,718 281 828 4 ...
π	Verhältnis von Kreisumfang zu Kreisdurchmesser = 3,141 592 653 5 ...
sin cos tan, tg arc sin	siehe S. 139

II. Das Zahlensystem

Als *natürliche Zahlen* bezeichnet man die Gesamtheit aller positiven ganzen Zahlen. Null und negative Zahlen werden nicht dazugerechnet.

Als *rationale Zahlen* bezeichnet man die Gesamtheit aller positiven und negativen ganzen Zahlen sowie die aus diesen Zahlen gebildeten Brüche und die Null.

Als *irrationale Zahlen* bezeichnet man jene Bruchzahlen, die sich nicht durch Division erzeugen lassen. So führt das Wurzelziehen oft zu irrationalen Zahlen, zum Beispiel $\sqrt{2}$, $\sqrt{5}$ usw. Zu den irrationalen Zahlen gehören auch π und e.

Als *reelle Zahlen* bezeichnet man die Gesamtheit aller rationalen und irrationalen Zahlen. Innerhalb der reellen Zahlen gelten folgende Grundgesetze:

1. Die vier Grundoperationen

Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division sind im Bereich der reellen Zahlen immer und eindeutig durchführbar, ausgenommen die Division durch Null.

2. Das Ordnungsgesetz

Zwischen zwei reellen Zahlen a und b besteht *immer nur eine* der drei Beziehungen

$a = b$ oder $a > b$ oder $a < b$

wobei

$a = b$ wenn $a - b = 0$ (**1**)

$a > b$ wenn $a - b > 0$ (**2**)

$a < b$ wenn $a - b < 0$ (**3**)

Beispiele zu den Gleichungen (**2**) und (**3**)

$\ldots > 10 > 9 > \ldots > 1 > 0 > -1 > \ldots > -10 > \ldots$

$\ldots < -10 < -9 < \ldots < -1 < 0 < 1 < \ldots < 10 < \ldots$

3. Das kommutative Gesetz

$$a+b=b+a \quad (4)$$

$$ab=ba \quad (5)$$

4. Das assoziative Gesetz

$$(a+b)+c=a+(b+c) \quad (6)$$

$$(ab)c=a(bc) \quad (7)$$

5. Das distributive Gesetz

$$a(b+c)=ab+ac \quad (8)$$

III. Rechnen mit Null und Unendlich

$$a-a=0 \quad (9)$$

$$|0|=0 \quad (10)$$

$$0\times a=0 \quad (11)$$

$$\frac{a}{\infty}=0 \quad (a\neq\infty) \quad (12)$$

$$\frac{0}{a}=0 \quad (a\neq 0) \quad (13)$$

$$\frac{a}{0} \text{ ist nicht definiert} \quad (14)$$

$$0^a=0 \quad (a>0) \quad (15)$$

$$a^0=1 \quad (a\neq 0) \quad (16)$$

$$\lim_{n\to\infty} a^n = \begin{cases} \infty & \text{für } a>1 \\ 1 & \text{für } a=1 \\ 0 & \text{für } -1<a<1 \text{ und } a\neq 0 \\ \text{nicht konvergent} & \text{für } a\leqq -1 \end{cases} \quad (17)$$

$$\log_c 0=-\infty \quad (c>1) \quad (18)$$

$$\log_c \infty=+\infty \quad (c>1) \quad (19)$$

$$\log_c 1=0 \quad (20)$$

$$0!=1 \quad (21)$$

$$\binom{n}{0}=1 \quad (22)$$

IV. Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division

1. Vorzeichen

a, b, c seien positive Zahlen. Dann gilt

$$a\pm b=a\mp(-b) \quad (23)$$

$$a(-b)=(-a)b=-(ab)=-c \quad (24)$$

$$(-a)(-b)=+ab=+c \quad (25)$$

$$\frac{-b}{a}=\frac{b}{-a}=-\frac{b}{a}=-c \quad (26)$$

$$\frac{-b}{-a}=+\frac{a}{b}=+c \quad (27)$$

2. Ausklammern

$$a-b-c-d-\cdots=a-(b+c+d+\cdots) \quad (28)$$

$$\pm ab\pm ac\pm ad\pm\cdots=a(\pm b\pm c\pm d\pm\cdots)=\pm a(b+c+d+\cdots) \quad (29)$$

3. Umformen von Divisionen in Multiplikationen

$$\frac{b}{a}=\frac{1}{a}\times b \quad (30)$$

Werte für $1/a$ im Bereich 1–999 siehe S. 18. Die Anwendung der Gleichung (**30**) ist besonders vorteilhaft beim Maschinenrechnen mit konstantem Divisor.

4. Umformen von Multiplikationen und Divisionen in Additionen

Ist b eine ganze Zahl (eventuell umformen), dann ist

$$\left.\begin{aligned} ab &= a+a+a+\cdots \\ \frac{b}{a} &= \frac{1}{a}+\frac{1}{a}+\frac{1}{a}+\cdots \end{aligned}\right\} b \text{ Summanden} \quad (31)$$

Gleichung (**31**) ist besonders vorteilhaft bei maschineller Tabellierung linearer Funktionen.

5. Bruchrechnen

$$\frac{a}{a}=1 \quad (a\neq 0) \quad (32)$$

$$\frac{ma}{mb}=\frac{a}{b} \quad (m\neq 0) \quad (33)$$

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{b}=\frac{a+c}{b} \quad \text{(Anwendung auch von rechts nach links!)} \quad (34)$$

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{d}=\frac{ad+bc}{bd} \quad \text{(Anwendung auch von rechts nach links!)} \quad (35)$$

$$\frac{a}{b}\times\frac{c}{d}=\frac{a}{d}\times\frac{c}{b}=\frac{ac}{bd} \quad (36)$$

$$\frac{a}{b}:\frac{c}{d}=\frac{a}{b}\times\frac{d}{c}=\frac{a}{c}\times\frac{d}{b}=\frac{a}{c}:\frac{b}{d} \quad (37)$$

6. Proportion

Die Gleichung

$$a:b=c:d \quad (38)$$

gelesen: a verhält sich zu b wie c zu d, heißt Proportion. a und d sind die äußern, b und c die innern Glieder. Das Produkt der äußern ist gleich dem Produkt der innern Glieder

$$ad=bc \quad (39)$$

Stetige Proportion heißt die Gleichung

$$a:b=b:c \quad (40)$$

Nach Gleichung (**39**) ist $ac=b^2$, das heißt $b=\sqrt{ac}$ (**41**)

b wird das geometrische Mittel von a und c genannt

Ein Spezialfall stetiger Proportionen ist der in Natur und Kunst weitverbreitete «Goldene Schnitt»

$$\frac{a}{b}=\frac{b}{a-b} \text{ das heißt}$$

$$b=\frac{a(\sqrt{5}-1)}{2}=0{,}618\,034\,a \quad \text{oder} \quad \frac{a}{b}=1{,}618\,034 \quad (42)$$

und die Proportion der «Normal»formate

$$\frac{a}{b}=\frac{b}{a/2} \text{ das heißt}$$

$$b=a/\sqrt{2}=0{,}707\,107\,a \quad \text{oder} \quad \frac{a}{b}=1{,}414\,214 \quad (43)$$

Verhalten sich die Einzelwerte zweier einander zugeordneten Veränderlichen x, y wie

$$\frac{y_1}{x_1}=\frac{y_2}{x_2}=\frac{y_3}{x_3}=\cdots=k \quad (44)$$

dann ist

$$y=kx \quad (45)$$

gelesen: y ist proportional zu x im Verhältnis k. k heißt Proportionalitätskonstante. Bei positivem k vergrößert, bei negativem k verkleinert sich y proportional zum wachsenden x. [Für größer und kleiner vgl. Gleichungen (**2**) und (**3**).] Die geometrische Darstellung einer proportionalen Beziehung ergibt in einem rechtwinkligen Koordinatensystem eine Gerade, ist also eine lineare Beziehung. Umgekehrt ist eine lineare Beziehung nicht zwangsläufig eine proportionale zwischen y und x, da es viele Gerade gibt, die nicht der Gleichung (**45**) entsprechen. Zum Beispiel ist

$y = a + k\,x$ *keine* proportionale Beziehung zwischen y und x. Hier verhält sich $(y - a)$ proportional zu x.

Verhalten sich die Einzelwerte zweier einander zugeordneten Veränderlichen x, y wie

$$\frac{y_1}{1/x_1} = \frac{y_2}{1/x_2} = \frac{y_3}{1/x_3} = \cdots = k \qquad (46)$$

das heißt, ist

$$y_1 x_1 = y_2 x_2 = y_3 x_3 = \cdots = k$$

dann ist

$$y = \frac{k}{x} \qquad (47)$$

gelesen: y ist umgekehrt proportional zu x im Verhältnis k. Die geometrische Darstellung einer umgekehrt proportionalen Beziehung ergibt in einem rechtwinkligen Koordinatensystem eine Hyperbel. Die umgekehrt proportionale Beziehung gehört deshalb zu den nichtlinearen Beziehungen.

V. Potenzieren und Radizieren

1. Potenzieren mit ganzzahligen Exponenten

a und b seien beliebige reelle, m und r ganze positive Zahlen.

Dann gilt:

$$0^m = 0 \qquad (15)$$

$$a^0 = 1 \quad (a \neq 0) \qquad (16)$$

$$\lim_{n \to \infty} a^m = \begin{cases} \infty & \text{für } a > 1 \\ 1 & \text{für } a = 1 \\ 0 & \text{für } -1 < a < 1 \text{ und } a \neq 0 \\ \text{nicht konvergent} & \text{für } a \leqq -1 \end{cases} \qquad (17)$$

$$a \times a \times a \times \cdots (m \text{ Faktoren}) = a^m \qquad (48)$$

$$\frac{1}{a} \times \frac{1}{a} \times \frac{1}{a} \times \cdots (m \text{ Faktoren}) = \frac{1}{a^m} = a^{-m} \quad (a \neq 0) \qquad (49)$$

$$a^m \times b^m = (a\,b)^m \qquad (50)$$

$$\frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m = a^m\,b^{-m} \quad (b \neq 0) \qquad (51)$$

$$a^m \times a^r = a^{m+r} \qquad (52)$$

$$\frac{a^m}{a^r} = a^m\,a^{-r} = a^{m-r} \quad (a \neq 0) \qquad (53)$$

$$(a^m)^r = (a^r)^m = a^{m\,r} \qquad (54)$$

Vorzeichen: In den Gleichungen (**48**) bis (**54**) sei der resultierende *Absolutwert* der Basis gleich R, c der absolute Wert der Potenz, $2\,m$ oder $2\,m - 1$ die resultierenden geraden oder ungeraden Exponenten, dann gilt

$$(\pm R)^{2\,m} = +c \qquad (55)$$

$$(\pm R)^{2\,m-1} = \pm c \qquad (56)$$

2. Radizieren mit ganzzahligen Wurzelexponenten

a und b seien beliebige reelle, n und s ganze positive Zahlen, aber nicht Null. Dann gilt

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}} \qquad (57)$$

$$\frac{1}{\sqrt[n]{a}} = a^{-\frac{1}{n}} \quad (a \neq 0) \qquad (58)$$

$$\sqrt[n]{a\,b} = \sqrt[n]{a}\,\sqrt[n]{b} = (a\,b)^{\frac{1}{n}} \qquad (59)$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (b \neq 0) \qquad (60)$$

$$\sqrt[s]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[n]{\sqrt[s]{a}} = a^{\frac{1}{n\,s}} \qquad (61)$$

Vorzeichen: In den Gleichungen (**57**) bis (**61**) sei der resultierende *Absolutwert* der Basis gleich R, c der absolute Wert der Potenz, $2\,n$ oder $2\,n - 1$ die resultierenden geraden oder ungeraden Exponenten. Dann gilt

$$\sqrt[2n]{(+R)} = (+R)^{\frac{1}{2n}} = +c \qquad (62)$$

$$\sqrt[2n]{(-R)} = (-R)^{\frac{1}{2n}} \quad \text{besitzt keine relle Lösung} \qquad (63)$$

$$\sqrt[2n-1]{(\pm R)} = (\pm R)^{\frac{1}{2n-1}} = \pm c \qquad (64)$$

3. Gemischtes Potenzieren und Radizieren

a und b seien beliebige reelle, m und r ganze positive Zahlen. Auch k, n und s seien ganze positive Zahlen, aber nicht Null. Dann gilt

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}} \qquad (65)$$

$$\frac{1}{\sqrt[n]{a^m}} = a^{-\frac{m}{n}} \quad (a \neq 0) \qquad (66)$$

$$\sqrt[kn]{a^{k\,m}} = \sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}} \qquad (67)$$

Zu (**67**): Achtung! Ist a negativ, so führe man zunächst alle anderen eventuell benötigten Umformungsoperationen am Exponenten durch, bevor eine Kürzung vorgenommen wird. Ist dann der resultierende Zähler im Exponenten gerade, so setze man negative a positiv und kürze danach.

$$\sqrt[n]{(a\,b)^m} = \sqrt[n]{a^m} \times \sqrt[n]{b^m} = (a\,b)^{\frac{m}{n}} \qquad (68)$$

$$\frac{\sqrt[n]{a^m}}{\sqrt[n]{b^m}} = \sqrt[n]{\left(\frac{a}{b}\right)^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{m}{n}} \quad (b \neq 0) \qquad (69)$$

$$\sqrt[n]{a} \times \sqrt[s]{a} = a^{\frac{1}{n}+\frac{1}{s}} = a^{\frac{n+s}{n\,s}} = \sqrt[n\,s]{a^{n+s}} \qquad (70)$$

$$\sqrt[n]{a^m} \times \sqrt[s]{a^r} = a^{\frac{m}{n}+\frac{r}{s}} = a^{\frac{m\,s+n\,r}{n\,s}} = \sqrt[n\,s]{a^{m\,s+n\,r}} \qquad (71)$$

$$\left(a^{\frac{m}{n}}\right)^{\frac{r}{s}} = \left(a^{\frac{r}{s}}\right)^{\frac{m}{n}} = a^{\frac{m\,r}{n\,s}} \qquad (72)$$

Vorzeichen: In den Gleichungen (**65**) bis (**72**) sei der resultierende *Absolutwert* der Basis gleich R, c der absolute Wert der Potenz, $2\,m, 2\,n$ oder $2\,m - 1, 2\,n - 1$ die resultierenden geraden oder ungeraden Zähler und Nenner des Exponenten, dann gilt

$$\sqrt[2n]{(\pm R)^{2m}} = (\pm R)^{\frac{2m}{2n}} = (+R)^{\frac{2m}{2n}} = +c \qquad (73)$$

(überall bei allfälligem Kürzen von Exponenten anwenden)

$$\sqrt[2n]{(+R)^{2m-1}} = (+R)^{\frac{2m-1}{2n}} = +c \qquad (74)$$

$$\sqrt[2n]{(-R)^{2m-1}} = (-R)^{\frac{2m-1}{2n}} \quad \text{besitzt keine reelle Lösung} \qquad (75)$$

$$\sqrt[2n-1]{(\pm R)^{2m}} = (\pm R)^{\frac{2m}{2n-1}} = +c \qquad (76)$$

$$\sqrt[2n-1]{(\pm R)^{2m-1}} = (\pm R)^{\frac{2m-1}{2n-1}} = \pm c \qquad (77)$$

VI. Logarithmen

Nach der Gleichung

$$a = c^{\log_c a} \qquad (78)$$

(a = Numerus oder Antilogarithmus, c = Basis, $\log_c a$ = Logarithmus von a zur Basis c)

ist der Logarithmus von a zur Basis c definiert als Exponent, mit dem die Basis c potenziert werden muß, um a zu erhalten. Die gebräuchlichsten Basen sind 10 bei den Zehner- oder Briggsschen Logarithmen und $e = 2{,}718\,281\,8285$ bei den natürlichen Logarithmen. Im folgenden verwenden wir für die Zehnerlogarithmen die Abkürzung log, für die natürlichen Logarithmen die Abkürzung ln. Zwischen den beiden besteht die Beziehung

$$\ln a = \frac{\log a}{\log e} = 2{,}302\,585\,0930 \log a = \ln 10 \times \log a \qquad (79)$$

$$\log a = \frac{\ln a}{\ln 10} = 0{,}434\,294\,4819 \ln a = \log e \times \ln a \qquad (80)$$

Allgemein zur Umwandlung von Zehnerlogarithmen in andere

$$\log_c a = \frac{\log_{10} a}{\log_{10} c} \qquad (81)$$

Beispiel: Gesucht Logarithmus zur Basis 2 von 20

$$\log_2 20 = \frac{\log_{10} 20}{\log_{10} 2} = \frac{1{,}301\,0300}{0{,}301\,0300} = 4{,}321\,928$$

Mit Logarithmen als Rechenhilfen werden Multiplikation, Division, Potenzieren und Radizieren zu Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division vereinfacht.

Da nach Gleichung (**78**) für Zehnerlogarithmen

$a = 10^{\log a}$ und $b = 10^{\log b}$

wird nach Gleichung (**52**)

$$a \times b = 10^{\log a} \times 10^{\log b} = 10^{\log a + \log b}$$

das heißt $\log (a \times b) = \log a + \log b$

und daraus

$$(a \times b) = \text{antilog} (\log a + \log b)$$

In analoger Weise lassen sich aus den Regeln des vorhergehenden Abschnittes V alle Grundregeln des Logarithmenrechnens ableiten. Die wichtigsten sind:

$$\log (a \times b) = \log a + \log b \qquad (82)$$

$$\log \left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b \qquad (83)$$

$$\log a^b = b \log a \qquad (84)$$

$$\log \sqrt[b]{a} = \frac{\log a}{b} \qquad (85)$$

Da die Logarithmen nur für positive Zahlen definiert sind, führt man die Logarithmenrechnung ohne Berücksichtigung der Vorzeichen von $a, b, \ldots$ durch und versieht das Resultat nach den früher gegebenen Regeln mit dem entsprechenden Vorzeichen.

Eine logarithmische Rechnung zerfällt in drei Teile:

1. Aufsuchen der Logarithmen,
2. Rechnen mit ihnen nach den angegebenen Regeln,
3. Aufsuchen der Antilogarithmen.

1. Aufsuchen der Logarithmen

Man formt die Zahl a, zu der der Logarithmus gesucht werden soll, in ein Produkt um

$$a = 10^x \times \frac{a}{10^x} = K' \times M' \qquad (86)$$

x ist durch Abzählen der Stellenzahl b links vom Komma ($|a| \geq 1$) oder durch Abzählen der Anzahl b der Nullen rechts vom Komma ($|a| < 1$) zu bestimmen. Es ist

$$x = b - 1 \quad \text{wenn } |a| \geq 1 \qquad (87)$$

und

$$x = -b - 1 \quad \text{wenn } |a| < 1 \qquad (88)$$

Beispiele:

a	b	x	K'	$K' \times M'$
1566,3	4	3	10^3	$10^3 \times 1{,}5663$
1,2	1	0	10^0	$10^0 \times 1{,}2$
0,12	0	−1	10^{-1}	$10^{-1} \times 1{,}2$
0,00034	−3	−4	10^{-4}	$10^{-4} \times 3{,}4$

Nach Gleichung (**82**) ist nun

$$\log a = \log (K' \times M') = \log K' + \log M' = K + M \qquad (89)$$

K wird als Kennziffer, M als Mantisse des Logarithmus von a bezeichnet.

Während K dem positiven oder negativen Exponenten x von K' entspricht, muß die Mantisse in Logarithmentafeln gesucht werden. Zu diesem Zweck rundet man zunächst K' auf jene Stellenzahl, in der die Logarithmen der zur Verfügung stehenden Tafel gegeben sind. Wir rechnen im folgenden mit 4stelligen Logarithmen:

Bei $M' < 1{,}1$ runde M' auf 5 signifikante Stellen

Bei $M' \geq 1{,}1$ runde M' auf 4 signifikante Stellen

Beispiele:

$\log 1{,}0993 = ?$ $\log 1{,}5663 \approx \log 1{,}566 = ?$

Tafel auf S. 10

x	log x		Zuschläge	
↓→	6	9	3	6
109	·····	0410	·····	1
15	·····	1931	·····	17

$\log 1{,}0993 = 0{,}0410 + 0{,}0001 = 0{,}0411$

$\log 1{,}566 \;\; = 0{,}1931 + 0{,}0017 = 0{,}1948$

Weitere Beispiele:

a) $\log 3048 = \log (10^3 \times 3{,}048)$
$= 3 + 0{,}4829 + 0{,}0011 = 3{,}4840$

b) $\log 0{,}2130 = \log (10^{-1} \times 2{,}130)$
$= -1 + 0{,}3284 + 0 = 0{,}3284 - 1$

c) $\log 1/3048 = \log (10^{-3} \times 3{,}048^{-1})$
$= -3 - (0{,}4829 + 0{,}0011) = -0{,}4840 - 3$

d) $\log 1/0{,}2130 = \log (10^1 \times 2{,}13^{-1})$
$= 1 - 0{,}3284 = 0{,}6716$

Bei c) haben wir einen Logarithmus, bei dem außer der Kennziffer auch die Mantisse negativ ist. Man forme solche negative Mantissen sofort in positive um, indem man zur Mantisse 1 addiert und von der Kennziffer 1 subtrahiert. Zum Beispiel $-0{,}4840 - 3 = 0{,}5160 - 4$.

2. Rechnen mit Logarithmen

Man rechne nach den Regeln (**82**) bis (**85**) und bediene sich dabei folgender Anweisungen

1. Man rechne immer so, daß keine negativen Mantissen entstehen.
2. Beim Wurzelziehen aus Brüchen subtrahiere man von der Kennziffer die Differenz zwischen Wurzelexponent und Kennziffer und addiere zur Mantisse denselben Betrag (Beispiele e und f).
3. Am Schlusse der Logarithmenrechnung addiere man allfällige positive und negative Kennziffern. Die resultierende Kennziffer x ergibt dann die Anzahl b der Stellen links vom Komma ($x \geq 0$) oder die Nullenzahl rechts vom Komma ($x < 0$) nach

$$b = x + 1 \quad \text{wenn } x \geq 0 \qquad (90)$$

$$b = -(x + 1) \quad \text{wenn } x < 0 \qquad (91)$$

Beispiele:

a) $\log (3048 \times 0{,}2130) = \begin{array}{r} 3{,}4840 \\ +\,0{,}3284 - 1 \\ \hline 3{,}8124 - 1 \end{array} = 2{,}8124$

b) $\log (0{,}2130 : 3048) = \begin{array}{r} 0{,}3284 - 1 \\ +\,0{,}5160 - 4 \\ \hline 0{,}8444 - 5 \end{array} = 0{,}8444 - 5$

c) $\log (0{,}2130 : 0{,}000\,3281) = \begin{array}{r} 0{,}3284 - 1 \\ -\,(0{,}5160 - 4) \\ \hline 1{,}3284 - 2 \\ -\,0{,}5160 + 4 \\ \hline 0{,}8124 + 2 \end{array} = 2{,}8124$

d) $\log (0{,}2130^5) = 5 \log 0{,}2130 = 5 \times (0{,}3284 - 1)$
$= 1{,}6420 - 5 \;\; = 0{,}6420 - 4$

e) $\log\left(\sqrt[6]{0{,}2130}\right) = \frac{\log 0{,}2130}{6} = \frac{0{,}3284-1}{6} = \frac{5{,}3284-6}{6}$
$= 0{,}8881 - 1$

f) $\log\left(\sqrt[1{,}5]{0{,}2130}\right) = \frac{\log 0{,}2130}{1{,}5} = \frac{0{,}3284-1}{1{,}5} = \frac{0{,}8284-1{,}5}{1{,}5}$
$= 0{,}5523 - 1$

3. Das Aufsuchen der Antilogarithmen (der Numeri)

Das Aufsuchen der Antilogarithmen zu den Mantissen erfolgt in der Antilogarithmentafel (siehe S. 11) in gleicher Weise wie das Aufsuchen der Logarithmen in der Logarithmentafel. Man achte darauf, die beiden Tafeln in der Hast der Arbeit nicht zu verwechseln! Die Kommastelle wird nach den Gleichungen (**90**) und (**91**) bestimmt.

Beispiele: antilog 2,8124 $= 649{,}2$
antilog $(0{,}8881 - 1) = 0{,}7729$
antilog $(0{,}6420 - 4) = 0{,}000\,4385$

VII. Fakultät und Binomialkoeffizient

1. $n^{(r)}$

Für ganze positive r und beliebige reelle n ist das Symbol $n^{(r)}$ definiert als das Produkt

$$n^{(r)} = n(n-1)(n-2)\cdots(n-r+1) \tag{92}$$

wobei

$$n^{(0)} = 1 \tag{93}$$

definiert ist.

Beispiele:

a) $10^{(4)} = ?$
Es ist $(n - r + 1) = 10 - 4 + 1 = 7$. Folglich ist
$10^{(4)} = 10 \times 9 \times 8 \times 7 = 5040$

b) $4^{(5)} = ?$
Es ist $(n - r + 1) = 4 - 5 + 1 = 0$. Folglich ist
$4^{(5)} = 4 \times 3 \times 2 \times 1 \times 0 = 0$

Aus Beispiel b) ersehen wir, daß

$$n^{(r)} = 0 \tag{94}$$

wenn $r > n$ und n eine ganze positive Zahl ist.

2. Fakultät

Die Fakultät von ganzen, positiven n, symbolisiert mit $n!$, ist definiert

$$n! = n(n-1)(n-2)\ldots 3 \times 2 \times 1 \tag{95}$$

wobei

$$0! = 1 \tag{96}$$

definiert ist.

$n!$ entspricht demnach $n^{(n)}$ mit der Einschränkung ganzer positiver n. Da auf den von uns behandelten Gebieten nur ganze und positive n vorkommen, kann Gleichung (**92**) geschrieben werden

$$n^{(r)} = \frac{n!}{(n-r)!} \tag{97}$$

mit Gültigkeit von (**93**) und (**94**).

Logarithmen der Fakultäten von n zwischen 1 und 999 und ihrer Kehrwerte finden sich auf S. 26 und 27. Für Fakultäten von $n \geqq 1000$ verwende man die STIRLINGsche Approximation

$$n! \underset{(n\to\infty)}{\to} n^n e^{-n}\sqrt{2\pi n} \tag{98}$$

oder

$$\log n! \to 0{,}5 \times [2n(\log n - 0{,}434\,294\,4819) + \log n + 0{,}798\,178] \tag{99}$$

3. Binomialkoeffizient

In allgemeiner Form ist der Binomialkoeffizient $\binom{n}{r}$ oder $C(n,r)$ definiert

$$\binom{n}{r} = \frac{n^{(r)}}{r!} \tag{100}$$

Für $n^{(r)}$ und $r!$ vgl. Absatz 1 und 2 dieses Abschnittes.

Da auf den von uns behandelten Gebieten nur ganze und positive n vorkommen, können wir Gleichung (**97**) in (**100**) einsetzen und erhalten

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r!\,(n-r)!} \tag{101}$$

Aus (**93**), (**94**) und (**96**) folgt

$$\binom{n}{0} = 1 \tag{102}$$

$$\binom{0}{0} = 1 \tag{103}$$

$$\binom{n}{r} = 0 \tag{104}$$

wenn $r > n$ und n eine ganze positive Zahl ist.

Ferner ist leicht ersichtlich

$$\binom{n}{n} = 1 \tag{105}$$

Beispiel: Für $n = 9$ und $n = 10$ lassen wir r alle Werte zwischen Null und n durchlaufen.

						$n/2$					
r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$n = 9$	1	9	36	84	126	126	84	36	9	1	
$n = 10$	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1
r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						$n/2$					

Man ersieht aus diesem Beispiel: Bei wachsendem r steigen die Werte von $\binom{n}{r}$ bis $n/2$ und fallen danach symmetrisch wieder ab:

$$\binom{n}{r} = \binom{n}{n-r} \tag{106}$$

Der Median fällt bei ungeraden n zwischen die zwei höchsten Werte der Folge, bei geraden n auf den höchsten Wert.

Binomialkoeffizienten für n zwischen Null und 39 und für r zwischen Null und 15 finden sich auf S. 25. Logarithmen der Binomialkoeffizienten für n zwischen 2 und 100 und r zwischen Null und $n/2$ finden sich auf S. 70–77. Für $101 \leqq n \leqq 999$ berechne man nach Gleichung (**101**) mit den Logarithmen der Fakultäten und ihrer Kehrwerte auf S. 26 und 27.

VIII. Reihen

Die Summe $a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n$ einer Zahlenfolge $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$ mit bestimmter Gesetzmäßigkeit wird Reihe genannt.

1. Arithmetische Reihe 1. Ordnung

Bei ihr ist die Differenz d zweier aufeinanderfolgenden Glieder gleich:

$$a_2 - a_1 = a_3 - a_2$$

Die einzelnen Glieder sind somit

a_1	a_2	a_3	$\ldots$	a_n
a_1	$(a_1 + d)$	$(a_1 + 2d)$	$\ldots$	$a_1 + (n-1)d$

(**107**)

Die Summe der n ersten Glieder ist

$$S = \frac{n(a_1 + a_n)}{2} \tag{108}$$

Als Spezialfall von (**108**) sei die Summe der natürlichen Zahlenfolge 1, 2, 3, ..., n angeführt

$$1+2+3+\cdots+n=\frac{n(n+1)}{2} \tag{109}$$

Beispiel: Die Summe aller Zahlen von 1 bis und mit 81 ist

$(81 \times 82)/2 = 3321$

2. Geometrische Reihe

Bei einer geometrischen Reihe besteht zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gliedern immer dasselbe Verhältnis q, die einzelnen Glieder sind somit

$$\begin{array}{cccccc} a_1 & a_2 & a_3 & \cdots & a_n \\ a_1 & a_1 q & a_1 q^2 & \cdots & a_1 q^{n-1} \end{array} \tag{110}$$

Die Summe der n ersten Glieder ist

$$S = a_1 \frac{1-q^n}{1-q} = a_1 \frac{q^n-1}{q-1} \quad (q \neq 1) \tag{111}$$

Wenn $|q| < 1$ wird nach (**17**) $q^\infty = 0$, und (**111**) wird

$$S_\infty = \frac{a_1}{1-q} \quad (|q|<1) \tag{112}$$

Mit Gleichung (**112**) lassen sich zum Beispiel unendliche periodische Dezimalbrüche in echte Brüche verwandeln.

Beispiele:

a) $0{,}3333\dot{3} = \frac{3}{10}+\frac{3}{100}+\frac{3}{1000}\cdots$

$q = \frac{1}{10} \qquad a_1 = \frac{3}{10}$

$0{,}3333\dot{3} = \frac{3}{10} / \frac{9}{10} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$

b) $0{,}0333\dot{3} = \frac{3}{100}+\frac{3}{1000}+\cdots$

$q = \frac{1}{10} \qquad a_1 = \frac{3}{100}$

$0{,}0333\dot{3} = \frac{3}{100} / \frac{9}{10} = \frac{3}{90} = \frac{1}{30}$

c) $0{,}2333\dot{3} = \frac{2}{10}+\frac{3}{100}+\frac{3}{1000}+\cdots$

Die unendliche Reihe beginnt bei 3/100, folglich $q = 1/10$, $a_1 = 3/100$ usw., wie im vorigen Beispiel. Es sind noch 2/10 dazu zu addieren.

$0{,}2333\dot{3} = \frac{2}{10}+\frac{1}{30} = \frac{60+10}{300} = \frac{7}{30}$

d) $0{,}123\,123\,\dot{1}\dot{2}\dot{3} = \frac{123}{1000}+\frac{123}{1\,000\,000}+\cdots$

$q = \frac{1}{1000} \qquad a_1 = \frac{123}{1000}$

$0{,}123\,\dot{1}\dot{2}\dot{3} = \frac{123}{1000} / \frac{999}{1000} = \frac{123}{999} = \frac{41}{333}$

3. Binomische Reihe für ganze positive n

$$(a+b)^n = \binom{n}{0} a^n b^0 + \binom{n}{1} a^{n-1} b^1 + \binom{n}{2} a^{n-2} b^2 + \binom{n}{3} a^{n-3} b^3 + \cdots + \binom{n}{n} a^0 b^n \tag{113}$$

Vorzeichen: Wenn b negativ ist, sind alle jene Glieder negativ, in denen der Exponent von b ungerade ist.

Beispiele: $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$

$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2 b + 3ab^2 + b^3$ usw.

IX. Mittelwerte

Von n positiven Größen $x_1, x_2, \ldots, x_n$ ist

a) arithmetisches Mittel $m_a = \frac{x_1+x_2+\cdots+x_n}{n} = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$ (**114**)

b) geometrisches Mittel $m_g = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \cdots \times x_n}$ (**115**)

c) harmonisches Mittel $m_h = 1 : \frac{1}{n}\left(\frac{1}{x_1}+\frac{1}{x_2}+\cdots+\frac{1}{x_n}\right)$ (**116**)

Ist $n = 2$, so wird

$$m_a = \frac{x_1+x_2}{2} \tag{117}$$

$$m_g = \sqrt{x_1 x_2} \tag{118}$$

$$m_h = \frac{2x_1x_2}{x_1+x_2} \tag{119}$$

Satz von CAUCHY: $m_a \geqq m_g \geqq m_h$ (**120**)

wobei das Gleichheitszeichen nur gilt, wenn $x_1 = x_2 = \cdots = x_n$.

X. Lösung einiger Gleichungen

Die Lösungen der Gleichungen existieren nur, wenn alle Nenner von Null verschieden sind.

Gesucht ist x.

$$ax \pm b = 0; \quad x = \mp\frac{b}{a} \tag{121}$$

$$\frac{a}{x} \pm b = 0; \quad x = \mp\frac{a}{b} \tag{122}$$

1. Vereinfachungen von Gleichungen höheren Grades

$$(ax \pm b)^m \pm c = 0; \quad x = \frac{\sqrt[m]{\mp c} \mp b}{a} \tag{123}$$

$$\sqrt[n]{ax \pm b} \pm c = 0; \quad x = \frac{(\mp c)^n \mp b}{a} \tag{124}$$

2. Gleichungen 1. Grades mit zwei Unbekannten

Gesucht sind x und y.

$$a_1 x + b_1 y + c_1 = 0$$
$$a_2 x + b_2 y + c_2 = 0$$

$$x = \frac{b_1 c_2 - b_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \tag{125}$$

$$y = -\frac{(a_1 x + c_1)}{b_1} = -\frac{(a_2 x + c_2)}{b_2}$$

3. Gleichungen 1. Grades mit drei Unbekannten

Gesucht sind x, y, z.

$$a_1 x + b_1 y + c_1 z + d_1 = 0$$
$$a_2 x + b_2 y + c_2 z + d_2 = 0$$
$$a_3 x + b_3 y + c_3 z + d_3 = 0$$

Man bilde zunächst

$$\left.\begin{aligned} A &= c_2 a_1 - c_1 a_2 \\ B &= c_2 b_1 - c_1 b_2 \\ C &= c_2 d_1 - c_1 d_2 \\ D &= c_2 a_3 - c_3 a_2 \\ E &= c_2 b_3 - c_3 b_2 \\ F &= c_2 d_3 - c_3 d_2 \end{aligned}\right\} \quad (126)$$

dann ist

$$x = \frac{BF - CE}{AE - BD}$$

$$y = -\frac{(C + Ax)}{B} = -\frac{(F + Dx)}{E}$$

$$z = -\frac{(a_1 x + b_1 y + d_1)}{c_1} = -\frac{(a_2 x + b_2 y + d_2)}{c_2} = -\frac{(a_3 x + b_3 y + d_3)}{c_3}$$

4. Quadratische Gleichungen mit einer Unbekannten

$$a x^2 + b x + c = 0$$

$$x_{(1,2)} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-b}{2a} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{c}{a}} \quad (127)$$

Die Größe $D = b^2 - 4ac$ heißt Diskriminante der Gleichung. Wenn

$D > 0$ ergeben sich zwei reelle Lösungen,

$D = 0$ gibt es nur eine reelle Lösung,

$D < 0$ gibt es keine reelle Lösung.

5. Häufiger gebrauchte Exponentialgleichungen

$x = 1 - e^{-\lambda}$; $x = 1 - \text{antilog}\,(-0{,}434\,294\,4819\,\lambda)$ (128)

$a = 1 - e^{-z}$; $z = -2{,}302\,585\,0930 \log (1 - a)$ (129)
$[0 \leqq a \leqq 1]$

Wenn in Gleichung (129)

$$z = \frac{a x^b \pm c}{d}; \quad \log x = \frac{\log\left(\frac{dz \mp c}{a}\right)}{b} \quad (130)$$

wenn $b = 1$, fällt auf beiden Seiten das log-Zeichen weg

$$z = \frac{a b^x \pm c}{d}; \quad x = \frac{\log\left(\frac{dz \mp c}{a}\right)}{\log b} \quad (b \neq 1) \quad (131)$$

$$z = \frac{d}{a x^b \pm c}; \quad \log x = \frac{\log\left(\frac{d/z \mp c}{a}\right)}{b} \quad (132)$$

wenn $b = 1$, fällt auf beiden Seiten das log-Zeichen weg.

$$z = \frac{d}{a b^x \pm c}; \quad x = \frac{\log\left(\frac{d/z \mp c}{a}\right)}{\log b} \quad (b \neq 1) \quad (133)$$

Die Gleichungen (130) bis (133) besitzen keine Lösung, wenn

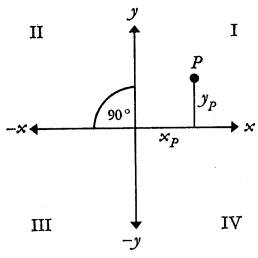
$(dz \mp c) < 0$ oder $(d/z \mp c) < 0$

Bei den Gleichungen (130) und (132) gilt dies aber nur, wenn $b \neq 1$.

Es folgen einige z-Werte [Lösungen von Gleichung (129)] für häufiger verwendete a.

a	$1-a$	$\log (1-a)$	$z = -\ln 10 \times \log (1-a) = -\ln (1-a)$
0,999	0,001	-3	6,907 755 279
0,995	0,005	0,698 970 0043 -3	5,298 317 367
0,99	0,01	-2	4,605 170 186
0,975	0,025	0,397 940 0087 -2	3,688 879 453
0,95	0,05	0,698 970 0043 -2	2,995 732 274
0,90	0,10	-1	2,302 585 093
0,85	0,15	0,176 091 2591 -1	1,897 119 985
0,80	0,20	0,301 029 9957 -1	1,609 437 912
0,75	0,25	0,397 940 0087 -1	1,386 294 361
0,70	0,30	0,477 121 2547 -1	1,203 972 804
0,65	0,35	0,544 068 0444 -1	1,049 822 124
0,60	0,40	0,602 059 9913 -1	0,916 290 731 9
0,55	0,45	0,653 212 5138 -1	0,798 507 696 2
0,50	0,50	0,698 970 0043 -1	0,693 147 180 4
0,45	0,55	0,740 362 6895 -1	0,597 837 000 7
0,40	0,60	0,778 151 2504 -1	0,510 825 623 7
0,35	0,65	0,812 913 3566 -1	0,430 782 916 2
0,30	0,70	0,845 098 0400 -1	0,356 674 944 0
0,25	0,75	0,875 061 2634 -1	0,287 682 072 4
0,20	0,80	0,903 089 9870 -1	0,223 143 551 5
0,15	0,85	0,929 418 9257 -1	0,162 518 929 5
0,10	0,90	0,954 242 5094 -1	0,105 360 515 7
0,05	0,95	0,977 723 6053 -1	0,051 293 294 39
0,025	0,975	0,989 004 6157 -1	0,025 317 807 98
0,01	0,99	0,995 635 1946 -1	0,010 050 335 85
0,005	0,995	0,997 823 0807 -1	0,005 012 541 823
0,001	0,999	0,999 565 4882 -1	0,001 000 500 333

XI. Rechtwinkliges Koordinatensystem



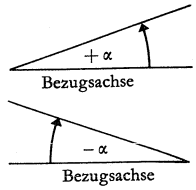
x-Achse = Abszissenachse
y-Achse = Ordinatenachse
I, II, III, IV = Quadranten
x_P und y_P = Koordinaten des Punktes P
x_P = Abszisse des Punktes P
y_P = Ordinate des Punktes P

Vorzeichen der Koordinaten eines Punktes in den 4 Quadranten

Quadrant	x	y
I	+	+
II	−	+
III	−	−
IV	+	−

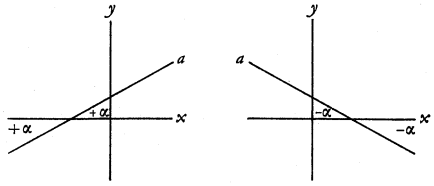
XII. Winkel, Winkelfunktionen, Arcusfunktionen

1. Positive und negative Winkel



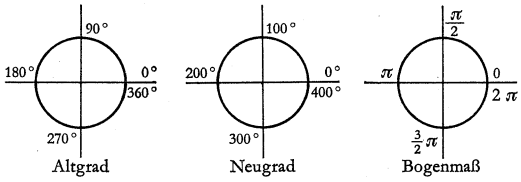
Eine Drehung im *Gegen*uhrzeigersinn wird als Drehung im positiven, eine Drehung im Uhrzeigersinn als solche im negativen Sinn definiert. Analog wird ein Winkel, dessen Messung von der Bezugsachse aus in positiver bzw. negativer Richtung erfolgt, positiv oder negativ genommen.

Als Steigungswinkel einer Geraden a wird in der Regel der *spitze* Winkel bezeichnet, den die Gerade mit der x-Achse bildet.



2. Winkelmaße

Die Grundlage für alle Winkelmaße bildet der Umfang eines um den Schnittpunkt der Winkelhalbgeraden gezogenen Kreises. Dieser wird in 360 gleiche Teile geteilt (altes Gradmaß, heute noch das üblichste) oder in 400 Teile (neues Gradmaß) oder mit seinem eigenen Kreisradius gemessen (Bogen- oder Radiantenmaß). Da der Umfang eines Kreises genau das $(2\,\pi)$-fache seines Radius beträgt, werden bei Angaben im Bogenmaß die Winkel oft als Bruchteile oder Mehrfache von π gekennzeichnet. Das Bogenmaß des Winkels α wird Arcus α (arc α) genannt.



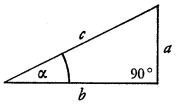
Gradmaß	0	1	30°	57° 17′45″	60°	90°	180°	270°	360°
Bogenmaß	0	0,01745	$\frac{\pi}{6}$	1	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3}{2}\pi$	$2\,\pi$

Vgl. auch den Abschnitt Winkel unter Maßeinheiten, S. 180.

3. Winkelfunktionen (trigonometrische Funktionen)

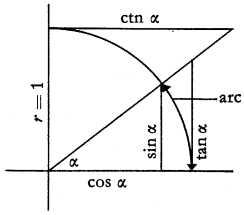
(ohne Secans und Cosecans)

Definitionen im rechtwinkligen Dreieck
(gelten nur für spitze Winkel zwischen 0 und 90°)



$$\left.\begin{aligned}\text{Sinus } \alpha &= \sin\alpha = \frac{a}{c}\\ \text{Cosinus } \alpha &= \cos\alpha = \frac{b}{c}\\ \text{Tangens } \alpha &= \tan\alpha = \frac{a}{b}\\ \text{Cotangens } \alpha &= \operatorname{ctn}\alpha = \frac{b}{a}\end{aligned}\right\} \quad (134)$$

(Tangens wird auch mit tg, Cotangens mit ctg und cot abgekürzt)



Darstellung der Winkelfunktionen am Einheitskreis
(Kreis mit Radius = 1)

Vorzeichen in den 4 Quadranten

Funktion	Quadrant I	II	III	IV
sin	+	+	−	−
cos	+	−	−	+
tan	+	−	+	−
ctn	+	−	+	−

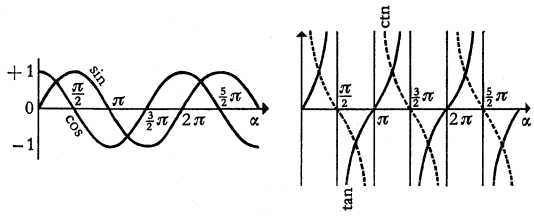
(135)

Variationsbereich der Winkelfunktionen in den 4 Quadranten

Funktion	Quadrant I	II	III	IV
sin	0 bis 1	1 bis 0	0 bis −1	−1 bis 0
cos	1 bis 0	0 bis −1	−1 bis 0	0 bis 1
tan	0 bis ∞	−∞ bis 0	0 bis ∞	−∞ bis 0
ctn	∞ bis 0	0 bis −∞	∞ bis 0	0 bis −∞

(136)

Verlauf der Winkelfunktionen



Funktionen negativer Winkel

$$\left.\begin{aligned}\sin(-\alpha) &= -\sin\alpha\\ \cos(-\alpha) &= +\cos\alpha\\ \tan(-\alpha) &= -\tan\alpha\\ \operatorname{ctn}(-\alpha) &= -\operatorname{ctn}\alpha\end{aligned}\right\} \quad (137)$$

Umformung von Funktionen stumpfer Winkel in solche spitzer Winkel

	$90° \pm \alpha$	$180° \pm \alpha$	$270° \pm \alpha$	$n^*\,(360°) \pm \alpha$
sin	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$
cos	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$	$+\cos\alpha$
tan	$\mp\operatorname{ctn}\alpha$	$\pm\tan\alpha$	$\mp\operatorname{ctn}\alpha$	$\pm\tan\alpha$
ctn	$\mp\tan\alpha$	$\pm\operatorname{ctn}\alpha$	$\mp\tan\alpha$	$\pm\operatorname{ctn}\alpha$

* n = ganze positive Zahl

(138)

Beispiel: $\sin 125° = \cos 35°$

Beziehungen der Winkelfunktionen unter sich

Funktion	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\tan\alpha$	$\operatorname{ctn}\alpha$
$\sin\alpha$	$\sin\alpha$	$\pm\sqrt{1-\cos^2\alpha}$	$\frac{\tan\alpha}{\pm\sqrt{1+\tan^2\alpha}}$	$\frac{1}{\pm\sqrt{1+\operatorname{ctn}^2\alpha}}$
$\cos\alpha$	$\pm\sqrt{1-\sin^2\alpha}$	$\cos\alpha$	$\frac{1}{\pm\sqrt{1+\tan^2\alpha}}$	$\frac{\operatorname{ctn}\alpha}{\pm\sqrt{1+\operatorname{ctn}^2\alpha}}$
$\tan\alpha$	$\frac{\sin\alpha}{\pm\sqrt{1-\sin^2\alpha}}$	$\frac{\pm\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha}$	$\tan\alpha$	$\frac{1}{\operatorname{ctn}\alpha}$
$\operatorname{ctn}\alpha$	$\frac{\pm\sqrt{1-\sin^2\alpha}}{\sin\alpha}$	$\frac{\cos\alpha}{\pm\sqrt{1-\cos^2\alpha}}$	$\frac{1}{\tan\alpha}$	$\operatorname{ctn}\alpha$

(139)

Vorzeichen der Quadratwurzel: Es wird durch den Quadranten bestimmt, in welchen der Winkel hineinreicht. Bestimmung des Vorzeichens in den Quadranten siehe (135).

Funktionen des halbierten und des doppelten Winkels

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \pm\tfrac{1}{2}\left(\sqrt[+]{1+\sin\alpha} - \sqrt[+]{1-\sin\alpha}\right) = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} \quad (140)$$

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \pm\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} \tag{141}$$

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{-1\pm\sqrt{1+\tan^2\alpha}}{\tan\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\sin\alpha}} \tag{142}$$

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha \tag{143}$$

$$\cos 2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1 = 1 - 2\sin^2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha \tag{144}$$

$$\tan 2\alpha = \frac{2\tan\alpha}{1-\tan^2\alpha} \tag{145}$$

Vorzeichen: Dort, wo ein $\pm$ steht, wird das Vorzeichen durch den Quadranten bestimmt, in den der *gesuchte* Winkel hineinreicht. Bestimmung des Vorzeichens in den Quadranten siehe (**135**).

Beziehungen zwischen den Funktionen zweier Winkel

$$\sin(\alpha\pm\beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta \tag{146}$$

$$\cos(\alpha\pm\beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta \tag{147}$$

$$\operatorname{tg}(\alpha\pm\beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha\pm\operatorname{tg}\beta}{1\mp\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta} = \frac{\sin(\alpha\pm\beta)}{\cos(\alpha\pm\beta)} \tag{148}$$

$$\sin\alpha+\sin\beta = 2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) \tag{149}$$

$$\sin\alpha-\sin\beta = 2\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) \tag{150}$$

$$\cos\alpha+\cos\beta = 2\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) \tag{151}$$

$$\cos\alpha-\cos\beta = -2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) \tag{152}$$

$$\tan\alpha\pm\tan\beta = \frac{\sin(\alpha\pm\beta)}{\cos\alpha\cos\beta} \tag{153}$$

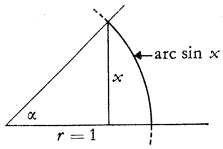
$$\sin\alpha\sin\beta = \tfrac{1}{2}\cos(\alpha-\beta) - \tfrac{1}{2}\cos(\alpha+\beta) \tag{154}$$

$$\cos\alpha\cos\beta = \tfrac{1}{2}\cos(\alpha-\beta) + \tfrac{1}{2}\cos(\alpha+\beta) \tag{155}$$

$$\sin\alpha\cos\beta = \tfrac{1}{2}\sin(\alpha+\beta) + \tfrac{1}{2}\sin(\alpha-\beta) \tag{156}$$

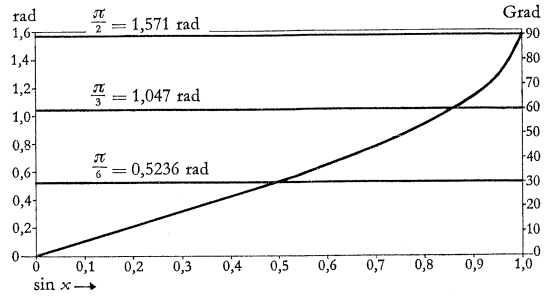
4. Arcusfunktionen

Die Arcus- oder zyklometrischen (Kreisbogen messenden) Funktionen sind die Umkehrfunktionen der Winkelfunktionen. Wir benötigen nur die Arcus-sinus-Funktion, die zur Stabilisierung der Streuung der Binomialverteilungen gebraucht wird.



Arcus sinus x, abgekürzt $\sin^{-1}x$ oder arc sin x, bedeutet das Bogen- oder Gradmaß jenes Winkels α, dessen Sinus $= x$ ist. Eine Arcus-sinus-Tafel im Bogenmaß, Bereich $0 \leqq x \leqq 1$, findet sich auf S. 69. Wird der Arcus sinus im Gradmaß gesucht, so sind die Werte der Tafel mit $180/\pi = 57{,}295\,779\,513$ zu multiplizieren.

Verlauf der Funktion arc sin x im Bereich $0 \leqq x \leqq 1$



XIII. Hyperbolische Funktionen

Wir benötigen nur die Funktion Tangens hyperbolicus z (tanh z) und ihre Umkehrfunktion, Area Tangens hyperbolicus r (Ar tanh r oder $\tanh^{-1} r$), zur Transformation des Korrelationskoeffizienten r.

Sie sind definiert

$$\tanh z = r = \frac{e^{2z}-1}{e^{2z}+1} \tag{157}$$

$$\tanh^{-1} r = z = \frac{1}{2}\ln\frac{1+r}{1-r} = 1{,}151\,292\,55\log_{10}\frac{1+r}{1-r} \tag{158}$$

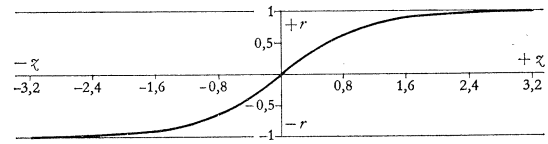
Wir benötigen nur zwei Beziehungen

$$\tanh(-z) = -\tanh z \tag{159}$$

$$\tanh^{-1}(-r) = -\tanh^{-1} r \tag{160}$$

Der Variationsbereich von tanh z ist -1 bis $+1$ für z von $-\infty$ bis $+\infty$.

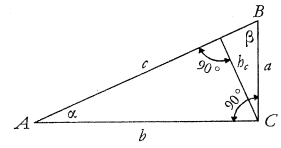
Verlauf der Funktion tanh z im Bereich $-3{,}2 \leqq 2 \leqq +3{,}2$.



Tafeln für tanh z bzw. $\tanh^{-1} r$ finden sich auf S. 64 und 65 bzw. 62.

XIV. Einige geometrische Berechnungen

1. Rechtwinkliges Dreieck ABC



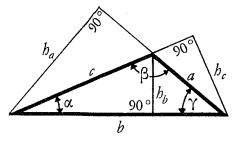
a, b = Katheten
c = Hypotenuse
h_c = Höhe auf Hypotenuse

Gegeben	Gesucht	Lösungen	
β	α	$= 90° - \beta$	(161)
a, b	α	$\tan\alpha = \frac{a}{b}$	(162)
	c	$= \frac{a}{\sin\alpha}$	(163)
		$= \frac{b}{\cos\alpha}$	(164)

Gegeben	Gesucht	Lösungen	
a, b	c	$= \pm\sqrt{a^2 + b^2}$	(165)
	b_c	$= a \cos\alpha$	(166)
		$= b \sin\alpha$	(167)
		$= \frac{a\,b}{c}$	(168)
	Fläche A	$= \frac{a\,b}{2}$	(169)
a, c	α	$\sin\alpha = \frac{a}{c}$	(170)
	b	$= c \cos\alpha$	(171)
		$= \pm\sqrt{c^2 - a^2}$	(172)
	b_c	$= a \cos\alpha$	(173)
	Fläche A	$= \frac{a\,c\cos\alpha}{2}$	(174)
b, c	α	$\cos\alpha = \frac{b}{c}$	(175)
	a	$= c \sin\alpha$	(176)
		$= \pm\sqrt{c^2 - b^2}$	(177)
	b_c	$= b \sin\alpha$	(178)
	Fläche A	$= \frac{b\,c\sin\alpha}{2}$	(179)
a, α	b	$= \frac{a}{\tan\alpha}$	(180)
	c	$= \frac{a}{\sin\alpha}$	(181)
	b_c	$= a \cos\alpha$	(182)
	Fläche A	$= \frac{a^2}{2\tan\alpha}$	(183)
c, α	a	$= c \sin\alpha$	(184)
	b	$= c \cos\alpha$	(185)
	b_c	$= \frac{c\sin 2\alpha}{2}$	(186)
	Fläche A	$= \frac{c^2 \sin 2\alpha}{4}$	(187)
c, b_c	α	$\sin 2\alpha = \frac{2\,b_c}{c}$	(188)
	a	$= \frac{b_c}{\cos\alpha}$	(189)
	b	$= \frac{b_c}{\sin\alpha}$	(190)
	Fläche A	$= \frac{c\,b_c}{2}$	(191)

2. Schiefwinkliges Dreieck

Anmerkung. Da im schiefwinkligen Dreieck keine Seite bevorzugt ist, ergeben sich weitere richtige Formeln, wenn man a, b, c usw. zyklisch vertauscht. Wenn in einer der Gruppen in irgendeiner Formel ein Buchstabe vertauscht wurde, so sind in allen andern Formeln der Gruppe die Buchstaben zu vertauschen, entsprechend dem Schema:

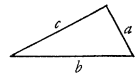
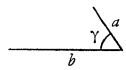


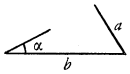
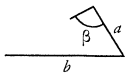
Einstufige Vertauschung	Zweistufige Vertauschung
$a \to b$	$a \to c$
$b \to c$	$b \to a$
$c \to a$	$c \to b$
$\alpha \to \beta$	$\alpha \to \gamma$
$\beta \to \gamma$	$\beta \to \alpha$
$\gamma \to \alpha$	$\gamma \to \beta$
$h_a \to h_b$	$h_a \to h_c$

(192)

Höhen und Flächen

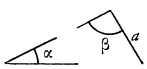
h_a	$= b \sin\gamma$	(193)
	$= c \sin\beta$	(194)
	$= a \frac{\sin\beta\sin\gamma}{\sin\alpha}$	(195)
Fläche A	$= \frac{a\,h_a}{2}$	(196)

Gegeben	Gesucht	Lösungen	
$\beta + \gamma$	α	$180° - (\beta + \gamma)$	(197)
$\sin\alpha$	$\sin(\beta+\gamma)$	$= \sin\alpha$	(198)
$\cos\alpha$	$\cos(\beta+\gamma)$	$= -\cos\alpha$	
$\tan\alpha$	$\tan(\beta+\gamma)$	$= -\tan\alpha$	
a, b, c	α	$\cos\alpha = \frac{b^2+c^2-a^2}{2\,b\,c}$	(199)
	h_a	$= b \sin\gamma$	(200)
		$= \frac{2A}{a}$	(201)
	Fläche A	$= \frac{b\,c\sin\alpha}{2}$	(202)
		$= \pm\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$	(203)
		wobei $s = \frac{a+b+c}{2}$	
a, b, γ	α	$\tan\alpha = \frac{a\sin\gamma}{b - a\cos\gamma}$	(204)
	c	$= \frac{a\sin\gamma}{\sin\alpha}$	(205)
		$= \pm\sqrt{a^2 + b^2 - 2\,a\,b\cos\gamma}$	(206)
	h_a	$= b \sin\gamma$	(207)
	h_b	$= a \sin\gamma$	(208)
	Fläche A	$= \frac{a\,b\sin\gamma}{2}$	(209)

Gegeben	Gesucht	Lösungen	
a, b, α 	β	$\sin\beta = \frac{b\sin\alpha}{a}$	(210)
	c	$= \frac{a\sin\gamma}{\sin\alpha}$	(211)
		$= b\cos\alpha \pm \sqrt{a^2 - b^2\sin\alpha}$	(212)
	h_a	$= b\sin\gamma$	(213)
	h_b	$= a\sin\gamma$	(214)
	h_c	$= b\sin\alpha$	(215)
	Fläche A	$= \frac{b}{2}\sin\alpha \times (b\cos\alpha \pm \sqrt{a^2 - b^2\sin\alpha})$	(216)
a, b, β 	α	$\sin\alpha = \frac{a\sin\beta}{b}$	(217)
	c	$= \frac{b\sin\gamma}{\sin\beta}$	(218)
	h_a	$= b\sin\gamma$	(219)
	h_b	$= a\sin\gamma$	(220)
	h_c	$= a\sin\beta$	(221)
	Fläche A	$= \frac{a}{2}\sin\beta \times (a\cos\beta \pm \sqrt{b^2 - a^2\sin\beta})$	(222)

Anmerkung: Bei dieser Gruppe [gegeben zwei Seiten und anliegender Winkel, Gleichungen (**210**) bis (**216**) und (**217**) bis (**222**)] gilt folgendes:

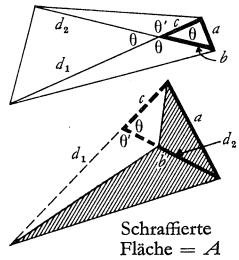
	(**210**) bis (**216**)	(**217**) bis (**222**)
Lösung nur möglich,		
wenn	$b\sin\alpha \leqq a$	$a\sin\beta \leqq b$
Ist	$b\sin\alpha = a$	$a\sin\beta = b$
so ist	$\beta = 90°$	$\alpha = 90°$
Ist	$b\sin\alpha < a$ und $a < b$	$a\sin\beta < b$ und $b < a$
so ergeben sich zwei Lösungen:	β_1 und $\beta_2 = 180° - \beta_1$	α_1 und $\alpha_2 = 180° - \alpha_1$
Ist	$b\sin\alpha < a$ und $a \geqq b$	$a\sin\beta < a$ und $b \geqq a$
so gibt es keine Lösung.		

Gegeben	Gesucht	Lösungen	
a, β, γ 	b	$= \frac{a\sin\beta}{\sin(\beta+\gamma)}$	(223)
	c	$= \frac{a\sin\gamma}{\sin(\beta+\gamma)}$	(224)
(Wenn zwei Winkel gegeben sind, ist immer auch der dritte gegeben!)	h_a	$= \frac{a\sin\beta\sin\gamma}{\sin(\beta+\gamma)}$	(225)
	h_b	$= a\sin\gamma$	(226)
 $\gamma = 180 - (\alpha+\beta)$	h_c	$= a\sin\beta$	(227)
	Fläche A	$= \frac{a^2}{2} \times \frac{\sin\beta\sin\gamma}{\sin(\beta+\gamma)}$	(228)

3. Vierecke

Allgemein: Die Fläche jedes beliebigen Viereckes läßt sich aus den Diagonalen und dem von ihnen eingeschlossenen Winkel θ oder $\theta' = 180° - \theta$ errechnen:

Beliebiges Viereck



Schraffierte Fläche $= A$

$$\sin\theta = \sin\theta' = \frac{2}{bc}\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \quad (229)$$

wobei $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$ den halben Umfang des durch die beiden Diagonalen und die Seite a begrenzten Dreieckes bedeutet. Es kann ein beliebiges Dreieck gewählt werden. Die mit b, c benannten Seiten müssen aber den Winkel θ oder θ' immer *einschließen*.

$$\text{Fläche } A = \frac{d_1 d_2 \sin\theta}{2} \quad (230)$$

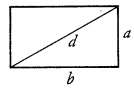
Quadrat



$$d = a\sqrt{2} = 1{,}414214\,a \quad (231)$$

$$\text{Fläche } A = a^2 \quad (232)$$

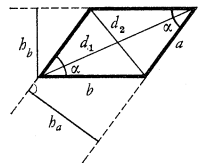
Rechteck



$$d = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (233)$$

$$\text{Fläche } A = a\,b \quad (234)$$

Parallelogramm



$$d_1, d_2 = \sqrt{a^2 + b^2 \pm 2ab\cos\alpha} \quad (235)$$

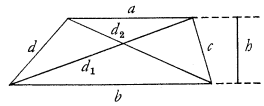
$$= \sqrt{a^2 + b^2 \pm 2a\sqrt{b^2 - h_a^2}} \quad (236)$$

$$h_a = b\sin\alpha \quad (237)$$

$$h_b = a\sin\alpha \quad (238)$$

$$\text{Fläche } A = a\,h_a = b\,h_b = a\,b\sin\alpha \quad (239)$$

4. Trapezoid



a, b parallele, c, d nicht parallele Seiten, d_1 = Diagonale zwischen den Schnittpunkten von d, b und von a, c.

$$d_1 = \sqrt{a\,b + \frac{a\,c^2 - b\,d^2}{a-b}} \quad (240)$$

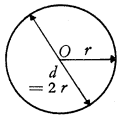
$$d_2 = \sqrt{a\,b + \frac{a\,d^2 - b\,c^2}{a-b}} \quad (241)$$

$$h = \frac{2}{a-b} \times \sqrt{s(s-a+b)(s-c)(s-d)} \quad (242)$$

wobei $s = \frac{1}{2}(a+b+c+d)$

$$\text{Fläche } A = \frac{(a+b)\,h}{2} \quad (243)$$

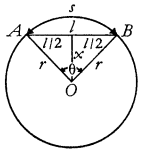
5. Kreis



Umfang $c = 2r\pi = 6{,}283\,1853\,r$
$= 3{,}141\,592\,65\,d$ **(244)**

Fläche $A = r^2\pi = 3{,}141\,592\,65\,r^2$
$= 0{,}785\,398\,16\,d^2$ **(245)**

Kreissektor



Winkel θ zwischen den Radien r

$$\cos\theta = 1 - \frac{l^2}{2r^2} \quad \textbf{(246)}$$

oder

$$\theta = 180° - 2\arcsin(x/r) \quad \textbf{(247)}$$

Länge der Sehne

$$l = 2r\sin\frac{\theta}{2} \quad \textbf{(248)}$$

Länge des Kreisbogens s

$$s = \frac{r\pi\theta}{180} = 0{,}017\,453\,293\,r\theta \quad \textbf{(249)}$$

Fläche A_{Se} des Sektors

$$A_{Se} = \frac{r^2\pi\theta}{360} = 0{,}008\,726\,6463\,r^2\theta \quad \textbf{(250)}$$

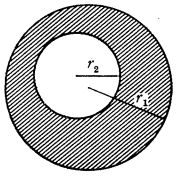
Fläche des Dreieckes OAB

$$A_{\triangle} = \frac{r^2\sin\theta}{2} \quad \textbf{(251)}$$

Fläche des Kreissegmentes AsB

$$A_{Sg} = \frac{r^2\pi\theta}{360} - \frac{r^2\sin\theta}{2} \quad \textbf{(252)}$$
$$= 0{,}008\,726\,6463\,r^2 \times (\theta - 57{,}295\,7795\sin\theta)$$

Kreisring

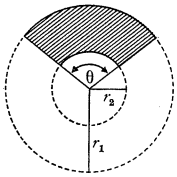


(Die zwei Begrenzungskreise müssen nicht konzentrisch sein)

Schraffierte Fläche A

$$A = \pi(r_1 + r_2)(r_1 - r_2) \quad [r_1 \geqq r_2] \quad \textbf{(253)}$$
$$= 3{,}141\,592\,65\,(r_1 + r_2)(r_1 - r_2)$$

Kreisringsegment (konzentrisches)



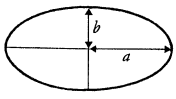
Schraffierte Fläche A

$$A = \frac{\pi\theta}{360}(r_1 + r_2)(r_1 - r_2)\ [r_1 \geqq r_2] \quad \textbf{(254)}$$

$$\frac{\pi}{360} = 0{,}008\,726\,646\,26$$

Für den Winkel θ siehe Gleichungen **(246)** und **(247)**

6. Ellipse

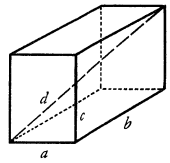


Umfang $\sim 2\pi\sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}}$ **(255)**
$\sim 4{,}443\sqrt{a^2+b^2}$

Fläche $A = ab\pi = 3{,}141\,592\,65\,ab$ **(256)**

XV. Einige stereometrische Berechnungen

1. Quader (alle Kanten stehen senkrecht aufeinander)

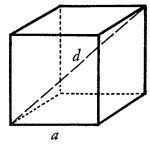


Oberfläche
$A = 2(ab + bc + ca)$ **(257)**

Raumdiagonale
$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ **(258)**

Volumen
$V = abc$ **(259)**

Beim Würfel werden die Gleichungen **(257)** bis **(259)**

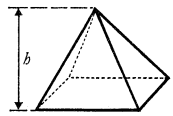


$A = 6a^2$ **(260)**

$d = a\sqrt{3} = 1{,}732\,051\,a$ **(261)**

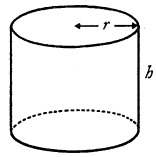
$V = a^3$ **(262)**

2. Pyramide (beliebige Grundfläche)



Volumen
$V = \frac{h}{3}A_G$ **(263)**
(A_G = Grundfläche)

3. Kreiszylinder (gerader)

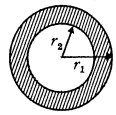


Fläche des Mantels
$A_M = 2r\pi h = 6{,}283\,1853\,rh$ **(264)**

Ganze Oberfläche
$A = 2r\pi(r + h)$
$= 6{,}283\,1853\,r\,(r + h)$ **(265)**

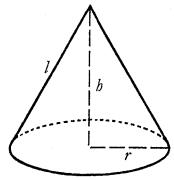
Volumen
$V = r^2\pi h = 3{,}141\,592\,65\,r^2 h$ **(266)**

Beim Hohlzylinder ist



$V_{Hz} = (r_1^2 - r_2^2)\pi h \quad [r_1 \geqq r_2]$ **(267)**
$= 3{,}141\,592\,65\,(r_1^2 - r_2^2)h$

4. Kreiskegel (gerader)

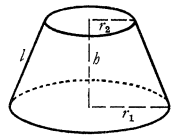


Fläche des Mantels
$A_M = r\pi l = 3{,}141\,592\,65\,rl$ **(268)**
(l = Mantellinie $= \sqrt{r^2 + h^2}$)

Ganze Oberfläche
$A = r\pi(r + l)$ **(269)**
$= 3{,}141\,592\,65\,r\,(r + l)$

Volumen
$V = \frac{1}{3}r^2\pi h = 1{,}047\,197\,55\,r^2 h$ **(270)**

Kegelstumpf (gerader, Deckfläche parallel zur Grundfläche)

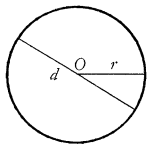


Fläche des Mantels
$A_M = \pi l(r_1 + r_2)$ **(271)**
$= 3{,}141\,592\,65\,l(r_1 + r_2)$

Ganze Oberfläche
$A = \pi[r_1(r_1 + l) + r_2(r_2 + l)]$ **(272)**

Volumen
$V = \frac{\pi h}{3}(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$ **(273)**
$= 1{,}047\,197\,55\,h\,(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$

5. Kugel



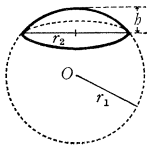
Oberfläche

$$A = 4r^2\pi = \pi d^2 \qquad (274)$$
$$= 12{,}566\,3706\, r^2 = 3{,}141\,592\,65\, d^2$$

Volumen

$$V = \frac{4r^3\pi}{3} = \frac{\pi d^3}{6} \qquad (275)$$
$$= 4{,}607\,669\,23\, r^3 = 0{,}523\,598\,78\, d^3$$

Kugelsegment



Oberfläche des Mantels

$$A_M = \pi(r_2^2 + b^2) = 2r_1\pi b \qquad (276)$$

Ganze Oberfläche

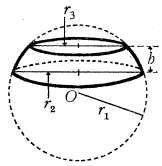
$$A = \pi(2r_2^2 + b^2) \qquad (277)$$

Volumen

$$V = \frac{\pi b}{6}(3r_2^2 + b^2) \qquad (278)$$
$$= \frac{\pi b^2}{3}(3r_1 - b)$$

($\pi = 3{,}141\,592\,65$; $\pi/6 = 0{,}523\,598\,78$; $\pi/3 = 1{,}047\,197\,55$)

Kugelzone (ausgeschnitten von zwei parallelen Ebenen im Abstand b voneinander)



Oberfläche des Mantels

$$A_M = 2\pi r_1 b = 6{,}283\,1853\, r_1 b \qquad (279)$$

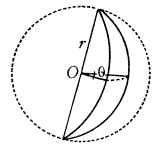
Ganze Oberfläche

$$A = \pi(r_2^2 + 2r_1 b + r_3^2) \qquad (280)$$

Volumen

$$V = \frac{\pi b}{6}(3r_2^2 + 3r_3^2 + b^2) \qquad (281)$$
$$= 0{,}523\,598\,78\, b(3r_2^2 + 3r_3^2 + b^2)$$

Kugelkeil



Volumen

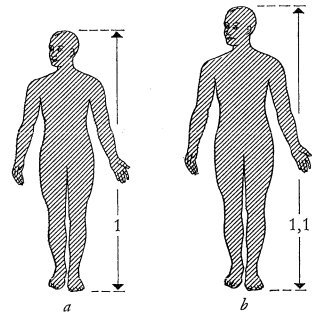
$$V = \frac{\pi r^3 \theta}{270} = 0{,}011\,635\,528\, r^3\theta \qquad (282)$$

[für θ vgl. **(246)** und **(247)**]

(θ = Winkel zwischen den durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Ebenen, die den Keil herausschneiden.)

6. Ähnliche Körper

Sie verhalten sich der Oberfläche nach wie die Quadrate, dem Inhalt nach wie die Kuben entsprechender Längen. **(283)**



Das heißt

b ist 10 % größer,

hat 21 % mehr Oberfläche und

33 % mehr Gewicht.

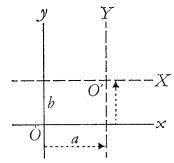
XVI. Einige Formeln der analytischen Geometrie

1. Transformationen am rechtwinkligen Koordinatensystem

Die transformierten Koordinaten werden mit C, die transformierten Variablen mit X, Y bezeichnet, die nicht transformierten Koordinaten und Variablen mit c, x, y. Der Einfachheit halber werden die Transformationen im I. Quadranten demonstriert (vgl. Abschnitt XI), die Formeln sind aber allgemeingültig.

a) Parallelverschiebung

Der Koordinatenursprung O soll nach O' verschoben werden. Die Koordinaten von O' sind im nicht transformierten System a in x-Richtung und b in y-Richtung.



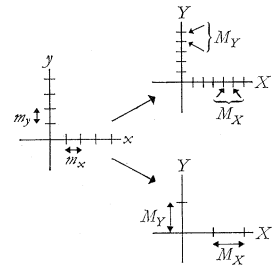
Transformation $c \to C$

$$X = x - a \qquad (284)$$
$$Y = y - b$$

Transformation $C \to c$

$$x = a + X \qquad (285)$$
$$y = b + Y$$

b) Lineare Maßstabsänderung



Transformation $c \to C$

$$X = \frac{M_X}{m_x}x \qquad (286)$$
$$Y = \frac{M_Y}{m_y}y$$

Transformation $C \to c$

$$x = \frac{m_x}{M_X}X \qquad (287)$$
$$y = \frac{m_y}{M_Y}Y$$

c) Parallelverschiebung und lineare Maßstabsänderung

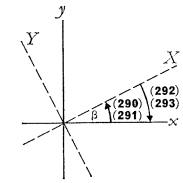
Transformation $c \to C$

$$X = \frac{M_X}{m_x}(x - a) \qquad (288)$$
$$Y = \frac{M_Y}{m_y}(y - b)$$

Transformation $C \to c$

$$x = a + \frac{m_x}{M_X}X \qquad (289)$$
$$y = b + \frac{m_y}{M_Y}Y$$

d) Drehung des Koordinatensystems



Transformation $c \to C$

$$X = x\cos\beta + y\sin\beta \qquad (290)$$
$$Y = y\cos\beta - x\sin\beta$$

oder

$$X = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}(x + y\tan\beta) \qquad (291)$$
$$Y = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}(y - x\tan\beta)$$

Transformation $C \to c$

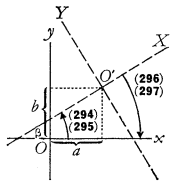
$$x = X\cos\beta - Y\sin\beta \qquad (292)$$
$$y = X\sin\beta + Y\cos\beta$$

oder

$$x = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}(X - Y\tan\beta) \qquad (293)$$
$$y = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}(Y + X\tan\beta)$$

e) Drehung des Koordinatensystems und Parallelverschiebung

Transformation $c \rightarrow C$



$$X = (x-a)\cos\beta + (y-b)\sin\beta \qquad (294)$$
$$Y = (y-b)\cos\beta - (x-a)\sin\beta$$

oder

$$X = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}[x - a + (y-b)\tan\beta] \qquad (295)$$
$$Y = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}[y - b - (x-a)\tan\beta]$$

Transformation $C \rightarrow c$

$$x = a + X\cos\beta - Y\sin\beta \qquad (296)$$
$$y = b + Y\cos\beta + X\sin\beta$$

oder

$$x = a + \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}(X - Y\tan\beta) \qquad (297)$$
$$y = b + \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\beta}}(Y + X\tan\beta)$$

2. Die Gerade

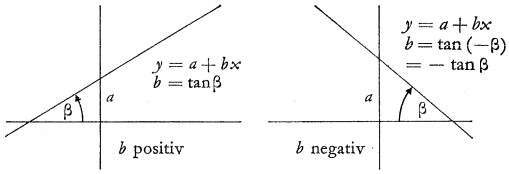
Allgemeine Gleichung:

$$Ax + By + C = 0 \qquad (298)$$

Steigungsgleichung

$$y = a + bx \quad \text{oder} \quad x = \frac{y-a}{b} \qquad (299)$$

a = Interzept auf der y-Achse, b = Tangens des Steigungswinkels β = Steigungsmaß der Geraden. Zu beachten: $b = \tan\beta$ ist nur unter der Voraussetzung richtig, daß auf beiden Koordinatenachsen die gleiche Einheit abgetragen ist.



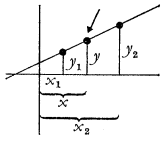
Spezialfälle

$x = a$ ist die Gleichung einer Parallelen zur y-Achse (300)

$y = c$ ist die Gleichung einer Parallelen zur x-Achse (301)

Eine Gerade steht senkrecht auf einer andern Geraden mit Steigungsmaß b, wenn ihr Steigungsmaß $-1/b$ beträgt. (302)

Gerade durch zwei Punkte mit den Koordinaten x_1, y_1; x_2, y_2



$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) \qquad (303)$$

Diese Formel braucht man zur linearen Interpolation.

	x	y
Beispiel: Tafelwerte:	110	83,83
	120	95,66

Gesucht: der y-Wert für $x = 116$

Lösung: $y = 83{,}83 + \frac{95{,}66 - 83{,}83}{120 - 110}(116 - 110) = 90{,}93$

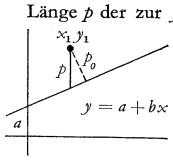
Gerade mit dem Steigungsmaß b durch einen Punkt x_1, y_1

$$y = y_1 + b(x - x_1) \qquad (304)$$

Gerade durch den Ursprung und einen Punkt x_1, y_1

$$y = \frac{y_1}{x_1}x \qquad (305)$$

Länge p der zur y-Achse parallel verlaufenden Strecke zwischen einem Punkt x_1, y_1 und der Geraden $y = a + bx$

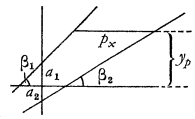


$$p = y_1 - a - bx_1 \qquad (306)$$

Kürzester (orthogonaler) Abstand p_0 zwischen einem Punkt und der Geraden $y = a + bx$

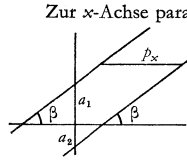
$$p_0 = \frac{y_1 - a - bx_1}{\sqrt{1+b^2}} \qquad (307)$$

Zur x-Achse paralleler Abstand p_x in Schnitthöhe y_p zwischen zwei Geraden $y = a_1 + b_1x$ und $y = a_2 + b_2x$



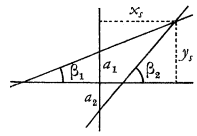
$$p_x = \left| \frac{y_p - a_1}{b_1} - \frac{y_p - a_2}{b_2} \right| \qquad (308)$$

Zur x-Achse paralleler Abstand p_x zwischen zwei Parallelen $y = a_1 + bx$ und $y = a_2 + bx$ [Spezialfall von (308): $b_1 = b_2$]



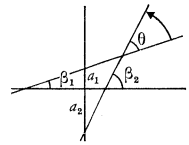
$$p_x = \left| \frac{a_1 - a_2}{b} \right| \qquad (309)$$

Koordinaten des Schnittpunktes zweier Geraden $y = a_1 + b_1x$ und $y = a_2 + b_2x$



$$x_s = \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}$$
$$y_s = \frac{b_1a_2 - b_2a_1}{b_1 - b_2} \qquad (310)$$

Winkel θ zwischen zwei Geraden mit den Steigungen b_1 und b_2

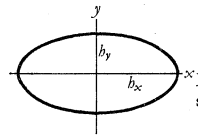


$$\tan\theta = \frac{b_1 - b_2}{b_1b_2 + 1} \qquad (311)$$

Unter dem Winkel θ wird derjenige positive Winkel verstanden, um den man die erste Gerade drehen muß, damit sie mit der zweiten einschließlich der Richtung zusammenfällt. Zu beachten: Gleichung (311) ist nur unter der Voraussetzung richtig, daß auf beiden Koordinatenachsen die gleiche Einheit abgetragen ist.

3. Die Ellipse

Hauptachsengleichung (angepaßt an späteren Gebrauch)



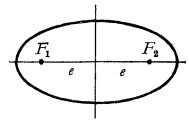
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = c^2 \qquad (312)$$

a und b bestimmen das Verhältnis der Halbachsen zueinander und damit die Gestalt der Ellipse.

Bezeichnet man mit b_x die große, mit b_y die kleine Halbachse, so wird (312)

$$\frac{x^2}{b_x^2} + \frac{y^2}{b_y^2} = 1 \quad \begin{cases} b_x^2 = c^2a^2 \\ b_y^2 = c^2b^2 \end{cases} \qquad (313)$$

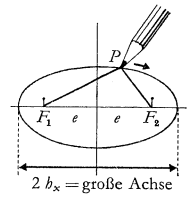
Abstand der Brennpunkte F_1 und F_2



$$2e = 2\sqrt{b_x^2 - b_y^2} \qquad (314)$$

e wird lineare Exzentrizität genannt.

Länge s eines Fadens vom Brennpunkt F_1 zum Punkte P auf der Kurve und von dort zum Brennpunkt F_2 (= Summe s der Brennstrahlen nach einem Punkte der Kurve)



$$s = 2b_x = \text{große Achse} \qquad (315)$$

Fadenkonstruktion der Ellipse nach (315), wobei der Abstand e nach (314) bestimmt wird.

Schrägstehende Ellipsen und entsprechende Koordinatentransformationen sowie weitere Kurven zweiten Grades werden später im Text, soweit benötigt, kurz besprochen. Flächeninhalt und Umfang der Ellipse siehe die Gleichungen (255) und (256).

Es ist unmöglich, auf den uns zur Verfügung stehenden wenigen Seiten eine ausführliche Anleitung zu den zahlreichen statistischen Tafeln zu geben, die in die 6. Auflage der *Wissenschaftlichen Tabellen* neu aufgenommen worden sind.

Wir beschränken uns im folgenden auf das Grundsätzliche, das ein Nichtmathematiker braucht, um einfache statistische Aufgaben zu lösen.

Einleitung

Statistik als angewandte Wahrscheinlichkeitsrechnung ist überall dort erforderlich, wo Resultate von Handlungsabläufen zu beurteilen sind, die zwar gewissen Grundgesetzen gehorchen, daneben aber auch noch durch unbekannte Faktoren, durch den «Zufall», modifiziert werden. In den empirischen Wissenschaften, den exakten wie den biologischen, dürfte dies überall zutreffen, im weiteren Sinne auch bei den abstrakten Wissenschaften:

On peut même dire, à parler en rigueur, que presque toutes nos connaissances ne sont que probables; et dans le petit nombre des choses que nous pouvons savoir avec certitude, dans les sciences mathématiques elles-mêmes, les principaux moyens de parvenir à la vérité, l'induction et l'analogie, se fondent sur les probabilités... (De Laplace, 1820)[1].

Das Mißtrauen, das der Statistik von medizinischer Seite oft entgegengebracht wird, gründet sich einerseits auf den bekannten Satz «mit Statistik läßt sich alles beweisen» und andererseits auf den Umstand, daß die Mathematik beim durchschnittlich eher intuitiv handelnden Arzt nicht besonders beliebt ist. Sicherlich zu Unrecht, ist doch die Statistik einer der lebendigsten Zweige der Mathematik und in ihren Grundzügen zur Orientierung und Selbstkontrolle leicht erlernbar. In diesem Zusammenhange sei nur daran erinnert, daß jede Diagnose das Resultat einer bewußt oder unbewußt durchgeführten Wahrscheinlichkeitsrechnung darstellt.

Das diskreditierende Schlagwort der alles beweisenden Statistik ist eine Folge ihrer falschen Anwendung sowie fehlerhafter oder zu weit gehender Interpretation. Statistik ist eine Methode wie jede andere wissenschaftliche Methode. Als solche besitzt sie eo ipso keine Beweiskraft. Andererseits ist sie die einzige Methode, welche die Beurteilung zufallsbeeinflußter (stochastischer) Größen nach soliden, reproduzierbaren, auf logisch-mathematischen Überlegungen beruhenden Regeln erlaubt. Weit eher gilt deshalb der zitierte Satz im umgekehrten Sinne, indem *ohne statistische Kenntnisse projektierte und verwertete Untersuchungen keine Beweiskraft besitzen.* Man vergegenwärtige sich, wie das menschliche Urteil stark von unterbewußten Wünschen und von der selbst beim ärgsten Pessimisten tief verankerten Tendenz beeinflußt wird, die eigenen Chancen höher einzuschätzen. Selbst der Vorsichtigste kann durch diese psychologischen Faktoren fehlgeleitet werden, wenn er sich nicht durch eine geeignete Selbstkontrolle davor schützt:

Le sentiment par lequel l'homme s'est placé longtemps au centre de l'univers, en se considérant comme l'objet spécial des soins de la nature, porte chaque individu à se faire le centre d'une sphère plus ou moins étendue, et à croire que le hasard a pour lui des préférences. Soutenus par cette opinion, les joueurs exposent souvent des sommes considérables à des jeux dont ils savent que les chances leur sont contraires. Dans la conduite de la vie, une semblable opinion peut quelquefois avoir des avantages; mais le plus souvent elle conduit à des entreprises funestes. Ici, comme en tout, les illusions sont dangereuses et la vérité seule est généralement utile.

Un des grands avantages du Calcul des Probabilités est d'apprendre à se défier des premiers aperçus. Comme on reconnaît qu'ils trompent souvent lorsqu'on peut les soumettre au calcul, on doit en conclure que sur d'autres objets il ne faut s'y livrer qu'avec une circonspection extrême (De Laplace, 1820)[1].

So hat denn auch «der Wunsch als Vater des Gedankens», getarnt als «nach unserer Erfahrung», «unserer Ansicht», «unserer Überzeugung» usw. und mit einigen Prozentzahlen untermauert, einiges auf seinem Gewissen, wenn er auch als Ansporn, Neues zu suchen, unentbehrlich sein mag. Man denke an die unzähligen besseren Behandlungsmethoden, Medikamente usw., die nach einem enthusiastischen Aufschwung sang- und klanglos wieder im Dunkeln verschwinden.

Es wäre manchem Forscher viel vergebliche Mühe und Zeit erspart geblieben, wenn er seine Hypothesen und Entdeckungen vor der Publikation einer statistischen Prüfung unterzogen hätte. Diese Erkenntnis ist in den letzten Jahren sichtlich Allgemeingut geworden, und die Zusammenarbeit zwischen klinischer Medizin und Statistik ist schon sehr eng.

Damit entsteht eine andere Gefahr, die nicht übersehen werden darf. Man neigt im allgemeinen dazu, die Bedeutung eines neuerworbenen Forschungsinstrumentes zu überschätzen, besonders dann, wenn seine Handhabung noch ungeläufig und mühsam ist. Man stellt allzusehr auf die mit ihm gewonnenen Resultate ab, wobei Selbstkritik, Abschätzung der richtigen Proportionen, Überprüfung der experimentellen Resultate unterlassen oder zu leicht genommen werden. Einen solchen Dispens gibt die Statistik selbstverständlich nicht. Mit zunehmender Erfahrung wird der Anfänger im Gegenteil bemerken, daß das statistische Gedankengut ihn vorsichtiger, aber auch intuitiver gemacht hat.

1. Einleitende Definitionen*

Zufallsbeeinflußte Experimente lassen sich gedanklich mit einer Urnenoperation vergleichen, wie sie zum Beispiel eine Lotterieziehung darstellt: Eine Urne sei mit Kugeln gefüllt, die durch die Zahlen 0, 1, 2, . . ., 9 gekennzeichnet sind. Vor Beginn der Ziehungen wird der Urneninhalt gut durchgemischt. Der Spieler, der die Kugeln der Urne entnimmt, soll auf die Auswahl keinen Einfluß ausüben können.

Auf Grund dieses Schemas bezeichnen wir

- das Durchmischen des Urneninhaltes als *Verzufälligen* (randomisation) des experimentellen Ausgangsmaterials; **(316)**
- die die Kugeln kennzeichnenden Zahlen 0, 1, 2, . . ., 9 als *Merkmale;* **(317)**
- die Gesamtheit aller Kugeln in der Urne als Grundgesamtheit oder *Bevölkerung* (population); **(318)**
- einen Zug als *Versuch;* **(319)**
- N Versuche als *zufälliges Stichprobensammeln* (random sampling); **(320)**
- das Ergebnis eines Versuches, wenn zum Beispiel die Zahl 5 gezogen wird, als *zufälliges Ereignis* 5; **(321)**
- das Ergebnis von N Versuchen als *zufällige Stichprobe* (random sample) des Umfanges N, kurz als Stichprobe N; **(322)**
- die Reihenfolge der Ereignisse als *zufällige Folge* [in unserem Beispiel sind dies zufällig angeordnete Zahlen oder *Zufallszahlen* (random numbers)]; **(323)**
- die relative Häufigkeit der Merkmale in der Bevölkerung als die *Wahrscheinlichkeit* dieser Merkmale, gezogen zu werden; **(324)**
- die relative Häufigkeit der Merkmale in der Stichprobe als *Schätzung* der Wahrscheinlichkeit dieser Merkmale; **(325)**
- die Verteilung der Wahrscheinlichkeiten auf die verschiedenen Merkmale als Wahrscheinlichkeitsverteilung, kurz als *Verteilung.* **(326)**

Auf einzelne dieser Begriffe wird später noch näher eingegangen werden.

2. Bevölkerung und Stichprobe

Eine Bevölkerung ist endlich oder unendlich, wenn die Versuche (Ziehungen) endlich oder unendlich viele Male wiederholt werden können. **(327)**

Eine endliche Bevölkerung, das heißt eine Urne mit einer endlichen Anzahl Kugeln, läßt sich durch einen Kunstgriff in eine unendliche verwandeln: Man legt die Kugel nach jedem Zuge wieder in die Urne zurück. Eine solche Urnenoperation nennt man *Stichprobensammeln mit Zurücklegen* (sampling with replacement). **(328)**

Einer unendlichen Bevölkerung lassen sich unendlich viele Stichproben entnehmen, die zum Beispiel alle den gleichen Umfang N haben. Die Gesamtheit aller dieser Stichproben nennen wir Bevölkerung aller Stichproben, des Umfanges N, kurz *Stichprobenbevölkerung* N, und ihre Wahrscheinlichkeitsverteilung *Stichprobenverteilung* N. **(329)**

Eine unendliche Stichprobenbevölkerung läßt sich auch bei Stichproben aus einer endlichen Bevölkerung ähnlich wie in **(328)** erzeugen: Man legt die erste Stichprobe gesamthaft wieder in die Urne zurück, zieht eine zweite Stichprobe des gleichen Umfanges, legt auch diese wieder **(330)**

* Der Mathematiker wird verstehen, wenn wir eine Darstellung wählen, die dem Nichtmathematiker intuitiv leichter verständlich ist als eine streng mathematische.

zurück usw. *Alle Stichprobenbevölkerungen können deshalb als unendlich angesehen werden:* eines der grundlegenden Konzepte der mathematischen Statistik. (330)

Maßzahlen, wie Mittelwert und Streuung, die sich auf die Bevölkerung beziehen, bezeichnet man als *Parameter,* ihr Gegenstück in der Stichprobe als *Statistiken* (statistics). (331)

Symbole, die sich auf die Bevölkerung beziehen, zeichnen wir durch **fette** Schrift aus, wenn eine Unterscheidung zwischen Stichproben- und Bevölkerungssymbolen angebracht ist. Ausnahmen bilden die Symbole für Mittelwert und Streuung: μ und σ^2 beziehen sich auf die Bevölkerung, $\bar{x}$ und s^2 auf die Stichprobe. (332)

3. Merkmal und Ereignis

Merkmale sind gestapelte (mögliche) Ereignisse in der Urne, Ereignisse gezogene Merkmale außerhalb der Urne. Wo keine Verwechslungsgefahr besteht, verwenden wir deshalb das Wort «Ereignis» auch für «Merkmal». So sprechen wir zum Beispiel von der «Bevölkerung der Ereignisse rot und schwarz» usw. (333)

Ist A ein Ereignis, so nennt man das Nichteintreffen von A sein *komplementäres Ereignis,* von uns geschrieben Nicht-A. Beispiele: Erfolg oder Mißerfolg, lebend oder tot, 6 oder Nicht-6 beim Würfeln usw. (334)

Das Komplementärereignis Nicht-A ist vielfach ein Ereignis B. Anstatt eines Knaben kann ein Mädchen geboren werden. Solche Ereignisse nennt man *einander ausschließende Ereignisse,* geschrieben A oder B oder auch A, B. A oder Nicht-A in (**334**) sind somit per definitionem einander ausschließende Ereignisse. (335)

Gleichzeitig eintreffende Ereignisse lassen sich wie *aufeinanderfolgende* Ereignisse behandeln. Treffen die Ereignisse $A, B, C, \ldots$ gleichzeitig oder nacheinander ein, so schreiben wir: A und B und $C \ldots$ oder auch $ABC \ldots$ (336)

Trifft ein Ereignis A unter der Bedingung ein, daß das Ereignis B eingetroffen ist [oder gleichzeitig mit eintrifft, vgl. (**336**)], so nennt man A ein *bedingtes Ereignis,* geschrieben $A|B$, gelesen Ereignis A unter der Bedingung B. B kann mehrere Bedingungen enthalten. (337)

Ein Ereignis, das aus verschiedenen Ereignissen zusammengesetzt ist, nennt man ein *zusammengesetztes Ereignis.* (338)

Qualitative Merkmale können durch Zahlen gekennzeichnet werden, wie zum Beispiel 1 für Erfolg, 0 für Mißerfolg. (339)

Sind die Ereignisse an sich schon Zahlen, so bezeichnen wir sie mit x, wenn sich nicht, wie bei einigen Stichprobenverteilungen, schon andere Symbole eingebürgert haben. (340)

Durchläuft x (in einem endlichen Intervall) nur endlich viele Zahlen, so spricht man von einer *diskreten Zufallsveränderlichen* oder *-variablen.* x ändert sich in diesem Fall *sprunghaft.* Beispiele: 0, 1, 2, 3, ... Erfolge; 25, 26, 27, ... Atemzüge usw. (341)

Bedeuten die Zahlen 1, 2, 3, ... den kleinsten, den zweitkleinsten, den drittkleinsten Wert usw., so spricht man von einer (nach Größe) geordneten oder *rangierten Folge.* Bei einer solchen kann der *genaue* Zahlenwert, der den Rängen «der kleinste», der «zweitkleinste» usw. zugrunde liegt, unbekannt sein. Beispiel 1: Man kann eine Menschengruppe nach Körpergröße in einer Reihe ordnen, ohne die genauen Körperlängen zu kennen. (342)

Durchläuft x in einem Intervall alle unendlich vielen Zahlen dieses Intervalls, so spricht man von einer *stetigen* Zufallsveränderlichen oder -variablen. x ändert sich in diesem Falle *kontinuierlich.* Beispiele stetiger Zufallsvariablen sind Länge, Fläche, Volumen, Gewicht, Temperatur, Zeit, Konzentrationen usw., das heißt Variablen, die *gemessen* werden können. (343)

In Wirklichkeit bestehen stetige Zufallsveränderliche nur in der Vorstellung, weil alle Meßwerte gerundete Zahlen darstellen. Wenn zum Beispiel bei einer Waage das Milligramm das kleinste Meßintervall ist, so wird man die gewogenen Gewichte auf das nächstliegende Milligramm auf- oder abrunden. x kann sich somit nur noch sprunghaft von Milligramm zu Milligramm ändern. Wir nennen eine solche Variable eine *gekörnte Veränderliche:* Gekörnte Variablen sind an sich stetige Veränderliche, die durch Rundung in diskrete umgewandelt wurden. (344)

In einer Stichprobe aus zwei oder mehr Versuchen kann bei diskreten Veränderlichen der gleiche Wert zwei- oder mehrmals vorkommen, bei stetigen Variablen ist dies ein fast unmögliches Ereignis [vgl. (**352**)], das aber um so häufiger eintreffen kann, je gröber sie gekörnt sind. Vgl. (**344**). (345)

Kommen in einer Stichprobe einer gekörnten Variablen zwei oder mehr gleiche Werte vor, so nennt man diese Werte *Bindungen* (ties) oder spricht von gebundenen Werten. Vgl. (**344**) und (**345**). (346)

4. Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit, zusammengesetzte Ereignisse

In einer Gruppe von N Individuen seien x weiblichen und $N-x$ männlichen Geschlechtes. x und $N-x$ sind die *absoluten,* x/N und $(N-x)/N$ die *relativen Häufigkeiten* der Frauen und Männer dieser Gruppe. Wenn wir im folgenden von Häufigkeiten sprechen, so sind damit immer die relativen Häufigkeiten gemeint. (347)

Die relative Häufigkeit, multipliziert mit 100, wird *prozentuale Häufigkeit* genannt. Beispiel 2: Bei 81 Operationen sind 3 Todesfälle eingetreten. Die prozentuale Häufigkeit beträgt $(3/81) \times 100 = 3{,}7\,\%$. (348)

Man findet die prozentuale Häufigkeit für N zwischen 2 und 100 und für beliebige $x \leqq N$ in der Kolonne 100 p_x (Kolonne 2) der Tafeln auf S. 85–98. Für obiges Beispiel siehe S. 93, $N = 81$, $x = 3$.

Wir symbolisieren Wahrscheinlichkeiten mit folgenden Symbolen:
«Wahrscheinlichkeit» allgemein ..... Prob
Wahrscheinlichkeiten einander ausschließender Ereignisse ..... $\dot{\boldsymbol{P}}$
Wahrscheinlichkeiten zweier komplementärer Ereignisse ..... $\boldsymbol{p}$ und $\boldsymbol{q}$ (349)

Später verwenden wir noch die Symbole α und $\boldsymbol{P}$ [vgl. (**378**) und (**379**)].

In (**324**) definierten wir die *Wahrscheinlichkeit als relative Häufigkeit eines Merkmals* [oder Ereignisses, vgl. (**333**)] *in der Bevölkerung.* Aus dieser Definition lassen sich unmittelbar ableiten: (**350**) bis (**355**).

Jede Wahrscheinlichkeit ist eine Zahl zwischen Null und Eins.
$0 \leqq \text{Prob} \leqq 1$ (350)

Ein unmögliches Ereignis hat die Wahrscheinlichkeit Null, ein sicheres Ereignis die Wahrscheinlichkeit Eins. *Der umgekehrte Schluß ist aber nicht zulässig,* es gilt vielmehr: (351)

Ein Ereignis mit Wahrscheinlichkeit Null ist ein *fast* unmögliches Ereignis, ein Ereignis mit Wahrscheinlichkeit Eins ist ein *fast* sicheres Ereignis. Beispiel 3: Eine Urne enthalte alle natürlichen Zahlen $1, 2, 3, \ldots, \infty$. Die Wahrscheinlichkeit, bei einem Zuge zum Beispiel die Zahl 1960 zu ziehen, ist $1/\infty = 0$. Trotzdem besteht die Möglichkeit, diese Zahl zu ziehen, da sie in der Bevölkerung enthalten ist. (352)

Die Summe der Wahrscheinlichkeiten *aller* einander ausschließenden, aus *einer* Bevölkerung stammenden Ereignisse $E_0, E_1, \ldots, E_T$ ist gleich Eins:

$$\text{Prob}\,(E_0 \text{ oder } E_1 \text{ oder } \ldots E_T) = \dot{\boldsymbol{P}}_0 + \dot{\boldsymbol{P}}_1 + \cdots + \dot{\boldsymbol{P}}_T = 1$$

wobei T = Total aller einander ausschließenden Ereignisse, und [vgl. (**335**)]

$$\text{Prob}\,(E \text{ oder Nicht-}E) = \boldsymbol{p} + \boldsymbol{q} = 1$$ (353)

Als Folgerung von (**353**) ergibt sich: Eine Bevölkerung mit vielen einander ausschließenden Ereignissen läßt sich in verschiedener Weise in eine Bevölkerung mit zwei komplementären Ereignissen umformen. (354)

Es ist zum Beispiel

$$\text{Prob}\,[\underbrace{(E_0 \text{ oder } E_1)}_{=E} \text{ oder } \underbrace{(E_2 \text{ oder } \dots E_T)}_{=\text{Nicht-}E}]$$
$$= \underbrace{(\dot{\boldsymbol{P}}_0 + \dot{\boldsymbol{P}}_1)}_{=\boldsymbol{p}} + \underbrace{(\dot{\boldsymbol{P}}_2 + \cdots + \dot{\boldsymbol{P}}_T)}_{=\boldsymbol{q}}$$

wobei T = Total aller einander ausschließenden Ereignisse.

Beispiel 4 zu (**354**). Bei einem «wahren» Würfel sei die Wahrscheinlichkeit einer Zahl, geworfen zu werden, gleich 1/6. Die Wahrscheinlichkeit, eine 6 zu werfen, ist 1/6, eine Nicht-6 (= 1 oder 2 oder ... 5) zu werfen, 5/6. Die Wahrscheinlichkeit, eine gerade Zahl (= 2 oder 4 oder 6) zu werfen, ist $1/6 + 1/6 + 1/6 = 1/2$, eine ungerade Zahl zu werfen, ebenfalls 1/2.

Als Folgerung von (**353**) ergibt sich:

Die Wahrscheinlichkeit, daß von den einander ausschließenden Ereignissen $A, B, \dots$ entweder das Ereignis A oder das Ereignis B oder ... eintrifft, ist gleich der Summe ihrer Wahrscheinlichkeiten, *sofern die Ereignisse aus ein und derselben Bevölkerung stammen.* (**355**)

$$\text{Prob}\,(A \text{ oder } B \text{ oder} \dots) = \dot{\boldsymbol{P}}_A + \dot{\boldsymbol{P}}_B + \cdots$$

Beispiel 5 zu (**355**). *Richtige Anwendung.* Die Wahrscheinlichkeit der 85jährigen, an Pneumonie zu sterben, sei 0,2, an Karzinom zu sterben, ebenfalls 0,2. Die Wahrscheinlichkeit der 85jährigen, entweder an Pneumonie oder an Karzinom zu sterben, ist dann $0{,}2 + 0{,}2 = 0{,}4$.

Beispiel 6 zu (**355**). *Falsche Anwendung.* Die Sterbewahrscheinlichkeit der 85jährigen sei 0,5, der 86jährigen 0,6. Es ist falsch, zu sagen: «Die Wahrscheinlichkeit eines 85jährigen, entweder mit 85 oder mit 86 Jahren zu sterben, ist 1,1.» Hier würde uns schon die Wahrscheinlichkeit von 1,1, die es nach (**350**) nicht geben darf, auf einen Fehler hinweisen. Bei einer Wahrscheinlichkeit von 0,4, wie beim Beispiel 5, hätten wir den Fehler wohl übersehen. Er liegt darin, daß wir Wahrscheinlichkeiten einander ausschließender Ereignisse aus *verschiedenen* Bevölkerungen, jener der 85jährigen und jener der 86jährigen, addiert haben.

Die Wahrscheinlichkeit zweier gleichzeitiger oder aufeinanderfolgender Ereignisse A und B ist gleich der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses A, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses B unter der Bedingung A, oder gleich der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses B, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses A unter der Bedingung B. Über bedingte Ereignisse siehe (**337**). (**356**)

$$\text{Prob}\,(A \text{ und } B) = \text{Prob}\,(A) \times \text{Prob}\,(B\,|\,A)$$
$$= \text{Prob}\,(B) \times \text{Prob}\,(A\,|\,B)$$

Beispiel 7 zu (**356**). Eine Urne enthalte N Kugeln, wovon x rote und $N - x$ weiße. Man sammle eine Stichprobe von zwei Kugeln *ohne Zurücklegen*. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, a) zwei rote, b) eine rote und eine weiße Kugel zu ziehen?

a) Die Wahrscheinlichkeit einer roten Kugel beim 1. Zug ist x/N. Die bedingte Wahrscheinlichkeit einer roten Kugel beim 2. Zug, nachdem beim 1. Zug schon eine rote Kugel gezogen und damit aus der Urne entfernt worden ist, ist $(x-1)/(N-1)$. Die Wahrscheinlichkeit, zwei rote Kugeln zu ziehen, ist somit

$$\text{Prob (rot und rot)} = \frac{x}{N} \times \frac{x-1}{N-1}$$

b) $$\text{Prob (rot und weiß)} = \frac{x}{N} \times \frac{N-x}{N-1}$$
$$= \frac{N-x}{N} \times \frac{x}{N-1} = \text{Prob (weiß und rot)}$$

Beispiel 8 zu (**356**). Wir sammeln aus der gleichen Urne wie in Beispiel 7 eine gleich große Stichprobe, aber *mit Zurücklegen*. Die Fragestellung bleibt die gleiche.

a) Die Wahrscheinlichkeit einer roten Kugel beim 1. Zug ist wiederum x/N. Weil wir die Kugel wieder zurücklegen, bleibt die Wahrscheinlichkeit, beim 2. Zug eine rote Kugel zu ziehen, gleich groß:

$$\text{Prob (rot und rot)} = \frac{x}{N} \times \frac{x}{N}$$

b) $$\text{Prob (rot und weiß)} = \frac{x}{N} \times \frac{N-x}{N}$$
$$= \frac{N-x}{N} \times \frac{x}{N} = \text{Prob (weiß und rot)}$$

Wir sehen in Beispiel 7, daß die Wahrscheinlichkeiten sich mit jedem Zug ändern, das heißt, jeder folgende Zug ist vom vorhergegangenen *abhängig*. Wir sprechen in einem solchen Fall von *abhängigen Versuchen* und *abhängigen Ereignissen*. Anders in Beispiel 8, wo die Züge sich gegenseitig nicht beeinflussen. Die Versuche und Ereignisse sind *unabhängig*.

Wir merken uns: Beim Stichprobensammeln ohne Zurücklegen, das heißt aus *endlichen* Bevölkerungen, sind die Versuche und Ereignisse voneinander *abhängig*, beim Stichprobensammeln mit Zurücklegen, das heißt aus *unendlichen* Bevölkerungen, sind sie *unabhängig*. (**357**)

Man bezeichnet zwei gleichzeitige oder aufeinanderfolgende Ereignisse als stochastisch *abhängige* Ereignisse, wenn in (**356**) die bedingte und die absolute Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses *ungleich* groß sind, das heißt, wenn (**358**)

$$\text{Prob}\,(A\,|\,B) \neq \text{Prob}\,(A) \quad \text{oder} \quad \text{Prob}\,(B\,|\,A) \neq \text{Prob}\,(B)$$

Man bezeichnet zwei gleichzeitige oder aufeinanderfolgende Ereignisse als stochastisch *unabhängige* Ereignisse, wenn in (**356**) die bedingte und die absolute Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses *gleich* groß sind, das heißt, wenn (**359**)

$$\text{Prob}\,(A\,|\,B) = \text{Prob}\,(A) \quad \text{oder} \quad \text{Prob}\,(B\,|\,A) = \text{Prob}\,(B)$$

Aus (**356**) und (**359**) ist abzuleiten: Man bezeichnet die Ereignisse A und B als stochastisch voneinander unabhängig, wenn die Wahrscheinlichkeit für ihr gleichzeitiges oder aufeinanderfolgendes Eintreffen gleich dem Produkt ihrer Wahrscheinlichkeiten ist: (**360**)

Wenn $\text{Prob}\,(A \text{ und } B) = \text{Prob}\,(A) \times \text{Prob}\,(B)$
dann sind A und B voneinander stochastisch unabhängig

In (**358**) bis (**360**) sind «abhängig» und «unabhängig» mit der Einschränkung «stochastisch» verknüpft. Dies ist eine Vorsichtsmaßnahme des Statistikers. *In* (**358**) *bis* (**360**) *schließt man nämlich auf Grund eines mathematischen Resultates auf einen Tatbestand.* Liegt letzterer ganz im Bereich der Wahrscheinlichkeitsrechnung, so sind die Schlüsse «abhängig» und «unabhängig» voll gültig, wie etwa in Beispiel 7 und 8 von (**356**). Extrapoliert man aber solche Schlüsse über den mathematischen Bereich hinaus auf physikalische, chemische, physiologische usw. Tatbestände, so wird die Einschränkung «stochastisch» notwendig, weil die Begriffe «abhängig» und «unabhängig» *kausal* nicht unbedingt zutreffen müssen. Stochastisch unabhängige Ereignisse können realiter sehr wohl abhängig sein. *Der Schluß «unabhängig» legt nur tatsächliche Unabhängigkeit der Ereignisse nahe.* Man wird ihn akzeptieren, wenn die physischen Umstände nicht dagegen sprechen. *Andererseits wird man ihn dann als Beweis ansehen,* wenn auf Grund des physischen Tatbestandes Unabhängigkeit *vorausgesetzt* wurde und die mathematische Behandlung zum *gleichen* Ergebnis kam. Aus diesem Grunde sollte man sich (**360**) auch in umgekehrter Richtung einprägen: (**361**)

Sind A und B voneinander unabhängige Ereignisse, so ist die Wahrscheinlichkeit für ihr gleichzeitiges oder aufeinanderfolgendes Eintreffen gleich dem Produkt ihrer Wahrscheinlichkeiten: (**362**)

$$\text{Prob}\,(A \text{ und } B) = \text{Prob}\,(A) \times \text{Prob}\,(B)$$
wenn A und B voneinander unabhängig sind

Beispiel 9 zu (**362**). Eine Urne enthalte die beiden Ereignisse + oder − mit den Wahrscheinlichkeiten 1/2. Wir sammeln Stichproben mit Zurücklegen, somit sind die Ereignisse nach (**357**) voneinander unabhängig. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, 5-, 6-, 7mal das Pluszeichen hintereinander zu ziehen? Die Wahrscheinlichkeiten sind $(1/2)^5$, $(1/2)^6$, $(1/2)^7$, somit 0,03125, 0,015625, 0,0078125.

Beispiel 10 zu (**362**). Eine Urne mit unendlicher Bevölkerung enthalte die Ereignisse A oder B mit den Wahrscheinlichkeiten $\boldsymbol{p}$ und $\boldsymbol{q}$. Wie groß sind die Wahrscheinlichkeiten für die Ereignisse AA, AB, BA, BB in zwei Zügen?

Ereignis	Wahrscheinlichkeit		
AA	$p \times p$	$= p^2$	$= p^2 + 2pq + q^2 = (p+q)^2$
AB	$p \times q$	$= 2pq$	$= 1^2 = 1$, wie es nach (**353**) sein soll
BA	$q \times p$		
BB	$q \times q$	$= q^2$	

In $p^2 + 2pq + q^2$ stellen die einzelnen Glieder die *Wahrscheinlichkeitsverteilung* für die Ereignisse AA, AB und BB dar, sofern wir auf die Reihenfolge des Ereignisses AB keinen Wert legen. Damit haben wir eine *Stichprobenverteilung* [vgl. (**329**)] gefunden für Stichproben des Umfanges 2 aus Urnen mit unendlicher Bevölkerung, den komplementären Merkmalen A oder B und den Wahrscheinlichkeiten p und q. Intuitiv merkt man aus diesem Beispiel, wie es für Stichproben mit 3, 4, ... Zügen weitergehen wird: die Stichprobenverteilungen werden sich als binomische Entwicklungen von $(p+q)^3$, $(p+q)^4$, ... nach (**113**) darstellen lassen. Vgl. Binomialverteilung, Abschnitt 20.

5. Diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung

In Beispiel 10 zu (**362**) fanden wir eine einfache, in der Praxis wichtige Stichprobenverteilung, die später noch besprochen wird. Hier wollen wir nur einige Begriffe an Hand einer solchen Verteilung einführen.

Gegeben sei die unendliche Bevölkerung mit den Ereignissen $x = 0, 1, 2, \ldots, 10$ und den Wahrscheinlichkeiten $\dot{P}_x$:

x	$\dot{P}_x = f(x)$	$\sum_0^{x=k} \dot{P}_x = F(x)$
0	0,0010	0,0010 $= \dot{P}_0$
1	0,0098	0,0108 $= \dot{P}_0 + \dot{P}_1$
2	0,0439	0,0547 $= \dot{P}_0 + \dot{P}_1 + \dot{P}_2$
3	0,1172	0,1719 $= \dot{P}_0 + \dot{P}_1 + \dot{P}_2 + \dot{P}_3$
4	0,2051	0,3770 usw.
5	0,2460	0,6230
6	0,2051	0,8281
7	0,1172	0,9453
8	0,0439	0,9892
9	0,0098	0,9990
10	0,0010	1,0000

In Kolonne $\dot{P}_x = f(x)$ sind die Wahrscheinlichkeiten für die Ereignisse $x = 0$, $x = 1$, $x = 2$ usw. notiert:

Dies ist nach (**326**) die *Wahrscheinlichkeitsverteilung* für die Ereignisse $x = 0$, $x = 1$, $x = 2$ usw., symbolisiert mit $f(x)$. } (**363**)

In Kolonne $\sum_0^{x=k} \dot{P}_x = F(x)$ sind die Wahrscheinlichkeiten $\dot{P}_x$ fortlaufend summiert, das heißt, es sind die Wahrscheinlichkeiten für $x = 0$, $x = 0$ oder 1, $x = 0$ oder 1 oder 2 usw. Dies ist die *kumulierte Wahrscheinlichkeitsverteilung* von x, symbolisiert mit $F(x)$. } (**364**)

Graphisch dargestellt, ergibt sich folgendes Bild:

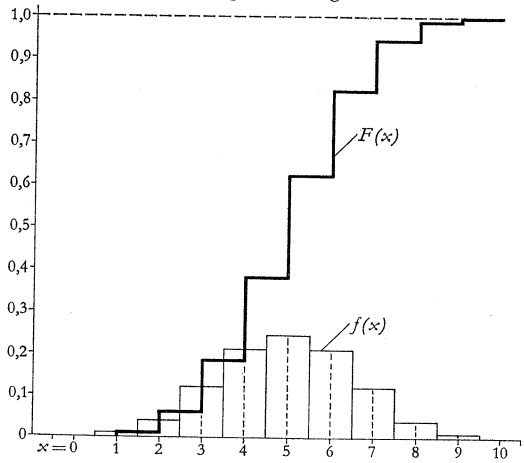


Abb. 1 Auf der Abszisse ist x, auf der Ordinate sind die Wahrscheinlichkeiten $f(x)$ und $F(x)$ abgetragen.

Da x eine diskrete Veränderliche ist [vgl. (**341**)], sind die Verteilungen $f(x)$ und $F(x)$ treppenförmige Linienzüge:

Eine diskrete Zufallsvariable hat auch eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung. } (**365**)

Die Wahrscheinlichkeiten sind von x abhängig, das heißt, *jedem x-Wert ist eine bestimmte Wahrscheinlichkeit zugeordnet: $f(x)$* und $F(x)$ sind *Funktionen* von x und werden aus diesem Grunde mit f und F symbolisiert (vielfach werden auch die griechischen Buchstaben φ und Φ als Symbole verwendet). Die Zuordnung der Wahrscheinlichkeiten kann durch eine mathematische Formel oder durch irgendeine andere Art erfolgen. } (**366**)

In Abbildung 1 sind die Wahrscheinlichkeiten $f(x)$ und $F(x)$ als gebrochene Linienzüge dargestellt. Diese Darstellung wurde gewählt, um die Ähnlichkeit zwischen diskreten und stetigen Verteilungen (vgl. Abb. 8) besser hervortreten zu lassen. In der Tat könnte obige Darstellung jene einer *gekörnten* Verteilung sein [vgl. (**344**)], bei der x auf ganze Zahlen gerundet wurde. In diesem Fall würden zum Beispiel alle Ereignisse zwischen 4,5 und 5,5 als Ereignis 5 genommen. Wir werden deshalb im folgenden für diskrete Verteilungen eine andere Darstellung bevorzugen, die deutlich zeigt, daß die Ereignisse x *diskret* sind:

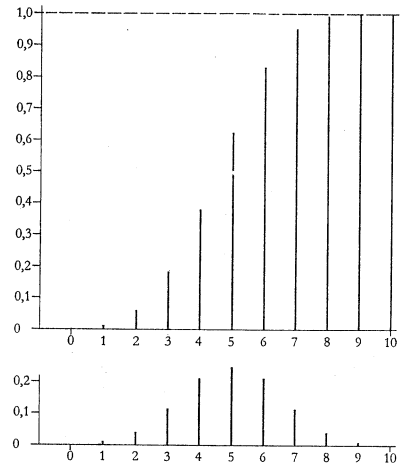


Abb. 2

Wir kommen noch einmal auf die kumulierte Verteilung $F(x)$ zurück, die die Wahrscheinlichkeiten für die Ereignisse $x = 0$, $x = 0$ oder 1, $x = 0$ oder 1 oder 2 usw. gibt. Für $x = 0$ oder 1 werden wir von nun an $x = 0, 1$ einsetzen. Prob $(x = 0, 1)$ kann auch gelesen werden Prob $(x \leqq 1)$. Eine weitere Lesart ist Prob $(x < 2, 3, \ldots, N)$, gleichbedeutend mit Prob $(x < 2)$.

Allgemein gilt für diskrete Verteilungen

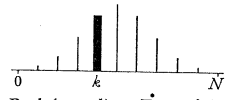
Prob $(x < k+1)$, wenn Prob $(x \leqq k)$ oder
Prob $(x < k)$, wenn Prob $(x \leqq k-1)$ } (**367**)

und Prob $(x > k-1)$, wenn Prob $(x \geqq k)$ oder
Prob $(x > k)$, wenn Prob $(x \geqq k+1)$

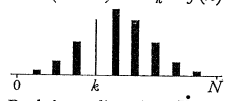
Die Verteilung $F(x)$ erzeugt somit mit wachsendem k fortlaufend die Wahrscheinlichkeiten für $x \leqq k$ bzw. $x < k+1$. } (**368**)

Anderseits erzeugt die von N an in Richtung Null kumulierte Verteilung $\sum_{x=k}^{N} \dot{P}_x$ mit fallendem k fortlaufend die Wahrscheinlichkeiten $x \geqq k$ bzw. $x > k-1$. } (**369**)

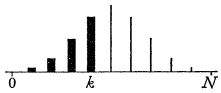
Allgemein merke man sich für diskrete Verteilungen



$$\text{Prob}(x = k) = \dot{P}_k = f(k) \qquad (370)$$



$$\text{Prob}(x \neq k) = 1 - \dot{P}_k = 1 - f(k) \qquad (371)$$



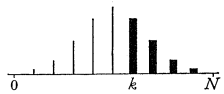
$$\text{Prob}(x \leqq k) = \text{Prob}(x < k+1) \tag{372}$$

$$= \sum_{0}^{k} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } k \leqq N/2 \quad \text{(a)}$$

$$= 1 - \sum_{k+1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } k \geqq N/2 \quad \text{(b)}$$

$$= F(x), \text{ günstigste Formel, wenn } F(x) \text{ gegeben} \quad \text{(c)}$$

$$= 1 - \sum_{k+1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } \sum_{x}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \text{ gegeben} \quad \text{(d)}$$



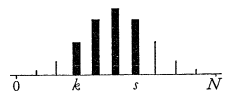
$$\text{Prob}(x \geqq k) = \text{Prob}(x > k-1) \tag{373}$$

$$= 1 - \sum_{0}^{k-1} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } k \leqq N/2 \quad \text{(a)}$$

$$= \sum_{k}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } k \geqq N/2 \quad \text{(b)}$$

$$= 1 - F(k-1), \text{ günstigste Formel, wenn } F(x) \text{ gegeben} \quad \text{(c)}$$

$$= \sum_{k}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } \sum_{x}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \text{ gegeben} \quad \text{(d)}$$



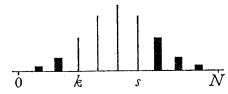
$$\text{Prob}(k \leqq x \leqq s) = \text{Prob}(x = k, l, \ldots, s) \tag{374}$$
$$= \text{Prob}(k-1 < x < s+1)$$

$$= \sum_{k}^{s} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } s - k \leqq N/2 \quad \text{(a)}$$

$$= 1 - \sum_{0}^{k-1} \dot{\boldsymbol{P}}_x - \sum_{s+1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } s - k \geqq N/2 \quad \text{(b)}$$

$$= F(s) - F(k-1), \text{ günstigste Formel, wenn } F(x) \text{ gegeben} \quad \text{(c)}$$

$$= \sum_{k}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x - \sum_{s+1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } \sum_{x}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \text{ gegeben} \quad \text{(d)}$$



$$\text{Prob}(x \leqq k-1) + \text{Prob}(x \geqq s+1) \tag{375}$$
$$= \text{Prob}(x < k) + \text{Prob}(x > k)$$
$$= \text{Prob}(x \neq k, l, \ldots, s)$$

$$= 1 - \sum_{k}^{s} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } s - k \leqq N/2 \quad \text{(a)}$$

$$= \sum_{0}^{k-1} \dot{\boldsymbol{P}}_x + \sum_{s+1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } s - k \geqq N/2 \quad \text{(b)}$$

$$= 1 - F(s) + F(k-1), \text{ günstigste Formel, wenn } F(x) \text{ gegeben} \quad \text{(c)}$$

$$= 1 - \sum_{k}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x + \sum_{s+1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x, \text{ günstigste Formel, wenn } \sum_{x}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \text{ gegeben} \quad \text{(d)}$$

In (**370**) bis (**375**) ist angegeben, welche der Formeln (a) bis (d) jeweils die günstigste ist. In der Regel wird man die $\dot{\boldsymbol{P}}_x$ selbst errechnen müssen, dann rechne man weiter mit den Formeln (a) oder (b). Unseres Wissens existiert eine ausführliche Tabellierung von $\sum_{x}^{\infty} \dot{\boldsymbol{P}}_x$ nur für die POISSON-Verteilung[2], von $\sum_{x}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x$ nur für die Binomialverteilung[3, 4]. Ist man im Besitze dieser Tafeln, so rechnet man mit den Formeln (b) bzw. (d). Sowohl in [2] wie in [4] ist auch $f(x)$ tabelliert.

Beispiel 11. Wir errechnen nach (**370**) bis (**375**) mit den Formeln (a) oder (b) die Wahrscheinlichkeiten für $k = 2$ und $s = 8$ mit den am Anfang dieses Abschnittes gegebenen Werten der Verteilung $f(x)$.

(**370**): $\text{Prob}(x = 2) = \dot{\boldsymbol{P}}_2 = 0{,}0439$

(**371**): $\text{Prob}(x \neq 2) = 1 - \dot{\boldsymbol{P}}_2 = 0{,}9561$

(**372**): $\text{Prob}(x \leqq 2) = \dot{\boldsymbol{P}}_0 + \dot{\boldsymbol{P}}_1 + \dot{\boldsymbol{P}}_2 = 0{,}0547$
[nach Formel (a), weil $k < N/2$]

(**373**): $\text{Prob}(x \geqq 2) = 1 - (\dot{\boldsymbol{P}}_0 + \dot{\boldsymbol{P}}_1) = 0{,}9892$
[nach Formel (a), weil $k < N/2$]

(**374**): $\text{Prob}(2 \leqq x \leqq 8) = \text{Prob}(x = 2, 3, \ldots, 8)$
$= 1 - (\dot{\boldsymbol{P}}_0 + \dot{\boldsymbol{P}}_1) - (\dot{\boldsymbol{P}}_9 + \dot{\boldsymbol{P}}_{10}) = 0{,}9784$
[nach Formel (b), weil $s - k > N/2$]

(**375**): $\text{Prob}(x \neq 2, 3, \ldots, 8) = (\dot{\boldsymbol{P}}_0 + \dot{\boldsymbol{P}}_1) + (\dot{\boldsymbol{P}}_9 + \dot{\boldsymbol{P}}_{10}) = 0{,}0216$
[nach Formel (b), weil $s - k > N/2$]

Beispiel 12. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit für das Ereignis «x mindestens gleich 1»? Bei Formulierungen wie «mindestens», «höchstens» usw. konsultiere man S. 132. Wir finden dort, daß «x mindestens gleich 1» gleichbedeutend ist mit «x gleich 1 oder größer». Wir rechnen folglich nach (**373**a) und erhalten:

$\text{Prob}(x \geqq 1) = 1 - \dot{\boldsymbol{P}}_0 = 0{,}9990$

Beispiel 13.

Vertrauensgrenzen und Signifikanzschranken

(Vgl. dazu die Abschnitte 8 und 9).

A. *Einseitige Signifikanzschranken*

Gegeben sei α, wobei $0 < \alpha \leqq 0{,}5$. Bestimme x_l und x_r derart, daß

$$\left.\begin{aligned} &\text{Prob}(x \leqq x_l) = \boldsymbol{P}_l = \sum_{0}^{x_l} \dot{\boldsymbol{P}}_x \leqq \alpha \quad \text{und} \\ &\text{Prob}(x \leqq x_l + 1) = \sum_{0}^{x_l+1} \dot{\boldsymbol{P}}_x > \alpha \end{aligned}\right\} \tag{376}$$

$$\left.\begin{aligned} &\text{Prob}(x \geqq x_r) = \boldsymbol{P}_r = \sum_{x_r}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \leqq \alpha \quad \text{und} \\ &\text{Prob}(x \geqq x_r - 1) = \sum_{x_r-1}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x > \alpha \end{aligned}\right\} \tag{377}$$

Für $\alpha = 0{,}10$ erhalten wir $x_l = 2$ und $x_r = 8$, für $\alpha = 0{,}025$ erhalten wir $x_l = 1$ und $x_r = 9$.

An Hand dieses Beispieles bezeichnen wir

– α als *postulierte* oder *nominelle, einseitige Irrtums-* oder *Signifikanzwahrscheinlichkeit.* (**378**)

– $\boldsymbol{P}$ als *tatsächliche, einseitige Irrtums-* oder *Signifikanzwahrscheinlichkeit,* und zwar $\boldsymbol{P}_l$ als *linke (untere)* und $\boldsymbol{P}_r$ als *rechte (obere),* wobei $\boldsymbol{P}_l$ und $\boldsymbol{P}_r \leqq \alpha$. (**379**)

– x_l als *linke (untere)*, x_r als *rechte (obere) Signifikanzschranke* (**380**)

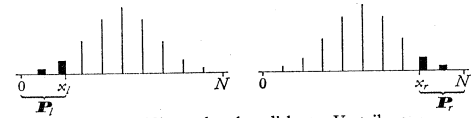


Abb. 3 Einseitige Signifikanzschranken diskreter Verteilungen.

und merken uns

– wenn x die *linke* (untere) Signifikanzschranke x_l *erreicht oder nach links überschreitet,* ist x bei einem *einseitigen Test* mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq \alpha$ *kleiner* als $x_l + 1, x_l + 2, \ldots, N$:
$\text{Prob}(x < x_l + 1) \leqq \alpha$, wenn $x \leqq x_l$ (**381**)

– wenn x die *rechte* (obere) Signifikanzschranke x_r *erreicht oder nach rechts überschreitet,* ist x bei einem *einseitigen Test* mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq \alpha$ *größer* als $x_r - 1, x_r - 2, \ldots, N$:
$\text{Prob}(x > x_r - 1) \leqq \alpha$, wenn $x \geqq x_r$ (**382**)

– daß die Regeln (**381**) und (**382**) für *alle* Signifikanzschranken *diskreter* Verteilungen gelten, die in den *Wissenschaftlichen Tabellen* tabelliert sind. Andernorts trifft man auch Signifikanzschranken diskreter Verteilungen, die *nach außen überschritten* werden müssen, um zum Beispiel der Vorschrift $\boldsymbol{P}_l \leqq \alpha$ zu genügen. (**383**)

– daß die *tatsächliche* Signifikanzwahrscheinlichkeit $\boldsymbol{P}$ bei *diskreten* Verteilungen in der Regel *kleiner,* bei kleinem N oft erheblich kleiner ist als die *nominelle* α. Bei wachsendem (**384**)

N verkleinert sich dieser Unterschied rasch. (Im Beispiel 13 sind bei $\alpha = 0{,}10$ bzw. 0,025 die entsprechenden $\boldsymbol{P} =$ 0,0547 bzw. 0,0108. Die tatsächliche Signifikanzwahrscheinlichkeit beträgt in diesem Falle nur etwa 50% der nominellen.) (384)

Wir bezeichnen ferner

– den Bereich zwischen x_l und N bzw. zwischen Null und x_r als *einseitigen Vertrauensbereich.* (385)

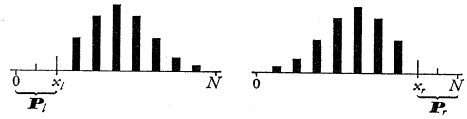


Abb. 4 Einseitige Vertrauensbereiche diskreter Verteilungen.

– x_l bzw. x_r als *einseitige Vertrauensgrenzen,* wenn die andere Grenze bei N bzw. Null liegt. (386)

– die Wahrscheinlichkeit $1 - \boldsymbol{P}_l \geqq 1 - \alpha$ und $1 - \boldsymbol{P}_r \geqq 1 - \alpha$ als *einseitige Vertrauenswahrscheinlichkeit (einseitiger Vertrauenskoeffizient):*

$$\text{Prob}(x_l < x \leqq N) = 1 - \boldsymbol{P}_l = 1 - \sum_{0}^{x_l} \dot{\boldsymbol{P}}_x \geqq 1 - \alpha \qquad (387)$$

$$\text{Prob}(0 \leqq x < x_r) = 1 - \boldsymbol{P}_r = 1 - \sum_{x_r}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \geqq 1 - \alpha \qquad (388)$$

und ersehen aus (**380**) und (**386**), daß Signifikanzschranken und Vertrauensgrenzen mathematisch nach dem gleichen Prinzip bestimmt werden. (389)

B. *Zweiseitige Signifikanzschranken*

Werden für eine diskrete Verteilung eine linke und eine rechte Signifikanzschranke gemeinsam nach den Vorschriften (**376**) und (**377**) bestimmt, so wird für beide zusammen $\boldsymbol{P}_l + \boldsymbol{P}_r \geqq 2\alpha$. (390)

Man bezeichnet in diesem Falle

– $2\,\alpha$ als *postulierte* oder *nominelle zweiseitige Irrtums-* oder *Signifikanzwahrscheinlichkeit.* (391)

– $\boldsymbol{P}_l + \boldsymbol{P}_r$ als *tatsächliche zweiseitige Signifikanzwahrscheinlichkeit* [beachte dazu (**384**)], wobei bei symmetrischen Verteilungen $\boldsymbol{P}_l = \boldsymbol{P}_r$, bei unsymmetrischen Verteilungen $\boldsymbol{P}_l \neq \boldsymbol{P}_r$, obschon beide den Vorschriften (**376**) und (**377**) genügen (vgl. Abb. 5). (392)

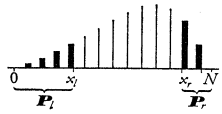


Abb. 5 Zweiseitige Signifikanzschranken diskreter (unsymmetrischer) Verteilungen.

– x_l und x_r beide zusammen als *zweiseitige* (möglichst wahrscheinlichkeitssymmetrische) Signifikanzschranken, kurz *Signifikanzschranken,* (393)

und merken uns

– wenn x *eine der beiden* Signifikanzschranken x_l oder x_r *erreicht oder nach außen überschreitet,* so ist x bei einem *zweiseitigen* Test mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq 2\alpha$ *ungleich* $x_l + 1, x_l + 2, \ldots, x_r - 1$:
$\text{Prob}(x \neq x_l + 1, x_l + 2, \ldots, x_r - 1) \leqq 2\alpha$,
wenn $x \leqq x_l$ oder $x \geqq x_r$. (394)

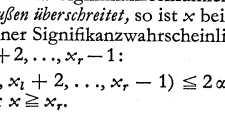


Abb. 6 Zweiseitige Signifikanzschranken diskreter (symmetrischer) Verteilungen.

Ferner bezeichnen wir

– den Bereich zwischen $x_l + 1$ und $x_r - 1$ als zweiseitigen Vertrauensbereich, kurz *Vertrauensbereich.* (395)

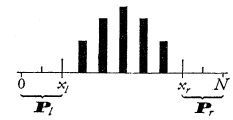


Abb. 7 Zweiseitiger Vertrauensbereich diskreter Verteilungen.

– x_l und x_r als zweiseitige Vertrauensgrenzen, kurz *Vertrauensgrenzen,* und merken uns noch einmal, daß Signifikanzschranken und Vertrauensgrenzen mathematisch nach dem gleichen Prinzip bestimmt werden. (396)

– die Wahrscheinlichkeit $1 - \boldsymbol{P}_l - \boldsymbol{P}_r \geqq 1 - 2\,\alpha$ als tatsächliche zweiseitige Vertrauenswahrscheinlichkeit, kurz als *Vertrauenswahrscheinlichkeit (Vertrauenskoeffizient):*

$$\text{Prob}(x_l < x < x_r) = 1 - \boldsymbol{P}_l - \boldsymbol{P}_r$$
$$= 1 - \sum_{0}^{x_l} \dot{\boldsymbol{P}}_x - \sum_{x_r}^{N} \dot{\boldsymbol{P}}_x \geqq 1 - 2\,\alpha \qquad (397)$$

6. Stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung

Ein Vergleich zwischen den Abbildungen 1 und 8 zeigt die Ähnlichkeit zwischen diskreten und stetigen Verteilungen. Wenn man die zu Beginn des letzten Abschnittes gegebene Verteilung für zunehmende N ausrechnet, werden die Treppenstufen von $f(x)$ und $F(x)$ immer feiner, und schließlich entsteht bei nach Unendlich strebendem N eine kontinuierliche Kurve wie in Abbildung 8. Wir werden später noch darauf zurückkommen.

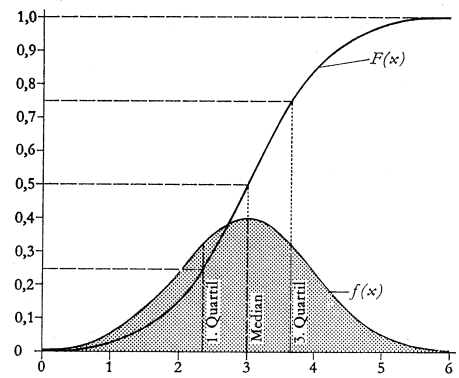


Abb. 8 Auf der Abszisse ist x, auf der Ordinate sind die Wahrscheinlichkeitsdichte $f(x)$ und die Wahrscheinlichkeit $F(x)$ abgetragen.

In den in Abbildung 8 gezeigten Wahrscheinlichkeitsverteilungen ist x eine *stetige* Zufallsveränderliche [vgl. (**343**)]; es gibt somit unendlich viele Ereignisse x, und es wird

$$\text{Prob}(x = k) = 1/\infty = 0 \qquad (398)$$

Aus (**398**) kann abgeleitet werden:

$$\text{Prob}(x \leqq k) = \text{Prob}(x < k) + \text{Prob}(x = k) = \text{Prob}(x < k) + 0$$

und merken uns deshalb für die Praxis

Bei *stetigen* Verteilungen kann (mit einem Fehler in der Größe Null)
$\text{Prob}(x \leqq k)$ als $\text{Prob}(x < k)$ } geschrieben oder
$\text{Prob}(x \geqq k)$ als $\text{Prob}(x > k)$ } gelesen werden (399)

War bei der diskreten Verteilung die Einzelwahrscheinlichkeit $\text{Prob}(x = k)$ auf $f(x)$ abzulesen, so gilt dies bei stetigen Verteilungen nicht mehr:

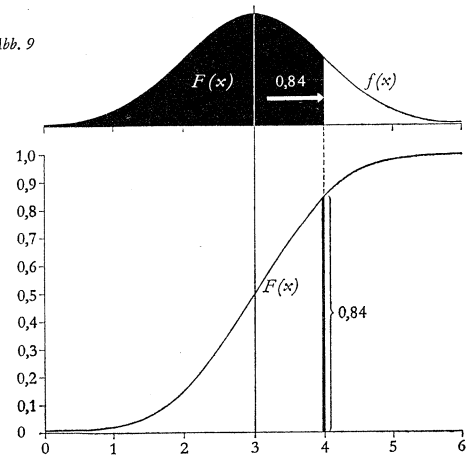
$f(x)$ verkörpert bei einer stetigen Verteilung die an der Stelle x herrschende *Wahrscheinlichkeitsdichte.* (400)

Die kumulierte Verteilung $F(x)$ hat andererseits bei stetigen Verteilungen die gleiche Bedeutung wie bei diskreten: Sie gibt die Wahrscheinlichkeiten für die Ereignisse $x \leqq k$, die aber im Gegensatz zu diskreten Verteilungen gleichwertig sind mit den Ereignissen $x < k$ [vgl. (**399**)]. (401)

Bei der diskreten Verteilung war $F(x)$ eine *Summe* von Einzelwahrscheinlichkeiten [vgl. (**372**)]. Bei stetigen Verteilungen ist $F(x)$ ein *Integral:* (402)

$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)\,dx$
das heißt, $F(x)$ entspricht dem Inhalt der Fläche zwischen Abszisse und der Kurve $f(x)$ von $-\infty$ bis x: **(402)**

Abb. 9



Der gesamte Flächeninhalt zwischen der Abszisse und der Kurve $f(x)$ von $-\infty$ bis $+\infty$ beträgt 1 [vgl. **(353)**]: **(403)**
$F(\infty) = 1;\ F(-\infty) = 0$



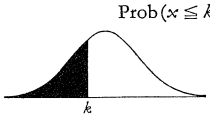
Abb. 10

Die den Gleichungen **(370)** bis **(375)** analogen Gleichungen für stetige Verteilungen sind:

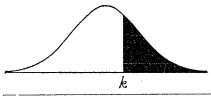
$\text{Prob}(x = k) = 0$, vgl. dazu **(352)** **(398)**

$\text{Prob}(x \neq k) = 1$, vgl. dazu **(352)** **(404)**

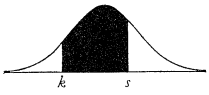
$$\text{Prob}(x \leqq k) = \text{Prob}(x < k) \quad \textbf{(405)}$$
$$= \int_{-\infty}^{k} f(x)\,dx = F(k) \quad \text{(a)}$$
$$= 1 - \int_{k}^{\infty} f(x)\,dx \quad \text{(b)}$$



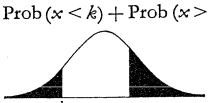
$$\text{Prob}(x \geqq k) = \text{Prob}(x > k) \quad \textbf{(406)}$$
$$= 1 - \int_{-\infty}^{k} f(x)\,dx = 1 - F(k) \quad \text{(a)}$$
$$= \int_{k}^{\infty} f(x)\,dx \quad \text{(b)}$$



$$\text{Prob}(k \leqq x \leqq s) = \int_{-\infty}^{s} f(x)\,dx - \int_{-\infty}^{k} f(x)\,dx \quad \textbf{(407a)}$$
$$= F(s) - F(k)$$
$$= 1 - \int_{-\infty}^{k} f(x)\,dx - \int_{s}^{\infty} f(x)\,dx \quad \text{(b)}$$
$$= \int_{k}^{s} f(x)\,dx \quad \text{(c)}$$



$$\text{Prob}(x < k) + \text{Prob}(x > s) = \text{Prob}(x \neq k \text{ bis } s)^* \quad \textbf{(408)}$$
$$= 1 - \int_{-\infty}^{s} f(x)\,dx + \int_{-\infty}^{k} f(x)\,dx$$
$$= 1 - F(s) + F(k)$$
$$= \int_{-\infty}^{k} f(x)\,dx + \int_{s}^{\infty} f(x)\,dx \quad \text{(a)}$$
$$= 1 - \int_{k}^{s} f(x)\,dx \quad \text{(b)}$$



* $\text{Prob}(x \neq k \text{ bis } s)$ werden wir an Stelle des mathematisch korrekten Ausdruckes $\text{Prob}(x < k) + \text{Prob}(x > s)$ im folgenden benutzen, weil er die Bedeutung des Ausdruckes mit *einem* Wort aussagt (ungleich) und ähnlich formuliert ist wie **(375)**.

Zu **(405)** bis **(408)** vgl. **(399)**: $\text{Prob}(k \leqq x \leqq s)$ ist beispielsweise gleichbedeutend mit $\text{Prob}(k < x \leqq s)$, $\text{Prob}(k \leqq x < s)$ und $\text{Prob}(k < x < s)$.

Die numerischen Werte für verschiedene Integrale in **(405)** bis **(408)** sind für die wichtigsten Verteilungen in unseren Tafeln zu finden. Wir werden bei den einzelnen Verteilungen darauf zurückkommen. In den Beispielen dieses Abschnittes berechnen wir Wahrscheinlichkeiten der Normalverteilung und nennen die Abszisse x Abweichung c. Auf S. 28 ist $F(c)$ in der rechten Spalte (Abweichung → Integral) tabelliert, das heißt, dort sind zu *gegebenen Abweichungen c die gesuchten Wahrscheinlichkeiten* $F(c)$ zu finden. In der linken Spalte (Integral → Abweichung) sind für *gegebene Wahrscheinlichkeiten die gesuchten Abweichungen c* tabelliert. In dieser Spalte ist somit die Abweichung c eine Funktion von $F(c)$, genannt das Quantil c (vgl. Abschnitt 10 E: Quantile). Eine solche Funktion nennt man *Umkehrfunktion*. Tafeln von Umkehrfunktionen sind bequem, aber nicht unbedingt notwendig, da man entsprechende Werte auch aus Tafeln der Grundfunktion interpolieren kann.

Beispiel 14. Man berechne für die Normalverteilung mit Form (a) von **(405)** bis **(408)** die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten für $k = -1{,}65$ und $s = 1{,}96$.

In der rechten Spalte der Tafel auf S. 28 finden wir $F(-1{,}65) = 0{,}049\,47$ und $F(1{,}96) = 0{,}975\,00$ und erhalten

(405): $\text{Prob}(c \leqq -1{,}65) = 0{,}049\,47$

(406): $\text{Prob}(c \geqq -1{,}65) = 1 - 0{,}049\,47 = 0{,}950\,53$

(407): $\text{Prob}(-1{,}65 \leqq c \leqq 1{,}96) = 0{,}975\,00 - 0{,}049\,47 = 0{,}925\,53$

(408): $\text{Prob}(c \neq -1{,}65 \text{ bis } 1{,}96) = 1 - 0{,}975\,00 + 0{,}049\,47 = 0{,}074\,47$

Beispiel 15. Gegeben sind die Wahrscheinlichkeiten $F(c) = 0{,}001$ und 0,995. Gesucht sind die Abweichungen c. In der linken Spalte der Tafel auf S. 28 finden wir $c = -3{,}0902$ und 2,5758. Ohne zu interpolieren, hätten wir der rechten Spalte dafür die Werte 3,09 und 2,58 entnehmen können.

Beispiel 16.

Vertrauensgrenzen und Signifikanzschranken

(Vgl. dazu die Abschnitte 8 und 9)

A. *Einseitige Signifikanzschranken*

Gegeben sei α, wobei $0 < \alpha \leqq 0{,}5$. Bestimme x_l und x_r derart, daß

$$\text{Prob}(x < x_l) = \boldsymbol{P}_l = \int_{-\infty}^{x_l} f(x)\,dx = F(x_l) = \alpha \quad \textbf{(409)}$$

$$\text{Prob}(x > x_r) = \boldsymbol{P}_r = \int_{x_r}^{\infty} f(x)\,dx = 1 - \int_{-\infty}^{x_r} f(x)\,dx$$
$$= 1 - F(x_r) = \alpha \quad \textbf{(410)}$$

Aus **(410)** ergibt sich $F(x_r) = 1 - \alpha$ **(411)**

Bei der Normalverteilung erhalten wir für $\alpha = 0{,}025$ aus der Tafel auf S. 28, linke Spalte, $x_l = -1{,}96$ und $x_r = 1{,}96$.

Die Namen für die in **(408)** und **(409)** definierten Symbole α, $\boldsymbol{P}_l$, $\boldsymbol{P}_r$, x_l und x_r sind dieselben wie in **(378)**, **(379)** und **(380)**.

Wir merken uns aber, daß im Gegensatz zu den diskreten [vgl. **(384)**] bei stetigen Verteilungen tatsächliche und nominelle Signifikanzwahrscheinlichkeit gleich groß sind. Wir machen deshalb bei stetigen Verteilungen keinen Unterschied mehr zwischen tatsächlicher und nomineller Signifikanzwahrscheinlichkeit und sprechen nur von *der* Signifikanzwahrscheinlichkeit, wobei wir die Symbole $\boldsymbol{P}$ und α synonym verwenden. **(412)**

Ähnlich wie für diskrete Verteilungen gilt:

Wenn x die *linke* (untere) Signifikanzschranke x_l *erreicht oder nach links überschreitet,* ist x bei einem *einseitigen* Test mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq \alpha$ *kleiner* als x_l. **(413)**
$\text{Prob}(x < x_l) \leqq \alpha$, wenn $x \leqq x_l$

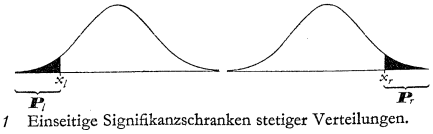


Abb. 11 Einseitige Signifikanzschranken stetiger Verteilungen.

Wenn x die *rechte* (obere) Signifikanzschranke x_r *erreicht oder nach rechts überschreitet,* ist x bei einem *einseitigen* Test mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq \alpha$ *größer* als x_r. **(414)**
$\text{Prob}(x > x_r) \leqq \alpha$, wenn $x \geqq x_r$

Wir bezeichnen ferner

– den Bereich zwischen x_l und ∞ bzw. zwischen $-\infty$ und x_r als *einseitigen Vertrauensbereich.* (415)



Abb. 12 Einseitige Vertrauensbereiche stetiger Verteilungen.

– x_l bzw. x_r als *einseitige Vertrauensgrenzen,* wenn die andere Grenze bei ∞ bzw. bei $-\infty$ liegt, und merken uns, daß auch bei stetigen Verteilungen Signifikanzschranken und Vertrauensgrenzen mathematisch nach dem gleichen Prinzip bestimmt werden. (416)

B. *Zweiseitige Signifikanzschranken*

Werden für eine stetige Verteilung eine linke und eine rechte Signifikanzschranke gemeinsam nach den Vorschriften (**409**) und (**410**) bestimmt, so wird für beide zusammen $\boldsymbol{P}_l + \boldsymbol{P}_r = 2\,\boldsymbol{P} = 2\,\alpha$. (417)

In diesem Falle bezeichnen wir

– $2\,\boldsymbol{P} = 2\,\alpha$ als *zweiseitige Irrtums-* oder *Signifikanzwahrscheinlichkeit.* (418)

– x_l und x_r beide zusammen als *zweiseitige* Signifikanzschranken, kurz als *Signifikanzschranken,* (419)

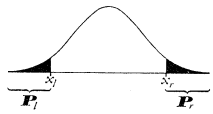


Abb. 13 Zweiseitige Signifikanzschranken stetiger Verteilungen.

und merken uns

– wenn x *eine der beiden* Signifikanzschranken x_l oder x_r *erreicht oder nach außen überschreitet,* so ist x bei einem *zweiseitigen* Test mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq 2\,\alpha$ *ungleich* x_l bis x_r:
$\text{Prob}\,(x \neq x_l \text{ bis } x_r) \leqq 2\,\alpha$ (420)

Ferner bezeichnen wir

– den Bereich zwischen x_l und x_r als *zweiseitigen* Vertrauensbereich, kurz als *Vertrauensbereich.* (421)



Abb. 14 Zweiseitiger Vertrauensbereich stetiger Verteilungen.

– x_l und x_r als *zweiseitige* (wahrscheinlichkeitssymmetrische) *Vertrauensgrenzen,* kurz als *Vertrauensgrenzen* (confidence limits). (422)

– dieWahrscheinlichkeit $1 - 2\,\boldsymbol{P} = 1 - 2\,\alpha$ als zweiseitige Vertrauenswahrscheinlichkeit, kurz als *Vertrauenswahrscheinlichkeit (Vertrauenskoeffizient):*

$$\text{Prob}\,(x_l \leqq x \leqq x_r) = 1 - 2\,\boldsymbol{P}$$
$$= 1 - \int_{-\infty}^{x_l} f(x)\,dx - \int_{x_r}^{\infty} f(x)\,dx = \int_{x_l}^{x_r} f(x)\,dx$$
$$= \int_{-\infty}^{x_r} f(x)\,dx - \int_{-\infty}^{x_l} f(x)\,dx = F(x_r) - F(x_l) = 1 - 2\,\alpha \quad (423)$$

7. Schätzungen

Die Merkmale einer Bevölkerung sind uns in der Regel bekannt, der Typus der Verteilung nicht immer, die Parameter der Verteilung sehr selten. Wir sind dann darauf angewiesen, die Verteilung bzw. deren Parameter an Hand von Stichproben zu schätzen. Es liegt nahe, Schätzungen nach den gleichen Vorschriften aus der Stichprobe zu berechnen, wie sie für die Berechnung des betreffenden Parameters bei der Bevölkerung gelten. Diese Schätzungsmethode wird häufig angewendet, ist aber nicht die einzige und führt nicht immer zu den besten Schätzungen. Wir müssen hier leider davon absehen, auf allgemeine Schätzmethoden, wie zum Beispiel die Maximum Likelihood nach R. A. Fisher, näher einzugehen, weil sie nur mit höheren* mathematischen Kenntnissen verstanden werden können. In der Praxis sind sie auch nicht unbedingt notwendig, weil für die meisten vorkommenden Fälle die Schätzformeln bekannt sind.

7 A. Erwartungswert und Bias

Gegeben sei die Stichprobe des Umfanges N. Aus ihr wird irgendein Parameter P geschätzt.

Es ist nun eine Erfahrungstatsache, daß wenn weitere gleichartige Schätzungen aus Stichproben des *gleichen* Umfanges gemacht werden, der Mittelwert dieser Schätzungen gegen einen festen Wert, den *Erwartungswert* der betreffenden Schätzung, konvergiert, wenn die Anzahl der Stichproben ins Unendliche vergrößert wird (vgl. Abb. 15). (424)

Die in (**424**) erwähnte Konvergenz ist aber nicht die übliche im mathematischen Sinne, es ist eine *Konvergenz nach Wahrscheinlichkeit* oder *stochastische Konvergenz,* das heißt, *«die Wahrscheinlichkeit, daß ...» konvergiert gegen Eins oder Null* [vgl. (**427**)].

Stimmt der Erwartungswert einer Schätzung mit dem Parameter überein, so spricht man von einer *biasfreien* (erwartungstreuen) Schätzung. Ist dies nicht der Fall, so hat die Schätzung einen *Bias.* (425)

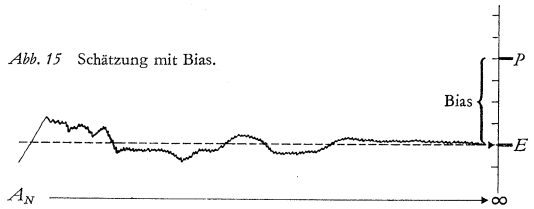
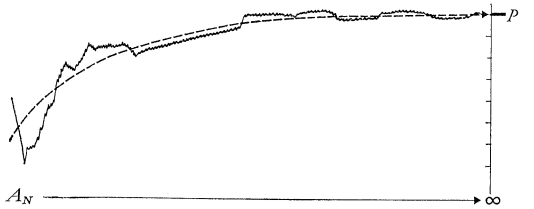


Abb. 15 Schätzung mit Bias.

----- Größe der Erwartungswerte für eine Schätzung aus Stichproben des Umfanges N
Schätzung
P Parameter
E Erwartungswert
A_N Anzahl der Stichproben des Umfanges N

Der Bias kann vom Stichprobenumfang abhängig sein. Er ist dann in der Regel bei kleinen Stichproben größer und strebt gegen Null, wenn der Stichprobenumfang N gegen Unendlich strebt. Solche Schätzungen nennt man *asymptotisch biasfrei* (vgl. Abb. 16). (426)



----- Größe der Erwartungswerte für eine Schätzung aus Stichproben des Umfanges N
Schätzung
P Parameter

Abb. 16 Asymptotisch biasfreie Schätzung.

Der oben beschriebene Bias ist ein mathematischer, das heißt, er ist der Schätzung inhärent. Die Größe dieses «internen» Bias ist bekannt und kann durch entsprechende Korrekturen beseitigt werden. Eine Schätzung kann aber auch mit einem nichtmathematischen, «externen» Bias behaftet sein, der durch experimentelle Meß- oder Beurteilungsfehler oder durch nichtzufälliges Stichprobensammeln oder durch beides zusammen verursacht wurde. Dieser Bias ist nicht so harmlos wie der mathematische, weil er sich in den seltensten Fällen in seinem Ausmaß und seiner Richtung erkennen und damit eliminieren läßt. Externer Bias läßt sich nur durch sorgfältige Planung der Experimente (experimental design) verhüten. Wir verweisen auf die diesbezügliche Literatur.

* Vom Nichtmathematiker aus gesehen.

Werden Schätzungen vorgenommen, um damit in Signifikanztesten *Unterschiede zwischen Stichproben* festzustellen, dann beeinflußt ein eventueller Bias das Resultat in jenen Fällen *nicht*, wenn die verglichenen Stichproben mit *demselben* Bias behaftet sind, das heißt, wenn sie unter identischen Bedingungen gesammelt wurden. Dazu gehört selbstverständlich auch die mathematische Forderung, daß *alle zu vergleichenden Schätzungen nach ein und derselben Vorschrift errechnet wurden.*

7 B. Konsistenz

Ähnlich wie in (**424**) zeigt die Erfahrung, daß Schätzungen bei wachsendem Stichprobenumfang in der Regel einem festen Wert, dem Erwartungswert *unendlich großer* Stichproben, zustreben.

(**427**)

(a) Bleibt ein Parameter mit wachsendem Stichprobenumfang N *konstant*, so gilt
$\text{Prob}(|\text{Schätzung minus Erwartungswert}| < \varepsilon) \to 1$
$(\varepsilon > 0)$, wenn der Stichprobenumfang $N \to \infty$

(b) Für Parameter, die sich mit wachsendem Stichprobenumfang N proportional zu N, N^2 usw. vergrößern, gilt (a) auch, wenn der Absolutwert der Differenz Schätzung minus Erwartungswert durch N, N^2 usw. dividiert wird.

(**427**) wird gelesen: Die Wahrscheinlichkeit, daß der Absolutwert der Differenz aus Schätzung und ihrem Erwartungswert eine beliebig kleine Zahl ε nicht übersteigt, strebt gegen Eins, wenn der Stichprobenumfang N gegen Unendlich strebt. Dies ist das sogenannte (schwache) *Gesetz der großen Zahl.*

Schätzungen, die (**427**), das heißt dem Gesetz der großen Zahl, gehorchen, nennt man *konsistent.*

7 C. Wirksamkeit

Schätzungen werden aus zufälligen Ereignissen errechnet, sind folglich selbst *zufällige Veränderliche* und schwanken deshalb von Stichprobe zu Stichprobe innerhalb eines gewissen, vom Stichprobenumfang abhängigen Bereiches um ihren Erwartungswert herum: sie *streuen.* Es ist klar, daß die Präzision der Schätzung mit der Breite dieses Schwankungsbereiches, das heißt mit der Größe der Standardabweichung (standard deviation) bzw. mit deren Quadrat, der Varianz (variance), zu- oder abnimmt.

Die Schätzung mit der *kleinsten* Varianz bezeichnet man als *wirksamste Schätzung.* Die Varianz der wirksamsten Schätzung, sofern eine solche für einen gegebenen Parameter überhaupt existiert, läßt sich nach der Ungleichung von RAO[5]-CRAMÉR[6] berechnen (wir verzichten hier auf die Wiedergabe dieser Ungleichung und verweisen auf [5] und [6]).

(**428**) Wir definieren als *wirksamste Schätzung* jene biasfreie Schätzung eines Parameters, die der Ungleichung von RAO-CRAMÉR genügt, und bezeichnen eine solche Schätzung als 100%ig wirksam.

(**429**) Schätzungen, die die Bedingung (**428**) für jeden Stichprobenumfang erfüllen, existieren selten. Es gibt nun aber Schätzungen, die, wenn der Stichprobenumfang gegen Unendlich strebt, der Bedingung (**428**) genügen. Solche Schätzungen bezeichnet man als *asymptotisch wirksamste Schätzungen* (mit einer asymptotischen Wirksamkeit von 100%).

(**430**) Asymptotisch wirksamste Schätzungen nach (**429**) eignen sich für χ^2-Teste, andere nicht.

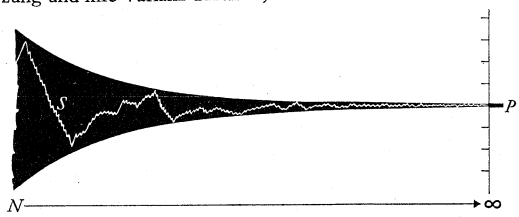
(**431**) (**430**) muß insofern modifiziert werden, als Schätzungen, die der Ungleichung von RAO-CRAMÉR asymptotisch genügen, gar nicht immer existieren. Man muß sich dann damit behelfen, von allen Schätzungen, deren Existenz uns bekannt ist, die asymptotisch wirksamste für χ^2-Teste zu benutzen, obschon ihre asymptotische Wirksamkeit nach (**429**) nicht 100% beträgt.

In der Regel verkleinert sich die Standardabweichung einer Schätzung absolut oder relativ (zur Größe der Schätzung) mit wachsendem Stichprobenumfang (vgl. Abb. 17):

(**432**)

(a) Bleibt ein Parameter mit wachsendem Stichprobenumfang *konstant*, so konvergiert die Standardabweichung seiner Schätzung mit wachsendem Stichprobenumfang N in der Größenordnung $1/\sqrt{N}$ stochastisch gegen Null.

(b) Für Parameter, die sich mit wachsendem Stichprobenumfang N proportional zu N, N^2 usw. *vergrößern*, gilt (a) auch, wenn man Parameter, Schätzung und ihre Varianz durch N, N^2 usw. dividiert.



Standardabweichung
S Schätzung
P Parameter

Abb. 17

(**433**) Beträgt die Wirksamkeit der Schätzung A 100%, die der Schätzung B des gleichen Parameters 75%, so bedeutet das, daß bei Anwendung der Methode B der Stichprobenumfang (100:75)mal = 1⅓mal so groß sein muß, um eine Schätzung gleicher Präzision zu erhalten wie unter der Anwendung der Methode A [unter der Voraussetzung, daß (**432**) gilt].

(**434**) Man kann somit durch Vergrößern der Stichprobe eine weniger wirksame Schätzung auf die gleiche Präzision bringen wie eine wirksamere,
oder umgekehrt kann für eine bestimmte Präzision der Stichprobenumfang kleiner sein, wenn man eine wirksamere Schätzmethode verwendet (vgl. Abb. 18).

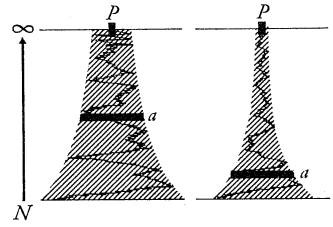


Abb. 18 a = Präzision der Schätzung.

Welche Methode soll man verwenden, wenn zur Schätzung eines Parameters mehrere Formeln zur Verfügung stehen? Jene, die zur wirksamsten Schätzung führt, aber vielleicht bedeutend mehr Rechenarbeit erfordert, oder jene, die leichter und somit schneller zu rechnen ist? Nach der Theorie gibt es nur eine Wahl: die wirksamste Schätzung. In der Praxis sieht es allerdings anders aus, denn neben mathematischen beeinflussen mit Recht auch praktische Anforderungen unsere Überlegungen.

(**435**) Man verwende die wirksamste aller bekannten Schätzungen eines Parameters,

– wenn die Versuche im Vergleich zur numerischen Auswertung kostspielig sind [vgl. (**434**)],

– wenn die Versuche nicht mehr wiederholt werden können,

– wenn χ^2-Teste geplant sind,

– wenn das Resultat möglichst präzis und informativ sein soll,

– wenn von anderer Seite üblicherweise wirksamste Schätzungen für gleiche Untersuchungen verwendet wurden (man verdirbt sich dann nicht die Möglichkeit gegenseitiger Vergleiche und Signifikanzteste).

(**436**) Wenn keine Überlegungen nach (**435**) dagegen sprechen, verwende man weniger wirksame Schnellschätzungen,

– wenn die numerische Auswertung teurer ist als die Versuche [vgl. (**434**)],

– wenn die Präzision der Schätzung für den vorgesehenen Zweck genügt,

– wenn die Versuche zur Vororientierung schnell überprüft werden sollen,
– für Routineuntersuchungen,
– zur Nachkontrolle wirksamerer Schätzungen, deren Berechnung viele Fehlermöglichkeiten aufweist. } (436)

7 D. Erschöpfende Schätzungen

Eine Schätzung oder eine Kombination von Schätzungen, die in einem gegebenen Falle *alle Informationen* liefert, die überhaupt möglich sind, nennt man *erschöpfend.* (437)

Unter Information stelle man sich (ungefähr) den Kehrwert der Varianz vor. (438)

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß, ähnlich wie beim Bias, die Streuung einer Schätzung von experimentellen Bedingungen abhängig ist und durch entsprechende Planung der Versuche verkleinert werden kann.

Nachtrag: Die Bezeichnungen konsistent (consistent), wirksam (efficient) und erschöpfend (sufficient) gehen sämtliche auf R. A. Fisher zurück. Nach ihm ist aber «efficient» für jene Schätzungen zu reservieren, die wir oben als für χ^2-Teste geeignete Schätzungen bezeichnet haben [vgl. (**430**) und (**431**)].

8. Vertrauens- und Toleranzgrenzen

8 A. Vertrauensgrenzen stetiger und diskreter Verteilungen

Dieser Unterabschnitt setzt die Kenntnis der Beispiele 13 und 16 der Abschnitte 5 und 6 voraus.

Mit der Schätzung eines Parameters haben wir noch nicht viel gewonnen, weil beispielsweise bei einer stetigen Verteilung, wie (**398**) zeigt, die Wahrscheinlichkeit, daß Schätzung [x in (**398**)] und Parameter [k in (**398**)] übereinstimmen, gleich Null ist. Mehr sagen uns zwei aus der Stichprobe zu errechnende Werte x_l und x_r, die mit *großer Wahrscheinlichkeit* den Parameter zwischen sich einschließen. Solche Grenzen nennt man *Vertrauensgrenzen.* Die damit im Zusammenhang stehenden Bezeichnungen und mathematischen Definitionen finden sich in den Beispielen 13 und 16 der Abschnitte 5 und 6.

Für die von uns verwendeten Vertrauensgrenzen gilt:

Unsere Vertrauensgrenzen sind identisch mit den *confidence limits* nach J. Neyman[7–9]. (439)

Vertrauensgrenzen beziehen sich auf einen *Parameter,* der als *Konstante* vorausgesetzt wird. (440)

Vertrauensgrenzen sind *Schätzungen* und als solche *zufällige Veränderliche,* und zwar sind sowohl die *Lage der Grenzen* als auch die *Breite des Vertrauensbereiches* zufällige Veränderliche (vgl. Abb. 19). (441)

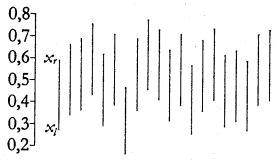


Abb. 19 95%-Vertrauensbereiche für den Parameter p einer binomialverteilten Bevölkerung, berechnet aus 20 Stichproben des Umfanges 40.

Wirksamere Schätzungen ergeben bei gegebenem Stichprobenumfang *engere* Vertrauensbereiche als weniger wirksame. (442)

Analog zu (**432**) verengert sich der Vertrauensbereich absolut oder relativ (zur Größe der Schätzung) mit wachsendem Stichprobenumfang:

Bleibt ein Parameter mit wachsendem Stichprobenumfang *konstant,* so konvergieren in der Größenordnung $1/\sqrt{N}$ die Vertrauensgrenzen stochastisch gegen den Parameter, die Breite des Vertrauensbereiches gegen Null (vgl. Abb. 20). (a)

Für Parameter, die sich mit wachsendem Stichprobenumfang N proportional zu N, N^2 usw. *vergrößern,* gilt (a) auch, wenn man den Parameter und seine Vertrauensgrenzen durch N, N^2 usw. dividiert. (b)

(443)

Vertrauensgrenzen sind wie folgt zu interpretieren [beachte dazu (**456**)]: Wenn sehr viele (unendlich viele) Stichproben des *gleichen Umfanges* aus der *gleichen, stabilen Bevölkerung* erhoben und jedesmal die Vertrauensgrenzen berechnet werden, so werden diese Grenzen

(einseitige Vertrauensbereiche)

– in durchschnittlich $\geqq 100\,(1-\alpha)\%$ aller Fälle* den wahren Wert des Parameters einschließen (a)

oder (gleichwertige Interpretation)

– in durchschnittlich $\leqq 100\,\alpha\%$ aller Fälle* den wahren Wert des Parameters *nicht* einschließen, (b)

(zweiseitige Vertrauensbereiche)

– in durchschnittlich $\geqq 100\,(1-2\,\alpha)\%$ aller Fälle* den wahren Wert des Parameters einschließen (c)

oder (gleichwertige Interpretation)

– in durchschnittlich $\leqq 100\,(2\,\alpha)\%$ aller Fälle* den wahren Wert des Parameters *nicht* einschließen, und zwar wird in durchschnittlich $\leqq 100\,\alpha\%$ aller Fälle* x_l (die untere Grenze) *über* dem Parameter und in durchschnittlich $\leqq 100\,\alpha\%$ aller Fälle* x_r (die obere Grenze) *unter* dem Parameter liegen. (d)

(444)

Üblicherweise wird auf medizinisch-biologischen Gebieten die Vertrauenswahrscheinlichkeit 0,95, seltener 0,99 verwendet, das heißt, α (einseitige Bereiche) oder $2\,\alpha$ (zweiseitige Bereiche) ist gleich 0,05, seltener 0,01. (445)

Formeln zur Berechnung der Vertrauensbereiche für verschiedene Parameter werden später von Fall zu Fall gegeben.

Besteht der Zweck einer statistischen Untersuchung in der Abschätzung eines Parameters, sollten immer auch die entsprechenden Vertrauensgrenzen bestimmt werden: Mit Vertrauensgrenzen besitzt eine Schätzung, das heißt das Resultat einer Untersuchungsreihe, eine informative Vertrauenswürdigkeit, ohne Vertrauensgrenzen ist letztere gleich Null. Gestützt auf unsere Tafeln, ist mit der Berechnung der Vertrauensgrenzen nur ein *kleiner* zusätzlicher oder gar *kein* Rechenaufwand verbunden.

Nachtrag: Auf R. A. Fisher geht der Begriff der *fiducial limits* zurück, die logisch etwas anderes darstellen als die *confidence limits* nach J. Neyman. Da die *fiducial limits* exakt nur bei stetigen Verteilungen und bei diskreten Verteilungen nur dann angenähert bestimmt werden können, wenn der Stichprobenumfang groß ist, verwenden wir die *confidence limits,* bei denen keine solchen Einschränkungen bestehen.

8 B. Toleranzgrenzen stetiger Verteilungen

Grenzen für einen Prozentsatz der Bevölkerung nennt man Toleranzgrenzen. (446)

Den Prozentsatz der Bevölkerung symbolisieren wir mit $100\,\beta_p\%$, Vertrauenswahrscheinlichkeiten (Vertrauenskoeffizienten) im Zusammenhang mit Toleranzgrenzen mit β_t. (447)

(**441**) und (**442**) gelten auch für Toleranzgrenzen. (448)

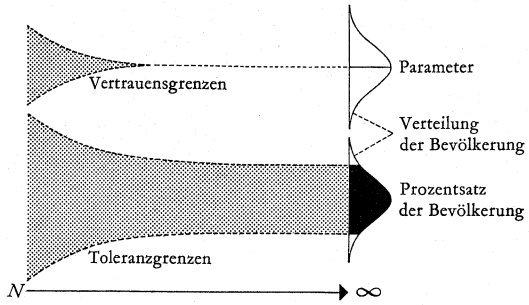


Abb. 20 Konvergenz von Vertrauens- und Toleranzgrenzen.

* Das «größer»- oder «kleiner»-Zeichen steht für diskrete, das Gleichheitszeichen für stetige Verteilungen.

Analog zu (**443**) konvergieren auch Toleranzgrenzen stochastisch mit wachsendem Stichprobenumfang, aber *nicht gegen einen, sondern gegen zwei* Grenzparameter, die jenen Quantilen der Bevölkerung entsprechen, zwischen denen sich der Prozentsatz der Bevölkerung befindet, auf den die Toleranzgrenzen bezogen sind. Der zwischen den Toleranzgrenzen liegende Toleranzbereich strebt somit *nicht gegen Null,* sondern gegen einen *festen Wert* (vgl. Abb. 20). (**449**)

Toleranzgrenzen können wie Vertrauensgrenzen ein- oder zweiseitig sein. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf zweiseitige Toleranzgrenzen, wobei

$$\beta_p = 1-2\alpha, \text{ und } \alpha \text{ (links)} = \alpha \text{ (rechts)} = \int_{-\infty}^{x_l} f(x)\,dx = \int_{x_r}^{\infty} f(x)\,dx.$$

Man unterscheidet Toleranzgrenzen mit und ohne Vertrauenswahrscheinlichkeit β_t. Sie sind wie folgt zu interpretieren [beachte dazu (**456**)]:

Toleranzgrenzen ohne Vertrauenswahrscheinlichkeit. Wenn sehr viele (unendlich viele) Stichproben des *gleichen Umfanges* aus der *gleichen, stabilen Bevölkerung* erhoben und jedesmal die Toleranzgrenzen berechnet werden, so werden diese Grenzen

(a) – *durchschnittlich* 100 β_p% der Bevölkerung einschließen

oder (gleichwertige Interpretation)

(b) – durchschnittlich 100 $(1-\beta_p)$% der Bevölkerung *nicht* einschließen, und zwar werden durchschnittlich 100 α% der Bevölkerung *unter* der linken (unteren) und 100 α% *über* der rechten (oberen) Grenze liegen.

(**450**)

Toleranzgrenzen mit Vertrauenswahrscheinlichkeit β_t. Wenn sehr viele (unendlich viele) Stichproben des *gleichen Umfanges* aus der *gleichen, stabilen Bevölkerung* erhoben und jedesmal die Toleranzgrenzen berechnet werden, so werden diese Grenzen in durchschnittlich 100 β_t% aller Fälle *mindestens* 100 β_p% der Bevölkerung einschließen. (**451**)

Die in unseren Tafeln (S. 44, Spalte A) enthaltenen Toleranzfaktoren für Toleranzbereiche ohne Vertrauenswahrscheinlichkeit [Interpretation (**450**)] gelten für *normalverteilte* Bevölkerungen. Diese Toleranzbereiche sind identisch mit den Vertrauensgrenzen für die Differenz zwischen dem Mittelwert einer Stichprobe und einer späteren Einzelbeobachtung[10]. (**452**)

Toleranzbereiche *mit* Vertrauenswahrscheinlichkeit [Interpretation (**450**)] sind breiter als jene *ohne* Vertrauenswahrscheinlichkeit, wie es intuitiv zu erwarten ist. Beide Bereiche konvergieren aber mit wachsendem Stichprobenumfang zum Grenzbereich von (**449**). (**453**)

Formeln zur Bestimmung von Toleranzbereichen normalverteilter Bevölkerungen finden sich auf S. 170.0.

Von erheblicher Bedeutung sind in medizinisch-biologischen Gebieten die Toleranzgrenzen zur Bestimmung von *Normalbereichen.* Bis jetzt wurden diese allerdings nur selten exakt nach den Vorschriften für Toleranzgrenzen berechnet*. Gestützt auf unsere Tafeln, ist die exakte Berechnung aber nur in den wenigsten Fällen mit einem zusätzlichen Rechenaufwand verbunden:

Man bestimme deshalb Normalbereiche nach den Vorschriften für Toleranzgrenzen, und zwar

(a) *Normalbereiche* generell als Toleranzbereiche *ohne* Vertrauenswahrscheinlichkeit [mit Interpretation (**449**)] für einen Prozentsatz der Bevölkerung 100 β_p% = 95% [vgl. (**452**)].

(b) Für besondere Zwecke (in der Regel industrielle, zum Beispiel in Fällen, wo der Ausschuß möglichst klein gehalten werden soll) Toleranzbereiche *mit* Vertrauenswahrscheinlichkeit β_t [mit Interpretation (**451**)].

(**454**)

Nachtrag: «normal»

Oben haben wir das Wort «normal» in «normalverteilt» und «Normalbereich» in zweierlei Sinn verwendet. (**455**)

In «normalverteilt» ist «normal» lediglich ein konventionelles Adverb: die entsprechende Verteilung wird «Normalverteilung» genannt, ohne daß hier dem Wort «normal» irgendwelche tiefere Bedeutung zukäme, es sei denn, weil diese Verteilung sehr häufig und wichtig ist.

In der Bezeichnung «Normalbereich» hingegen hat das Wort «normal» seine sinngemäße Bedeutung: Der Normalbereich soll jenen Bereich darstellen, der die «Normalen» der Bevölkerung enthält. Konventionsgemäß ist dies auf medizinisch-biologischen Gebieten der 95%-Toleranzbereich ohne Vertrauenswahrscheinlichkeit [vgl. (**450**)]. (**455**)

8 C. Verteilungsfreie Vertrauens- und Toleranzgrenzen

(Vgl. dazu Abschnitt 10 F)

Die Interpretationen (**444**), (**450**) und (**451**) sind nur dann korrekt, wenn die Stichprobe tatsächlich jener Bevölkerung entstammt, für deren Parameter bzw. Prozentsatz die Grenzen berechnet wurden: Die Formeln zur Berechnung dieser Grenzen sind spezifisch für die einzelnen Bevölkerungstypen. (**456**)

Ist die Gestalt der Verteilung einer Bevölkerung unbekannt, was oft der Fall ist, so hat es keinen Sinn – vor allem bei *kleinen* Stichproben –, Vertrauens- und Toleranzgrenzen auf Grund von *Annahmen* über die Verteilung der Bevölkerung auszurechnen, sofern diese Annahmen nicht aus der Erfahrung, den experimentellen Umständen usw. begründet werden können.

In solchen Fällen bediene man sich der sogenannten *verteilungsfreien* Vertrauens- und Toleranzgrenzen, wenn solche im gegebenen Fall zur Verfügung stehen. Die Interpretationen (**444**), (**450**) und (**451**) stimmen in diesem Fall *ohne jegliche Voraussetzung über die Verteilung der Bevölkerung**, das heißt, sie stimmen für *alle* Bevölkerungen mit der einzigen Beschränkung, daß diese *stetig* sein müssen. (**457**)

Verteilungsfreie Vertrauens- und Toleranzgrenzen sind *breiter* als solche, die auf Grund spezifizierter Bevölkerungen ausgerechnet werden. Dies ist intuitiv leicht verständlich, weil sie ja für die unterschiedlichsten Bevölkerungen der Interpretation (**451**) genügen müssen.

Verteilungsfreie Vertrauensgrenzen für Quantile (Median, Quartile, Perzentile usw.) für kleinere Stichproben (Umfang bis zu $N = 100$) aus stetigen Bevölkerungen können aus unseren Tafeln *ohne* Rechnung abgelesen werden. Entsprechende Anleitungen sowie Formeln zur Berechnung verteilungsfreier Vertrauens- und Toleranzgrenzen findet der Leser im Abschnitt 10 F und 20.

Auf S. 128 findet sich eine Tafel «Verteilungsfreie Toleranzgrenzen», die ohne Rechnung folgendes Problem löst: Oft steht man vor der Aufgabe, zu Beginn einer Versuchsserie den Umfang einer Stichprobe festzulegen, *ohne irgendwelche Handhaben darüber zu besitzen, wie die Verteilung der Bevölkerung beschaffen sein könnte.* Einerseits sollte die Stichprobe groß genug sein, um einigermaßen repräsentativ für die Bevölkerung zu sein, andererseits sollte sie aber, um Kosten zu sparen, auch nicht zu groß sein. Dieses Problem läßt sich auf Grund der verteilungsfreien Toleranzgrenzen lösen, bzw. es *ist* in der obenerwähnten Tafel für die meisten Zwecke gelöst. Sollen die beiden Extremwerte der zukünftigen Stichprobe zum Beispiel 90% der Bevölkerung mit der großen Wahrscheinlichkeit von 0,999 zwischen sich einschließen, so ergibt die Tafel einen Stichprobenumfang von 88. Erhebt man danach eine Stichprobe des Umfanges 88, so liegen 90% der Bevölkerung mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,999 zwischen dem 1. und dem 88. Wert der Stichprobe.

9. Statistische Signifikanzteste

9 A. Einführung

Wir sind im Besitze eines «wahren» Würfels, bei dem die Wahrscheinlichkeit, die Zahl 1 oder 2 oder . . . 6 zu werfen, exakt 1/6 beträgt. Die Wahrscheinlichkeit, eine gerade Zahl zu werfen, ist somit exakt 0,5. Maßzahlen der Bevölkerung werden nach (**331**) als Parameter bezeichnet. Die Wahrscheinlichkeit 0,5 ist somit ein Parameter der Bevölkerung mit den Ereignissen «gerade Zahl»

* Bei großen Stichproben ist dies belanglos.

* Deshalb das Adjektiv «verteilungsfrei».

und «ungerade Zahl», die durch unseren wahren Würfel geliefert wird.

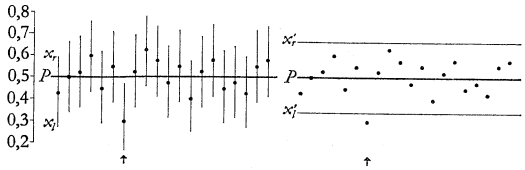


Abb. 21 95%-Vertrauensgrenzen (links) und entsprechende 5%-Signifikanzschranken (rechts) bei gegebenem Stichprobenumfang (vgl. dazu Legende von Abb. 19). Die Punkte entsprechen der Schätzung p der Wahrscheinlichkeit $\boldsymbol{p}$ (in der Abbildung als Parameter mit P bezeichnet).

Mit diesem Würfel machen wir zur Kontrolle von (**444** d) 20 Stichproben zu 40 Würfen und bestimmen bei jeder Stichprobe an Hand der geworfenen ungeraden Zahlen die in Abbildung 21, links, dargestellten 95%-Vertrauensgrenzen für den Parameter 0,5. In Übereinstimmung mit (**444** d) schließt ein Vertrauensbereich von 20 den Parameter nicht ein (vgl. Pfeil).

Nun stellen wir uns vor, wir hätten diese Vertrauensgrenzen erhalten, indem wir nicht mit *einem* uns *bekannten* Würfel *zwanzig* Stichproben, sondern mit *zwanzig* uns *unbekannten* Würfeln *je eine* Stichprobe gewürfelt hätten. Sofort würde sich der Verdacht regen, bei jenem Würfel, dessen Vertrauensbereich den Parameter 0,5 nicht einschließt, «stimme etwas nicht». Denn wir haben mit ihm ja nur eine Stichprobe gemacht, und daß gerade bei der *einen, ersten* Stichprobe jenes seltene Ereignis, das nach (**444** d) auf lange Sicht nur in 5% aller Fälle eintreten sollte, wirklich eintrifft, dagegen sträubt sich unsere auf Erfahrung basierende Intuition*. Wir erklären deshalb den verdächtigen Würfel als falsch, mit dem Vorbehalt, uns mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit von 0,05 zu irren.

Damit wäre das Prinzip dargelegt, das mutatis mutandis allen statistischen Testen zugrunde liegt.

9 B. Signifikanzschranken

Obiges Beispiel zeigt, daß man Signifikanzteste an Hand von Vertrauensgrenzen durchführen kann:

Bei einem Signifikanztest auf Grund von *Vertrauens- oder Toleranzgrenzen* werden 1 oder 2 *zufällig veränderliche Grenzwerte* mit einer bekannten oder hypothetischen, *konstanten Prüfgröße* verglichen (vgl. Abb. 21, links). } (**458**)

Viele Signifikanzteste werden an Hand von Signifikanzschranken durchgeführt:

Bei einem Signifikanztest auf Grund von *Signifikanzschranken* im üblichen Sinn werden 1 oder 2 *konstante Grenzwerte* mit einer *zufällig veränderlichen Prüfgröße* verglichen (vgl. Abb. 21, rechts). } (**459**)

Es ist *unerheblich,* ob Signifikanzteste an Hand von Vertrauens- und Toleranzgrenzen oder von Signifikanzschranken im üblichen Sinn durchgeführt werden: Das Resultat ist dasselbe (vgl. Abb. 21, links und rechts). Bei beiden Methoden gilt die Interpretation eines signifikanten Unterschiedes [vgl. (**381**), (**382**), (**394**), (**413**), (**414**) und (**420**)], wenn die *Prüfgröße die Grenzen berührt oder außerhalb liegt.* } (**460**)

Vertrauens- und Toleranzgrenzen sowie Signifikanzschranken sind eng miteinander verflochten:

– entweder unterscheiden sie sich nur symbolisch und sind numerisch gleich, } (a)

– oder sie unterscheiden sich formelmäßig und numerisch, die entsprechenden Formeln lassen sich jedoch ineinander überführen. } (b)

} (**461**)

Beispiel 17 zu (**461** a). Bei der Binomialverteilung sind

* Nach einiger Überlegung werden wir aber zugeben müssen, daß ein solcher Fall – auch bei viel kleinerer Wahrscheinlichkeit – doch möglich wäre, denn (**444** d) macht keine Angaben darüber, *wann* ein seltenes Ereignis innerhalb einer Versuchsreihe einzutreten hat. *Solche zeitlichen Voraussagen kann man bei zufälligen Ereignissen nie machen, wenn die Versuche unabhängig sind.*

$\left.\begin{matrix}\uparrow\\\downarrow\end{matrix}\right\}$ $\boldsymbol{p}_l < p < \boldsymbol{p}_r$ Signifikanzschranken für p
$p_l < \boldsymbol{p} < p_r$ Vertrauensgrenzen für $\boldsymbol{p}$

wobei $\boldsymbol{p}$ Konstanten und p zufällige Veränderliche sind. Wenn $p = \boldsymbol{p}$, ist $\boldsymbol{p}_l = p_l$ und $\boldsymbol{p}_r = p_r$ (bei gleichem Stichprobenumfang).

Beispiel 18 zu (**461** b). Es ist $\bar{x}$ der Mittelwert, $s_{\bar{x}}$ die Standardabweichung des Mittelwertes einer Stichprobe aus einer normalverteilten Bevölkerung mit dem Mittelwert μ_1, t die dem Umfang der Stichprobe und der geforderten Signifikanzwahrscheinlichkeit entsprechende Signifikanzschranke der STUDENT-Verteilung:

$\left.\begin{matrix}\uparrow\\\\\\\downarrow\end{matrix}\right\}$
$\bar{x} - t s_{\bar{x}} < \mu_1 < \bar{x} + t s_{\bar{x}}$ Vertrauensgrenzen für μ_1

$-t s_{\bar{x}} < \bar{x} - \mu_1 < +t s_{\bar{x}}$ } Weder Vertrauensgrenzen noch Signifikanzschranken im üblichen Sinn (Grenzen wie Prüfgröße sind zufällige Veränderliche)

$-t < \dfrac{\bar{x} - \mu_1}{s_{\bar{x}}} < +t$ Signifikanzschranken für $\dfrac{\bar{x} - \mu_1}{s_{\bar{x}}}$

Zur Prüfung der Nullhypothese $\mu_0 = \mu_1$ eignen sich alle 3 Formeln: Man setzt an die Stelle von μ_1 den hypothetischen Vergleichsparameter μ_0 und vergleicht dessen Lage zu jener der Grenzen. Am übersichtlichsten (besonders für Anfänger) ist die oberste, am schnellsten zu rechnen die mittlere, am gebräuchlichsten die unterste Formel.

Wenn wir im folgenden im Hinblick auf (**460**) und (**461**) und die dort gegebenen Beispiele im Zusammenhang mit Signifikanztesten manchmal einfach von «Schranken» sprechen, so sind damit solche gemeint, die hinsichtlich der ins Auge gefaßten Bevölkerung den Vorschriften (**376**) und (**377**) bzw. (**409**) und (**410**) entsprechen.

Alle für Signifikanzteste geeigneten Schranken konvergieren absolut oder relativ mit wachsendem Stichprobenumfang oder bei gegebenem Stichprobenumfang mit wachsender Anzahl der Stichproben [wenn (**432**) gilt]. Für alle gilt Ähnliches, wie in (**443**) und (**449**) über Vertrauens- und Toleranzgrenzen ausgeführt wurde. } (**462**)

Als Folgerungen aus (**462**) ergeben sich:

Mit wachsendem Stichprobenumfang läßt sich ein bestehender Unterschied immer signifikanter nachweisen. } (a)

Bei einer gegebenen Signifikanzwahrscheinlichkeit lassen sich mit wachsendem Stichprobenumfang immer kleinere Unterschiede nachweisen. } (b)

Wenn tatsächlich zwischen einer aktuellen und einer hypothetischen Bevölkerung ein Unterschied besteht, der sich auf Grund kleiner Stichproben signifikant feststellen läßt, so wird die sich darauf stützende Behauptung, die aktuelle Bevölkerung *unterscheide* sich von der hypothetischen, durch größere Stichproben mit noch größerer Signifikanz (in der Regel) *bestätigt* werden (vgl. Abb. 22 a). } (c)

Wenn tatsächlich zwischen einer aktuellen und einer hypothetischen Bevölkerung ein Unterschied besteht, der sich auf Grund kleiner Stichproben *nicht* signifikant feststellen läßt, so wird die sich darauf stützende Behauptung, die aktuelle Bevölkerung sei *gleich* der hypothetischen, durch größere Stichproben (in der Regel) *widerlegt* werden (vgl. Abb. 22 b). } (d)

Wenn tatsächlich zwischen einer aktuellen und einer hypothetischen Bevölkerung *kein* Unterschied besteht, so *ließe* (Konjunktiv!) sich dies mit einiger Sicherheit erst mit sehr großen (sicher nur mit unendlich großen) Stichproben feststellen. } (e)

} (**463**)

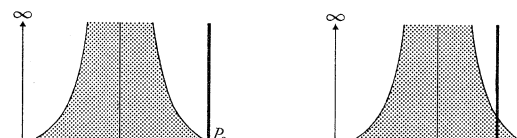


Abb. 22 P_0 ist der hypothetische, P_1 der zu prüfende Parameter, x_l und x_r sind die mit wachsendem Stichprobenumfang konvergierenden Vertrauensgrenzen von P_1.

9 C. Signifikanzteste

Allgemeines

Alle statistischen Teste beruhen auf dem grundlegenden Prinzip, eine *unbekannte Bevölkerung,* der die Stichprobe entstammt, mit einer *bekannten* oder *hypothetischen Bevölkerung* zu vergleichen. **(464)**

Mit *allen* statistischen Testen können mit exakter Wahrscheinlichkeit nur Unterschiede, *nicht* aber Übereinstimmung zwischen den verglichenen Bevölkerungen festgestellt werden [vgl. dazu **(463)**]. **(465)**

Die Hypothese H_0, daß 2 Bevölkerungen übereinstimmen, wird *Nullhypothese* genannt. Wegen **(465)** wird sie in der Regel aufgestellt, um *verworfen* zu werden. **(466)**

Die Bezeichnung «Nullhypothese» erklärt sich so: P_1 symbolisiere die Bevölkerung, der die Stichprobe entstammt, P_0 die hypothetische. Wenn nun P_1 mit P_0 übereinstimmt, das heißt, wenn $P_1 = P_0$, dann ist $P_1 - P_0 =$ Null.

Führt ein statistischer Test* mit der Signifikanzwahrscheinlichkeit α oder $2\,\alpha$ zur Feststellung eines Unterschiedes zwischen den verglichenen Bevölkerungen [vgl. **(460)**], so wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese, daß sich die Bevölkerungen unterscheiden, akzeptiert. Die Wahrscheinlichkeit, bei dieser *Entscheidung* einen *Fehler erster Art* zu machen, das heißt, die Nullhypothese abzulehnen, wenn sie richtig ist, in anderen Worten, einen Unterschied festzustellen, wenn tatsächlich keiner besteht, ist α oder $2\,\alpha$. **(467)**

Die Wahrscheinlichkeit, einen *Fehler zweiter Art* zu machen, das heißt, die Nullhypothese zu akzeptieren, wenn sie falsch ist, in anderen Worten, einen Unterschied nicht zu entdecken, wenn tatsächlich einer besteht, ist β. α und β stehen in enger Beziehung zueinander: je kleiner man α nimmt, um so größer wird β und umgekehrt. (β ist aber *nicht* $1-\alpha$ oder $1-2\,\alpha$: Wir können hier auf diese Beziehung nicht eintreten.) **(468)**

Mit wachsendem Stichprobenumfang verkleinern sich die Wahrscheinlichkeiten, einen Fehler erster oder zweiter Art zu machen. **(469)**

Kommentar zu **(468)**: Wenn es darauf ankommt, einen Fehler erster Art zu vermeiden, das heißt, wenn man ganz sichergehen will, einen Unterschied nur dann zu akzeptieren, wenn er wirklich besteht, dann wähle man α oder $2\,\alpha$ klein, zwischen 10^{-2} und 10^{-6}, entsprechend dem Risiko, das man eingehen darf.

Andererseits wähle man bei Untersuchungsserien, die in der Richtung zielen, einen Unterschied zu *entdecken,* α oder $2\,\alpha$ größer, zwischen 0,2 und 0,05. Bei späteren, möglicherweise größeren Untersuchungsserien kann man die Signifikanzwahrscheinlichkeit immer noch verkleinern, um einen früher gefundenen Unterschied besser zu sichern. Aber auch dann, wenn ein Unterschied sich in größeren Stichproben nur mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit von 0,1 sichern ließe, ist man unter besonderen Umständen berechtigt (zum Beispiel bei lebensrettenden Medikamenten), die Nullhypothese zu verwerfen. Ein Arzt wird beispielsweise gerne das Risiko auf sich nehmen, einmal in 10 Fällen sich zu irren, ein besseres Medikament verabreicht zu haben. Unserer Ansicht nach verwendet man in medizinisch-biologischen Forschungen *zu kleine* Signifikanzwahrscheinlichkeiten.

Macht eines Testes

Die Wahrscheinlichkeit $1-\beta$, das heißt die Wahrscheinlichkeit, einen Unterschied zu entdecken, wenn tatsächlich einer besteht, wird als *Macht* (power) eines Testes bezeichnet. **(470)**

Aus **(469)** folgt, daß sich die Macht eines Testes (in der Regel) durch Vergrößern des Stichprobenumfanges steigern läßt. **(471)**

Je mehr über die zu vergleichenden Bevölkerungen *bekannt* ist, um so *mächtiger* sind die Teste, die, gestützt auf diese Kenntnisse, durchgeführt werden können (aber nicht müssen). (Man darf auch in solchen Situationen weniger mächtige Teste anwenden, wenn sie für den vorgesehenen Zweck genügen.) **(472)**

* Von nun an sprechen wir anstatt von statistischen Testen nur noch von Testen.

Kommentar zu **(472)**: Je mehr die Polizei über einen Delinquenten weiß, desto wirkungsvoller (mächtiger) wird die Fahndung (in unserem Fall der Test) sein.

Die *relative* Macht verschiedener in ähnlicher Richtung zielender Teste läßt sich *nur* an Hand von *bekannten* Bevölkerungen beurteilen. **(473)**

Kommentar zu **(473)**: Damit scheidet die (früher auf Grund einer gegebenen Situation berechnete) relative Macht eines Testes als Auswahlkriterium in allen jenen Situationen aus, wo man die zu vergleichenden Bevölkerungen nicht kennt. Man hüte sich in solchen Fällen, Kenntnisse durch *Annahmen* ersetzen zu wollen, die als richtig vorausgesetzt werden. Ein darauf basierendes Testresultat ist nicht vertrauenswürdig (vgl. später).

Interpretationen

[Vgl. auch **(476)**]

Besteht der Zweck einer Versuchsserie darin, die *Übereinstimmung* zwischen Bevölkerungen nachzuweisen, und wird beim entsprechenden Test *kein* signifikanter Unterschied festgestellt, so akzeptiere man die Nullhypothese so lange, als sie nicht durch weitere Experimente widerlegt wird. **(474)**

Kommentar zu **(474)**: Man macht gerne den Fehler, die Übereinstimmung zwischen Bevölkerungen als bewiesen anzusehen, wenn kein signifikanter Unterschied nachzuweisen ist [vgl. dazu **(463** d und e) und Abb. 22b].

Besteht der Zweck einer Versuchsserie darin, einen *Unterschied* zwischen Bevölkerungen nachzuweisen, und wird beim entsprechenden Test *kein* signifikanter Unterschied festgestellt, so interpretiere man: «An Hand der vorliegenden Stichprobe läßt sich (mit der verwendeten Signifikanzwahrscheinlichkeit) ein Unterschied (statistisch) nicht sichern.» **(475)**

Kommentar zu **(475)**: Unrichtig wäre die Interpretation: Es besteht *kein* Unterschied [vgl. dazu **(463** d und e) und Abb. 22b].

Einseitige und zweiseitige Teste

Wenn man von früheren Erfahrungen her oder aus hypothetischen Überlegungen die Richtung eines vermutlichen Größenunterschiedes zweier Parameter kennt oder zu kennen glaubt, dann entscheide man sich *vor* Erhebung der Stichprobe zu einem *einseitigen Test* unter Festsetzung der vermuteten Richtung des Größenunterschiedes ($A < B$ oder $A > B$) und der Signifikanzwahrscheinlichkeit α, die konventionell 0,05 oder 0,01 beträgt* [vgl. dazu Kommentar zu **(468)**]. Beim einseitigen Test wird nur eine – entweder die linke oder die rechte – Schranke gemäß der vorbestimmten Richtung des Testes geprüft, daher der Name. Einseitige Teste sind sensibler (mächtiger, more powerful) hinsichtlich der Entdeckung eines Unterschiedes als zweiseitige. Sie sind aber nur dann berechtigt, wenn über die Richtung eines eventuellen Größenunterschiedes einige, nicht aus der Stichprobe gezogene Klarheit besteht. Über die Interpretation einseitiger Teste siehe **(476)**.

Interpretation einseitiger Teste**

Geforderte Signifikanz	Lage der Prüfgröße: hypothetisch	Lage der Prüfgröße: Test	Interpretation und (in Klammer) Signifikanz: einseitig	Interpretation und (in Klammer) Signifikanz: zweiseitig
α	$x < x_l$	$x \leqq x_l$	$x < x_l$ $(\leqq \alpha)$	keine
		$x > x_l$	**(475)**	
α	$x > x_r$	$x \geqq x_r$	$x > x_r$ $(\leqq \alpha)$	
		$x < x_r$	**(475)**	

Interpretation zweiseitiger Teste**

$2\,\alpha$	ungewiß	$x \leqq x_l$	$x < x_l$ $(\leqq 2\,\alpha)$	ungleich $(2\,\alpha)$
		$x \geqq x_r$	$x > x_r$ $(\leqq 2\,\alpha)$	
		$x_l < x < x_r$	**(475)** oder **(474)**	

(476)

* Dient α oder $2\,\alpha$ als Kriterium zu *Entscheiden* (Ablehnung oder Annahme der Nullhypothese), so muß dessen Größenbestimmung *unabhängig* von der zu prüfenden Stichprobe erfolgen, also *vor* deren Erhebung, wenn man mit ihr in Kontakt steht, oder *vor* Beginn der statistischen Bearbeitung, wenn man mit der Stichprobe nicht in Kontakt steht.

** Bei diskreten Verteilungen setze man $x < x_l + 1$ und $x > x_r - 1$.

Im allgemeinen wird man aber, besonders am Anfang einer Forschung, im ungewissen schweben, welche der Bevölkerungen – wenn sie sich überhaupt unterscheiden – die größere oder kleinere sein wird. Dann macht man einen *zweiseitigen Test*. Hat man am Anfang der Stichprobenerhebung die Frage «einseitiger oder zweiseitiger Test?» nicht entschieden, so bleibt nur noch der zweiseitige. Die Signifikanzwahrscheinlichkeit ist 2 α, die konventionell 0,05 oder 0,01 beträgt*, das heißt, $\alpha = 0{,}025$ oder 0,005 [vgl. dazu Kommentar zu (**468**)]. Wird der zweiseitige Test einseitig interpretiert, so ist die Signifikanzwahrscheinlichkeit dieser Interpretation trotzdem 2α!

Beachte, daß die Interpretation sich oben auf die *Prüfgröße* bezieht. Die auf diese sich stützende *reale* Interpretation kann anders lauten. (**476**) ist lediglich eine Zusammenstellung von (**381**), (**382**), (**392**), (**413**), (**414**), (**420**), (**474**) und (**475**).

Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen

Auf Grund von (**472**) wird man in einer Situation, in der mehrere Teste zur Verfügung stehen, in der Regel jenen wählen, der die größte Macht hat. Um in dieser Richtung eine Wahl treffen zu können, muß aber nach (**473**) die Gestalt der verglichenen Bevölkerungen bekannt sein. Diesbezügliche Kenntnisse hat man möglicherweise aus *früherer Erfahrung* oder aus *hypothetischen Überlegungen* (Glücksspiele, zentraler Grenzwertsatz) gezogen, oder man kann sie bei *großen* Stichproben diesen selbst entnehmen. Bei kleineren Stichproben hingegen, besonders auf derart komplexen Gebieten wie Biologie, Medizin und Psychologie, ist die Gestalt der Bevölkerung oft unbekannt. In solchen Situationen behilft man sich dann gerne mit *Annahmen* über die Gestalt der Bevölkerung, nur um einen «mächtigeren» Test [vielleicht ist er es im konkreten Fall gar nicht, vgl. (**473**)] machen zu können. Wir wollen dies aber auf Grund der folgenden Ausführungen (möglichst) vermeiden.

Es ist mit Rücksicht auf die *Vertrauenswürdigkeit* eines statistischen Testresultates weniger gefährlich, durch Anwendung eines voraussetzungsloseren Testes, bei dem im konkreten Fall weniger oder keine Annahmen gemacht werden müssen, von den in der Stichprobe steckenden Informationen möglicherweise ein wenig zu verlieren, als einem vielleicht mächtigeren Test zuliebe Annahmen zu machen, um damit illusorische, in der Stichprobe nicht enthaltene Informationen gewinnen zu wollen. (**477**)

Wenn die Voraussetzungen nicht oder nur teilweise erfüllt sind, auf deren Boden ein Test steht, dann verändern sich die Wahrscheinlichkeiten, einen Fehler erster oder zweiter Art zu machen, in einer Weise, die schwer zu beurteilen ist. Sicher ist nur, daß diese für *erfüllte* Voraussetzungen *gültigen* Wahrscheinlichkeiten *nicht mehr exakt* oder sogar irreführend sind, wenn die Voraussetzungen nicht oder nur teilweise zutreffen. (**478**)

Man bemühe sich deshalb *gewissenhaft*, in Situationen, in denen mehrere Teste zur Verfügung stehen, zunächst jene Teste auszulesen, bei denen (möglichst) alle an sie gebundenen Voraussetzungen im konkreten Falle *wirklich* erfüllt sind. (**479**)

Es gibt oft Situationen, in denen eine Testwahl nach (**479**) unmöglich ist, weil bei keinem der zur Verfügung stehenden Teste (es ist manchmal nur einer) alle Voraussetzungen erfüllt werden können. Man interpretiere dann ein Testresultat *vorsichtig* bis sehr vorsichtig den Folgen gemäß, die nichterfüllte Voraussetzungen im konkreten Falle haben könnten. Unter solchen Umständen ist es zu empfehlen, die *Voraussetzungen, deren Erfüllung unsicher ist, namentlich zu nennen*, wie zum Beispiel: «Unter der Voraussetzung, daß die beiden Stichproben derselben normalverteilten Bevölkerung entstammen, besteht . . .» (**480**)

Dem Leser wird nicht entgangen sein, wie wir von der Gestalt der Bevölkerung als einer wichtigen Voraussetzung vieler Teste ausgegangen sind, daß in (**477**) bis (**480**) aber ganz allgemein von Voraussetzungen die Rede ist. Je nach Test ist die Anzahl der Voraussetzungen und ihre «Strenge» verschieden: selbstverständlich sollten alle, nicht nur jene über die Gestalt der Bevölkerung, (möglichst) erfüllt sein. Eine dieser Bedingungen, die *allen* Testen zugrunde liegt, ist:

Alle statistischen Teste setzen *zufällige* Stichproben voraus, das heißt Stichproben, deren Erhebung in ihren Grundzügen einer Urnenoperation entspricht. Vgl. Abschnitt 1. (**481**)

* Siehe Fußnote *, S. 158, rechte Spalte.

(**481**) ist wohl die wichtigste Voraussetzung in der ganzen Statistik, die aber in der Praxis, besonders auf medizinisch-biologischen Gebieten, sehr schwer ganz zu erfüllen ist. Ist eine Forschungsarbeit schon bis zur statistischen Prüfung gediehen, kann man wohl etwaige nichtzufällige Stichproben noch ausscheiden, sofern eine Prüfung auf Nichtzufall im gegebenen Fall überhaupt möglich ist. Damit bewahrt man sich zwar vor einer Fehlentscheidung, die mit der Versuchsserie verbundenen Kosten und Arbeiten sind aber verloren. Man ergreife deshalb *vor* Beginn einer Forschungsarbeit alle Maßnahmen, um eine (möglichst) zufällige Stichprobe zu erhalten.

Wie geht man nun weiter vor, wenn nach (**479**) eine Gruppe von erlaubten Testen ausgelesen werden konnte? Eine allgemeingültige Anweisung in dieser Hinsicht kann nicht gegeben werden. In der Regel wird man die Prüfung mit jenen Testen beginnen, die am wenigsten Rechenaufwand erfordern und, wenn die postulierte Signifikanz nicht erreicht wird, zu mächtigeren Testen derselben erlaubten Gruppe übergehen. Ein solches Vorgehen dürfte wohl gestattet sein*, sofern man nicht in den Fehler verfällt, eine Signifikanz als doppelt oder mehrfach gesichert anzusehen, wenn zwei oder mehr Teste signifikant verlaufen. Zwischen vielen Testen bestehen nämlich Korrelationen, die selbst dem Statistiker nicht immer bekannt sind: sie prüfen teilweise gleichartig mit verschieden scharfen Instrumenten. Man wird kaum in den Fehler verfallen, wenn bei einer mikroskopischen Prüfung dasselbe Objekt mit drei verschiedenen Vergrößerungen nachgewiesen werden kann, diesen Nachweis als «dreifach gesichert» anzusehen. Ähnlich, aber nicht so leicht erkenntlich, verhält es sich bei Testen, zwischen denen Korrelationen bestehen.

Beispiel 19: Gegeben sei die Stichprobe (in zeitlicher Reihenfolge)

1 (Stunde)
−0,7 »
0,5 »
1,1 »
3 »
1,2 »
1,4 »

Mittelwert $\bar{x} = 1{,}07$ Stunde
Median $M = 1{,}1$ Stunde

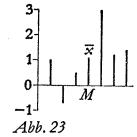


Abb. 23

bei der es sich um Differenzen von gepaarten Beobachtungen, zum Beispiel nach Verabreichung zweier Schlafmittel, handeln könnte, die am gleichen Probanden getestet wurden. Unterscheiden sich diese Differenzen von Null ($2\alpha = 0{,}05$)?

Für solche Fälle stehen uns, gestützt auf unsere Tafeln, 6 Teste zur Verfügung, wozu noch einer kommt, dessen Signifikanzschranken man im Gedächtnis behalten kann (Maximumtest):

Test	Voraussetzung über die Gestalt der Bevölkerung	Rechenaufwand
1 Student (*t*-Test)	normalverteilt	der größte aller 7 Teste
2 Lord	normalverteilt	etwa ¼ von 1
3 Midrange (Walsh)	normalverteilt	kleiner als bei 2
4 Walsh	symmetrisch	etwa wie 2
5 Zeichen	keine	keiner
6 Maximum (Walter)	keine	nur ordnen
7 Wilcoxon	keine	etwa wie 2

Wenn wir nun wissen, daß die Stichprobe einer normalverteilten Bevölkerung entstammt, dann können wir *alle* 7 Teste versuchen. Der mächtigste ist in diesem Falle der Student-Test, gefolgt vom Lord- und Midrange-Test, die bei so kleinen Stichproben nur wenig schwächer sind. Der Wilcoxon-Test steht dem Student-Test auch bei normalverteilten Bevölkerungen nicht viel nach.

Haben wir aber keine Kenntnis über die Gestalt der Bevölkerung, so werden wir nach (**479**) die Teste 5 bis 7 versuchen. Würden diese alle versagen, so bleibt uns nur noch die Interpretation (**475**).

Im obigen Beispiel ergeben diese Teste folgende Signifikanzen:

Test	Signifikanz
Student	$0{,}025 \leqslant 2\alpha < 0{,}05$
Lord	$0{,}05 < 2\alpha < 0{,}1$
Midrange	$0{,}05 \approx 2\alpha$
Walsh	–
Zeichen	$0{,}05 < 2\alpha$
Maximum	$0{,}05 < 2\alpha \leqslant 0{,}1$
Wilcoxon	$2\alpha < 0{,}05$

Student-, Wilcoxon- und Midrange-Test ergeben die geforderte Signifikanz, während alle anderen mehr oder weniger ver-

* Exakte Anweisungen in dieser Hinsicht sind uns unbekannt.

sagen. Man merke sich deshalb: Wenn zwei Stichproben hinsichtlich eines zwischen ihren Bevölkerungen bestehenden größenmäßigen Unterschiedes geprüft werden sollen, ist in der Regel bei normalverteilten Bevölkerungen für beliebig große Stichproben der STUDENT-Test, bei unsicherer Gestalt der Bevölkerung der WILCOXON-Test der mächtigste (der uns, gestützt auf unsere Tafeln, zur Verfügung stehenden Teste).

Vorwegnahme: In (**481**) haben wir erwähnt, daß alle Teste zufällige Stichproben voraussetzen. Eine in diese Richtung gehende Prüfung auf Grund der Iterationen (runs) um den Median zeigt nun aber mit einem $\alpha \leqq 0{,}01$ eine ausgeprägte Nichtzufälligkeit bei dieser Stichprobe. Trotz eindeutiger Signifikanz akzeptieren wir deshalb die Resultate der STUDENT- und WILCOXON-Teste lediglich als Hinweis auf einen möglicherweise bestehenden Unterschied, den wir in weiteren Experimenten noch eingehender untersuchen wollen.

« Gesunder Menschenverstand»

Unter diesem Motto seien zwei Themen kurz gestreift.

Im obigen Beispiel könnte man die Stichprobenwerte durch 10 dividieren, ohne die Signifikanz der Teste zu ändern. Wir hätten dann einen statistisch gesicherten Unterschied in der Wirkung der zwei Schlafmittel von durchschnittlich 6 Minuten, was praktisch ganz bedeutungslos wäre. Man prüfe deshalb bei statistisch gesicherten Unterschieden zunächst deren *reale* Bedeutung, bevor man sich mit «Entdeckungen» exponiert.

Oft tritt der Fall ein, daß eine Signifikanzwahrscheinlichkeit *fast,* aber nicht ganz, erreicht wird. Es sei zum Beispiel eine Signifikanz von 0,05 gefordert worden, erreicht wurde aber tatsächlich nur eine von 0,054 oder 0,06 oder ähnlich. Nun müssen wir zwar für unsere Entscheidungen eine feste Schranke als Basis beibehalten, um nicht ins uferlose abzugleiten, werden aber doch in einem solchen Fall die Interpretation entsprechend gestalten und weitere Versuche empfehlen. Erbringen nun diese wiederum nicht die postulierte Signifikanz, bleiben aber nur *wenig* darüber, so ist eine Interpretation wie «trotz zwei Versuchsserien konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden» *fehl* am Platze. Tatsächlich weisen beide Versuchsserien eindeutig in die Richtung eines bestehenden Unterschiedes. Hier gibt es nur eines: Bei gleicher Signifikanzwahrscheinlichkeit *größere* Versuchsserien durchzuführen [vgl. (**463** b) und Abb. 22b], wenn durch Änderung der experimentellen Bedingungen die Varianz nicht verkleinert werden kann.

10. Parameter

Dieser Abschnitt beschränkt sich auf Mittelwert, Varianz und Quantile im allgemeinen. Spezielle Formeln zur Berechnung von Mittelwert und Varianz verschiedener Verteilungen werden später bei diesen gegeben.

10 A. Mittelwert und Varianz der Bevölkerung

μ_x symbolisiert den *Mittelwert,* σ_x^2 die *Varianz* einer Verteilung. Im folgenden werden wir, wenn keine Verwechslungsgefahr besteht, den Index x weglassen. Die Varianz wird auch mittlere quadratische Abweichung, im deutschen Sprachgebiet auch Streuung genannt. (**482**)

Die Quadratwurzel der Varianz nennt man die *Standardabweichung* σ. (**483**)

Die Varianz und die Standardabweichung des *Mittelwertes* sind σ^2/N und $\sigma/\sqrt{N}$, symbolisiert mit $\sigma_{\bar{x}}^2$ und $\sigma_{\bar{x}}$. (**484**)

Den Quotienten σ/μ nennt man den Variationskoeffizienten V. Er entspricht der mit dem Mittelwert als Einheit gemessenen Standardabweichung. V hat nur einen Sinn für *positive* x-Werte. (**485**)

Die Standardabweichung ist ein Maß der Streuung. Je kleiner sie ist, um so steiler, je größer sie ist, um so flacher ist der Kurvenverlauf der Verteilung (vgl. Abb. 25). Darauf basiert die TSCHEBYSCHEFFsche Ungleichung

$$\text{Prob}\,(|x-\mu| \geqq k\sigma) \leqq 1/k^2 = 2\alpha \quad (k>0)$$

für $1/k^2 = 2\alpha = 0{,}05$ und 0,01 ist $k \sim 4{,}5$ und $= 10$. Diese Ungleichung gilt für *beliebige* Bevölkerungen. (**486**)

10 B. Transformationen

Wird die Veränderliche x durch einen konstanten Summanden vergrößert oder verkleinert, so daß

$$X = x \pm a$$

dann ist

$$\left.\begin{aligned}\mu_X &= \mu_x \pm a \\ \sigma_X^2 &= \sigma_x^2\end{aligned}\right\}\ \text{(a)}$$

und die Rücktransformation

$$\left.\begin{aligned}\mu_x &= \mu_X \mp a \\ \sigma_x^2 &= \sigma_X^2\end{aligned}\right\}\ \text{(b)}$$

(**487**)

Die Varianz wird durch eine seitliche Verschiebung *nicht* beeinflußt, sie ist translationsinvariant.

Wird die Veränderliche x durch einen konstanten Faktor vergrößert oder verkleinert, so daß

$$X = ax$$

dann ist

$$\left.\begin{aligned}\mu_X &= a\mu_x \\ \sigma_X^2 &= a^2\sigma_x^2\end{aligned}\right\}\ \text{(a)}$$

und die Rücktransformation

$$\left.\begin{aligned}\mu_x &= \mu_X/a \\ \sigma_x^2 &= \sigma_X^2/a^2\end{aligned}\right\}\ \text{(b)}$$

(**488**)

(**487**) und (**488**) gelten auch für die Schätzungen $\bar{x}$ und s von μ und σ, deren Berechnung man sich damit oft erleichtern kann.

Beispiel 20.

a) Gegeben seien

x	145	145,5	147	147,3
X	0	0,5	2	2,3

Wir bilden $X = x - 145$ und erhalten

Mit diesen Werten berechnen wir μ_X und σ_X^2 und daraus

$$\mu_x = \mu_X + 145 = 1{,}2 + 145 = 146{,}2$$
$$\sigma_x^2 = \sigma_X^2 = 1{,}26$$

b) Gegeben seien

x	0,003 25	0,001 60	0,003 20
X	325	160	320

Wir bilden $X = 10^5 x$ und erhalten

Mit diesen Werten berechnen wir μ_X und σ_X^2 und daraus

$$\mu_x = \mu_X/10^5 = 206 \times 10^{-5} = 0{,}002\,06$$
$$\sigma_x^2 = \sigma_X^2/10^{10} = 53\,158{,}5 \times 10^{-10} = 5{,}315\,85 \times 10^{-6}$$

Eine Veränderliche x, deren Verteilung den Mittelwert $= 0$ und die Varianz $= 1$ hat, nennt man *normiert* oder *standardisiert.* (**489**)

Hat eine Veränderliche x den Mittelwert $\mu \neq 0$ und die Varianz $\sigma^2 \neq 1$, so ist die Veränderliche

$$X = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad \text{(a)}$$

normiert.

Aus der normierten Veränderlichen X erhält man die ursprüngliche

$$x = \sigma X + \mu \quad \text{(b)}$$

(**490**)

(**489**) und (**490**) werden in der Statistik häufig gebraucht.

10 C. Schätzungen von μ und σ auf Grund ungruppierter Stichproben

Die *wirksamste, biasfreie* Schätzung des Mittelwertes μ auf Grund einer Stichprobe mit den Werten $x_1, x_2, \ldots, x_N$ ist

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_N}{N} = \frac{\Sigma x}{N} \qquad (\textbf{491})$$

$\bar{x}$ wird gelesen x quer.

Die *wirksamste, biasfreie* Schätzung der Varianz σ^2 ist

a) wenn μ bekannt

$$s^2 = \frac{\Sigma (x-\mu)^2}{N} = \frac{S_x'}{N} \quad \text{(a)}$$

b) wenn μ unbekannt

$$s^2 = \frac{\Sigma (x-\bar{x})^2}{N-1} = \frac{S_x}{N-1} \quad \text{(b)}$$

für S_x vgl. (**493**) (**492**)

Die Berechnung von S_x (man merke sich dieses Symbol!) wird durch folgende Identitäten erleichtert

$$
\left.\begin{aligned}
S_x &= \Sigma(x-\bar{x})^2 && \text{(a)}\\
&= \Sigma x^2 - N\bar{x}^2 && \text{(b)}\\
&= \Sigma x^2 - \bar{x}\,\Sigma x && \text{(c)}\\
&= \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/N && \text{(d)}\\
[&= s^2(N-1)] && \text{(e)}
\end{aligned}\right\} \quad (493)
$$

Die wirksamste, *asymptotisch* biasfreie Schätzung von σ ist s. Der Bias von s kann in der Praxis in der Regel vernachlässigt werden. Korrekturfaktoren zur Beseitigung dieses Bias bei Stichproben aus normalverteilten Bevölkerungen finden sich auf S. 47. (494)

Die wirksamste, biasfreie Schätzung von $\sigma_{\bar{x}}^2$ ist $s_{\bar{x}}^2 = s^2/N$, die wirksamste, asymptotisch biasfreie Schätzung von $\sigma_{\bar{x}}$ ist $s_{\bar{x}} = s/\sqrt{N}$. Vgl. dazu (**494**). (495)

Andere Schätzungen von σ werden wir später noch kennenlernen.

Beispiel 21 zu (**491**) bis (**495**). Gegeben sei die Stichprobe des Beispiels 19 auf S. 159.

Es ist nach Formel (**491**) $\bar{x} = 7{,}5/7 = 1{,}0714$

(**493**) $S_x = 15{,}35 - 8{,}0357 = 7{,}3143$

(**492**) $s^2 = 7{,}3143/6 = 1{,}2190$

(**494**) $s = \sqrt{1{,}2190} = 1{,}1041$

(**495**) $s_{\bar{x}} = 1{,}1041/\sqrt{7} = 0{,}4173$

Die Resultate sind nachträglich auf weniger Stellen zu runden, um zu verhüten, daß die Schätzwerte eine nicht vorhandene Präzision suggerieren.

10 D. Schätzung von μ und s^2 auf Grund gruppierter Stichproben

Gegeben die Klassen $x_1, x_2, \ldots, x_n$ mit der für alle Klassen gleichen Klassenbreite $d = x_{i+1} - x_i$. Diese sind besetzt mit den Frequenzen $f_1, f_2, \ldots, f_n$ ($N = \Sigma f_i$). Dann wählt man einen vorläufigen Mittelwert $\bar{x}'$, der auf eine Klasse fällt. Nun werden die Klassen numeriert. $\bar{x}'$ erhält die Nummer $z = 0$, absteigend erhalten die Klassen die Nummer $z = -1, -2, \ldots$, aufsteigend die Nummern $z = 1, 2, \ldots$

Klassen	$\ldots(\bar{x}'-2)$	$(\bar{x}'-1)$	$\bar{x}'$	$(\bar{x}'+1)$	$(\bar{x}'+2)\ldots$
z	$\ldots -2$	-1	0	1	2 $\ldots$

Es ist dann

$$x = \bar{x}' + d\frac{\Sigma f z}{N} \qquad (496)$$

$$s^2 = \frac{d^2}{N-1}\left(\Sigma(f z^2) - \frac{(\Sigma f z)^2}{N}\right) \qquad (497)$$

Sheppardsche Korrektur

Die SHEPPARDsche Korrektur beruht auf folgendem Umstand: Bei der Unterteilung der Einzelwerte in Klassen wird ein kleiner Fehler bezüglich der zufälligen Auswahl der Einzelwerte gemacht. Dadurch wird in die Schätzung der Varianz ein kleiner Fehler eingeschleppt, der durch Subtraktion von $k = 0{,}08\dot{3}\ (= 1/12)$ von der in Klasseneinheiten berechneten Varianzschätzung behoben wird (SHEPPARDsche Korrektur). Diese Korrektur ist bei der Signifikanzuntersuchung von Unterschieden entbehrlich, sonst aber zu empfehlen.

SHEPPARDsche Korrektur: $s^2_{\text{korr.}} = s^2 - \frac{d^2}{12}$ (498)

Beispiel 22. Erythrocytendurchmesser. Klassenbreite $d = 0{,}4\ \mu$m.

Klasse	Frequenz f	Abweichung z	Frequenz mal Abweichung fz	Frequenz mal Abweichung im Quadrat $fz^2 = fz \cdot z$
5,6	5	-4	-20	80
6,0	78	-3	-234	702
6,4	144	-2	-288	576
6,8	479	-1	-479	479
$7{,}2 = \bar{x}'$	542	0	0	0
7,6	358	$+1$	$+358$	358
8,0	279	$+2$	$+558$	1114
8,4	99	$+3$	$+297$	891
8,8	15	$+4$	$+60$	240
9,2	1	$+5$	$+5$	25
	$\Sigma(f) = N = 2000$		$\Sigma(fz) = 257$	$\Sigma(fz^2) = 4467$

$\bar{x} = 7{,}2 + 0{,}4\,\frac{257}{2000} = 7{,}251\,\mu$m

$s^2 = 0{,}4^2\,\frac{4467 - 33{,}0}{1999} = 0{,}4^2 \times 2{,}218;$

$s = 0{,}4\sqrt{2{,}218} = 0{,}596\,\mu$m ohne SHEPPARDsche Korrektur

$s^2 = 0{,}4^2\,(2{,}218 - 0{,}0833) = 0{,}4^2\,(2{,}135);$

$s = 0{,}4\sqrt{2{,}135} = 0{,}584\,\mu$m mit SHEPPARDscher Korrektur.

10 E. Quantile stetiger Verteilungen

Definition: In $p = F(x)$ nennt man x das *Quantil* (p), von uns symbolisiert mit $Q(p)$ oder x_p. Die Quantile sind somit die *Umkehrfunktion* von $F(x)$. Für Quantil wird auch das Synonym Fraktil gebraucht. Quantile sind sogenannte Lage- oder Positionsparameter. Zu $F(x)$ vgl. (**401**) und (**402**).

Die am meisten verwendeten Quantile führen besondere Namen: (499)

Name	Wahrscheinlichkeit p
Quartile	$0{,}25 \times n\ (n = 1, 2, 3, 4)$
Median oder Zentralwert	$0{,}5$ $(= 2.$ Quartil$)$
Dezile	$0{,}1 \times n\ (n = 1, 2, \ldots, 10)$
Perzentile	$0{,}01 \times n\ (n = 1, 2, \ldots, 100)$

Interpretation eines Quantils (p) einer stetigen Bevölkerung: $100\,p\%$ der Bevölkerung liegen unter, $100\,(1-p)\%$ über dem Quantil (p). (500)

Beispiel 23. Vgl. Abb. 8, Quantile und Median einer Normalverteilung.

Schätzung:

a) *Ungruppierte Stichproben.* Das Quantil $Q(p)$ einer Bevölkerung wird geschätzt, indem man das entsprechende Quantil $Q(p)$ einer daraus stammenden Stichprobe berechnet. Dies geschieht folgendermaßen: Man ordnet die Stichprobenwerte x nach ihrer Größe [vgl. (**342**)] und numeriert sie fortlaufend, wobei der kleinste Wert die Nummer 1 erhält. Diese Nummern nennt man *Ordnungszahlen* oder *Ränge* der Stichprobenwerte x. Man erhält so die Rangfolge

$$x_1 < x_2 < x_3 < \cdots < x_N$$

Das Quantil $Q(p)$ entspricht dann dem Stichprobenwert mit der Ordnungszahl $O(p)$:

$$O(p) = Np + 0{,}5 \text{ für } \frac{1}{N} \leqq p \leqq \frac{N-1}{N} \qquad (501\text{a})$$

Ist $O(p)$ eine ganze Zahl, so fällt das Quantil $Q(p)$ *auf* einen der Stichprobenwerte, ist $O(p)$ ein Bruch, so liegt das Quantil $Q(p)$ *zwischen* den Stichprobenwerten mit den zu $O(p)$ benachbarten Rängen. Man interpretiere dann: das Quantil $Q(p)$ liegt zwischen x_i und x_{i+1}. Zwischen x_i und x_{i+1} interpolieren zu wollen, hätte keinen großen Sinn.

Hat die Folge der geordneten Stichprobenwerte Bindungen [vgl. (**346**)], und fällt $O(p)$ auf oder zwischen die Ordnungszahlen von gebundenen Werten, so gebe man $Q(p)$ die Größe dieser gebundenen Werte, sofern die Anzahl der betreffenden Bindungen klein ist im Vergleich zum Stichprobenumfang. Bei Stichproben mit sehr vielen Bindungen (wenige Klassen mit großen Frequenzen) hat es keinen Sinn, Quantile nach (**501** a) zu bestimmen.

Beispiel 24. Gegeben ist die rangierte Stichprobe

x:	1,75	1,76	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80	1,81	1,82	1,84	1,86
O:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x:	1,86	1,93	1,95	2,00	2,07	2,18	2,35	2,68	3,56	4,41	
O:	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

Gesucht werden 1. Quartil, Median und Perzentil (0,7). Es ist

$O(0{,}25) = 0{,}25 \times 21 + 0{,}5 = 5{,}75$; $Q(0{,}25)$ liegt zwischen 1,78 und 1,79

$O(0{,}5) = 0{,}5 \times 21 + 0{,}5 = 11$; $Q(0{,}5) = 1{,}86$ (beachte die Bindung)

$O(0{,}7) = 0{,}7 \times 21 + 0{,}5 = 15{,}2$; $Q(0{,}7)$ liegt zwischen 2,00 und 2,07

b) *Gruppierte Stichproben.* Gegeben die rangierten Klassen $x_1, x_2, \ldots, x_n = x_i$, der Klassenabstand $d = x_{i+1} - x_i$, die Klassenfrequenzen $f_1, f_2, \ldots, f_n = f_i$. Klassenumfang $N = f_1 + f_2 + \cdots + f_n$. (501 b)

Man bilde die kumulierten Häufigkeiten $f_1 = F(1), f_1 + f_2 = F(2), f_1 + f_2 + f_3 = F(3) \ldots = F(i)$. Nun vergleicht man Np mit den $F(i)$:

Ist $Np = F(i)$, dann ist $Q(p) = x_i + \frac{1}{2}\, d$.

Liegt Np zwischen $F(i)$ und $F(i+1)$, dann liegt $Q(p)$ zwischen $x_i + \frac{1}{2}\, d$ und $x_{i+1} + \frac{1}{2}\, d$. (**501** b)

10 F. Verteilungsfreie Vertrauensgrenzen für Quantile stetiger Verteilungen

(Vgl. dazu Abschnitt 8 c)

Abgesehen von ihrer Bedeutung als Umkehrfunktion von $F(x)$, sind die Quantile in der Praxis deshalb beliebt, weil einerseits ihre Schätzung $Q(p)$ mit einem minimalen Rechenaufwand* verbunden ist, und weil andererseits für den Parameter $\boldsymbol{Q}(p)$ exakte Vertrauensgrenzen konstruiert werden können, ohne im Besitze irgendwelcher Kenntnisse über die Gestalt der der Stichprobe zugrunde liegenden Verteilung zu sein. Die mathematische Definition und die Berechnung verteilungsfreier Vertrauensgrenzen für Quantile wird im Abschnitt 20 gegeben.

Die Ordnungszahlen $O(p)$ für verteilungsfreie Vertrauensgrenzen für Quantile mit verschiedenen $p \leqq 0{,}5$ und Stichproben im Umfang bis $N = 100$ lassen sich direkt aus der Tafel auf S. 104 ablesen. Für den Median und Stichprobenumfänge bis $N = 1000$ findet man die Ordnungszahlen $O(p)$ in den Tafeln auf S. 105 und 106.

Man geht so vor: In den erwähnten Tafeln suche man die dem Stichprobenumfang N und der Wahrscheinlichkeit $p \leqq 0{,}5$ entsprechenden Grenzen x_l und x_r. Ist $p > 0{,}5$, so subtrahiere man es von 1 und erhält $p' = 1 - p < 0{,}5$. Dazu suche man wie oben die Grenzen x_l und x_r, die mit x'_l und x'_r symbolisiert seien. Die Ordnungszahlen $O(p)$, die die Vertrauensgrenzen in der Stichprobe lokalisieren, sind dann

wenn $p \leqq 0{,}5$, dann sind $O(p)_l$ und $O(p)_r = x_l + 1$ und x_r

wenn $p > 0{,}5$, dann sind $O(p)_l$ und $O(p)_r = N - x'_r + 1$ und $N - x'_l$ (**502**)

Beispiel 25. Für die Stichprobe des Beispiels 24 sind die 95%-Vertrauensgrenzen

Quantil	Ordnungszahlen		95%-Vertrauensgrenzen
1. Quartil	$1+1=2$	und 10	$1{,}76 < \boldsymbol{Q}(p) < 1{,}84$
Median	$5+1=6$	und 16	$1{,}79 < \boldsymbol{Q}(p) < 2{,}07$
Perzentil (0,7)	$21-12+1=10$ und	$21-1=20$	$1{,}84 < \boldsymbol{Q}(p) < 3{,}56$

10 G. Beziehungen zwischen Modus, Median und Mittelwert

Die Abszisse x des Maximalwertes der Verteilung $f(x)$ wird *Modus* genannt. (**503**)

Der Modus hat für die Praxis keine große Bedeutung. Zu $f(x)$ vgl. (**400**).

Bei *symmetrischen* stetigen Verteilungen *fallen Modus, Median und Mittelwert zusammen*, bei unsymmetrischen nicht (vgl. Abb. 31). Die Lagebeziehungen der drei Parameter untereinander lassen sich umschreiben

Median $\sim {}^2/_3$ Mittelwert $+ {}^1/_3$ Modus (**504**)

Wichtig für die Praxis ist vor allem die *Identität* von *Median* und *Mittelwert* bei *symmetrischen* stetigen Verteilungen: Die verteilungsfreien Vertrauensgrenzen für den Median sind bei symmetrischen stetigen Verteilungen auch solche für den Mittelwert. Daraus folgt:

Berechnet man aus einer Stichprobe die verteilungsfreien Vertrauensgrenzen für den Median sowie den Mittelwert $\bar{x}$, und berührt letzterer diese Grenzen oder liegt außerhalb, so entstammt die Stichprobe mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq 2\,\alpha$ *nicht* einer symmetrischen Verteilung. (**505**)

Darauf beruht der Zeichentest, der einfach durchzuführen und von der Gestalt der Bevölkerung unabhängig ist.

10 H. Der Zeichentest (Sign-Test)

a) *Prüfung einer Stichprobe auf Symmetrie.* Man berechne $\bar{x}$ und rangiere die Stichprobenwerte inklusive $\bar{x}$. Dann zähle man die Anzahl $N(-)$ jener Stichprobenwerte ab, die kleiner sind als $\bar{x}$. Dann suche man in der Tafel auf den S. 105 und 106 die dem Stichprobenumfang N und der Signifikanzwahrscheinlichkeit $2\,\alpha$ entsprechenden Schranken x_l und x_r. Berührt die Zahl $N(-)$ eine dieser Schranken, oder liegt sie außerhalb, dann gilt Interpretation (**505**).

Beispiel 26. Im Beispiel 24 im Abschnitt 10 E ist $\bar{x} = 2{,}130$, $N(-) = 16$. In der Tafel auf S. 105 sind bei $N = 21$ und $2\,\alpha = 0{,}05$ die Schranken $5 - 16$ zu finden. Die Stichprobe entstammt mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit von 0,05 *nicht* einer symmetrischen Verteilung.

b) *Prüfung von Paardifferenzen (Differenzen gepaarter Beobachtungen).* In solchen Fällen besteht die Nullhypothese darin, daß sich die Differenzen durchschnittlich von Null nicht unterscheiden, das heißt, daß gleich viele Differenzen kleiner und gleich viele größer als Null sind. Null ist somit der Median. Man zählt in solchen Situationen wie in a) die Anzahl $N(-)$, die kleiner als Null, das heißt negativ sind, in anderen Worten, man zählt die Anzahl $N(-)$ der *Minuszeichen* (daher der Name des Testes) und verfährt wie unter a).

Beispiel 27. Von 500 Paardifferenzen sind 210 negativ. Unterscheiden sich diese Differenzen durchschnittlich von Null ($2\,\alpha = 0{,}05$)? Auf S. 105 findet man für $2\,\alpha = 0{,}05$ und $N = 500$ die Schranken 227–273, der Unterschied ist somit mit der geforderten Signifikanz gesichert.

Nachtrag zu a) und b). Fällt in a) $\bar{x}$ *auf* einen der Stichprobenwerte (oder bei Bindungen auf 2, 3, ... Stichprobenwerte), oder sind in b) 1, 2, ... der Paardifferenzen gleich Null, so verringere man den Stichprobenumfang, mit dem man in die Tafel eingeht, um 1, 2, ... Mächtiger, aber mit etwas mehr Rechenarbeit verbunden, ist der WILCOXON-Test für Paardifferenzen, mit dem man bei *kleinen* Stichproben eher eine Signifikanz erreicht als mit dem Zeichentest. Vgl. dazu das Beispiel 19 auf S. 159. Bei Stichproben über 50 besteht kein großer Unterschied mehr zwischen den beiden Testen (hinsichtlich Macht; die Rechenarbeit steigt mit wachsendem Stichprobenumfang beim WILCOXON-Test rasch an). Paardifferenzen lassen sich auch sequentialanalytisch untersuchen.

11. Die Normalverteilung

Vgl. dazu Abschnitt 6. Über «normal» vgl. (**455**)

11 A. Definition und Charakteristiken

Die Normalverteilung ist eine *stetige* Verteilung. Ihre Wahrscheinlichkeitsdichte ist definiert

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \qquad (\mathbf{506})$$

(π und e vgl. S. 132, μ = Mittelwert, σ = Standardabweichung)

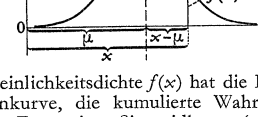


Abb. 24

Die Wahrscheinlichkeitsdichte $f(x)$ hat die Form einer *symmetrischen* Glockenkurve, die kumulierte Wahrscheinlichkeitsverteilung $F(x)$ die Form einer Sigmoidkurve (vgl. Abb. 8 und 9). Der Variationsbereich der Veränderlichen x erstreckt sich von $-\infty$ bis ∞, was der Normalverteilung manchmal zum «Vorwurf» gemacht wird, weil danach beispielsweise auch 3 m große und größere Menschen «möglich» sein sollten*. Das Wort «möglich» ist aber schlecht gewählt. Besser wäre der Ausdruck «fast unmöglich», weil die Wahrscheinlichkeit für extremere Abweichungen vom Mittelwert bei der Normalverteilung rasch abnimmt:

In Prob $(|x - \mu| \geqq k\sigma) \leqq 2\,\alpha$ ändert sich $2\,\alpha$ mit zunehmendem k folgendermaßen[11]: (**507**)

k	$2\,\alpha$	k	$2\,\alpha$
1	$3{,}173\,105 \times 10^{-1}$	6	$1{,}973\,175 \times 10^{-9}$
2	$4{,}550\,026 \times 10^{-2}$	7	$2{,}559\,625 \times 10^{-12}$
3	$2{,}699\,796 \times 10^{-3}$	8	$1{,}244\,192 \times 10^{-15}$
4	$6{,}334\,248 \times 10^{-5}$	9	$2{,}257\,177 \times 10^{-19}$
5	$5{,}733\,031 \times 10^{-7}$	10	$1{,}523\,971 \times 10^{-23}$

* Dieser Zeitgewinn wird bei großen Stichproben durch die Zeit aufgewogen, die man mit dem Rangieren der Stichprobe verliert.

* Grenzen nach Wahrscheinlichkeit, so absurd sie manchen erscheinen mögen, sind logischer als absolute. Wo sollte man zum Beispiel die absolute Grenze für Körperlängen ziehen? Bei 2 m 51, 2 m 78, 3 m 19 oder bei?

Zu (**507**) vgl. man (**486**): Nach der TSCHEBYSCHEFFschen Ungleichung ist die Wahrscheinlichkeit, daß bei einer *beliebigen* Verteilung die Veränderliche x zum Beispiel die Grenze $\mu \pm 3\,\sigma$ erreicht, gleich $^1/_9$, bei der normalverteilten Veränderlichen nach (**507**) aber nur $\sim {}^3/_{1000}$! Andererseits stimmen diese viel engeren Grenzen *nur* dann, wenn die Bevölkerung *wirklich* normal verteilt ist. Man merke sich deshalb auch die umgekehrte Folgerung: Sollte eine Verteilung, für die die 3-σ-Grenzen als genügend angesehen werden, *nicht* normal sein, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Veränderliche x diese Grenzen erreicht, *nicht* $^3/_{1000}$, sondern vielleicht nur $^1/_9$: eine sprechende Illustration zu (**478**)!

Wie bei allen symmetrischen Verteilungen fallen bei der Normalverteilung Modus, Median und Mittelwert zusammen, ihre Ordinate ist die Symmetrieachse der Wahrscheinlichkeitsdichte [vgl. Abb. 24 und (**504**)]. Als wichtige Folgerung für die Praxis ergibt sich daraus:

Eine Stichprobe, die die Prüfung auf Symmetrie nicht besteht, entstammt mit einer Signifikanzwahrscheinlichkeit $\leqq 2\,\alpha$ *nicht* einer normalverteilten Bevölkerung. (**508**)

Besteht eine *nicht zu kleine* Stichprobe die Symmetrieprüfung [vgl. dazu (**474**)], so könnte die zugrunde liegende Bevölkerung trotzdem nicht normal sein*. Bei Signifikanztesten (vgl. S. 159, «Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen») darf man aber in einem solchen Fall die Voraussetzung der Normalität als *fast* erfüllt betrachten. (**509**)

Der Zeichentest, mit dem wir auf Symmetrie prüfen, ist bei *kleinen* Stichproben ziemlich unempfindlich, das heißt, er wird bei kleinen Stichproben viel seltener eine bei der Bevölkerung tatsächlich bestehende Unsymmetrie entdecken als bei größeren Stichproben. Deshalb gilt (**509**) nur für *nicht zu kleine* Stichproben. Bei kleinen Stichproben verwende man deswegen Signifikanzteste – sofern solche zur Verfügung stehen –, bei denen hinsichtlich Symmetrie und Normalität keine Voraussetzungen zu erfüllen sind.

Wie (**506**) zeigt, ist die Normalverteilung durch die zwei Parameter μ und σ *vollständig* charakterisiert. Der Mittelwert bestimmt die *Lage* der Verteilung in bezug auf die x-Achse, die Standardabweichung die *Form* der Kurve: je größer σ ist, um so flacher ist der Kurvenverlauf (vgl. Abb. 25).

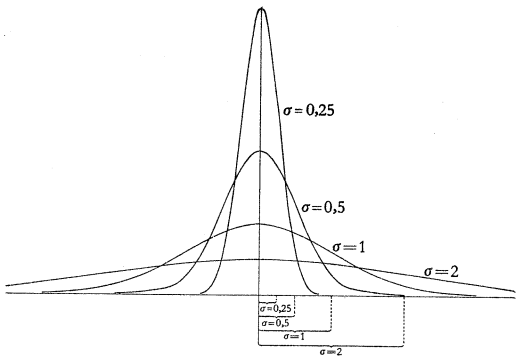
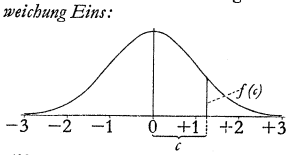


Abb. 25 Normalverteilungen mit verschiedenen Standardabweichungen.

Da μ und σ beliebige Werte annehmen können, sind unendlich viele normalverteilte Bevölkerungen möglich. Normiert man diese nach (**490**a), so werden sie *alle in eine,* die standardisierte Normalverteilung übergeführt.

11 B. Die standardisierte Normalverteilung

Setzt man nach (**490**a) $c = (x - \mu)/\sigma$, so geht (**506**) über in die *standardisierte Normalverteilung* mit *Mittelwert Null* und *Standardabweichung Eins:*



$$f(c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-c^2/2} \qquad (510)$$

Abb. 26 Standardisierte Normalverteilung.

Aus der Symmetrie der Verteilung ergeben sich als Folgerungen bezüglich der

* Es gibt auch symmetrische Verteilungen, die nicht normal sind.

Wahrscheinlichkeitsdichte

$$f(0) = \max f(c) = 0{,}398\,942 \qquad (511)$$

$$f(-c) = f(c) \qquad (512)$$

Wahrscheinlichkeiten

$$F(0) = \text{Prob}\,(c < 0) = \text{Prob}\,(c > 0) = \tfrac{1}{2} \qquad (513)$$

$$\left.\begin{aligned} \text{Prob}\,(c < -k) &= \text{Prob}\,(c > k) = \quad (a)\\ &= F(-k) = 1 - F(k) \quad (b)\end{aligned}\right\} \qquad (514)$$

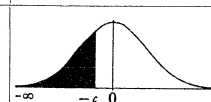
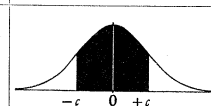
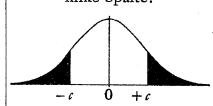
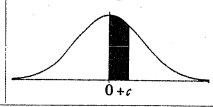
$$\text{Prob}\,(-k \leqq c \leqq 0) = \text{Prob}\,(0 \leqq c \leqq k) \qquad (515)$$

Quantile

$$Q(\tfrac{1}{2}) = 0 \qquad (516)$$

$$Q(p) = -Q(1-p) \qquad (517)$$

11 C. Tafeln zur standardisierten Normalverteilung (S. 28–31)

Seite	Inhalt	Spalte links	Spalte rechts
28		Umkehrfunktion des Integrals → $= \text{Quantil}\ Q(p)$ $= c(p)$ Argument p	$\int_{-\infty}^{c} f(c)\,dc$ $= F(c) = p(c)$ Argument c
29		Umkehrfunktion des Integrals → $= c(p')$ Argument p'	$\int_{-c}^{c} f(c)\,dc$ $= p'(c)$ Argument c
30	linke Spalte:  rechte Spalte: 	$1 - \int_{-c}^{c} f(c)\,dc$ $= 2P$ Argument c *	$\int_{0}^{c} f(c)\,dc$ $= \int_{-c}^{0} f(c)\,dc$ Argument c
31	Oben: Ordinate $f(c)$, Argument c. Vgl. Abb. 26. Unten: Umkehrfunktion zu $1 - \int_{-c}^{c} f(c)\,dc$		

* Umkehrfunktion siehe S. 31

11 D. Transformation einer Normalverteilung in die standardisierte Form und umgekehrt

(Teilweise Wiederholung)

Den Satz «Normalverteilung mit Mittelwert μ und Standardabweichung σ» symbolisieren wir mit «Normalverteilung $(\mu;\sigma)$». (**518**)

Die Normalverteilung $(\mu;\sigma)$ der Veränderlichen x wird in die standardisierte Normalverteilung $(0;1)$ der Veränderlichen c transformiert und umgekehrt, indem man in (**490**) c an Stelle von X einsetzt. (**519**)

Bei dieser Transformation werden die Wahrscheinlichkeiten der transformierten Werte *nicht* verändert. Es ist

$$\text{Prob}\,(x < x_k) = \text{Prob}\,(c < c_k) \qquad (520)$$

Beispiel 28. Gegeben die Normalverteilung $(174;7)$. Wie groß sind die Wahrscheinlichkeiten $x < 160$, $x > 181$ und $162 \leqq x \leqq 179$? Es ist

$$\frac{160-174}{7} = -2,\quad \frac{181-174}{7} = 1,\quad \frac{162-174}{7} \sim -1{,}71,$$

$$\frac{179-174}{7} \sim 0{,}7$$

und daraus

$\text{Prob}\,(c < -2) = F(-2) =$ aus Tafel S. 28, rechte Spalte $= 0{,}022\,75$

Prob $(c > 1)$ = vgl. (**514**a) = Prob $(c < -1)$ = Tafel wie oben = 0,158 66

Prob $(-1{,}71 \leqq c \leqq 0{,}71)$: Prob $(0 \leqq c \leqq -1{,}71)$ ist nach (**515**)
= Prob $(0 \leqq c \leqq 1{,}71)$, folglich die Gesamtwahrscheinlichkeit
= Prob $(0 \leqq c \leqq 1{,}71)$ + Prob $(0 \leqq c \leqq 0{,}71)$
= aus Tafel S. 30, rechte Spalte = 0,482 14 + 0,261 15 = 0,743 29

Beispiel 29. Gegeben die Normalverteilung des Beispiels 28. Gesucht

a) die einseitige Vertrauensgrenze x_l für $1 - \alpha_l = 0{,}95$;

b) die einseitige Vertrauensgrenze x_r für $1 - \alpha_r = 0{,}99$;

c) die zweiseitigen Vertrauensgrenzen x_l und x_r für $1 - 2\alpha = 0{,}95$.

Lösung:

Alle Vertrauensgrenzen oder Signifikanzschranken sind Quantile (α):

a) c_l ist das Quantil (α_l), wobei $\alpha_l = 1 - 0{,}95 = 0{,}05$. Aus Tafel S. 28, linke Spalte, ergibt sich $c_l = -1{,}6449$ und daraus $x_l = -1{,}6449 \times 7 + 174 = 162{,}4857$;

b) c_r ist das Quantil $(1 - \alpha_r) = \mathcal{Q}(0{,}99)$. Aus Tafel S. 28, linke Spalte, ergibt sich $c_r = 2{,}3263$ und daraus $x_r = 2{,}3263 \times 7 + 174 = 190{,}2841$;

c) α ist hier $(1 - 0{,}95)/2 = 0{,}025$. Da nach (**517**) das Quantil 0,025, absolut genommen, gleich dem Quantil $1 - 0{,}025 = 0{,}975$ ist, müssen wir in Tafel S. 28, linke Spalte, nur einmal das Quantil 0,025 suchen. Es ist $c = -1{,}960$ und daraus $x_l = -1{,}960 \times 7 + 174 = 160{,}28$ und $x_r = 1{,}960 \times 7 + 174 = 187{,}72$. Noch leichter findet man die zweiseitigen Grenzen bzw. die entsprechende Abweichung c in Tafel S. 30, linke Spalte. Dort geht man mit der Wahrscheinlichkeit $1 - 2\alpha$ ein und erhält unmittelbar das gesuchte c.

Zu den Beispielen 28 und 29: In der Praxis rechnet man nur mit so viel Stellen, als benötigt werden. Es ist aber besser, wenn mathematisch Ungeübte die Rechnung mit größerer Stellenzahl durchführen und erst am Schlusse der Rechnung das Resultat entsprechend auf- oder abrunden.

11 E. Die Probittransformation

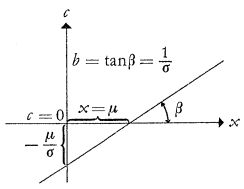


Abb. 27 a

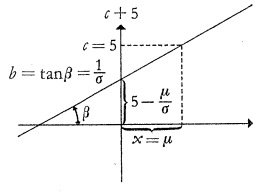


Abb. 27 b

Wenn man die standardisierte Veränderliche $(x - \mu)/\sigma$ nach (**34**) in 2 Brüche $-\mu/\sigma$ und x/σ zerlegt und $-\mu/\sigma = a$ und $1/\sigma = b$ setzt, so wird

$$c = a + bx, \text{ wobei } a = -b\mu \text{ und } b = 1/\sigma \qquad (521)$$

Nach (**299**) ist (**521**) eine *Gerade* (vgl. Abb. 27 a).

Die Gerade (**521**) geht, wenn μ und σ gegeben sind, durch den Punkt $(\mu; 0)$. Zu ihrer Konstruktion braucht man in diesem Falle nur noch *einen* weiteren Punkt nach (**521**) zu berechnen. (**522**)

Verschiebt man diese Gerade in Ordinatenrichtung um 5 Einheiten (vgl. Abb. 27 b), so ist

$$c + 5 = \text{Probit}^{12} = a + bx = 5 + b(x - \mu), \text{ wobei } a = 5 - b\mu \text{ und } b = 1/\sigma \qquad (523)$$

Die Gerade (**523**) geht, wenn μ und σ gegeben sind, durch den Punkt $(\mu; 5)$. Zu ihrer Konstruktion braucht man in diesem Falle nur noch *einen* weiteren Punkt nach (**523**) zu berechnen. (**524**)

Da Abweichungen von mehr als 5σ selten sind, verhilft die Verschiebung von (**521**) nach (**523**) dazu, daß in der Praxis der größte Teil aller Probitrechnungen im rechten oberen Quadranten durchgeführt werden können.

Wenn man nun auf der Ordinatenachse neben die lineare c- bzw. $(c + 5)$-Skala die entsprechenden $F(c)$-Werte einzeichnet, die nach (**520**) gleich groß sind wie die $F(x)$-Werte, so sieht man sofort, daß auf diese Weise die Sigmoidkurve $F(x)$ in eine Gerade transformiert werden kann. Für Probitrechnungen an Stichproben gilt deshalb:

Sind die Ordinaten- und die Abszissenskala linear eingeteilt (vgl. äußerste Skala links in Abb. 28) und werden in Ordinatenrichtung an Stelle von $F(x_p)$ die Quantile c_p oder die Probits $c_p + 5$ in Abszissenrichtung x_p abgetragen, so werden die Punkte $[x_p; c_p]$ oder $[x_p;$ Probit$]$ mit zunehmendem Stichprobenumfang stochastisch gegen eine Gerade (**521**) oder (**523**) konvergieren, sofern die zufällige Veränderliche x normal verteilt ist. (**525**)

Teilt man die Abszissenachse linear, die Ordinatenachse in Perzentile c $(0{,}01 \times n)$ oder Probits $(0{,}01 \times n)$ ein, wobei $n = 1, 2, \ldots, 100$, und schreibt die den letzteren entsprechenden Wahrscheinlichkeiten $F(c)$ oder Prozentsätze $100\,F(c)\%$ als Ordinatenskala an (vgl. Abb. 28, zweitäußerste Skala links), trägt in Ordinatenrichtung $F(x_p)$ oder $100\,F(x_p)\%$, in Abszissenrichtung x_p ab, so werden die Punkte $[x_p; F(x_p)]$ oder $[x_p; 100\,F(x_p)\%]$ mit zunehmendem Stichprobenumfang stochastisch gegen eine Gerade konvergieren, sofern die zufällige Veränderliche x normal verteilt ist. (**526**)

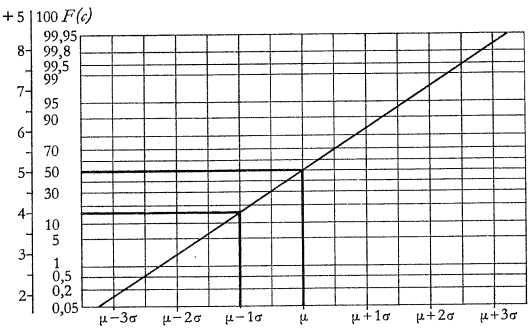


Abb. 28 Probitskala $(= c + 5)$ und Skala der Wahrscheinlichkeitspapiere.

Nach (**526**) arbeitet man mit den Wahrscheinlichkeitspapieren, nach (**525**) bei der Probittransformation. Im folgenden beschränken wir uns auf letztere, von der in weiteren Abschnitten noch Beispiele gegeben werden. Tafeln zur Probittransformation finden sich auf S. 54 und 55. Anleitungen zur Maximum-Likelihood-Schätzung der Probitgeraden in jenen Fällen, wo diese mit der Regressionsmethode geschätzt werden muß, das heißt, wenn μ und σ nicht nach (**491**) und (**492**) geschätzt werden können, siehe [13–15].

11 F. Anpassung von Normalkurven an Stichproben

Um eine Prüfung auf Nichtnormalität, sei es auf optisch-graphischem Weg oder exakt, durchführen zu können oder auch zu Illustrationszwecken, braucht man Normalkurven, die an die Stichprobe *angepaßt* (fitted) sind. Die erwähnten exakten Teste auf Nichtnormalität sind mächtiger als zum Beispiel der ebenfalls exakte Symmetrietest, weil sie die *gesamten* der Stichprobe zu extrahierenden Informationen ausnutzen, indem der *ganze* empirische Kurvenverlauf der Stichprobe mit dem angepaßten verglichen wird. Man nennt deshalb solche Teste *Anpassungsteste*. Will man die Prüfung exakt durchführen, was in unserem Fall auf einen χ^2-Test hinausläuft, so bestehen zwei Bedingungen: Die Stichprobe muß gruppiert sein, und die Parameter μ und σ müssen durch $\bar{x}$ und s nach (**491**) und (**492**) geschätzt werden [vgl. dazu die Erläuterungen zu den eben erwähnten Gleichungen und (**430**)]. *In den bei der Anpassung benötigten Gleichungen werden $\bar{x}$ und s an Stelle von μ und σ eingesetzt.*

a) *Ungruppierte Stichproben*

Bei ungruppierten Stichproben ist nur ein optischer Vergleich zwischen empirischen und angepaßten Probitwerten möglich. Aus (**499**) und (**501** a) ergibt sich

$$p_i = F(x_i) = \frac{O_i - 0{,}5}{N} \qquad (527)$$

$[O_i =$ Rang des Stichprobeneinzelwertes x_i, Abschnitt 10 E$]$

Mit (**527**) lassen sich unter weiterer Verwendung von (**523**) bis (**525**) die empirischen und angepaßten Probitwerte errechnen.

Beispiel 30. Gegeben die Stichprobe des Beispiels 24 des Abschnittes 10 E, S. 161. Der Mittelwert $\bar{x}$ ist 2,130, die Standardabweichung s ist 0,6713. Zunächst errechnen wir die $F(x_i)$-Werte nach (**527**). Es ist $F(x_1) = 0{,}5/21$, $F(x_2) = 1{,}5/21$ usf. [Man rechne nach (**31**): $0{,}5/21 + 1/21 + \cdots$.] Diese Werte werden mit 100 multipliziert und für die so erhaltenen Prozente in der Tafel S. 54 und 55 die Probits gesucht. Man erhält für $x_1, x_2, \ldots$ die empirischen Probits 3,0; 3,5; 3,8; 4,0 usw. Diese Werte trägt man nach (**525**) in Millimeterpapier ein und erhält die in Abbildung 29 gezeigte Punkteschar.

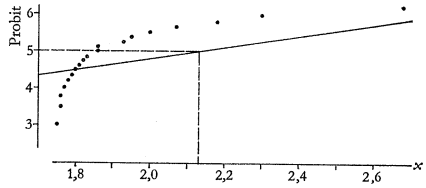


Abb. 29 Empirische Probitwerte und angepaßte Probitgerade der ungruppierten Stichprobe des Beispiels 24 im Abschnitt 10 E, S. 161.

Man sieht sofort, daß die Punkteschar systematisch von einer Geraden abweicht. Die Stichprobe stammt kaum aus einer normalverteilten Bevölkerung (was wir auf Grund des Symmetrietestes schon wußten, vgl. Abschnitt 10 H). Wenn die Stichprobe aus einer normalen Bevölkerung käme, müßten die Punkte stochastisch um die angepaßte Probitgerade schwanken, die nach (**523**) und (**524**) aus $\bar{x}$ und s an Stelle von μ und σ errechnet wurde.

b) *Gruppierte Stichproben*

Es ist

$$f(x_i) = \frac{Nd}{\sigma} f(c_i), \quad c_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \tag{528}$$

$$F(x_i + \tfrac{1}{2}d) = (\sum_1^i f_i)/N \tag{529}$$

(i = Ordnungszahl der rangierten Klassen x, $d = x_{i+1} - x_i$ = Klassenbreite, f_i = Besetzung der Klasse i)

Wenn man beide, angepaßte Wahrscheinlichkeitsdichte *und* kumulierte Verteilung, berechnen will, dann verwende man $x_i + \frac{1}{2}d$ auch in (**528**) und trage dann die berechnete Ordinate bei $x_i + \frac{1}{2}d$ ab, das heißt an der *oberen* Grenze der Klasse i. (**528**) gibt die Ordinaten für die *Mitte* der Klassen.

Beispiel 31. Gegeben die Stichprobe des Beispiels 22 des Abschnittes 10 D, S. 161, mit $\bar{x} = 7{,}251$, $s = 0{,}584$.

Berechnung der angepaßten Wahrscheinlichkeitsdichte

Der Gang der Rechnung ist folgender: Man bildet die Differenzen $x_i + \frac{1}{2}d - \bar{x}$, multipliziert diese mit $1/s$ und erhält die angepaßten c_i-Werte [auch diese Rechnung läßt sich nach (**31**) als einfache Addition durchführen]. Für diese Abweichungen c suchen wir in der Tafel S. 31, oben, die entsprechenden Ordinaten $f(c)$ [man vergleiche dazu (**512**)], multiplizieren diese mit Nd/s und erhalten damit die gesuchten Ordinaten $f(x_i + \frac{1}{2}d)$. (Vgl. Abb. 30, links.)

Tabelle 1

$x+\frac{1}{2}d$	$x+\frac{1}{2}d-\bar{x}$	$(x+\frac{1}{2}d-\bar{x})/s = c$	$f(c)$	$f(c)\times Nd/s = f(x+\frac{1}{2}d)$
5,4	− 1,851	− 3,17	0,002 62	3,6
5,8	− 1,451	− 2,48	0,018 42	25,2
6,2	− 1,051	− 1,80	0,078 95	108,2
6,6	− 0,651	− 1,11	0,215 46	295,2
7,0	− 0,251	− 0,429	0,363 87	498,5
7,4	0,149	0,255	0,386 18	529,0
7,8	0,549	0,939	0,256 71	351,7
8,2	0,949	1,62	0,107 41	147,1
8,6	1,349	2,31	0,027 68	37,9
9,0	1,749	2,99	0,004 57	6,3
9,4	2,149	3,68	0,000 46	0,6

Berechnung der empirischen Probits

Wir berechnen nach (**529**) $F(x_i + \frac{1}{2}d)$, multiplizieren mit 100 und suchen zu diesen Prozenten in der Tafel S. 54 und 55 die entsprechenden Probits. Diese tragen wir bei $x_i + \frac{1}{2}d$ als Ordinaten ab und erhalten die Punkte der Abbildung 30, rechts.

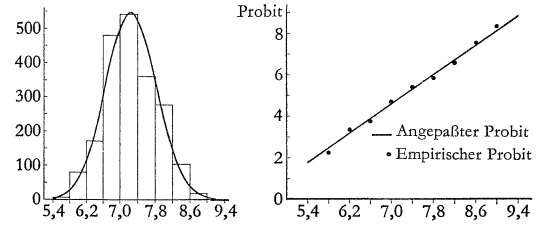


Abb. 30 Angepaßte Wahrscheinlichkeitsdichte, empirische Probits und angepaßte Probitgerade für die Stichprobe 22 in Abschnitt 10 D.

Berechnung der angepaßten Probitgeraden

Die *Konstruktion* der Probitgeraden erfolgt nach (**524**). Sie geht einmal durch den Punkt (7,25; 5). Als Abszisse des zweiten benötigten Punktes wählen wir beispielsweise $x = 5{,}4$. Nach (**523**) ist der entsprechende Probit $= 5 + 1{,}712\,(5{,}4 - 7{,}25) = 1{,}8$. Wir ziehen die Gerade durch diese zwei Punkte und sehen, daß die empirischen Probits sich eng an sie anschmiegen. Der optische Eindruck von Abbildung 30, rechts, wird uns kaum veranlassen, die Bevölkerung, aus der die Stichprobe erhoben wurde, als nicht normal verteilt anzusehen.

Wie sehr man sich dabei täuschen kann, werden wir gleich sehen.

Nachtrag. Wenn die Wahrscheinlichkeitsdichte wie oben schon berechnet wurde, erhält man die zwei Konstruktionspunkte der angepaßten Probitgeraden, indem man aus Tabelle 1 auseinanderliegende Werte der Kolonne c nimmt und dazu 5 addiert.

Exakte Prüfung auf Nichtnormalität mit dem χ^2-Test

Diese Prüfung erfolgt in unserem Falle an Hand der c-Transformation, ohne Probits. Gang der Rechnung:

1. Berechnung der angepaßten c-Werte für $x_i + \frac{1}{2}d$ nach (**521**), siehe Kolonne c in Tabelle 1. Dies sind die angepaßten c-Werte.
2. Zu den angepaßten c-Werten suchen wir in Tafel S. 28, rechts, die entsprechenden $F(c)$-Werte. Dies sind die angepaßten $F(c)$-Werte.
3. Multiplikation der angepaßten $F(c)$-Werte mit dem Stichprobenumfang N. Damit erhält man die angepaßte Verteilung der kumulierten absoluten Häufigkeiten $H(x_i + \frac{1}{2}d)$.
4. Bildung der Differenzen $H(x_{i+1} + \frac{1}{2}d) - H(x_i + \frac{1}{2}d)$. Damit erhält man die angepaßten absoluten Klassenfrequenzen f_i'.
5. Errechnung von $(f_i - f_i')^2/f_i' = \chi_i^2$.
6. Die Summe aller χ_i^2 ist die von uns gesuchte Prüfgröße χ^2 mit Freiheitsgrad $\nu = n - 2 - 1$, n = Anzahl der Klassen.

Tabelle 2

$x+\frac{1}{2}d$	$F(c)$	$F(c)\times N = H(x+\frac{1}{2}d)$	$H(x_{i+1}+\frac{1}{2}d)$ minus $H(x_i+\frac{1}{2}d) = f_i'$	f_i (vgl. S. 161)	$(f_i-f_i')^2/f_i' = \chi_i^2$
5,4	0,000 76	1,5	1,5*) = 11,6 } 13,1	5	5,01
5,8	0,006 57	13,1	58,8	78	6,27
6,2	0,035 93	71,9	195,1	144	13,38
6,6	0,133 50	267,0	400,2	479	15,52
7,0	0,333 60	667,2	537,9	542	0,03
7,4	0,602 57	1205,1	447,7	358	17,97
7,8	0,826 39	1652,8	242,0	279	5,66
8,2	0,947 38	1894,8	84,3	99	2,56
8,6	0,989 56	1979,1	18,1	15	0,53
9,0	0,998 61	1997,2	2,8	1	1,16
9,4	— *	— *	2000,0	2000	$\chi^2 = 68{,}09$
					$\nu = 10-2-1 = 7$

Die Signifikanzwahrscheinlichkeit 2 α des erhaltenen χ^2 (vgl. Tafel S. 36) ist bedeutend kleiner als 0,0005. Die Bevölkerung, aus der die Stichprobe stammt, ist somit bestimmt nicht normal verteilt, ganz entgegen unserem optischen Urteil auf Grund der empirischen Probits (vgl. oben).

Nachtrag. Bei obiger Berechnung sollte die Reihenfolge der Vorzeichen der Differenzen $f_i - f_i'$ inspiziert werden. + und − sollten

* Die große Abweichung 3,68 für den Wert $x = 9{,}4$ ist in unseren Tafeln nicht mehr enthalten. Dies macht nichts aus, weil wir, wie Kolonne 4 obiger Tabelle 2 zeigt, bei den äußersten Klassen die Differenzen folgendermaßen bilden: H (unterste Klasse) − 0 und $N - H$ (oberste Klasse).

stochastisch abwechseln und keine systematischen Zyklen zeigen. Bei genügender Klassenanzahl sollte ein Iterationstest gemacht werden. Wenn nämlich der χ^2-Test zu keiner Signifikanz führt, so kann man – bei größerer Anzahl Klassen wie oben – mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, die Bevölkerung sei normal verteilt, *sofern die Plus-* und *Minus-Iterationen stochastisch sind.* Sind sie es nicht, dann beruht der ganze χ^2-Test auf einer unsicheren Basis. (Er hat als Voraussetzung, daß die Klassen untereinander *unabhängig* sind. Systematische Vorzeichenzyklen sprechen dagegen.)

11 G. Standardabweichungen der Quantile von Stichproben aus normalverteilten Bevölkerungen

Nachstehende Formeln sind nur *asymptotisch* exakt und sollten darum nur bei *großen* Stichproben verwendet werden (je extremer die Lage des Quantils ist, um so größer sollte die Stichprobe sein). In der Praxis kann man deshalb diese Formeln nur selten verwenden. Sollen für kleine und mittlere Stichproben die Vertrauensgrenzen für Quantile bestimmt werden, so verfahre man nach den Anweisungen von Abschnitt 10 F (verteilungsfreie Vertrauensgrenzen) und berechne sie *nicht* an Hand der in untenstehenden Formeln definierten Standardabweichungen.

Es gilt asymptotisch

$$\text{Standardabweichung von } x_p = \sigma_{x_p} = \frac{1}{f(x_p)}\sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \qquad (530)$$

Aus (**530**) und (**506**) ergibt sich

$$\text{Standardabweichung des Medians } x_{0,5} = \sigma_{x_{0,5}} = \sigma\sqrt{\frac{\pi}{2N}} = 1{,}2533\,\sigma/\sqrt{N} \qquad (531)$$

Der Median ist bei der Normalverteilung identisch mit dem Mittelwert μ. Der Median einer Stichprobe ist somit auch eine Schätzung von μ. Die relative asymptotische Effizienz dieser Schätzung ist nach (**433**), (**484**) und (**531**)

$$\frac{\sigma/\sqrt{N}}{\sigma\sqrt{\pi/2N}} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sim 0{,}8$$

das heißt ungefähr 80% der Schätzung von μ mittels $\bar{x}$ nach (**491**).

11 H. Die logarithmische Normalverteilung

Ihre Wahrscheinlichkeitsdichte ist definiert

$$f(x) = \frac{0{,}4343}{x \times \sigma_{\log x}} \times f(c), \qquad c = \frac{\log x - \mu_{\log x}}{\sigma_{\log x}}, \quad (0 < x < \infty) \qquad (532)$$

Als Schätzung von $\mu_{\log x}$ und $\sigma_{\log x}$ berechnet man nach (**491**) und (**492**) $\bar{x}_{\log x}$ und $s_{\log x}$, indem man $\log x$ an Stelle von x und $(\log x)^2$ an Stelle von x^2 einsetzt.

Die logarithmische Normalverteilung ist unsymmetrisch (linksschräg). (Vgl. Abb. 31 a.)

Es sind

$$\text{Modus} = \text{antilog}\,(\mu_{\log x} - 2{,}3026\,\sigma^2_{\log x}) \qquad (533)$$

$$\text{Median} = \text{antilog}\,\mu_{\log x} \qquad (534)$$

$$\text{Mittelwert} = \text{antilog}\,(\mu_{\log x} + 1{,}1513\,\sigma^2_{\log x}) \qquad (535)$$

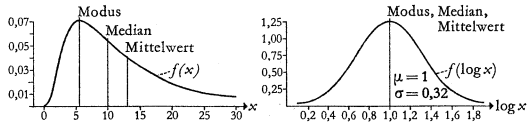


Abb. 31 a) Logarithmische Normalverteilung. b) Transformierte Form von a).

Trägt man x auf einem logarithmisch eingeteilten Abszissenmaßstab ab oder – was auf das gleiche herauskommt – $\log x$ an Stelle von x auf einem linearen Abszissenmaßstab, so wird die unsymmetrische Verteilung (**532**) in die symmetrische Normalverteilung transformiert

$$f(\log x) = \frac{1}{\sigma_{\log x}} \times f(c), \qquad c = \frac{\log x - \mu_{\log x}}{\sigma_{\log x}}, \quad (0 < x < \infty) \qquad (536)$$

[für $\mu_{\log x}$ und $\sigma_{\log x}$ siehe (**532**)]

Aus (**532**) und (**536**) ergibt sich

$$f(x) = \frac{0{,}4343}{x} \times f(\log x) \qquad (537)$$

Die der transformierten Veränderlichen entsprechende Wahrscheinlichkeitsdichte ist somit nicht gleich groß wie die Wahrscheinlichkeitsdichte der ursprünglichen Variablen. Man beachte in Abbildung 31 die ungleichen Ordinatenmaßstäbe. Anders verhält es sich mit der kumulierten Verteilung. Es ist*

$$F(x_p) = F^*(\log x_p) = p \qquad (538)$$

und entsprechend gilt für die Quantile

$$x_p = \text{antilog}\,(\log x_p) \qquad (539)$$

und bei ungruppierten Stichproben

$$O(x_p) = O(\log x_p) \qquad (540)$$

(O = Ränge der Stichprobeneinzelwerte, vgl. Abschnitt 10 E)

Aus (**536**) und (**538**) bis (**540**) ergeben sich als Folgerungen (**541**) bis (**543**):

Wird eine unsymmetrische stetige Verteilung durch eine Transformation der Einzelwerte nach (**536**) in eine Normalverteilung übergeführt, so ist die ursprüngliche Verteilung eine logarithmische Normalverteilung. (**541**)

Ergibt die Transformation nach (**536**) Stichproben aus normalverteilten Bevölkerungen [vgl. (**508**) und Abschnitt 11 F], so lassen sich mit ihnen alle für sie geltenden *Teste* ohne weiteres durchführen. *Das Resultat dieser Teste gilt auch für die nichttransformierten Stichproben.* (**542**)

Bei *ungruppierten* Stichproben aus lognormalen Bevölkerungen, deren Einzelwerte *nicht* transformiert wurden, gelten für die Schätzung der Quantile und deren Vertrauensgrenzen die Anweisungen der Abschnitte 10 E und 10 F *ohne jede Änderung.* (**543**)

Für *gruppierte* Stichproben merke man sich: Die Transformation $x \to \log x$ darf nur mit den *Einzelwerten* durchgeführt werden. Ist eine Stichprobe in Klassen gruppiert, so muß sie zunächst wieder in eine ungruppierte Stichprobe aufgelöst werden. Für diese Einzelwerte werden die Logarithmen gesucht, und mit diesen darf wieder eine gruppierte Stichprobe gebildet werden, aber mit *äquidistanzierten logarithmischen* Klassengrenzen! Läßt sich eine gruppierte Stichprobe nicht auflösen, weil die Einzelwerte nicht notiert wurden, so ist eine logarithmische Transformation *nicht* mehr möglich. Man notiere deshalb bei Stichprobenerhebungen die Einzelwerte und gruppiere erst danach! (**544**)

In der Natur sind viele zufällige Veränderliche lognormal verteilt. Überall dort, wo die Reaktion eines Elementes auf eine gegebene Ursache sich proportional verhält zur Intensität der Ursache und zur Größe des Elementes, wird die Form der Verteilung lognormal sein. In der Praxis ist dies vor allem bei toxikologischen und ähnlichen Bio-Versuchen von Bedeutung, bei denen die Veränderliche x (Dosierung) routinemäßig logarithmisch transformiert wird.

11 I. Das Additionstheorem der Normalverteilung

Gegeben seien die stochastisch unabhängigen normalverteilten Veränderlichen $x_1, x_2, \ldots, x_k$ mit den Mittelwerten $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_k$ und den Varianzen $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \ldots, \sigma_k^2$. Die Variable

$$x = x_1 \pm x_2 \pm \cdots \pm x_k$$

ist dann ebenfalls normalverteilt mit Mittelwert

$$\mu = \mu_1 \pm \mu_2 \pm \cdots \pm \mu_k$$

und Varianz

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_k^2 \qquad (545)$$

* Die Quantile einer transformierten Veränderlichen sind durch die transformierten Quantile der ursprünglichen Variablen gegeben, sofern die Transformation mit einer *ansteigenden* Funktion vorgenommen wurde [$f(\log x)$ ist eine ansteigende Funktion].

Man beachte in (**545**), daß sich die Varianzen auch dann *summieren,* wenn der Mittelwert μ aus *Differenzen* gebildet wird.

11 K. Der zentrale Grenzwertsatz

Die große Bedeutung der Normalverteilung liegt darin, daß die Summe von k stochastisch unabhängigen, *beliebigen* Variablen mit wachsendem k unter ziemlich generellen Bedingungen stochastisch gegen eine Normalverteilung konvergiert mit Mittelwert

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \cdots + \mu_k$$

und Varianz

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \cdots + \sigma_k^2 \qquad (546)$$

Während in (**545**) die Summe normalverteilter Veränderlicher *immer,* auch bei kleinem k, normal verteilt ist, gilt für *beliebig* verteilte Veränderliche (**546**) erst, wenn k gegen Unendlich strebt. In der Praxis ist «Unendlich» ein dehnbarer Begriff. Haben zum Beispiel die Verteilungen in (**546**) alle *dieselbe,* nicht allzu unsymmetrische Gestalt, so ist ihre Summe praktisch schon bei relativ kleinem k (50, 100, 200, ...) normal verteilt, das heißt, der Fehler ist vernachlässigbar, wenn man diese Stichprobenverteilungen mit der Normalverteilung approximiert.

Unsere Zahlentafeln zu den Stichprobenverteilungen sind so gehalten, daß Stichproben, die den von den Tafeln berücksichtigten Umfang überschreiten, praktisch als normalverteilt angesehen werden können. (**547**)

In dem von uns behandelten Stoffgebiet konvergieren mit *einer* Ausnahme *alle* Stichprobenverteilungen nach (**546**) gegen die Normalverteilung. Die Ausnahme bildet die Verteilung des Extrembereiches (selbstverständlich auch der Extremabweichungen).

12. Mit der Normalverteilung eng verbundene Verteilungen (summarisch)

12 A. Die STUDENT-Verteilung

Muß in der standardisierten *Normal*abweichung $c = (x-\mu)/\sigma$ die Standardabweichung σ durch ihre Schätzung s ersetzt werden, weil σ unbekannt und deshalb aus der Stichprobe geschätzt werden muß, dann hat die standardisierte Veränderliche

$$t_\nu = \frac{x-\mu}{s_\nu}\,;\ s_\nu \text{ unabhängig von } x \qquad (548)$$

eine Wahrscheinlichkeitsdichte

$$f(t|\nu) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\Gamma(\nu/2)\sqrt{\nu\pi}}\left(1+\frac{t^2}{\nu}\right)^{-(\nu+1)/2} \qquad (549)$$

wobei $\Gamma(x/2) = (x/2-1)!$ =
$(x/2-1)(x/2-2)\ldots 3\times 2\times 1$, wenn x eine gerade Zahl;
$(x/2-1)(x/2-2)\ldots 3/2\times 1/2\times\sqrt{\pi}$, wenn x eine ungerade Zahl.

ν wird der *Freiheitsgrad* von t genannt.

Die STUDENT-Verteilung ist von μ und s unabhängig; ihre Form wird nur vom Freiheitsgrad ν bestimmt. Anweisungen, wie der Freiheitsgrad ν zu bestimmen ist, werden später von Fall zu Fall gegeben.

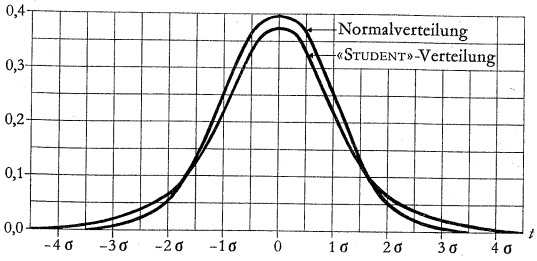


Abb. 32 Wahrscheinlichkeitsdichte der Normal- und der STUDENT-Verteilung mit Freiheitsgrad $\nu = 4$.

Die STUDENT- oder t-Verteilung ist der Normalverteilung sehr ähnlich und konvergiert mit wachsendem Freiheitsgrad auch schnell gegen diese. Ihr Variationsbereich erstreckt sich von $-\infty$ bis ∞. Sie ist stetig, *symmetrisch,* glockenförmig, hat aber im Gegensatz zur Normalverteilung mehr Wahrscheinlichkeit in den Ausläufen und weniger im zentralen Teil konzentriert.

Die aus der Symmetrie abgeleiteten Gleichungen (**512**) bis (**517**) der standardisierten Normalverteilung gelten auch für die t-Verteilung, wenn man in diesen Gleichungen t an Stelle von c einsetzt. (**550**)

Tafeln

In den Tafeln S. 32–35 sind die exakten Abweichungen t_0 für Freiheitsgrade ν zwischen 1 und 200 zu folgenden Integralen gegeben:

$$P(\text{der Tafel}) = \int_{t_0}^{\infty} f(t)\,dt = \text{Prob}\,(t > t_0) \qquad \text{(a)}$$

$$2P(\text{der Tafel}) = \int_{-\infty}^{t_0} f(t)\,dt + \int_{t_0}^{\infty} f(t)\,dt = \text{Prob}\,(t < -t_0) + \text{Prob}\,(t > t_0) = \text{Prob}\,(t \neq -t_0 \text{ bis } t_0) \qquad \text{(b)}$$

Bei *einseitigen* Testen (Vertrauensgrenzen) ist $\alpha = P$, bei *zweiseitigen* Testen (Vertrauensgrenzen) ist $2\alpha = 2P$. (c)

Die kumulierte Verteilung $F(t) = \text{Prob}\,(t \leqq t_0)$ ist nach (**405** b)
$F(t_0) = 1 - \text{Prob}\,(t > t_0) = 1 - P = 1 -$ (**551** a) (d)

(**551**)

In der Tafel S. 42 finden sich die exakten Abweichungen t_0^2 für Freiheitsgrade ν zwischen 1 und 200 zu folgendem Integral

$$P_r = \int_{t_0^2}^{\infty} f(t^2)\,dt^2 = \text{Prob}\,(t^2 > t_0^2) = 2\,\text{Prob}\,(t > t_0) \qquad \text{(a)}$$

$$\tfrac{1}{2}P_r = \tfrac{1}{2} \quad (\textbf{552}\,\text{a}) \qquad \text{(b)}$$

Bei *einseitigen* Testen ist $\alpha = \frac{1}{2}P$, bei *zweiseitigen* Testen ist $2\alpha = P$. (c)

(**552**)

Der Leser ist gebeten, die Beschriftung im Tabellenkopf dieser Tafel zu korrigieren. (**552**) *bezieht sich auf die korrigierte Beschriftung:*

an Stelle von $2P$ ist zu schreiben $P = 2\alpha$
an Stelle von P ist zu schreiben $\frac{1}{2}P = \alpha$

Beziehung zur F-Verteilung vgl. (**575**).

12 B. Die χ^2-Verteilung

Es seien $x_1, x_2, \ldots$ stochastisch voneinander unabhängige Beobachtungen aus *derselben normalverteilten* Bevölkerung mit Mittelwert μ und Standardabweichung σ. Dann hat die Summe

$$\chi_\nu^2 = c_1^2 + c_2^2 + \cdots + c_i^2 + \cdots + c_\nu^2 = \sum_1^\nu c_i^2 \qquad (553)$$

der standardisierten Abweichungen

$$c_i^2 = \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right)^2$$

die Wahrscheinlichkeitsdichte

$$f(\chi^2|\nu) = \frac{1}{2^{\nu/2}\,\Gamma(\nu/2)}\,e^{-\chi^2/2}\,(\chi^2)^{\nu/2-1}\,;\quad (0 \leqq \chi^2 < \infty) \qquad (554)$$

[ν wird Freiheitsgrad von χ^2 genannt, für Γ vgl. (**549**)]

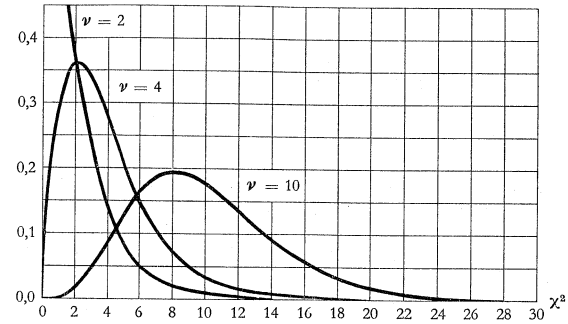


Abb. 33 Wahrscheinlichkeitsdichte der χ^2-Verteilung, $\nu = 2$, 4 und 10.

Die χ^2-Verteilung ist eine stetige, *unsymmetrische* Verteilung, die – wie die STUDENT-Verteilung, aber langsamer – mit wachsendem Freiheitsgrad ν gegen die Normalverteilung konvergiert (vgl. Abb. 33). Ihr Variationsbereich erstreckt sich von Null bis Unendlich. Ihre Form hängt nur vom Freiheitsgrad ν ab. Zur Bestimmung des Freiheitsgrades vgl. spätere Anweisungen sowie (**566**) und (**569**) dieses Abschnittes.

Parameter

$$\left.\begin{array}{lll} \text{Modus} & = \nu - 2 & \text{(a)} \\ \text{Mittelwert } \mu & = \nu & \text{(b)} \\ \text{Varianz } \sigma^2 & = 2\,\nu & \text{(c)} \end{array}\right\} \quad (555)$$

Stochastische Konvergenz, wenn $\nu \to \infty$:

$$\left.\begin{array}{lll} \chi^2/\nu & \to 1 & \text{(a)} \\ \chi^2\text{-Verteilung} & \to \text{Normalverteilung } (\nu; \sqrt{2\nu}); \text{ relativ langsam} & \text{(b)} \\ 2\,\chi^2/\nu\text{-Verteilung} & \to \text{Normalverteilung } (\sqrt{2\nu-1}; 1)^* \text{ schneller als (b)} & \text{(c)} \end{array}\right\} \quad (556)$$

Approximationen für Quantile

Zentraler gelegene Quantile [nach (**556** b)]:

$$\chi_p^2 \sim \tfrac{1}{2}\,(c_p + \sqrt{2\nu-1})^2;\ \nu > 30 \qquad \text{(a)}$$

Extremer gelegene Quantile[16]:

$$\chi_p^2 \approx \nu\left(1 - \frac{2}{9\nu} + c_p\sqrt{\frac{2}{9\nu}}\right)^3;\ \nu > 30 \qquad \text{(b)}$$

(557)

Berechnung der Quantile 0,005; 0,025; 0,975; 0,995 aus den Vertrauensgrenzen für λ der POISSON-Verteilung vgl. (**563**).

Beispiel 32 zu (**557**): Vergleich zwischen (a) und (b). Gesucht das Quantil $\chi^2_{0{,}975;\,\nu=50}$.

(a) $\chi_p^2 \sim \tfrac{1}{2}\,(1{,}96 + \sqrt{100-1})^2 = 70{,}922$

(b) $\chi_p^2 \approx 50\left(1 - \frac{2}{450} + 1{,}96\sqrt{\frac{2}{450}}\right)^3 = 71{,}424$

Der exakte Wert beträgt 71,420.

Tafeln

In den Tafeln S. 37–39 sind die exakten Abweichungen χ_0^2 für Freiheitsgrade ν zwischen 100 und 200 zu folgenden Integralen gegeben

$$\left.\begin{array}{lll} 1\int_r \text{(der Tafel)} = \int_{\chi_0^2}^{\infty} f(\chi^2)\,d\chi^2 = \text{Prob}\,(\chi^2 > \chi_0^2) & & \text{(a)} \\ \tfrac{1}{2}\int_r \text{(der Tafel)} = \tfrac{1}{2}\ (\textbf{558}\,\text{a}) & & \text{(b)} \\ 1\int_l \text{(der Tafel)} = \int_0^{\chi_0^2} f(\chi^2)\,d\chi^2 = \text{Prob}\,(\chi^2 < \chi_0^2) & & \text{(c)} \\ \qquad = F(\chi^2) & & \\ \tfrac{1}{2}\int_l \text{(der Tafel)} = \tfrac{1}{2}\ (\textbf{558}\,\text{c}) & & \text{(d)} \\ \text{Bei } \textit{einseitigen}\ \chi^2\text{-Testen ist } \alpha = \tfrac{1}{2}\int_r & & \text{(e)} \\ \text{Bei } \textit{zweiseitigen}\ \chi^2\text{-Testen ist } 2\,\alpha = 1\int_r & & \\ \text{Bei } \textit{einseitigen} \text{ Vertrauensgrenzen für } \sigma & & \text{(f)} \\ \text{ist für } \textit{obere} \text{ Grenzen } \alpha = 1\int_r & & \\ \quad \text{für } \textit{untere} \text{ Grenzen } \alpha = 1\int_l & & \\ \text{Bei } \textit{zweiseitigen} \text{ Vertrauensgrenzen für } \sigma & & \\ \text{ist für die } \textit{obere} \text{ Grenze } \alpha = \tfrac{1}{2}\int_r & \alpha < 0{,}5 & \\ \quad \text{für die } \textit{untere} \text{ Grenze } \alpha = \tfrac{1}{2}\int_l & & \end{array}\right\} \quad (558)$$

Die oft gebrauchte Quadratwurzel $\sqrt{\nu/\chi_\nu^2}$ findet man für Freiheitsgrade zwischen 1 und 100 auf S. 47 bei den *Vertrauensfaktoren für* σ für folgende Quantile

χ_p^2	Kolonne $1-2\,\alpha$	χ_p^2	Kolonne $1-2\,\alpha$
0,05 und 0,95	0,90	0,01 und 0,99	0,98
0,025 und 0,975	0,95	0,005 und 0,995	0,99

(559)

* Nach R. A. FISHER.

Beziehungen zu anderen Verteilungen

Normalverteilung

$$\left.\begin{array}{l} \text{Wenn } \nu = 1, \text{ ist } \chi_p^2 = c_{1/2\,(1+p)}^2, \text{ das heißt,} \\ \text{Prob}\,(\chi^2 < \chi_0^2) = 2\,\text{Prob}\,(c < c_0) \end{array}\right\} \quad (560)$$

F-Verteilung vgl. (**576**) und (**577**).

POISSON-Verteilung

$$\left.\begin{array}{l} \text{Prob}\,(\nu = 2\varkappa \mid \chi^2 = \chi_0^2) = \dfrac{e^{-\chi^2/2}\,(\chi^2/2)^{\varkappa}}{\varkappa!}; \\ \qquad \nu = \text{gerade Zahl} \end{array}\right\} \quad (561)$$

Abb. 44 zeigt diese Beziehung sehr schön ($\lambda = \chi^2/2$, $\varkappa = \nu/2$).

Wegen (**561**) ist

$$\left.\begin{array}{l} \text{Prob}\,(\chi^2 > \chi_0^2 \mid \nu = 2k) = \sum_0^{k-1} \dfrac{e^{-\chi^2/2}\,(\chi^2/2)^{\varkappa}}{\varkappa!}; \\ \qquad \nu = \text{gerade Zahl} \end{array}\right\} \quad (562)$$

Auf Grund von (**562**) lassen sich für geradzahlige Freiheitsgrade ν aus den Vertrauensgrenzen (für λ) der POISSON-Verteilung, S. 107 und 108, folgende Quantile berechnen:

Prob $(\chi^2 \leqq \chi_p^2) = p$	Argument Tafel S. 107 und 108	Seite	χ_p^2 ist gleich
0,005	$\varkappa = \nu/2$	108	$2\lambda_l$
0,025	$\varkappa = \nu/2$	107	$2\lambda_l$
0,975	$\varkappa = (\nu/2) - 1$	107	$2\lambda_r$
0,995	$\varkappa = (\nu/2) - 1$	108	$2\lambda_r$

ν = gerade Zahl

(563)

Beispiel 33 zu (**563**): Gesucht | Lösung

$\chi^2_{0{,}025,\,\nu=260}$ | $\varkappa = 130;\ \lambda_l = 108{,}61;\ \chi_p^2 = 217{,}22$

$\chi^2_{0{,}975,\,\nu=260}$ | $\varkappa = 129;\ \lambda_r = 153{,}30;\ \chi_p^2 = 306{,}60$

(Der Wert $\lambda_r = 153{,}30$ wurde linear interpoliert: $154{,}39 - {}^1/_{10}\,(154{,}39 - 143{,}52)$

Das Additionstheorem der χ^2-Verteilung

In (**553**) kann man die Summe rechts vom Gleichheitszeichen in beliebige Teilsummen aufspalten, zum Beispiel

$$\chi^2 = \underbrace{c_1^2 + c_2^2}_{=\chi_1^2(\nu=2)} + \underbrace{c_3^2 + c_4^2 + c_5^2 + c_6^2}_{=\chi_2^2(\nu=4)} + \underbrace{c_7^2 + \cdots}_{=\chi_3^2(\nu=\ldots)} \quad \text{usw.}$$

Daraus folgt

Wenn $\chi_1^2, \chi_2^2, \ldots, \chi_n^2$ stochastisch voneinander unabhängig sind und χ^2-Verteilungen mit $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_n$ Freiheitsgraden haben, dann hat die Summe $\chi^2 = \chi_1^2 + \chi_2^2 + \cdots + \chi_n^2$ ebenfalls eine χ^2-Verteilung mit $\nu = \nu_1 + \nu_2 + \cdots + \nu_n$ Freiheitsgraden. (564)

Es gibt auch ein Teilungstheorem für χ^2, auf dem die Varianz- und die Regressionsanalyse beruhen. Wir können hier nicht darauf eintreten.

χ^2 und Varianz von Stichproben

Nach (**553**) ist $\chi^2 = [\Sigma(x-\mu)^2]/\sigma^2$. Setzt man $\bar{x}$ an Stelle von μ, dann ist nach (**493** e) $\Sigma(x-\bar{x})^2 = (N-1)\,s^2$. Setzt man nun $N-1 = \nu$, so erhält man schließlich νs^2 an Stelle von $\Sigma(x-\mu)^2$. Intuitiv vermutet man

$$\chi_\nu^2 = \frac{\nu\,s_\nu^2}{\sigma^2}, \text{ wobei } \nu = \text{Freiheitsgrad von } s^2 \qquad (565)$$

und hat nicht falsch geraten. Man merke sich (**565**) als eine zweite, mit (**553**) äquivalente Definition von χ^2, die *nur* für *normalverteilte* Bevölkerungen gilt.

Eine wichtige asymptotische Eigenschaft von χ^2

Eine Stichprobe aus einer *beliebigen* Bevölkerung sei in n Klassen eingeteilt. f_i sei die Besetzung der Klasse i, wobei $f_1 + f_2 + \cdots + f_i + \cdots + f_n = N$. f_i nennen wir die *empirische* (absolute) *Häufigkeit*. $\boldsymbol{p}_i$ sei die *gegebene* oder eine *hypothetische* Wahrscheinlichkeit der Veränderlichen x, in die Klasse i zu fallen, wobei $\boldsymbol{p}_1 + \boldsymbol{p}_2 + \cdots + \boldsymbol{p}_i + \cdots + \boldsymbol{p}_n = 1$. $N\boldsymbol{p}_i$ nennen wir die *gegebene* oder die *hypothetische* (absolute) *Häufigkeit*. Die empirischen Häufigkeiten in den (566)

einzelnen Klassen sind zufällige Veränderliche. Sind sie stochastisch voneinander *unabhängig*, gilt

$$\sum_1^n \frac{(f_i - N\boldsymbol{p}_i)^2}{N\boldsymbol{p}_i} \to \chi^2_\nu; \text{ wobei } \nu = n-1$$

wenn $\nu \to \infty$. **(566)**

(**566**) wurde von K. PEARSON gefunden. Daß (**566**) erst bei $\nu \to \infty$ exakt gilt, hat in der Praxis nicht so viel zu bedeuten, ist aber doch ein Grund zu gewissen Restriktionen:

Bei Anpassungstesten auf Grund von (**566**) sollten die *Stichproben* als Ganzes *nicht zu klein* sein, die *hypothetischen* (absoluten) *Häufigkeiten in den einzelnen Klassen nicht unter* $N\boldsymbol{p}_i = 4$ *liegen*. Sind sie kleiner, so werden sie durch Zusammenlegen von 2, 3, . . . benachbarten Klassen auf das geforderte Niveau erhöht. Letzteres ist aber nur dann nötig, wenn die Anzahl der Klassen klein ist. Ist ν größer als (ungefähr) 8 und der Stichprobenumfang (ungefähr) über 40, so dürfen die $N\boldsymbol{p}_i$ in vereinzelten Klassen bis auf 1 absinken. **(567)**

In der Regel sind die hypothetischen Häufigkeiten nicht gegeben:

Theoretische (absolute) Häufigkeiten $N\boldsymbol{p}_i$, die auf Grund von *geschätzten* Parametern errechnet wurden, nennen wir *angepaßte Häufigkeiten,* die ihnen entsprechende theoretische Verteilung *angepaßte Verteilung* (fitted distribution). **(568)**

Müssen zur Berechnung von angepaßten Häufigkeiten k Parameter geschätzt werden, dann ist die Anzahl der Freiheitsgrade für das in (**566**) definierte χ^2: $\nu = n - 1 - k$, wobei n = Anzahl der Klassen, k = Anzahl der geschätzten Parameter. (a)

Werden m Stichproben (Mehrfeldertafel), jede in n Klassen gruppiert, einem χ^2-Test auf Grund von (**566**) unterzogen, dann ist die Anzahl der Freiheitsgrade für χ^2: $\nu = (n-1)(m-1)$, wobei n = Anzahl der Klassen, m = Anzahl der Stichproben (b)

Im häufigen Spezialfall der Vierfeldertafel ist der Freiheitsgrad $\nu = 1$. (c)

(569)

Als Beispiel eines χ^2-Testes mit Schätzung der Parameter vgl. Abschnitt 11 F, b. Wir werden noch auf χ^2-Teste zurückkommen und noch andere Teste zur Prüfung von Häufigkeiten behandeln.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß sich die Definitionen (**543**) und (**565**) *grundsätzlich* von der Definition (**566**) unterscheiden, obschon die Formeln einander sehr ähnlich sehen: (**543**) und (**565**) gelten nur für *normalverteilte,* (**566**) gilt für *beliebige* Bevölkerungen; in (**543**) und (**565**) sind x und s *stetige* Veränderliche, f_i in (**566**) ist eine *diskrete* Veränderliche.

Wenn χ^2-Teste an Hand von angepaßten Verteilungen durchgeführt werden, so vergewissere man sich, daß die durchgeführten Schätzungen den Bedingungen (**430**) oder (**431**) genügen.

12 C. Die F-Verteilung

F im Zusammenhang mit Verteilung symbolisiert *nicht* eine kumulierte Verteilung, sondern den Namen von R. A. FISHER, der die der F-Verteilung äquivalente z-Verteilung entdeckt hat[17].

Es seien s_1^2 und s_2^2 zwei stochastisch unabhängige Schätzungen von σ^2 aus *derselben, normalverteilten* Bevölkerung mit Varianz σ^2. Dann ist nach (**565**)

$$s_1^2 = \sigma^2 \frac{\chi_1^2}{\nu_1} \text{ und } s_2^2 = \sigma^2 \frac{\chi^2}{\nu_2}$$

Der Quotient

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{\chi_1^2/\nu_1}{\chi_2^2/\nu_2}; \quad 0 \leqq F < \infty;$$

(ν_1 und ν_2 = Freiheitsgrade von s_1 und s_2) **(570)**

hat dann die Wahrscheinlichkeitsdichte

$$\frac{\Gamma\left(\frac{\nu_1+\nu_2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu_1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{\nu_2}{2}\right)} \nu_1^{\nu_1/2}\, \nu_2^{\nu_2/2} \frac{F^{(\nu_1/2)-1}}{(\nu_2+\nu_1 F)^{\nu_1+\nu_2/2}} \quad 0 \leqq F < \infty$$

[Für Γ vgl. (**549**)] **(571)**

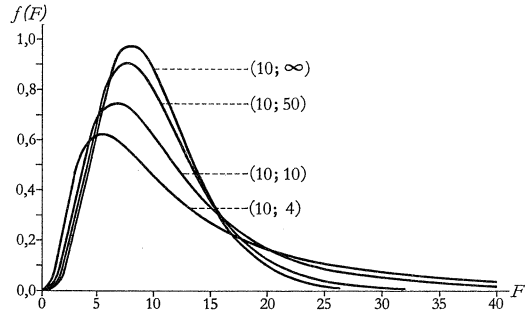


Abb. 34 Wahrscheinlichkeitsdichte der F-Verteilung mit verschiedenen Freiheitsgraden.

Die F-Verteilung ist eine stetige, *unsymmetrische* Verteilung mit einem Variationsbereich von Null bis Unendlich.

Parameter

$$\text{Mittelwert } \mu = \nu_2(\nu_2 - 2); \quad \nu_2 > 2 \qquad \text{(a)}$$

$$\text{Varianz } \sigma^2 = \left(\frac{\nu_2}{\nu_2-2}\right)^2 \times \frac{2(\nu_1+\nu_2-2)}{\nu_1(\nu_2-4)}; \quad \nu > 4 \qquad \text{(b)}$$

(572)

Vertauschung von ν_1 *und* ν_2

$$\text{Es ist } F_0(p; \nu_1; \nu_2) = 1/[F_0(1-p; \nu_2; \nu_1)] \qquad \textbf{(573)}$$

In (**573**) kann p sowohl Prob $(F > F_0)$ als auch Prob $(F < F_0)$ sein.

Tafeln

Auf S. 40 und 41 findet man die Abweichungen F_0 zu folgendem Integral

$$P(\text{der Tafel}) = P_r = \int_{F_0}^{\infty} f(F)\,dF = \text{Prob}(F > F_0) \qquad \text{(a)}$$

Bei einseitigen Testen ist $\alpha = \frac{1}{2} P$, bei zweiseitigen Testen ist $2\alpha = P$ (b)

Über die t^2-Tafel S. 42 vgl. (**575**) und (**552**) (c)

(574)

Beziehungen zu andern Verteilungen

STUDENT-Verteilung

$$\text{Es ist Prob}(F > F_0 \mid 1; \nu_2) = \text{Prob}(t^2 > t_0 \mid \nu_2) = 2\,\text{Prob}(t > t_0 \mid \nu)$$

(575)

Für $F(1; \nu_2)$ benutze man deshalb für ν_2 zwischen 1 und 200 die ausführlichere t^2-Tafel auf S. 42. Erläuterungen siehe (**552**).

χ^2-Verteilung

Unter F_p und χ_p^2 sind Quantile zu verstehen.

$$F_p(\nu_1; \infty) = \frac{\chi_p^2, \nu_1}{\nu_1} \qquad \text{(a)}$$

$$F_p(\infty; \nu_2) = \frac{\nu_2}{\chi^2_{1-p}, \nu_2} \qquad \text{(b)}$$

(576)

Aus (**576**) und (**556** a) geht hervor, daß

$$F(\nu_1; \infty) \to 1, \text{ wenn } \nu_1 \to \infty$$
$$F(\infty; \nu_2) \to 1, \text{ wenn } \nu_2 \to \infty$$

das heißt, $F(\infty; \infty) = 1$ **(577)**

Binomialverteilung

$$\text{Es ist Prob}\left[F(\nu_1; \nu_2) < \frac{N-x}{x+1} \times \frac{p}{1-p}\right] = \sum_{x+1}^{N} \binom{N}{k} p^k (1-p)^{N-k}$$

$$\text{wobei } N = \frac{\nu_1+\nu_2}{2} - 1, \quad x = \frac{\nu_1}{2} - 1$$

ν_1 und ν_2 = gerade Zahlen **(578)**

Auf Grund von (**578**) lassen sich aus den Vertrauensgrenzen (für p) der Binomialverteilung S. 85–98 folgende Quantile F_0 berechnen:

Prob $(F<F_0)$	Argumente S. 85–98: Spalte	N	x	p	Quantil F_0
0,005	99%	$\frac{\nu_1+\nu_2}{2}-1$	$\frac{\nu_1}{2}-1$	p_l	$\frac{\nu_2}{\nu_1}\times\frac{p}{1-p}$
0,025	95%			p_l	
0,975	95%			p_r	
0,995	99%			p_r	

(579)

Beispiel 34. Gesucht $F_{0,995}$ (152; 36). Es ist $N=93$; $x=75$; $p_r=0{,}8993$ (aus S. 96); $p/(1-p)=8{,}93049$; $\nu_2/\nu_1=0{,}236842$; $F=2{,}12$.

13. Die normalverteilte Bevölkerung: Einige Vertrauens- und Toleranzbereiche

Vgl. dazu Abschnitt 8.

13 A. Vertrauensbereiche für den Mittelwert μ

Vertrauensbereich *einseitig oben* begrenzt
Prob $(-\infty<\mu<\bar{x}+k\times Sd)=1-\alpha$;
vgl. dazu (**580** d) (a)

Vertrauensbereich *einseitig unten* begrenzt
Prob $(\bar{x}-k\times Sd<\mu<\infty)=1-\alpha$;
vgl. dazu (**580** d) (b)

Vertrauensbereich *zweiseitig* (symmetrisch) begrenzt
Prob $(\bar{x}-k\times Sd<\mu<\bar{x}+k\times Sd)=1-2\alpha$;
vgl. dazu (**580** d) (c)

Faktoren $k\times Sd$ für (**580** a, b, c) (d)

Gleichung	Freiheitsgrad ν von s	k	Sd	Seite (c, t oder k)
(a) und (b)	>200	$\lvert c_\alpha\rvert/\sqrt{N}$	σ oder s	28
(a) und (b)	$\leqq 200$	$t_{\nu,\alpha}/\sqrt{N}$	s_ν	32–35
(c)	>200	k_2 oder $\lvert c_\alpha\rvert/\sqrt{N}$	σ oder s	k_2: 43; c: 28
(c)	$\leqq 200$	k_2 oder $t_{\nu,2\alpha}/\sqrt{N}$	s_ν	k_2: 43; t: 32–35

(580)

In der Tafel S. 43 (für k_2) versteckt sich unter dem Argument N der Freiheitsgrad $\nu=N-1$. In dieser Tafel erfolgt der Übergang von t zu c bei $N=201$.

13 B. Toleranzbereiche

Toleranzbereiche ohne Vertrauenswahrscheinlichkeit

Toleranzbereich *einseitig oben* begrenzt
Prob $(-\infty<x<m+k\times Sd)=1-\alpha=\beta_p$;
vgl. dazu (**581** d) (a)

Toleranzbereich *einseitig unten* begrenzt
Prob $(m-k\times Sd<x<\infty)=1-\alpha=\beta_p$;
vgl. dazu (**581** d) (b)

Toleranzbereich *zweiseitig* (symmetrisch) begrenzt
Prob $(m-k\times Sd<x<m+k\times Sd)=1-2\alpha=\beta_p$; vgl. dazu (**581** d) (c)

m, k und Sd für (**581** a, b, c) (d)

Gleichungen	Freiheitsgrad ν von s	Bekannte Parameter oder Schätzungen	m	k	Sd	Seite (c, t, k)
(a) und (b)	>200	μ,σ oder $\bar{x},s$	μ oder $\bar{x}$	$\lvert c_\alpha\rvert$	σ oder s	28
(a) und (b)	$\leqq 100$	$\bar{x},\sigma$	$\bar{x}$	k_3*	σ	44, Spalte 1
(a) und (b)	$\leqq 100$	μ,s	μ	$t_{\nu,\alpha}$	s	32–35
(a) und (b)	$\leqq 100$	$\bar{x},s$	$\bar{x}$	k_4*	s	44, Spalte 2
(c)	>200	μ,σ oder $\bar{x},s$	μ oder $\bar{x}$	$\lvert c_\alpha\rvert$	σ oder s	28
(c)	$\leqq 100$	$\bar{x},\sigma$	$\bar{x}$	k_3	σ	44, Spalte 1
(c)	$\leqq 100$	μ,s	μ	$t_{\nu,2\alpha}$	s	32–35
(c)	$\leqq 100$	$\bar{x},s$	$\bar{x}$	k_4	s	44, Spalte 2

* Man wähle β_p der Tafel nach: (Gesucht) $\beta_p=1-2\alpha$ (gegeben α).

(581)

Toleranzbereiche mit Vertrauenswahrscheinlichkeit β_t

Es gelten die Gleichungen (**581** a, b, c) unter folgender Ergänzung [Beispiel zu (**581** d)]:
Prob [Prob $(m-k\times Sd<x<m+k\times Sd)=1-2\alpha]=\beta_t$.

m, k und Sd für (**581** a, b, c)

Gleichungen	Freiheitsgrad von s	Bekannte Parameter oder Schätzungen	m	k	Sd	Seite
(a) und (b)	$\leqq 100$	$\bar{x},\sigma$	$\bar{x}$	k_5*	σ	44, Spalte 3
(a) und (b)	$\leqq 100$	μ,s	μ	k_6*	s	44, Spalte 4
(a) und (b)	$\leqq 1000$	$\bar{x},s$	$\bar{x}$	k_7	s	45–46
(c)	$\leqq 100$	$\bar{x},\sigma$	$\bar{x}$	k_5	σ	44, Spalte 3
(c)	$\leqq 100$	μ,s	μ	k_6	s	44, Spalte 4
(c)	$\leqq 1000$	$\bar{x},s$	$\bar{x}$	k_7	s	45–46

* Man wähle β_p in der Tafel nach: $\beta_p=1-2\alpha$ (gegeben α)

(582)

Für die Vertrauens- und Toleranzfaktoren gelten folgende Gleichungen

$$k_2=t_{2\alpha,N-1}\times 1/\sqrt{N} \quad \text{für } N\leqq 201 \qquad (a)$$
$$=\lvert c_\alpha\rvert \times 1/\sqrt{N} \quad \text{für } N>201 \qquad (b)$$
$$k_3=\lvert c_\alpha\rvert\times\sqrt{1+1/N} \qquad (c)$$
$$k_4=t_{2\alpha,N-1}\times\sqrt{1+1/N} \qquad (d)$$
$$k_5 \text{ Lösung von } \int_{c-k_5}^{c+k_5} f(c)\,dc=\beta_p;\ (c'=c_{\beta_t}) \qquad (e)$$
$$k_6=\lvert c_{\alpha_p}\rvert\times\sqrt{(N-1)/\chi^2_{1-\beta_t,N-1}} \qquad (f)$$
$$k_7 \text{ vgl. } {}^{18}\text{, S. 108 und 109}$$

(583)

13 C. Vertrauensbereiche für σ

Aus (**565**) erhält man

Prob $(k_l\,s_\nu<\sigma<k_r\,s_\nu)=1-2\alpha$
wobei $k_l=\sqrt{\nu/\chi^2_{\nu,1-\alpha}}$ und $k_r=\sqrt{\nu/\chi^2_{\nu,\alpha}}$ (584)

Die Werte von k_l und k_r für Freiheitsgrade zwischen 1 und 100 findet man in Tafel S. 47, linke Spalte.

14. Die normalverteilte Bevölkerung: Extrembereich und Extremabweichungen

14 A. Der Extrembereich

Definition

Es seien x_1 der kleinste, x_n der größte Wert einer Stichprobe des Umfanges n. Dann ist (x_n-x_1) der Extrembereich (range) w_n dieser Stichprobe. (585)

Der standardisierte Extrembereich einer Stichprobe des Umfanges n aus einer Bevölkerung mit Standardabweichung σ ist

$$W_n=\frac{w_n}{\sigma}=\frac{x_n-x_1}{\sigma} \qquad (586)$$

Bei m Stichproben des Umfanges n aus ein und derselben Bevölkerung ist der mittlere Extrembereich

$$\overline{w}_{m,n}=\frac{\sum_1^m w_n}{m}=\frac{\sum_1^m (x_n-x_1)}{m} \qquad (587)$$

und der standardisierte mittlere Extrembereich

$$\overline{W}_{m,n}=\frac{\overline{w}_{m,n}}{\sigma}=\frac{\sum_1^m w_n}{m\sigma}=\frac{\sum_1^m (x_n-x_1)}{m\sigma} \qquad (588)$$

Da der Extrembereich w_n nur ein Sonderfall des mittleren Extrembereiches $\overline{w}_{m,n}$ mit $m=1$ darstellt, sprechen wir im folgenden nur vom mittleren Extrembereich.

Mittlerer Extrembereich als Vielfaches von σ

Der Erwartungswert $\overline{\boldsymbol{W}}_n$ einer normalverteilten Bevölkerung mit Standardabweichung σ ist definiert

$$\overline{W}_{m\to\infty,n}\to\overline{\boldsymbol{W}}_n \qquad (589)$$

Die Tafel[19] auf S.47, rechte Spalte, oben, gibt die Werte von $\overline{W}_n$ der standardisierten Normalverteilung ($\sigma = 1$) als Vielfaches von σ. ($\overline{W}_n$ wird vielerorts als d_n bezeichnet.)

σ als Bruchteil des mittleren Extrembereiches

Der Quotient

$$\frac{\overline{w}_{m,n}}{\overline{W}_n} = \overline{w}_{m,n} \times A_n \qquad (590)$$

ist eine biasfreie Schätzung von σ.

Die Tafel auf S. 47, rechte Spalte, unten, gibt die entsprechenden Werte.

Die relative Wirksamkeit von (**590**), verglichen mit derjenigen der Schätzung s [s^2 nach (**492** a)], ist[20], wenn $m = 1$,

n	2	3	4	5	6	10	15	20	50	100	∞
Wirksamkeit	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,85	0,77	0,70	0,49	0,34	0

Bei Stichprobenumfängen zwischen 2 und 10 besteht somit zwischen den beiden Schätzungen kein großer Unterschied. Als *Schnellschätzung* [vgl. (**436**)] läßt sich (**590**) in diesem Bereich gut benutzen. *Mit dieser Schätzung dürfen aber keine t-Teste durchgeführt werden.*

Bei größeren Stichproben läßt sich die Extrembereichschätzung von σ ebenfalls mit gleicher Genauigkeit durchführen, sofern man die Stichprobe in m gleich große, voneinander *unabhängige* Untergruppen des Umfanges 2–10 zerlegt und die Extrembereiche dieser Untergruppen bestimmt. Der Mittelwert dieser Bereiche nach (**588**) ist dann der mittlere Extrembereich. Eine solche Unterteilung ist aber nur möglich, wenn die *zufällige zeitliche Reihenfolge* der Stichprobeneinzelwerte bekannt ist. Dies ist mit ein Grund – es gibt noch andere, auf die wir später zu sprechen kommen –, die Zufallsfolge der anfallenden Werte bei allen Versuchsserien zu notieren. Man könnte sich zwar, wenn die Reihenfolge verlorenging, durch künstliche Schaffung einer zufälligen Folge (mit Zufallszahlen) in diesem Falle behelfen, aber damit geht so viel Zeit verloren, daß der Wert dieser Schnellschätzungen illusorisch wird.

Beispiel 35. Gegeben eine Stichprobe des Umfanges 24, in der *zeitlichen* Reihenfolge $x_1, x_2, \ldots, x_{24}$. Wir können 12 Zweier- oder 8 Dreier- oder 6 Vierer- oder 3 Achtergruppen schaffen:

Zweiergruppen: $x_1 - x_2, x_3 - x_4, \ldots, x_{23} - x_{24}$

Dreiergruppen: $x_1 - x_3, x_4 - x_6, \ldots, x_{22} - x_{24}$

Man bilde aber *nicht* überlappende Gruppen, wie zum Beispiel $x_1 - x_2, x_2 - x_3, \ldots$, denn diese sind, wie man sofort sieht, voneinander nicht mehr unabhängig.

$\sigma_{\bar{x}}$ als Bruchteil des mittleren Extrembereiches

Der Quotient

$$\frac{\overline{w}_{m,n}}{\overline{W}_n \sqrt{m\,n}} = \overline{w}_{m,n} \times A_{m,n} \qquad (591)$$

ergibt auf Grund des Stichprobenumfanges $m\,n = N$ eine biasfreie Schätzung der Standardabweichung $\sigma_{\bar{x}}$ der Schätzung $\bar{x}$. Die Tafel auf S. 48 gibt die Werte des Faktors $A_{m,n} = 1/\overline{W}_n \times \sqrt{m\,n}$.

Beispiel 36 zum Abschnitt 14 A.

Gegeben die Stichprobe (in zeitlicher Reihenfolge) 3,00; 1,56; 1,34; 2,08; 2,10; 2,67. Schätzungen von σ und $\sigma_{\bar{x}}$ auf Grund des Extrembereiches:

a) 1 Extrembereich

$1{,}34 - 3{,}00$: Bereich $= 1{,}66$ $\quad \sigma' = 1{,}66 \times 0{,}39457 = 0{,}655$; $\quad \sigma'_{\bar{x}} = 1{,}66 \times 0{,}16108 = 0{,}267$

b) 2 Extrembereiche

$3{,}00 - 1{,}56$; $2{,}08 - 2{,}67$ } Mittlerer Bereich $= 1{,}125$ $\quad \sigma' = 1{,}125 \times 0{,}59082 = 0{,}665$; $\quad \sigma'_{\bar{x}} = 1{,}125 \times 0{,}24120 = 0{,}271$

c) 3 Extrembereiche

$3{,}00 - 1{,}56$; $1{,}34 - 2{,}08$; $2{,}10 - 2{,}67$ } Mittlerer Bereich $= 0{,}916\dot{6}$ $\quad \sigma' = 0{,}916\dot{6} \times 0{,}88623 = 0{,}812$; $\quad \sigma'_{\bar{x}} = 0{,}916\dot{6} \times 0{,}36180 = 0{,}332$

Als Vergleich schätzen wir σ noch nach (**492** a) und erhalten $s = 0{,}63257$. Um den Bias dieser Schätzung zu korrigieren, multiplizieren wir sie mit dem Faktor $k_s = 1{,}0509$ (siehe Tafel S. 47, linke Spalte, Kolonne k_s) und erhalten schließlich $s = 0{,}665$ und $s_{\bar{x}} = 0{,}271$.

Obige Schätzungen können alle als gleichwertig angesehen werden. Die Übereinstimmung zwischen s und den Schätzungen a) und b) ist zwar auffallend, will aber nicht besagen, daß Schätzung c) schlechter ist. Eine weitere Stichprobe aus der gleichen Bevölkerung könnte zu Schätzungen führen, die näher bei c) liegen.

14 B. Prüfung von Extrembereichen und Extremabweichungen

Der studentisierte Extrembereich

Tafel S. 51, Stichprobenumfang 2–20.

Im Testquotienten

$$\frac{x_N - x_1}{s_\nu}; \quad \nu = \text{Freiheitsgrad von } s, \quad x_1 < x_2 < \cdots < x_N \qquad (592)$$

ist s eine Schätzung, die aus einer *anderen,* von der zu prüfenden Stichprobe *unabhängigen,* aber aus der *gleichen* Bevölkerung stammenden Stichprobe berechnet wurde. Erreicht oder überschreitet der Testquotient die dem Freiheitsgrad ν_s und dem Stichprobenumfang N entsprechende Schranke in der Tafel, so ist der betreffende Extrembereich *zu groß* (Signifikanzwahrscheinlichkeit α).

Ist σ bekannt, so verwende man die Schranken bei $\nu = \infty$. Überschreitet der Stichprobenumfang den Bereich der Tafel, so prüfe man bei Stichprobenumfängen zwischen 21 und 25 nach (**596** d), bei noch größeren Stichproben nach (**595**), *falls man Extremwerte prüfen will.*

Die studentisierte Extremabweichung

Tafel S. 52, unten, Stichprobenumfang 3–9.

Im Testquotienten

$$\frac{x_N - \bar{x}}{s_\nu} \text{ oder } \frac{\bar{x} - x_1}{s_\nu}; \quad \nu = \text{Freiheitsgrad von } s, \quad x_1 < x_2 < \cdots < x_N \qquad (593)$$

bedeutet s das gleiche wie in (**592**). Wenn σ bekannt ist, verwende man die Schranken bei $\nu = \infty$. Der Leser ist gebeten, am Kopfe der Tafel die Formel $(\bar{x} - x_n)/\sigma$ zu korrigieren in $(\bar{x} - x_1)/\sigma$.

Erreicht oder überschreitet der Testquotient die dem Freiheitsgrad und dem Stichprobenumfang N entsprechende Schranke der Tafel, so ist die betreffende Extremabweichung *zu groß* (Signifikanzwahrscheinlichkeit α).

Bei Stichprobenumfängen, die den Bereich der Tafel überschreiten, prüfe man bei Umfängen zwischen 10 und 25 nach (**596** c und d), bei noch größeren nach (**595**).

Die standardisierte Extremabweichung

Tafel S. 52, oben.

Es ist

$$\text{Prob}\,(c \leqq c_e) = \left[\int_{-\infty}^{c_e} f(c)\,dc\right]^N; \quad c_e \text{ siehe (595)} \qquad \text{(a)}$$

$$\text{Prob}\,(-c_e \leqq c \leqq c_e) = \left[\int_{-c_e}^{c_e} f(c)\,dc\right]^N \qquad \text{(b)} \qquad (594)^*$$

(c_e = standardisierte Extremabweichung)

(**594** a) gibt die Wahrscheinlichkeit *einer,* (**594** b) *zweier* gleich großer, vom Mittelwert μ aus mit der Standardabweichung σ als Einheit gemessenen Extremabweichungen. Die entsprechenden Signifikanzwahrscheinlichkeiten sind nach (**408** b) $1 - (594)$. Die Tafel S. 52 gibt die Wahrscheinlichkeiten $1 - (594$ a).

Im Testquotienten

$$\frac{x_N - \mu}{\sigma} \text{ oder } \frac{\mu - x_1}{\sigma} = c_e \qquad (595)$$

haben die Symbole die übliche, uns bekannte Bedeutung. Bei Stichprobenumfängen über 25 lassen sich μ und σ durch $\bar{x}$ und s ersetzen. Bei kleineren Stichproben verwende man (**593**).

Beurteilung von Extremwerten einer Stichprobe auf Grund ihrer eigenen Merkmale[21–23]

Tafel S. 53, linke Spalte, oben, Stichprobenumfang 3–25.

Wenn *keine* unabhängigen Informationen über die Standardabweichungen der Bevölkerung vorliegen, prüfe man Extremabweichungen bei Stichproben bis zu einem Umfang von 25 mit den Quotienten:

* Leite diese Formel aus (**362**) und (**405** a) bzw. (**407** c) ab.

Stichprobenumfang N	Quotient		Stichprobenumfang N	Quotient	
3– 7	$\dfrac{\lvert x_N - x_{N-1}\rvert}{x_N - x_1}$	(a)	11–13	$\dfrac{\lvert x_N - x_{N-2}\rvert}{x_N - x_2}$	(c)
8–10	$\dfrac{\lvert x_N - x_{N-1}\rvert}{x_N - x_{N-2}}$	(b)	14–25	$\dfrac{\lvert x_N - x_{N-2}\rvert}{x_N - x_3}$	(d)

} (596)

wobei { $x_1 < x_2 < \cdots < x_N$, wenn ein rechtsliegender Extremwert geprüft wird,
$x_N < x_{N-1} < \cdots < x_1$, wenn ein linksliegender Extremwert geprüft wird.

Bei Stichproben über 25 prüfe man nach (**595**) unter Verwendung von $\bar{x}$ und s an Stelle von μ und σ.

Allgemeines zur Prüfung von Extremwerten

Streichungen von Extremwerten sind sehr «beliebt», erfolgen oft stillschweigend und ohne statistische Prüfung. Manchmal sind Extremwerte auch schon zum Verschwinden gebracht worden, *bevor* das Zahlenmaterial in die Hände des Prüfers gekommen ist. Dies sollte man verhindern, denn oft sind Extremwerte in gewissen Situationen die *aufschlußreichsten* Werte einer Stichprobe.

Ist ein Extremwert bei korrekter statistischer Prüfung nach (**593**), (**595**) oder (**596**) signifikant zu groß, so ist eine Streichung eigentlich nur dann *realiter* gerechtfertigt, wenn eine Überprüfung der Versuche einen *kausalen* Grund zutage fördert, der den Extremwert verursachte, wie beispielsweise, daß bei einer Messung oder Umrechnung ein Fehler gemacht wurde, daß sich ein Kranker ins Untersuchungsmaterial von Gesunden verirrte usw. Solche Extremwerte stammen somit aus *anderen* Bevölkerungen und *müssen* gestrichen werden.

Stammt aber der Extremwert mit großer Wahrscheinlichkeit aus derselben Bevölkerung wie die Stichprobe, dann gelten folgende Überlegungen: Je kleiner Stichproben sind, um so unwahrscheinlicher ist es, daß extreme Werte der Bevölkerung hineingeraten. Bei kleinen Stichproben kann ein Extremwert tatsächlich das Bild gründlich verfälschen, das die Stichprobe von der Bevölkerung geben sollte. In solchen Fällen *darf* er gestrichen werden. Man wähle aber vorsichtigerweise eine kleine Signifikanzwahrscheinlichkeit, wenigstens bei größeren Stichproben.

Einen dritten Umstand soll man sich bei solchen Streichungen auch noch überlegen: Obige Prüfungen basieren auf der Voraussetzung einer *normalverteilten* Bevölkerung. Ist dies nicht der Fall, so sind obige Prüfungen allesamt sozusagen *wertlos,* weil sie in besonderem Maße von der Voraussetzung der Normalität abhängig sind.

Spezielles zur Prüfung von Extremwerten

Führt der Test nach (**592**) zur postulierten Signifikanz, so sind je nach Situation *beide* Extremwerte, der linke und der rechte, *oder* die *ganze* Stichprobe zu verwerfen, weil sie nicht aus jener Bevölkerung stammt, aus der die Stichprobe mit dem berechneten s erhoben wurde.

Extremwertprüfungen dürfen an der gleichen Stichprobe mehrmals durchgeführt werden. Der Stichprobenumfang ist nach jeder Streichung vor der erneuten Prüfung um 1 zu verkleinern. Die resultierende Irrtumswahrscheinlichkeit α_{res} für die Gesamtheit k der signifikanten Prüfungen ist dann in der Größenordnung ungefähr

$$\alpha_{res} \sim 1 - (1-\alpha_1)(1-\alpha_2)\dots(1-\alpha_k)$$

Beispiel 37. Wir prüfen nach (**596** d) die Stichprobe des Beispiels 24 des Abschnittes 10 E ($\alpha_{res} = 0{,}05$).

1. *Prüfung* ($N = 21$) rechtsliegende Extremabweichung $\dfrac{4{,}41-2{,}68}{4{,}41-1{,}76} = 0{,}653$; Abweichung ist zu groß ($\alpha \ll 0{,}005$)
2. *Prüfung* ($N = 20$) rechtsliegende Extremabweichung $\dfrac{3{,}56-2{,}35}{4{,}41-1{,}76} = 0{,}457$; Abweichung ist zu groß ($\alpha < 0{,}05$)

Die *3. Prüfung* ergibt keine signifikante Abweichung mehr.

$\alpha_{res} \sim 1 - (\geqslant 0{,}995)$ $(> 0{,}95)$ $< 0{,}05475$, wenn die Stichprobe aus einer normalverteilten Bevölkerung stammen würde. Dies ist nicht der Fall (vgl. Abschnitt 10 H), die Extremwerte dürfen gar nicht gestrichen werden.

15. Die normalverteilte Bevölkerung: Vergleich einer Stichprobe mit der hypothetischen Bevölkerung

15 A. Vergleich der Standardabweichungen s mit σ bzw. der Varianzen s^2 mit σ^2

Man bilde die Vertrauensgrenzen für σ nach (**584**) oder analog dazu für σ^2, indem man s^2 an Stelle von s und k^2 an Stelle von k nimmt. Dann vergleicht man das hypothetische σ oder σ^2 mit diesen Grenzen und interpretiere nach (**476**).

15 B. Vergleich der Mittelwerte $\bar{x}$ und μ

Der Vergleich der Schätzung $\bar{x}$ mit dem hypothetischen Mittelwert erfolgt nach den in (**598**) bis (**602**) angegebenen Prüfquotienten. Man vergleicht den numerischen Wert dieses Quotienten mit jenem der angegebenen Schranke:

Ist der Prüfquotient *kleiner* als die Schranke, so interpretiere man nach (**474**) oder (**475**). Erreicht oder überschreitet er die Schranke, so ist

	Signifikanz in Klammer	
	einseitiger Test	zweiseitiger Test
wenn $\bar{x} - \mu < 0$	$\bar{x} < \mu\,(\alpha)$	$\bar{x} \neq \mu\,(2\alpha)$
wenn $\bar{x} - \mu > 0$	$\bar{x} > \mu\,(\alpha)$	

} (597)

Der c-Test (Normalverteilung)
Anwendbarkeit:
Wenn σ bekannt oder wenn der Freiheitsgrad von $s = N-1 > 200$

Prüfquotient	Signifikanzschranke	
$\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert\sqrt{N}}{\sigma}$; oder $\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert\sqrt{N}}{s_{N-1}}$; $N > 201$	$\lvert c_\alpha\rvert$, S. 28	(a)
$\dfrac{(\bar{x}-\mu)^2 N}{\sigma^2}$; oder $\dfrac{(\bar{x}-\mu)^2 N}{s^2_{N-1}}$; $N > 201$	$\chi^2_{\nu=1}$, S. 36; $\alpha = \frac{1}{2}\int_r$, $2\alpha = 1\int_r$	(b)
$\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert}{s_{N-1}}$; $N > 201$	$c/\sqrt{N}$ = Vertrauensfaktor k_2, S. 43	(c)

} (598)

Der t-Test (STUDENT-Verteilung)
Anwendbarkeit: Wenn σ unbekannt und der Freiheitsgrad von $s = N-1 \leqq 200$

$\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert\sqrt{N}}{s_{N-1}}$; $N \leqq 201$	t_{N-1}, S. 32–35; $\alpha = P$, $2\alpha = 2P$	(a)
$\dfrac{(\bar{x}-\mu)^2 N}{s^2_{N-1}}$; $N \leqq 201$	t^2_{N-1}, S. 42; $\alpha = \frac{1}{2}P$, $2\alpha = P$; vgl. Nachsatz zu (**552**)	(b)
$\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert}{s_{N-1}}$; $N \leqq 201$	$t_{N-1}/\sqrt{N}$ = Vertrauensfaktor k_2, S. 43	(c)

} (599)

Der LORD-Test[24] auf Grund des Extrembereiches
Anwendbarkeit: Bei Stichproben des Umfanges $N \leqq 20$ (a) und darüber (b)

$\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert}{x_N - x_1}$; $N \leqq 20$; $x_1 < x_2 < \cdots < x_N$	S. 53, linke Spalte, Mitte	(a)
$\dfrac{\lvert\bar{x}-\mu\rvert\, m}{[\Sigma(x_n - x_1)]\, \mathfrak{A}_{m,n}}$; $m \times n = N$	S. 49; $\mathfrak{A}_{m,n}$ S. 48	(b)

} (600)

m = Anzahl der Untergruppen des Umfanges n (vgl. 14 A), in denen $x_1 < x_2 < \cdots < x_n$

Der Midrange-Test[25] auf Grund des Extrembereiches
Anwendbarkeit: Bei Stichproben des Umfanges $N \leqq 10$

$\dfrac{\lvert x_N + x_1 - 2\mu\rvert}{x_N - x_1}$; $N \leqq 10$	S. 53, rechte Spalte, oben	(**601**)

Der WALSH-Test[25, 26]
Anwendbarkeit: Bei Stichproben des Umfanges $4 \leqq N \leqq 14$ aus *beliebigen, symmetrischen* Bevölkerungen

Vgl. S. 53, rechte Spalte, unten | S. 53, rechte Spalte, unten **(602)**

Kommentar: Bei Verwendung von (**598** b) und (**599** b) muß man zwar $\bar{x} - \mu$ ins Quadrat erheben, erspart sich aber dafür die Quadratwurzel aus s^2 (sofern man s nicht braucht). Bei Verwendung von (**598** c) und (**599** c) erspart man sich die Multiplikation mit $\sqrt{N}$, ferner vollzieht sich der Übergang von t zu c bei Verwendung der Tafel S. 43 ganz «automatisch».

Ausgesprochene *Schnellteste* sind (**600**) bis (**602**), vor allem (**601**), wo man nicht einmal $\bar{x}$ auszurechnen hat. Ihre Macht ist in den tabellierten Bereichen praktisch gleich der Macht von (**599**). Der WALSH-Test eignet sich nicht nur für Normal-, sondern für *alle* symmetrischen Verteilungen. Im letzteren Fall liegt die Signifikanzwahrscheinlichkeit für N bis 8 etwas über der tabellierten, ist aber exakt für $N > 8$.

Steht keine Rechenmaschine zur Verfügung, so sind Multiplikationen schneller durchzuführen als Divisionen. Man multipliziere in diesem Falle die Signifikanzschranke mit dem Divisor des Prüfquotienten und erhält damit die Schranke für den Dividenden.

Beispiel 38. Wenn t die Schranke für $\frac{|\bar{x}-\mu|\sqrt{N}}{s}$ ist, ist $t\,s$ die Schranke für $|\bar{x}-\mu|\sqrt{N}$.

16. Die normalverteilte Bevölkerung: Vergleich zweier Stichproben

Beim Vergleich zweier Stichproben sind folgende Hypothesen über die Parameter der zugrunde liegenden Bevölkerungen in Betracht zu ziehen.

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad \begin{cases} \mu_1 = \mu_2 & \text{(a)} \\ \mu_1 \neq \mu_2 & \text{(b)} \end{cases} \quad \textbf{(603)}$$

$$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \quad \begin{cases} \mu_1 = \mu_2 & \text{(a)} \\ \mu_1 \neq \mu_2 & \text{(b)} \end{cases} \quad \textbf{(604)}$$

16 A. Vergleich der Varianzen

Der Prüfquotient der Hypothese ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) = (**603** ist (**570**), wobei immer die *größere der beiden Stichprobenvarianzen in den Zähler gesetzt wird.* Damit ist im Hinblick auf die *Indices der Tafel* eine Umnumerierung der Varianzen dann erforderlich, wenn s_1^2 (aus Stichprobe 1) kleiner ist als s_2^2. *Der Freiheitsgrad* ν_1 *der Tafel S. 40 und 41 entspricht immer dem Freiheitsgrad des Zählers von* (**570**). **(605)**

s_1^2 und s_2^2 müssen nach (**492**) berechnet werden. Ihre Freiheitsgrade sind $\nu_1 = N_1 - 1$; $\nu_2 = N_2 - 1$.

Ist der Prüfquotient *kleiner* als die Signifikanzschranke F, S. 40 und 41, so darf nach (**474**) angenommen werden, daß $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Die Prüfung der Mittelwerte erfolgt in diesem Falle nach Abschnitt 16 B. *Erreicht* oder *übersteigt* der Prüfquotient die Signifikanzschranke F, dann gilt $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Die Prüfung der Mittelwerte erfolgt nach Abschnitt 16 C.

16 B. Vergleich der Mittelwerte, wenn $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

Wir symbolisieren zunächst $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = d$ und $|\mu_1 - \mu_2| = \boldsymbol{d}$ **(606)**

Die Schätzung der gemeinsamen Standardabweichung $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2$ ist

$$s_\nu = \sqrt{\frac{S_1 + S_2}{N_1 + N_2 - 2}}\ ;\ S_1 \text{ und } S_2 \text{ nach (493)} \qquad \nu_s = \nu_1 + \nu_2 = N_1 + N_2 - 2 \quad \textbf{(607)}$$

Die Schätzung der Standardabweichung der Differenz $\boldsymbol{d}$ ist

$$s_{\nu\boldsymbol{d}} = s_\nu \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}\ ;\ s_\nu \text{ nach (607)};\ \nu_{s_{\nu\boldsymbol{d}}} = N_1 + N_2 - 2 \quad \textbf{(608)}$$

Ist σ bekannt, so wird in (**608**) σ an Stelle von s_ν gesetzt. Ist $N_1 = 1$, so wird $s_{\nu\boldsymbol{d}} = s_\nu\sqrt{1 + 1/N_2}$, $\nu = N - 1$; vgl. dazu (**452**) und (**583** c und e).

Die Prüfquotienten für die Hypothese ($\mu_1 = \mu_2 \mid \sigma_1^2 = \sigma_2^2$) sind

wenn σ bekannt oder $\nu > 200$
$d/\sigma_{\boldsymbol{d}}$ oder $d/s_{\nu\boldsymbol{d}}$; Schranke $|c_\alpha|$, S. 28 } (a)

wenn $\nu \leqq 200$
$d/s_{\nu\boldsymbol{d}}$; Schranke t_ν; S. 32–35; $\alpha = P, 2\alpha = 2\,P$ } (b)

oder

$d^2/s_{\nu\boldsymbol{d}}^2$; Schranke $t_\nu^2\,[= F(1;\nu)]$; S. 42
$\alpha = \frac{1}{2}P, 2\alpha = 2\,P$ [vgl. dazu Nachsatz zu (**552**)] } (c)

(609)

Erreicht oder *überschreitet* der Prüfquotient die Signifikanzschranke, so ist $\mu_1 \neq \mu_2$. Man möchte dann manchmal die Hypothese ($d = \boldsymbol{d} \mid \sigma_1^2 = \sigma_2^2$) prüfen:

Den Prüfquotienten erhält man, indem man in (**609**) $|d - \boldsymbol{d}|$ an Stelle von d setzt. Überschreitet der Prüfquotient die Signifikanzschranke, so ist $d \neq \boldsymbol{d}$. **(610)**

Die Vertrauensgrenzen für $\boldsymbol{d}$ sind

zweiseitig
$\text{Prob}\,(d - t_{\nu,\alpha} \times s_{\nu\boldsymbol{d}} \leqq \boldsymbol{d} \leqq d + t_{\nu,\alpha} \times s_{\nu\boldsymbol{d}}) = 1 - 2\alpha$ (a)

einseitig nach oben begrenzt
$\text{Prob}\,(\boldsymbol{d} \leqq d + t_{\nu,\alpha} \times s_{\nu\boldsymbol{d}}) = 1 - \alpha$ (b)

(611)

Ist der Prüfquotient in (**609**) *kleiner* als die Signifikanzschranke, so darf nach (**474**) angenommen werden, $\mu_1 = \mu_2$. Da auch $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$, darf als Schlußresultat angenommen werden, die beiden Stichproben 1 und 2 stammten aus derselben Bevölkerung mit Mittelwert μ und Varianz σ^2. Schätzungen dieser Parameter sind

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^{N_1} x_1 + \sum_1^{N_2} x_2}{N_1 + N_2} = \frac{N_1\bar{x}_1 + N_2\bar{x}_2}{N_1 + N_2} \quad \textbf{(612)}$$

$$s^2 = \frac{S_1 + S_2 + \frac{\left(\sum_1^{N_1} x_1\right)^2}{N_1} + \frac{\left(\sum_1^{N_2} x_2\right)^2}{N_2} - \frac{\left(\sum_1^{N_1} x_1 + \sum_1^{N_2} x_2\right)^2}{N_1 + N_2}}{N_1 + N_2 - 1}$$
$$= \frac{\nu_1 s_1^2 + \nu_2 s_2^2 + N_1\bar{x}_1^2 + N_2\bar{x}_2^2 - \frac{(N_1\bar{x}_1 + N_2\bar{x}_2)^2}{N_1 + N_2}}{N_1 + N_2 - 1} \quad \textbf{(613)}$$

wobei $\nu_s = N_1 + N_2 - 1$ und S_1 und S_2 nach (**493**).

16 C. Vergleich der Mittelwerte, wenn $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Sind σ_1 und σ_2 bekannt, oder ist $N_1 + N_2 > 200$, so ist

$$\sigma_{\boldsymbol{d}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}} \text{ bzw. } s_{\boldsymbol{d}} = \sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}} \quad \textbf{(614)}$$

und die Prüfquotienten

$$\frac{d}{\sigma_{\boldsymbol{d}}} \text{ bzw. } \frac{d}{s_{\boldsymbol{d}}} \text{ oder } \frac{|d - \boldsymbol{d}|}{\sigma_{\boldsymbol{d}}} \text{ bzw. } \frac{|d - \boldsymbol{d}|}{s_{\boldsymbol{d}}} \quad \textbf{(615)}$$

haben die gleichen Schranken wie (**609** a).

Sind σ_1 und σ_2 unbekannt, so haben die Prüfquotienten

$$\frac{d}{s_{\nu\boldsymbol{d}}} \text{ bzw. } \frac{|d - \boldsymbol{d}|}{s_{\nu\boldsymbol{d}}} \quad \textbf{(616)}$$

Schranken[27] wie (**609** b), wobei

$$s_{\nu\boldsymbol{d}} = \sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}} \quad \text{(a)}$$

$$\nu = \frac{1}{\frac{k^2}{\nu_1} + \frac{(1-k)^2}{\nu_2}}\ ;\ \nu_1 \text{ und } \nu_2 \text{ Freiheitsgrade von } s_1 \text{ und } s_2 \quad \text{(b)}$$

$$k = \frac{N_2 s_1^2}{N_2 s_1^2 + N_1 s_2^2} \quad \text{(c)}$$

(617)

16 D. Prüfung von Paardifferenzen

Können zwei Analysenmethoden am gleichen Substrat, zwei Behandlungsmethoden am gleichen Individuum untersucht wer-

den, dann wird die *Macht einer Prüfung bedeutend vergrößert,* wenn an Stelle der Differenz *zweier* Mittelwerte *ein* aus der Summe der Paardifferenzen errechneter Mittelwert getestet wird.

A und B seien die zu vergleichenden Behandlungsmethoden, $A_i - B_i = d_i$ die Differenz der zwei Resultate dieser Methoden, die am Reagenden i erzielt wurden, N die Gesamtzahl der Reagenden. Man erhält damit eine Stichprobe des Umfanges N aller Paardifferenzen d_i, die nach (**598**) bis (**602**) geprüft wird, in der Regel mit einem hypothetischen Mittelwert $\mu = 0$. Weitere, noch einfachere Methoden zur Prüfung von Paardifferenzen sind der Zeichentest (vgl. Abschnitt 10 H), der WILCOXON-Test und in gewissen Fällen die entsprechende Sequentialanalyse.

16 E. Prüfung zweier Stichproben auf Grund des Extrembereiches[24]

a) *Zwei Stichproben gleichen Umfanges,* $N' = N'' = N \leqq 20$

$\varkappa'_N - \varkappa'_1$ und $\varkappa''_N - \varkappa''_1$ sind die Extrembereiche der beiden Stichproben; der Prüfquotient ist dann

$$\frac{|\bar{x}' - \bar{x}''|}{\varkappa'_N - \varkappa'_1 + \varkappa''_N - \varkappa''_1}\ ;\ \text{Schranke S. 53, linke Spalte, unten} \qquad (618)$$

b) *Zwei Stichproben ungleichen Umfanges* oder gleichen Umfanges, aber größer als in a).

Jede der Stichproben wird in m' bzw. m'' zufällige Untergruppen desselben Umfanges n eingeteilt (vgl. Abschnitt 14 A). Die Summe aller Extrembereiche dieser Untergruppen aus beiden Stichproben sei S_E. Der Prüfquotient ist dann

$$\frac{|\bar{x}' - \bar{x}''|\sqrt{m'm''}}{S_E \times \mathfrak{A}_{m,n}}\ ;\ m = m' + m''\text{; Schranke S. 49; } \mathfrak{A}_{m,n} \text{ S. 48} \qquad (619)$$

17. Die normalverteilte Bevölkerung: Prüfung mehrerer Stichproben

Gegeben seien n Stichproben mit den Umfängen

$N_1, N_2, \ldots, N_i, \ldots, N_n$, wobei $\sum_1^n N_i = N$ (a)

den Summen der Einzelwerte $\varkappa$

$\sum_1^{N_1} \varkappa_1, \sum_1^{N_2} \varkappa_2, \ldots, \sum_1^{N_i} \varkappa_i, \ldots, \sum_1^{N_n} \varkappa_n$, wobei $\sum_1^n \sum_1^{N_i} \varkappa_i = \sum_1^N \varkappa$ (b)

den Summen der Einzelquadrate $\varkappa^2$

$\sum_1^{N_1} \varkappa_1^2, \sum_1^{N_2} \varkappa_2^2, \ldots, \sum_1^{N_i} \varkappa_i^2, \ldots, \sum_1^{N_n} \varkappa_n^2$, wobei $\sum_1^n \sum_1^{N_i} \varkappa_i = \sum_1^N \varkappa^2$ (c)

den Quadratsummen nach (**493**)

$S_1, S_2, \ldots, S_i, \ldots, S_n$, wobei $\sum_1^n S_i = S$ (d)

} (**620**)

den Freiheitsgraden

$N_1 - 1, N_2 - 1, \ldots, N_i - 1, \ldots, N_n - 1$,

wobei $\sum_1^n N_i - 1 = N - n$

symbolisiert mit $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_i, \ldots, \nu_n$, wobei $\sum_1^n \nu_i = \nu$ (e)

den Mittelwerten $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_i, \ldots, \bar{x}_n$ nach (**491**) (f)

den Varianzen $s_1^2, s_2^2, \ldots, s_i^2, \ldots, s_n^2$ nach (**492**) (g)

17 A. Prüfung der Varianzen

Die Hypothese $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \cdots = \sigma_i^2 = \cdots = \sigma_n^2 = \sigma^2$ wird mit dem Test nach BARTLETT[28] geprüft.

Die Schätzung der gemeinsamen Varianz σ^2 ist

$$\left.\begin{array}{l} s_\nu^2 = S/\nu \\ \text{wobei } \nu_s = N - n \end{array}\right\}\ S, \nu \text{ und } N \text{ nach (620 d, e und a)} \qquad (621)$$

Die Prüfgröße für s^2 ist

$$\left.\begin{array}{ll} 2{,}3026\,(\nu \log s^2 - \sum_1^n \nu_i \log s_i^2)/k\text{; } s^2 \text{ nach (621), } \nu, \nu_i \text{ und } s_i^2 \text{ nach (620 e und g)} & \text{(a)} \\ \text{wobei} & \\ k = 1 + \left(\sum_1^n \frac{1}{\nu_i} - \frac{1}{\nu}\right)/3\,(n-1)\text{; } \nu \text{ und } \nu_i \text{ nach (620 e)} & \text{(b)} \end{array}\right\} \quad (622)$$

wenn $\nu_1 = \nu_2 = \cdots = \nu_i = \cdots = \nu_n = \nu_0$ werden (**622** a und b):

$$\left.\begin{array}{ll} 2{,}3026\,\nu[\log s^2 - (1/n)\sum_1^n \log s_i^2]/k\text{; siehe (a)} & \text{(c)} \\ \text{und} & \\ k = 1 + (n+1)/3\,\nu\text{; siehe (b)} & \text{(d)} \end{array}\right\} \quad (622)$$

Signifikanzschranke für die Prüfgrößen (**622** a) und (**622** c) ist χ^2, $\nu = n - 1$, S. 36–39, $2\alpha = 1 \int_r$. *Erreicht* oder *übersteigt* die Prüfgröße die Signifikanzschranke, so befinden sich unter den verglichenen Stichproben solche mit unterschiedlichen Varianzen. Ist die Prüfgröße *kleiner* als die Schranke, so kann nach (**474**) angenommen werden, daß alle Stichprobenbevölkerungen die gleiche Varianz haben. In diesem Fall kann man die Mittelwerte nach 17 B weiteranalysieren.

17 B. Prüfung der Mittelwerte, einfache Varianzanalyse

Zur Prüfung der Hypothese $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_i = \cdots = \mu_n = \mu$ machen wir folgende Aufstellung [vgl. dazu (**620**)]:

Bezeichnung	Quadratsumme	Freiheitsgrad	Varianz
Varianz zwischen den Stichproben	S_2	$n-1$	$s_2^2 = S_2/(n-1)$
Varianz innerhalb der Stichproben	S_1	$N-n$	$s_1^2 = S_1/(N-n)$
Total	S_T	$N-1$	$s_T^2 = S/(N-1)$

} (**623**)

$$\left.\begin{array}{lll} \text{wobei } S_2 = \sum_1^n (\bar{x}_i - \bar{x}) & = \sum_1^n \left(\sum_1^{N_i} x_i\right)^2/N_i - \left(\sum_1^N x\right)^2/N & \text{(a)} \\ S_1 = S\,[\text{nach (620 d)}] & = S_T - S_2 & \text{(b)} \\ S_T = S_1 + S_2 & = \sum_1^N x^2 - \left(\sum_1^N x\right)^2/N & \text{(c)} \\ \text{und } \bar{x} = \left(\sum_1^N x\right)/N & & \text{(d)} \end{array}\right\} \quad (624)$$

Man benutze in (**624**) die 2 Identitäten in (a), (b) und (c) zur Kontrolle.

In (**623**) repräsentiert s_2^2 die Streuung der Stichprobenmittelwerte $\bar{x}_i$ um den gemeinsamen Mittelwert $\bar{x}$, s_1^2 die Streuung der Einzelwerte um die Stichprobenmittelwerte. Stammen alle Stichproben aus derselben Bevölkerung mit $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_i = \cdots = \mu_n = \mu$ (die Varianzen haben wir in diesem Sinn geprüft), so sollten die Varianzen s_2^2 und s_1^2 ungefähr gleich groß sein. Sind sie dies nicht, so befinden sich unter den Stichproben solche mit unterschiedlichen Mittelwerten, und zwar muß in diesem Falle $s_2^2 > s_1^2$ sein. Die Durchführung des entsprechenden F-Testes kann man sich somit ersparen, wenn $s_2^2 \leqq s_1^2$.

$$\left.\begin{array}{l} \text{Der Prüfquotient ist } s_2^2/s_1^2\text{, Schranke } F\text{; S. 40 und 41; } 2\alpha = P \\ \text{wobei } s_2^2 > s_1^2 \end{array}\right\} \quad (625)$$

Ist der Prüfquotient kleiner als die Signifikanzschranke, so darf nach (**474**) angenommen werden, alle Stichproben stammten aus derselben Bevölkerung. Schätzungen ihres Mittelwertes μ und Varianz σ^2 sind

$$\bar{x} = (624\,\text{d});\ s_\nu^2 = (621) \text{ mit } \nu = N - n \qquad (626)$$

und Vertrauens- und Toleranzbereichen nach (**580**) bis (**584**).

Erreicht oder übersteigt der Prüfquotient die Signifikanzschranke F, so müssen sich unter den Mittelwerten solche unterschiedlicher Größe befinden. Es wurden verschiedene Methoden zur Untersuchung dieser Situation vorgeschlagen (vgl. [29]). Im folgenden verwenden wir jene von DUNCAN[29].

Voraussetzung ist, daß *alle Stichproben denselben Umfang* N_0 haben. Man berechnet zunächst die Standardabweichung eines Mittelwertes $\bar{x}_i$

$$s_{\bar{x}_i} = \sqrt{s_\nu^2/N_0}\ ;\ s \text{ nach (621)} \qquad (627)$$

$$\nu_{s_{\bar{x}_i}} = N - n$$

dann rangiert man die Mittelwerte $\bar{x}_i$

$$\left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 < \bar{x}_2 < \cdots < \bar{x}_i < \cdots < \bar{x}_n\text{;} \\ 1, 2, \ldots, i, \ldots, n = \text{Ordnungszahlen } O \end{array}\right\} \quad (628)$$

und sucht in Tafel S. 50 die dem Freiheitsgrad $\nu_{s_{\bar{x}_i}}$ und den Ordnungszahlen $O = 2, 3, \ldots, n$ entsprechenden Extrembereiche W_i. Diese werden mit der Standardabweichung eines Mittelwertes $s_{\bar{x}_i}$ [vgl. (**627**)] multipliziert, und man erhält die Extrembereiche der Mittelwerte $W_{\bar{x}_i}$. Diese subtrahiert man von den Mittelwerten $\bar{x}_i$ und erhält die lokalisierten Extrembereiche $\bar{x}_i - W_{\bar{x}}$. Nun gilt:

Alle in einem lokalisierten Extrembereich $\bar{x}_i - W_{\bar{x}_i}$ befindlichen Mittelwerte lassen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. } **(629)**

Man unterstreicht in der Rangfolge **(628)** die nach **(629)** nicht unterscheidbaren Mittelwerte und erhält als Resultat:

Zwei Mittelwerte, die nicht durch eine gemeinsame Linie unterstrichen sind, unterscheiden sich signifikant voneinander (Signifikanzwahrscheinlichkeit α der Tafel). } **(630)**

Beispiel 39: Gegeben 7 Stichproben mit den unten angegebenen Mittelwerten $\bar{x}_i$. $N_0 = 5, N = 35$, $s_v = 0{,}099$, $\nu_s = 28$. Signifikanzwahrscheinlichkeit = 0,05.

Die Standardabweichung eines Mittelwertes ist nach **(627)** $s_{\bar{x}_i} = \sqrt{0{,}099/5} \approx 0{,}1407$. Die Extrembereiche W_i und $W_{\bar{x}_i} = W_i \times s_{\bar{x}_i}$ sind ebenfalls unten angeschrieben. Mit der Subtraktion $\bar{x}_i - W_{\bar{x}_i}$ hört man dann auf, wenn die entsprechende Unterstreichung den untersten Mittelwert erreicht oder überschreitet.

O	1	2	3	4	5	6	7
$\bar{x}$	1,34	1,36	1,48	1,62	1,74	1,88	2,04
W_i		2,90	3,04	3,13	3,20	3,26	3,30
$W_{\bar{x}_i}$		0,408	0,428	0,440	0,450	0,569	0,464
$\bar{x}_i - W_{\bar{x}_i}$					1,290	1,421	1,576
(629)	1,34	1,36	1,48	1,62	1,74	1,88	2,04

Als Schlußresultat ergibt sich nach **(630)**: 2,04 > 1,34 bis 1,48; 1,88 > 1,34 bis 1,36.

18. Die normalverteilte Bevölkerung: Regression erster Art

Im folgenden beschränken wir uns auf *lineare* Regressionsfunktionen. Zur Transformierung nichtlinearer Funktionen in lineare vgl. logarithmische Normalverteilung, Probittransformation, Logittransformation.

Oft bestehen zwischen zwei oder mehr Veränderlichen funktionelle Beziehungen, die aber durch Zufallseinflüsse mehr oder weniger überdeckt werden. So verändert sich zum Beispiel mit wachsender Dosis die Dosiswirkung in bestimmter Richtung. Die Wirkung wird aber nie eine exakte Funktion der Dosierung sein. Sie wird vielmehr – selbst beim gleichen Probanden – um eine Kurve, die *Regressionsfunktion*, in zufälliger Art hin und her schwanken. Die statistischen Methoden bieten hier die Möglichkeit, die Parameter der Regressionsfunktion und die benötigten Varianzen zu schätzen.

Im obigen Beispiel ist die Dosierung *keine* zufällige Veränderliche, wohl aber die von ihr abhängige Dosiswirkung. Wir sprechen in einem solchen Falle von einer Regression *erster Art*. Als Regression *zweiter Art* bezeichnen wir jene Fälle, wo *beide* Veränderliche Zufallsvariable sind. Eine Regression zweiter Art läßt sich wie eine Regression erster Art behandeln, wenn die Variationsbreite und die Meßpunkte der als abhängig genommenen Veränderlichen zum voraus arbitrarisch festgelegt werden.

Bei der Regression erster Art gibt es nur *eine* Regressionsgerade, die Regression von y nach x, die für Berechnungen in beiden Richtungen, von y nach x und von x nach y, gebraucht wird. Vgl. dazu Abschnitt 19.

18 A. Schätzung der Parameter der Regressionsgeraden Y

Vgl. dazu **(298)** bis **(311)**.

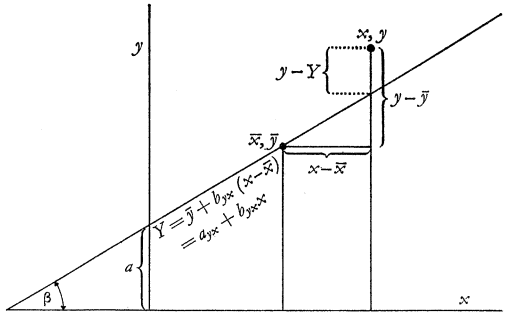


Abb. 35 Lineare Regression, ungruppierte Stichprobe.

Ungruppierte Stichproben, zwei Variablen

Gegeben n Beobachtungspaare x, y. x ist die *unabhängige, nichtzufällige* Veränderliche, y die *abhängige, zufällige* Variable.

Schätzung Y der Regressionsgeraden $\boldsymbol{Y}$

$$\left.\begin{aligned} Y &= \bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}) && \text{(a)} \\ &= a_{yx} + b_{yx} x && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(631)}$$

wobei $a_{yx} = \bar{y} - b_{yx}\bar{x}$

und $\bar{y}$ und $\bar{x}$ nach **(491)**, b_{yx} nach **(632)**

Schätzung b_{yx} des Regressionskoeffizienten $\boldsymbol{b_{yx}}$

$$b_{yx} = \frac{s_{xy}}{s_x^2} = \frac{S_{xy}}{S_x} \qquad \textbf{(632)}$$

s_x^2 und S_x nach **(492)** und **(493)**. Für s_{xy} siehe **(633)**. Vgl. dazu **(299)**. b_{yx} ist der Tangens des Steigungswinkels β_{yx} der Regressionsgeraden Y.

Schätzung s_{xy} der Kovarianz σ_{xy}

$$s_{xy} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n - 1} = \frac{S_{xy}}{n - 1} \qquad \textbf{(633)}$$

Für S_{xy} siehe **(634)**.

Die Berechnung von S_{xy} wird durch folgende Identitäten erleichtert

$$\left.\begin{aligned} S_{xy} &= \Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y}) && \text{(a)} \\ &= \Sigma xy - \bar{x}\Sigma y && \text{(b)} \\ &= \Sigma xy - \bar{y}\Sigma x && \text{(c)} \\ &= \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y/n && \text{(d)} \\ &[= s_{xy}(n - 1)] && \text{(e)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(634)}$$

Schätzung $s^2_{y\cdot x}$ der Restvarianz $\sigma^2_{y\cdot x}$

$$\left.\begin{aligned} s^2_{y\cdot x} &= \frac{\Sigma(Y - y)^2}{n - 2} = \frac{S_{y\cdot x}}{n - 2} && \text{(a)} \\ &= s_y^2(1 - r^2)\frac{n - 1}{n - 2} && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(635)}$$

Für $S_{y\cdot x}$ und r^2 vgl. Formeln **(636)** und **(704)**.

$\sigma^2_{y\cdot x}$ ist die Varianz von y, nachdem der Einfluß der Streuung von x ausgeschaltet worden ist. Sie ist in der Regel *kleiner* als die Varianz σ_y^2. In ganz seltenen Fällen (bei sehr kleinen Korrelations- oder Regressionskoeffizienten) kann sie auch größer sein, wenn nämlich

$$(1 - r^2)\frac{n - 1}{n - 2} > \frac{1}{n - 1}$$

Formel **(635** b) gehört eigentlich in den Abschnitt 19. Sie ist der Einfachheit halber hierher gesetzt worden.

Ist r bekannt, so können die Werte $1 - r^2$ der Tafel S. 59 entnommen werden, desgleichen ihre Quadratwurzel. Die Werte von $(n - 1)/(n - 2)$ und ihre Quadratwurzel für n zwischen 1 und 200 finden sich in der Tafel S. 60.

$$\left.\begin{aligned} S_{y\cdot x} &= S_y - b_{yx} S_{xy} && \text{(a)} \\ &= S_y - b_{yx}^2 S_x && \text{(b)} \\ &= S_y(1 - r^2) && \text{(c)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(636)}$$

S_y und S_x nach **(493)**; S_{xy} nach **(634)**; b_{yx} nach **(632)**; r^2 nach **(704)**. Für **(636** c) vgl. Bemerkung zu **(635** b).

Schätzung $s^2_{b_{yx}}$ der Varianz $\sigma^2_{b_{yx}}$

$$\left.\begin{aligned} s^2_{b_{yx}} &= s^2_{y\cdot x}/S_x && \text{(a)} \\ &= s_y^2/s_x^2 \times \frac{1 - r^2}{n - 2} = S_y/S_x \times \frac{1 - r^2}{n - 2} && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(637)}$$

s_y^2 und s_x^2 nach **(492)**; S_y und S_x nach **(493)**; $s^2_{y\cdot x}$ nach **(635)**; r^2 nach **(704)**; für **(637** b) vgl. Bemerkung zu **(635** b).

Schätzung $s^2_{Y|x}$ der Varianz $\sigma^2_{Y|x}$ der Regressionsgeraden Y im Abszissenpunkt x

$$\left.\begin{aligned} s^2_{Y|x} &= s^2_{y\cdot x}\,[1/n + (x-\bar{x})^2/S_x]; && \text{(a)}\\ &= s^2_{b_{yx}}\,[S_x/n + (x-\bar{x})^2] && \text{(b)} \end{aligned}\right\}\ \nu = n-2 \qquad \textbf{(638)}$$

S_x nach (**493**); $s^2_{y\cdot x}$ nach (**635**).

Spezialfälle von (**638**) sind:

Schätzung $s^2_{\bar{y}}$ der Varianz $\sigma^2_{\bar{y}}$

$$s^2_{\bar{y}} = s^2_{y\cdot x}/n;\quad \nu = n-2 \qquad \textbf{(639)}$$

Schätzung $s^2_{a_{yx}}$ der Varianz $\sigma^2_{a_{yx}}$

$$\left.\begin{aligned} s^2_{a_{yx}} &= s^2_{y\cdot x}\,[1/n + \bar{x}^2/S_x] && \text{(a)}\\ &= s^2_{b_{yx}}\sqrt{(\Sigma x^2)/n} && \text{(b)} \end{aligned}\right\}\ \nu = n-2 \qquad \textbf{(640)}$$

$s^2_{b_{yx}}$ nach (**637**)

Beispiel 40. Gegeben seien

x	y	x	y
5,8	2,19	7,8	5,85
6,2	3,27	8,2	6,58
6,6	3,79	8,6	7,41
7,0	4,62	9,0	8,29
7,4	5,32		

Die y-Werte dieses Beispiels entsprechen den empirischen Probits des Beispiels 31 zum Abschnitt 11 F.

Es ist $\bar{x} = 7{,}4$ nach (**491**)

$S_x = 9{,}6$ nach (**493**)

$\bar{y} = 47{,}32/9 = 5{,}25\dot{7}$ nach (**491**)

$S_y = 280{,}651 - 248{,}798 = 31{,}853$ nach (**493**)

$s^2_y = S_y/8 = 3{,}981\,625$; $s_y = 1{,}9954$ nach (**492** b)

$S_{xy} = 367{,}620 - 350{,}168 = 17{,}452$ nach (**634**)

$b_{yx} = 17{,}452/9{,}6 = 1{,}817\,91\dot{6}$ nach (**632**)

$S_{y\cdot x} = 31{,}8530 - 31{,}7263 = 0{,}1267$ nach (**636**)

$s^2_{y\cdot x} = 0{,}1267/7 = 0{,}0181$; $s_{y\cdot x} = 0{,}134\,54$ nach (**635**)

$s^2_{b_{yx}} = 0{,}0181/9{,}6 = 0{,}001\,885\,42$; $s_{b_{yx}} = 0{,}043\,421$ nach (**637**)

$s^2_{\bar{y}} = 0{,}0181/9 = 0{,}002\,0\dot{1}$; $s_{\bar{y}} = 0{,}044\,843$ nach (**639**)

$s^2_{a_{yx}} = 0{,}0181\left(0{,}\dot{1} + \dfrac{(7{,}4)^2}{9{,}6}\right) = 0{,}105\,257$; $s_{a_{yx}} = 0{,}324\,43$ nach (**640**)

$Y = 5{,}25\dot{7} + 1{,}817\,91\dot{6}\,(x - 7{,}4)$ nach (**631** a)

$= -8{,}1948 + 1{,}8179\,x$ nach (**631** b)

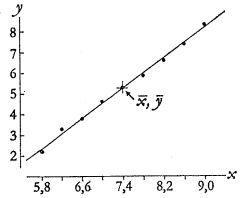


Abb. 36 Illustration zu obigem Beispiel.

Ein Vergleich zwischen Abbildung 30 und Abbildung 36 zeigt, daß die zwei auf grundsätzlich verschiedene Art gewonnenen Probitgeraden sich von bloßem Auge kaum unterscheiden lassen. Das Steigungsmaß der Geraden in Abbildung 30 beträgt 1/0,584 = 1,7123 und unterscheidet sich signifikant von 1,8179, wie wir später sehen werden.

Gruppierte Stichproben, zwei Variablen

Gegeben seien 1, 2, ..., i, ..., k Meßpunkte (Spalten) x_i mit $m_1, m_2, \ldots, m_i, \ldots, m_k$ Beobachtungen y_{ij}. x ist die *unabhängige, nichtzufällige*, y die *abhängige, zufällige* Variable.

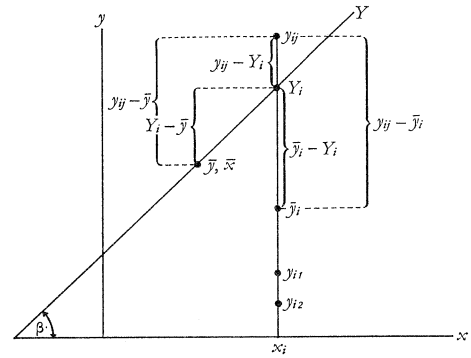


Abb. 37 Lineare Regression, gruppierte Stichprobe.

x	1	2	... i	... k
y	11	21	... $i1$	... $k1$
	12	22	... $i2$	... $k2$
	⋮	⋮	⋮	⋮
	$1j$	$2j$	ij	kj
	⋮	⋮	⋮	⋮
	$1m_1$	$2m_2$	im_i	km_k
	$\sum_{j=1}^{m_1} y_{1j}$	$\sum_{j=1}^{m_2} y_{2j}$	... $\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}$	... $\sum_{j=1}^{m_k} y_{kj}$

Gesamtsumme: Σy; Spaltensumme Σy_i (a) (b)

	$\frac{(\sum_{j=1}^{m_1} y_{1j})^2}{m_1}$	$\frac{(\sum_{j=1}^{m_2} y_{2j})^2}{m_2}$	... $\frac{(\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij})^2}{m_i}$	... $\frac{(\sum_{j=1}^{m_k} y_{kj})^2}{m_k}$

Gesamtsumme $\Sigma\,(\Sigma y_i)^2/m_i$ (c)

xy	$x_1 \sum_{j=1}^{m_1} y_{1j}$	$x_2 \sum_{j=1}^{m_2} y_{2j}$	... $x_i \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}$	... $x_k \sum_{j=1}^{m_k} y_{kj}$

Gesamtsumme Σxy (d)

x	1	2	... i	... k
y^2	$(11)^2$	$(21)^2$	... $(i1)^2$	... $(k1)^2$
	$(12)^2$	$(22)^2$	... $(i2)^2$	... $(k2)^2$
	⋮	⋮	⋮	⋮
	$(1j)^2$	$(2j)^2$	... $(ij)^2$	... $(kj)^2$
	⋮	⋮	⋮	⋮
	$(1m_1)^2$	$(2m_2)^2$	... $(im_i)^2$	... $(km_k)^2$
	$\sum_{j=1}^{m_1} y_{1j}^2$	$\sum_{j=1}^{m_2} y_{2j}^2$	... $\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}^2$	... $\sum_{j=1}^{m_k} y_{kj}^2$

Gesamtsumme: Σy^2; Spaltensumme Σy_i^2 (e) (f)

	$m_1 x_1$	$m_2 x_2$	... $m_i x_i$	... $m_k x_k$

Gesamtsumme: Σx (g)

x	$m_1 x_1^2$	$m_2 x_2^2$	... $m_i x_i^2$	... $m_k x_k^2$

Gesamtsumme: Σx^2 (h)

$n = m_1 + m_2 + \cdots + m_i + \cdots + m_k$ (i)

(641)

Daraus berechnet man die Spaltenmittelwerte

$\bar{y}_i = (\Sigma y_i)/m_i =$ (**641** b)$/m_i$ **(642)**

die Quadratsummen der Streuungen der Spalteneinzelwerte um die Spaltenmittelwerte

$$Sy_i = \Sigma y_i^2 - (\Sigma y_i)^2/m_i = (\mathbf{641}\,\mathrm{f}) - (\mathbf{641}\,\mathrm{b})^2/m_i \qquad (\mathbf{643})$$

den Gesamtmittelwert

$$\bar{y} = (\Sigma y)/n = (\mathbf{641}\,\mathrm{a})/(\mathbf{641}\,\mathrm{i}) \qquad (\mathbf{644})$$

den Mittelwert der unabhängigen Variablen

$$\bar{x} = (\Sigma x)/n = (\mathbf{641}\,\mathrm{g})/(\mathbf{641}\,\mathrm{i}) \qquad (\mathbf{645})$$

die Quadratsumme der Streuung von x um $\bar{x}$

$$S_x = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n = (\mathbf{641}\,\mathrm{h}) - (\mathbf{641}\,\mathrm{g})^2/(\mathbf{641}\,\mathrm{i}) \qquad (\mathbf{646})$$

die Kovarianzsumme

$$S_{xy} = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y/n = (\mathbf{641}\,\mathrm{d}) - (\mathbf{641}\,\mathrm{g})\,(\mathbf{641}\,\mathrm{a})/(\mathbf{641}\,\mathrm{i}) \qquad (\mathbf{647})$$

den Regressionskoeffizienten

$$b_{xy} = S_{xy}/S_x = (\mathbf{647})/(\mathbf{646}) \qquad (\mathbf{648})$$

die Quadratsumme der Streuung innerhalb der Spalten

$$\left.\begin{aligned} S_1 &= \sum_1^k Sy_i = \sum_1^k (\mathbf{643}) \\ &\left[= \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2\right] \end{aligned}\right\} \qquad (\mathbf{649})$$

die Quadratsumme der Streuung der Spaltenmittelwerte um die Regressionsgerade Y

$$\left.\begin{aligned} S_2 &= \Sigma\,(\Sigma y_i)^2 m_i - (\Sigma y)^2/n - S_3 \\ &= (\mathbf{641}\,\mathrm{d}) - (\mathbf{641}\,\mathrm{a})^2/(\mathbf{641}\,\mathrm{i}) - (\mathbf{651}) \\ &\left[= \sum_{i=1}^{k} m_i\,(\bar{y}_i - Y_i)\right] \end{aligned}\right\} \qquad (\mathbf{650})$$

S_3 nach (**651**)

die Quadratsumme der Streuung der Regressionsgeraden um den Gesamtmittelwert

$$\left.\begin{aligned} S_3 &= b_{yx} S_{xy} = b_{yx}^2 S_x = (\mathbf{648})\,(\mathbf{647}) = (\mathbf{648})^2\,(\mathbf{646}) \\ &\left[= \sum_{i=1}^{k} m_i\,(Y_i - \bar{y})^2\right] \end{aligned}\right\} \qquad (\mathbf{651})$$

die Quadratsumme der Streuung der Einzelwerte um den Gesamtmittelwert

$$\left.\begin{aligned} S_y &= \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2/n = (\mathbf{641}\,\mathrm{e}) - (\mathbf{641}\,\mathrm{a})^2/(\mathbf{641}\,\mathrm{i}) \\ &\left[= \Sigma\,(y_{ij} - \bar{y})^2\right] \end{aligned}\right\} \qquad (\mathbf{652})$$

Kontrolle:

$$S_1 + S_2 + S_3 = S_y \qquad (\mathbf{653})$$

und schließlich die Quadratsumme der Reststreuung

$$S_{y\cdot x} = S_1 + S_2 = S_y - S_3 = (\mathbf{649}) + (\mathbf{650}) = (\mathbf{652}) - (\mathbf{651}) \qquad (\mathbf{654})$$

und die Varianzen

$$s_1^2 = S_1/(n-k) = (\mathbf{649})/(n-k);\ \nu = n-k \qquad (\mathbf{655})$$

$$s_2^2 = S_2/(k-2) = (\mathbf{650})/(k-2);\ \nu = k-2 \qquad (\mathbf{656})$$

$$s_3^2 = S_3 = (\mathbf{651});\ \nu = 1 \qquad (\mathbf{657})$$

$$s_y^2 = S_y/(n-1) = (\mathbf{652})/(n-1);\ \nu = n-1 \qquad (\mathbf{658})$$

$$s_{y\cdot x}^2 = S_{y\cdot x}/(n-2) = (\mathbf{654})/(n-2);\ \nu = n-2 \qquad (\mathbf{659})$$

Die Gleichung der Regressionsgeraden Y, die Varianzen $s_{b_{yx}}^2$, $s_{Y|x}^2$, $s_{\bar{y}}^2$, $s_{a_{yx}}^2$ erhält man nach (**631**), (**637**), (**638**), (**639**) und (**640**), indem man für b_{yx} (**648**), für $s_{y\cdot x}^2$ (**659**) und für S_x (**646**) einsetzt.

Beispiel 41. Gegeben ist die Stichprobe

x	7	8	9
y	1,0 1,4 2,0 2,2	2,0 2,5 2,8 3,1 3,7 4,0	2,9 3,2 3,4 3,9 4,4
$\bar{y}_i$	$6{,}6/4 = 1{,}65$	$18{,}1/6 = 3{,}01\dot{6}$	$17{,}8/5 = 3{,}56$ nach (**642**)
Sy_i	$11{,}8 - 10{,}89 = 0{,}91$	$57{,}39 - 54{,}601\dot{6} = 2{,}788\dot{3}$	$64{,}78 - 63{,}368 = 1{,}412$ nach (**643**)

n = 15 nach (**641** i)
$\bar{y}$ = 42,5/15 = 2,8$\dot{3}$ nach (**644**); $\bar{x} = (28 + 48 + 45)/15 = 8{,}0\dot{6}$ nach (**645**)
$S_x = (196 + 384 + 405) - (28 + 48 + 45)^2/15 = 8{,}9\dot{3}$ nach (**646**)
$S_{xy} = 46{,}2 + 144{,}8 + 160{,}2 - 8{,}06 \times 42{,}5 = 8{,}3\dot{6}$ nach (**647**)
$b_{yx} = 8{,}3\dot{6}/8{,}9\dot{3} = 0{,}936\,567\,164$ nach (**648**)
$S_1 = 0{,}91 + 2{,}788\dot{3} + 1{,}412 = 5{,}110\dot{3}$ nach (**649**)
$S_2 = 6{,}6^2/4 + 18{,}1^2/6 + 17{,}8^2/5 - 42{,}5^2/15 - S_3 = 0{,}607\,054\,728$ nach (**650**)
$S_3 = 0{,}936\,567\,164 \times 8{,}3\dot{6} = 7{,}835\,945\,272$ nach (**651**)
$S_y = 133{,}97 - 42{,}5^2/15 = 13{,}55\dot{3}$ nach (**652**)
Kontrolle: $5{,}110\dot{3} + 0{,}607\,054\,728 + 7{,}835\,945\,272 = 13{,}55\dot{3}$ nach (**653**)
$S_{y\cdot x} = 5{,}110\dot{3} + 0{,}607\,055 = 5{,}717\,388$ nach (**654**)
$s_{y\cdot x}^2 = 5{,}717\,388/13 = 0{,}439\,799$; $s_{y\cdot x} = 0{,}663\,173$ nach (**659**)
$s_{b_{yx}}^2 = 0{,}439\,799/8{,}9\dot{3} = 0{,}049\,2312$; $s_{b_{yx}} = 0{,}221\,881$ nach (**637** a)
$Y = 2{,}8\dot{3} + 0{,}936\,567\,(x - 8{,}0\dot{6}) = -4{,}721\,64 + 0{,}936\,567\,x$ nach (**631**)
$s_1^2 = S_1/12 = 0{,}425\,861$ nach (**655**); $s_2^2 = S_2/1$ nach (**656**); $s_3^2 = S_3$ nach (**657**)

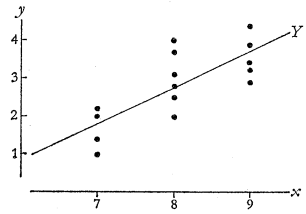


Abb. 38 Illustration zu obigem Beispiel.

18 B. Prüfung der Linearität der Regressionsfunktion

Bei *ungruppierten* Stichproben ist eine Prüfung der Linearität der Regressionsfunktion nur von bloßem Auge möglich. Die Abweichungen $Y_i - y_i$ sollten einen zufälligen Eindruck machen und keinen systematischen «Trend» zeigen. (Vgl. zum Beispiel Abb. 29 [systematische Abweichungen mit] Abb. 30, rechts [zufällig erscheinende Abweichungen]).

Bei *gruppierten* Stichproben ist ein exakter Test möglich: man vergleicht die Varianz der Spaltenmittelwerte um die Regressionsgerade mit der Varianz innerhalb der Spalten.

Prüfquotient:

$$s_2^2/s_1^2 = (\mathbf{656})/(\mathbf{655});\ \text{Signifikanzschranke } F\begin{cases}\nu_2 = k-2\\ \nu_1 = n-k\end{cases};\quad P = 2\,\alpha;\ \text{S. 40–41} \qquad (\mathbf{660})$$

(ν_1 der Tafel = ν_2 des Prüfquotienten)

Erreicht oder *übersteigt* der Prüfquotient die Signifikanzschranke, so ist die Regressionsfunktion nicht linear (Signifikanzwahrscheinlichkeit $2\,\alpha = P$). Ist der Prüfquotient *kleiner* als die Signifikanzschranke, so kann nach (**474**) angenommen werden, die Regression sei linear. Man extrapoliere diese Interpretation aber nie oder nur äußerst vorsichtig über den Stichprobenvariationsbereich von x hinaus!

Beispiel 42. Im Beispiel 41 ist $s_1^2 = 0{,}425\,861$ und $s_2^2 = 0{,}607\,055$. Der Prüfquotient nach (**660**) beträgt 1,43, die Signifikanzschranke $F(1;12)$ für $P = 0{,}05$ ist 4,75. Die statistische Prüfung spricht somit nicht gegen die Linearität der Regressionsfunktion.

18 C. Prüfung des Regressionskoeffizienten gegen Null

Spricht der Test nach (**660**) nicht gegen die Linearität der Regressionsfunktion, so erfolgt als nächster Test die Prüfung des Regressionskoeffizienten gegen Null, das heißt, man prüft die

Hypothese $b_{yx} \approx \beta_{yx} = 0$. In andern Worten, man prüft, ob sich die Schätzung des Regressionskoeffizienten statistisch von Null unterscheidet.

Prüfgrößen:

$b_{yx}/s_{b_{yx}}$; Signifikanzschranke t; $2P = 2\alpha$; $\nu = n-2$, S. 32–35 (**661**)
b_{yx} nach (**632**) bzw. (**648**), $s_{b_{yx}} = \sqrt{(637\,a)}$

oder

$b_{yx}^2/s_{b_{yx}}^2 = b\,S_{xy}/s_{y\cdot x}^2$; Signifikanzschranke t^2; (a)
$P = 2\alpha$, $\nu = n-2$, S. 32–35

oder

$b\,S_{xy} - t_{2\alpha}^2 s_{y\cdot x}^2$; Signifikanzschranke Null; (b)
t^2 wie in (**662** a)

} (**662**)

$b\,S_{xy}$ nach (**632**) und (**634**) bei ungruppierten Stichproben, nach (**651**) bei gruppierten Stichproben. $s_{y\cdot x}^2$ nach (**635**) bzw. nach (**659**)

oder

wenn der Korrelationskoeffizient r berechnet wurde (vgl. Abschnitt 19 A), so gilt

wenn $r \approx \varrho = 0$, ist auch β_{yx} (und β_{xy}) $= 0$ (**663**)

Signifikanzschranke für $|r|$ siehe S. 61, $\nu = n-2$.

Erreicht oder übersteigt eine der Prüfgrößen in (**661**) bis (**663**) die entsprechende Signifikanzschranke, so unterscheidet sich β_{yx} signifikant von Null. Obige Teste sind Spezialfälle von (**664** a) für $\beta_{yx} = 0$.

18 D. Prüfung der Differenz zwischen Schätzung und hypothetischem Wert

Alle aufgeführten Differenzen sind *normalverteilt:* Als Signifikanzschranken nehme man somit für Freiheitsgrade über 200 die Abweichung $|c_\alpha|$ der Normalverteilung (S. 28), für Freiheitsgrade bis 200 die Abweichung $t_{p=\alpha}$ oder $t_{2P=2\alpha}$ der STUDENT-Verteilung [man kann selbstverständlich auch χ^2 oder t^2 verwenden, vgl. dazu (**598** b) und (**599** b)].

Prüfquotienten (Absolutwerte nehmen)

$(b_{yx} - \beta_{yx})/s_{b_{yx}}$; $\nu = n-2$; $s_{b_{yx}} = \sqrt{(637)}$ (a)
$(Y|x - \mathfrak{Y}|x)/s_{Y|x}$; $\nu = n-2$; $s_{Y|x} = \sqrt{(638)}$ (b)
$(\bar{y} - \mu_y)/s_{\bar{y}}$; $\nu = n-2$; $s_{\bar{y}} = \sqrt{(639)}$ (c)
$(a_{yx} - \alpha_{yx})/s_{a_{yx}}$; $\nu = n-2$; $s_{a_{yx}} = \sqrt{(640)}$ (d)

} (**664**)

Beispiel 43 zu (**664** a). Vergleich zwischen den Regressionskoeffizienten der Beispiele 31 und 40. Sie betragen 1,7123 (Beispiel 31) und 1,8179 (Beispiel 40). Der Regressionskoeffizient 1,7123 des Beispiels 31 wurde nicht nach (**632**) berechnet. Wir betrachten ihn deshalb bei diesem Vergleich als hypothetischen Wert. Der Prüfquotient beträgt

$$\frac{1{,}8179 - 1{,}7123}{0{,}043\,42} = 2{,}432;\ \nu = 7$$

Die entsprechende Signifikanzschranke $t_{2\,\alpha=0{,}05}$, S. 32, ist 2,3646. Die beiden Regressionskoeffizienten unterscheiden sich damit signifikant und damit auch die Regressionsgeraden.

18 E. Vertrauens- und Toleranzgrenzen

Es werden nur die Formeln zu den zweiseitigen Grenzen gegeben, und zwar in der Form Schätzung $\pm$ G, wobei Schätzung minus G die untere, Schätzung plus G die obere Grenze darstellt. Der entsprechende Parameter befindet sich zwischen diesen Grenzen.

Vertrauensgrenzen

Für β_{yx}: $b_{yx} \pm t_{2\alpha} s_{b_{yx}}$ $\nu = n-2 \leqq 200$; $b_{yx} \pm |c_\alpha| s_{b_{yx}}$ $\nu = n-2 > 200$ } $s_{b_{yx}} = \sqrt{(637)}$ (**665**)

Für $\mathfrak{Y}|x$:

$\bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}) \pm t_{2\alpha} s_{Y|x}$ $\nu = n-2 \leqq 200$; $\pm |c_\alpha| s_{Y|x}$ $\nu = n-2 > 200$ } $s_{Y|x} = \sqrt{(638)}$ (**666**)

Für μ_y: $\bar{y} \pm t_{2\alpha} s_{\bar{y}}$ $\nu = n-2 \leqq 200$; $\bar{y} \pm |c_\alpha| s_{\bar{y}}$ $\nu = n-2 > 200$ } $s_{\bar{y}} = \sqrt{(639)}$ (**667**)

Für α_{yx}: $a_{yx} \pm t_{2\alpha} s_{a_{yx}}$ $\nu = n-2 \leqq 200$; $a_{yx} \pm |c_\alpha| s_{a_{yx}}$ $\nu = n-2 > 200$ } $s_{a_{yx}} = \sqrt{(640)}$ (**668**)

(**666**) ist eine Hyperbel (vgl. Abb. 39).

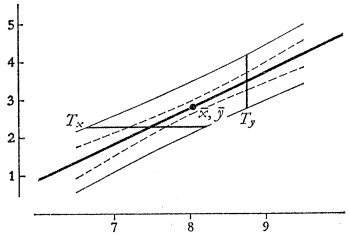


Abb. 39 Vertrauens- und Toleranzgrenzen zur Regression der Abb. 38. Legende: - - - Vertrauensgrenzen, — Toleranzgrenzen für $\mathfrak{Y}|x$, T_y = Toleranzbereich für $Y|x$. T_x = Toleranzbereich für $x|y$.

Toleranzgrenzen für $\mathfrak{Y}|x$

$= \bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}) \pm t_{2\alpha} s_T$; $\nu_t = n-2$;
b_{yx} nach (**632**) bzw. (**648**) } (**669**)

wobei

$s_T = s_{y\cdot x}\sqrt{1 + 1/n + (x-\bar{x})^2/S_x}$; $\nu = n-2$ (a)
$= s_{b_{yx}}\sqrt{(1 + 1/n)\,S_x + (x-\bar{x})^2}$; $\nu = n-2$ (b)

} (**670**)

S_x nach (**493**) bzw. (**646**); $s_{y\cdot x} = \sqrt{(635)}$ bzw. $\sqrt{(659)}$;
$s_{b_{yx}} = \sqrt{(637\,a)}$; $\bar{x} =$ (**491**) bzw. (**645**)

18 F. Berechnung von x bei gegebenem y

$$x|y = \bar{x} + \frac{y - \bar{y}}{b_{yx}} \qquad (671)$$

Vertrauensgrenzen für $x|y$ [Lösung von (**666**) nach x]

$$\bar{x} + \frac{y-\bar{y}}{b_{yx}(1-k^2)} \pm \pm \frac{k}{b_{yx}(1-k^2)}\sqrt{(1/n)\,b_{yx}^2(1-k^2)S_x + (y-\bar{y})^2} \qquad (672)$$

wobei b_{yx} und S_x nach (**632**) und (**493**) bei ungruppierten Stichproben, nach (**648**) und (**646**) bei gruppierten Stichproben und

$$k^2 = \frac{t_{2\alpha}^2 s_{b_{yx}}^2}{b_{yx}^2};\ \nu_t = n-2 \qquad (673)$$

wobei $s_{b_{yx}}^2 =$ (**637**).

Ist $k^2 \leqq 0{,}05$, so kann in (**672**) $1 - k^2 = 1$ gesetzt werden.

Toleranzgrenzen für $x|y$ [Lösung von (**669**) nach x]

Man verwende (**672**), nehme aber an Stelle von $(1/n)$ im 1. Summanden unter der Wurzel $(1 + 1/n)$. (**674**)

Beispiel 44. Berechne zum Beispiel 40 $\hat{x}$ für $y = 5$ und die entsprechenden Vertrauens- und Toleranzgrenzen $x|y = 5$.

$$x = 7{,}4 + \frac{5 - 5{,}25\dot{7}}{1{,}817\,91\dot{6}} = 7{,}2582 \text{ nach (671)}$$

Vertrauensgrenzen. Zunächst berechne man k^2.

$$k^2 = \frac{2{,}3646^2 \times 0{,}001\,885\,42}{1{,}817\,91\dot{6}} = 0{,}003\,190;\ k = 0{,}056\,48 \text{ nach (673)}$$

k^2 ist kleiner als 0,05. $1-k^2$ könnte deshalb in (**672**) gleich 1 gesetzt werden. Vergleichsweise seien beide Varianten berechnet.

	Vertrauensgrenzen	Toleranzgrenzen
$1 - k^2 = 1$	$7{,}2582 \pm 0{,}0589$	$7{,}2582 \pm 0{,}5534$
	$= 7{,}1993$ bis $7{,}3171$	$= 6{,}7048$ bis $7{,}8116$
$1 - k^2 = 0{,}996\,810$	$7{,}2577 \pm 0{,}0590$	$7{,}2577 \pm 0{,}5545$
	$= 7{,}1987$ bis $7{,}3167$	$= 6{,}7032$ bis $7{,}8122$
	nach (**672**)	nach (**674**)

18 G. Vergleich zweier Regressionsgeraden erster Art

Gegeben seien die zwei ungruppierten bzw. gruppierten Stichproben

$(x,y)_1$ mit n_1	und $(x,y)_2$ und n_2	Beobachtungspaaren
$\bar{x}_1$	und $\bar{x}_2$	nach (**491**) bzw. (**645**)
$\bar{y}_1$	und $\bar{y}_2$	nach (**491**) bzw. (**644**)
S_{x_1}	und S_{x_2}	nach (**493**) bzw. (**646**)
S_{y_1}	und S_{y_2}	nach (**493**) bzw. (**652**)
$(S_{xy})_1$	und $(S_{xy})_2$	nach (**634**) bzw. (**647**)
$(S_{y\cdot x})_1$	und $(S_{y\cdot x})_2$	nach (**636**) bzw. (**654**)
$(s^2_{y\cdot x})_1$	und $(s^2_{y\cdot x})_2$	nach (**635**) bzw. (**659**)
$(b_{yx})_1 = b_1$	und $(b_{yx})_2 = b_2$	nach (**632**) bzw. (**648**)
Y_1	und Y_2	nach (**631**) bzw. (**631**)

Analog zu Abschnitt 16 sind folgende Hypothesen beim Vergleich zweier linearer Regressionen in Betracht zu ziehen:

$$\left.\begin{array}{l}(s^2_{y\cdot x})_1 = (s^2_{y\cdot x})_2\\ \boldsymbol{b}_1 = \boldsymbol{b}_2\end{array}\right\}\ \left\{\begin{array}{ll}\boldsymbol{Y}_1 = \boldsymbol{Y}_2 & \text{(a)}\\ \boldsymbol{Y}_1 \neq \boldsymbol{Y}_2 & \text{(b)}\end{array}\right\}\ \left\{\begin{array}{l}\text{(a c)}\\ \text{(a d)}\end{array}\right\}\quad (675)$$

$$\left.\begin{array}{l}(s^2_{y\cdot x})_1 \neq (s^2_{y\cdot x})_2\\ \boldsymbol{b}_1 = \boldsymbol{b}_2\end{array}\right\}\ \left\{\begin{array}{ll}\boldsymbol{Y}_1 = \boldsymbol{Y}_2 & \text{(a)}\\ \boldsymbol{Y}_1 \neq \boldsymbol{Y}_2 & \text{(b)}\end{array}\right\}\ \left\{\begin{array}{l}\text{(a c)}\\ \text{(a d)}\end{array}\right\}\quad (676)$$

Die Hypothese $(s^2_{y\cdot x})_1 = (s^2_{y\cdot x})^2$ testet man mit dem Prüfquotienten

$$\frac{(s^2_{y\cdot x})_1}{(s^2_{y\cdot x})_2}\text{; Signifikanzschranke } F,\ P = 2\alpha,\ \begin{array}{l}\nu_1 = n_1 - 2\\ \nu_2 = n_2 - 2\end{array}\text{; S. 40–41}\quad (677)$$

wobei die *größere* der Varianzen mit Index 1 zu bezeichnen ist.

Ist der Prüfquotient *kleiner* als die Signifikanzschranke, so gelten (**681**) bis (**693**); erreicht oder übersteigt er die Signifikanzschranke, so gelten (**694**) bis (**701**).

Ist der Prüfquotient *kleiner* als die Signifikanzschranke (**677**), so kann angenommen werden, daß $(s^2_{y\cdot x})_1 = (s^2_{y\cdot x})_2$. Man schätzt dann die gemeinsame Varianz $\bar{\sigma}^2_{y\cdot x}$ der beiden Regressionsgeraden unter der Bedingung (**675**) mit

$$\bar{s}^2_{y\cdot x} = \frac{(S_{y\cdot x})_1 + (S_{y\cdot x})_2}{n_1 + n_2 - 4};\quad \nu = n_1 + n_2 - 4 \qquad (678)$$

Danach prüft man die Hypothese (**675** a). Der Prüfquotient für die Differenz der beiden Regressionskoeffizienten unter der Bedingung (**675**) ist

$$\frac{b_1 - b_2}{s_{D_b}}\text{; Signifikanzschranke } t,\ 2P = 2\alpha,\ \nu_t = n_1 + n_2 - 4 \quad (679)$$

wobei

$$s^2_{D_b} = (678) \times \left(\frac{1}{S_{x_1}} + \frac{1}{S_{x_2}}\right) \qquad (680)$$

Ist der Prüfquotient (**679**) *kleiner* als die Signifikanzschranke, so gelten (**681**) bis (**693**). *Erreicht* oder *übersteigt* er die Signifikanzschranke, so sind die Geraden nicht parallel.

Ist der Prüfquotient *kleiner* als die Signifikanzschranke, so können die zwei Regressionsgeraden als *parallel* betrachtet werden. (**681**)

Die Schätzung der gemeinsamen Restvarianz $\bar{\sigma}^2_{y\cdot x}$ ist bei erfüllter Bedingung (**675** a)

$$\bar{s}^2_{y\cdot x} \approx (678);\ \nu = n_1 + n_2 - 4$$
$$= \frac{(S_{y\cdot x})_1 + (S_{y\cdot x})_2 + \dfrac{(b_1 - b_2)^2}{1/S_{x_1} + 1/S_{x_2}}}{n_1 + n_2 - 3};\ \nu = n_1 + n_2 - 3 \quad (682)$$

und die Schätzung des gemeinsamen Regressionskoeffizienten $\boldsymbol{b}_{yx}$ bei erfüllter Bedingung (**675** a)

$$\bar{b}_{yx} = \frac{(S_{xy})_1 + (S_{xy})_2}{S_{x_1} + S_{x_2}} \qquad (683)$$

und die Schätzung der Varianz $\sigma^2_{\bar{b}_{yx}}$ des gemeinsamen Regressionskoeffizienten bei erfüllter Bedingung (**675** a)

$$\left.\begin{array}{ll}s^2_{\bar{b}_{yx}} \approx \dfrac{(678)}{S_{x_1} + S_{x_2}};\ \nu = n_1 + n_2 - 4 & \text{(a)}\\ = \dfrac{(682)}{S_{x_1} + S_{x_2}};\ \nu = n_1 + n_2 - 3 & \text{(b)}\end{array}\right\}\quad (684)$$

Die beiden Geraden können als *identisch* angesehen werden [Hypothese (**675** a c)], wenn der Prüfquotient

$$\frac{\hat{b} - \bar{b}}{s_{\hat{b}-\bar{b}}},\ \begin{array}{l}\nu = n_1 + n_2 - 4, \text{ wenn } s_{\hat{b}-\bar{b}} = \sqrt{(687\text{ a})}\\ \nu = n_1 + n_2 - 3, \text{ wenn } s_{\hat{b}-\bar{b}} = \sqrt{(687\text{ b})}\end{array}\ \left\}\begin{array}{l}\hat{b} = (686)\\ \bar{b} = (683)\end{array}\right\}\quad (685)$$

kleiner ist als die Signifikanzschranke t, $2P = 2\alpha$, S. 32–35.

$$\hat{b} = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} \qquad (686)$$

$$\left.\begin{array}{l}s^2_{\hat{b}-\bar{b}} \approx (678) \times K\\ \quad = (682) \times K\end{array}\right\}\ K = (688)\quad \begin{array}{l}\text{(a)}\\ \text{(b)}\end{array}\quad (687)$$

wobei

$$K = \frac{1}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) + \frac{1}{S_{x_1} + S_{x_2}} \qquad (688)$$

Die beiden parallelen Regressionsgeraden fallen nicht zusammen [Hypothese (**675** a d)], wenn der Prüfquotient (**685**) die Signifikanzschranke *erreicht* oder *übersteigt*. In diesem Falle sind oft der vertikale und der horizontale Abstand p_y und p_x von Interesse.

Der *vertikale Abstand* und seine Vertrauensgrenzen sind bei erfüllten Bedingungen (**675** a c)

$$p_y = |\bar{y}_1 - \bar{y}_2 - \bar{b}_{yx}(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)|;\ \bar{b}_{yx} = (683) \qquad (689)$$

Vertrauensgrenzen für $\boldsymbol{p}_{Y|x}$

$$\left.\begin{array}{l}\approx (689) \pm\\ t_{2\alpha}\sqrt{(684\text{ a}) \times [(1/n_1 + 1/n_2)(S_{x_1} + S_{x_2}) + (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2]}\end{array}\right\}\ \text{(a)}$$
$$\text{wobei } \nu_t = n_1 + n_2 - 4$$
$$\left.\begin{array}{l}= (689) \pm\\ t_{2\alpha}\sqrt{(684\text{ b}) \times [(1/n_1 + 1/n_2)(S_{x_1} + S_{x_2}) + (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2]}\end{array}\right\}\ \text{(b)}$$
$$\text{wobei } \nu_t = n_1 + n_2 - 3 \qquad (690)$$

Der *horizontale Abstand* p_x und seine Vertrauensgrenzen sind bei erfüllten Bedingungen (**675** a d)

$$p_x = \left|\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\bar{b}_{yx}}\right|;\ \bar{b}_{yx} \text{ nach } (683) \qquad (691)$$

Vertrauensgrenzen für $\boldsymbol{p}_x$

$$\left.\begin{array}{l}\approx \text{oder} = \left|\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \dfrac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\bar{b}_{yx}(1 - k^2)}\right| \pm \dfrac{k}{\bar{b}_{yx}(1 - k^2)} \times\\ \times\sqrt{\left(\dfrac{1}{n_1} + \dfrac{1}{n_2}\right)\left(\bar{b}_{yx}\right)^2\left(1 - k\right)^2\left(S_{x_1} + S_{x_2}\right) + \left(\bar{y}_1 - \bar{y}_2\right)^2}\end{array}\right\}\quad (692)$$

wobei $\bar{b}_{yx} = (683)$ und entweder $k = k_1 = (693\text{ a})$ oder $k = k_2 = (693\text{ b})$. Das Annäherndzeichen gilt für $k = k_1$, das Gleichheitszeichen für $k = k_2$.

$$\left.\begin{array}{l}k^2_1\\ k^2_2\end{array}\right\} = \frac{t^2_{2\alpha}\, s^2_{\bar{b}_{yx}}}{(\bar{b}_{yx})^2}\ \left\{\begin{array}{ll}s^2_{\bar{b}_{yx}} = \mathbf{684}\,\text{a};\ \nu_t = n_1 + n_2 - 4 & \text{(a)}\\ s^2_{\bar{b}_{yx}} = \mathbf{684}\,\text{b};\ \nu_t = n_1 + n_2 - 3 & \text{(b)}\end{array}\right\}\quad (693)$$

Wenn $k \leqq 0{,}05$, kann in (**692**) der Ausdruck $1 - k^2 = 1$ gesetzt werden.

Erreicht oder *übersteigt* der Prüfquotient (**677**) die Signifikanzschranke, so gilt die Hypothese (**676**), das heißt $(\sigma^2_{y\cdot x})_1 \neq (\sigma^2_{y\cdot x})_2$. Die Hypothese (**676** a), das heißt $b_1 = b_2$, testet man dann mit dem Prüfquotienten (**679**), wobei

$$\left.\begin{array}{ll}s^2_{D_b} = \dfrac{(s^2_{y\cdot x})_1}{S_{x_1}} + \dfrac{(s^2_{y\cdot x})_2}{S_{x_2}} & \text{(a)}\\ \text{Freiheitsgrad}\\ \quad \nu_t = (617\text{ b}) & \\ \text{mit } k = \dfrac{(s^2_{y\cdot x})_1 S_{x_2}}{(s^2_{y\cdot x})_1 S_{x_2} + (s^2_{y\cdot x})_2 S_{x_1}} & \text{(b)}\end{array}\right\}\quad (694)$$

Signifikanzschranke: $t_{2\alpha}$, mit ν_t nach (**617** b) und k nach (**694** b)

Ist der (**694**) angepaßte Prüfquotient (**679**) *kleiner* als die Signifikanzschranke, so kann angenommen werden $b_1 = b_2$. Der gemeinsame Regressionskoeffizient und seine Varianz sind dann

$$\bar{b}_{yx} = \frac{\dfrac{(S_{xy})_1}{(s^2_{y\cdot x})_1} + \dfrac{(S_{xy})_2}{(s^2_{y\cdot x})_2}}{\dfrac{S_{x_1}}{(s^2_{y\cdot x})_1} + \dfrac{S_{x_2}}{(s^2_{y\cdot x})_2}} \qquad (695)$$

mit Varianz

$$s^2_{\bar{b}yx} = \frac{1}{\frac{S_{x_1}}{(s^2_{y\cdot x})_1} + \frac{S_{x_2}}{(s^2_{y\cdot x})_2}} \qquad (696)$$

Die Hypothese (**676** a c), das heißt die *Identität* der beiden parallelen Regressionsgeraden, kann – sofern die Stichprobenumfänge n_1 und n_2 *groß* sind – näherungsweise geprüft werden mit dem Prüfquotienten nach (**685**), wobei

$$\hat{b} = (686)$$

$$s^2_{\bar{b}-\bar{b}} = \frac{1}{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)^2}\left[\frac{(s^2_{y\cdot x})_1}{n_1} + \frac{(s^2_{y\cdot x})_2}{n_2} + (696)\right] \qquad (697)$$

Signifikanzschranke $= |c_\alpha|$, S. 28.

Erreicht oder *übersteigt* der (**697**) angepaßte Prüfquotient (**685**) die Signifikanzschranke, so fallen die beiden parallelen Regressionsgeraden *nicht* zusammen, und es sind bei erfüllten Bedingungen (**676** a d)

der *vertikale* Abstand

$$p_y = (689);\ \text{wobei}\ \bar{b}_{yx} = (695) \qquad (698)$$

seine Vertrauensgrenzen

$$\approx (698) \pm |c_\alpha| \times \sqrt{\frac{(s^2_{y\cdot x})_1}{n_1} + \frac{(s^2_{y\cdot x})_2}{n_2} + (\bar{x}_1-\bar{x}_2)^2 \times (696)} \qquad (699)$$

der *horizontale* Abstand

$$p_x = (691);\ \text{wobei}\ \bar{b}_{yx} = (695) \qquad (700)$$

seine Vertrauensgrenzen

$$\left.\begin{aligned} &\approx \left|\bar{x}_1-\bar{x}_2-\frac{\bar{y}_1-\bar{y}_2}{\bar{b}_{yx}(1-k^2)}\right| \pm \frac{k}{\bar{b}_{yx}(1-k^2)} \times \\ &\times \sqrt{\left[\frac{(s^2_{y\cdot x})_1}{n_1} + \frac{(s^2_{y\cdot x})_2}{n_2}\right]\frac{(\bar{b}_{yx})^2(1-k^2)}{(696)} + (\bar{y}_1-\bar{y}_2)^2} \end{aligned}\right\} \qquad (701)$$

wobei $k^2 = \frac{c^2_\alpha \times (696)}{(\bar{b}_{yx})^2}$; c_α, S. 28; $c^2_\alpha = \chi^2$, $\nu = 1$, $1\int_r = 2\alpha$, S. 36

und $\bar{b}_{yx} = (695)$

Wenn k $\leqq$ 0,05, kann in (**701**) der Ausdruck $1 - k^2 = 1$ gesetzt werden.

Nachtrag zu Abschnitt 18: Probit- und Logitregression

Viele der in Abschnitt 18 gegebenen Formeln lassen sich mit entsprechenden Änderungen für die Probit- und Logitregression benutzen. Wir können hier nicht näher darauf eintreten und verweisen auf die entsprechende Literatur:

Probitregression[12–15, 30], Tafeln S. 54 und 55

Logitregression[31, 32], Tafeln S. 56 und 57

19. Regression zweiter Art: Die zweidimensionale Normalverteilung

Vgl. Einführung zu Abschnitt 18.

Gegeben seien n Beobachtungspaare x, y. Sowohl x als auch y sind *zufällige*, normalverteilte Veränderliche.

Bei der Regression zweiter Art unterscheidet man im Gegensatz zur Regression erster Art *zwei* Regressiongeraden

$$\left.\begin{aligned} Y &= \bar{y} + b_{xy}(x-\bar{x}) && (a)\\ X &= \bar{x} + b_{yx}(y-\bar{y}) && (b) \end{aligned}\right\} \qquad (702)$$

Während bei der Regression erster Art sowohl von x auf y als auch von y auf x auf Grund von (**702** a) = (**631**) geschlossen wird, schließt man bei der Regression zweiter Art von x auf y nach (**702** a), von y auf x auf Grund von (**702** b).

Die Schätzungen der Parameter von (**702**) und deren Varianzen erfolgt nach den entsprechenden Formeln des Abschnittes 18, in denen man, wenn Parameter von (**702** b) geschätzt werden sollen, x mit y und y mit x vertauscht.

19 A. Der Korrelationskoeffizient

Ein weiterer Parameter der Regression zweiter Art ist der Korrelationskoeffizient r. Er ist ein Maß für die stochastische Abhängigkeit der beiden Variabeln x und y. Sein Wert kann zwischen -1 und $+1$ variieren. Beträgt er -1 oder $+1$, so sind die beiden Veränderlichen (mathematisch!) total voneinander abhängig, und die beiden Regressionsgeraden Y und X fallen zusammen. Beträgt er Null, so sind die Veränderlichen (stochastisch!) voneinander unabhängig; die beiden Regressionsgeraden Y und X stehen senkrecht aufeinander und verlaufen parallel zu den Koordinatenachsen. Für «abhängig» und «unabhängig» gelten ähnliche Überlegungen wie in (**361**); eine reale Interpretation des Korrelationskoeffizienten ist deshalb oft schwierig oder unmöglich.

Wenn der Korrelationskoeffizient kleiner, gleich oder größer als Null ist, sind auch die beiden Regressionskoeffizienten b_{yx} und b_{xy} kleiner, gleich oder größer als Null. (**703**)

Für den Korrelationskoeffizienten gilt die Beziehung

$$\left.\begin{aligned} &\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x\sigma_y} && (a)\\ &\text{Für seine Schätzung}\\ &r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x S_y}};\ S_x \text{ und } S_y \text{ nach } (493),\ S_{xy} \text{ nach } (634) && (b) \end{aligned}\right\} \qquad (704)$$

Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten r^2 wird auch Bestimmtheitsmaß genannt.

Aus (**704**) läßt sich ableiten

$$r = \sqrt{\frac{s_{xy}}{s^2_x} \times \frac{s_{xy}}{s^2_y}} = \sqrt{b_{yx} \times b_{xy}} \qquad (705)$$

Nach (**115**) ist der Korrelationskoeffizient somit das *geometrische Mittel* der beiden Regressionskoeffizienten b_{yx} und b_{xy}.

Der Korrelationskoeffizient ist unter der Hypothese $r \approx \rho = 0$ *normal verteilt*. Zur Prüfung dieser Hypothese gilt somit der Prüfquotient

$$\frac{|r|}{s_r};\ \text{Signifikanzschranke} \begin{cases} t_{2\alpha} \text{ für } n \text{ bis } 202 & (a)\\ |c_\alpha| \text{ für } n > 202 & (b) \end{cases} \qquad (706)$$

wobei

$$\left.\begin{aligned} s^2_r &= \frac{1-r^2}{n-2};\ \nu = n-2; && \text{für } n < 202 && (a)\\ &= \frac{1-r^2}{n-1}; && \text{für } n > 202 && (b) \end{aligned}\right\} \qquad (707)$$

Für $\nu \leqq 200$ muß (**706**) nicht berechnet werden, da die Signifikanzschranken für r direkt aus der Tafel S. 61 abgelesen werden können. Sie entsprechen der mit (**706** a) identischen Formel

$$|r| = \frac{t}{\sqrt{\nu + t^2_{2\alpha}}};\quad \nu_t = n-2 \qquad (708)$$

Sind die Prüfgrößen nach (**706**) oder (**708**) *kleiner* als die entsprechenden Signifikanzschranken, so kann angenommen werden, daß sich der Korrelationskoeffizient und damit nach (**703**) auch die beiden Regressionskoeffizienten b_{yx} und b_{xy} von Null *nicht* unterscheiden.

Erreichen oder *überschreiten* die Prüfgrößen nach (**706**) oder (**708**) die entsprechenden Signifikanzschranken, so *unterscheiden* sich der Korrelationskoeffizient und die zwei Regressionskoeffizienten signifikant von Null. In diesem Fall ist der Korrelationskoeffizient *nicht* normal verteilt. Seine Verteilung kann aber durch die z-Transformation nach R. A. Fisher normalisiert werden.

Es ist

$$\left.\begin{aligned} &z = \tanh^{-1} r = \tfrac{1}{2}\ln\frac{1+r}{1-r} && (a)\\ &\text{und}\\ &r = \tanh z = \frac{e^{2z}-1}{e^{2z}+1} && (b) \end{aligned}\right\} \qquad (709)$$

Vgl. dazu S. 140, Abschnitt XIII. Tafeln zu (**709** a) finden sich auf S. 62, zu (**709** b) auf S. 64 und 65.

Die Varianz von z ist (2 Variable x, y)

$$\sigma^2_z = \frac{1}{n-3};\quad \text{vgl. dazu S. 62} \qquad (710)$$

Der Erwartungswert $\mathfrak{z}$ von z ist

$$z \approx \tanh^{-1} \varrho^* \quad \text{(a)}$$
$$= \frac{\varrho^*}{2(n-1)} + \tanh^{-1} \varrho^* \quad \text{(b)} \qquad \text{(711)}$$

(**711** b) kann in der Regel vernachlässigt werden (vgl. unten).

Aus (**709**) bis (**711**) ergeben sich:

Prüfung der Differenz zwischen Schätzung r und einem hypothetischen Korrelationskoeffizienten ϱ^*

Prüfquotient

$$\frac{z - \zeta}{\sigma_z} = (z - \zeta)\sqrt{n-3}; \; z \text{ und } \zeta \text{ nach (709a) und (711a)} \qquad \text{(712)}$$

Signifikanzschranke $|c_\alpha|$, S. 28, oder $c_{2\alpha}$, S. 31, unten.

Ist der Prüfquotient (**712**) *kleiner* als die Signifikanzschranke, so kann angenommen werden, daß $r = \varrho^*$.

Vertrauensgrenzen für ϱ^*

$$\text{Prob}\left[\tanh\left(z - \frac{|c_\alpha|}{\sqrt{n-3}}\right) \leqq \varrho^* \leqq \tanh\left(z + \frac{|c_\alpha|}{\sqrt{n-3}}\right)\right] = 1 - 2\alpha \qquad \text{(713)}$$

Werte für $\frac{|c_\alpha|}{\sqrt{n-3}}$ für $1 - 2\alpha = 0{,}95$ und $0{,}99$ finden sich auf S. 63.

Vergleich zweier Korrelationskoeffizienten ϱ^*_1 und ϱ^*_2

Die Prüfung der Hypothese $\varrho^*_1 = \varrho^*_2$ auf Grund der Schätzungen r_1 und r_2 erfolgt mit dem Prüfquotienten

$$\frac{z_1 - z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1+3} + \frac{1}{n_2+3}}}; \quad \text{Signifikanzschranke } |c_\alpha|, \text{ S. 28, oder } c_{2\alpha}, \text{ S. 31} \qquad \text{(714)}$$

Ist der der Prüfquotient (**714**) *kleiner* als die Signifikanzschranke, so kann angenommen werden, daß $\varrho^*_1 = \varrho^*_2$. Die Schätzung des gemeinsamen Korrelationskoeffizienten ist dann

$$\bar{r} = \tanh \bar{z} = \tanh \frac{(n_1 - 3) z_1 + (n_2 - 3) z_2}{n_1 + n_2 - 6} \qquad \text{(715)}$$

$$\text{und } \sigma^2_{\bar{z}} = \frac{1}{n_1 + n_2 - 6} \qquad \text{(716)}$$

Die Vertrauensgrenzen für den gemeinsamen Korrelationskoeffizienten sind

$$\text{Prob}\,[\tanh(\bar{z} - |c_\alpha|\,\sigma_{\bar{z}}) \leqq \bar{\varrho}^* \leqq \tanh(\bar{z} + |c_\alpha|\,\sigma_{\bar{z}})] = 1 - 2\alpha; \text{ wobei } \sigma_{\bar{z}} = \sqrt{(716)} \qquad \text{(717)}$$

Vergleich mehrerer Korrelationskoeffizienten

Gegeben seien k Schätzungen $r_1, r_2, \ldots, r_i, \ldots, r_k$ aus k zweidimensionalen Stichproben mit Stichprobenumfängen $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots, n_k$.

Die Prüfung der Hypothese $\varrho^*_1 = \varrho^*_2 = \cdots = \varrho^*_k = \varrho^*$, wobei ϱ^* ein hypothetischer Wert ist, erfolgt mit der Prüfgröße

$$\sum_1^k (n_i - 3)(z_i - \zeta)^2; \quad \text{Signifikanzschranke } \chi^2; \quad 1 \int_r = 2\alpha; \; \nu_{\chi^2} = k; \text{ S. 36–39} \qquad \text{(718)}$$

z_i und ζ nach (**709**a) und (**711**a).

Ist der hypothetische Wert nicht bekannt, so ist seine Schätzung

$$\bar{z} = \frac{\sum_1^k (n_i - 3) z_i}{\sum_1^k (n_i - 3)} \qquad \text{(719)}$$

mit Varianz

$$\sigma^2_{\bar{z}} = \frac{1}{\sum_1^k (n_i - 3)} \qquad \text{(720)}$$

Die Prüfung der Hypothese $\varrho^*_1 = \varrho^*_2 = \cdots = \varrho^*_k = \bar{\varrho}^*$ erfolgt dann mit der Prüfgröße

$$\sum_1^k (n_i - 3)(z_i - \bar{z})^2; \quad \text{Signifikanzschranke } \chi^2; \; 1 \int_r = 2\alpha; \quad \nu_{\chi^2} = k - 1; \text{ S. 36–39} \qquad \text{(721)}$$

Ist die Prüfgröße (**721**) *kleiner* als die Signifikanzschranke, so kann angenommen werden, daß $\varrho^*_1 = \varrho^*_2 = \cdots = \varrho^*_k = \bar{\varrho}^*$. Die Schätzung $\bar{r}$ des gemeinsamen Korrelationskoeffizienten $\bar{\varrho}^*$ ist dann annähernd

$$\bar{r} \approx \tanh(\bar{z} - a \tanh \bar{z}) \qquad \text{(722)}$$

wobei $\bar{z}$ *nach* (**719**) und

$$a = \frac{\sum_1^k \left(\frac{n_i - 3}{n_i - 1}\right)}{2 \sum_1^k (n_i - 3)} \qquad \text{(723)}$$

Die *Vertrauensgrenzen* für den gemeinsamen Korrelationskoeffizienten $\bar{\varrho}^*$ sind dann annähernd

$$\left.\begin{array}{l}\text{Prob}\,[\tanh(\bar{z} - a \tanh \bar{z} - |c_\alpha|\,\sigma_{\bar{z}}) \leqq \bar{\varrho}^* \leqq \\ \leqq \tanh(\bar{z} - a \tanh \bar{z} + |c_\alpha|\,\sigma_{\bar{z}}) \approx 1 - 2\alpha\end{array}\right\} \qquad \text{(724)}$$

$\bar{z}$ nach (**719**); a nach (**723**), $\sigma_{\bar{z}} = \sqrt{(720)}$ und $|c_\alpha|$ siehe S. 28.

Beispiele zu Abschnitt 19A

Beispiel 45. Gegeben $r = 0{,}3223$, $n = 34$. Unterscheidet sich r von Null ($2\alpha = 0{,}05$)? Es ist $\nu = 32$, die entsprechende Schranke (S. 61) ist 0,3388. Die Hypothese $r = 0$ läßt sich somit nicht verwerfen.

Beispiel 46. Gegeben $r = 0{,}613$, $n = 42$. Gesucht 95%-Vertrauensgrenzen für ϱ^*. Es ist

$z = 0{,}713\,71$ (S. 62)

$c_\alpha \sigma_z = 0{,}313\,58$ (S. 63)

$z \pm c_\alpha \sigma_z = 0{,}400$ bis $1{,}027$

daraus: $\text{Prob}\,(\underbrace{0{,}380}_{\text{S. 64}} \leqq \varrho^* \leqq \underbrace{0{,}773}_{\text{S. 64}}) = 0{,}95$

Beispiel 47.

Gegeben sind		daraus erhält man		
r_i	n_i	z_i	$n_i - 3$	$n_i - 1$
0,555	12	0,625 58	9	11
0,590	20	0,677 67	17	19
0,670	15	0,810 74	12	14
0,621	9	0,726 63	6	8
0,733	26	0,935 18	23	25
0,800	13	1,098 61	10	12
		S. 62		

$\bar{z} = 63{,}734\,51/77 = 0{,}828$; nach (**719**); $\tanh \bar{z} = \underbrace{0{,}6793}_{\text{S. 64}}$

$\chi^2 = 1{,}815$; $\nu = 6 - 1 = 5$; nach (**721**)

Die 0,05-Signifikanzschranke für χ^2, $\nu = 5$ ist 11,07 (S. 36). Die Hypothese $\varrho^*_1 = \varrho^*_2 = \cdots = \varrho^*_k = \bar{\varrho}^*$ läßt sich somit nicht verwerfen.

$a = 5{,}0734/144 = 0{,}0352$; nach (**723**)

$\bar{r} = \tanh(0{,}828 - 0{,}0352 \times 0{,}6794) = \tanh 0{,}804 = \underbrace{0{,}666}_{\text{S. 64}}$; nach (**722**)

$\sigma^2_{\bar{z}} = 1/77 = 0{,}012\,987$; $\sigma_{\bar{z}} = 0{,}113\,96$; nach (**720**)

Für $2\alpha = 0{,}05$ ist $|c_\alpha| = 1{,}96$ (S. 28), folglich $|c_\alpha|\,\sigma_{\bar{z}} = 0{,}223$ und daraus 95%-Vertrauensgrenzen für $\bar{\varrho}^*$

$\tanh(\underbrace{0{,}804 - 0{,}223}_{\text{S. 64}}) \leqq \bar{\varrho}^* \leqq \tanh(\underbrace{0{,}804 + 0{,}223}_{\text{S. 64}})$; nach (**724**)

$= 0{,}523 \qquad = 0{,}773$

19 B. Der SPEARMANsche Rang-Korrelationskoeffizient

(Der SPEARMANsche Korrelationskoeffizient wird hier behandelt, weil er sich zur Schätzung des im Abschnitt 19A besprochenen Korrelationskoeffizienten r eignet.)

Entstammt die zweidimensionale Stichprobe x, y einer *beliebigen, stetigen* Verteilung, sind ihre Werte aber nicht gemessen, sondern *rangiert* worden [vgl. (**342**)], so läßt sich die Abhängigkeit von y und x durch den SPEARMANschen Korrelationskoeffizienten R beurteilen. Neben ihm besteht noch ein anderer Korrelationskoeffizient τ nach KENDALL[33], mit Vor- und Nachteilen, vgl. dazu [34].

Der SPEARMANsche Korrelationskoeffizient läßt sich für rangierte Stichproben aus beliebigen Verteilungen berechnen. Falls eine zweidimensionale Normalverteilung zugrunde liegt, entspricht

seine Interpretation jener des Korrelationskoeffizienten r, wie wir später sehen werden. Wie er bei anderen Verteilungen zu interpretieren ist, ist unklar.

Gegeben seien n Beobachtungspaare $(x, y)_i$. Die Paare werden zunächst getrennt und zwei Stichproben x_i und y_i gebildet. Dann werden die x- und y-Werte nach Größe geordnet (rangiert), so daß beispielsweise x_{i5} der fünftkleinste aller x-Werte darstellt, y_{i3} der drittkleinste aller y-Werte. Nun werden die ursprünglichen Beobachtungspaare wieder gebildet; man erhält zum Beispiel $(x_5, y_3)_i$. Die Rangnummern, wie vorhin 5 bzw. 3, symbolisieren wir wie früher mit O (Ordnungszahl). Nun bildet man aus den Rangnummern jedes Beobachtungspaares die Differenz und quadriert sie:

$$D_i^2 = (O_{x_i} - O_{y_i})^2 \qquad \textbf{(725)}$$

Beim Beobachtungspaar $(x_5, y_3)_i$ ist zum Beispiel $D_i^2 = (5-3)^2 = 4$.

Die Schätzung des SPEARMANschen Korrelationskoeffizienten $\boldsymbol{R}$ ist dann

$$R = 1 - \frac{6 \sum_1^n D_i^2}{n^3 - n} \qquad \textbf{(726)}$$

Werte des Faktors $6/(n^3 - n)$ findet man auf S. 68.

(726) gilt nur dann exakt, wenn keine Bindungen [ties, vgl. **(346)**] vorkommen. Bei wenig Bindungen kann man **(726)** noch gut verwenden. Im Falle vieler Bindungen vgl. [33].

Die Prüfung von R gegen Null erfolgt mit den Signifikanzschranken S. 66 und 67. Man braucht dazu R noch nicht auszurechnen, sondern nur $\sum D^2$:

Erreicht oder *überschreitet* die Summe $\sum D^2$ die Signifikanzschranken nach außen, so unterscheidet sich R signifikant von Null. (a)

Befindet sich $\sum D^2$ *innerhalb* der Signifikanzschranken, so läßt sich R von Null nicht unterscheiden. (b)

(727)

Man wird somit nur im Fall **(727** b) die Berechnung von R weiterführen.

Die exakten Schranken wurden dem Buche von KENDALL[33] entnommen. Für größere n wurden die Schranken auf Grund der Normalverteilung aproximiert nach

Vertrauensgrenzen für $\sum \boldsymbol{D}^2$

$$\sim \sum D^2 \pm \frac{n^3 - n}{6}\left(1 - \frac{|c_\alpha|}{\sqrt{n-1}}\right) \qquad \text{(a)}$$

Vertrauensgrenzen für $|\boldsymbol{R}|$

$$\sim |R| \pm \frac{|c_\alpha|}{\sqrt{n-1}} \qquad \text{(b)}$$

(728)

wobei man nach [34] immer auf der sicheren Seite bleibt.

Stammen die rangierten Stichproben aus *normalverteilten* Grundbevölkerungen, so gilt nach K. PEARSON für die Parameter $\boldsymbol{r}$ und $\boldsymbol{R}$

$$\boldsymbol{r} = 2 \sin \frac{\pi}{6} \boldsymbol{R} \qquad \textbf{(729)}$$

Für Schätzungen gilt **(729)** näherungsweise. Eine entsprechende Tafel zur Berechnung von r aus R findet sich auf S. 68.

Beispiel 48. Gegeben die Stichprobe des Beispieles 49. Diese Stichprobe hat 4 Bindungen bei x und 6 Bindungen bei y. Diese Bindungszahl dürfte bei einem Stichprobenumfang $n = 20$ noch angehen. Die Beobachtungspaare mit entsprechenden Ordnungszahlen O_x und O_y sind

x	O_x	y	O_y	D^2	x	O_x	y	O_y	D^2
2,6	1	2,3	1	0	6,0	11	5,7	8	9
3,0	2,5	2,7	3,5	1	6,5	12,5	6,0	12,5	0
3,0	2,5	3,5	5	6,25	6,5	12,5	6,0	19	42,25
3,5	4	3,5	3,5	0,25	7,0	14,5	6,5	12,5	4
3,8	5	4,0	6,5	2,25	7,0	14,5	7,0	15,5	1
4,2	6	4,5	2	16	7,5	16	7,0	17	1
4,5	7	4,5	9	4	8,0	18	7,7	14	16
4,7	8	5,2	10,5	6,25	8,0	18	8,0	15,5	6,25
5,5	9	5,5	6,5	6,25	8,0	18	8,0	19	1
5,7	10	5,7	10,5	0,25	10,0	20	8,0	19	1

$\sum D^2 = 124$. Diese Summe liegt noch weit außerhalb der 0,001-Schranken der Tafel S. 66. R unterscheidet sich somit von Null, und wir rechnen weiter nach **(726)**. Der Faktor $6/(20^3 - 20)$ ist nach Tafel S. 68, oben, gleich $10^{-4} \times 7{,}518\,80$. Folglich ist $R = 1 - 10^{-4} \times 7{,}518\,80 \times 124 = 0{,}906\,767 \sim 0{,}907$. Unter der Annahme, die Stichprobe stamme aus einer normalverteilten Bevölkerung, ist nach **(729)** $r \sim 0{,}915$ (Tafel S. 68, unten). Die Schätzung r nach **(704)** beträgt 0,881.

19 C. Signifikanzteste

Signifikanzteste für Korrelationskoeffizienten siehe Abschnitt 19 A.

Vergleiche zwischen

Schätzung	und hypothetischem Wert	erfolgen nach
b_{yx}	0	**(706)** bis **(708)** auf Grund von **(703)**
b_{xy}	0	
b_{yx}	$\boldsymbol{b}_{yx}$	**(664** a)
b_{xy}	$\boldsymbol{b}_{xy}$	**(664** a)*
$Y\|x$	$\boldsymbol{Y}\|x$	**(664** b)
$X\|y$	$\boldsymbol{X}\|y$	**(664** b)*
$\bar{y}$	μ_y	**(664** c)
$\bar{x}$	μ_x	**(664** c)*
a_{yx}	$\boldsymbol{a}_{yx}$	**(664** d)
a_{xy}	$\boldsymbol{a}_{xy}$	**(664** d)*

* unter entsprechender Vertauschung von y und x

(730)

Wie man sieht, gelten bei der Regression zweiter Art die entsprechenden Formeln der Regression erster Art, sofern es sich um Vergleiche *einer* Schätzung mit einem *hypothetischen* Wert handelt. Wenn aber zwei Schätzungen aus zwei *verschiedenen* Stichproben, wie zum Beispiel bei $(b_{yx})_1 - (b_{yx})_2$, miteinander verglichen werden, gelten die entsprechenden Formeln der Regression erster Art nicht mehr, es sei denn bei *großen* n annäherungsweise.

Der Vergleich von μ_y mit μ_x, das heißt die Prüfung der Hypothese $\mu_y = \mu_x$, erfolgt mit dem Prüfquotienten

$$\frac{(\bar{y} - \bar{x})\sqrt{n}}{\sqrt{s_y^2 + s_x^2 - 2 s_{xy}}}$$; Signifikanzschranke t; $2P = 2\alpha$; $\nu = n - 1$; S. 32–35 **(731)**

s_y^2 und s_x^2 nach **(492)**, s_{xy} nach **(633)**

Der *gemeinsame* Vergleich von $\bar{y}$ mit μ_y *und* $\bar{x}$ mit μ_x, das heißt die Prüfung der Hypothese $\bar{y} = \mu_y \mid \bar{x} = \mu_x$, erfolgt mit der Prüfgröße

$$\frac{n(n-2)}{2(1-r^2)} \times \left[\frac{(\bar{x} - \mu_x)^2}{S_x} + \frac{(\bar{y} - \mu_y)^2}{S_y} - \frac{2 S_{xy} (\bar{x} - \mu_x)(\bar{y} - \mu_y)}{S_x S_y}\right] \qquad \textbf{(732)}$$

Signifikanzschranke F; $P = 2\alpha$; $\nu_1 = 2$, $\nu_2 = n - 2$; S. 40–41

S_x und S_y nach **(493)**, S_{xy} nach **(634)**, r nach **(704)**. Rechnungswink:

$$r^2 = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \times S_{xy}$$

Der Vergleich einer zweidimensionalen Stichprobe mit Mittelwerten $\bar{y}$ und $\bar{x}$ mit einem von ihr *unabhängigen* Beobachtungspaar x, y, das heißt die Prüfung der Hypothese $\bar{y} = y \mid \bar{x} = x$ (x, y = Beobachtungspaar, $\bar{x}, \bar{y}$ = Mittelwerte der Stichprobe), erfolgt mit der Prüfgröße

$$\frac{n(n-2)}{2(n+1)(1-r^2)} \times \left[\frac{(x - \bar{x})^2}{S_x} + \frac{(y - \bar{y})^2}{S_y} - \frac{2 S_{xy} (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{S_x S_y}\right] \qquad \textbf{(733)}$$

Signifikanzschranke, Freiheitsgrade und alles andere wie in **(732)**. **(733)** ist ein Spezialfall von **(734)** für $n_1 = 1$.

Der *gemeinsame* Vergleich der Mittelwerte *zweier* zweidimensionalen Stichproben $(x,y)_1$ und $(x,y)_2$, das heißt die Prüfung der Hypothese $\mu_{y_1} = \mu_{y_2} \mid \mu_{x_1} = \mu_{x_2}$, erfolgt, *wenn* $\sigma_{y_1}^2 = \sigma_{y_2}^2$, $\sigma_{x_1}^2 = \sigma_{x_2}^2$, $\boldsymbol{r}_1 = \boldsymbol{r}_2$, mit der Prüfgröße

$$\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 3)}{2(n_1 + n_2)(1 - r^2)} \times \left\{\frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{S_{x_1} + S_{x_2}} + \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)^2}{S_{y_1} + S_{y_2}} - \frac{2[(S_{xy})_1 + (S_{xy})_2](\bar{x}_1 - \bar{x}_2)(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)}{(S_{x_1} + S_{x_2})(S_{y_1} + S_{y_2})}\right\} \qquad \textbf{(734)}$$

wobei

$$r^2 = \frac{[(S_{xy})_1 + (S_{xy})_2]^2}{(S_{x_1} + S_{x_2})(S_{y_1} + S_{y_2})}, \text{ vgl. dazu Rechnungswink von (732)} \quad \left.\right\} (735)$$

Signifikanzschranke F; $P = 2\alpha$; $\nu_1 = 2$, $\nu_2 = n_1 + n_2 - 3$; S. 40 und 41. Alles andere wie in (**732**).

Als Vorprüfungen zu (**734**) eignen sich näherungsweise:

Prüfung der Hypothesen $\sigma^2_{x_1} = \sigma^2_{x_2}$ und $\sigma^2_{y_1} = \sigma^2_{y_2}$ nach (**605**)
Prüfung der Hypothese $r_1 = r_2$ nach (**714**).

Die soeben genannten Prüfungen sind bei zweidimensionalen Verteilungen mit $|r| > 0$ nicht exakt, weil die betreffenden Parameter stochastisch *nicht* unabhängig sind. Für exakte Prüfung siehe [35].

19 D. Vertrauens- und Toleranzgrenzen

Die *Vertrauensgrenzen* für μ_y und μ_x *gemeinsam* sind

entweder für $\mu_y \mid \mu_x$

$$= \bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}) \pm s_{b_{yx}} \sqrt{2\,FS_x/n - (n-2)(\bar{x} - \mu_x)^2} \quad (a)$$

oder für $\mu_x \mid \mu_y$

$$= \bar{x} + b_{xy}(y - \bar{y}) \pm s_{b_{xy}} \sqrt{2\,FS_y/n - (n-2)(\bar{y} - \mu_y)^2} \quad (b) \qquad (736)$$

Freiheitsgrade für F: $\nu_1 = 2$, $\nu_2 = n - 2$; $s_{b_{yx}}$ nach (**637**), $s_{b_{xy}}$ ebenfalls, aber unter Vertauschung von x und y.

(**736** a) und (**736** b) sind Lösungen nach y bzw. nach x von (**732**). Es sind identische *Ellipsen* (vgl. später).

Die *Toleranzgrenzen* für y und x gemeinsam sind

entweder für $\boldsymbol{Y} \mid x$

$$= \bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}) \pm \pm s_{b_{yx}} \sqrt{2(n+1)\,FS_x/n - (n-2)(x - \bar{x})^2} \quad (a)$$

oder für $\boldsymbol{X} \mid y$

$$= \bar{x} + b_{xy}(y - \bar{y}) \pm \pm s_{b_{xy}} \sqrt{2(n+1)\,FS_y/n - (n-2)(y - \bar{y})^2} \quad (b) \qquad (737)$$

Freiheitsgrade für F und alles andere siehe (**736**).

(**737** a) und (**737** b) sind Lösungen nach y bzw. x von (**733**). Es sind identische *Ellipsen*.

Die *Steigungsmaße* der Hauptachsen der Ellipsen (**736**) und (**737**), die sogenannten *orthogonalen* Regressionskoeffizienten, sind

$$b_o, -\frac{1}{b_o} = \frac{S_y - S_x}{2S_{xy}} \pm \sqrt{1 + \left(\frac{S_y - S_x}{2S_{xy}}\right)^2} \qquad (738)$$

Die Längen der *Halbachsen* der Ellipsen (**736**) und (**737**) sind

$$l_1, l_2 = \sqrt{k}\sqrt{S_x + S_y \pm \sqrt{(S_x + S_y)^2 - 4(S_x S_y - S^2_{xy})}} \qquad (739)$$

wobei

$$k = \frac{F}{n(n-2)} \text{ für Vertrauensellipse (736)} \quad \left.\right\} \text{Freiheitsgrade für } F: \quad (a)$$

$$k = \frac{F(n+1)}{n(n-2)} \text{ für Toleranzellipse (737)} \quad \left.\right\} \nu_1 = 2,\ \nu_2 = n-2 \quad (b) \qquad (740)$$

Konstruktion der Ellipsen

Schnellkonstruktion: Man berechne (**738**) und (**739**) und konstruiere nach (**315**).

Exakt: Nach (**736**) bzw. (**737**) (a) und/oder (b) sowie (**738**) und (**739**) je nach erforderlicher Genauigkeit.

Die Gleichungen der zu den Koordinaten parallelen Tangenten an die Vertrauens- bzw. Toleranzellipse sind

horizontale Tangenten: $y = \bar{y} \pm \sqrt{k S_y}$
Abszissen der Berührungspunkte: $x = \bar{x} \pm b_{xy}\sqrt{k S_y}$ (a)

vertikale Tangenten: $x = \bar{x} \pm \sqrt{k S_x}$
Ordinaten der Berührungspunkte: $y = \bar{y} \pm b_{yx}\sqrt{k S_x}$ (b) (741)

wobei

$$k \left\{ \begin{array}{ll} = 2F/n(n-2) \text{ für Vertrauensellipse (736)} & (a) \\ = 2F(n+1)/n(n-2) \text{ für Toleranzellipse (737)} & (b) \end{array} \right\} (742)$$

Freiheitsgrade von F: $\nu_1 = 2$, $\nu_2 = n - 2$.

Die Seitenlängen des durch diese Tangenten gebildeten, der Ellipse umschriebenen Rechtecks sind

Länge der horizontalen Seiten

$$l_h = 2\sqrt{k S_x} \quad (a)$$

Länge der vertikalen Seiten

$$l_v = 2\sqrt{k S_y} \quad (b) \qquad (743)$$

wobei $k =$ (**742**)

Beispiel 49. Gegeben die zweidimensionale Stichprobe

x	y	x	y	x	y	x	y
2,6	2,3	4,2	2,7	6,0	5,2	7,5	7,7
3,0	3,5	4,5	5,5	6,5	6,0	8,0	6,5
3,0	4,0	4,7	5,7	6,5	8,0	8,0	7,0
3,5	3,5	5,5	4,5	7,0	6,0	8,0	8,0
3,8	4,5	5,7	5,7	7,0	7,0	10,0	8,0

a) Man schätze die Parameter.

b) Man gebe die Formeln der Regressionsgeraden Y und X, der orthogonalen Regressionsgeraden Y_0 und X_0, der Toleranzellipse für $\boldsymbol{Y} \mid x$ bzw. $\boldsymbol{X} \mid y$, der horizontalen und vertikalen Tangenten an letztere und berechne die Seitenlängen des durch diese Tangenten gebildeten Rechtecks sowie die Länge der Halbachsen der Ellipse.

c) Man gebe vergleichsweise die Formeln der Toleranzgrenzen, berechnet nach den Formeln der Regression 1. Art.

d) Man vergleiche die Toleranzgrenzen für $\boldsymbol{Y} \mid \bar{x}$ und $\boldsymbol{X} \mid \bar{y}$ der Regression 2. und 1. Art.

e) Man vergleiche $\bar{x}$ und $\bar{y}$.

Ist eine Signifikanzwahrscheinlichkeit erforderlich, so ist $2\alpha = 0{,}05$.

a) Parameter

$\bar{x} = 115{,}0/20 = 5{,}75$ | $\bar{y} = 111{,}3/20 = 5{,}565$
$S_x = 740{,}92 - 5{,}75 \times 115 = 79{,}67$ | $S_y = 679{,}39 - 5{,}565 \times 111{,}3 = 60{,}0055$
$s_x^2 = 79{,}67/19 = 4{,}193\,158$ | $s_y^2 = 60{,}0055$
$s_x = 2{,}047\,72$ | $s_y = 1{,}777\,13$

$S_{xy} = 700{,}90 - 5{,}75 \times 111{,}3 = 60{,}925$ nach (**634**)
$s_{xy} = 60{,}925/19 = 3{,}206\,579$
$r^2 = 60{,}925^2/79{,}67 \times 60{,}0055 = 0{,}776\,435\,170 =$ (**704** b)^2
$1 - r^2 = 0{,}223\,564\,830$
$r = 0{,}881\,155$
$b_{yx} = 60{,}925/79{,}67 = 0{,}764\,7170$ nach (**632**)
$b_{xy} = 60{,}925/60{,}0055 = 1{,}015\,3236$ nach (**632**)*
$b_0, -1/b_0 = (60{,}0055 - 79{,}67)/2 \times 60{,}925 \pm \sqrt{1 + (-0{,}161\,382\,848)^2} = 0{,}851\,56$ und $-1{,}174\,32$ nach (**738**)
$S_{y \cdot x} = 60{,}0055 \times 0{,}223\,564\,83 = 13{,}415\,1194$ nach (**636** c)
$s^2_{y \cdot x} = 13{,}415\,1194/18 = 0{,}745\,284\,411$ nach (**635** a)
$s^2_{b_{yx}} = 0{,}745\,284\,411/79{,}67 = 0{,}009\,354\,643$ nach (**637** a)
$s_{b_{yx}} = 0{,}096\,7224$
$S_{x \cdot y} = 79{,}67 \times 0{,}223\,564\,83 = 17{,}811\,4100$ nach (**636** c)*
$s^2_{y \cdot x} = 17{,}811\,4100/18 = 0{,}989\,522\,777$ nach (**635** a)*
$s^2_{b_{xy}} = 0{,}989\,522\,777/60{,}0055 = 0{,}016\,490\,53$ nach (**637** a)*
$s_{b_{xy}} = 0{,}128\,416$

b) Formeln

Regressionsgerade

$Y = 5{,}565 + 0{,}7647(x - 5{,}75) = 1{,}1679 + 0{,}7647\,x$ nach (**702** a)
$X = 5{,}75 + 1{,}0153\,(y - 5{,}565) = 0{,}0997 + 1{,}0153\,y$ nach (**702** b)
$Y_0 = 5{,}565 + 0{,}8516\,(x - 5{,}75) = 0{,}6686 + 0{,}8516\,x$
$X_0 = 5{,}75 - 1{,}1743\,(y - 5{,}565) = 12{,}1001 - 1{,}1743\,y$

Toleranzellipse

Toleranzgrenzen für $\boldsymbol{Y} \mid x$

$= 5{,}565 + 0{,}7647\,(x - 5{,}75) \pm 0{,}096\,72 \times$
$\times \sqrt{593{,}94 - 18\,(x - 5{,}75)^2}$ nach (**737**a)

Toleranzgrenzen für $\boldsymbol{X} \mid y$

$= 5{,}75 + 1{,}0153\,(y - 5{,}565) \pm 0{,}128\,42 \times$
$\times \sqrt{447{,}34 - 18\,(y - 5{,}565)^2}$ nach (**737**b)

Horizontale Tangenten y und Abszissen der Berührungspunkte

$y = 5{,}565 \pm 4{,}99 = 0{,}58$ und $10{,}55$
$x = 5{,}75 \pm 5{,}06 = 0{,}69$ und $10{,}81$ } nach (**741**a) und (**742**b)

Vertikale Tangenten x und Ordinaten der Berührungspunkte

$x = 5{,}75 \pm 5{,}74 = 0{,}01$ und $11{,}49$
$y = 5{,}565 \pm 4{,}39 = 1{,}18$ und $9{,}96$ } nach (**741**b) und (**742**b)

Seitenlängen des umschriebenen Rechtecks

horizontale Seiten $l_h = 11{,}48$
vertikale Seiten $l_v = 9{,}98$ } nach (**743**) und (**742**b)

Länge der Halbachsen der Ellipse [$F_{0,05}\,(2; 18) = 3{,}55$; S. 40]

$= \sqrt{\frac{3{,}55 \times 21}{20 \times 18}} \times$

$\times \sqrt{79{,}67 + 60{,}0055 \pm \sqrt{139{,}6755^2 - 4\,(4780{,}6382 - 60{,}925)^2}}$
$= 7{,}38$ und $1{,}83$ nach (**739**) und (**740**b)

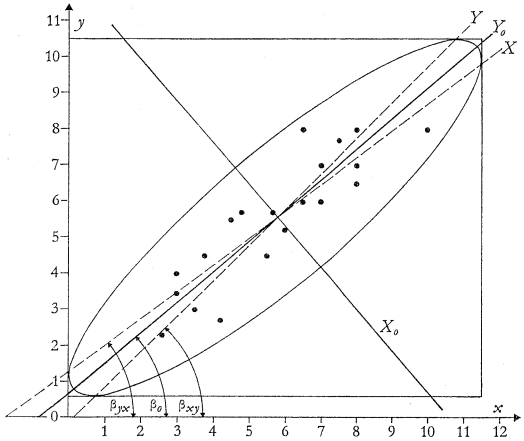


Abb. 40 Illustration zu Beispiel 49.

c) Toleranzgrenzen, berechnet nach den Formeln der Regression 1. Art ($t_{2\alpha=0{,}05,\ \nu=18} = 2{,}1009$, S. 32)

für $\boldsymbol{Y} \mid x$

$= 5{,}565 + 0{,}7647\,(x - 5{,}75) \pm 0{,}2032 \times$
$\times \sqrt{83{,}6535 + (x - 5{,}75)^2}$ nach (**669**)

für $\boldsymbol{X} \mid y$

$= 5{,}75 + 1{,}4070\,(y - 5{,}565) \pm 0{,}3739 \times$
$\times \sqrt{45{,}4659 + (y - 5{,}565)^2}$ nach (**674**)

d) Toleranzgrenzen für $\boldsymbol{Y} \mid \bar{x}$ und $\boldsymbol{X} \mid \bar{y}$, berechnet nach den Formeln der

	Regression 2. Art	Regression 1. Art
$Y \mid \bar{x}$	$5{,}565 \pm 2{,}3572$ nach (**737**a)	$5{,}565 \pm 1{,}8585$ nach (**669**)
$X \mid \bar{y}$	$5{,}75 \pm 2{,}7161$ nach (**737**b)	$5{,}75 \pm 2{,}5213$ nach (**674**)

e) Vergleich von $\bar{x}$ und $\bar{y}$ ($t_{2\alpha=0{,}05,\ \nu=19} \sim 2{,}09$)

$$\frac{5{,}575 - 5{,}565}{\sqrt{4{,}1932 + 3{,}1582 - 2 \times 3{,}2066}} = 0{,}191 \quad \text{nach (731)}$$

Die Prüfgröße ist kleiner als die Signifikanzschranke, die Hypothese $\bar{x} = \bar{y}$ läßt sich somit nicht verwerfen.

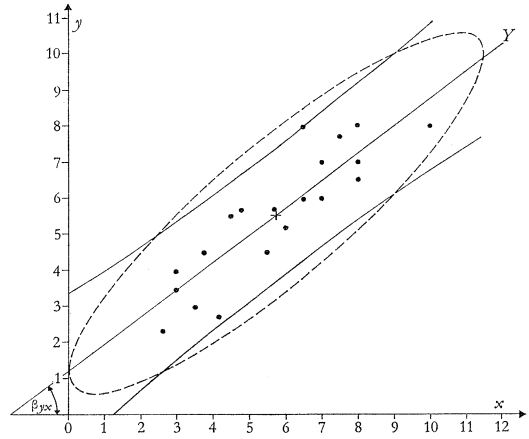


Abb. 41 Regressionsgerade y nach x. Toleranzgrenzen, berechnet nach den Formeln der Regression 1. Art (Hyperbel) und 2. Art (Ellipse).

20. Die Binomialverteilung

(Vgl. dazu Abschnitt 5)

20 A. Allgemeines

E und Nicht-E seien zwei *komplementäre* Ereignisse [vgl. (**334**) und (**335**)] mit den Wahrscheinlichkeiten $\boldsymbol{p}$ und $\boldsymbol{q} = 1 - \boldsymbol{p}$ [vgl. (**339**)]. Die Wahrscheinlichkeit, daß bei N *unabhängigen* Versuchen [vgl. (**328**), Beispiel 10, und (**357**)] exakt $x = 0, 1, 2, \ldots, N$ mal das Ereignis E eintrifft, ist

$$f(x) = \dot{\boldsymbol{P}}_x = \binom{N}{x} \boldsymbol{p}^x \boldsymbol{q}^{N-x} = \underbrace{\binom{N}{0} \boldsymbol{p}^0 \boldsymbol{q}^N}_{=\boldsymbol{q}^N};\ \binom{N}{1} \boldsymbol{p}^1 \boldsymbol{q}^{N-1}; \ldots \underbrace{\binom{N}{N} \boldsymbol{p}^N \boldsymbol{q}^0}_{=\boldsymbol{p}^N} \quad \text{(744)}$$

wobei: $0 \leqq \boldsymbol{p} \leqq 1$ und $\boldsymbol{q} = 1 - \boldsymbol{p}$

Nach (**113**) entsprechen die Einzelwahrscheinlichkeiten $\dot{\boldsymbol{P}}_x$ von (**744**) den Gliedern der binomischen Reihenentwicklung von $(q + p)^N$. Über den Binomialkoeffizienten $\binom{N}{x}$ vgl. (**100**) bis (**106**).

Aus (**744**) ergeben sich die Rekursionsformeln

$$\dot{\boldsymbol{P}}_{x+1} = \dot{\boldsymbol{P}}_x \times \frac{\boldsymbol{p}}{\boldsymbol{q}} \times \frac{N - x}{x + 1} \quad \text{(a)}$$

$$\dot{\boldsymbol{P}}_{x-1} = \dot{\boldsymbol{P}}_x \times \frac{\boldsymbol{q}}{\boldsymbol{p}} \times \frac{x}{N - x + 1} \quad \text{(b)} \qquad \text{(745)}$$

Beispiel 50. Man berechne alle Einzelwahrscheinlichkeiten $\dot{\boldsymbol{P}}_x$ für $\boldsymbol{p} = 0{,}3$ und $N = 7$.

Wir berechnen nach (**745**a) von $x = 0$ ausgehend. Es ist $\boldsymbol{p}/\boldsymbol{q} = 3/7$.

$$\dot{\boldsymbol{P}}_0 = \left(\frac{7}{10}\right)^7 = 0{,}0823543$$

$$\dot{\boldsymbol{P}}_1 = \dot{\boldsymbol{P}}_0 \times \frac{3}{7} \times \frac{7}{1} = \dot{\boldsymbol{P}}_0 \times \frac{21}{7} = 0{,}2470629$$

$$\dot{\boldsymbol{P}}_2 = \dot{\boldsymbol{P}}_1 \times \frac{3}{7} \times \frac{6}{2} = \dot{\boldsymbol{P}}_1 \times \frac{18}{14} = 0{,}3176523$$

$$\dot{\boldsymbol{P}}_3 = \dot{\boldsymbol{P}}_2 \times \frac{3}{7} \times \frac{5}{3} = \dot{\boldsymbol{P}}_2 \times \frac{15}{21} = 0{,}2268945$$

Betrachtet man die Folge 21/7, 18/14, 15/21, so entdeckt man sofort die Gesetzmäßigkeit, nach der sich Zähler und Nenner der Rekursionsfaktoren verkleinern bzw. vergrößern. Die Faktoren zur Errechnung von $\dot{\boldsymbol{P}}_4, \dot{\boldsymbol{P}}_5, \ldots$ schreiben wir deshalb ohne weitere Rechnung an mit 12/28, 9/35, 6/42 und 3/49 und erhalten

$\dot{\boldsymbol{P}}_4 = 0{,}0972405$
$\dot{\boldsymbol{P}}_5 = 0{,}0250047$
$\dot{\boldsymbol{P}}_6 = 0{,}0035721$
$\dot{\boldsymbol{P}}_7 = 0{,}0002187$

Kontrolle: $\sum_1^N \dot{\boldsymbol{P}}_x = 1$

Auf andere Weise erhält man die Einzelwahrscheinlichkeiten für $N = 1, 2, \ldots, 99, 100$ und $\mathfrak{p} = 0{,}01, 0{,}02, \ldots, 0{,}49, 0{,}50$ aus den Tafeln S. 70–77 (Logarithmen der Binomialkoeffizienten) und S. 78–84 (Logarithmen der Potenzen von $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{q}$).

Beispiel 51. Man berechne $\dot{\mathfrak{P}}_1$ für $\mathfrak{p} = 0{,}3$ und $N = 7$.

$\log \binom{7}{1} = 0{,}84510$ (S. 70)

$\log \mathfrak{p}^1 = 0{,}47712 - 1$ (S. 82)

$\log \mathfrak{q}^6 = 0{,}07059 - 1$ (S. 82)

$\log \dot{\mathfrak{P}}_1 = 1{,}39281 - 2 = 0{,}3928 - 1$

$\dot{\mathfrak{P}}_1 = 0{,}2471$ (S. 11)

Für Binomialkoeffizienten für $N > 100$ vgl. Abschnitt VII/3, S. 136. Für die Berechnung entsprechender Potenzen von $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{q}$ verwende man Logarithmentafeln mit 7 oder mehr Stellen*.

Die Binomialverteilung ist eine *diskrete* Verteilung. Sie ist *symmetrisch*, wenn $\mathfrak{p} = 0{,}5$, *linksschräg*, wenn $\mathfrak{p} < 0{,}5$, *rechtsschräg*, wenn $\mathfrak{p} > 0{,}5$.

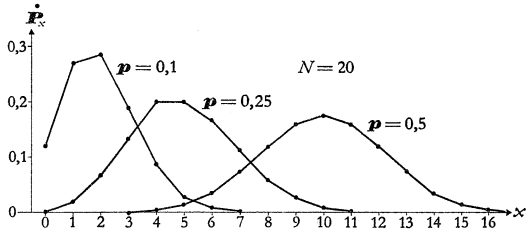


Abb. 42 Binomialverteilung, $N = 20$; $\mathfrak{p} = 0{,}1$, 0,25 und 0,5.

20 B. Parameter der Binomialverteilung

Wie (**744**) zeigt, ist die Binomialverteilung vollständig durch die Wahrscheinlichkeit $\mathfrak{p}$ und die Anzahl der Versuche N charakterisiert. Wir symbolisieren sie deshalb mit Binomialverteilung $(\mathfrak{p}; N)$.

Mittelwert μ_x und Varianz σ_x^2 der Binomialverteilung $(\mathfrak{p}; N)$ sind

$$\mu_x \equiv N\mathfrak{p} = \text{Erwartungswert von (749)} \tag{746}$$

$$\sigma_x^2 = N\mathfrak{p}\,\mathfrak{q} = \mathfrak{q}\mu_x = \text{Erwartungswert von (750)} \tag{747}$$

Die Varianz der Binomialverteilung ist bei gegebenem Stichprobenumfang N (N Versuche) am größten, wenn $\mathfrak{p} = 0{,}5$, am kleinsten, wenn $\mathfrak{p} = 0$ oder $\mathfrak{q} = 0$.

Die beste Schätzung von $\mathfrak{p}$ aus Stichproben des Umfanges N, in denen das E-Ereignis x-mal eingetreten ist, ist

$$p = x/N \tag{748}$$

Damit erhält man aus (**746**) und (**747**)

Schätzung von μ_x

$$\bar{x} = Np = x \tag{749}$$

Schätzung von σ_x^2

$$s_x^2 = Npq = \frac{x(N-x)}{N} \tag{750}$$

Mittelwert und Varianz der *relativen* Häufigkeit x/N sind

$$\mu_{x/N} = \mathfrak{p} = \text{Erwartungswert von (748)} \tag{751}$$

$$\sigma_{x/N}^2 = \frac{\mathfrak{p}\,\mathfrak{q}}{N} = \text{Erwartungswert von (753)} \tag{752}$$

Die entsprechenden Schätzungen

für den Mittelwert = (**748**)

für die Varianz: $s_p^2 = \frac{pq}{N} = \frac{x(N-x)}{N^3} = \frac{1}{N^2} s_x^2$ (**753**)

Beispiel 52. In 64 Versuchen ist das Ereignis x 6mal eingetroffen. Schätze $\mathfrak{p}$, σ_x^2 und $\sigma_{x/N}^2$.

$p = 6/64 = 0{,}09375$ nach (**748**)

$s_x^2 = 0{,}09375 \times 58 = 5{,}4375$ nach (**750**)

$s_p^2 = 5{,}4375/64^2 = 0{,}001327515$ nach (**753**)

* Tafeln für $f(x)$ und die kumulierte Verteilung $\sum_x^N f(x)$ für $N = 2, 3, \ldots, 49$ und $\mathfrak{p} = 0{,}01, 0{,}02, \ldots, 0{,}5$ siehe [3,4].

20 C. Kumulierte Wahrscheinlichkeiten der Binomialverteilung

Die Errechnung kumulierter Wahrscheinlichkeiten diskreter Verteilungen wurde in Abschnitt 5 eingehend behandelt. Hier seien noch einige Hinweise im Hinblick auf praktische Anwendungen gegeben.

Die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E sei $\mathfrak{p}$, die des Ereignisses Nicht-E sei $\mathfrak{q}$. Die Definition von $\dot{\mathfrak{P}}_x$ ist (**744**).

Dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß das Ereignis E

- exakt $x = k$-mal eintrifft, gleich (**370**) (a)
- exakt $x = k$-mal *nicht* eintrifft, gleich (**371**) (b)
- *höchstens oder weniger* als $x = k$-mal eintrifft, gleich (**372**) (c)
- *wenigstens oder mehr* als $x = k$-mal eintrifft, gleich (**373**) (d)
- wenigstens $x = k$-mal, *aber höchstens* $x = s$-mal ($k < s$) eintrifft, gleich (**374**) (e)
- *weniger* als $x = k$-mal *oder mehr* als $x = s$-mal eintrifft ($k < s$), gleich (**375**) (f)

} (**754**)

Beispiele zur Errechnung solcher Wahrscheinlichkeiten sind in Abschnitt 5 gegeben. Zusätzlich sei folgendes Beispiel behandelt.

Beispiel 53. Die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E der Bevölkerung sei $\mathfrak{p}$. Wie groß muß der Umfang N einer Stichprobe sein, damit das Ereignis E mit einer Wahrscheinlich $\mathfrak{p}^*$ *wenigstens einmal* eintrifft?

Nach (**754** d) gilt hier (**373**), das heißt,

$$\text{Prob}\,(x \geqq k) = \sum_1^N \dot{\mathfrak{P}}_x \quad \text{(nach 373 b)}$$

$$= 1 - \dot{\mathfrak{P}}_0 \quad \text{(nach 373 a)}$$

$\dot{\mathfrak{P}}_0$ ist nach (**744**) $= \mathfrak{q}^N$. Wir erhalten daraus

$$\mathfrak{p}^* = 1 - \mathfrak{q}^N$$

$$\text{das heißt } N = \frac{\log(1-\mathfrak{p}^*)}{\log \mathfrak{q}} = \frac{\log(1-\mathfrak{p}^*)}{\log(1-\mathfrak{p})} \tag{755}$$

Anwendung. Die Wahrscheinlichkeit, mit einem Würfel eine Sechs zu werfen, sei 1/6. Wieviel Würfe sind nötig, um mit einer Wahrscheinlichkeit $\mathfrak{p}^* \geqq 0{,}99$ wenigstens einmal eine Sechs zu werfen?

Nach (**755**) ist

$$N = \frac{\log(1-0{,}99)}{\log(1-1/6)} = \frac{\log 0{,}01}{\log 5/6} \sim \frac{-2}{-0{,}0792} \sim 25{,}2\dot{5}$$

Man muß somit 26 Würfe machen, um mit einer Wahrscheinlichkeit $\mathfrak{p}^* \geqq 0{,}99$ mindestens einmal eine Sechs zu werfen (bei 25 Würfen wäre $\mathfrak{p}^*$ ein wenig kleiner als 0,99).

20 D. Binomial- und Normalverteilung

Abbildung 42 zeigt, daß die Binomialverteilung mit $\mathfrak{p} = \frac{1}{2}$ schon bei *relativ kleinerem* Stichprobenumfang der Normalverteilung sehr ähnlich ist. Bei extremeren $\mathfrak{p}$ (vgl. $\mathfrak{p} = 0{,}1$) gilt dies noch nicht. Andererseits zeigt aber Abbildung 43, daß sich mit wachsendem Stichprobenumfang die Binomialverteilung auch bei extremeren $\mathfrak{p}$ der Normalverteilung nähert:

Mit wachsendem Stichprobenumfang N strebt die Binomialverteilung $(\mathfrak{p}, N)$ gegen die Normalverteilung $(N\mathfrak{p}, \sqrt{N\mathfrak{p}\,\mathfrak{q}})$, und zwar um so rascher, je näher $\mathfrak{p}$ bei 0,5 liegt:

$$\binom{N}{x} \mathfrak{p}^x \mathfrak{q}^{N-x} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi N\mathfrak{p}\,\mathfrak{q}}}\, e^{-\frac{(x-N\mathfrak{p})^2}{2N\mathfrak{p}\,\mathfrak{q}}} \tag{756}$$

wenn $N \to \infty$

Aus (**756**) ergibt sich für große Stichprobenumfänge N gemäß den Definitionen

$$\text{Prob}\,(x \leqq x_\mathfrak{p}) = \sum_0^{x_\mathfrak{p}} \dot{\mathfrak{P}}_x = \mathfrak{p}$$

$$\text{Prob}\,(c \leqq c_\mathfrak{p}) = \int_{-\infty}^{c_\mathfrak{p}} \text{der Standard-Normalverteilung}$$

daß

$$\text{Prob}\,(x \leqq x_\mathfrak{p}) \sim \text{Prob}\,(c \leqq c_\mathfrak{p}) \tag{757}$$

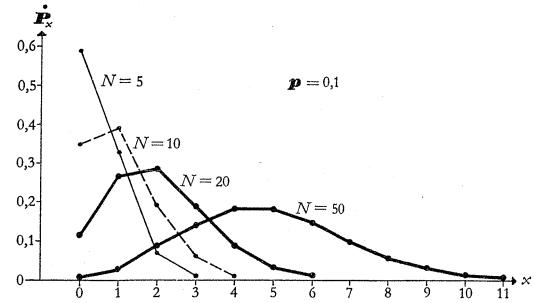


Abb. 43 Binomialverteilung, $p = 0{,}1$. $N = 5$; 10; 20; 50.

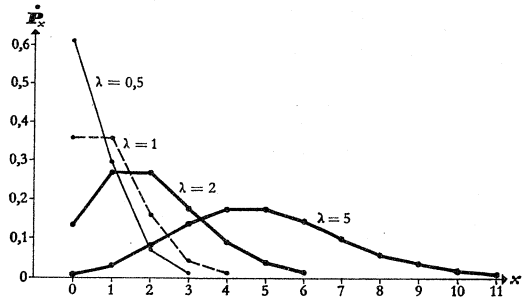


Abb. 44 POISSON-Verteilung. $\lambda = 0{,}5$; 1; 2; 5.

wenn

$$c_{\mathfrak{p}} = \frac{x - Np}{\sqrt{Npq}}; \text{ (} c \text{ siehe S. 28, rechts)} \qquad \textbf{(758)}$$

oder

$$x_{\mathfrak{p}} = Np + c_{\mathfrak{p}}\sqrt{Npq}; \text{ (} c \text{ siehe S. 28, links)} \qquad \textbf{(759)}$$

Für kleinere Stichprobenumfänge werden die Transformationen (**757**) und (**758**) verbessert durch die sogenannte Kontinuitätskorrektur, indem man $x + \frac{1}{2}$ an Stelle von x einsetzt. Es sind dann

$$c_{\mathfrak{p}} = \frac{x + \frac{1}{2} - Np}{\sqrt{Npq}} \quad (c \text{ siehe S. 28, rechts}) \qquad \textbf{(760)}$$

$$x_{\mathfrak{p}} = Np - \tfrac{1}{2} + c_{\mathfrak{p}}\sqrt{Npq}\,; \text{ (} c \text{ siehe S. 28, links)} \qquad \textbf{(761)}$$

Gemäß den Definitionen

$$\text{Prob}\,(x \geqq x_{\mathfrak{p}}*) = 1 - \text{Prob}\,(x \leqq x_{\mathfrak{p}}* - 1) = \mathfrak{p}*$$

$$\text{Prob}\,(c \leqq c_{1-\mathfrak{p}}*) = \int_{-\infty}^{c_{1-\mathfrak{p}}*} = 1 - \mathfrak{p}*$$

erhält man aus (**760**) und (**761**)

$$c_{1-\mathfrak{p}}* = \frac{x - \frac{1}{2} - Np}{\sqrt{Npq}}; \text{ (} c \text{ siehe S. 28, rechts)} \qquad \textbf{(762)}$$

$$x_{\mathfrak{p}}* = Np + \tfrac{1}{2} + c_{1-\mathfrak{p}}*\sqrt{Npq}\,; \text{ (} c \text{ siehe S. 28, links)} \qquad \textbf{(763)}$$

Beispiel 54. Gegeben die Binomialverteilung ($p = 0{,}1$; $N = 40$). Berechne die Wahrscheinlichkeiten Prob $(x \leqq 3) = \mathfrak{p}$ und Prob $(x \geqq 6) = \mathfrak{p}*$. Es ist

$$c_{\mathfrak{p}} = \frac{3{,}5 - 4}{\sqrt{3{,}6}} = -0{,}264 \text{ [nach (760)]}$$

$$\mathfrak{p} = 0{,}396 \text{ (aus Tafel S. 28, rechts, linear interpoliert)}$$

$$c_{1-\mathfrak{p}}* = \frac{5{,}5 - 4}{\sqrt{3{,}6}} = 0{,}791 \text{ [nach (761)]}$$

$$1 - \mathfrak{p}* = 0{,}786 \text{ (wie vorhin)}$$

$$\mathfrak{p}* = 0{,}214$$

Die exakten Werte, auf 3 Stellen gerundet, sind 0,423 und 0,206.

Beispiel 55. Berechne für die Binomialverteilung des Beispiels 54 $x_{\mathfrak{p}}$ für $\mathfrak{p} = 0{,}1$ und $x_{\mathfrak{p}}*$ für $\mathfrak{p}* = 0{,}05$. Es sind

$$\left.\begin{aligned} c_{\mathfrak{p}} &= -1{,}2816 \\ c_{1-\mathfrak{p}}* &= 1{,}6449 \end{aligned}\right\} \text{ S. 28, links}$$

folglich

$$x_{\mathfrak{p}} = 3{,}5 - 1{,}2816\sqrt{3{,}6} = 1{,}07 \text{ [nach (761)]}$$

$$x_{\mathfrak{p}}* = 4{,}5 + 1{,}6449\sqrt{3{,}6} = 7{,}62 \text{ [nach (763)]}$$

Da x nur ganzzahlig sein kann, erhalten wir als Resultate $x_{\mathfrak{p}} = 1$ und $x_{\mathfrak{p}}* = 8$, die den exakten Werten entsprechen.

Eine weitere, durchschnittlich etwas bessere Approximation[36] ist

$$c_{\mathfrak{p}} = 2\left(\sqrt{(x+1)q} - \sqrt{(N-x)p}\right) \qquad \textbf{(764)}$$

$$x_{\mathfrak{p}} = p\left(N + 1 - \frac{c^2}{4}\right) + \frac{c^2}{4}q - 1 + c\sqrt{pq\left(N + 1 - \frac{c^2}{4}\right)} \qquad \textbf{(765)}$$

wobei in (**765**) $c = c_{\mathfrak{p}}$

$$c_{1-\mathfrak{p}}* = 2\left(\sqrt{xq} - \sqrt{(N-x+1)p}\right) \qquad \textbf{(766)}$$

$$x_{\mathfrak{p}}* = p\left(N + 1 - \frac{c^2}{4}\right) + \frac{c^2}{4}q + c\sqrt{pq\left(N + 1 - \frac{c^2}{4}\right)} \qquad \textbf{(767)}$$

wobei in (**767**) $c = c_{1-\mathfrak{p}}*$

Die Bedeutung der Symbole in (**764**) bis (**767**) ist dieselbe wie in (**760**) bis (**763**).

Beispiel 56. Berechne die Beispiele 54 und 55 nach (**764**) bis (**767**). Man erhält

$$c_{\mathfrak{p}} = 2\left(\sqrt{4 \times 0{,}9} - \sqrt{36 \times 0{,}1}\right) = 0$$

$$\mathfrak{p} = 0{,}5$$

$$c_{1-\mathfrak{p}}* = 2\left(\sqrt{6 \times 0{,}9} - \sqrt{37 \times 0{,}1}\right) = 0{,}801$$

$$\mathfrak{p}* = 0{,}212$$

$$x_{\mathfrak{p}} = 0{,}979$$

$$x_{\mathfrak{p}}* = 7{,}77$$

20 E. Binomialverteilung und POISSON-Verteilung

Abbildung 43 zeigt, daß die Binomialverteilung bei kleinem p der POISSON-Verteilung sehr ähnlich ist. Als Faustregel merke man sich

$$\left.\begin{aligned} &\binom{N}{x} p^x q^{N-x} \approx \frac{e^{-\lambda}\lambda^x}{x!}, \text{ wobei } \lambda = Np \\ &\text{wenn} \\ &\frac{Npq}{Np} \approx 1 \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(768)}$$

20 F. Vertrauensgrenzen und Signifikanzschranken

a) *Vertrauensgrenzen für* p, Tafeln S. 85–103
(oder Signifikanzschranken für $p = x/N$, vgl. dazu Beispiel 17, S. 157)

In N Versuchen ist das E-Ereignis $x = k$-mal eingetroffen. Die Vertrauensgrenzen p_l und p_r, die der Gleichung

$$\text{Prob}\,(p_l < p < p_r \mid x = k, N) = 1 - 2\alpha$$

genügen, sind nach CLOPPER und PEARSON[37] die Lösungen von

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{x=k}^{N}\binom{N}{x} p_l^x (1-p_l)^{N-x} = \alpha \quad \text{nach } p_l \qquad \text{(a)} \\ &\text{und} \\ &\sum_{0}^{x=k}\binom{N}{x} p_r^x (1-p_r)^{N-x} = \alpha \quad \text{nach } p_r \qquad \text{(b)} \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(769)}$$

Für $x = 0$ und $x = N$ sind nur *einseitige* $1-\alpha$-Grenzen möglich. Diese sind

$$\left.\begin{aligned} &\text{für } x = 0 \\ &0 \text{ und } p_r = 1 - \text{antilog}\left(\frac{\log\alpha}{N}\right) \qquad \text{(a)} \\ &\text{für } x = N \\ &p_l = \text{antilog}\left(\frac{\log\alpha}{N}\right) \text{ und } N \qquad \text{(b)} \end{aligned}\right\} \qquad \textbf{(770)}$$

Die in unseren Tafeln S. 85–103 angegebenen Vertrauensgrenzen für p entsprechen deshalb für $x = 0$ und $x = N$ nicht $1-2\alpha$-, sondern $1-\alpha$-Grenzen.

Eine Lösung von (**769**) für $0 < x < N$ ist exakt nur auf iterativem Wege möglich. Unsere Tafeln auf S. 85–98 wurden elektronisch in dieser Weise berechnet.

Approximative Lösungen sind

$$p_l, p_r = \frac{x \mp \frac{1}{2} + \frac{c^2}{2} \mp |c| \sqrt{(x \mp \frac{1}{2})(1 - \frac{x \mp \frac{1}{2}}{N}) + \frac{c^2}{4}}}{N + c^2} \quad (771)$$

wobei $c = c_\alpha$, S. 28, links,

oder

$$\left.\begin{aligned} &p_l, p_r = (A - B) \mp \sqrt{B[2 - (A - B) - A]} \\ &\text{wobei} \\ &Ap_l, p_r = \frac{x + \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2} + \frac{c^2}{4}}{N + 1} \\ &Bp_l, p_r = \frac{c^2}{2}\left(\frac{x + \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2}}{(N+1)^2}\right) \\ &c = c_\alpha, \text{ S. 28, links.} \end{aligned}\right\} \quad (772)$$

Bei größeren Stichprobenumfängen kann in (**771**) $\mp \frac{1}{2}$ weggelassen werden. (**771**) ist die Lösung von (**760**) und (**762**) nach p, (**772**) die Lösung von (**764**) und (**766**). Nach (**772**) wurden die Tafeln S. 99–103 berechnet (für $x > 4$). In der Praxis wird man (**771**) und (**772**) nur selten benötigen, da der Umfang unserer Tafeln für die meisten Fälle genügt.

In Abbildung 45 sind die Vertrauensbereiche von p für alle möglichen x für Stichprobenumfänge $N = 30$ und $N = 10$ dargestellt.

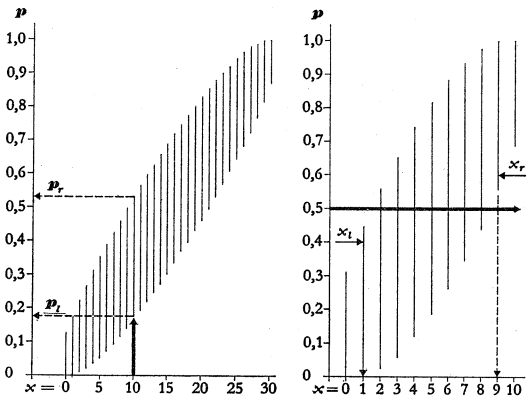


Abb. 45 Binomialverteilung. Vertrauensgrenzen für p; $N = 30$ und 10.

Die Inter- und Extrapolation von Grenzen, die in den Tafeln auf S. 99–103 nicht enthalten sind, erfolgt folgendermaßen:

(Die Beispiele beziehen sich alle auf 95%-Grenzen.)

Es sind 4 Situationen zu unterscheiden, wobei 1) mit 2), 3), 4) kombiniert sein kann. Ist dies der Fall, so beginne man immer mit 1) und fahre mit 2) oder 3) oder 4) fort.

1) x bzw. $100\,p_x$ $(= 100\,x/N)$ liegt *über* den tabellierten Werten einer N-Kolonne.

Man bilde $N - x = x'$ bzw. $100 - 100\,p_x = 100\,p'_x$. Dann sucht man in der Tafel die entsprechenden Grenzen $100\,p'_l$ und $100\,p'_r$. Die gesuchten Grenzen sind: (**773**)
unten $p_l = 100 - 100\,p'_r$
oben $p_r = 100 - 100\,p'_l$

Beispiel 57: $N = 150$, $x = 125$. $x' = 150 - 125 = 25$ bzw. $100\,p'_x = 100 - 83{,}33 = 16{,}67$. Dazu findet man in der Tafel: $100\,p'_l = 11{,}10$ und $100\,p'_r = 23{,}64$, woraus sich nach (**773**) die gesuchten Grenzen zu 76,36 — 88,90 ergeben.

2) x bzw. $100\,p_x$ $(= 100\,x/N)$ liegt zwischen zwei Werten einer N-Kolonne. $100\,p_x$ liege zwischen $100\,p'_x$ und $100\,p''_x$ $(p'_x < p''_x)$.

Man sucht in der Tafel zu $100\,p'_x$ die Grenzen $100\,p'_l$ und $100\,p'_r$, zu $100\,p''_x$ die Grenzen $100\,p''_l$ und $100\,p''_r$:

$100\,p''_x$	$100\,p''_l$	$100\,p''_r$
$100\,p'_x$	$100\,p'_l$	$100\,p'_r$
$(100\,p''_x - 100\,p'_x)$	$(100\,p''_l - 100\,p'_l) = B_l$	$(100\,p''_r - 100\,p'_r) = B_r$

(**774**)

Ferner bilde man $\dfrac{100\,p_x - 100\,p'_x}{100\,p''_x - 100\,p'_x} = A$

Daraus resultieren die gesuchten Grenzen zu

$100\,p_l = 100\,p'_l + (A \times B_l)$
$100\,p_r = 100\,p'_r + (A \times B_r)$

Beispiel 58: $N = 500$, $x = 427$, $100\,p_x = 85{,}40$

$100\,p''_x = 86{,}00$	$100\,p''_l = 82{,}64$	$100\,p''_r = 88{,}92$
$100\,p'_x = 84{,}00$	$100\,p'_l = 80{,}48$	$100\,p'_r = 87{,}10$
Differenz 2,00	2,16	1,92

$100\,p_x - 100\,p'_x = 85{,}40 - 84{,}00 = 1{,}40$
$A = 1{,}40\,/\,2{,}00 = 0{,}70$
$100\,p_l = 80{,}48 + (0{,}7 \times 2{,}16) = 81{,}99 = \underline{82{,}0}$
$100\,p_r = 87{,}10 + (0{,}7 \times 1{,}92) = 88{,}44 = \underline{88{,}4}$

3) N liegt zwischen N_1 und N_2 $(N_1 < N_2)$. Man bilde zunächst $100\,p_x$ $(= 100\,x/N)$ und interpoliere dazu in Kolonne N_1 die Grenzen $100\,p_l^*$ und $100\,p_r^*$, in Kolonne N_2 die Grenzen $100\,p_l^{**}$ und $100\,p_r^{**}$ nach (**774**). Die gesuchten Grenzen sind dann

$$\left.\begin{aligned} 100\,p_l &= 100\,p_l^* + \frac{N - N_1}{N_2 - N_1}(100\,p_l^{**} - 100\,p_l^*) \\ 100\,p_r &= 100\,p_r^* + \frac{N - N_1}{N_2 - N_1}(100\,p_r^{**} - 100\,p_r^*) \end{aligned}\right\} \quad (775)$$

Beispiel 59: $N = 270$, $x = 22$, $100\,p_x = 8{,}15$. $N = 270$ liegt zwischen $N_1 = 250$ und $N_2 = 300$. Die nach Gleichung (**774**) interpolierten Grenzen zu $100\,p_x = 8{,}15$ sind in Kolonne

$N_2 = 300$	$100\,p_l^{**} = 5{,}32$	$100\,p_r^{**} = 11{,}86$
$N_1 = 250$	$100\,p_l^{*} = 5{,}08$	$100\,p_r^{*} = 12{,}28$
Differenz 50	0,24	− 0,42

$\dfrac{N - N_1}{N_2 - N_1} = \dfrac{20}{50} = 0{,}4$

$100\,p_l = 5{,}08 + (0{,}4 \times 0{,}24) = 5{,}18 = 5{,}2$
$100\,p_r = 12{,}28 - (0{,}4 \times 0{,}42) = 12{,}11 = 12{,}1$

4) N liegt über 1000. Man bilde zunächst $100\,p_x$ $(= 100\,x/N)$ und suche dazu in der Kolonne $N = 1000$ die Grenzen $100\,p'_l$ und $100\,p'_r$.

$$\left.\begin{aligned} &\text{Dann ist } 100\,p_x - 100\,p'_l = A \\ &\qquad\quad 100\,p'_r - 100\,p_x = B \\ &\text{und} \quad 100\,p_l = 100\,p_x - A\sqrt{1000/N} \\ &\qquad\quad 100\,p_r = 100\,p_x + B\sqrt{1000/N} \end{aligned}\right\} \quad (776)$$

Beispiel 60: Gegeben: $N = 3000$ und $x = 69$, $100\,p_x = 2{,}30$. Zu $100\,p_x = 2{,}30$ findet man in der Kolonne $N = 1000$ die Grenzen $100\,p'_l = 1{,}46$ und $100\,p'_r = 3{,}44$.

$A = 2{,}30 - 1{,}46 = 0{,}84$
$B = 3{,}44 - 2{,}30 = 1{,}14$
$\sqrt{1000/3000} = \sqrt{1/3} \sim 0{,}577$
$100\,p_l = 2{,}3 - (0{,}84 \times 0{,}577) = 1{,}82 = \underline{1{,}8}$
$100\,p_r = 2{,}3 + (1{,}14 \times 0{,}577) = 2{,}96 = \underline{3{,}0}$

b) *Signifikanzschranken für x*, Tafeln S. 104–106
(oder Vertrauensgrenzen für Np)

Die Wahrscheinlichkeit p sei gegeben (theoretisch oder auf Grund großer Stichproben). Bei einer Stichprobe, die dieser Bevölkerung entstammen *könnte*, ist das E-Ereignis x-mal eingetreten. Die Signifikanzschranken für x entsprechen den Bedingungen (**376**) und (**377**).

In der Tafel S. 104 finden sich solche Schranken für Stichprobenumfänge bis $N = 100$ und für $p = 0{,}05; 0{,}1; \ldots; 0{,}45; 0{,}5$. Eine weitere Tafel für Stichprobenumfänge bis $N = 1000$ und $p = 0{,}5$ findet sich auf S. 105 und 106.

Ohne Rechnung können die Signifikanzschranken für x aus den Vertrauensgrenzen für p gewonnen werden, wie es Abbildung 45, rechts, zeigt.

Beispiel 61. Gesucht die 95%-Signifikanzschranken für x für einen Stichprobenumfang $N = 10$ und ein gegebenes $\boldsymbol{p} = 0{,}5$.

Wie Abbildung 45, rechts, zeigt, wird die *untere* Schranke x_l durch jenen Vertrauensbereich für $\boldsymbol{p}$ bestimmt, dessen *obere* Grenze p_r dem gegebenen $\boldsymbol{p}$ am *nächsten* liegt, dieses aber *nicht überschreitet*. (a)

Die *obere* Schranke x_r wird durch jenen Vertrauensbereich für $\boldsymbol{p}$ bestimmt, dessen *untere* Grenze p_l dem gegebenen $\boldsymbol{p}$ am *nächsten* liegt, dieses aber *nicht unterschreitet*. (b) **(777)**

In der Tafel S. 85 entspricht $p_r = 44{,}50$ der Vorschrift (**777**a) und $p_l = 55{,}50$ der Vorschrift (**777**b). Die gesuchten Schranken für x sind demnach $x_l = 1$ und $x_r = 9$.

Nach WILKS[38] entsprechen obige Signifikanzschranken den *verteilungsfreien Vertrauensgrenzen für Quantile* $Q(p)$ (vgl. Abschnitt 10F, S. 162), wenn $x_l + 1$ an Stelle von x_l gesetzt wird und wenn das p der Tafel so gewählt wird, daß es gleich groß ist wie p in $Q(p)$.

Nachtrag [vgl. dazu (**383**)]. Es sei daran erinnert, daß die postulierte Signifikanzwahrscheinlichkeit erreicht oder unterschritten wird, wenn x die Schranken x_l oder x_r *erreicht* oder nach außen überschreitet.

Beispiel 62. Die hypothetische Wahrscheinlichkeit $\boldsymbol{p}$ sei 0,05. In 48 Versuchen trat das Ereignis E 7mal ein. Entstammt diese Stichprobe der hypothetischen Bevölkerung ($2\alpha = 0{,}05$)? In Tafel S. 104 finden wir als obere Schranke $x = 7$. Schlüsse:

(Einseitig) Die Stichprobe entstammt einer Bevölkerung mit einem $\boldsymbol{p} > 0{,}05$ ($\alpha = 0{,}025$).

(Zweiseitig) Die Stichprobe entstammt einer Bevölkerung mit einem $\boldsymbol{p} \neq 0{,}05$ ($2\alpha = 0{,}05$).

Auf Grund von (**760**) und (**762**) bzw. (**764**) und (**766**) eignen sich folgende Approximationen zur Berechnung der Signifikanzschranken für x:

$$x_l, x_r = N\boldsymbol{p} \mp \left(\frac{1}{2} + |c_\alpha|\sqrt{N\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}}\right) \qquad \textbf{(778)}$$

(c_α S. 28, links)

$$x_l + 1, x_r = \boldsymbol{p}\left(N + 1 - \frac{c^2}{4}\right) + \\ + \frac{c^2}{4}q \mp |c|\sqrt{\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}\left(N + 1 - \frac{c^2}{4}\right)} \qquad \textbf{(779)}$$

($c = c_\alpha$, S. 28, links)

c) *Verteilungsfreie Toleranzgrenzen für stetige Verteilungen,* Tafel S. 128 (Vgl. dazu Abschnitt 8C, S. 156.)

Das N dieser Tafel wurde auf Grund einer Formel von WILKS[37] iterativ so berechnet, daß

$$\sum_{N-2k+1}^{N}\binom{N}{x}\beta_p^x(1-\beta_p)^{N-x} \leqq 1 - \beta_t \qquad \textbf{(780)}$$

Die genäherten Werte basieren auf den Approximationen[39]

$$N \sim 1{,}03\,x + 4{,}74\,\chi^2 - 1 \quad \text{für } \beta_p = 0{,}90$$
$$N \sim 1{,}01\,x + 9{,}75\,\chi^2 - 1 \quad \text{für } \beta_p = 0{,}95$$
$$N \sim 1{,}00\,x + 49{,}75\,\chi^2 - 1 \quad \text{für } \beta_p = 0{,}99 \qquad \textbf{(781)}$$

wobei χ^2 so gewählt wird, daß $1\int_r$ der Tafel S. 36–39 gleich $1 - \beta_t$ und $\nu = 4x$.

Die Approximation von N nach (**781**) ist sehr gut.

20 G. Diverses

a) *Arcus-Sinus-Transformation,* Tafel S. 69 (Vgl. dazu Abschnitt XIII, S. 140.)

Nach FREEMAN und TUKEY[36] ist die beste Transformation $x \to X$ zur Stabilisierung der Varianz der Binomialverteilung

$$X = \text{arc sin}\sqrt{\frac{x}{N+1}} + \text{arc sin}\sqrt{\frac{x+1}{N+1}} \qquad \textbf{(782)}$$

mit einer Varianz innerhalb $\pm 6\%$ von

$$s_X^2 = \frac{1}{N+\frac{1}{2}}\,;\ \left(\frac{\text{Winkel}}{\text{in rad}}\right) \text{ oder } \frac{821}{N+\frac{1}{2}}\,;\ \left(\frac{\text{Winkel}}{\text{in Grad}}\right)$$

in den meisten Fällen, wenn $Np \geqq 1$. Der Mittelwert $\bar{X}$ der so transformierten Werte ist annähernd 2 arc sin $\sqrt{p}$.

Auf die Anwendung dieser Transformation (Varianzanalyse usw.) können wir hier nicht eingehen.

b) Wie groß muß der Stichprobenumfang N sein, damit bei gegebenem $\boldsymbol{p}$ das Ereignis E mit einer Wahrscheinlichkeit $\mathfrak{p}^*$ mindestens x-mal eintrifft? Die Lösung dieser Aufgabe für $x = 1$ ist in (**755**) angegeben.

Die einfachste approximative Lösung für $x > 1$ ist auf Grund von (**766**)

$$N \sim \frac{1}{\boldsymbol{p}}\left(\frac{c^2}{4} + x + c\sqrt{x\boldsymbol{q}}\right) - 1 \qquad \textbf{(783)}$$

wobei $c = c_{\mathfrak{p}^*}$

Läßt man in (**783**) -1 weg, so scheint (Kontrollen mit exakten Lösungen) die Approximation noch besser zu sein.

21. Die Poisson-Verteilung

21 A. Allgemeines

Das Ereignis E sei ein zufälliges Ereignis, das über lange Beobachtungsperioden* unendlich viele Male eintreffen kann, in einem relativ kurzen Zeitabschnitt*, allgemein *Beobachtungseinheit* t, aber nur selten eintrifft. Die Wahrscheinlichkeit, daß das Ereignis in einer Beobachtungseinheit t 0, 1, 2, ..., x-mal eintrifft, ist dann

$$f(x) = \dot{\boldsymbol{P}}_x = \frac{e^{-\lambda}\lambda^x}{x!} = \underbrace{\frac{e^{-\lambda}\lambda^0}{0!}}_{=e^{-\lambda}}, \frac{e^{-\lambda}\lambda^1}{1!}, \frac{e^{-\lambda}\lambda^2}{2!} \cdots \qquad \textbf{(784)}$$

e = Basis des natürlichen Logarithmus
$\lambda = \lambda_t$
t = Beobachtungseinheit

Die POISSON-Verteilung ist eine diskrete, unsymmetrische Verteilung, deren Einzelwahrscheinlichkeiten mit wachsendem x, wenn $\lambda < 1$, monoton abnehmen und wenn $\lambda > 1$, zunächst zu- und dann abnehmen. Vgl. Abb. 44.

Wie (**784**) zeigt, wird die POISSON-Verteilung durch den Parameter λ vollständig charakterisiert. Wir symbolisieren sie deshalb mit POISSON-Verteilung (λ).

Tafeln für $f(x)$ und die kumulierte Verteilung $\sum_x^\infty \dot{\boldsymbol{P}}_x$ siehe MOLINA[2].

Die Berechnung mehrerer aufeinanderfolgender Einzelwahrscheinlichkeiten erfolgt am einfachsten nach der Rekursionsformel

$$\dot{\boldsymbol{P}}_{x+1} = \dot{\boldsymbol{P}}_x \times \frac{\lambda}{x+1} \qquad \textbf{(785)}$$

Beispiel 63. Berechne für x von 0 bis 5 die Einzelwahrscheinlichkeiten der POISSON-Verteilung ($\lambda = 1$).

$\dot{\boldsymbol{P}}_0 = 1/e = 0{,}367879$ $\quad$ $\dot{\boldsymbol{P}}_3 = \dot{\boldsymbol{P}}_2 \times {}^1/_3 = 0{,}061313$
$\dot{\boldsymbol{P}}_1 = \dot{\boldsymbol{P}}_0 \times 1 = 0{,}367879$ $\quad$ $\dot{\boldsymbol{P}}_4 = \dot{\boldsymbol{P}}_3 \times {}^1/_4 = 0{,}015328$
$\dot{\boldsymbol{P}}_2 = \dot{\boldsymbol{P}}_1 \times {}^1/_2 = 0{,}183940$ $\quad$ $\dot{\boldsymbol{P}}_5 = \dot{\boldsymbol{P}}_4 \times {}^1/_5 = 0{,}003066$

Die Berechnung der *kumulierten Wahrscheinlichkeiten* erfolgt nach den Vorschriften des Abschnittes 5, wobei an Stelle von N Unendlich einzusetzen ist. Ferner sei darauf hingewiesen, daß die Wahrscheinlichkeit Prob ($x \geqq k - 1$) bei der POISSON-Verteilung nur mittels Prob ($x \leqq k - 1$) errechnet werden kann.

Beispiel 64. Wir groß muß λ_t sein, damit das Ereignis E mit einer Wahrscheinlichkeit $\mathfrak{p}^*$ wenigstens einmal in der Beobachtungseinheit t eintrifft? (Diese Fragestellung ist bei der POISSON-Verteilung ungewöhnlich, stellt sich aber manchmal, wenn die POISSON-Verteilung als Approximation anderer Verteilungen gebraucht wird.)

Die Lösung der Aufgabe ist (**129**). Man findet dort auch die numerischen Werte für verschiedene $\mathfrak{p}^*$. Für $\mathfrak{p}^* = 0{,}999$ beträgt λ zum Beispiel 6,9.

21 B. Das Additionstheorem der POISSON-Verteilung

Wenn $x_{t_1}, x_{t_2}, \ldots, x_{t_k}$ stochastisch voneinander unabhängige**, nach POISSON verteilte zufällige Veränderliche darstellen, so ist ihre Summe $x = x_{t_1} + x_{t_2} + \cdots + x_{t_k}$ ebenfalls eine POISSON-Verteilung mit $\lambda = \lambda_{t_1} + \lambda_{t_2} + \cdots + \lambda_{t_k}$. **(786)**

* Als Beispiel wurde die Zeit gewählt. Es kann sich auch um Flächen oder Räume handeln.

** Die Beobachtungseinheiten $t_1, t_2, \ldots, t_k$ dürfen sich zum Beispiel nicht überlappen.

21 C. Parameter und ihre Schätzungen

Der Mittelwert der POISSON-Verteilung ist

$$\mu_{x_t} = \lambda_t = \text{Erwartungswert von } \bar{x}_t, \quad (a)$$

die Varianz

$$\sigma^2_{x_t} = \lambda_t = \text{Erwartungswert von } \bar{x}_t, \quad (b)$$ **(787)**

wobei t = Beobachtungseinheit, auf die x und λ bezogen sind.

Soll aus einer POISSON-Verteilung mit Beobachtungseinheit t eine andere POISSON-Verteilung mit Beobachtungseinheit kt berechnet werden, so sind Mittelwert und Varianz der letzteren

$$\mu_{x_{kt}}, \sigma^2_{x_{kt}} = k\lambda_t; \ (k > 0) \quad \textbf{(788)}$$

Der Umstand, daß bei der POISSON-Verteilung Mittelwert und Varianz gleich groß sind, ist der Grund zur Faustregel:

Wenn bei *diskreten* Verteilungen das Verhältnis Varianz zu Mittelwert fast Eins beträgt (etwa zwischen $^1/_9$ und $^9/_{10}$), können sie durch die POISSON-Verteilung approximiert werden, sofern die Veränderliche x große (theoretisch unendlich große) Werte annehmen *könnte*. **(789)**

Biasfreie Schätzungen von λ_t sind auf Grund von *n gleich großen* Beobachtungseinheiten t

$$\bar{x}_t = \frac{\Sigma x_t}{n} = \frac{\Sigma x_i f_i}{n} \quad (a)$$

oder

$$s^2_t = \frac{\Sigma x_t^2 - (\Sigma x_t)^2/n}{n-1} = \frac{\Sigma x_i^2 f_i - (\Sigma x_i f_i)^2/n}{n-1} = \frac{S_t}{n-1} \quad (b)$$ **(790)**

$\bar{x}_t$ ist die *bessere* (wirksamere) Schätzung. Da sie auch schneller zu errechnen ist, wird man sie stets verwenden. Bei größeren n (etwa $n > 5$) bietet aber die *zusätzliche* Berechnung von $(n-1)\,s^2$ [dem Zähler in (**790** b)] den Vorteil, untersuchen zu können, ob sich das Verhältnis $s^2/\bar{x}$ signifikant von 1 unterscheidet. Der Prüfquotient ist

$$\frac{(n-1)\,s^2_t}{\bar{x}_t} = \frac{S_t}{\bar{x}_t} \quad \textbf{(791)}$$

Signifikanzschranke χ^2 mit $\nu = n-1$, $2\alpha = 1\int_r$, S. 36–39.

Erreicht oder übersteigt der Prüfquotient (**791**) die Signifikanzschranke, so entstammt die Stichprobe nicht einer POISSON-Verteilung. Als Folgerung kann man sich dann der Faustregel bedienen:

Wenn (**791**) signifikant, könnte die Stichprobe, wenn $s^2 < \bar{x}$, einer Binomialverteilung, wenn $s^2 > \bar{x}$, einer Binomialverteilung mit negativem Index entstammen. Vgl. dazu zum Beispiel [40]. **(792)**

Beispiel 65. In 60 Minuten wurden 12 Ereignisse beobachtet. $\lambda_{60\,\mathrm{min}} \sim 12/1 = 12$. Die Schätzung von $\lambda_{1\,\mathrm{min}}$ ist dann nach (**788**) $12/60 \sim {}^1/_5$.

Beispiel 66. In 60 Minuten wurden 12, in 30 Minuten 8 Ereignisse beobachtet. Nach (**786**) ist $\lambda_{90} \sim 12 + 8 = 20$, $\lambda_{1\,\mathrm{min}} \sim 20/90$.

Beispiel 67. In 100 Beobachtungsperioden von 1 Minute Dauer wurde das Ereignis E in 5 Beobachtungsperioden 0mal, in 30 Beobachtungsperioden 30mal (siehe unten) usw., allgemein in f_i Beobachtungsperioden x_i-mal beobachtet:

x_i	f_i	$x_i f_i$	$x_i^2 f_i$	
0	5	0	0	$\bar{x}_t = 2{,}36$ nach (**790**a)
1	30	30	30	
2	24	48	96	$S_t = 778 - 556{,}96 =$
3	20	60	180	$= 221{,}04$ nach (**790**b)
4	12	48	192	
5	4	20	100	$\chi^2 = 93{,}661$,
6	5	30	180	$\nu = 99$ nach (**791**)
7	0			
8	0			
	$n = 100$	$\Sigma x = 236$	$\Sigma x^2 = 778$	
		$\sim \lambda_{100\,\mathrm{min}}$		

χ^2 liegt in diesem Fall weit innerhalb der Signifikanzschranke von 0,05 ($0{,}30 < \alpha < 0{,}35$); es *könnte* sich um eine POISSON-Verteilung handeln. Eine *wirksamere* Prüfung erhielte man in diesem Fall durch Berechnung der *angepaßten* POISSON-Verteilung nach (**784**) mit $\lambda = 2{,}36$, Multiplikation der so erhaltenen Werte mit n und dann Prüfung mit χ^2 nach (**566**) mit Freiheitsgrad $\nu = k - 1$ nach (**569**a), wobei k = Anzahl der Klassen i.

21 D. Transformationen

Wie Abbildung 44 zeigt, wird die POISSON-Verteilung mit wachsendem λ der Normalverteilung immer ähnlicher (ziemlich schnell).

$$\frac{e^{-\lambda}\lambda^x}{x!} \to \frac{1}{\sqrt{2\pi\lambda}}\, e^{-\frac{(x-\lambda)^2}{2\lambda}} \quad \textbf{(793)}$$

wenn $\lambda \to \infty$.

Die entsprechenden Transformationen sind analog zu den Transformationen der Binomialverteilung durch die Normalverteilung mittels (**760**) bis (**763**), indem man λ an Stelle von $N\mathfrak{p}$ setzt.

Besser[36] sind folgende Approximationen

$$c_{\mathfrak{p}} = 2(\sqrt{x+1} - \sqrt{\lambda}) \quad \textbf{(794)}$$

$$x_{\mathfrak{p}} = \lambda + c_{\mathfrak{p}}\sqrt{\lambda} + \frac{c^2}{4} - 1 \quad \textbf{(795)}$$

$$c_{1-\mathfrak{p}^*} = 2(\sqrt{x} - \sqrt{\lambda}) \quad \textbf{(796)}$$

$$x_{\mathfrak{p}^*} = \lambda + c_{1-\mathfrak{p}^*}\sqrt{\lambda} + \frac{c^2}{4} \quad \textbf{(797)}$$

$\lambda \geqq 1$

Beispiel 68. Berechne $x_{\mathfrak{p}}$ und $x_{\mathfrak{p}^*}$ für $\mathfrak{p} = \mathfrak{p}^* = 0{,}025$ der POISSON-Verteilung ($\lambda = 99$).

$$x_{\mathfrak{p}} = 99 - 1{,}96\sqrt{99} + \frac{1{,}96^2}{4} - 1 = 79{,}46 \quad \text{nach (795)}$$

$$x_{\mathfrak{p}^*} = 99 + 1{,}96\sqrt{99} + \frac{1{,}96^2}{4} = 119{,}46 \quad \text{nach (797)}$$

Da x nur diskrete Werte annehmen kann, runden wir und erhalten 79 bzw. 119. Die exakten Werte betragen 79 und 120. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß man, um sicherzugehen, in solchen Fällen besser nach außen rundet.

Um den Forderungen $\text{Prob}\,(x \leqq x_{\mathfrak{p}}) \leqq \mathfrak{p}$ und $\text{Prob}\,(x \geqq x_{\mathfrak{p}^*}) \leqq \mathfrak{p}^*$ sicherer zu entsprechen, runde man $x_{\mathfrak{p}}$ immer ab, $x_{\mathfrak{p}^*}$ immer auf. Dies gilt auch bei Approximationen anderer diskreter Verteilungen. **(798)**

Wäre (**798**) schon bekannt gewesen, hätten wir im Beispiel 68 das korrekte Resultat erhalten. Dies will aber nicht besagen, daß dem immer so ist, wenn man nach (**798**) verfährt.

Zur Stabilisierung der Varianz eignet sich die Transformation[36]

$$X = \sqrt{x} + \sqrt{x+1}$$

mit Varianz $\sigma^2_X = 1$

und Mittelwert $\overline{X} \sim \sqrt{4\lambda + 1}$ **(799)**

Die Beziehung zwischen POISSON- und χ^2-Verteilung ist in (**561**) und (**562**) dargestellt. Daraus ergibt sich folgende Anleitung zur Bestimmung *exakter* $x_{\mathfrak{p}}$ und $x_{\mathfrak{p}^*}$:

a) Gesucht $x_{\mathfrak{p}}$. In der χ^2-Tafel, S. 36–39, suche man in der Kolonne $1\int_l = 1 - \mathfrak{p}$ den Wert $\chi^2 \leqq 2\lambda$. Aus dem Freiheitsgrad dieses χ^2 errechnet sich dann

$$x_{\mathfrak{p}} = \frac{\nu}{2} - 1, \text{ wenn } \nu \text{ gerade Zahl}$$

$$= \frac{\nu}{2} - 1{,}5, \text{ wenn } \nu \text{ ungerade Zahl}$$ **(800)**

b) Gesucht $x_{\mathfrak{p}^*}$. In der χ^2-Tafel, S. 36–39, suche man in der Kolonne $1\int_l = \mathfrak{p}^*$ den Wert $\chi^2 \geqq 2\lambda$. Aus dem Freiheitsgrad dieses χ^2 errechnet sich dann

$$x_{\mathfrak{p}^*} = \frac{\nu}{2}, \text{ wenn } \nu \text{ gerade Zahl}$$

$$= \frac{\nu}{2} + 0{,}5, \text{ wenn } \nu \text{ ungerade Zahl}$$ **(801)**

Beispiel 69. Gesucht die $(1 - 2\alpha)$-Schranken für x, wenn $\lambda = 32$ und $\alpha = 0{,}0005$. Die linke Schranke sucht man nach (**800**). Es ist $\chi^2_{0{,}9995} \leqq 64 = 63{,}582$ mit $\nu = 31$. $x_l = 31/2 - 1{,}5 = 14$. Die rechte Schranke sucht man nach (**801**). Es ist $\chi^2_{0{,}0005} \geqq 64 = 64{,}526$ mit $\nu = 106$. $x_r = 106/2 = 63$.

21 E. Vertrauensgrenzen und Signifikanzschranken

a) *Vertrauensgrenzen* für λ (Tafeln S. 107 und 108)

Analog zur Binomialverteilung sind die Vertrauensgrenzen für λ die Lösungen der Gleichungen

$$\sum_{x}^{\infty} \frac{e^{-\lambda_l}\lambda_l^x}{x!} = \alpha \quad \text{und} \quad \sum_{0}^{x} \frac{e^{-\lambda_r}\lambda_r^x}{x!} = \alpha \qquad \text{(a) (b)} \quad \textbf{(802)}$$

nach λ_l und λ_r.

Für $x = 0$ gibt es nur einen $(1-\alpha)$-Vertrauensbereich mit der Lösung $\lambda_r = z$ von (**129**). Die linke Grenze λ_l ist Null.

Für $x > 1$ sind nur iterative Lösungen möglich. Unsere Tafeln S. 107 und 108 wurden für λ bis 100 elektronisch auf diese Weise, für $x > 100$ nach (**804**) berechnet.

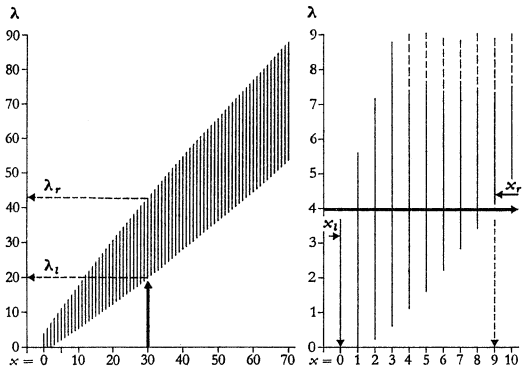


Abb. 46 POISSON-Verteilung, Vertrauensgrenzen für λ.

Für andere Signifikanzwahrscheinlichkeiten als jene der Tafeln S. 107 und 108 lassen sich für x bis 100 bzw. 99 *exakte* Grenzen aus der χ^2-Tafel, S. 36–39, bestimmen.

Anleitung. Gegeben x und α. Dann ist

$$\left.\begin{aligned} &\tfrac{1}{2}\,[\chi^2_{\alpha,\,\nu=2x}] = \lambda_l && \text{(a)} \\ &\tfrac{1}{2}\,[\chi^2_{1-\alpha,\,\nu=2\,(x+1)}] = \lambda_r && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(803)}$$

wobei χ^2_α und $\chi^2_{1-\alpha}$ die Quantile α und $1-\alpha$ bedeuten und α bzw. $1-\alpha$ bei $1\int_l$ zu suchen ist.

Beispiel 70. Gesucht $(1-2\alpha)$-Schranken für λ, wenn $x = 98$ und $\alpha = 0{,}05$. Für λ_l suchen wir bei $\nu = 2 \times 98 = 196$ und $1\int_l = 0{,}05$ und finden $\chi^2_l = 164{,}10$. λ_l ist $164{,}10/2 = 82{,}305$. Für λ_r suchen wir bei $\nu = 2\,(98+1) = 198$ und $1\int_l = 0{,}95$ und finden $\chi^2_r = 231{,}829$. $\lambda_r = 231{,}829/2 = 115{,}915$.

Für größere x ergibt sich aus (**794**) und (**796**) die *sehr gute* Approximation

$$\lambda_l, \lambda_r = \left(\frac{|c_\alpha|}{2} \mp \sqrt{x + \tfrac{1}{2} \mp \tfrac{1}{2}}\right)^2 \qquad \textbf{(804)}$$

Beispiel 71. Gesucht die $(1-2\alpha)$-Vertrauensgrenzen für λ, wenn $x = 99$ und $\alpha = 0{,}025$.

$$\lambda_l = \left(\frac{1{,}96}{2} - \sqrt{99 + \tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}}\right)^2 = 80{,}459$$

$$\lambda_r = \left(\frac{1{,}96}{2} + \sqrt{99 + \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}}\right)^2 = 120{,}56$$

Die exakten Werte betragen 80,458 und 120,53.

Nachtrag. Beispiel 72. In 12 Minuten wurden 24 Ereignisse beobachtet. Bestimme die 95%-Grenzen für $\lambda_{12\,\mathrm{min}}, \lambda_{1\,\mathrm{min}}, \lambda_{1\,\mathrm{h}}$. Auf S. 107 finden wir für $x = 24$ die Grenzen 15,378 und 35,711. Daraus errechnen wir nach (**788**) Grenzen

für $\lambda_{1\,\mathrm{min}} = 15{,}378/12$ und $35{,}711/12 = 1{,}2815$ und $2{,}9759$

für $\lambda_{1\,\mathrm{h}} = 15{,}375 \times 5$ und $35{,}711 \times 5 = 76{,}890$ und $178{,}56$

Die Schätzung der Grenzen von λ_{kt} muß immer von der in der Beobachtungseinheit t beobachteten Anzahl der Ereignisse x ausgehen, *nicht* aber von der mit k multiplizierten Anzahl kx! *Falsch* wäre in Beispiel 72 folgende Berechnung:

$x_{1\,\mathrm{min}} = 24/12 = 2$; Grenzen 0,2422 — 7,2247

oder $x_{1\,\mathrm{h}} = 24 \times 5 = 120$; Grenzen 99,49 — 143,52

b) *Signifikanzschranken für x bei gegebenem λ*; Tafel S. 128

Diese Schranken entsprechen der Bedingung (**390**), indem ∞ an Stelle von N eingesetzt wird*.

Man kann diese Schranken ohne Rechnung den Vertrauensgrenzen für λ entnehmen, wie es Abbildung 46, rechts, zeigt. Das Vorgehen entspricht genau jenem bei der Bestimmung der entsprechenden Schranken der Binomialverteilung. Für $\alpha \neq 0{,}025$ oder $0{,}005$ findet man die linke Schranke nach (**800**) und die rechte Schranke nach (**801**). Vgl. Beispiel 69. Für $n > 100$ bzw. 99 approximiere man nach (**795**) und (**797**).

22. Die hypergeometrische Verteilung

22 A. Allgemeines

Gegeben seien N Kugeln, wovon X weiße und $N - X$ rote. Die Wahrscheinlichkeit, in N_1 Zügen exakt x_1 weiße Kugeln zu ziehen, ist dann

$$\left.\begin{aligned} f(x_1 \mid X, N, N_1) &= \frac{\binom{X}{x_1}\binom{N-X}{N_1-x_1}}{\binom{N}{N_1}} && \text{(a)} \\ &= \frac{N_1!\,(N-N_1)!\,X!\,(N-X)!}{N!\,x_1!\,(N-x_1)!\,(X-x_1)!\,(N-X-N_1+x_1)!} && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(805)}$$

$f(x_1 \mid X, N, N_1)$ wird hypergeometrische Verteilung von x_1 genannt $(X, N, N_1 = \text{konstant})$.

Die entsprechende Vierfeldertafel (für später) ist:

$$\left.\begin{array}{l|cc|c} \text{Weiß} & x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ \text{Rot} & X-x_1 & N-X-N_1+x_1 & N-N_1 \\ \hline & X & N-X & N \end{array} = \begin{array}{cc|c} x_1 & N_1-x_1 & N_1 \\ x_2 & N_2-x_2 & N_2 \\ \hline X & N-X & N \end{array}\right\} \quad \textbf{(806)}$$

Die Berechnung von (**805**) erfolgt für $N \leqq 100$ am besten nach (a) mit den Tafeln S. 70–77 (vgl. Anleitung S. 77) und für $N > 100$ nach (b) mit den Tafeln S. 26 und 27. Die Berechnung kann auch nach den Rekursionsformeln erfolgen:

$$f(x_1+1 \mid X) = [f(x_1 \mid X)] \times \frac{(N_1-x_1)\,(X-x_1)}{(x_1+1)\,(N-X-N_1+x_1+1)} \qquad \textbf{(807)}$$

oder

$$f(x_1 \mid X+1) = [f(x_1 \mid X)] \times \frac{(N-X-N_1+x_1)\,(X+1)}{(N-X)\,(X+1-x_1)} \qquad \textbf{(808)}$$

In den Tabellen S. 170.21 sind alle Wahrscheinlichkeiten $f(x_1 \mid X, N = 20, N_1 = 5)$ und die kumulierten Wahrscheinlichkeiten $F(x_1 \mid X)$ berechnet, in den Abbildungen 47 und 48 dargestellt.

Zur Kontrolle von Berechnungen solcher Art dienen

$$\left.\begin{aligned} &\sum_{x_1=0}^{x_1=k_1} \text{Prob}\,(x_1 \mid X = K) = 1 && \text{(a)} \\ &\sum_{X=0}^{X=K} \text{Prob}\,(x_1 = k_1 \mid X) = \frac{N+1}{N_1} && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(809)}$$

Die Abbildung 47 vermittelt ein eindrückliches Bild über gewisse Symmetrien:

$$\text{Prob}\,(x_1 = k_1 \mid X = K) = \text{Prob}\,(x_1 = N_1 - k_1 \mid X = N - K) \quad \textbf{(810)}$$

22 B. Parameter

Der Mittelwert von x bei gegebenem X, N und N_1 ist, wenn man $X/N = \boldsymbol{p}$ setzt,

$$\mu_x = N_1 \boldsymbol{p} \qquad \textbf{(811)}$$

die Varianz

$$\sigma_x^2 = N_1 \boldsymbol{p}\,\boldsymbol{q}\left(\frac{N-N_1}{N-1}\right) \qquad \textbf{(812)}$$

$X/N = \boldsymbol{p}$, $\boldsymbol{q} = 1 - \boldsymbol{p}$

Die Varianz der hypergeometrischen Verteilung $(N, N_1, \boldsymbol{p})$ ist somit um den Faktor $(N - N_1)/(N - 1)$ *kleiner* als die Varianz der Binomialverteilung $(N_1 \boldsymbol{p})$.

* In (**390**) ist das $\geqq$-Zeichen falsch. Der Leser ist gebeten, es durch ein $\leqq$-Zeichen zu ersetzen.

Hypergeometrische Verteilung, $N = 20$, $N_1 = 5$, Einzelwahrscheinlichkeiten Prob $(x_1 = k_1 \mid X = K)$

x_1	X 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1	0,75	0,5526	0,3991	0,2817	0,1937	0,1291	0,0830	0,0511	0,0298	0,0163	0,0081	0,0036	0,0014	0,0004	0,0001					
1		0,25	0,3947	0,4605	0,4696	0,4402	0,3874	0,3228	0,2554	0,1916	0,1354	0,0894	0,0542	0,0293	0,0135	0,0048	0,0010				
2			0,0526	0,1316	0,2167	0,2935	0,3522	0,3874	0,3973	0,3831	0,3483	0,2980	0,2384	0,1761	0,1174	0,0677	0,0310	0,0088			
3				0,0088	0,0310	0,0677	0,1174	0,1761	0,2384	0,2980	0,3483	0,3831	0,3973	0,3874	0,3522	0,2935	0,2167	0,1316	0,0526		
4					0,0010	0,0048	0,0135	0,0293	0,0542	0,0894	0,1354	0,1916	0,2554	0,3228	0,3874	0,4402	0,4696	0,4605	0,3947	0,25	
5						0,0001	0,0004	0,0014	0,0036	0,0081	0,0163	0,0298	0,0511	0,0830	0,1291	0,1937	0,2817	0,3991	0,5526	0,75	1

Hypergeometrische Verteilung, $N = 20$, $N_1 = 5$, kumulierte Wahrscheinlichkeiten Prob $(x_1 \leqq k_1 \mid X = K)$

x_1	X 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1	0,75	0,5526	0,3991	0,2817	0,1937	0,1291	0,0830	0,0511	0,0298	0,0163	0,0081	0,0036	0,0011	0,0004	0,0001					
1		1	0,9474	0,8596	0,7513	0,6339	0,5165	0,4058	0,3065	0,2214	0,1517	0,0975	0,0578	0,0307	0,0139	0,0049	0,0010				
2			1	0,9912	0,9680	0,9274	0,8687	0,7932	0,7038	0,6045	0,5000	0,3955	0,2962	0,2068	0,1313	0,0726	0,0320	0,0088			
3				1	0,9990	0,9951	0,9861	0,9693	0,9422	0,9025	0,8483	0,7786	0,6935	0,5942	0,4835	0,3661	0,2487	0,1404	0,0526		
4					1	0,9999	0,9996	0,9986	0,9964	0,9919	0,9837	0,9702	0,9489	0,9170	0,8709	0,8063	0,7183	0,6009	0,4474	0,25	
5						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Prob $(x_1 = k_1 \mid X = K;\ N = 20,\ N_1 = 5)$

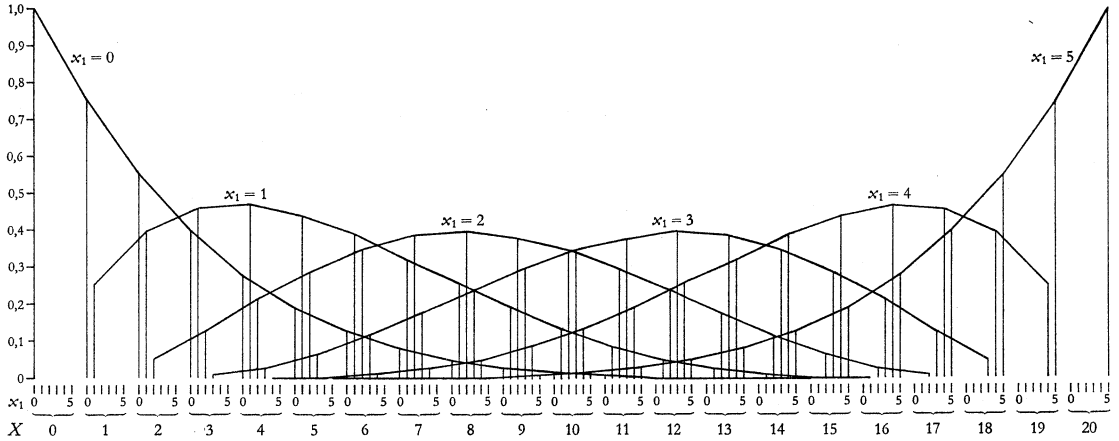


Abb. 47 Hypergeometrische Verteilung. Darstellung aller möglichen Einzelwahrscheinlichkeiten bei gegebenem N und N_1. Die senkrechten Striche 0–5 stellen die Wahrscheinlichkeiten Prob $(x_1 = 0,1 \ldots 5 \mid X = K)$ dar. Die gebrochenen Linienzüge verbinden die Wahrscheinlichkeiten Prob $(x_1 = k_1 \mid X = 0,1 \ldots N)$.

Prob $(x_1 \leqq k_1 \mid X = K;\ N = 20,\ N_1 = 5)$

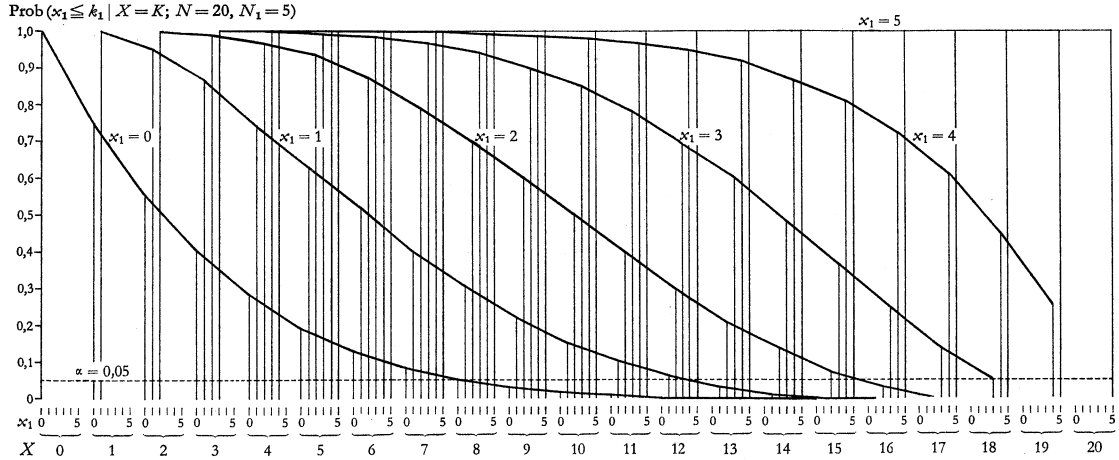


Abb. 48 Hypergeometrische Verteilung. Darstellung aller möglichen kumulierten Wahrscheinlichkeiten Prob $(x \leqq k_1 \mid X)$ bei gegebenem N und N_1. Die senkrechten Striche 0–5 stellen die Wahrscheinlichkeiten Prob $(x_1 \leqq 0,1 \ldots 5 \mid X = K)$ dar. Die gebrochenen Linienzüge verbinden die Wahrscheinlichkeiten Prob $(x \leqq k_1 \mid X = 0,1 \ldots N)$.

22 C. Hypergeometrische und andere Verteilungen

Wenn $\boldsymbol{p} < 0{,}1$ und N ziemlich groß (etwa über 60), läßt sich die hypergeometrische Verteilung ($N, N_1, \boldsymbol{p}$) durch die Binomialverteilung ($\boldsymbol{p}; N_1$) approximieren. Bei Signifikanztesten bleibt man dabei auf der *sicheren* Seite. **(813)**

Wenn $N_1/N < 0{,}1$ und N ziemlich groß, ist die POISSON-Verteilung ($\lambda = N_1\boldsymbol{p}$) eine gute Approximation. **(814)**

Wenn $N_1\boldsymbol{p} \geqq 4$ (etwa), ist schließlich die Normalverteilung [(**811**), $\sqrt{(\mathbf{812})}$] eine gute Approximation. Es ist folglich **(815)**

$$c_{\mathfrak{p}} = \frac{x_1 + \frac{1}{2} - (\mathbf{811})}{\sqrt{(\mathbf{812})}} \quad \text{(a)}$$

$$c_{1-\mathfrak{p}^*} = \frac{x_1 - \frac{1}{2} - (\mathbf{811})}{\sqrt{(\mathbf{812})}} \quad \text{(b)} \qquad \textbf{(816)}$$

wobei das $\pm\frac{1}{2}$ bei großen N weggelassen werden kann.

22 D. Signifikanzschranken

Die Signifikanzschranken der Tafel S. 109–123 entsprechen den Bedingungen (bei gegebenen N und N_1)

$$\left.\begin{array}{l}\text{Prob}\,(x_1 \geqq k_1 \mid X_l) \leqq \alpha \\ \text{Prob}\,(x_1 \geqq k_1 \mid X_{l+1}) > \alpha\end{array}\right\}\ \text{(a)}$$

und

$$\left.\begin{array}{l}\text{Prob}\,(x_1 \leqq k_1 \mid X_r) \leqq \alpha \\ \text{Prob}\,(x_1 \leqq k_1 \mid X_{r-1}) > \alpha\end{array}\right\}\ \text{(b)} \qquad \textbf{(817)}$$

Diese Darstellung wurde gewählt, weil sie auch in jenen Situationen praktisch ist, in denen X unbekannt ist (diese Situation entspricht *nicht* der eingangs in Abschnitt 22 A geschilderten).

In Abbildung 48 ist das Suchen der oberen Schranke (**817** b) für $\alpha = 0{,}05$ dargestellt (gestrichelte waagrechte Linie).

(**817**) kann bei größeren N auf Grund von (**816**) approximiert werden durch[41]

$$x_l, x_r = \frac{N}{2k}\left(k + 2x_1 - N_1 - 1 \mp \sqrt{k^2 - \frac{2k}{N_1}[(x_1 \mp \tfrac{1}{2})^2 + (N_1 - x_1 \pm \tfrac{1}{2})^2] + (2x_1 - N_1 \mp 1)^2}\right) \quad \text{(a)}$$

oder ohne Kontinuitätskorrektur

$$x_l, x_r = \frac{N}{2k}\left(k + 2x_1 - N_1 \mp \sqrt{k^2 - \frac{2k}{N_1}[x_1^2 + (N_1 - x_1)^2] + (2x_1 - N_1)^2}\right) \quad \text{(b)} \qquad \textbf{(818)}$$

wobei in (a) und (b) $k = N_1 + (1 - N_1/N)\,c_\alpha^2$. $c_\alpha^2 = \chi_{2\alpha}^2$ für $\nu = 1$, $2\alpha = 1\int_r$, S. 36.

Die $(1-2\alpha)$-Signifikanzschranken für x_1 bei gegebenem X lassen sich approximieren, wenn $N > 60$, $N_1\boldsymbol{p} \geqq 4$, $N_2\boldsymbol{p} \geqq 4$ (etwa), nach

$$x_l, x_r = N_1\boldsymbol{p} \mp (\tfrac{1}{2} + |\,c_\alpha\,|\sqrt{N_1\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}\,(N-N_1)/(N-1)}\,); \qquad \textbf{(819)}$$

$\boldsymbol{p}$ und $\boldsymbol{q}$ siehe (**811**).

23. Prüfung von Häufigkeiten

23 A. Stichproben aus binomialen Bevölkerungen

a) *2 Stichproben* der Umfänge N_1 und N_2, in denen das E-Ereignis x_1- und x_2-mal eingetroffen ist. Wenn $N_1 + N_2 \leqq 60$, verfahre man, wie es in der Fußnote S. 123 angegeben ist. Wenn $N_1 + N_2 > 60$, siehe b. **(820)**

b) *Mehrere Stichproben.* Gegeben m Stichproben der Umfänge $N_1, N_2, \ldots, N_i, \ldots, N_m$, in denen das E-Ereignis x_1-, x_2-, …, x_i-, …, x_m-mal eingetroffen ist. Man bilde

$$p_i = \frac{x_i}{N_i},\ q_i = 1 - p_i,\ \bar{p} = (\Sigma x_i)/(\Sigma N_i) \text{ und } \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

und transformiere danach die x_i gemäß (**764**) und (**766**) wie folgt:

$$c_i = 2\left(\sqrt{(x_i + 1)\,\bar{q}} - \sqrt{(N_i - x_i)\,\bar{p}}\right), \text{ wenn } p_i < \bar{p}$$

oder

$$c_i = 2\left(\sqrt{x_i\,\bar{q}} - \sqrt{(N_i - x_i + 1)\,\bar{p}}\right), \text{ wenn } p_i > \bar{p} \qquad \textbf{(821)}$$

Zum Vergleich dieser transformierten Daten eignen sich zwei Methoden:

I. Vergleich auf Grund des Extrembereiches (Schnelltest).

Man bilde die Differenz

größtes c_i minus kleinstes c_i = Extrembereich m, wobei c_i nach (**821**) **(822)**

Die Signifikanzschranken für den Extrembereich m findet man in der Tafel S. 51 bei $N_1 = m$ und $\nu = \infty$. *Das α der Tafel ist in 2α zu korrigieren.* Für $m = 2$, das heißt zum Vergleich zweier Stichproben, sind diese Schranken gleich 2,772 ($2\alpha = 0{,}05$) und 3,643 ($2\alpha = 0{,}01$). *Erreicht* oder *überschreitet* der Extrembereich m die Signifikanzschranke, so ist die Interpretation

bei $m = 2$ (2 Stichproben):

einseitig: $\begin{cases}\boldsymbol{p}_1 < \boldsymbol{p}_2, \text{wenn } p_1 - p_2 < 0\ (\alpha = \frac{1}{2}\,\alpha \text{ der Tafel!}) \\ \boldsymbol{p}_1 > \boldsymbol{p}_2, \text{wenn } p_1 - p_2 > 0\ (\alpha = \frac{1}{2}\,\alpha \text{ der Tafel!})\end{cases}$

zweiseitig: $\boldsymbol{p}_1 \neq \boldsymbol{p}_2$ ($2\alpha = \alpha$ der Tafel!) **(823)**

bei $m > 2$ (mehr als 2 Stichproben)

zweiseitig: Die Stichproben entstammen nicht alle derselben Bevölkerung ($2\alpha = \alpha$ der Tafel!) **(824)**

Wenn $m = 2$ (2 Stichproben), ist dieser Test gleich mächtig wie der folgende χ^2-Test. Für $m > 10$ ist dieser Test *nicht* mehr zu empfehlen.

II. Vergleich auf Grund von χ^2.

Man quadriere die c_i und summiere deren Quadrate. Die Signifikanzschranke für die Prüfgröße

$\Sigma\, c_i^2$

ist χ^2, S. 36–39, mit Freiheitsgrad $\nu = m - 1$ (vgl. Abschnitt 12 B, S. 167). **(825)**

Erreicht oder *überschreitet* die Prüfgröße die Signifikanzschranke, so gilt Interpretation (**823**) mit $2\alpha = 1\int_r$ und $\alpha = \frac{1}{2}\int_r$. Der χ^2-Test kann bei beliebiger Stichprobenanzahl m durchgeführt werden und ist, wenn $m > 2$, *mächtiger* als der Test auf Grund des Extrembereiches.

23 B. Stichproben aus multinomialen Bevölkerungen

Gegeben m Stichproben der Umfänge $N_1, N_2, \ldots, N_i, \ldots, N_m$, in denen die n Ereignisse $E_1, E_2, \ldots, E_j, \ldots, E_n$ x_{1j}-, x_{2j}-, …, x_{ij}-, …, x_{mn}-mal eingetroffen sind, wobei

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = N_i,\ \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = X_j \text{ und } \sum_{j=1}^{n} X_j = \sum_{i=1}^{m} N_i = N\text{:}$$

x_{11}	x_{12}	…	x_{1j}	…	N_1
x_{21}	x_{22}	…	x_{2j}	…	N_2
⋮	⋮		⋮		⋮
x_{i1}	x_{i2}	…	x_{ij}	…	N_i
⋮	⋮		⋮		⋮
x_{m1}	x_{m2}	…	x_{mj}	…	N_m
X_1	X_2		X_j		N

(826)

Man bilde die Erwartungswerte $E_{ij} = N_iX_j/N$. Der Erwartungswert für das Ereignis x_{11} (Ereignis 1 in Stichprobe 1) ist zum Beispiel N_1X_1/N. Mit diesen Erwartungswerten bilde man für jedes Ereignis ij den Quotienten

$$\frac{(x_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad \text{oder} \quad \left[\frac{x_{ij}^2}{X_jN_i} - N\right] \qquad \text{(a) (b)} \quad \textbf{(827)}$$

und summiere alle so erhaltenen Quotienten. Die Signifikanzschranke für die Summe

$\sum_{1}^{n}\sum_{1}^{m}$ (**827**a) oder $N\sum_{1}^{n}\sum_{1}^{m}$ (**827**b) (**828**)

ist χ^2, S. 36–39, mit Freiheitsgrad $\nu = (n-1)(m-1)$ und $2\alpha = 1\int_r$. *Erreicht* oder *überschreitet* die Prüfgröße (**828**) die Signifikanzschranke, so gilt die Interpretation zu (**825**).

23 C. Stichproben aus POISSON-Bevölkerungen

a) *2 Stichproben aus zwei gleich großen Beobachtungseinheiten $t_1 = t_2 = t$.*

Gegeben 2 Stichproben mit *gleich großen* Beobachtungseinheiten $t_1 = t_2 = t$, in denen das E-Ereignis x_1- und x_2-mal eingetroffen ist.

Man bilde die Summe $x_1 + x_2 = N$. Signifikanzschranken für x_1 und x_2 sind dann x_l und x_r der Tafel S. 105 und 106 bei $N = x_1 + x_2$. *Erreichen* oder *überschreiten* x_1 und x_2 diese Schranken nach außen, so gelten folgende Interpretationen

einseitig: $\begin{cases}\lambda_1 < \lambda_2, \text{ wenn } x_1 \leqq x_l \text{ (Signifikanz } \alpha)\\ \lambda_1 > \lambda_2, \text{ wenn } x_1 \geqq x_r \text{ (Signifikanz } \alpha)\end{cases}$

zweiseitig: $\lambda_1 \neq \lambda_2$, wenn x_1 und x_2 die Schranken x_l und x_r erreichen oder ... usw. (Signifikanz 2α) (**829**)

Für Stichproben mit $x_1 + x_2 > 1000$ oder $t_1 \neq t_2$ siehe b.

b) *Mehrere Stichproben aus beliebigen Beobachtungseinheiten t_i*

Gegeben m Stichproben aus beliebigen Beobachtungseinheiten $t_1, t_2, \ldots, t_i, \ldots, t_m$, in denen das E-Ereignis $x_{1i}, x_{2i}, \ldots, x_{ti}, \ldots, x_{mi}$-mal eingetroffen ist. Man bilde

$$\lambda_i^* = \frac{x_i}{t_i} \text{ und } \bar{\lambda} = (\Sigma x_i)/(\Sigma t_i)$$

und transformiere die x_i nach (**794**) und (**796**) wie folgt

$$\begin{cases} c_i = 2\left(\sqrt{x_i + 1} - \sqrt{t_i\bar{\lambda}}\right), \text{ wenn } \lambda_i^* < \bar{\lambda} \\ c_i = 2\left(\sqrt{x_i} - \sqrt{t_i\bar{\lambda}}\right), \text{ wenn } \lambda_i^* > \bar{\lambda} \end{cases} \quad (830)$$

Vergleich dieser transformierten Daten und Interpretationen wie in Abschnitt 23 A, b, I und II, wobei λ und λ^* an Stelle von $\bar{p}$ und p zu setzen sind.

c) *Vertrauensgrenzen für die Häufigkeitszunahme eines seltenen Ereignisses*[42].

Gegeben seien zwei Stichproben der Umfänge N_1 und N_2, in denen das relativ *seltene* Ereignis E mit der relativen Häufigkeit $p_1 = x_1/N_1$ und $p_2 = x_2/N_2$ eingetroffen ist. *Die Stichproben sind so zu numerieren, daß $p_1 < p_2$.* Die Schätzung der *Zunahme* der relativen Häufigkeit von Stichprobe 1 zu Stichprobe 2 ist dann

$$Proc_{1\to 2} = \frac{p_2 - p_1}{p_1} \quad (831)$$

mit den $(1-2\alpha)$-Vertrauensgrenzen für $\boldsymbol{Proc}_{1\to 2}$

$$k\left(\frac{1}{p_r} - 1\right) - 1 < \boldsymbol{Proc} < k\left(\frac{1}{p_l} - 1\right) - 1 \quad (832)$$

wobei $k = N_1/N_2$ und p_r und p_l den Tafeln Vertrauensgrenzen für $\boldsymbol{p}$ der Binomialverteilung, S. 85–103, zu entnehmen sind bei $N = x_1 + x_2$ und $x = x_1$. Für Angaben in Prozenten sind (**831**) und (**832**) mit 100 zu multiplizieren. (**832**) läßt sich somit auch errechnen, wenn nur das *Verhältnis* N_1/N_2 und die absoluten Zahlen x_1 und x_2 bekannt sind. *Interpretation:* Wenn die linke Grenze von (**832**) $\leqq$ Null ist, läßt sich keine Häufigkeitszunahme feststellen.

24. Rangteste

24 A. Rangierung

a) *Nach Größe* (stetige Verteilungen). Gegeben seien 2 Stichproben 1 und 2 mit den x_1-Werten 1,06; 1,53; 1,68; 1,68; 1,69; 1,69 und den x_2-Werten 1,30; 1,55; 1,69; 1,80. Diese x_1- und x_2-Werte werden folgendermaßen rangiert:

x_1	1,06		1,53		1,68	1,68		1,69	1,69		
x_2		1,30		1,55			1,69			1,80	
$O_{1,2}$	1	2	3	4	5	6	8	8	8	10	
							$= (7+8+9)/3$				

(**833**)

Bei Bindungen [vgl. (**346**)] verfahre man, wie in (**833**) angegeben: Gebundene Werte *innerhalb* einer Stichprobe erhalten *fortlaufende* Ordnungszahlen, gebundene Werte *zwischen* den Stichproben den *Mittelwert* der an dieser Stelle befindlichen Ordnungszahlen. (**834**)

Die Ordnungszahlen O_1 der x_1-Werte sind im obigen Falle $O_1 = 1; 3; 5; 6; 8; 8$, ihre Summe $T_1 = \Sigma O_1 = 31$. (**835**)

Bei *gepaarten Beobachtungen* bilde man wie in Abschnitt 16 D die n Paardifferenz d_i, läßt alle d_i = Null weg unter entsprechender Verkleinerung von N und rangiert die *Absolutbeträge* dieser Differenzen. Darauf summiert man die Ordnungszahlen entweder aller negativen Differenzen und erhält T_- oder aller positiven Differenzen und erhält T_+. (**836**)

b) *Nach Reihenfolge* (diskrete Verteilungen). Wenn in einer Reihe von N Versuchen das Ereignis E beim 2., 3., 8. und 13. Versuch je einmal, total N_1-mal, zum Beispiel 4mal, eingetreten ist, so ist $O_E = 2, 3, 8$ und 13 und die Summe aller $O_E = T_E$, wie in unserem Falle $T_E = 26$. (**837**)

24 B. Der WILCOXON-Test für 2 Stichproben[43,44]

Gegeben zwei Stichproben aus *stetigen* Verteilungen *beliebiger* Gestalt. Man numeriere sie so, daß $N_1 \leqq 25$ und $N_2 \leqq 50$. Dann rangiere man die x_1-Werte nach (**833**) und (**834**) und bilde die Summe T_1 nach (**835**).

Die Signifikanzschranken für T_1 finden sich in den Tafeln S. 124–127. *Erreicht* T_1 die Signifikanzschranken oder *überschreitet sie nach außen*, so gilt

einseitig: $\begin{cases} x_1 < x_2, \text{ wenn } T_1 \leqq T_l\ (\leqq \alpha) \\ x_1 > x_2, \text{ wenn } T_1 \geqq T_r\ (\leqq \alpha) \end{cases}$

zweiseitig: $x_1 \neq x_2$, wenn $T_1 \leqq T_l$ oder $T_1 \geqq T_r\ (\leqq 2\alpha)$ (**838**)

Vgl. dazu Abschnitt 9 C.

Der Erwartungswert $\boldsymbol{T}_1$ für die Schätzung T_1 ist unter der Nullhypothese

$$\boldsymbol{T}_1 = N_1(N_1 + N_2 + 1)/2 \text{ oder (a)}$$
$$6\,\boldsymbol{T}_1 = 3\,N_1(N_1 + N_2 + 1) \text{ (b)} \quad (839)$$

die Varianz $\sigma^2_{T_1} = N_2\,\boldsymbol{T}_1/12$ oder (a)

$$\sigma^2_{6T_1} = N_2\,6\,\boldsymbol{T}_1 \text{ (b)} \quad (840)$$

Für Stichproben außerhalb des Tafelumfanges verwende man den Prüfquotienten

$$(T_1 - \boldsymbol{T}_1)/\sqrt{\sigma^2_{T_1}} \text{ oder } (6\,T_1 - 6\,\boldsymbol{T}_1)/\sqrt{\sigma^2_{6T_1}} \quad \text{(a) (b)} \quad (841)$$

Signifikanzschranke c_α, S. 28.

24 C. Der WILCOXON-Test für Paardifferenzen[44]

(Vgl. dazu 24 B)

Man bilde nach (**836**) die Summe T_-. Die Anzahl der rangierten Paardifferenzen sei n (die Nullen sind ausgeschieden worden).

Signifikanzschranken für die Summe T_- finden sich auf S. 128. Sind die Differenzen gebildet worden nach $d_i = x_{1i} - x_{2i}$ und *erreicht* oder *überschreitet* die Summe T_- die Signifikanzschranken nach außen, so gilt

einseitig: $\begin{cases} x_1 > x_2, \text{ wenn } T_- \leqq T_l\ (\leqq \alpha) \\ x_1 < x_2, \text{ wenn } T_- \geqq T_r\ (\leqq \alpha) \end{cases}$

zweiseitig: $x_1 \neq x_2$, wenn $T_- \leqq T_l$ oder $T_- \geqq T_r$ $(\leqq 2\alpha)$ (**842**)

Der Erwartungswert $\boldsymbol{T}_-$ für die Schätzung T_- ist unter der Nullhypothese

$$\boldsymbol{T}_- = n(n+1)/4 \quad (843)$$

die Varianz

$$\sigma^2_{T_-} = n\,\boldsymbol{T}/3 \quad (844)$$

Für Stichproben außerhalb des Tafelumfanges verwende man den Prüfquotienten

$$(T_- - \boldsymbol{T}_-)/\sqrt{\sigma^2_{T_-}} \quad (845)$$

Signifikanzschranke c_α, S. 28.

24 D. Der HALDANE-Test über den Einfluß der zeitlichen Reihenfolge[45]

Ist die zeitliche Reihenfolge vermutlich von Einfluß auf das Ereignis E, wie zum Beispiel bei der Annahme, Kinder, die in der Geburtenfolge *einer* Mutter später eintreffen, seien durch eine gewisse Krankheit mehr gefährdet, oder wenn man untersuchen will, ob die Operationssterblichkeit oder der Erfolg einer gewissen Operation im *selben* Spital mit der Zeit ab- oder zugenommen hat usw., so bietet der WILCOXON-Test die Möglichkeit einer exakten Prüfung. Er wurde von HALDANE für diese Fragestellung unabhängig von WILCOXON gefunden.

a) *Untersuchung einer zeitlichen Folge.* Man bildet nach (**837**) T_E. N_1 ist die Anzahl der Versuche (Geburten, Operationen usw.), in denen das Ereignis E eingetreten ist. N_2 ist $N - N_1$, wobei N = Gesamtanzahl der Versuche in der zu prüfenden Folge.

Die Signifikanzschranken für T_E sind dieselben wie in Abschnitt 24 B; die Interpretation ist aber vollständig anders. *Einseitige Interpretation:* Erreicht oder überschreitet T_E die *linke* Schranke, so *verkleinert* sich die Häufigkeit mit der Zeit; bei Erreichen oder Überschreiten der *rechten* Schranke ist es gerade *umgekehrt*. *Zweiseitige Interpretation:* Die zeitliche Reihenfolge beeinflußt die Häufigkeit. (**846**)

Konnten nicht alle Ereignisse der Folge spezifiziert werden, stellt sich zum Beispiel in der Folge die Sequenz ein

Versuch	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	+	+	?	−	+	?	+	−	+	?	+
O_E				5				9			
$O_?$			4			7				11	

(**847**)

dann lassen sich die Tafeln S. 124–127 nicht mehr verwenden. Man prüfe in solchen Fällen mit dem Prüfquotienten (**841** b), wobei

$$6\,T_E = 6\,\Sigma\,O_E \quad \text{(a)}$$
$$6\,\boldsymbol{T}_E = 6\,N_1\,A/N \quad \text{(b)}$$
$$\sigma^2_{6T_E} = 36\,N_1\,N_2\,(NB - A^2)/N^2\,(N-1) \quad \text{(c)}$$
$$A = N(N+1)/2 - \Sigma\,O_? \quad \text{(d)}$$
$$B = N[1 + N(2N+3)]/6 - \Sigma\,O_?^2 \quad \text{(e)}$$

(**848**)

Sind alle Ereignisse spezifiziert, überschreitet die Stichprobe aber den Tafelumfang, so gelten für (**841** b) die Gleichungen (**839** b) und (**840** b).

b) *Untersuchung mehrerer zeitlicher Folgen als Stichproben aus der gleichen Bevölkerung.* Man untersucht zum Beispiel die Geburtenfolgen von $1, 2, 3, \ldots, i, \ldots, m$ Müttern hinsichtlich einer Krankheit der Kinder, die bei späteren Geburten häufiger zu sein scheint.

Die Prüfung erfolgt nach dem Prüfquotienten (**841** b), wobei

$$6\,T = \Sigma\,6\,T_i$$
$$6\,\boldsymbol{T} = \Sigma\,6\,\boldsymbol{T}_i$$
$$\sigma^2_{6T} = \Sigma\,\sigma^2_{6T_i}$$

(**849**)

wobei $6\,\boldsymbol{T}_i$ bzw. $\sigma^2_{6T_i}$ nach (**839** b) bzw. (**840** b) oder nach (**848** b) bzw. (**848** c) auszurechnen sind, je nachdem, ob in der Folge i alle Ereignisse spezifiziert sind oder nicht.

24 E. Der Maximum-Test für Paardifferenzen[26, 46–48]

(Name auf Vorschlag von E. WALTER. Dieser Test wurde hier eingeordnet, weil es sich auch um die Beurteilung einer Rangfolge handelt, aber auf eine andere Weise als beim WILCOXON-Test.)

Bei gepaarten Beobachtungen aus *stetigen* Bevölkerungen *beliebiger* Gestalt bilde man wie in Abschnitt 16 D die Paardifferenzen d_i, schließt alle d_i = Null aus und ordne die verbliebenen d_i nach ihrem *Absolutbetrage*. Treten zwei dem Absolutbetrage nach gleich große Differenzen mit verschiedenen Vorzeichen auf, so ordne man sie, um sicherzugehen, so ein, daß eine eventuell bestehende Folge gleichen Vorzeichens verkleinert wird. Dann zählt man die k absolut größten Differenzen mit *gleichem* Vorzeichen ab.

Die Signifikanzwahrscheinlichkeit für einen Unterschied zwischen den beiden Meßreihen (zweiseitiger Test) ist dann $2\alpha = (1/2)^{k-1}$, das heißt

k	2α	α
5	$= 0{,}0625 \sim 0{,}1$	$= 0{,}031\,25 \sim 0{,}05$
6	$= 0{,}031\,25 \sim 0{,}05$	$= 0{,}015\,625 \sim 0{,}02$
8	$= 0{,}007\,8125 \sim 0{,}01$	$= 0{,}003\,906\,25 \sim 0{,}005$
11	$= 0{,}000\,9725 \sim 0{,}001$	$= 0{,}000\,486\,25 \sim 0{,}0005$

(**850**)

Beispiel 73. Die Folge $+3{,}2; +2{,}0; +1{,}0; +1{,}0; +0{,}7; +0{,}5; \underbrace{-0{,}3; +0{,}3}$

(beachte die ungünstigere Anordnung von $-0{,}3$)

führt zu einer Signifikanzwahrscheinlichkeit von $2\alpha \sim 0{,}05$.

25. Prüfung auf Nichtzufall

Alle statistischen Prüfungen auf Nichtzufall hängen von der *zeitlichen* Reihenfolge ab, mit der in der Folge der Versuche $1, 2, \ldots, N$ die Werte $x_1, x_2, \ldots, x_N$ eintreffen. Die Indices $1, 2, \ldots, i, \ldots, N$ bedeuten in diesem Abschnitt *nicht eine Rang-, sondern eine zeitliche Reihenfolge.*

25 A. Die sukzessive Differenzenstreuung[49]

(Mean square successive difference)

Die sukzessive Differenzenstreuung δ^2 ist definiert

$$\delta^2 = \frac{1}{N-1}\sum_1^{N-1}(x_{i+1} - x_i)^2;\ N = \text{Umfang der Stichprobe} \quad (\mathbf{851})$$

Wenn die Stichprobe aus einer normalverteilten Bevölkerung stammt, ist der

$$\text{Erwartungswert von } \delta^2 = 2\,\sigma^2 \quad (\mathbf{852})$$

$\delta^2/2$ ist somit eine biasfreie Schätzung von σ^2 mit einer

$$\text{Effizienz} = 2/3\,[1 + 1/(3N-4)] \quad (\mathbf{853})$$

Die Effizienz für $N = 2$ ist somit 1, asymptotisch, wenn $N \to \infty$, gleich $^2/_3$.

Da die sukzessive Differenzenstreuung auf Grund der sukzessiven Differenzen $x_{i+1} - x_i$ berechnet wird, ist sie *weniger* empfindlich auf *langfristige* Verschiebungen des Mittelwertes und *empfindlicher* auf schnelle *zyklische* Beeinflussung desselben als die Schätzung s^2, die auf Grund der Differenzen $x - \bar{x}$ berechnet wird.

Das Verhältnis $\eta = \dfrac{\delta^2}{s^2} = \dfrac{\sum_1^{N-1}(x_{i+1} - x_i)^2}{\sum_1^{N}(x_i - \bar{x})^2}$ (**854**)

ist deshalb ein Indikator für eventuelle nichtzufällige Beeinflussung des Mittelwertes einer *normalverteilten* Bevölkerung.

Signifikanzschranken für η finden sich auf S. 58, links. *Interpretation:* Erreicht oder unterschreitet η die *linke* Schranke, so wird der Mittelwert der Bevölkerung durch *nichtzufällige* langfristige Einwirkung beeinflußt*, bei Erreichen oder Überschreiten der *rechten* Schranke durch *kurzfristige zyklische* Einwirkungen (Signifikanz α). (**855**)

Die approximierten Schranken ($N > 60$) der Tafel S. 58 wurden berechnet mit

$$\eta_l, \eta_r = 2 \mp 2\,|\,c_\alpha\,|\,\sqrt{\frac{N-2}{(N-1)(N+1)}} \quad (\mathbf{856})$$

mit empirischer Korrektur beim Übergang zwischen exakten und approximierten Werten.

25 B. Die Serienkorrelation[50,51], auch Paarkorrelation genannt

(Serial correlation)

Gegeben sei die Stichprobe $x_1, x_1, \ldots, x_N$. Die Serienkorrelation ist definiert als die Korrelation zwischen den Beobachtungspaaren x_i und x_{i+h}. h wird Verzugsspanne (lag) genannt. Für $i + h > N$ ist in der zyklischen Definition $x_{i+h} = x_{i+h-N}$. Wir können hier nicht näher auf die Serienkorrelation eintreten und verweisen auf [50–52] und andere Publikationen.

Die Serienkorrelation in zyklischer Definition ist ein empfindliches Instrument zur Entdeckung periodischer Beeinflussung einer Bevölkerung (oder Stichprobe, wenn Bevölkerung stabil).

---

* Es können lineare oder nichtlineare Einflüsse sein.

Ein Maß für die Serienkorrelation mit der Verzugsspanne h ist der Serienkorrelationskoeffizient $\boldsymbol{R}_h$. Seine Schätzung ist

$$R_h = \frac{\Sigma x_i x_{i+h} - \bar{x}\,\Sigma x_i}{\Sigma (x - \bar{x})^2} \qquad \textbf{(857)}$$

Sein Wert liegt wie bei den anderen Korrelationskoeffizienten zwischen -1 und 1.

Signifikanzschranken für $R_h = 1$ unter der Annahme, daß es sich um zufällige Stichproben aus einer normalverteilten Bevölkerung handelt, findet man auf S. 58, rechts. Die approximierten Grenzen ($N > 75$) wurden berechnet mit

$$R_l,\ R_r = \frac{-1 \mp |c_\alpha| \sqrt{N-2}}{N-1} \qquad \textbf{(858)}$$

mit empirischer Korrektur beim Übergang zwischen exakten und approximierten Werten. Mit der Approximation bleibt man auf der sicheren Seite.

Für andere Verzugsspannen als 1 können die gleichen Schranken verwendet werden, sofern h und N keinen gemeinsamen Faktor besitzen. Dies ist immer der Fall, wenn N eine Primzahl ist. In der Praxis behilft man sich deshalb damit, diesen Bedingungen zu genügen, indem man einen oder mehrere Stichprobeneinzelwerte streicht.

25 C. Auf- und Ab-Iterationen[53-55]

(Runs up and down)

$x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_N$ seien Stichprobeneinzelwerte aus einer *stetigen* Bevölkerung *beliebiger* Gestalt. Als Auf-Iteration der Länge 1 wird die Sequenz $x_i \to x_{i+1}$ definiert, wenn $x_{i+1} - x_i > 0$. Bei der Ab-Iteration ist $x_{i+1} - x_i < 0$. Folgen sich $1 + 1 + 1$ Auf-Iterationen, so spricht man von einer Auf-Iteration der Länge $l = 3$ usw.

Ist die Stichprobe zufälliger Art, sind keine zyklischen oder konstanten nichtzufälligen Einflüsse am Werke, so sollten die Auf- und Ab-Iterationen ein zufälliges Bild bieten. Regelmäßige Iterationen oder zu viele lange oder zu wenig kurze passen nicht in dieses Bild.

Die unterste Tafel auf S. 130 bietet eine Handhabe zur Prüfung von Auf- und Ab-Iterationen. So ist zum Beispiel eine Iteration der Länge 5 in einer Stichprobe $N = 9$ nicht mehr als zufällig anzusehen ($\alpha = 0{,}01$). Desgleichen ist eine Stichprobe $N = 12$ nicht mehr als zufällig anzusehen, wenn keine Iteration der Länge 12 vorhanden ist (Signifikanzwahrscheinlichkeit $1 - 0{,}99 = 0{,}01$).

Die Anzahl I ($l \mid N$) der Auf- und Ab-Iterationen der Länge l und die Anzahl I ($l + \mid N$) der Iterationen der Länge l und *länger* kann von $N = 20$ an als normalverteilt angesehen werden und läßt sich prüfen mit dem Prüfquotienten

$$(I - \boldsymbol{I})/\sqrt{\sigma_I^2};\ \text{Signifikanzschranke} \mid c_\alpha \mid,\ \text{S. 28} \qquad \textbf{(859)}$$

Der Erwartungswert $\boldsymbol{I}$ und die Varianz σ_I^2 sind Funktionen von N. Die entsprechenden Formeln finden sich bei [53]. Numerisch sind sie zum Teil mühsam auszurechnen. Ihre Werte werden in den folgenden 2 Tabellen bis zu jenen Längen gegeben, die praktisch nicht mehr vorkommen. Diese Tafeln zeigen sehr schön, wie σ^2 mit größeren Längen schnell gegen den Erwartungswert konvergiert. Nach (**789**) kann die Verteilung der Auf- und Ab-Iterationen deshalb *sehr* gut durch die Poisson-Verteilung (oder Approximationen der Poisson-Verteilung) approximiert werden, wobei $\lambda = \boldsymbol{I}$.

Erwartungswert $\boldsymbol{I}$ ($l \mid N$) und Varianz der Auf- und Ab-Iterationen der Länge l

Länge	Erwartungswert $\boldsymbol{I}(l \mid N)$ exakt: $\boldsymbol{I}(l \mid N) = aN - b$		asymptotisch $\boldsymbol{I}(l \mid N) \to \boldsymbol{I}(1+\mid N) \times c$ $(N \to \infty)$	Varianz $\sigma_I^2 = d \times \boldsymbol{I}(l \mid N) + e$		Bemerkungen
l	a	b	c	d	e	Beachte
1	$4{,}1\dot{6} \times 10^{-1}$	$-8{,}\dot{3} \times 10^{-2}$	$6{,}25 \times 10^{-1}$	1,01$\dot{6}$	$-0{,}397\,\dot{2}$	— bei b und e
2	$1{,}8\dot{3} \times 10^{-1}$	$2{,}\dot{3} \times 10^{-1}$	$2{,}75 \times 10^{-1}$	0,614 550	$-0{,}019\,433\,42$	— bei e
3	$5{,}2\dot{7} \times 10^{-2}$	$1{,}30\dot{5} \times 10^{-1}$	$7{,}91\dot{6} \times 10^{-2}$	0,794 215	0,006 782 18	
4	$1{,}150\,793\,65 \times 10^{-2}$	$4{,}126\,984\,13 \times 10^{-2}$	$1{,}726\,190\,48 \times 10^{-2}$	0,935 800	0,000 839 24	
5	$2{,}033\,730\,16 \times 10^{-3}$	$9{,}474\,206\,34 \times 10^{-3}$	$3{,}050\,595\,24 \times 10^{-3}$	0,985 361	0,000 046 29	
6	$3{,}031\,305\,11 \times 10^{-4}$	$1{,}730\,599\,65 \times 10^{-3}$	$4{,}546\,957\,67 \times 10^{-4}$	0,997 338	0,000 001 56	
7	$3{,}913\,139\,33 \times 10^{-5}$	$2{,}639\,991\,18 \times 10^{-4}$	$5{,}869\,708\,99 \times 10^{-5}$	0,999 595	0,000 000 04	
8	$4{,}459\,275\,29 \times 10^{-6}$	$3{,}467\,211\,80 \times 10^{-5}$	$6{,}688\,912\,94 \times 10^{-6}$	0,999 947	0,000 000 00	
9	$4{,}551\,133\,02 \times 10^{-7}$	$4{,}004\,161\,99 \times 10^{-6}$	$6{,}826\,699\,53 \times 10^{-7}$	0,999 994	0,000 000 00	
10	$4{,}207\,469\,48 \times 10^{-8}$	$4{,}130\,386\,07 \times 10^{-7}$	$6{,}311\,204\,22 \times 10^{-8}$	0,999 999	0,000 000 00	

(860)

Erwartungswert $\boldsymbol{I}$ ($l+ \mid N$) und Varianz der Auf- und Ab-Iterationen der Länge l und länger

Länge	Erwartungswert $\boldsymbol{I}(l+ \mid N)$ exakt: $\boldsymbol{I}(l+ \mid N) = aN - b$		asymptotisch $\boldsymbol{I}(l+ \mid N) \to \boldsymbol{I}(1+ \mid N) \times c$ $(N \to \infty)$	Varianz $\sigma_I^2 = d \times \boldsymbol{I}(l+ \mid N) + e$		Bemerkungen
$l+$	a	b	c	d	e	Beachte
1	$6{,}\dot{6} \times 10^{-1}$	$3{,}\dot{3} \times 10^{-1}$	1	0,2$\dot{6}$	$-0{,}2\dot{3}$	— bei e
2	$2{,}5 \times 10^{-1}$	$4{,}1\dot{6} \times 10^{-1}$	$3{,}75 \times 10^{-1}$	0,31$\dot{6}$	0,07$\dot{2}$	
3	$6{,}\dot{6} \times 10^{-2}$	$1{,}8\dot{3} \times 10^{-1}$	1×10^{-1}	0,710 847	0,017 294 97	
4	$1{,}3\dot{8} \times 10^{-2}$	$5{,}2\dot{7} \times 10^{-2}$	$2{,}08\dot{3} \times 10^{-2}$	0,917 857	0,001 478 17	
5	$2{,}3\dot{8}0\,\dot{9}\dot{5} \times 10^{-3}$	$1{,}150\,793\,65 \times 10^{-2}$	$3{,}571\,428\,57 \times 10^{-3}$	0,982 145	0,000 070 53	
6	$3{,}47\dot{2} \times 10^{-4}$	$2{,}033\,730\,16 \times 10^{-3}$	$5{,}208\,\dot{3} \times 10^{-4}$	0,996 871	0,000 002 20	
7	$4{,}409\,171\,08 \times 10^{-5}$	$3{,}031\,305\,11 \times 10^{-4}$	$6{,}613\,756\,61 \times 10^{-5}$	0,999 535	0,000 000 05	
8	$4{,}960\,317\,46 \times 10^{-6}$	$3{,}913\,139\,33 \times 10^{-5}$	$7{,}440\,476\,19 \times 10^{-6}$	0,999 940	0,000 000 00	
9	$5{,}010\,421\,67 \times 10^{-7}$	$4{,}459\,275\,29 \times 10^{-6}$	$7{,}515\,632\,51 \times 10^{-7}$	0,999 993	0,000 000 00	
10	$4{,}592\,886\,53 \times 10^{-8}$	$4{,}551\,133\,02 \times 10^{-7}$	$6{,}889\,329\,80 \times 10^{-8}$	0,999 999	0,000 000 00	
11	$3{,}854\,170\,52 \times 10^{-9}$	$4{,}207\,469\,48 \times 10^{-8}$	$5{,}781\,255\,78 \times 10^{-9}$	0,999 999	0,000 000 00	

(861)

25 D. Iterationen um den Median[56]

(Tafel S. 130)

Die Tafel auf S. 130 bietet eine Handhabe zur Beurteilung von Iterationen über und/oder unter dem Median. Die dort angegebenen Anweisungen genügen für die Praxis.

25 E. Iterationen in Stichproben aus einer binomialen Bevölkerung, deren Wahrscheinlichkeiten p und q unbekannt sind

(Tafel S. 129)

Definition:

(Zeit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Folge (I)	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$
Folge (II)	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{A}$
Folge (III)	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{A}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$	$\underline{B}$

Jede der Folgen (I), (II), (III) hat einen Umfang von $N = 10$ und eine Anzahl B von $N_1 = 4$ und eine Anzahl A von $N_2 = 6$. (Man nenne, sofern $N = N_1 + N_2 < 40$, die kleinere Anzahl N_1). In diesen Folgen bilden die unterstrichenen Buchstaben je eine Iteration (englisch *run*). Das Total der Iterationen I ist bei Folge (I) = 7, bei Folge (II) = 9, bei Folge (III) = 2.

Die Tafel auf S. 129 gibt die Signifikanzschranken für die Schätzung I (total $\mid N_1, N_2$) des Erwartungswertes $\boldsymbol{I}$ (total) unter der Bedingung (N_1, N_2).

a) Wird die linke Schranke *erreicht* oder *unterschritten*, so ist:
$I < \boldsymbol{I}$ (Signifikanzwahrscheinlichkeit α) oder
$I \neq \boldsymbol{I}$ (Signifikanzwahrscheinlichkeit 2α).

b) Wird die rechte Schranke *erreicht* oder *überschritten*, so ist:
$I > \boldsymbol{I}$ (Signifikanzwahrscheinlichkeit α) oder
$I \neq \boldsymbol{I}$ (Signifikanzwahrscheinlichkeit 2α).

c) Liegt I zwischen den Schranken und *erreicht sie nicht*, so kann die Nullhypothese nicht verworfen werden.

Für N_1, N_2 außerhalb des Tafelumfanges kann der Prüfquotient (**859**) verwendet werden, wobei man (**868**a) und (**868**b) einsetzt.

Erwartungswerte und Varianzen

– für die Anzahl der Iterationen der Länge l des Ereignisses 1, das total N_1-mal eingetroffen ist (N_2 = Anzahl der Ereignisse 2, $N = N_1 + N_2$).

$$\boldsymbol{I}_1(l \mid N_1, N_2) = N_2(N_2+1)\frac{N_1!\,(N-l-1)!}{N!\,(N_1-l)!} \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}\left[1 - \boldsymbol{I} + N_2(N_2-1)\frac{(N-2l-2)!\,(N_1-l)!}{(N-l-1)!\,(N_1-2l)!}\right] \quad \text{(b)}$$

(**862**)[57]

asymptotisch für größere N

$$\boldsymbol{I}_1(l \mid N_1, N_2) = Np^lq^2 \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}\left\{1 - \frac{\boldsymbol{I}}{N}\left[\frac{l^2}{p} + \frac{2}{q} - (l+1)^2\right]\right\} \quad \text{(b)}$$

$p = N_1/N$, $q = N_2/N$ (**863**)[57]

– für die Anzahl der Iterationen der Länge l und *länger* des Ereignisses 1

$$\boldsymbol{I}_1(l+ \mid N_1, N_2) = (N_2+1)\frac{N_1!\,(N-l)!}{N!\,(N_1-l)!} \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}\left[1 - \boldsymbol{I} + N_2\frac{(N-2l)!\,(N_1-l)!}{(N-l)!\,(N_1-2l)!}\right] \quad \text{(b)}$$

(**864**)[57]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_1(l+ \mid N_1, N_2) = Np^lq \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}\left\{1 - \frac{\boldsymbol{I}}{N}\left[\frac{l^2q}{p} + \frac{1}{q}\right]\right\} \quad \text{(b)}$$

p und q wie in (**863**) (**865**)[57]

– für die Anzahl aller Iterationen des Ereignisses 1

$$\boldsymbol{I}_1(\text{total} \mid N_1, N_2) = \boldsymbol{I}_1(1+ \mid N_1, N_2) = \frac{N_1(N_2+1)}{N} \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \frac{\boldsymbol{I}(\boldsymbol{I}-1)}{N-1} \quad \text{(b)}$$

(**866**)[58]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_1(\text{total} \mid N_1, N_2) = \boldsymbol{I}(1+ \mid N_1, N_2) = Npq \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}^2/N \quad \text{(b)}$$

p und q wie in (**863**) (**867**)[57]

– für die Anzahl aller Iterationen der Ereignisse 1 und 2

$$\boldsymbol{I}_{1+2}(\text{total} \mid N_1, N_2) = \frac{2N_1N_2}{N} + 1 \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \frac{(\boldsymbol{I}-1)(\boldsymbol{I}-2)}{N-1} \quad \text{(b)}$$

(**868**)[59]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_{1+2}(\text{total} \mid N_1, N_2) = 2Npq \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}^2/N \quad \text{(b)}$$

p und q wie in (**863**) (**869**)[59]

Die Anzahl aller Iterationen des Ereignisses 1 läßt sich exakt (innerhalb des Umfanges der Tafeln S. 109–123) mit dem Vierfelder-Test prüfen[58]. Man bilde

I_1	$N_1 - I_1$	N_1
$N_2 + 1 - I_1$	$I_1 - 1$	N_2
$N_2 + 1$	$N_1 - 1$	N

(**870**)

25 F. Der WALD- und WOLFOWITZ-Test[59]

Gegeben 2 Stichproben aus *stetigen* Bevölkerungen *beliebiger* Gestalt. Man rangiert sie wie in (**833**). *Aufeinanderfolgende* Ordnungszahlen *einer* Stichprobe definieren nun eine Iteration. Man zählt die Gesamtanzahl aller Iterationen und prüft sie mit Tafel S. 129 (vgl. Abschnitt 25 E) oder außerhalb des Tafelumfanges mit (**859**), indem man (**868**a und b) oder (**869**a und b) einsetzt.

Beispiel 74: Rangierung und Bestimmung der Iteration (hier ist 1, 2, ... eine Rangfolge).

Stichprobe 1	1,55		1,58	1,70		1,92			2,20	2,21		
Stichprobe 2					1,91			1,93	2,00			2,30	2,40
$O_{1,2}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Iteration 1 u. 2	1			1	1	1		1		1			

Total der Iterationen: 6, $N = 11$, $N_1 = 6$, $N_2 = 5$.

Erreicht oder *unterschreitet* die Gesamtzahl der Iterationen die *linke* Schranke (nur diese ist in diesem Test zu gebrauchen!), so gilt die Interpretation: Die Stichproben entstammen nicht derselben Bevölkerung (2α).

Die Macht dieses Testes nimmt bei steigendem Stichprobenumfang ab.

25 G. Iterationen in Stichproben aus binomialen Bevölkerungen, deren Wahrscheinlichkeiten $\boldsymbol{p}$ und $\boldsymbol{q}$ bekannt sind

Erwartungswerte und Varianzen

– für die Anzahl der Iterationen des Ereignisses 1, dessen Wahrscheinlichkeit, gezogen zu werden, gleich $\boldsymbol{p}$ ist

$$\boldsymbol{I}_1(l \mid N, \boldsymbol{p}) = \boldsymbol{p}^l\boldsymbol{q}\,[(N-l-1)\,\boldsymbol{q} + 2];\ (l < N)$$

$$= \boldsymbol{p}^l \qquad ;\ (l = N)$$

σ^2 es ist uns keine korrekte Formel bekannt

(**871**)[60]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_1(l \mid N, \boldsymbol{p}) = N\boldsymbol{p}^l\boldsymbol{q}^2 \quad \text{(a)}[60]$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}\left\{1 - \boldsymbol{p}^l\boldsymbol{q}^2\left[2\left(l - \frac{\boldsymbol{p}}{\boldsymbol{q}}\right) + 1\right]\right\} \quad \text{(b)}[57]$$

(**872**)

– für die Anzahl der Iterationen der Länge l und *länger*

$$\boldsymbol{I}_1(l+ \mid N, \boldsymbol{p}) = \boldsymbol{p}^l\,[(N-l)\,\boldsymbol{q} + 1]$$

σ^2 es ist uns keine korrekte Formel bekannt

(**873**)[60]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_1(l+ \mid N, \boldsymbol{p}) = N\boldsymbol{p}^l\boldsymbol{q} \quad \text{(a)}[60]$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}\,[1 - \boldsymbol{p}^l\boldsymbol{q}\,(2l+1)] \quad \text{(b)}[57]$$

(**874**)

– für die Anzahl aller Iterationen des Ereignisses 1

$$\boldsymbol{I}_1(\text{total} \mid N, \boldsymbol{p}) = \boldsymbol{p}\,[(N-1)\,\boldsymbol{q} + 1] \quad \text{(a)}[60]$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}(1-\boldsymbol{I}) + (N-2)\,\boldsymbol{p}^2\boldsymbol{q}\,[(N-3)\,\boldsymbol{q} + 2] \quad \text{(b)}[57]$$

(**875**)

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_1(\text{total} \mid N, \boldsymbol{p}) = N\boldsymbol{p}\boldsymbol{q} \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}(1 - 3\,\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}) \quad \text{(b)}$$

(**876**)[60]

– für die Anzahl aller Iterationen der Ereignisse 1 und 2

$$\boldsymbol{I}_{1+2}(\text{total} \mid N, \boldsymbol{p}) = 2\,(N-1)\,\boldsymbol{p}\boldsymbol{q} + 1 \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = 2\,\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}\,\{2\,[N - (3N-5)\,\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}] - 3\} \quad \text{(b)}$$

(**877**)[60]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_{1+2}(\text{total} \mid N, \boldsymbol{p}) = 2N\boldsymbol{p}\boldsymbol{q} \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}(2 - 3\,\boldsymbol{p}\boldsymbol{q}) \quad \text{(b)}$$

(**878**)[60]

25 H. Iterationen in Stichproben aus multinomialen Bevölkerungen

a) *Die Wahrscheinlichkeiten $\boldsymbol{p}_1, \boldsymbol{p}_2, \ldots, \boldsymbol{p}_i, \ldots, \boldsymbol{p}_k$ sind unbekannt.*

Erwartungswerte und Varianzen

– für die Anzahl aller Iterationen des Ereignisses i, das N_i-mal eingetroffen ist

$$\boldsymbol{I}_i(\text{total} \mid N_i, N) = \frac{N_i(N-N_i-1)}{N} \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \frac{\boldsymbol{I}(\boldsymbol{I}-1)}{N-1} \quad \text{(b)}$$

(**879**)[57]

asymptotisch

$$\boldsymbol{I}_i(\text{total} \mid N_i, N) = Np_i(1-p_i) \quad \text{(a)}$$

$$\sigma^2 = \boldsymbol{I}^2/N \quad \text{(b)}$$

$p_i = \frac{N_i}{N}$ (**880**)[57]

– für die Anzahl aller Iterationen aller Ereignisse

asymptotisch

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{I}(\text{total}, N) &= N\left(1-\sum_1^k p_i^2\right) \\ \sigma^2 &= N[\textstyle\sum p_i^2 - 2\sum p_i^3 - (\sum p_i^2)^2] \end{aligned}\right\} \begin{matrix} p_i \text{ wie} \\ \text{in (880)} \end{matrix} \left.\begin{matrix} \text{(a)} \\ \text{(b)} \end{matrix}\right\} \textbf{(881)}^{57}$$

wenn $N_1 = N_2 = \ldots = N_k = N_0$, wird **(877)**

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{I}(\text{total}) &= N(1-p) \\ \sigma^2 &= p\boldsymbol{I} \end{aligned}\right\} \; p = 1/k \quad \left.\begin{matrix} \text{(a)} \\ \text{(b)} \end{matrix}\right\} \textbf{(882)}$$

b) *Die Wahrscheinlichkeiten $\boldsymbol{p}_i$ sind bekannt*

$\boldsymbol{p}_i$ ist die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses i, gezogen zu werden.

Erwartungswerte und Varianzen

– für die Anzahl aller Iterationen des Ereignisses i

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{I}_i(\text{total} \mid N, \boldsymbol{p}_i) &= \boldsymbol{p}_i[(N-1)(1-\boldsymbol{p}_i)+1] && \text{(a)} \\ \sigma^2 &= N\boldsymbol{p}_i(1-4\boldsymbol{p}_i+6\boldsymbol{p}_i^2-3\boldsymbol{p}_i^3)+ && \\ &\quad +\boldsymbol{p}_i^2(3-8\boldsymbol{p}_i+5\boldsymbol{p}_i^2) && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \textbf{(883)}^{57}$$

Formel **(883)** ist identisch mit **(875)**, wenn in **(875)** $\boldsymbol{p}_i$ an Stelle von $\boldsymbol{p}$ und $1-\boldsymbol{p}$ an Stelle von $\boldsymbol{q}$ eingesetzt wird.

asymptotisch

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{I}_i(\text{total} \mid N, \boldsymbol{p}_i) &= N\boldsymbol{p}_i(1-\boldsymbol{p}_i) && \text{(a)} \\ \sigma^2 &= \boldsymbol{I}[1-3\boldsymbol{p}_i(1-\boldsymbol{p}_i)] && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \textbf{(884)}^{57}$$

– für die Anzahl aller Iterationen aller Ereignisse

asymptotisch

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{I}(\text{total}) &= N(1-\textstyle\sum \boldsymbol{p}_i^2) && \text{(a)} \\ \sigma^2 &= N[\textstyle\sum \boldsymbol{p}_i^2 + 2\sum \boldsymbol{p}_i^3 - 3(\sum \boldsymbol{p}_i^2)^2] && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \textbf{(885)}^{57}$$

wenn $\boldsymbol{p}_1 = \boldsymbol{p}_2 = \cdots = \boldsymbol{p}_k = \boldsymbol{p} = 1/k$

wird **(885)**

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{I}(\text{total}) &= N(1-\boldsymbol{p}) && \text{(a)} \\ \sigma^2 &= \boldsymbol{p}\boldsymbol{I} && \text{(b)} \end{aligned}\right\} \textbf{(886)}^{57}$$

26. Sequentialanalyse

Die Sequentialanalyse ist einer der modernsten Zweige der Statistik. Leider können wir darauf nicht eintreten.

Im folgenden sind zwei Pläne[61] gegeben, die es gestatten, ohne Rechnung zum Beispiel einen Vergleich zwischen zwei Medikamenten durchzuführen.

Anwendungsbeispiel 75. Es soll geprüft werden, ob Medikament A besser sei als Medikament B. Aus dem Patientenmaterial werden zwei Patienten herausgegriffen. Beide sind *gleichzeitig* oder *kurz* nacheinander zu behandeln, wobei ein Münzenwurf entscheide, welcher Patient das Medikament A erhalten soll. Die Beurteilung der Wirkung erfolgt nach der Skala

Mittel A besser Mittel B besser kein Unterschied

Ist Mittel A besser, kreuze man in den Abbildungen 49 und 50 das Feld *senkrecht über* dem schwarzen Quadrat an. Ist Mittel B besser, markiere man das Feld *waagrecht daneben*. Besteht kein Unterschied, wird kein Eintrag gemacht. Danach schreitet man zum zweiten Versuch, der gleich angelegt wird, wie oben beschrieben. Das Resultat wird in derselben Weise eingetragen wie beim ersten

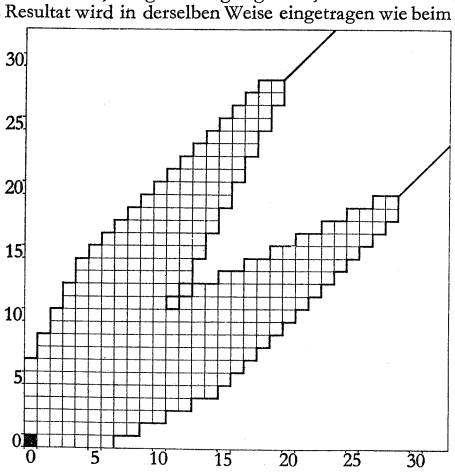


Abb. 49 Plan zur Sequentialanalyse ($2\alpha = 0{,}01$).

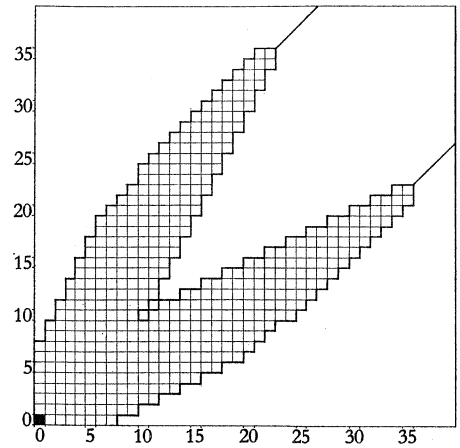


Abb. 50 Plan zur Sequentialanalyse ($2\alpha = 0{,}05$).

Versuch, als Bezugsquadrat dient hingegen das beim ersten Versuch markierte Feld, beim dritten Versuch das im zweiten Versuch markierte Feld usw. Sobald im Laufe der Versuchsserie eine Grenze überschritten wird, gilt:

a) obere Grenze: Medikament A ist besser
b) untere Grenze: Medikament B ist besser
c) mittlere Grenze: kein Unterschied festzustellen

Signifikanzwahrscheinlichkeit von a) und b): 2α.

Literatur

1) De Laplace, M., *Théorie analytique des probabilités*, 3. Aufl., Paris (1820). *2)* Molina, E. C., *Poisson's Exponential Binomial Limit*, Princeton (1942). *3)* Pearson, K., *Tables of the Incomplete Beta-Function*, Cambridge (1934). *4) Tables of the Binomial Probability Distribution*, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series 6, Washington (1949). *5)* Rao, C. R., *Bull. Calcutta math. Soc.*, **37**, 81 (1945). *6)* Cramér, H., *Mathematical Methods of Statistics*, Princeton (1946). *7)* Neyman, J., *Ann. math. Statist.*, **6**, 111 (1935). *8)* Neyman, J., *Phil. Trans. A*, **236**, 333 (1937). *9)* Neyman, J., *Biometrika*, **32**, 128 (1941/42). *10)* Proschan, F., *J. Amer. statist. Ass.*, **48**, 550 (1953). *11) Tables of Normal Probability Functions*, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series 23, Washington (1953). *12)* Bliss, C. I., *Ann. appl. Biol.*, **22**, 134 (1935). *13)* Fisher und Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, 4. Aufl., Edinburgh (1953). *14)* Pearson und Hartley (Hrsg.), *Biometrika Tables for Statisticians*, Bd. 1, Cambridge (1954). *15)* Finney, D. J., *Probit Analysis*, 2. Aufl., Cambridge (1952). *16)* Wilson und Hilferty, *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.)*, **17**, 684 (1931). *17)* Fisher, R. A., On a Distribution Yielding the Error Function of Several Well-Known Statistics, *Proceedings of the International Mathematical Congress*, Bd. 2, Toronto (1924), S. 805. *18)* Eisenhart et al. (Hrsg.), *Selected Techniques of Statistical Analysis for Scientific and Industrial Research and Production and Management Engineering*, New York und London (1947), S. 108. *19)* Vgl. Tippett, L. H. C., *Biometrika*, **17**, 364 (1925). *20)* Davies und Pearson, Suppl. to *J. roy. statist. Soc.*, **1**, 76 (1934). *21)* Dixon, W. J., *Ann. math. Statist.*, **21**, 488 (1950). *22)* Dixon, W. J., *Ann. math. Statist.*, **22**, 68 (1951). *23)* Dixon, W. J., *Biometrics*, **9**, 74 (1953). *24)* Lord, E., *Biometrika*, **34**, 41 (1947). *25)* Walsh, J. E., *Ann. math. Statist.*, **20**, 257 (1949). *26)* Walsh, J. E., *J. Amer. statist. Ass.*, **44**, 342 (1949). *27)* Welch, B. L., *Biometrika*, **36**, 293 (1949). *28)* Bartlett, M. S., *Proc. roy. Soc. A*, **160**, 268 (1937). *29)* Duncan, D. B., *Biometrics*, **11**, 1 (1955). *30)* Bliss, C. I., *Biometrics*, **1**, 57 (1945). *31)* Berkson, J., *Biometrics*, **7**, 327 (1951). *32)* Berkson, J., *J. Amer. statist. Ass.*, **48**, 565 (1953) *33)* Kendall, M. G., *Rank Correlation Methods*, 2. Aufl., London (1955). *34)* Van der Waerden, B. L., *Mathematische Statistik*, Berlin (1957). *35)* Pearson und Wilks, *Biometrika*, **25**, 353 (1933). *36)* Freeman und Tukey, *Ann. math. Statist.*, **21**, 607 (1950). *37)* Clopper und Pearson, *Biometrika*, **26**, 404 (1934). *38)* Wilks, S. S., *Bull. Amer. math. Soc.*, **54**, 6 (1948). *39)* Scheffé und Tukey, *Memorandum Report 28*, Statistical Research Group, Princeton University (1949). *40)* Bliss, C. I., *Biometrics*, **9**, 176 (1953). *41)* Katz, L., *J. Amer. statist. Ass.*, **48**, 256 (1953). *42)* Bross, I., *Biometrics*, **10**, 245 (1954). *43)* Wilcoxon, F., *Biometrics*, **1**, 80 (1945). *44)* Wilcoxon, F., *Biometrics*, **3**, 119 (1947). *45)* Haldane und Smith, *Ann. Eugen. (Lond.)*, **14**, 117 (1947–1949). *46)* Walter, E., *Mitthl. math. Statist.*, **6**, 92 (1954). *47)* Walter, E., *Mitthl. math. Statist.*, **6**, 170 (1954). *48)* Walter, E., *Metrika*, **1**, 81 (1958). *49)* Neumann et al., *Ann. math. Statist.*, **12**, 153 (1941). *50)* Anderson, R. L., *Ann. math. Statist.*, **13**, 1 (1942). *51)* Wald und Wolfowitz, *Ann. math. Statist.*, **14**, 378 (1943). *52)* Bennett und Franklin, *Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry*, New York (1954). *53)* Levene und Wolfowitz, *Ann. math. Statist.*, **15**, 58 (1944). *54)* Wolfowitz, J., *Ann. math. Statist.*, **15**, 163 (1944). *55)* Olmstead, P. S., *Ann. math. Statist.*, **17**, 24 (1946). *56)* Olmstead, P. S., *Runs Determined in a Sample by an Arbitrary Cut*, Bell Telephone System, Technical Publications, Monograph 2937, New York (1958). *57)* Mood, A. M., *Ann. math. Statist.*, **11**, 367 (1940). *58)* Stevens, W. L., *Ann. Eugen. (Lond.)*, **9**, 10 (1939). *59)* Wald und Wolfowitz, *Ann. math. Statist.*, **11**, 147 (1940). *60)* von Bortkiewicz, L., *Die Iterationen*, Berlin (1917). *61)* Bross, I., *Biometrics*, **8**, 188 (1952).

Errata

Formel (**390**), letzte Zeile: $\geqq$ ist durch $\leqq$ zu ersetzen. Formel (**496**): $\varkappa =$ ist durch $\bar{\varkappa} =$ zu ersetzen. Formel (**571**): der Nenner des zweiten Bruches heißt: $(\nu_2 + \nu_1 F)^{(\nu_1+\nu_2)/2}$. Formel (**648**): $b_{xy} =$ ist durch $b_{yx} =$ zu ersetzen. Formeln (**758**) bis (**767**): alle p und q sind durch $\boldsymbol{p}$ und $\boldsymbol{q}$ zu ersetzen.

Stichwortregister und Inhaltsverzeichnis zum Kapitel Statistik

Die Seitenzahlen sind in gewöhnlicher Schrift gedruckt, die Formelnummern in halbfetter Grotesk.

α, 2α (Signifikanzwahrscheinlichkeit) **376–378, 384, 409, 410, 412**
Abhängige Versuche und Ereignisse **337, 356–358, 360–362**
Additionstheorem
- der χ^2-Verteilung ... **564**
- der Normalverteilung ... **545**
- der POISSON-Verteilung ... **786**
Angepaßte Häufigkeiten ... **568**
Annahmen über die Gestalt der Bevölkerung 159
Anpassung von Normalkurven an Stichproben ... 164
Anpassungsteste (χ^2-Verteilung) ... **566, 567**
Approximationen und Transformationen
- *durch die Binomialverteilung*
- - der F-Verteilung ... **578, 579**
- - der hypergeometrischen Verteilung ... **813**
- *durch die χ^2-Verteilung* ... **566**
- - der F-Verteilung ... **576**
- - der hypergeometrischen Verteilung **818, 826–828**
- - der multinomialen Verteilung ... **826–828**
- - der POISSON-Verteilung ... **800, 801, 803**
- - verteilungsfreier Toleranzgrenzen ... **781**
- *durch die Normalverteilung* ... **546**
- - der Binomialverteilung **756–767, 771, 772, 778, 779, 821**
- - der χ^2-Verteilung ... **556, 557**
- - der sukzessiven Differenzenstreuung ... **856**
- - der hypergeometrischen Verteilung **816, 819**
- - von Iterationen (runs) ... **859**
- - des Korrelationskoeffizienten r ... **706–724**
- - des Paarkorrelationskoeffizienten R_h ... **858**
- - des SPEARMANschen Korrelationskoeff. R **728**
- - der POISSON-Verteilung ... **793–797, 804**
- *durch die POISSON-Verteilung* ... **789**
- - der Binomialverteilung ... **768**
- - der hypergeometrischen Verteilung ... **814**
- - der χ^2-Verteilung ... **561–563**
- *durch die STUDENT-Verteilung*
- - der F-Verteilung ... **575**
Arcus-Sinus-Transf. der Binomialverteilung. **782**
- der POISSON-Verteilung ... **799**
Asymptotisch biasfreie Schätzung ... **426**
- wirksamste Schätzung ... **429–431**
Auf- und Ab-Iterationen (runs up and down) ... 170.25

BARTLETT-Test (Normalverteilung) ... **621, 622**
Bedingtes Ereignis ... **337, 356–362**
Bestimmtheitsmaß (r^2) ... 170.10
Bevölkerung (Definition) ... **318, 327–332**
Beziehung zwischen Korrelations- und Regressionskoeffizienten ... **705**
- zwischen r und dem SPEARMANschen Korrelationskoeffizienten R ... **729**
Beziehungen zwischen Modus, Median und Mittelwert ... **504**
Bias und Erwartungswert ... 153
Bindung (Definition) ... **346**
Binomialverteilung
- Allgemeines ... 170.14
- Parameter ... 170.15
- und Normalverteilung ... 170.15
- und POISSON-Verteilung ... 170.16
- Vertrauensgrenzen und Signifikanzschranken ... 170.16 ff.
- Arcus-Sinus-Transformation ... 170.18

c-Test (Normalverteilung) ... **598**
χ^2-Teste ... **565–569, 584, 721, 791, 825–828**
χ^2-Verteilung
- Wahrscheinlichkeitsdichte ... **554**
- Parameter ... 168
- und Normalverteilung ... 168
- und POISSON-Verteilung ... 168
- Additionstheorem ... 168
- und Varianz von Stichproben ... 168
- als asymptotische Verteilung ... 168 ff.
Confidence limits (Definition) ... **439**

Definitionen, einleitende ... 146
Dezile ... **499**
Differenzenstreuung, sukzessive ... 170.24
Diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung (Allgemeines) ... 149
Diskrete Zufallsveränderliche (Definition) .. **341**
Dosierung und log. Normalverteilung ... 166
DUNCAN-Test (Normalverteilung) ... 170.4

Einseitige
- Signifikanzschranken (diskr. Verteil.) **376, 377**
- - (stetige Verteilung) ... **409, 410**
- Vertrauensbereiche (Interpretation) ... **444**
- Vertrauensgrenzen (diskrete Verteilung) . **386**
- Vertrauensgrenzen (stetige Verteilung) ... **416**
- und zweiseitige Teste (allgemein) ... 158 ff.
Einseitiger
- χ^2-Test ... **558e**
Einzelwahrscheinlichkeit
- der Binomialverteilung ... **744**
- der hypergeometrischen Verteilung ... **805**
- der POISSON-Verteilung ... **784**
Endliche Bevölkerung (Definition) ... **327, 328**
Ereignis
- aufeinanderfolgendes ... **336, 337, 356–362**
- ausschließendes ... **334, 335, 353–355**
- bedingtes ... **337, 356–362**
- Definitionen ... 147
- fast sicheres ... **352**
- gleichzeitiges ... **336, 356–362**
- komplementäres ... **334, 354**
- sicheres ... **351**
- unmögliches ... **351**
- zufälliges ... **321**
- zusammengesetztes ... **338**
Ereignisse, stochastisch abhängige und unabhängige ... **356–362**
Erwartungswert und Bias ... 153
Extremabweichung und Extrembereich (Normalverteilung) ... 170.0

F-Verteilung ... 169
Fehler erster Art (Signifikanzteste) ... **467**
- zweiter Art (Signifikanzteste) ... **468**
Folge, rangierte ... **342, 833–836**
- Prüfung von ... **837–845, 850**
Folge, zufällige ... **323, 836**
- Prüfung von ... **846–849, 851–886**
Fraktile siehe Quantile

Gebundene Werte (ties) ... **346**
- Rangierung ... **834**
Gekörnte Veränderliche ... **344–346**
Gesetz der großen Zahl ... **427**
Grenzen nach Wahrscheinlichkeit ... 162
Grenzwertsatz, zentraler (Normalverteilung) **546**
Gruppierte Stichproben
- Anpassung von Normalkurven an ... 165
- Schätzung von Mittelwert und Varianz ... 161
- und logarithmische Normalverteilung ... **544**
Halbachsen der Vertrauens- und Toleranzellipsen (Regression zweiter Art) ... **739–740**
Haldane-Test über den Einfluß der zeitlichen Reihenfolge ... 170.24
Häufigkeit (Definitionen) ... **347–349**
Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit, zusammengesetzte Ereignisse ... 147
Häufigkeiten, Prüfung von ... 170.22
Horizontaler Abstand zwischen zwei parallelen Regressionsgeraden erster Art **691, 692, 700, 701**
Hypergeometrische Verteilung ... 170.20
Hypothetische und unbekannte Bevölkerung 158

Identität von Median und Mittelwert bei symmetrischen stetigen Verteilungen **504, 505**
Interpretation von Signifikanztesten ... 158
Irrtumswahrscheinlichkeit **376–379, 390, 391, 409–411, 417–418**
Iterationen (runs) ... 170.25 ff.

Klassenhäufigkeit in χ^2-Testen ... **567**
Konsistenz von Schätzungen ... 154
Konvergenz
- der Signifikanzschranken ... **462**
- der Standardabweichung ... **432**
Konvergenz *(Fortsetzung)*
- stochastische ... 153
- der Toleranzgrenzen ... **449**
- der Vertrauensgrenzen ... **443**
- nach Wahrscheinlichkeit ... 153
Korrelationskoeffizient r ... 170.10 ff.
Kovarianz ... **633, 634, 647, 678, 682**
Kumulierte Wahrscheinlichkeitsverteilung (Definitionen) ... **364, 368, 401–403**

Lageparameter siehe Quantile
Logarithmische Normalverteilung ... 166
Logitregression ... 170.10
lognormal ... 166
LORD-Test auf Grund des Extrembereiches . **600**

Macht eines Signifikanztestes ... 158
Maximum-Test für Paardifferenzen ... 170.24
Mean square successive difference ... 170.24
Median (Definition) ... **499**
- Beziehungen zu Modus und Mittelwert .. **504**
- Iterationen rund um den ... 170.25
- der Normalverteilung ... 163
- verteilungfreie Vertrauensgrenzen ... 162
- Vertrauensgrenzen für den Median der Normalverteilung ... **534**
Merkmal ... **317**
Merkmal und Ereignis ... 147
Midrange-Test (nach Extrembereich) ... **601**
Mittelwert der Bevölkerung ... **482**
- *der Arcus-Sinus-Transformation*
- - der Binomialverteilung ... 170.18
- - der POISSON-Verteilung ... **799**
- der Binomialverteilung ... **746**
- der χ^2-Verteilung ... **555b**
- der sukzessiven Differenzenstreuung ... **852**
- der F-Verteilung ... **572a**
- der hypergeometrischen Verteilung ... **811**
- der Iterationenanzahl ... **860–886**
- der logarithmischen Normalverteilung ... **535**
- der POISSON-Verteilung ... **787a**
- der Standard-Normalverteilung ... 163
Mittelwert der Stichprobe siehe Schätzungen
Mittlere quadratische Abweichung siehe Varianz
Modus ... **503**
- Beziehung zu Mittelwert und Median **504**
- der χ^2-Verteilung ... **555a**
- der logarithmischen Normalverteilung ... **533**
- der Normalverteilung ... 163
«Normal» ... **455**
Normalbereiche ... **454, 455**
Normalverteilung
- Definition und Charakteristiken ... 162
- Die standardisierte Normalverteilung 163
- Die Probittransformation ... 164
- Anpassung von Normalkurven an Stichproben ... 164
- Standardabweichungen der Quantile 166
- Die logarithmische Normalverteilung 166
- Das Additionstheorem ... 166
- Der zentrale Grenzwertsatz ... 167
- und eng verbundene Verteilungen ... 167
- Vertrauens- und Toleranzgrenzen ... 170.0
- Extrembereich und Extremabweichungen 170.0
- Vergleich einer Stichprobe mit der hypothetischen Bevölkerung ... 170.2
- Vergleich zweier Stichproben ... 170.3
- Prüfung mehrerer Stichproben ... 170.4
- Regression erster Art ... 170.5
- Regression zweiter Art ... 170.10
Normierte Veränderliche ... **489**
Nullhypothese (Signifikanzteste) ... 158

Ordnungszahlen
- rangierter Stichprobenwerte **342, 501, 833–836**
- der verteilungsfreien Vertrauensgrenzen für Quantile ... **502**
Orthogonaler Regressionskoeffizient ... **738**

Paarkorrelation ... 170.24
Parameter (allgemein) ... 160
- siehe auch Mittelwert, Modus, Quantile, Varianz
Perzentile ... **499**

Poisson-Verteilung ..... 170.18ff.
Probittransformation 164
Prozentuale Häufigkeit (Definition) **348**
- Vertrauensgrenzen für **769–776**
- Vertrauensgrenzen für Zunahme der . **831, 832**
Prüfungen
- Allgemeines ..... 158ff.
- Bartlett-Test 170.4
- χ^2-*Teste*
- - Mehrfeldertafeln ..... 170.22ff.
- - Normalverteilung (Anpassung) 165
- - Poisson-Verteilung (Anpassung) ... 170.19
- *c*-Test 170.2
- Duncan-Test 170.4
- von Extremwerten ..... 170.1ff.
- *F*-Test 170.3
- Haldane-Test 170.24
- von Häufigkeiten ..... 170.22ff.
- von Iterationen (runs) ..... 170.25ff.
- *von Korrelationskoeffizienten*
- - der Regression zweiter Art ..... 170.10ff.
- - Paarkorrelation 170.25
- - Spearmansche Korrelation 170.12
- der Linearität einer Regressionsfunktion 170.7
- Lord-Test 170.2
- Maximum-Test 170.24
- Midrange-Test 170.2
- auf Nichtzufall ..... 170.24ff.
- von Paardifferenzen
  162, 170.3, 170.23, 170.24, 170.27
- von Regressionen erster Art ..... 170.7ff.
- von Regressionen zweiter Art ..... 170.12ff.
- *von Reihenfolgen*
- - von Iterationen ..... 170.25ff.
- - von Rangfolgen 170.23
- - von Zeitfolgen 170.24
- *mehrerer Stichproben*
- - aus binomialen Bevölkerungen 170.22
- - aus multinomialen Bevölkerungen .. 170.22
- - aus normalen Bevölkerungen ..... 170.3ff.
- - aus Poisson-Bevölkerungen 170.23
- *t*-Test 170.2
- Student-Test 170.2
- auf Symmetrie 162
- Vierfeldertest 170.22
- Wald- und Wolfowitz-Test 170.26
- Walsh-Test 170.3
- Wilcoxon-Test 170.23
- Zeichentest 162

Quadratsumme **493, 634, 636, 643–654**
Quantile stetiger Verteilungen 161
Quartil **499**

Rang (Definition) **342**
Rang-Korrelationskoeffizient 170.11
Rangierte Folge (Definition) **342**
Rangierung 170.23
Rangteste ..... 170.23ff.
Regression erster Art ..... 170.5ff.
Regression zweiter Art ..... 170.10ff.
Rekursionsformeln
- Binomialverteilung **745**
- hypergeometrische Verteilung **807, 808**
- Poisson-Verteilung **785**
Relative Häufigkeit (Definition) **347**
- Macht (Signifikanzteste) **473**
- Wirksamkeit von Schätzungen **433**

Schätzung
- *von Korrelationskoeffizienten*
- - des Paarkorrelationskoeffizienten **857**
- - bei Regressionen zweiter Art ..... **704** b
- - des Spearmanschen Korrelationskoeff. . **726**
- der Kovarianz **633, 647, 678, 682**
- des Mittelwertes λ (Poisson-Verteilung) .. **790**
- des Mittelwertes einer Stichprobe **491**
- von Quantilen **501**
- der Regressionsfunktion **631, 702**
- des Regressionskoeffizienten **632, 648, 683, 695**
- *von Varianzen*
- - des Korrelationskoeffizienten **707, 710, 716, 720**
- - des Mittelwertes bei Regressionen **639**
- - des Mittelwertes einer Stichprobe **495**
- - der Regressionsgeraden **638**
- - der Regressionsgeraden um den Gesamtmittelwert **657**
- - des Regressionskoeffizienten . **637, 684, 696**
- - der Restvarianz (Regress.) **635, 659, 678, 682**
- - innerhalb der Spalten ..... **624** b, **655**
- - zwischen den Spalten ..... **624** a
- - der Spaltenmittelwerte um die Regressionsgerade **656**
- der Wahrscheinlichkeit p (Binomialvert.).. **748**

Schätzungen
- Allgemeines 153
- Symbolisierung **332**
Schnellschätzungen (Allgemeines) **436**
Schnellschätzung von σ (Normalverteilung) 170.1
Schnellteste (Normalverteilung) 170.3
Sequentialanalyse 170.27
Serienkorrelation (Prüfung auf Nichtzufall) 170.24
Sheppardsche Korrektur **498**
Signifikanzschranken siehe Vertrauensgrenzen
Signifikanzteste (allgemein) 158
- siehe auch unter Prüfung
Signifikanzwahrscheinlichkeit siehe Irrtums-...
Spearmanscher Korrelationskoeffizient . 170.11
Standardabweichung siehe Varianz
Standardisierte
- Extremabweichung (Normalverteilung) 170.1
- Normalverteilung 163
- Veränderliche **489**
Stand. Extrembereich (Normalverteilung). 170.0
Stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung (Allg.) 151
Stetige Zufallsveränderliche **343**
Stichprobe **322**
Stichprobenbevölkerung **329**
Stichprobensammeln
- aus endlichen Bevölkerungen **357**
- aus unendlichen Bevölkerungen **357**
- zufälliges **320**
- mit Zurücklegen **328**
Stichprobenverteilung **329**
Stochastisch abhängige Ereignisse **358, 361**
- unabhängige Ereignisse **359, 361**
Streuung siehe Varianz
Student-Verteilung 167
Studentisierte Extremabweichung 170.1
Studentisierter Extrembereich..... 170.1
Sukzessive Differenzenstreuung 170.24
Symbole von Wahrscheinlichkeiten **349**
Symmetrie der Normalverteilung 163
Symmetrietest 162

t-Test **599**
t-Verteilung 167
Tafeln, Definitionen und Erklärungen zu
- Arcus-Sinus-Transformation 170.18
- Auf- und Ab-Iterationen 170.25
- χ^2-Verteilung 168
- Extrembereiche und -abweichungen . 170.0ff.
- *F*-Verteilung 169
- Iterationen um den Median 170.25
- Iterationsanzahl (total) 170.25
- Korrelationskoeffizient r 170.10
- Logits 170.10
- Normalverteilung 163
- Paarkorrelation 170.24
- Probits 164ff., 170.10
- Serienkorrelation 170.24
- Signifikanzschranken f. d. Vierfeldertest 170.22
- Spearmanscher Korrelationskoeffizient 170.12
- Student-Verteilung 170.4
- Sukzessive Differenzenstreuung 170.24
- *t*-Verteilung 167
- Toleranzfaktoren (Normalverteilung) ... 170.0
- Toleranzgrenzen, verteilungsfreie 162, 170.18
- Vertrauensfaktoren (Normalverteilung) 170.0
- Vertrauensgr. d. Binomialverteilung 170.16ff.
- - der Poisson-Verteilung 170.20
- Wilcoxon-Test 170.23
- Zeichentest 162
Teste siehe Prüfung
Toleranzbereiche
- Allgemeines 155
- Normalverteilung 170.0
- Regressionsgerade erster Art ..... 170.8ff.
- Regressionsgerade zweiter Art ..... 170.13ff.
- verteilungsfreie 156, 170.18
Toleranzellipse (Regression zweiter Art) 170.13ff.
Toleranzfaktoren siehe Toleranzbereiche
Transformation siehe Approximation
Tschebyscheffsche Ungleichung **486**
Umfang einer Stichprobe **322**
Unabhängige Versuche und Ereignisse **357**
Unendliche Bevölkerung **327–330, 357**

Varianz- und Standardabweichung
- Allgemeines ..... 154ff.
- Analyse (Normalverteilung) 170.4
- Bartlett-Test 170.4
- Bias von s **494**
- und χ^2-Verteilung **565**
- *F*-Test 170.3
- von Iterationen ..... 170.25ff.
- des Mittelwertes **484, 495**
- der Rangsumme (Wilcoxon) 170.23

Varianz- und Standardabweichung *(Fortsetzung)*
- bei Regressionen ..... 170.5ff.
- σ und Extrembereich ..... 170.0ff.
- σ und Probitgerade 164
- σ und sukzessive Differenzenstreuung . 170.24
- von Stichproben ..... 160ff.
- Tschebyscheffsche Ungleichung **486**
- *von Verteilungen*
- - χ^2-Verteilung **555**c
- - Binomialverteilung 170.15
- - *F*-Verteilung **572**b
- - hypergeometrische Verteilung 812
- - Normalverteilung ..... 162ff.
- - Poisson-Verteilung 170.19
- Vertrauensgrenzen für σ **565, 584**
Variationskoeffizient **485**
Veränderliche, diskrete **341**
- gekörnte **344**
- normierte **489**
- standardisierte **489**
- stetige **343**
Versuch **319**
Verteilung
- Definition **326**
- diskrete ..... 149ff.
- stetige ..... 151ff.
Verteilungen
- Binomialverteilung ..... 170.14ff.
- χ^2-Verteilung ..... 167ff.
- *F*-Verteilung ..... 169ff.
- hypergeometrische Verteilung ..... 170.20ff.
- logarithmische Normalverteilung 166
- Normalverteilung ..... 162ff.
- Poisson-Verteilung ..... 170.18ff.
- Student-Verteilung 167
- *t*-Verteilung 167
Verteilungsfreie
- Toleranzgrenzen 156, 170.18
- *Teste*
- - χ^2-Test **566**
- - Haldane-Test 170.24
- - Maximum-Test 170.24
- - Wald- und Wolfowitz-Test 170.26
- - Wilcoxon-Test 170.23
- - Zeichen-Test 162
- Vertrauensgrenzen für Quantile 156, 162, 170.18
Vertikaler Abstand zwischen zwei parallelen Regressionsgeraden erster Art **689, 690, 698, 699**
Vertrauensbereich siehe Vertrauensgrenzen
Vertrauensellipse (Regression zweiter Art) .. **736**
Vertrauensfaktoren siehe Vertrauensgrenzen
Vertrauensgrenzen
- Allgemeines ..... 155ff.
- Definitionen, mathematische **385–389, 421–423**
- für den Mittelwert μ (Normalverteilung) . **580**
- für den Korrelationskoeffizienten r ... 170.11
- für λ (Poisson-Verteilung) 170.20
- für p (Binomialverteilung) ..... 170.16ff.
- für Regressionen erster Art ..... 170.8ff.
- für Regressionen zweiter Art 170.13
- für σ (Normalverteilung) **584**
- verteilungsfreie für Quantile 162, 170.18
Vertrauenskoeffizient
- Vertr.-Wahrscheinlichkeit .. **387, 388, 397, 423**

Wahrscheinlichkeit (Definitionen) . **324, 350–423**
Wahrscheinlichkeitsdichte
- Definition **400**
- der χ^2-Verteilung **554**
- der *F*-Verteilung **571**
- der logarithmischen Normalverteilung ... **532**
- der Normalverteilung **506**
- der standardisierten Normalverteilung ... **510**
- der Student-Verteilung **549**
- der *t*-Verteilung **549**
Wald- und Wolfowitz-Test 170.26
Walsh-Test **602**
Wilcoxon-Test 170.23
Wirksamkeit (Allgemeines) 154

z-Transformation des Korrel.-Koeff. 170.10
z-Verteilung 169
Zeichentest 162
Zentraler Grenzwertsatz 167
Zentralwert siehe Median
Zufallsveränderliche **339–346**
Zufallszahlen **323**
Zweidimensionale Normalverteilung.. 170.10ff.
Zweiseitige
- Irrtumswahrscheinlichkeit, Signifik.-Schranken, Vertr.-Grenzen (Definition) **390–397, 417–423**
- Teste ..... 158ff.
- Toleranzgrenzen (allgemein) ..... 155ff.
- Vertrauensgrenzen (allgemein) 155

Einführung

Zur Darstellung physikalischer Gesetzmäßigkeiten dienen unter anderm Begriffe rein qualitativer Art, wie Länge, Masse, Zeit, Beschleunigung, Kraft, Geschwindigkeit usw., die als Größenarten[1] oder *Qualitäten*[2] (im folgenden stets so benannt) bezeichnet werden. Qualitäten werden durch entsprechende Meß*verfahren* festgelegt und definiert.

Verbindet sich mit dem abstrakten Begriff Qualität noch eine sachliche Determination, wie zum Beispiel bei den Begriffen Lichtgeschwindigkeit, Elektronenradius usw., so spricht man von *physikalischen Größen*. Eine physikalische Größe läßt sich demnach in einen qualitativen und einen quantitativen Wesensinhalt aufspalten. Zur Messung einer physikalischen Größe ist deshalb außer der Festlegung eines Meß*verfahrens* noch die Festsetzung einer Maß*einheit* erforderlich, das heißt einer Vergleichsgröße gleicher Qualität mit bekanntem und einwandfrei reproduzierbarem Betrage.

In der Physik sind die Qualitäten begrifflich und formelmäßig durch Gleichungen untereinander verknüpft. Die meisten Qualitäten (und damit auch Größen) lassen sich deshalb durch Substitution auf einige wenige zurückführen, zwischen denen nach dem derzeitigen Stande der Wissenschaft eine gesetzmäßige Verknüpfung nicht mehr zu finden ist. Solche Qualitäten werden Grundqualitäten oder *Dimensionen* genannt und müssen a priori durch Grundmeßvorschriften definiert werden. Reine Zahlenwerte, wie $^1/_2$, $^1/_4$, π usw., oder Quotienten zweier gleichartiger Qualitäten, wie zum Beispiel Winkel, relative Dichte usw., sind dimensionslos.

Je nach Art des physikalischen Stoffgebietes sind mehr oder weniger Dimensionen zur Darstellung des gesamten Gebietes erforderlich. So genügen für die Kinematik zwei, für die Mechanik drei Dimensionen, während die Darstellung der Thermodynamik, der Elektrodynamik und der Photometrie die Einführung weiterer Dimensionen erfordert.

Durch die Zusammenstellung der zugrunde liegenden Dimensionen ist die *Art* eines darauf aufgebauten Maßsystems eindeutig bestimmt. In den Dimensionen voneinander abweichende Maßsysteme werden als *artungleiche* bezeichnet, wie zum Beispiel die Länge-Masse-Zeit-Systeme (LMT-Systeme) der Physik und die korrespondierenden Länge-Kraft-Zeit-Systeme (LKT-Systeme) der Technik. Den Übergang zwischen artungleichen Maßsystemen erhält man durch Substitution der abweichenden Dimension *(Grundqualität)* des einen Systems durch die Dimensionsformel der entsprechenden *abgeleiteten Qualität* des anderen Systems. Beispiel: Übergang von LKT- zu LMT-Dimensionsformeln. Während L und T bei beiden gleich sind, besitzt die Dimension K (Kraft) der LKT-Systeme in den LMT-Systemen die Dimensionsformel LMT^{-2}. Folglich ist in LKT-Dimensionsformeln irgendwelcher Qualitäten lediglich K durch LMT^{-2} zu ersetzen, um die entsprechenden LMT-Dimensionsformeln zu erhalten.

Den *Dimensionen* (Grundqualitäten) sind entsprechende (qualitätsgleiche) *Grundeinheiten* zugeordnet. Es ist lediglich eine Frage der Zweckmäßigkeit, wie groß die Beträge dieser Grundeinheiten gewählt werden. So bestehen bei den LMT-Systemen nebeneinander das CGS-System (Grundeinheiten: Zentimeter, Gramm, mittlere Sonnensekunde), das MKS-System (Grundeinheiten: Meter, Kilogramm, mittlere Sonnensekunde), das MTS-System (Grundeinheiten: Meter, Tonne, mittlere Sonnensekunde), das ft-lb-s-System (Grundeinheiten: foot, pound, second) usw. Solche dimensionsgleiche, aber in den Beträgen ihrer Grundeinheiten differierende Maßsysteme werden als *artgleiche* bezeichnet.

Um innerhalb eines Maßsystems die Einheiten *abgeleiteter* Qualitäten zu erhalten, sind lediglich in den entsprechenden Dimensionsformeln an Stelle der einzelnen Dimensionen die entsprechenden Grundeinheiten des in Frage stehenden Maßsystems einzusetzen. So ist, wie vorhin erwähnt, in den LMT-Systemen die Dimensionsformel der Kraft LMT^{-2}. Die Krafteinheit ist danach im CGS-System $cm\,g\,s^{-2}$, im MKS-System $m\,kg\,s^{-2}$, im MTS-System $m\,t\,s^{-2}$, im ft-lb-s-System $ft\,lb\,s^{-2}$ usw. Werden solche abgeleiteten Einheiten häufig gebraucht, so erhalten sie meistens noch besondere Eigennamen, wie folgende Krafteinheiten der LMT-Systeme: $cm\,g\,s^{-2}$ = Dyn (CGS-System), $m\,kg\,s^{-2}$ = Newton (MKS-System), $m\,t\,s^{-2}$ = sthène (MTS-System), $ft\,lb\,s^{-2}$ = Poundal (ft-lb-s-System). Maßsysteme, in denen abgeleitete Einheiten den Betrag 1 ergeben, werden *abgestimmte* Maßsysteme genannt, und umgekehrt ist eine abgeleitete Maßeinheit, die den Betrag 1 besitzt, eine auf das betreffende System abgestimmte Einheit.

International in Wissenschaft und Technik anerkannt sind seit längerer Zeit die LMT-Maßsysteme mit Dezimalunterteilung der Einheiten (Zeitmaße ausgenommen), die alle auf dem metrischen System fußen. Das in der Physik bis heute führende CGS-System, auch absolutes Maßsystem genannt, wird in neuerer Zeit durch das MKS-System verdrängt, weil das seit 1948 international anerkannte absolute elektrische Maßsystem (Grundeinheiten: $m\text{-}s\text{-}V_{abs}\text{-}I_{abs}$) auf das MKS-System abgestimmt ist. In der Schweiz ist das MKS-System als Teil des GIORGI-Systems (das mit dem absoluten elektrischen Maßsystem übereinstimmt, aber andere Dimensionen [Grundqualitäten] benutzt) seit 1950, in Frankreich das MTS-System seit 1919 gesetzlich. Ebenfalls international anerkannt sind daneben die LKT-Maßsysteme der Technik, das cm-p-s-System (Grundeinheiten: Zentimeter, Gramm-Kraft [pond], Sekunde, korrespondierend mit dem CGS-System) und das m-kp-s-System (Grundeinheiten: Meter, Kilogramm-Kraft [Kilopond], Sekunde, korrespondierend mit dem MKS-System).

Daneben bestehen noch nationale Maßsysteme, wie das Yard-Pound-Second-System (Großbritannien und USA), das Foot-Pound-Second-System (Großbritannien) usw., die in den angelsächsischen Ländern noch populär, in der Wissenschaft aber nicht mehr und in der Technik immer weniger verwendet werden.

Schreibweise der Symbole für Dimensionen, Einheiten und Konstanten

International anerkannt ist folgende Schreibweise:

Symbole für Einheiten sind in senkrechter, Symbole für Qualitäten und physikalische Größen in *kursiver* Schrift wiederzugeben. Bei den Symbolen der Einheiten gilt ferner noch, daß stets kleine Buchstaben verwendet werden sollen, ausgenommen bei jenen Einheiten, die zum Andenken an berühmte Forscher mit deren Namen benannt wurden. Symbole solcher Einheiten werden mit Großbuchstaben wiedergegeben.

Als Schreibweise der Dimensionssymbole bürgert sich in neuerer Zeit jene in mageren GROTESK-GROSSBUCHSTABEN ein, während früher die Wiedergabe in *kursiven Kleinbuchstaben* üblich war.

Meterkonvention

Veröffentlichungen der Meterkonvention, der heute 33 Staaten angehören, sind in den *Procès-Verbaux des Séances, Comité international des Poids et Mesures*, und in den *Comptes rendus de la Conférence générale des Poids et Mesures* festgelegt.

---

1) FLEISCHMANN, R., *Z. Phys.*, **129**, 377 (1951).

2) HÄBERLI, F., *Schweiz. Arch. angew. Wiss.*, **13**, 65, 113, 136 (1947).

Symbol oder Abkürzung	Name	Seite
′	Altminute	180
″	Altsekunde	180
°	Altgrad	180
∟	Rechter Winkel	180
A		
a	Are	176
a	Jahr	179
a_{anom}	Anomalistisches Jahr	179
a_{astr}	Astronomisches Jahr, annus fictus, BESSELsches Jahr	179
a_{greg}	Gregorianisches Jahr	180
a_{jul}	Julianisches Jahr	179
a_{sid}	Siderisches Jahr	179
a_{trop}	Tropisches Jahr	179, 174
A. (ac)	Acre	176
A	Ampere	190, 193
A m	Ampere × Meter	195
A m^{-1}	Ampere pro Meter	193, 194
A m^2	Ampere × Quadratmeter	195
Å	Ångström	174
a.l.	Année-lumière, Lichtjahr	174
asb	Apostilb	200
at	Technische Atmosphäre	186
atm	Physikalische Normalatmosphäre	187
AU	Astronomische Einheit	174
B		
b (bar)	Bar	186
BTU_{mean}	British Thermal $Unit_{mean}$	187
bu	Bushel	177
C		
c	Curie	197
c	Karat	179
c	Zenti- (10^{-2})	9
c	Neuminute	180
C	Coulomb	190, 191
°C	Grad Celsius	181
cal_{15}	15°-Kalorie	187
cc	Neusekunde	180
cd	Candela	200
Cl	Clausius	188
cm	Zentimeter	174
cm^2	Quadratzentimeter	176
cm^3	Kubikzentimeter	176
cm s^{-1}	Zentimeter pro Sekunde	184
cm s^{-2}	Zentimeter/Sekunde pro Sekunde	185
cps	Cycle per second	185
cu. ft (ft^3)	Cubic foot	176
cu. in (in^3)	Cubic inch	176
cu. yd (yd^3)	Cubic yard	176
cwt	Hundredweight	178
D		
d	Dezi- (10^{-1})	9
d	Sonnentag	179
d*	Sterntag	180
da, dk	Deka- (10^1)	9
db	Dezibel	201
dl	Deziliter	176
dm	Dezimeter	175
dm^3	Kubikdezimeter	176
dr ap.	Drachm, Dram (apothecary)	179
dr av.	Dram (avoirdupois)	178
dry pt	Dry pint	177
dry qt	Dry quart	177
dwt	Pennyweight (troy)	179
dyn	Dyn	185
E		
emE	Elektromagnetische Einheit	189–196
Eq (equ., equiv.)	Grammäquivalent	203
erg	Erg	187
erg s^{-1}	Erg pro Sekunde	188
esE	Elektrostatische Einheit	189–196
E		
eV	Elektronenvolt	187
eV s	Elektronenvolt × Sekunde	188
F		
F	Farad	192
F m^{-1}	Farad pro Meter	189
°F	Grad Fahrenheit	181
fl. dr	Fluid drachm (fluid dram)	177
fl. oz	Fluid ounce	177
ft	Foot	174
ft s^{-2}	Foot/second per second	185
G		
g	Gramm	178
g-atom	Grammatom	203
g cm^{-3}	Gramm pro Kubikzentimeter	183
g. equiv.	Grammäquivalent	203
g/l	Gramm pro Liter	204
g rad	Grammrad	198
g	Neugrad	180
G	Giga- (10^9)	9
gal	Gallon	177
Gal	Galilei	185
Gb	Gilbert	193
gi	Gill	177
gr	Grain	178
Gs	Gauß	193
γ (μg)	Gamma, Mikrogramm	178
H		
h	Hekto- (10^2)	9
h (h)	Stunde	179
h*	Sternstunde	180
h	PLANCKsches Wirkungsquantum	188
H	Henry	192, 195
H m^{-1}	Henry pro Meter	193
ha	Hektare	176
hl	Hektoliter	176
Hz	Hertz	185
I		
in	Inch	174
I_γ	Dosiskonstante	198
J		
J	Joule	187, 189
K		
k	Kilo- (10^3)	9
°K	Grad Kelvin	181
$kcal_{15}$	15°-Kilokalorie	187
kg	Kilogramm	178
kg-atom	Kilogrammatom	203
kg m^{-3}	Kilogramm pro Kubikmeter	183
kHz (Kc.)	Kilohertz (Kilocycle)	185
km	Kilometer	175
km^2	Quadratkilometer	176
km h^{-1}	Kilometer pro Stunde	184
km h^{-1} s^{-1}	Kilometer/Stunde pro Sekunde	185
km s^{-1}	Kilometer pro Sekunde	184
kmol	Kilomol	203
Knot	Knoten	174, 184
kp	Kilogramm-Kraft (Kilopond)	185
kval	Kilogrammäquivalent	203
kW	Kilowatt	188
kWh	Kilowattstunde	187
L		
l	Liter	176, 177
La	Lambert	200
latm	Literatmosphäre	187
lb	Pound	178
lb ap.	Pound (apothecary)	179
lb av.	Pound (avoirdupois)	178, 179
lb troy	Pound (troy)	179
liq. pt	Liquid pint	177
liq. qt	Liquid quart	177
L		
lm	Lumen	200
lmh	Lumenstunde	200
lms	Lumensekunde	200
lm/W	Lumen pro Watt	200
l. tn	Long ton	178
lx	Lux	200
lxs	Luxsekunde	200
ly	Light year, Lichtjahr	174
M		
m	Milli- (10^{-3})	9
m	Meter	174
m^2	Quadratmeter	176
m^3	Kubikmeter	176
m min^{-1}	Meter pro Minute	184
m s^{-1}	Meter pro Sekunde	184
m s^{-2}	Meter/Sekunde pro Sekunde	185
M	Mega- (10^6)	9
mb	Millibar	186
mc	Millicurie	197
ME	Mache-Einheit	197
ME	Masseneinheit	187
mEq (m. equ., m. equiv.)	Milligrammäquivalent	203
mg	Milligramm	178
mg%	Milligrammprozent	204
mho	Reziprokes Ohm (Siemens)	192
mi	Mile	175
mi h^{-1}	Mile per hour	184
mi s^{-1}	Mile per second	184
min	Minim	177
min (m)	Minute	179
min*	Sternminute	180
mkp	Meterkilogramm-Kraft	187
mkp s^{-1}	Meterkilogramm-Kraft pro Sekunde	188
ml	Milliliter	176
mm	Millimeter	175
mm Hg	Millimeter Quecksilbersäule	187
mm H_2O	Millimeter Wassersäule	187
mmol	Millimol	203
mμ (nm)	Millimikron (Nanometer)	175
mol	Mol	203
mol/l	Mol pro Liter	204
mol%	Molprozent	204
mSt	Millistat	197
mval	Milligrammäquivalent	203
Mx	Maxwell	194
MΩ	Megohm	192
μ	Mikro- (10^{-6})	9
μ (μm)	Mikron (Mikrometer)	175
μb	Mikrobar	186
μc	Mikrocurie	197
μg	Mikrogramm	178
μl	Mikroliter	176
μm	Mikrometer	175
μmol	Mikromol	203
N		
n	Nano- (10^{-9})	9
n (engl. N)	Normallösung	204
N	Newton	185, 189
nc	Nanocurie	197
nm (mμ)	Nanometer (Millimikron)	175
n. mi	Mile (nautical), Seemeile	174
nx	Nox	200
O		
Oe	Oersted	193
oz ap., oz troy	Ounce (apothecary, troy)	179
oz av.	Ounce (avoirdupois)	178
Ω	Ohm	192
P		
p	Piko- (10^{-12})	9
p	Pond	186
P	Poise	188
pc	Parsec	174
Pdl	Poundal	186
P		
ph	Phot	200
Phon	Phon	201
pk	Peck	177
ppm	Parts per million (Konzentration 10^{-6})	
PS	Pferdestärke	188
PSh	Pferdestärkestunde	187
pt	Pint	177
pz	Pièze	186
Q		
qt	Quart	177
R		
r	Röntgen	197
r/mch	Röntgen pro Millicurie und Stunde in 1 cm Abstand	198
°R	Grad Rankine	181
°R	Grad Réaumur	181
rad	Rad	198
rad	Radiant	180
rad s^{-2}	Radiant/Sekunde pro Sekunde	185
RBE	Relative biological effectiveness, relative biologische Wirksamkeit	199
reg. tn	Register ton (Registertonne)	176
rem	Rad equivalent man	199
rev	Revolution, ganzer Winkel	180
rev s^{-2}	Umdrehung/Sekunde pro Sekunde	185
Ry	Rydberg	187
S		
s (S, sec)	Sekunde	179
s*	Sternsekunde	180
s ap.	Scruple (apothecary)	179
sb	Stilb	200
sh. tn	Short ton	178
sk	Skot	200
S m^{-1}	Siemens pro Meter	192
sn	Sthène	185
sq. ft (ft^2)	Square foot	176
sq. in (in^2)	Square inch	176
sq. mi (mi^2)	Square mile	176
sq. yd (yd^2)	Square yard	176
sr	Steradiant	180
St	Stokes	188
T		
t	Tonne	178
T	Tera- (10^{12})	9
tn	Ton	178
Torr	Torricelli	187
U		
—	—	
V		
V	Volt	189
V m^{-1}	Volt pro Meter	190
val	Grammäquivalent	203
val/l	Grammäquivalent pro Liter	204
Vol.%	Volumenprozent	204
W		
W	Watt	188, 189
Wb	Weber	194
Wb m	Weber × Meter	194
Wb m^{-1}	Weber pro Meter	193
Wb m^{-2}	Weber pro Quadratmeter	193, 194
WZ	Weltzeit	179
X		
XE	SIEGBAHNsche X-Einheit	174
Y		
yd	Yard	174
Z		
—	—	

Länge

Dimension in allen Maßsystemen = L

Grundeinheiten
MKS-System: Meter (m)
CGS-System: Zentimeter (cm)
MTS-System: Meter (m)
ft-lb-s-System: Foot (ft) *

Metrische Maßsysteme

Der primäre Standard der metrischen Systeme ist der *Meter* (m)[1]. Er ist definiert durch den Strichabstand bei 0°C des internationalen Meterprototyps, eines Platin-Iridium-Barrens, der im Internationalen Bureau für Maß und Gewicht in Sèvres (Frankreich) aufbewahrt wird. Es sind heute Bestrebungen im Gange, den Meter über die Wellenlänge einer Spektrallinie zu definieren. Voraussichtlich[2] dürfte im Jahre 1960 der Meter durch die Vakuumwellenlänge $\lambda_{Kr\text{-}86}$ der orangeroten Spektrallinie des Kryptonisotops 86 festgelegt werden

$$1 \text{ Meter} = 1{,}650\,763\,73 \times 10^6\, \lambda_{Kr\text{-}86}$$
$$\lambda_{Kr\text{-}86} = 6{,}057\,802\,1 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Angelsächsische Maßsysteme

Der primäre Längenstandard * der angelsächsischen Maßsysteme ist das *Yard* (yd). In den USA ist das Yard durch einen gesetzlich festgelegten Umrechnungsfaktor an das metrische System angeschlossen[3]:

$$1 \text{ US-yard} = \frac{3600}{3937} \text{ Meter} = 0{,}914\,401\,829 \text{ Meter}$$

1 US-inch = 25,400 051 Millimeter

Im Vereinigten Königreich wird das Yard durch den Abstand zweier Punkte bei 62° F auf einem Bronzestab, dem Imperial Standard Yard, definiert[4], der im Standards Department of the Board of Trade in London aufbewahrt wird. Für das Imperial Yard bestehen zwei Umrechnungsbeziehungen: 1. die legale, für den Handel gültige Relation[5]

1 imp. yard = 0,914 399 208 Meter
1 imp. inch = 25,399 978 Millimeter

und 2. die für wissenschaftliche Präzisionsuntersuchungen zu verwendende Relation[6]

1 imp. yard = 0,914 398 416 Meter
1 imp. inch = 25,399 956 Millimeter

Daneben besteht sowohl im Vereinigten Königreich[5] wie in den USA[7] eine weitere *genormte* Umrechnungsbeziehung für industrielle Zwecke

1 yard = 0,9144 Meter
1 inch = 25,4 Millimeter

Die wichtigsten Länder des englischen Sprachgebiets sind vor kurzem übereingekommen, in Wissenschaft und Technologie das genormte Yard als «internationales Yard» zu verwenden, um die zur Zeit bestehenden Abweichungen auszugleichen[8].

Zwischen den verschiedenen angelsächsischen Maßsystemen bestehen demnach folgende Umrechnungsbeziehungen für *einander entsprechende Längeneinheiten:*

	Imperial		USA	Norm
	Handel	Wissenschaft		
Imperial Handel	**1**	1,000 000 866	0,999 997 133	0,999 999 133
Wissenschaft	0,999 999 133	**1**	0,999 996 267	0,999 998 267
USA	1,000 002 866	1,000 003 732	**1**	1,000 002 000
Norm	1,000 000 866	1,000 001 732	0,999 998 000	**1**

Nautische und geodätische Längenmaße

Der Definition der *Seemeile* liegt die «mittlere Meridianminute» (mittlere Breitenminute) zugrunde, wobei die vom internationalen Referenzellipsoid abgeleiteten Werte des Pol- und des Äquatorradius verwendet werden[9]:

$$1 \text{ Seemeile} = \frac{\text{Meridianquadrant } Q_{\oplus}^{Me}}{90 \times 60} = 1852{,}276 \text{ Meter}$$

Als international *genormte* Umrechnungsbeziehung[10] wurde 1928 die Relation

1 internationale Seemeile = 1852 Meter

festgesetzt. Dieser Wert wurde von allen seefahrenden Nationen (USA[11] erst 1954) mit Ausnahme des Vereinigten Königreiches angenommen. Die britische Definition der Seemeile beruht auf dem Knoten:

$$1 \text{ admiralty knot} = \frac{1 \text{ nautical mile}}{\text{hour}} = 6080 \text{ imp. feet per hour}$$

Demnach ist

1 imp. nautical mile (n. mi) = 1853,181 Meter

Die *geographische Meile* wird heute über den Äquatorquadranten $Q_{\oplus}^{Ae}$ definiert (4 Bogenminuten auf dem Äquator), wobei der Wert des Äquatorradius vom internationalen Referenzellipsoid abgeleitet ist[9]:

$$1 \text{ geographische Meile} = 4 \times \frac{\text{Äquatorquadrant } Q_{\oplus}^{Ae}}{90 \times 60}$$
$$= 7421{,}591 \text{ Meter}$$

* Soweit man in der Physik und Technik kohärente Einheiten eines angelsächsischen Systems benutzt, ist es üblich, den Foot = ⅓ Yard zu verwenden, obwohl das Yard die gesetzliche Längeneinheit darstellt.

Astronomische und astrophysikalische Längenmaße

Die *astronomische Einheit* (AU) ist definiert als die Entfernung zwischen der Sonne und einem Planeten von vernachlässigbarem Gewicht, der die Sonne auf kreisförmiger Bahn innerhalb von 365,256 898 326 mittleren Tagen umkreist. Anders ausgedrückt: Ein Planet ist 1 AU von der Sonne entfernt, wenn er diese mit einer gleichförmigen Winkelgeschwindigkeit von 0,985 607 668 601 ° pro mittleren Tag umkreist[12]. Die AU wird demnach durch Winkel- und Zeitmessung und nicht durch eine Längenmessung bestimmt. Sie wird deshalb in der Astronomie als *Relativgröße* und nicht als Länge angesehen. Dieser Relativgröße entspricht (≙) im physikalischen Sinn die Länge des Radius der oben beschriebenen kreisförmigen Umlaufbahn. An Stelle dieses Radius wird die von ihm nur wenig differierende große Halbachse a der Erdbahn benutzt. Sie läßt sich aus der täglichen Sonnenparallaxe $\pi_{\odot}$ (= Winkel, unter dem der Äquatorradius $a_{\oplus}$ im Abstand a erscheint) und dem Äquatorradius nach folgender Beziehung errechnen

$$a = \frac{a_{\oplus}}{\sin \pi_{\odot}} \cong \frac{a_{\oplus}}{\pi_{\odot}}$$

Nimmt man die Normwerte der Sonnenparallaxe ($\pi_{\odot} = 8{,}80''$)[13] und des Äquatorradius (6378,388 km)[9], so ist

$$1 \text{ AU} \triangleq \frac{6378{,}388 \times 60 \times 60 \times 180}{8{,}8 \times \pi} \text{ km} \triangleq 1{,}495\,042 \times 10^8 \text{ km}$$

Der 10^6-fache Betrag der astronomischen Einheit heißt *Siriometer*:

1 Siriometer ≡ 10^6 AU ≙ 1,495 042 × 10^{14} km

Das *Parsec* (pc) ist definiert durch die jährliche Sternparallaxe p (= Winkel, unter dem die astronomische Einheit vom betreffenden Fixstern aus gesehen erscheint), welche gleich 1″ gesetzt wird[13]. Daraus ergibt sich

$$1 \text{ pc} = \frac{1 \text{ AU}}{p} = \frac{1 \text{ AU}}{\sin 1''} \cong \frac{1 \text{ AU}}{1''} = \frac{60 \times 60 \times 180}{\pi} \text{ AU} = 2{,}062\,648 \times 10^5 \text{ AU}$$
$$\triangleq 3{,}083\,745 \times 10^{13} \text{ km}$$

Die Entfernung von 5 pc wird *Siriusweite* genannt:

1 Siriusweite = 5 pc = 1,031 324 × 10^6 AU ≙ 1,541 873 × 10^{14} km

In der *Astrophysik* hat sich als Entfernungsmaß das *Lichtjahr* (light year, ly, année-lumière, a.l.) eingebürgert. Es ist definiert als jene Wegstrecke, die das Licht mit der Vakuumgeschwindigkeit c_0 in einem tropischen Jahr (a_{trop}) zurücklegt[14]:

$$1 \text{ Lichtjahr} = c_0 \times 1\, a_{trop} = (299\,792{,}50 \pm 0{,}04) \text{ km s}^{-1} \times 3{,}155\,692\,97 \times 10^7 \text{ s}$$
$$= (9{,}460\,530 \pm 0{,}000\,001) \times 10^{12} \text{ km}$$

Spektroskopische Längenmaße

Die Wellenlängeneinheit der Röntgenspektroskopie, die Siegbahnsche *X-Einheit* (XE)[15], wird auf die Gitterkonstante des Kalkspates $d_{\infty}^{18\,°C}(CaCO_3)$ bezogen nach der Relation

$$d_{\infty}^{18\,°C}(CaCO_3) = 3029{,}45 \text{ Siegbahnsche X-Einheiten}$$

Die Länge der XE in Metern muß experimentell bestimmt werden, wobei die von der X-Ray Analysis Group des Institute of Physics (England) in Übereinstimmung mit Siegbahn und der American Society for X-Ray and Electron Diffraction festgelegte Umrechnungsbeziehung[16]

1 XE = (1,002 02 ± 0,000 03) × 10^{-13} Meter

wohl am meisten verwendet wird. Zum Ångström (Å) gilt demnach (die Unsicherheitsgrenze bei der Umrechnung Å ➛ m kann vernachlässigt werden):

1 XE = (1,002 02 ± 0,000 03) × 10^{-3} Ångström

DuMond (1959)[17] errechnet den Faktor XE/Å zu 1,002 031 × 10^{-3}, der mit dem Wert von Birge[18] (1945) 1 XE = (1,002 030 ± 0,000 020) × 10^{-3} Å übereinstimmt.

Die Spektroskopie der Atom- und Molekülstrahlungen verwendet zur Angabe von Wellenlängenwerten das *Ångström*. Es ist definiert durch die Relation[19]

Wellenlänge der roten Cadmiumlinie $\lambda_{n_{Cd}}$ = 6438,469**6** Ångström.

Die Wellenlänge[13] der roten Cadmiumlinie beträgt

(6,438 469$_6$ ± 0,000 003) × 10^{-7} Meter,

woraus sich ergibt[13] 1 Ångström = (1,000 0000 ± 0,000 0005) × 10^{-10} Meter.

Literatur

1) C. R. 1re Conf. Poids Mes. 1889, Paris (1889), S. 100. *2)* Barrell, H., *Nature*, **180**, 1387 (1957); Froome, K. D., *Proc. roy. Soc. A*, **247**, 109 (1958). *3) U.S. Coast and Geodetic Survey, Treasury Department*, Bull. Nr. 26 (1893) (Mendenhall Order). *4) Weights and Measures Act 1878. 5)* British Standards Institution, *BS* **350** (1944) *(Conversion Factors and Tables). 6)* Sears et al., *Phil. Trans. A*, **227**, 281 (1928). *7)* American Standards Association, *ASA B* **48.1** (1933) *(Inch-Millimeter Conversion Tables for Industrial Use). 8)* Gould, F. A., *Nature*, **182**, 1767 (1958); Editorial, *Nature*, **183**, 80 (1959). *9)* Internationale Union für Geodäsie und Geophysik, *Bull. géod. int.*, **1925**, 157, 540, 552. *10)* International Hydrographic Bureau, *Abridged Manual of the Symbols and Abbreviations used on Charts*, Spezialpublikation 22, Monaco (1928). Auch in der *Hydrogr. Rev.*, **5**, 227 (1928). *11)* National Bureau of Standards, *Techn. News Bull. U.S. Bur. Stand.*, **38**, 122 (1954). *12)* International Astronomical Union, *Trans. int. astr. Un.*, **6**, 20, 336 (1938); Bureau des Longitudes, *Annuaire pour l'an 1954*, Paris (1954), S. 189. *13)* Siehe Stille, U., *Messen und Rechnen in der Physik*, Braunschweig (1955). *14)* c_0-Wert der *International Scientific Radio Union* und der *International Union of Geodesy and Geophysics*, erwähnt in *17). 15)* Siegbahn, M., *Ann. Phys.*, **59** (4. Folge), 56 (1919); *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, Berlin (1932). *16)* Wood, E. A., *Phys. Rev.*, **72**, 436 (1947); Bragg, W. L., *J. sci. Instrum.*, **24**, 27 (1947). *17)* DuMond, J. W. M., *Ann. Phys. (N.Y.)*, **7**, 365 (1959). *18)* Birge, R. T., *Amer. J. Phys.*, **13**, 69 (1945). *19)* The International Union for Co-operation in Solar Research, *Trans. int. Un. sol. Res.*, **2**, 20 (1908); **3**, 135 (1911).

Länge – Umrechnung von Längenmaßen

Als Basis der Imperial-Maße wurde die Relation 1 imp. inch = 25,399 956 mm verwendet (vgl. S. 174)

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **B** und der der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **C** zu multiplizieren

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **D** zu multiplizieren

A		B	C							D									A
Name	Abkürzung		nm	µm	mm	cm	dm	m	km	XE	Å	AU	pc	ly	mi (US)	yd (US)	ft (US)	in (US)	
Nanometer (Millimikron)	nm (mµ)	**1** x	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-12}	9,97984x10^{5}	1,000000x10	6,688775x10^{-21}	3,242810x10^{-26}	1,057023x10^{-25}	6,213699x10^{-13}	1,093611x10^{-9}	3,28083̇ x10^{-9}	3,93**7** x10^{-8}	nm
Mikrometer (Mikron)	µm (µ)	**1** x	10^{3}	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}	9,97984x10^{8}	1,000000x10^{4}	6,688775x10^{-18}	3,242810x10^{-23}	1,057023x10^{-22}	6,213699x10^{-10}	1,093611x10^{-6}	3,28083̇ x10^{-6}	3,93**7** x10^{-5}	µm
Millimeter	mm	**1** x	10^{6}	10^{3}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	9,97984x10^{11}	1,000000x10^{7}	6,688775x10^{-15}	3,242810x10^{-20}	1,057023x10^{-19}	6,213699x10^{-7}	1,093611x10^{-3}	3,28083̇ x10^{-3}	3,93**7** x10^{-2}	mm
Zentimeter	cm	**1** x	10^{7}	10^{4}	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}	9,97984x10^{12}	1,000000x10^{8}	6,688775x10^{-14}	3,242810x10^{-19}	1,057023x10^{-18}	6,213699x10^{-6}	1,093611x10^{-2}	3,28083̇ x10^{-2}	3,93**7** x10^{-1}	cm
Dezimeter	dm	**1** x	10^{8}	10^{5}	10^{2}	10	1	10^{-1}	10^{-4}	9,97984x10^{13}	1,000000x10^{9}	6,688775x10^{-13}	3,242810x10^{-18}	1,057023x10^{-17}	6,213699x10^{-5}	1,093611x10^{-1}	3,28083̇ x10^{-1}	3,93**7** x 1	dm
Meter	m	**1** x	10^{9}	10^{6}	10^{3}	10^{2}	10	1	10^{-3}	9,97984x10^{14}	1,000000x10^{10}	6,688775x10^{-12}	3,242810x10^{-17}	1,057023x10^{-16}	6,213699x10^{-4}	1,093611x 1	3,28083̇ x 1	3,93**7** x10	m
Dekameter	dam	**1** x	10^{10}	10^{7}	10^{4}	10^{3}	10^{2}	10	10^{-2}	9,97984x10^{15}	1,000000x10^{11}	6,688775x10^{-11}	3,242810x10^{-16}	1,057023x10^{-15}	6,213699x10^{-3}	1,093611x10	3,28083̇ x10	3,93**7** x10^{2}	dam
Hektometer	hm	**1** x	10^{11}	10^{8}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	10^{2}	10^{-1}	9,97984x10^{16}	1,000000x10^{12}	6,688775x10^{-10}	3,242810x10^{-15}	1,057023x10^{-14}	6,213699x10^{-2}	1,093611x10^{2}	3,28083̇ x10^{2}	3,93**7** x10^{3}	hm
Kilometer	km	**1** x	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	1	9,97984x10^{17}	1,000000x10^{13}	6,688775x10^{-9}	3,242810x10^{-14}	1,057023x10^{-13}	6,213699x10^{-1}	1,093611x10^{3}	3,28083̇ x10^{3}	3,93**7** x10^{4}	km
X-Einheit (SIEGBAHNsche)	XE	1,00202 x	10^{-4}	10^{-7}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-16}	**1** x 1	1,00202 x10^{-3}	6,70229 x10^{-25}	3,24936 x10^{-30}	1,05916 x10^{-29}	6,22625 x10^{-17}	1,09582 x10^{-13}	3,28746 x10^{-13}	3,94495 x10^{-12}	XE
Ångström	Å	1,000000x	10^{-1}	10^{-4}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-13}	9,97984x10^{2}	**1** x 1	6,688775x10^{-22}	3,242810x10^{-27}	1,057023x10^{-26}	6,213699x10^{-14}	1,093611x10^{-10}	3,280833x10^{-10}	3,937000x10^{-9}	Å
Astronom. Einheit	AU	1,495042x	10^{20}	10^{17}	10^{14}	10^{13}	10^{12}	10^{11}	10^{8}	1,49203x10^{24}	1,495042x10^{21}	**1** x 1	4,848137x10^{-6}	1,580294x10^{-5}	9,289742x10^{9}	1,634995x10^{11}	4,904984x10^{11}	5,885980x10^{12}	AU
Siriometer		1,495042x	10^{26}	10^{23}	10^{20}	10^{19}	10^{18}	10^{17}	10^{14}	1,49203x10^{30}	1,495042x10^{27}	**1** x10^{6}	4,848137x 1	1,580294x10	9,289742x10^{15}	1,634995x10^{17}	4,904984x10^{17}	5,885980x10^{18}	Siriom.
Parsec	pc	3,083745x	10^{25}	10^{22}	10^{19}	10^{18}	10^{17}	10^{16}	10^{13}	3,07753x10^{29}	3,083745x10^{26}	2,062648x10^{5}	**1** x 1	3,259591x 1	1,916147x10^{13}	3,372418x10^{16}	1,011726x10^{17}	1,214071x10^{17}	pc
Siriusweite		1,541873x	10^{26}	10^{23}	10^{20}	10^{19}	10^{18}	10^{17}	10^{14}	1,53876x10^{30}	1,541873x10^{27}	1,031324x10^{6}	**5** x 1	1,629795x10	9,580734x10^{13}	1,686209x10^{17}	5,058628x10^{17}	6,070353x10^{17}	Siriusw.
Lichtjahr	ly	9,460530x	10^{24}	10^{21}	10^{18}	10^{17}	10^{16}	10^{15}	10^{12}	9,44146x10^{28}	9,460530x10^{25}	6,327936x10^{4}	3,067870x10^{-1}	**1** x 1	5,878489x10^{12}	1,034614x10^{16}	3,103842x10^{16}	3,724611x10^{17}	ly
Mil (imp.)*		2,539996x	10^{4}	10	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-8}	2,53488x10^{8}	2,539996x10^{5}	1,698946x10^{-16}	8,236723x10^{-22}	2,684834x10^{-21}	1,578277x10^{-8}	2,777767x10^{-5}	8,333302x10^{-5}	9,999963x10^{-4}	mil(imp.)*
Mil (US)		2,540005x	10^{4}	10	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-8}	2,53488x10^{8}	2,540005x10^{5}	1,698952x10^{-16}	8,236753x10^{-22}	2,684844x10^{-21}	1,578̇2̇ x10^{-8}	2,7̇ x10^{-5}	8,3̇ x10^{-5}	**1** x10^{-3}	mil (US)
Inch (imp.)*	in	2,539996x	10^{7}	10^{4}	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}	2,53488x10^{11}	2,539996x10^{8}	1,698946x10^{-13}	8,236723x10^{-19}	2,684834x10^{-18}	1,578277x10^{-5}	2,777767x10^{-2}	8,333302x10^{-2}	9,999963x10^{-1}	in (imp.)*
Inch (US)**	in	2,540005x	10^{7}	10^{4}	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}	2,53488x10^{11}	2,540005x10^{8}	1,698952x10^{-13}	8,236753x10^{-19}	2,684844x10^{-18}	1,578̇2̇ x10^{-5}	2,7̇ x10^{-2}	8,3̇ x10^{-2}	**1** x 1	in (US)
Foot (imp.)*	ft	3,047995x	10^{8}	10^{5}	10^{2}	10	1	10^{-1}	10^{-4}	3,04185x10^{12}	3,047995x10^{9}	2,038735x10^{-12}	9,884067x10^{-18}	3,221801x10^{-17}	1,893932x10^{-4}	3,333321x10^{-1}	9,999963x10^{-1}	1,199996x10	ft (imp.)*
Foot (US)**	ft	3,048006x	10^{8}	10^{5}	10^{2}	10	1	10^{-1}	10^{-4}	3,04186x10^{12}	3,048006x10^{9}	2,038743x10^{-12}	9,884104x10^{-18}	3,221813x10^{-17}	1,89̇3̇ x10^{-4}	3,3̇ x10^{-1}	**1** x 1	1,**2** x10	ft (US)
Yard (imp.)*	yd	9,143984x	10^{8}	10^{5}	10^{2}	10	1	10^{-1}	10^{-4}	9,12555x10^{12}	9,143984x10^{9}	6,116206x10^{-12}	2,965220x10^{-17}	9,665404x10^{-17}	5,681797x10^{-4}	9,999963x 1	2,999992x 1	3,599987x10	yd (imp.)*
Yard (US)	yd	9,144018x	10^{8}	10^{5}	10^{2}	10	1	10^{-1}	10^{-4}	9,12558x10^{12}	9,144018x10^{9}	6,116228x10^{-12}	2,965231x10^{-17}	9,665440x10^{-17}	5,68̇1̇ x10^{-4}	**1** x 1	**3** x 1	3,**6** x10	yd (US)
Mile (imp.)*	mi	1,609341x	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	1	1,60610x10^{16}	1,609341x10^{13}	1,076452x10^{-8}	5,218787x10^{-14}	1,701111x10^{-13}	9,999963x 1	1,759993x10^{3}	5,279980x10^{3}	6,335976x10^{4}	mi(imp.)*
Mile (US)	mi	1,609347x	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	1	1,60610x10^{16}	1,609347x10^{13}	1,076456x10^{-8}	5,218807x10^{-14}	1,701117x10^{-13}	**1** x 1	1,**76** x10^{3}	5,**28** x10^{3}	6,33**6** x10^{4}	mi (US)
Nautical mile(imp.)*	n.mi	1,853181x	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	1	1,84944x10^{16}	1,853181x10^{13}	1,239551x10^{-8}	6,009513x10^{-14}	1,958855x10^{-13}	1,151511x 1	2,026659x10^{3}	6,079977x10^{3}	7,295973x10^{4}	n.mi(imp.)*
Seemeile (int.)	n.mi	1,85**2** x	10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	1	1,84827x10^{16}	1,852000x10^{13}	1,238761x10^{-8}	6,005684x10^{-14}	1,957607x10^{-13}	1,150777x 1	2,025368x10^{3}	6,076103x10^{3}	7,291324x10^{4}	n.mi (int.)

* Wissenschaft. ** Vgl. auch Umrechnungstafel auf S. 174.

Fläche

Dimension: In allen Maßsystemen aus der Länge abgeleitete Dimension = L^2.

Grundeinheiten

MKS-System: Quadratmeter (m^2), CGS-System: Quadratzentimeter (cm^2), MTS-System: Quadratmeter (m^2), ft-lb-s-System: Square foot (ft^2 oder sq.ft) = 1/9 square yard.

Angelsächsische Flächeneinheiten

Zur Umrechnung gleichlautender Flächeneinheiten der Imperial Handel- und Wissenschaft-, der USA- und Normmaßsysteme sind die auf S. 174 genannten Umrechnungsfaktoren ins Quadrat zu erheben. Sie betragen dann:

	Imperial		USA	Norm
	Handel	Wissenschaft		
Imperial				
Handel	**1**	1,000 001 732	0,999 994 266	0,999 998 266
Wissenschaft	0,999 998 266	**1**	0,999 992 534	0,999 996 534
USA	1,000 005 732	1,000 007 464	**1**	1,000 004 000
Norm	1,000 001 732	1,000 003 464	0,999 996 000	**1**

Definition des *Circular Inch:* das Circular Inch entspricht der Fläche eines Kreises mit 1 inch Durchmesser:

$$1 \text{ circular inch} = \frac{\pi}{4} \text{ in}^2 = 10^6 \text{ circular mils}$$

Umrechnung von Flächenmaßen

A		Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **B** und der der gesuchten Einheit entspr. Zehnerpotenz unter **C** zu multiplizieren					Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Maßeinheit entsprechenden Faktoren unter **D** zu multiplizieren								
		B	C				D								
Name	Abkürzung		μm^2	mm^2	cm^2	dm^2	m^2	km^2	circ. in (US)	in^2 (US)	ft^2 (US)	yd^2 (US)	acre (US)	mi^2 (US)
Quadratmikrometer	μm^2	**1**	× 1	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-12}	10^{-18}	$1{,}973517 \times 10^{-9}$	$1{,}549997 \times 10^{-9}$	$1{,}076387 \times 10^{-11}$	$1{,}195985 \times 10^{-12}$	$2{,}471044 \times 10^{-16}$	$3{,}861006 \times 10^{-19}$
Quadratmillimeter	mm^2	**1**	× 10^6	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-12}	$1{,}973517 \times 10^{-3}$	$1{,}549997 \times 10^{-3}$	$1{,}076387 \times 10^{-5}$	$1{,}195985 \times 10^{-6}$	$2{,}471044 \times 10^{-10}$	$3{,}861006 \times 10^{-13}$
Quadratzentimeter	cm^2	**1**	× 10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}	$1{,}973517 \times 10^{-1}$	$1{,}549997 \times 10^{-1}$	$1{,}076387 \times 10^{-3}$	$1{,}195985 \times 10^{-4}$	$2{,}471044 \times 10^{-8}$	$3{,}861006 \times 10^{-11}$
Quadratdezimeter	dm^2	**1**	× 10^{10}	10^4	10^2	1	10^{-2}	10^{-8}	1,973517 x 10	1,549997 x 10	$1{,}076387 \times 10^{-1}$	$1{,}195985 \times 10^{-2}$	$2{,}471044 \times 10^{-6}$	$3{,}861006 \times 10^{-9}$
Quadratmeter	m^2	**1**	× 10^{12}	10^6	10^4	10^2	1	10^{-6}	$1{,}973517 \times 10^3$	$1{,}549997 \times 10^3$	1,076387 x 10	1,195985 x 1	$2{,}471044 \times 10^{-4}$	$3{,}861006 \times 10^{-7}$
Quadratdekameter (Are)	dam^2 (a)	**1**	× 10^{14}	10^8	10^6	10^4	10^2	10^{-4}	$1{,}973517 \times 10^5$	$1{,}549997 \times 10^5$	$1{,}076387 \times 10^3$	$1{,}195985 \times 10^2$	$2{,}471044 \times 10^{-2}$	$3{,}861006 \times 10^{-5}$
Quadrathektometer (Hektare)	hm^2 (ha)	**1**	× 10^{16}	10^{10}	10^8	10^6	10^4	10^{-2}	$1{,}973517 \times 10^7$	$1{,}549997 \times 10^7$	$1{,}076387 \times 10^5$	1,195985 x 10^4	2,471044 x 1	$3{,}861006 \times 10^{-3}$
Quadratkilometer	km^2	**1** ×	10^{18}	10^{12}	10^{10}	10^8	10^6	1	$1{,}973517 \times 10^9$	$1{,}549997 \times 10^9$	$1{,}076387 \times 10^7$	$1{,}195985 \times 10^6$	$2{,}471044 \times 10^2$	$3{,}861006 \times 10^{-1}$
Circular inch* (imp.)		5,067057 ×	10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}	$9{,}999925 \times 10^{-1}$	$7{,}853923 \times 10^{-1}$	$5{,}454113 \times 10^{-3}$	$6{,}060126 \times 10^{-4}$	$1{,}252092 \times 10^{-7}$	$1{,}956394 \times 10^{-10}$
Circular inch (US)		5,067095 ×	10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}	**1** × 1	$7{,}853982 \times 10^{-1}$	$5{,}454154 \times 10^{-3}$	$6{,}060171 \times 10^{-4}$	$1{,}252101 \times 10^{-7}$	$1{,}956409 \times 10^{-10}$
Square inch* (imp.)	sq.in od. in^2	6,451578 ×	10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}	1,273230 x 1	$9{,}999925 \times 10^{-1}$	$6{,}944393 \times 10^{-3}$	$7{,}715992 \times 10^{-4}$	$1{,}594213 \times 10^{-7}$	$2{,}490958 \times 10^{-10}$
Square inch (US)	sq.in od. in^2	6,451626 ×	10^8	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}	1,273240 x 1	1 × 1	6,94 × 10^{-3}	$7{,}716049 \times 10^{-4}$	$1{,}594225 \times 10^{-7}$	$2{,}490977 \times 10^{-10}$
Square foot* (imp.)	sq.ft od. ft^2	9,290272 ×	10^{10}	10^4	10^2	1	10^{-2}	10^{-8}	$1{,}833451 \times 10^3$	$1{,}439989 \times 10^3$	$9{,}999925 \times 10^{-1}$	$1{,}111103 \times 10^{-1}$	$2{,}295667 \times 10^{-5}$	$3{,}586980 \times 10^{-8}$
Square foot (US)	sq.ft od. ft^2	9,290341 ×	10^{10}	10^4	10^2	1	10^{-2}	10^{-8}	$1{,}833465 \times 10^3$	1,44 × 10^3	**1** × 1	1,1 × 10^{-1}	$2{,}295684 \times 10^{-5}$	$3{,}587006 \times 10^{-8}$
Square yard* (imp.)	sq.yd od. yd^2	8,361245 ×	10^{11}	10^6	10^4	10^2	1	10^{-7}	$1{,}650106 \times 10^{-3}$	$1{,}295990 \times 10^3$	8,999933 x 1	**1** × 1	$2{,}066100 \times 10^{-4}$	$3{,}228282 \times 10^{-7}$
Square yard (US)	sq.yd od. yd^2	8,361307 ×	10^{11}	10^6	10^4	10^2	1	10^{-7}	$1{,}650118 \times 10^3$	1,296 × 10^3	**9** × 1	**1** × 1	$2{,}066116 \times 10^{-4}$	$3{,}228306 \times 10^{-7}$
Acre* (imp.)	A. od. ac	4,046842 ×	10^{15}	10^9	10^7	10^5	10^3	10^{-3}	$7{,}986514 \times 10^6$	$6{,}272593 \times 10^6$	$4{,}355967 \times 10^4$	$4{,}839964 \times 10^3$	9,999925 x 10^{-1}	$1{,}562488 \times 10^{-3}$
Acre (US)	A. od. ac	4,046873 ×	10^{15}	10^9	10^7	10^5	10^3	10^{-3}	$7{,}986573 \times 10^6$	$6{,}272644 \times 10^6$	4,356 × 10^4	4,84 × 10^3	**1** × 1	1,5625 × 10^{-3}
Square mile* (imp.)	sq.mi od. mi^2	2,589979 ×	10^{18}	10^{12}	10^{10}	10^8	10^6	1	$5{,}111369 \times 10^9$	$4{,}014460 \times 10^9$	$2{,}787819 \times 10^7$	$3{,}097577 \times 10^6$	6,399952 x 10^2	9,999925 × 10^{-1}
Square mile (US)	sq.mi od. mi^2	2,589998 ×	10^{18}	10^{12}	10^{10}	10^8	10^6	1	$5{,}111407 \times 10^9$	$4{,}014490 \times 10^9$	$2{,}787842 \times 10^7$	$3{,}09766 \times 10^6$	6,4 × 10^2	**1** × 1

* Wissenschaft.

Volumen- und Hohlmaße

Dimension: In allen Maßsystemen aus Länge und Fläche abgeleitete Dimension = L^3.

Grundeinheiten

MKS-System: Kubikmeter (m^3), CGS-System: Kubikzentimeter (cm^3), MTS-System: Kubikmeter (m^3), ft-lb-s-System: Cubic foot (ft^3 oder cu.ft) = 1/27 cubic yard.

Volumen- und Hohlmaße

Physikalisch besteht zwischen Volumen- und Hohlmaßen kein theoretischer Unterschied, das heißt, die Dimension ist bei beiden L^3. Die Volumen- oder Raummaße sind definiert als dritte Potenz der entsprechenden Längeneinheiten (zum Beispiel m^3, in^3 usw.). Eine genaue Realisierung dieser geometrischen Definition ist aber in der Praxis schwierig. Andererseits führt eine

Umrechnung von Volumen- und Hohlmaßen

A		Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **B** und der der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **C** zu multiplizieren						Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **D** zu multiplizieren								
		B	C					D								
Name	Abkürzung		μm^3	mm^3	cm^3	dm^3	m^3	μl	ml	dl	l	hl	in^3 (US)	ft^3 (US)	yd^3 (US)
Kubikmikrometer	μm^3	**1**	× 1	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	$9{,}999720 \times 10^{-10}$	$9{,}999720 \times 10^{-13}$	$9{,}999720 \times 10^{-15}$	$9{,}999720 \times 10^{-16}$	$9{,}999720 \times 10^{-18}$	$6{,}102338 \times 10^{-14}$	$3{,}531445 \times 10^{-17}$	$1{,}307943 \times 10^{-18}$
Kubikmillimeter	mm^3	**1**	× 10^9	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	$9{,}999720 \times 10^{-1}$	$9{,}999720 \times 10^{-4}$	$9{,}999720 \times 10^{-6}$	$9{,}999720 \times 10^{-7}$	$9{,}999720 \times 10^{-9}$	$6{,}102338 \times 10^{-5}$	$3{,}531445 \times 10^{-8}$	$1{,}307943 \times 10^{-9}$
Kubikzentimeter	cm^3	**1**	× 10^{12}	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	$9{,}999720 \times 10^3$	$9{,}999720 \times 10^{-1}$	$9{,}999720 \times 10^{-3}$	$9{,}999720 \times 10^{-4}$	$9{,}999720 \times 10^{-6}$	$6{,}102338 \times 10^{-2}$	$3{,}531445 \times 10^{-5}$	$1{,}307943 \times 10^{-6}$
Kubikdezimeter	dm^3	**1**	× 10^{15}	10^9	10^3	1	10^{-3}	$9{,}999720 \times 10^9$	$9{,}999720 \times 10^3$	$9{,}999720 \times 1$	$9{,}999720 \times 10^{-1}$	$9{,}999720 \times 10^{-3}$	$6{,}102338 \times 10$	$3{,}531445 \times 10^{-2}$	$1{,}307943 \times 10^{-3}$
Kubikmeter (Ster)	m^3	**1**	× 10^{18}	10^9	10^6	10^3	1	$9{,}999720 \times 10^9$	$9{,}999720 \times 10^6$	$9{,}999720 \times 10^3$	$9{,}999720 \times 10^2$	$9{,}999720 \times 1$	$6{,}102338 \times 10^4$	3,531445 x 10	1,307943 x 1
Mikroliter	µl	1,000028 ×	10^9	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	1 × 1	1 × 10^{-3}	1 × 10^{-5}	1 × 10^{-6}	1 × 10^{-8}	6,102509 × 10^{-5}	3,531544 × 10^{-8}	1,307979 × 10^{-9}
Milliliter	ml	1,000028 ×	10^{12}	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	1 × 10^3	1 × 1	1 × 10^{-2}	1 × 10^{-3}	1 × 10^{-5}	6,102509 × 10^{-2}	3,531544 × 10^{-5}	1,307979 × 10^{-6}
Deziliter	dl	1,000028 ×	10^{14}	10^5	10^2	10^{-1}	10^{-4}	1 × 10^5	1 × 10^2	1 × 1	1 × 10^{-1}	1 × 10^{-3}	6,102509 × 1	3,531544 × 10^{-3}	1,307979 × 10^{-4}
Liter	l	1,000028 ×	10^{15}	10^6	10^3	1	10^{-3}	1 × 10^6	1 × 10^3	1 × 10	1 × 1	1 × 10^{-2}	6,102509 × 10	3,531544 × 10^{-2}	1,307979 × 10^{-3}
Hektoliter	hl	1,000028 ×	10^{17}	10^8	10^5	10^2	10^{-1}	1 × 10^8	1 × 10^5	1 × 10^3	1 × 10^2	1 × 1	6,102509 × 10^2	3,531544 × 1	1,307979 × 10^{-1}
Cubic inch* (imp.)	cu. in od. in^3	1,638698 ×	10^{13}	10^4	10	10^{-2}	10^{-5}	$1{,}638652 \times 10^4$	1,638652 x 10	$1{,}638652 \times 10^{-1}$	$1{,}638652 \times 10^{-2}$	$1{,}638652 \times 10^{-4}$	9,999888 × 10^{-1}	$5{,}786972 \times 10^{-4}$	$2{,}143323 \times 10^{-5}$
Cubic inch (US)	cu. in od. in^3	1,638716 ×	10^{13}	10^4	10	10^{-2}	10^{-5}	$1{,}638670 \times 10^4$	1,638670 x 10	$1{,}638670 \times 10^{-1}$	$1{,}638670 \times 10^{-2}$	**1** × 1	5,78703 × 10^{-4}	$2{,}143347 \times 10^{-5}$
Cubic foot* (imp.)	cu. ft od. ft^3	2,831670 ×	10^{16}	10^7	10^4	10	10^{-2}	$2{,}831591 \times 10^4$	$2{,}831591 \times 10^2$	2,831591 x 10	2,831591 x 1	1,727981 × 10^{-1}	1,728 × 10^3	9,999888 × 10^{-1}	$3{,}703662 \times 10^{-2}$
Cubic foot (US)	cu. ft od. ft^3	2,831702 ×	10^{16}	10^7	10^4	10	10^{-2}	$2{,}831622 \times 10^4$	$2{,}831622 \times 10^2$	$2{,}831622 \times 10$	$2{,}831622 \times 1$	1,728 × 10^3	**1** × 1	3,703 × 10^{-2}	
Cubic yard* (imp.)	cu. yd od. yd^3	7,645509 ×	10^{17}	10^8	10^5	10^2	10^{-1}	$7{,}645295 \times 10^5$	$7{,}645295 \times 10^3$	$7{,}645295 \times 10^2$	7,645295 x 1	4,665548 × 10^4	4,665**6** × 10^4	2,699970 x 10	1,999888 × 10^{-1}
Cubic yard (US)	cu. yd od. yd^3	7,645594 ×	10^{17}	10^8	10^5	10^2	10^{-1}	$7{,}645380 \times 10^5$	$7{,}645380 \times 10^3$	$7{,}645380 \times 10^2$	7,645380 x 1	4,665**6** × 10^4	2,**7** x 10	**1** × 1	
Register Ton* (imp.)	reg. tn	2,831670 ×	10^{18}	10^9	10^6	10^3	1	$2{,}831591 \times 10^6$	$2{,}831591 \times 10^4$	$2{,}831591 \times 10^3$	2,831591 x 10	1,727981 × 10^6	9,999888 x 10^2	**1** × 1	3,703662 x 1
Register Ton (US)	reg. tn	2,831702 ×	10^{18}	10^9	10^6	10^3	1	$2{,}831622 \times 10^6$	$2{,}831622 \times 10^4$	$2{,}831622 \times 10^3$	2,831622 x 10	1,728 × 10^5	**1** × 10^2	3,703 × 1	

* Wissenschaft.

praktisch sehr genau realisierbare physikalische Definition zu den sogenannten Hohlmaßen, denen an Stelle eines Raum- ein *Gewichts*meßverfahren zugrunde liegt: Die Hohlmaße entsprechen einem Volumen, das von einer bestimmten Menge Wasser unter festgelegten Bedingungen eingenommen wird.

Metrische Maßsysteme

Das *Hohlmaß* der metrischen Systeme ist der Liter[1]. Er ist definiert als das Volumen, das von einem Kilogramm reinem, luftfreiem Wasser bei seiner größten Dichte (3,98 °C) unter normalem atmosphärischem Druck (1 atm = 760 Torr) eingenommen wird[2], 1950 legte das Internationale Komitee für Maß und Gewicht folgende Umrechnungsbeziehung zwischen Liter und metrischen *Raumeinheiten* fest[2]:

1 Liter = 1,000 028 dm^3 = 1000,028 cm^3 usw.

Der Umrechnungsfaktor 1,000 028 wird heute als fehlerfreier Wert für die Umrechnung zwischen metrischen Raum- und Hohlmaßeinheiten angesehen.

---

1) *C. R. 3e Conf. Poids Mes., 1901*, Paris (1901), S. 37.

2) Comité international des Poids et Mesures, *p. V. Com. int. Poids Mes.*, **22**, 77 und 94 (1950).

Angelsächsische Maßsysteme

Hohlmaße. Im allgemeinen werden in den angelsächsischen Maßsystemen das Gallon (gal) und die darauf bezogenen Einheiten als Hohlmaße für Flüssigkeiten, das Bushel (bu) und die darauf bezogenen Einheiten als Hohlmaße für Trockensubstanzen benutzt. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß im Vereinigten Königreich sowohl das Gallon als auch das Bushel und die darauf bezogenen Einheiten für Flüssigkeiten und Trockensubstanzen zugelassen sind, während in den USA das Gallon und entsprechende Einheiten nur für Flüssigkeiten, das Bushel und

Umrechnung von US-Hohlmaßen für Trockensubstanzen

A		B: Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren						C: siehe Anmerkung
Name	Abkürzung	m^3	l	in^3 (US)	dry pt (US)	dry qt (US)	pk	bu	Imperial
Kubikmeter	m^3	**1** x 1	9,999720x10²	6,102338x10⁴	1,816155x10³	9,080775x10²	1,135097x10²	2,837742x10	—
Liter	l	1,000028x10⁻³	**1** x 1	6,102509x10	1,816206x 1	9,081030x10⁻¹	1,135129x10⁻¹	2,837822x10⁻²	—
Cubic inch (US)	cu.in od.in^3 (US)	1,638716x10⁻⁵	1,638670x10⁻²	**1** x 1	2,976163x10⁻²	1,488081x10⁻²	1,860102x10⁻³	4,650254x10⁻⁴	1,000011 20
Dry pint (US)	dry pt (US)	5,506138x10⁻⁴	5,505984x10⁻¹	3,360031x10	**1** x 1	**5** x10⁻¹	6,**25** x10⁻²	1,**562**5 x10⁻²	0,96894472
Dry quart (US)	dry qt (US)	1,101228x10⁻³	1,101197x 1	6,720062x10	**2** x 1	**1** x 1	1,**25** x10⁻¹	3,**125** x10⁻²	0,96894472
Peck (US)	pk (US)	8,809820x10⁻³	8,809574x 1	5,3760**5** x10²	1,**6** x10	**8** x 1	**1** x 1	**2,5** x10⁻¹	0,96894472
Bushel (US)	bu (US)	3,523928x10⁻²	3,523829x10	2,1504**2** x10³	6,**4** x10	3,**2** x10	**4** x 1	**1** x 1	0,96894472

Umrechnung von US-Hohlmaßen für Flüssigkeiten

A		B: Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren										C: siehe Anmerkung
Name	Abkürzung	m^3	l	in^3 (US)	min (US)	fl. dr (US)	fl. oz (US)	gi (US)	liq. pt (US)	liq. qt (US)	gal (US)	Imperial
Kubikmeter	m^3	**1** x 1	9,999720x10²	6,102338x10⁴	1,623063x10⁷	2,705106x10⁵	3,381382x10⁴	8,453455x10³	2,113364x10³	1,056682x10³	2,641705x10²	—
Liter	l	1,000028x10⁻³	**1** x 1	6,102509x10	1,623109x10⁴	2,705181x10²	3,381477x10	8,453692x 1	2,113423x 1	1,056711x 1	2,641779x10⁻¹	—
Cubic inch (US)	cu. in od.in^3 (US)	1,638716x10⁻⁵	1,638670x10⁻²	**1** x 1	2,659740x10²	4,432900x 1	5,541126x10⁻¹	1,385281x10⁻¹	3,463203x10⁻²	1,731602x10⁻²	4,329004x10⁻³	1,000011 20
Minim (US)	min (US)	6,161189x10⁻⁸	6,161016x10⁻⁵	3,759766x10⁻³	**1** x 1	1,6 x10⁻²	2,083 x10⁻³	5,2083 x10⁻⁴	1,302083x10⁻⁴	6,510416x10⁻⁵	1,627604x10⁻⁵	0,96075424
Fluid dram (US)	fl. dr (US)	3,696713x10⁻⁶	3,696610x10⁻³	2,255859x10⁻¹	**6** x10	**1** x 1	1,**25** x10⁻¹	3,**125** x10⁻²	7,8**125** x10⁻³	3,906**25** x10⁻³	9,765**625**x10⁻⁴	0,96075424
Fluid ounce*(US)	fl. oz (US)	2,957371x10⁻⁵	2,957288x10⁻²	1,804688x 1	4,**8** x10²	**8** x 1	**1** x 1	2,**5** x10⁻¹	6,**25** x10⁻²	3,**125** x10⁻²	7,8**125** x10⁻³	0,96075424
Gill (US)	gi (US)	1,182948x10⁻⁴	1,182915x10⁻¹	7,21875 x 1	1,9**2** x10³	3,**2** x10	**4** x 1	**1** x 1	2,**5** x10⁻¹	1,**25** x10⁻¹	3,**125** x10⁻²	0,83267913
Liquid pint* (US)	liq. pt (US)	4,731793x10⁻⁴	4,731661x10⁻¹	2,887**5** x10	7,**68** x10³	1,**28** x10²	1,**6** x10	**4** x 1	**1** x 1	**5** x10⁻¹	1,**25** x10⁻¹	0,83267913
Liquid quart (US)	liq. qt (US)	9,463586x10⁻⁴	9,463321x10⁻¹	5,77**5** x10	1,53**6** x10⁴	2,**56** x10²	3,**2** x10	**8** x 1	**2** x 1	**1** x 1	2,**5** x10⁻¹	0,83267913
Gallon* (US)	gal (US)	3,785434x10⁻³	3,785329x 1	2,3**1** x10²	6,1**44** x10⁴	1,0**24** x10³	1,**28** x10²	3,**2** x10	**8** x 1	**4** x 1	**1** x 1	0,83267913

Umrechnung von Imperial-Hohlmaßen (die Imperial-Hohlmaße sind für Flüssigkeiten und Trockensubstanzen zulässig)

A		B: Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren												C: siehe Anmerkung	
Name	Abkürzung	m^3	l	in^3 (imp.)	min (imp.)	fl. dr (imp.)	fl. oz (imp.)	gi (imp.)	pt (imp.)	qt (imp.)	gal (imp.)	pk (imp.)	bu (imp.)	US liquid	US dry
Kubikmeter	m^3	**1** x 1	9,999720x10²	6,102406x10⁴	1,689364x10⁷	2,815606x10⁵	3,519508x10⁴	7,039015x10³	1,759754x10³	8,798769x10²	2,199692x10²	1,099846x10²	2,749615x10	—	—
Liter	l	1,000028x10⁻³	**1** x 1	6,102577x10	1,689411x10⁴	2,815685x10²	3,519606x10	7,039213x 1	1,759803x 1	8,799016x10⁻¹	2,199754x10⁻¹	1,099877x10⁻¹	2,749692x10⁻²	—	—
Cubic inch (imp.)	cu. in od. in^3 (imp.)	1,638698x10⁻⁵	1,638652x10⁻²	**1** x 1	2,768357x10²	4,613928x 1	5,767410x10⁻¹	1,153482x10⁻¹	2,883705x10⁻²	1,441852x10⁻²	3,604631x10⁻³	1,802316x10⁻³	4,505789x10⁻⁴	0,99998880	0,99998880
Minim (imp.)	min (imp.)	5,919388x10⁻⁸	5,919223x10⁻⁵	3,612251x10⁻³	**1** x 1	1,6 x10⁻²	2,083 x10⁻³	4,16 x10⁻⁴	1,0416 x10⁻⁴	5,2083 x10⁻⁵	1,302083x10⁻⁵	6,510416x10⁻⁶	1,627604x10⁻⁶	1,04084891	keine Einh.
Fluid drachm (imp.)	fl. dr (imp.)	3,551633x10⁻⁶	3,551534x10⁻³	2,167351x10⁻¹	**6** x10	**1** x 1	1,**25** x10⁻¹	2,**5** x10⁻²	6,**25** x10⁻³	3,**125** x10⁻³	7,8**125** x10⁻⁴	3,906**25** x10⁻⁴	9,765**625**x10⁻⁵	1,04084891	keine Einh.
Fl. ounce* (imp.)	fl. oz (imp.)	2,841306x10⁻⁵	2,841227x10⁻²	1,733881x 1	4,**8** x10²	**8** x 1	**1** x 1	2 x10⁻¹	**5** x10⁻²	2,**5** x10⁻²	6,**25** x10⁻³	3,**125** x10⁻³	7,8**125** x10⁻⁴	1,04084891	keine Einh.
Gill (imp.)	gi (imp.)	1,420653x10⁻⁴	1,420613x10⁻¹	8,669403x 1	2,**4** x10³	**4** x10	**5** x 1	**1** x 1	2,**5** x10⁻¹	1,**25** x10⁻¹	3,**125** x10⁻²	1,562**5** x10⁻²	3,906**25** x10⁻³	1,20094280	keine Einh.
Pint* (imp.)	pt (imp.)	5,682613x10⁻⁴	5,682454x10⁻¹	3,467761x10	9,**6** x10³	1,**6** x10²	**2** x10	**4** x 1	**1** x 1	**5** x10⁻¹	1,**25** x10⁻¹	6,**25** x10⁻²	1,562**5** x10⁻²	1,20094280	1,03205062
Quart (imp.)	qt (imp.)	1,136523x10⁻³	1,136491x 1	6,935522x10	1,9**2** x10⁴	3,**2** x10²	**4** x10	**8** x 1	**2** x 1	**1** x 1	2,**5** x10⁻¹	1,**25** x10⁻¹	3,**125** x10⁻²	1,20094280	1,03205062
Gallon* (imp.)	gal (imp.)	4,546090x10⁻³	4,545963x 1	2,774209x10²	7,**68** x10⁴	1,**28** x10³	1,**6** x10²	3,**2** x10	**8** x 1	**4** x 1	**1** x 1	**5** x10⁻¹	1,**25** x10⁻¹	1,20094280	keine Einh.
Peck (imp.)	pk (imp.)	9,092181x10⁻³	9,091926x 1	5,548418x10²	1,53**6** x10⁵	2,**56** x10³	3,**2** x10²	6,**4** x10	1,**6** x10	**8** x 1	**2** x 1	**1** x 1	**2,5** x10⁻¹	keine Einh.	1,03205062
Bushel (imp.)	bu (imp.)	3,636872x10⁻²	3,636770x10	2,219367x10³	6,144 x10⁵	1,024 x10⁴	1,28 x10³	2,**56** x10²	6,4 x10	3,**2** x10	**8** x 1	**4** x 1	**1** x 1	keine Einh.	1,03205062

Anmerkung zu C: Man multipliziere den gegebenen US- (Imperial-) Wert unter **A** mit dem auf der gleichen Zeile stehenden Faktor unter **C**, um den entsprechenden Imperial- (US-) Wert zu erhalten. Das gleiche gilt für die Äquivalente unter **B**: zum Beispiel 3,696 610 × 10^{-3} l (= 1 fl. dr US) × 0,960 754 24 = 3,551 534 × 10^{-3} l (= 1 fl. dr imp.).

* Vgl. Umrechnungstafel auf S. 735.

entsprechende Einheiten nur für Trockensubstanzen verwendet werden dürfen.

Im Vereinigten Königreich wird durch die Weights and Measures Act 1878 das Gallon als jenes Volumen festgelegt, das von 10 imperial pound destilliertem Wasser bei 62 °F, gewogen in Luft mit Messinggewichten und bei einem Barometerdruck von 30 inches, eingenommen wird. Diese Definition ist mangelhaft, weshalb in einer Order in Council vom 19. Mai 1898 folgende Umrechnungsbeziehung definiert wurde

1 imp. gallon = 4,545 9631 Liter und
1 imp. bushel = 8 imp. gallons

Mit den Umrechnungsfaktoren zwischen Liter und Kubikmeter und zwischen Kubikmeter und Cubic Inch ergibt sich

1 imp. gallon (Handel) = 277,420 imp. (Handel) cubic inches
1 imp. gallon (Wissenschaft) = 277,421 imp. (Wissenschaft) cubic inches

In den USA gelten heute folgende Definitionen

1 US-gallon = 231 US-cubic inches
1 US-bushel = 2150,42 US-cubic inches

Zwischen Imperial- und US-Hohlmaßen bestehen größere Differenzen, die am besten aus den beigefügten Umrechnungstabellen abgelesen werden können. Es ist noch nachzutragen, daß die Hohlmaße Minim, Fluid Scruple (in den Umrechnungstabellen weggelassen, da nur im Vereinigten Königreich gültig), Fluid Drachm (imp.) bzw. Fluid Dram (US) und die Fluid Ounce Apothekermaße darstellen, die auf die entsprechenden Masseneinheiten abgestimmt sind, das heißt 1 minim : 1 fl. scruple : 1 fl. drachm bzw. dram : 1 fl. ounce = 1 grain : 1 scruple : 1 drachm bzw. dram apoth. : 1 ounce apoth. = 1 : 20 : 60 : 480.

Volumenmaße (in³, ft³ usw.). Zur Umrechnung gleichlautender Volumeneinheiten der Imperial-Handel- und -Wissenschaft-, der USA- und Normmaßsysteme sind die auf S. 174 genannten Umrechnungsfaktoren in die dritte Potenz zu erheben. Sie betragen dann:

	Imperial		USA	Norm
	Handel	Wissenschaft		
Imperial Handel	**1**	1,000 002 598	0,999 991 399	0,999 997 399
Imperial Wissenschaft	0,999 997 399	**1**	0,999 988 801	0,999 994 801
USA	1,000 008 598	1,000 011 196	**1**	1,000 006 000
Norm	1,000 002 598	1,000 005 196	0,999 994 000	**1**

Masse

Dimension

in den Länge-Masse-Zeit-Systemen (LMT-Systemen) = M
in den Länge-Kraft-Zeit-Systemen (LKT-Systemen) = $L^{-1} K T^2$

Grundeinheiten

LMT-Systeme: MKS-System: Kilogramm (kg), CGS-System: Gramm (g), MTS-System: Tonne (t), ft-lb-s-System: Pound (lb).

LKT-Systeme: Im Meter-Kilogramm-Kraft-Sekunde- (m-kp-s-) System, das in der Technik viel verwendet wird, ist die Einheit der Masse eine abgeleitete Einheit der Formel $m^{-1} kp s^2$, die 9,806 6**5** kg entspricht. Diese Einheit trägt keinen Eigennamen und wird mit der rasch fortschreitenden Verbreitung des MKS-Systems jegliche Bedeutung verlieren, da sie schon bisher selten benutzt und in der Technik in der Regel durch Gewicht/Fallbeschleunigung ersetzt wurde. In diesem Falle ist die technische Einheit = kp/9,806 6**5** m s^{-2} und entspricht damit dem Kilogramm des MKS-Systems.

Metrische Maßsysteme

Die metrische Fundamentaleinheit der Masse ist das *Kilogramm* (kg). Es wird durch den internationalen Kilogrammprototyp verkörpert, einem Platin-Iridium-Zylinder, der im Internationalen Bureau für Maß und Gewicht in Sèvres (Frankreich) aufbewahrt wird[1].

Angelsächsische Maßsysteme

In den angelsächsischen Ländern bestehen drei Masseneinheitensysteme nebeneinander: Das *Avoirdupois*-System für Handel, Industrie und Wissenschaft, das *Troy*-System für den Edelmetall- und Edelsteinhandel sowie für die staatliche Münze und das *Apothecary*-System. Diesen drei Systemen gemeinsam ist das Grain (gr), das seinerseits als der 7000. Teil des Avoirdupois Pound (lb av.) definiert ist.

Im Vereinigten Königreich wird das Avoirdupois Pound durch das Imperial Standard Pound verkörpert, einem Platinzylinder, der im Standards Department of the Board of Trade aufbewahrt wird. Dieses Imperial Pound ist durch die Weights and Measures Act 1878 legalisiert worden. Nach einer Order in Council vom 19. Mai 1898 besteht dafür die für den Handel gesetzliche Umrechnungsbeziehung

1 imp. pound = 0,453 592 43 Kilogramm

Für wissenschaftliche Untersuchungen höchster Präzision gilt die vom National Physical Laboratory (NPL) ermittelte Relation

1 imp. pound = 0,453 592 338 Kilogramm

Die wichtigsten Länder des englischen Sprachgebiets sind neulich übereingekommen, in Wissenschaft und Technologie ein «internationales Pound» zu verwenden[2].

1 int. pound = 0,453 592 37 Kilogramm

In den Vereinigten Staaten ist das Avoirdupois Pound nach der Mendenhall Order von 1893[3] auf das Kilogramm bezogen nach der Relation

1 US-pound avoirdupois = 1/2,204**6** Kilogramm

was einen Umrechnungsfaktor von 0,453 597 024 ergäbe. Nach dem National Bureau of Standards (NBS) gilt heute die definierende Umrechnungsbeziehung

1 US-pound avoirdupois = 0,453 592 427**7** Kilogramm

Im Vereinigten Königreich ist das Troy Pound nicht mehr legal, eine Reihe darauf bezogener Untereinheiten ist aber noch im Edelmetall- und Edelsteinhandel zugelassen (vgl. Umrechnungstabelle). In den Vereinigten Staaten hingegen ist das Troy Pound die gesetzliche Grundeinheit für Münzen.

1 US-pound troy = 5760/7000 US-pound avoirdupois

Den beigefügten Umrechnungstafeln ist der USA-Wert des NBS zugrunde gelegt.

Internationale Einheit für den Edelmetall- und Edelsteinhandel

1 Karat (c) = 0,0002 Kilogramm = 0,2 Gramm = 200 Milligramm

Umrechnung von Masseneinheiten

A | **B** | **C** | **D**

B: Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **B** und der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **C** zu multiplizieren

D: Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **D** zu multiplizieren

Name	Abkürzung	**A**	**B**	**C** µg	**C** mg	**C** g	**C** kg	**C** t	**D** gr	**D** dr av.	**D** oz av.	**D** lb av.	**D** ctl (imp.) sh. cwt (US)	**D** cwt (imp.), l. cwt (US)	**D** sh. tn (US)	**D** tn (imp.), l. tn (US)
Mikrogramm (Gamma. *Solle nicht mehr verwendet werden!*)	µg (γ)	**1**	×	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	1,543236x10^{-5}	5,643833x10^{-7}	3,527396x10^{-8}	2,204622x10^{-9}	2,204622x10^{-11}	1,968413x10^{-11}	1,102311x10^{-12}	9,842064x10^{-13}
Milligramm	mg	**1**	× 10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	1,543236x10^{-2}	5,643833x10^{-4}	3,527396x10^{-5}	2,204622x10^{-6}	2,204622x10^{-8}	1,968413x10^{-8}	1,102311x10^{-9}	9,842064x10^{-10}
Gramm	g	**1**	× 10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-6}	1,543236x10	5,643833x10^{-1}	3,527396x10^{-2}	2,204622x10^{-3}	2,204622x10^{-5}	1,968413x10^{-5}	1,102311x10^{-6}	9,842064x10^{-7}
Kilogramm	kg	**1**	× 10^9	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-3}	1,543236x10^4	5,643833x10^2	3,527396x10	2,204622x 1	2,204622x10^{-2}	1,968413x10^{-2}	1,102311x10^{-3}	9,842064x10^{-4}
Tonne	t	**1**	× 10^{12}	10^9	10^6	10^3	1	1,543236x10^7	5,643833x10^5	3,527396x10^4	2,204622x10^3	2,204622x10	1,968413x10	1,102311x 1	9,842064x10^{-1}
Grain*, avoirdupois, apothecary oder troy (imp., US)	gr	6,479892x	10^4	10	10^{-2}	10^{-5}	10^{-8}	1	x 1	3,657143x10^{-2}	2,285714x10^{-3}	1,428571x10^{-4}	1,428571x10^{-6}	1,275511x10^{-6}	7,142587x10^{-8}	6,377551x10^{-8}
Dram, avoirdupois (imp., US)	dr av.	1,771845x	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	2,734375x10	**1**	x 1	6,**25**	x10^{-2}	3,906**25** x10^{-3}	3,906**25** x10^{-5}	3,487723x10^{-5}	1,953**125**x10^{-6}	1,743862x10^{-6}
Ounce**, avoirdup. (imp., US)	oz av.	2,834953x	10^7	10^4	10	10^{-2}	10^{-5}	4,375	x10^2	1,**6**	x10	**1**	6,**25**	x10^{-2}	6,**25** x10^{-4}	3,**125** x10^{-5}	2,790179x10^{-5}
Pound*, avoirdup. (imp., US)	lb av.	4,535924x	10^8	10^5	10^2	10^{-1}	10^{-4}	**7**	x10^3	2,**56**	x10^2	1,**6**	x 1	**1**	8,928571x10^{-3}	**5**	x10^{-4}	4,464286x10^{-4}
Cental (imp.) / Short hundredweight (US)	ctl / sh. cwt	4,535924x	10^{10}	10^7	10^4	10	10^{-2}	**7**	x10^5	2,**56**	x10^4	1,**6**	x10^3	**1**	x 1	8,928571x10^{-1}	**5**	x10^{-2}	4,464286x10^{-2}
Hundredweight (imp.) / Long hundredweight (US)	cwt / l. cwt	5,080235x	10^{10}	10^7	10^4	10	10^{-2}	7,**84**	x10^5	2,8672	x10^4	1,**792**	x10^3	1,**12**	x10^2	1,**12**	x 1	**1**	x 1	5,**6**	x10^{-2}	**5**	x10^{-2}
Short ton (US)	sh. tn	9,071849x	10^{11}	10^8	10^5	10^2	10^{-1}	1,**4**	x10^6	5,**12**	x10^5	3,**2**	x10^4	**2**	x10^3	**2**	x10	1,785714x10	**1**	x 1	8,928571x10^{-1}
Ton (imp.) / Long ton (US)	tn / l. tn	1,016047x	10^{12}	10^9	10^6	10^3	1	1,**568**	x10^6	5,7344	x10^5	3,**584**	x10^4	2,**24**	x10^3	2,**24**	x10	**2** x10	**1,12**	x 1	**1**	x 1

* Vgl. Umrechnungstafeln auf S. 736 und 737. ** Vgl. Umrechnungstafel auf S. 735.

1) C. R. 3e Conf. Poids Mes., 1901, Paris (1901), S. 68. *2)* Editorial, *Nature*, **183**, 80 (1959). *3) U.S. Coast and Geodetic Survey, Treasury Department*, Bull. Nr. 26 (1893) (Mendenhall Order).

Umrechnung von Troy-Einheiten

| Name | Abkürzung | A | B | | |

Die Schaltjahre haben durch 4 teilbare Jahreszahlen, der zusätzliche Schalttag ist der 29. Februar.

Das Julianische Jahr ist, wie oben erwähnt, etwa 11 Minuten länger als das dem tatsächlichen Erdumlauf entsprechende tropische Jahr. Der Julianische Kalender blieb deshalb der wirklichen Zeit gegenüber immer mehr zurück. Dies veranlaßte Papst GREGOR XIII., mit der Bulle vom 24. Februar 1582 eine Kalenderreform durchzuführen, nach der 10 Tage, vom 5. bis und mit 14. Oktober 1582, gestrichen wurden, um die angewachsene Differenz zwischen dem tatsächlichen und dem Kalenderdatum zu beheben. In Frankreich wurde der 10. bis und mit 19. Dezember 1582 gestrichen, während in England, das die Gregorianische Zeitrechnung erst 1752 einführte, schon 11 Tage, vom 3. bis und mit 13. September 1752, gestrichen werden mußten.

Die Gregorianische Kalenderreform bestimmte weiter, daß die regelmäßig alle 4 Jahre eingeschalteten Schaltjahre des Julianischen Kalenders dann ausfallen, wenn sie auf eine Jahreszahl fallen, die ein ganzes Vielfaches von 100 ist. Ausgenommen von dieser Regel sind die Jahre 1600, 2000, 2400 usw. Es ergibt sich somit für die mittlere Dauer eines *Gregorianischen Jahres*

1 Gregorianisches Jahr = (400 a_{jul} — 3 Tage)/ 400 Tage = 365,242**5** Tage
(a_{jul} in Tagen)

Es ist damit nur 0,4 Minuten länger als das dem tatsächlichen Erdumlauf entsprechende tropische Jahr. Mit dem Gregorianischen Kalender ist deshalb die Übereinstimmung zwischen tatsächlichem und Kalenderdatum auf lange Zeit hinaus gesichert.

Umrechnung von Zeiteinheiten

	A		B: Man multipliziere die gegebene Einheit **A** mit den der gesuchten Einheit unter **B** entsprechenden Faktoren				A
			Mittlere Sonnenzeit 1900,**0**				
	Name	Abkürzung	Sekunde	Minute	Stunde	Tag	Abkürzung
	Sekunde †	s	**1** × 1	$1{,}\dot{6}$ × 10^{-2}	$2{,}\dot{7}$ × 10^{-4}	$1{,}15\dddot{7}40$ × 10^{-5}	s
Mittlere Sonnenzeit	Minute †	min	**6** × 10	**1** × 1	$1{,}\dot{6}$ × 10^{-2}	$6{,}9\dot{4}$ × 10^{-4}	min
	Stunde †	h	3,**6** × 10^{3}	**6** × 10	**1** × 1	$4{,}1\dot{6}$ × 10^{-2}	h
	Tag	d	8,**64** × 10^{4}	1,**44** × 10^{3}	2,**4** × 10	**1** × 1	d
	Monat (28 Tage)		2,419**2** × 10^{6}	4,03**2** × 10^{4}	6,7**2** × 10^{2}	2,**8** × 10	Monat (28 d)
	Monat (29 Tage)		2,505**6** × 10^{6}	4,17**6** × 10^{4}	6,9**6** × 10^{2}	2,**9** × 10	Monat (29 d)
	Monat (30 Tage)		2,59**2** × 10^{6}	4,3**2** × 10^{4}	7,**2** × 10^{2}	**3** × 10	Monat (30 d)
	Monat (31 Tage)		2,678**4** × 10^{6}	4,46**4** × 10^{4}	7,4**4** × 10^{2}	3,**1** × 10	Monat (31 d)
	Jahr (365 Tage)	a_{365}	3,153**6** × 10^{7}	5,25**6** × 10^{5}	8,7**6** × 10^{3}	3,6**5** × 10^{2}	a_{365}
	Jahr (366 Tage)	a_{366}	3,162**24** × 10^{7}	5,270**4** × 10^{5}	8,78**4** × 10^{3}	3,6**6** × 10^{2}	a_{366}
Sternzeit	Sternsekunde[1]	s*	9,972 695 66 × 10^{-1}	1,662 115 94 × 10^{-2}	2,770 193 24 × 10^{-4}	1,154 247 18 × 10^{-5}	s*
	Sternminute[1]	min*	5,983 617 40 × 10	9,972 695 66 × 10^{-1}	1,662 115 94 × 10^{-2}	6,925 483 10 × 10^{-4}	min*
	Sternstunde[1]	h*	3,590 170 44 × 10^{3}	5,983 617 40 × 10	9,972 695 66 × 10^{-1}	4,155 289 86 × 10^{-2}	h*
	Sterntag[1]	d*	8,616 409 05 × 10^{4}	1,436 068 18 × 10^{3}	2,393 446 96 × 10	9,972 695 66 × 10^{-1}	d*
Zur Zeit 1900,**0**	Siderisches Jahr[1]	a_{sid}	3,155 814 95 × 10^{7}	5,259 691 58 × 10^{5}	8,766 152 64 × 10^{3}	3,652 563 60 × 10^{2}	a_{sid}
	Tropisches Jahr[1]	a_{trop}	3,155 692 60 × 10^{7}	5,259 487 66 × 10^{5}	8,765 812 77 × 10^{3}	3,652 421 99 × 10^{2}	a_{trop}
	Anomalistisches Jahr[1]	a_{anom}	3,155 843 30 × 10^{7}	5,259 738 83 × 10^{5}	8,766 231 38 × 10^{3}	3,652 596 41 × 10^{2}	a_{anom}
Kalenderjahre	Julianisches Jahr	a_{jul}	3,155 7**6** × 10^{7}	5,259 **6** × 10^{5}	8,76**6** × 10^{3}	3,652 **5** × 10^{2}	a_{jul}
	Gregorianisches Jahr	a_{greg}	3,155 695**2** × 10^{7}	5,259 49**2** × 10^{5}	8,765 8**2** × 10^{3}	3,652 42**5** × 10^{2}	a_{greg}

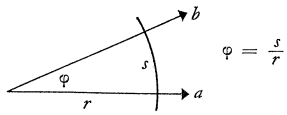
† Vgl. auch Umrechnungstafel auf S. 739.

1) Werte nach oder errechnet nach Werten aus: Bureau des Longitudes, *Annuaire pour l'an 1954*, Paris (1954), S. 220 und 221.

Winkel

Ebene Winkel

Der ebene Winkel φ zwischen den Halbgeraden a und b wird definiert als Quotient aus Kreisbogenlänge s und dem Radius r eines Kreises, dessen Zentrum im Schnittpunkt dieser Halbgeraden liegt.



$$\varphi = \frac{s}{r}$$

In dieser Definition ist der Winkel φ als Quotient zweier Längen dimensionslos[1].

Als *Radiant* (englisch *radian*), Symbol rad, wird der Winkel bezeichnet, bei dem das Verhältnis $s/r \equiv 1$ ist. Der rechte Winkel, genannt *Rechter*, Symbol ∟, entspricht $\pi/2$; der *Altgrad*, Symbol °, entspricht $\pi/180$; der *Neugrad*, Symbol ^{g}, entspricht $\pi/200$. Der Neugrad wird im deutschen Sprachgebiet auch als Gon bezeichnet, der englische Ausdruck ist *grade*. Für den ganzen Kreiswinkel 2π rad = 4 ∟ = 360° = 400 ^{g} besteht kein offizieller Name. Wir nennen ihn in der Umrechnungstabelle «Ganzer» und entlehnen die Abkürzung rev dem Englischen, das den «Ganzen» mit *revolution* bezeichnet (in dieser Beziehung nicht mit «Umdrehung» verwechseln!).

Die Unterteilung der Winkeleinheiten ist beim Altgrad sexagesimal:

1 Altgrad = 60 Altminuten = 60 × 60 Altsekunden
1° = 60′ = 60 × 60″

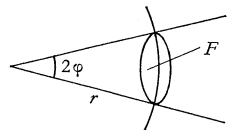
Der Neugrad wird zentesimal unterteilt:

1 Neugrad = 100 Neuminuten = 100 × 100 Neusekunden
1 ^{g} = 100 ^{c} = 100 × 100 ^{cc}

Der Radiant, der Rechte und der Ganze werden ohne weitere Benennung dezimal unterteilt.

Räumliche Winkel

Der räumliche Winkel Ω ist definiert als Quotient F/r^2. F ist die Kugelfläche, die durch einen mit der Spitze im Zentrum der Kugel liegenden Kegel mit Öffnungswinkel 2φ aus der Kugelfläche ausgeschnitten wird, r ist der Radius der Kugel.



$$\Omega = \frac{F}{r^2}$$

Der räumliche Winkel ist als Quotient zweier Flächen ebenfalls dimensionslos. Zum ebenen Winkel φ besteht die Beziehung

$$\Omega = 2\pi\,(1 - \cos\varphi)$$

Beim *Steradiant*, Symbol sr, ist $F/r^2 \equiv 1$. Der *Quadrataltgrad*, Symbol □° oder $(^\circ)^2$, wird durch den Quotienten $(\pi/180)^2$, der *Quadratneugrad*, Symbol $(^g)^2$, durch den Quotienten $(\pi/200)^2$ definiert.

1) LANDOLT, M., *Bull. schweiz. elektrotech. Ver.*, **41**, 473 (1950).

Umrechnung ebener Winkel

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B															
Name	Abkürzung	Altgrad		Altminute		Altsekunde		Neugrad		Neuminute		Neusekunde		Radiant	Rechter		Ganzer	
Altgrad*	°	**1**	x 1	**6**	x10	**3,6**	$\times 10^{3}$	1,$\dot{1}$	x 1	1,$\dot{1}$	$\times 10^{2}$	1,$\dot{1}$	$\times 10^{4}$	1,745329$\times 10^{-2}$	1,$\dot{1}$	$\times 10^{-2}$	2,$\dot{7}$	$\times 10^{-3}$
Altminute*	′	1,$\dot{6}$	$\times 10^{-2}$	**1**	x 1	**6**	x10	1,85185	$\times 10^{-2}$	1,85185	x 1	1,85185	$\times 10^{2}$	2,908882$\times 10^{-4}$	1,85185	$\times 10^{-4}$	4,629	$\times 10^{-5}$
Altsekunde*	″	2,$\dot{7}$	$\times 10^{-4}$	1,$\dot{6}$	$\times 10^{-2}$	**1**	x 1	3,086420	$\times 10^{-4}$	3,086420	$\times 10^{-2}$	3,086420	x 1	4,848137$\times 10^{-6}$	3,086420	$\times 10^{-6}$	7,716049	$\times 10^{-7}$
Neugrad	g	**9**	$\times 10^{-1}$	**5,4**	x10	**3,24**	$\times 10^{3}$	**1**	x 1	**1**	$\times 10^{2}$	**1**	$\times 10^{4}$	1,570796$\times 10^{-2}$	**1**	$\times 10^{-2}$	**2,5**	$\times 10^{-3}$
Neuminute	c	**9**	$\times 10^{-3}$	**5,4**	$\times 10^{-1}$	**3,24**	x10	**1**	$\times 10^{-2}$	**1**	x 1	**1**	$\times 10^{2}$	1,570796$\times 10^{-4}$	**1**	$\times 10^{-4}$	**2,5**	$\times 10^{-5}$
Neusekunde	cc	**9**	$\times 10^{-5}$	**5,4**	$\times 10^{-3}$	**3,24**	$\times 10^{-1}$	**1**	$\times 10^{-4}$	**1**	$\times 10^{-2}$	**1**	x 1	1,570796$\times 10^{-6}$	**1**	$\times 10^{-6}$	**2,5**	$\times 10^{-7}$
Radiant	rad	5,729578	x10	3,437747	$\times 10^{3}$	2,062648	$\times 10^{5}$	6,366198	x10	6,366198	$\times 10^{3}$	6,366198	$\times 10^{5}$	**1**	x 1		6,366198$\times 10^{-1}$	1,591549$\times 10^{-1}$
Rechter	L	**9**	x10	**5,4**	$\times 10^{3}$	**3,24**	$\times 10^{5}$	**1**	$\times 10^{2}$	**1**	$\times 10^{4}$	**1**	$\times 10^{6}$	1,570796	**1**	x 1	**2,5**	$\times 10^{-1}$
Ganzer	rev	**3,6**	$\times 10^{2}$	**2,16**	$\times 10^{4}$	**1,296**	$\times 10^{6}$	**4**	$\times 10^{2}$	**4**	$\times 10^{4}$	**4**	$\times 10^{6}$	6,283185	**4**		**1**	x 1

* Vgl. auch Umrechnungstafel für Zeiteinheiten, S. 739.

Umrechnung räumlicher Winkel

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B					
Name	Abkürzung	Quadrataltgrad		Quadratneugrad		Steradiant	
Quadrataltgrad	□° oder $(°)^2$	**1**	× 1	1,234 568	× 1	3,046 174	$\times 10^{-4}$
Quadratneugrad	$(g)^2$	8,**1**	$\times 10^{-1}$	**1**	× 1	2,467 401	$\times 10^{-4}$
Steradiant	sr	3,826 806	$\times 10^{3}$	4,052 847	$\times 10^{3}$	**1**	× 1

Temperatur

Dimensionen

In allen Maßsystemen = grd oder Θ

Grundeinheiten

Im MKS-, CGS- und MTS-System: Grad Celsius (°C) bzw. Grad Kelvin (°K); in den angelsächsischen Maßsystemen: Grad Fahrenheit (°F) bzw. Grad Rankine (°R).

Im physikalischen Sprachgebrauch ist der Begriff *Temperatur* streng vom Begriff *Wärme* (= Wärmemenge) zu unterscheiden. Die gleiche Wärmemenge kann sich auf eine größere oder kleinere Menge des gleichen Stoffes verteilen, dieser hat dann im ersteren Falle eine geringere Temperatur als im zweiten. In diesem Sinne spricht man auch davon, daß die Wärme selbst eine höhere oder tiefere Temperatur hat.

Die Wärme ist eine Energieform (siehe Energie), die Temperatur ein Maß für die durchschnittliche kinetische Energie je Freiheitsgrad der untergeordneten Molekularbewegung. Da sie sich auf das räumliche und zeitliche Mittel der letzteren bezieht, hat die Anwendung des Temperaturbegriffes nur einen Sinn bei Körpern, die aus einer großen Zahl von Molekülen bestehen. Bei hinreichend tiefen Temperaturen gilt dieser einfache Zusammenhang nicht mehr.

Thermodynamische Temperatur und Temperaturskalen

Die thermodynamische Temperatur wird mit den Gesetzen der Thermodynamik definiert, zum Beispiel mit der Zustandsgleichung idealer Gase

$$T = \frac{pv}{R_0}$$

(T = Temperatur, p = Gasdruck, v = Gasvolumen, R_0 = universelle Gaskonstante)

und ist damit von zufälligen stofflichen Eigenschaften unabhängig. Aus den thermodynamischen Gesetzen geht auch hervor, daß die Temperatur einen Nullpunkt besitzt, unter den sie nicht sinken kann. Dieser Nullpunkt heißt *absoluter Nullpunkt*[1]. Temperaturskalen, die an diesem Punkt mit Null beginnen, werden deshalb auch absolute Temperaturskalen und die mit ihnen gemessene Temperatur wird absolute Temperatur genannt. Sie werden verkörpert durch die auf Lord KELVIN (1848) zurückgehende *Kelvin-Skala* und durch die *Rankine-Skala*. Daneben bestehen noch thermodynamische *Celsius-* und *Fahrenheit-Skalen*, deren Nullpunkt nicht mit dem absoluten zusammenfällt.

Thermodynamische Temperaturskalen

Name	Einheitensymbol	Gradeinheit*	Temperaturwert am Eispunkt	Dampfpunkt**
Kelvin	$°K$	$\frac{T_D - T_E}{100}$	273,1**5**	373,15
Celsius	$°C_{therm.}$	$\frac{T_D - T_E}{100}$	**0**	100
Rankine	°R	$\frac{T_D - T_E}{180}$	491,6**7**	671,67
Fahrenheit	$°F_{therm.}$	$\frac{T_D - T_E}{180}$	3**2**	212

* T_D und T_E = Temperatur des Dampf- bzw. des Eispunktes des Wassers.
** Thermodynamisch gemessen.

Die thermodynamischen Skalen haben somit zwar einen Fundamentalabstand $T_D - T_E$, der für die thermodynamische Skalierung benötigt wird, besitzen aber nur *einen* Fundamentalpunkt mit zugeordnetem Temperaturwert, den Eispunkt des Wassers. Die heute gültige Festlegung dieses Wertes erfolgte 1954[2].

Empirische Temperatur und Temperaturskalen

Die Definition der empirischen Temperaturen beruht auf temperaturabhängigen Eigenschaften realer Stoffe, wie zum Beispiel Längeänderungen von Flüssigkeitssäulen, Eis- und Dampfpunkt des Wassers, Widerstandsänderungen von Metallen usw. Zwischen empirischer und thermodynamischer Temperatur besteht weder analytisch noch algebraisch eine Verknüpfung, was aber nicht von Belang ist, weil die empirische Temperatur sich im Bereich der erreichbaren Meßgenauigkeit der thermodynamischen Temperatur beliebig annähern läßt. So sind die heutigen internationalen empirischen Temperaturskalen als Annäherung der thermodynamischen Skalen aufzufassen, die für die meisten Zwecke der Praxis genügen.

Der Fundamentalabstand aller heutigen empirischen Temperaturskalen ist wie bei den thermodynamischen der Abstand zwischen Eis- und Dampfpunkt des Wassers, die aber *beide* wertmäßig fixiert sind. Darüber hinaus wurden bei den internationalen Temperaturskalen noch weitere primäre und sekundäre Fixpunkte bestimmt. Die heute gültigen Werte wurden 1948 festgelegt[3, 4] und sind in der Tafel am Schluß dieses Abschnittes zusammengestellt.

Empirische Temperaturskalen

Name	Einheitensymbol	Gradeinheit*	Temperaturwert am Eispunkt	Dampfpunkt
Internationale Skalen 1948[3, 4]				
Kelvin	$°K_{int.}$	$\frac{T_D - T_E}{100}$	273,1**5**	373,1**5**
Celsius	°C	$\frac{T_D - T_E}{100}$	**0**	10**0**
Angelsächsische Skala				
Fahrenheit	°F	$\frac{T_D - T_E}{180}$	3**2**	21**2**
Alte französische Skala				
Réaumur	°R	$\frac{T_D - T_E}{80}$	**0**	8**0**

* T_D und T_E = Dampf- bzw. Eispunkt des Wassers.

Die Kelvin- und Celsius-Skalen, deren Gradspannen übereinstimmen, sind auf die dezimalen Maßsysteme zugeschnitten. Die Rankine- und Fahrenheit-Skalen, ebenfalls mit übereinstimmenden Gradspannen, sind den angelsächsischen, hexagesimalen Maßsystemen angepaßt. Die Réaumur-Skala wird kaum mehr verwendet.

---

1) DALTON, *Mem. Manchr lit. phil. Soc.*, Serie 1, 601 (1802). *2) C. R. 10e Conf. Poids Mes., 1954*, Paris (1955). *3)* Comité international des Poids et Mesures, *P. V. Com. int. Poids Mes.*, **21**, 16 (1948). *4) C. R. 9e Conf. Poids Mes., 1948*, Paris (1949).

Umrechnung der Temperaturgrade

Um aus der gegebenen Gradeinheit **A** die gesuchte Gradeinheit **B** zu errechnen, setze man in die Formeln unter **B** die Beträge der gegebenen Gradeinheit ein.

A		B				
Name	Abkürzung	Grad Kelvin	Grad Celsius	Grad Rankine	Grad Fahrenheit	Grad Réaumur
Grad Kelvin	°K	°K	°K — 273,15	1,8 °K	1,8 °K — 459,67	0,8 °K — 218,52
Grad Celsius*	°C	°C + 273,15	°C	1,8 °C + 491,67	1,8 °C + 32	0,8 °C
Grad Rankine	°R	0,5 °R	0,5 °R — 273,15	°R	°R — 459,67	0,4 °R — 218,52
Grad Fahrenheit*	°F	0,5 °F + 255,372	0,5 °F — 17,7	°F + 459,67	°F	0,4 °F — 14,2
Grad Réaumur	°R	1,25 °R + 273,15	1,25 °R	2,25 °R + 491,67	2,25 °R + 32	°R

* Umrechnung von Celsius in Fahrenheit und umgekehrt siehe S. 738.

Gegenseitige Lagen und Verhältnisse der empirischen Temperaturskalen

demonstriert an Hand der internationalen **Fundamentalpunkte** und der internationalen *primären* und sekundären Fixpunkte. Normdruck 1 atm = 760 Torr = 1,013 25 × 10^6 dyn/cm².

Internationale Fixpunkte 1948	Temperatur in Grad				
	Kelvin	Celsius	Rankine	Fahrenheit	Réaumur
Absoluter Nullpunkt (theoretisch)	0	—273,15	0	—459,67	—218,52
Sauerstoffpunkt (Gleichgewichtstemperatur zwischen flüssigem Sauerstoff und seinem Dampf, *primärer Fixpunkt*)	90,180	—182,970	162,324	—297,346	—146,376
Sublimationspunkt der Kohlensäure (sekundärer Fixpunkt)	194,65	— 78,5	350,37	—109,3	— 62,8
Erstarrungspunkt des Quecksilbers (sekundärer Fixpunkt)	234,28	— 38,87	421,704	— 37,966	— 31,096
Eispunkt (Gleichgewichtstemperatur zwischen Eis und luftgesättigtem Wasser, **Fundamentalpunkt**)	273,15	**0**	491,67	**32**	**0**
Tripelpunkt des Wassers (sekundärer Fixpunkt)	273,1600	0,0100	491,6880	32,0180	0,0800
Umwandlungspunkt des Dekahydrates des Natriumsulfates (sekundärer Fixpunkt)	305,53	32,38	549,954	90,284	25,904
Dampfpunkt (Gleichgewichtstemperatur zwischen flüssigem Wasser und seinem Dampf, **Fundamentalpunkt**)	373,15	**100**	671,67	**212**	**80**
Tripelpunkt der Benzoesäure (sekundärer Fixpunkt)	395,51	122,36	711,918	252,248	97,888
Siedepunkt des Naphthalins (sekundärer Fixpunkt)	491,15	218,0	884,07	424,40	174,40
Erstarrungspunkt des Zinns (sekundärer Fixpunkt)	505,05	231,9	909,09	449,42	185,52
Siedepunkt des Benzoephenons (sekundärer Fixpunkt)	579,05	305,9	1042,29	582,62	244,72
Erstarrungspunkt des Cadmiums (sekundärer Fixpunkt)	594,05	320,9	1069,29	609,62	256,72
Erstarrungspunkt des Bleis (sekundärer Fixpunkt)	600,45	327,3	1080,81	621,14	261,84
Siedepunkt des Quecksilbers (sekundärer Fixpunkt)	629,73	356,58	1133,514	673,844	285,264
Erstarrungspunkt des Zinks (sekundärer Fixpunkt)	692,65	419,5	1246,77	787,1	335,6
Schwefelpunkt (Gleichgewichtstemperatur zwischen flüssigem Schwefel und seinem Dampf, *primärer Fixpunkt*)	717,750	444,600	1291,950	832,280	355,680
Erstarrungspunkt des Antimons (sekundärer Fixpunkt)	903,65	630,5	1626,57	1166,9	504,4
Erstarrungspunkt des Aluminiums (sekundärer Fixpunkt)	933,25	660,1	1679,85	1220,18	528,08
Silberpunkt (Gleichgewichtstemperatur zwischen festem und flüssigem Silber, *primärer Fixpunkt*)	1233,95	960,8	2221,11	1761,44	768,64
Goldpunkt (Gleichgewichtstemperatur zwischen festem und flüssigem Gold, *primärer Fixpunkt*)	1336,15	1063,0	2405,07	1945,4	850,4
Erstarrungspunkt des Kupfers in reduzierender Atmosphäre (sekundärer Fixpunkt)	1356,15	1083	2441,07	1981,4	866,4
Erstarrungspunkt des Nickels (sekundärer Fixpunkt)	1726,15	1453	3107,07	2647,4	1162,4
Erstarrungspunkt des Cobalts (sekundärer Fixpunkt)	1765,15	1492	3177,27	2717,6	1193,6
Erstarrungspunkt des Palladiums (sekundärer Fixpunkt)	1825,15	1552	3285,27	2825,6	1241,6
Erstarrungspunkt des Platins (sekundärer Fixpunkt)	2042,15	1769	3675,87	3216,2	1415,2
Erstarrungspunkt des Rhodiums (sekundärer Fixpunkt)	2233,15	1960	4019,67	3560	1568
Erstarrungspunkt des Iridiums (sekundärer Fixpunkt)	2716,15	2443	4889,07	4429,4	1954,4
Erstarrungspunkt des Wolframs (sekundärer Fixpunkt)	3653,15	3380	6575,67	6116	2704

A		Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **B** und der der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **C** zu multiplizieren								Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **D** und der der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **E** zu multiplizieren								Die gegebene Maßeinheit ist mit der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **F** zu multiplizieren				
		B				**C**				**D**	**E**							**F**					
Name	Abkürzung	$\mu g/100\,cm^3$	$\mu g\,cm^{-3}$ $mg\,dm^{-3}$ $g\,m^{-3}$	mg/100 cm³	$mg\,cm^{-3}$ $g\,dm^{-3}$ $kg\,m^{-3}$	$g\,cm^{-3}$ $kg\,dm^{-3}$ $t\,m^{-3}$	$\mu g/100\,ml$	$\mu g\,ml^{-1}$ $mg\,l^{-1}$ $g\,hl^{-1}$	mg/100 ml	$mg\,ml^{-1}$ $g\,l^{-1}$ $kg\,hl^{-1}$	$g\,ml^{-1}$ $kg\,l^{-1}$ $t\,hl^{-1}$	$gr\,ft^{-3}$ (techn.)	$gr\,in^{-3}$ (US)	$lb\,ft^{-3}$ (techn.)	$lb\,gal^{-1}$ (imp.)	$lb\,gal^{-1}$ (US)	$lb\,in^{-3}$ (techn.)
Mikrogramm pro 100 Kubikzentimeter	$\mu g/100\,cm^3$	**1**	×	1	10^{-2}	10^{-5}	10^{-8}	1,000028×	1	10^{-2}	10^{-5}	10^{-8}	4,369957×10^{-3}	2,528925×10^{-8}	6,242795×10^{-7}	1,002241×10^{-7}	8,345453×10^{-8}	3,612729×10^{-10}
Mikrogramm pro Kubikzentimeter Milligramm pro Kubikdezimeter Gramm pro Kubikmeter	$\mu g\,cm^{-3}$ $mg\,dm^{-3}$ $g\,m^{-3}$	**1**	×	10^2	1	10^{-1}	10^{-3}	1,000028×	10^2	1	10^{-1}	10^{-3}	4,369957×10^{-1}	2,528925×10^{-4}	6,242795×10^{-5}	1,002241×10^{-5}	8,345453×10^{-6}	3,612729×10^{-8}
Milligramm pro 100 Kubikzentimeter	$mg/100\,cm^3$	**1**	×	10^3	10	1	10^{-2}	1,000028×	10^3	10	1	10^{-2}	4,369957× 1	2,528925×10^{-3}	6,242795×10^{-4}	1,002241×10^{-4}	8,345453×10^{-5}	3,612729×10^{-7}
Milligramm pro Kubikzentimeter Gramm p. Kubikdezimeter Kilogramm p. Kubikmeter Demal	$mg\,cm^{-3}$ $g\,dm^{-3}$ $kg\,m^{-3}$	**1**	×	10^5	10^3	10^2	1	10^{-3}	1,000028×	10^5	10^3	10^2	1	10^{-3}	4,369957×10^2	2,528925×10^{-1}	6,242795×10^{-2}	1,002241×10^{-2}	8,345453×10^{-3}	3,612729×10^{-5}
Gramm p. Kubikzentimeter Kilogramm pro Kubikdezimeter Tonne pro Kubikmeter	$g\,cm^{-3}$ $kg\,dm^{-3}$ $t\,m^{-3}$	**1**	×	10^8	10^6	10^5	10^3	1	1,000028×	10^8	10^6	10^5	10^3	1	4,369957×10^5	2,528925×10^2	6,242795×10^1	1,002241×10^1	8,345453× 1	3,612729×10^{-2}
Mikrogramm pro Milliliter	$\mu g/100\,ml$	9,999270×	10^{-1}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-9}	**1**	×	1	10^{-2}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-8}	4,369834×10^{-3}	2,528854×10^{-6}	6,242620×10^{-7}	1,002213×10^{-7}	8,345220×10^{-8}	3,612628×10^{-10}
Milligramm pro Milliliter Gramm pro Hektoliter	$\mu g\,ml^{-1}$ $mg\,l^{-1}$ $g\,hl^{-1}$	9,999270×	10	10^{-1}	10^{-2}	10^{-4}	10^{-7}	**1**	×	10^3	1	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	4,369834×10^{-1}	2,528854×10^{-4}	6,242620×10^{-5}	1,002213×10^{-5}	8,345220×10^{-6}	3,612628×10^{-8}
Milligramm p. 100 Milliliter	mg/100 ml	9,999270×	10^3	1	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	**1**	×	10^3	10	1	10^{-2}	10^{-5}	4,369834× 1	2,528854×10^{-3}	6,242620×10^{-4}	1,002213×10^{-4}	8,345220×10^{-5}	3,612628×10^{-7}
Milligramm pro Milliliter Gramm pro Liter Kilogramm pro Hektoliter	$mg\,ml^{-1}$ $g\,l^{-1}$ $kg\,hl^{-1}$	9,999270×	10^4	10^2	10	10^{-1}	10^{-4}	**1**	×	10^5	10^3	10^2	1	10^{-3}	4,369834×10^2	2,528854×10^{-1}	6,242620×10^{-2}	1,002213×10^{-2}	8,345220×10^{-3}	3,612628×10^{-5}
Gramm pro Milliliter Kilogramm pro Liter Tonne pro Hektoliter	$g\,ml^{-1}$ $kg\,l^{-1}$ $t\,hl^{-1}$	9,999270×	10^7	10^5	10^4	10^3	10^{-1}	**1**	×	10^8	10^6	10^5	10^3	1	4,369834×10^5	2,528854×10^2	6,242620×10	1,002213×10	8,345220× 1	3,612628×10^{-2}
Grain per cubicfoot (techn.)	$gr\,ft^{-3}$(techn.)	2,288352×	10^8	1	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	2,288416×	10^8	1	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	**1** × 1	5,787072×10^{-4}	1,428571×10^{-4}	2,293481×10^{-5}	1,909734×10^{-5}	8,267196×10^{-8}
Grain per cubic inch (US)	$gr\,in^{-3}$ (US)	3,954249×	10^5	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	3,954360×	10^5	10^3	10^2	1	10^{-3}	1,727990×10^3	**1** × 1	2,468557×10^{-3}	3,963112×10^{-2}	3,**3** ×10^{-4}	1,428563×10^{-4}
Pound p. cubic foot (techn.)	$lb\,ft^{-3}$(techn.)	1,601847×	10^6	10^4	10^3	10	10^{-2}	1,601891×	10^6	10^4	10^3	10	10^{-2}	**7** ×10^3	4,050950× 1	**1** × 1	1,605437×10^{-1}	1,336814×10^{-1}	5,787037×10^{-4}
Pound per gallon (imp.)	$lb\,gal^{-1}$ (imp.)	9,977636×	10^6	10^4	10^3	10	10^{-2}	9,977915×	10^6	10^4	10^3	10	10^{-2}	4,360184×10^4	2,523270×10	6,228834× 1	**1** × 1	8,326789×10^{-1}	3,604649×10^{-3}
Pound per gallon (US)	$lb\,gal^{-1}$ (US)	1,198257×	10^7	10^5	10^4	10^3	10^{-1}	1,198291×	10^7	10^5	10^4	10^2	10^{-1}	5,236332×10^4	3,0**3** ×10	7,480475× 1	1,200943× 1	**1** × 1	4,328978×10^{-3}
Pound p. cubic inch (techn.)	$lb\,in^{-3}$ (techn.)	2,767991×	10^9	10^7	10^6	10^4	10	2,768068×	10^9	10^7	10^6	10^4	10	1,209**6** ×10^7	7,000042×10^3	1,7**28** ×10^3	2,774195×10^3	2,31001 ×10^2	**1** × 1

Dimensionsformeln

In den Länge-Masse-Zeit-Systemen (LMT-Systemen) $= L^{-3}M$.

Abgeleitete Einheiten in den betreffenden Maßsystemen:
MKS-System: Kilogramm pro Kubikmeter (kg m^{-3});
CGS-System: Gramm pro Kubikzentimeter (g cm^{-3});
MTS-System: Tonne pro Kubikmeter (t m^{-3}).

In den Länge-Kraft-Zeit-Systemen (LKT-Systemen) $= L^{-4}KT^2$.

Die Dichte einer Substanz ist das Verhältnis ihrer Masse zu ihrem Rauminhalt. Sie wird deshalb auch als *spezifische Masse* bezeichnet. Die Dichte ist temperatur- und druckabhängig. Dichteangaben sind daher näher zu spezifizieren. Als physikalische *Normdichte* wird die Dichte eines Stoffes bezeichnet, die er im physikalischen Normzustand besitzt (0°C, 760 Torr).

Wichtige Dichtekonstanten sind die maximale Dichte luftfreien Wassers* bei 4°C und 760 Torr: $\rho_m(H_2O) =$ 0,999972 kg/dm³ = **1** kg/l und die Normdichte des Quecksilbers[1]: ρ_n (Hg) = 13,595 05 kg/dm³ = 13,595 43 kg/l.

Das Produkt aus Dichte und Fallbeschleunigung heißt *Wichte* oder auch *spezifisches Gewicht*. Letzteres darf aber nicht mit dem «spezifischen Gewicht» des üblichen Sprachgebrauchs verwechselt werden, bei dem es sich um eine relative Dichte handelt.

Die *relative Dichte* ist das Verhältnis der Dichte (oder Wichte) einer Substanz zu jener einer Bezugssubstanz. Als Quotient zweier gleicher Dimensionen ist die relative Dichte eine dimensionslose oder *Dichtezahl*. *Sie heißt im üblichen Sprachgebrauch «spezifisches Gewicht»*, wobei in der Regel als Bezugsdichte für flüssige und feste Substanzen die maximale Wasser-, für Gase die Normdichte der Luft (trocken, kohlensäurefrei, $\rho_n = 1{,}292\,84 \times 10^{-3}$ kg/l)[2] verwendet wird. Da die maximale Wasserdichte im metrischen System praktisch gleich1 kg/dm³ oder identisch 1 kg/l ist (siehe oben), kann das «spezifische Gewicht» in den meisten Fällen der Praxis dem Zahlenwert der Dichte gleichgesetzt werden. Beim «spezifischen Gewicht» als Verhältnis zweier Dichten sind zwei Temperaturangaben erforderlich. Ein «spezifisches Gewicht» der Substanz A bei 20°/4°C entspricht zum Beispiel dem Quotienten:

$$\frac{\text{Dichte der Substanz A bei } 20°C}{\text{Dichte von Wasser bei } 4°C}$$

Die nebenstehende Tafel kann auch zur Umrechnung von Konzentrationen verwendet werden. Es sind deshalb auch einige Einheiten aufgenommen worden, die bei Konzentrations-, nicht aber bei Dichteangaben üblich sind.

* Vgl. S. 177 unter Liter.

1) Nach STILLE, U., *Messen und Rechnen in der Physik*, Braunschweig (1955). *2)* Nach LANDOLT-BÖRNSTEIN, *Physikalisch-Chemische Tabellen*, 5. Aufl., 1. Ergänzungsbd., Berlin (1927).

Geschwindigkeit

Dimension in allen Maßsystemen = LT^{-1}
Abgeleitete Einheit im MKS- und MTS-System: Meter pro Sekunde (Meter/Sekunde, m s^{-1}).
Abgeleitete Einheit im CGS-System: Zentimeter pro Sekunde (Zentimeter/Sekunde, cm s^{-1}).

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B													
Name	Abkürzung	cm s^{-1}	m min^{-1}	km h^{-1}	m s^{-1}	km s^{-1}	ft min^{-1} (techn.)	ft s^{-1} (techn.)	mi h^{-1} (techn.)	Knot int.	Knot imp.	mi s^{-1} (techn.)
Zentimeter pro Sekunde	cm s^{-1}	**1** x 1	**6** x10^{-1}	**3,6** x10^{-2}	**1** x10^{-2}	**1** x10^{-5}	1,968504x 1	3,280840x10^{-2}	2,236936x10^{-2}	1,943844x10^{-2}	1,942606x10^{-2}	6,213712x10^{-6}
Meter pro Minute	m min^{-1}	1,$\dot{6}$ x 1	**1** x 1	**6** x10^{-2}	1,$\dot{6}$ x10^{-2}	1,$\dot{6}$ x10^{-5}	3,280840x 1	5,468066x10^{-2}	3,728227x10^{-2}	3,239741x10^{-2}	3,237677x10^{-2}	1,035619x10^{-5}
Kilometer pro Stunde	km h^{-1}	2,$\dot{7}$ x10	1,$\dot{6}$ x10	**1** x 1	2,$\dot{7}$ x10^{-1}	2,$\dot{7}$ x10^{-4}	5,468066x10	9,113444x10^{-1}	6,213712x10^{-1}	5,399568x10^{-1}	5,396128x10^{-1}	1,726031x10^{-4}
Meter pro Sekunde	m s^{-1}	**1** x10^{2}	**6** x10	**3,6** x 1	**1** x 1	**1** x10^{-3}	1,968504x10^{3}	3,280840x 1	2,236936x 1	1,943844x 1	1,942606x 1	6,213712x10^{-4}
Kilometer pro Sekunde	km s^{-1}	**1** x10^{5}	**6** x10^{4}	**3,6** x10^{3}	**1** x10^{3}	**1** x 1	1,968504x10^{5}	3,280840x10^{3}	2,236936x10^{3}	1,943844x10^{3}	1,942606x10^{3}	6,213712x10^{-1}
Foot per minute (techn.)	ft min^{-1} (techn.)	5,**08** x10^{-1}	3,**048** x10^{-1}	1,**8288** x10^{-2}	5,**08** x10^{-2}	5,**08** x10^{-3}	**1** x 1	1,$\dot{6}$ x10^{-2}	1,1$\dot{3}\dot{6}$ x10^{-3}	9,874730x10^{-3}	9,868438x10^{-3}	3,15$\dot{6}$ x10^{-6}
Foot per second (techn.)	ft s^{-1} (techn.)	3,**048** x10	1,**8288** x10	1,0972**8** x 1	3,**048** x10^{-1}	3,**048** x10^{-4}	**6** x10	**1** x 1	6,8$\dot{1}$ x10^{-1}	5,924838x10^{-1}	5,921063x10^{-1}	1,89$\dot{3}$ x10^{-4}
Mile per hour (techn.)	mi h^{-1} (techn.)	4,4704 x10	2,68224 x10	1,609344x 1	4,4704 x10^{-1}	4,4704 x10^{-4}	**8,8** x10	1,4$\dot{6}$ x 1	**1** x 1	8,689762x10^{-1}	8,684226x10^{-1}	2,$\dot{7}$ x10^{-4}
Knot (international) Nautical mile (int.) per hour	Knot int.	5,1$\dot{4}$ x10	3,08$\dot{6}$ x10	1,**852** x 1	5,1$\dot{4}$ x10^{-1}	5,1$\dot{4}$ x10^{-4}	1,012686x10^{3}	1,687810x 1	1,150779x 1	**1** x 1	9,993628x10^{-1}	3,196610x10-
Knot (imperial) Nautical mile (imp.) per hour	Knot imp.	5,147724x10	3,088635x10	1,853181x 1	5,147724x10^{-1}	5,147724x10^{-4}	1,013332x10^{3}	1,688886x 1	1,151513x 1	1,000638x 1	**1** x 1	3,198648x10^{-4}
Mile per second (techn.)	mi s^{-1} (techn.)	1,609344x10^{5}	9,656064x10^{4}	5,793638x10^{3}	1,609344x10^{3}	1,609344x 1	3,168 x10^{6}	5,28 x10^{3}	3,**6** x10^{3}	3,128314x10^{3}	3,126321x10^{3}	**1** x 1

Winkelgeschwindigkeit

Dimension in allen Maßsystemen = T^{-1}

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B													
Name	Abkürzung	rev d^{-1}	g min^{-1}	° min^{-1}	rev h^{-1}	g s^{-1}	rad min^{-1}	° s^{-1}	rev min^{-1}	rad s^{-1}	rev s^{-1}
Umdrehung pro Tag	rev d^{-1}	**1** x 1	2,$\dot{7}$ x10^{-1}	**2,5** x10^{-1}	4,1$\dot{6}$ x10^{-2}	4,6$\dot{2}\dot{9}$ x10^{-3}	4,363323x10^{-3}	4,1$\dot{6}$ x10^{-3}	6,9$\dot{4}$ x10^{-4}	7,272005x10^{-5}	1,15$\dot{7}\dot{4}\dot{0}\dot{7}x10^{-5}$
Neugrad pro Minute	g min^{-1}	3,**6** x 1	**1** x 1	**9** x10^{-1}	1,**5** x10^{-1}	1,6$\dot{6}$ x10^{-3}	1,570796x10^{-3}	1,**5** x10^{-2}	2,**5** x10^{-3}	2,617994x10^{-4}	4,16$\dot{6}$ x10^{-5}
Altgrad pro Minute	° min^{-1}	**4** x 1	1,$\dot{1}$ x 1	**1** x 1	1,6$\dot{6}$ x10^{-1}	1,8$\dot{5}\dot{1}$ x10^{-2}	1,745329x10^{-2}	1,6$\dot{6}$ x10^{-2}	2,$\dot{7}$ x10^{-3}	2,908882x10^{-4}	4,62$\dot{9}$ x10^{-5}
Umdrehung pro Stunde	rev h^{-1}	2,**4** x10	6,$\dot{6}$ x 1	**6** x 1	**1** x 1	1,1$\dot{1}$ x10^{-1}	1,047198x10^{-1}	**1** x10^{-1}	1,6$\dot{6}$ x10^{-2}	1,745329x10^{-3}	2,$\dot{7}$ x10^{-4}
Neugrad pro Sekunde	g s^{-1}	2,**16** x10^{2}	**6** x10	5,**4** x10	**9** x 1	**1** x 1	9,424778x10^{-1}	**9** x10^{-1}	1,5 x10^{-1}	1,570796x10^{-2}	**2,5** x10^{-3}
Radiant pro Minute	rad min^{-1}	2,291831x10^{2}	6,366198x10	5,729578x10	9,549297x 1	1,061033 x1	**1** x 1	9,549297x10^{-1}	1,591549x10^{-1}	1,6$\dot{6}$ x10^{-2}	2,652582x10^{-3}
Altgrad pro Sekunde	° s^{-1}	**2,4** x10^{2}	6,6$\dot{6}$ x10	**6** x10	**1** x10	1,1$\dot{1}$ x 1	1,047198x 1	**1** x 1	1,6$\dot{6}$ x10^{-1}	1,745329x10^{-2}	2,$\dot{7}$ x10^{-3}
Umdrehung pro Minute	rev min^{-1}	1,**44** x10^{3}	**4** x10^{2}	**3,6** x10^{2}	**6** x10	6,6$\dot{6}$ x 1	6,283185x 1	**6** x 1	**1** x 1	1,047198x10^{-1}	1,6$\dot{6}$ x10^{-2}
Radiant pro Sekunde	rad s^{-1}	1,375099x10^{4}	3,819719x10^{3}	3,437747x10^{3}	5,729578x10^{2}	6,366198x10	**6** x10	5,729578x10	9,549297x 1	**1** x 1	1,591549x10^{-1}
Umdrehung pro Sekunde	rev s^{-1}	8,**64** x10^{4}	2,**4** x10^{4}	2,**16** x10^{4}	3,**6** x10^{3}	**4** x10^{2}	3,769911x10^{2}	3,**6** x10^{2}	**6** x10	6,283185x 1	**1** x 1

Frequenz

Dimension in allen Maßsystemen = T^{-1}

Grundeinheit in allen Maßsystemen: s^{-1} = Hertz (Hz), sofern s^{-1} für Schwingungen pro Sekunde geschrieben wird. Die Bezeichnung Hertz für die dimensionsgleiche Frequenz f der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ ist unzulässig. Kilohertz (kHz) (Kilocycle, Kc.) = 1000 Hertz.

Die Bezeichnung für Hertz in den angelsächsischen Ländern ist das cycle per second, kurz auch cps oder cycle (c.) geschrieben.

Beschleunigung

Dimension in allen Maßsystemen = LT^{-2}

Abgeleitete Einheit im MKS- und MTS-System: Meter/Sekunde pro Sekunde ($m\,s^{-2}$).
Abgeleitete Einheit im CGS-System: Zentimeter/Sekunde pro Sekunde ($cm\,s^{-2}$) = Galilei (Gal).

Der internationale Standard[1] der Normfallbeschleunigung ist g_n = 9,806 65 $m\,s^{-2}$ = 980,665 Gal ($cm\,s^{-2}$)
= 32,173 96 $ft\,s^{-2}$ (US)
= 32,174 05 $ft\,s^{-2}$ (techn.)

Über die Werte der Fallbeschleunigung an verschiedenen Breitegraden des Erdgeoids siehe S. 205.

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		**B**			
Name	Abkürzung	$cm\,s^{-2}$ Gal	$km\,h^{-1}\,s^{-1}$	$m\,s^{-2}$	$ft\,s^{-2}$ (techn.)	$mi\,h^{-1}\,s^{-1}$ (techn.)
Galilei Zentimeter/Sekunde pro Sekunde	Gal $cm\,s^{-2}$	**1** $\times 1$	3,**6** $\times 10^{-2}$	**1** $\times 10^{-2}$	3,280 840 $\times 10^{-2}$	2,236 936 $\times 10^{-2}$
Kilometer/Stunde pro Sekunde	$km\,h^{-1}\,s^{-1}$	2,$\dot{7}$ $\times 10$	**1** $\times 1$	2,$\dot{7}$ $\times 10^{-1}$	9,113 444 $\times 10^{-1}$	6,213 712 $\times 10^{-1}$
Meter/Sekunde pro Sekunde	$m\,s^{-2}$	**1** $\times 10^{2}$	3,**6** $\times 1$	**1** $\times 1$	3,280 840 $\times 1$	2,236 936 $\times 1$
Foot/second per second (techn.)	$ft\,s^{-2}$	3,048 $\times 10$	1,097 28 $\times 1$	3,048 $\times 10^{-1}$	**1** $\times 1$	6,$\dot{8}\dot{1}$ $\times 10^{-1}$
Mile/hour per second (techn.)	$mi\,h^{-1}\,s^{-1}$	4,4704 $\times 10$	1,609 344 $\times 1$	4,4704 $\times 10^{-1}$	1,4$\dot{6}$ $\times 1$	**1** $\times 1$

1) *C. R. 3e Conf. Poids Mes., 1901*, Paris (1901).

Winkelbeschleunigung

Dimension in allen Maßsystemen = T^{-2}

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		**B**					
Name	Abkürzung	rev min^{-2}	g s^{-2}	° s^{-2}	rev $min^{-1}\,s^{-1}$	rad s^{-2}	rev s^{-2}
Umdrehung/Minute pro Minute	rev min^{-2}	**1** $\times 1$	1,$\dot{1}$ $\times 10^{-1}$	**1** $\times 10^{-1}$	1,$\dot{6}$ $\times 10^{-2}$	1,745 329 $\times 10^{-3}$	2,$\dot{7}$ $\times 10^{-4}$
Neugrad/Sekunde pro Sekunde	g s^{-2}	**9** $\times 1$	**1** $\times 1$	**9** $\times 10^{-1}$	1,**5** $\times 10^{-1}$	1,570 796 $\times 10^{-2}$	2,**5** $\times 10^{-3}$
Altgrad/Sekunde pro Sekunde	° s^{-2}	**1** $\times 10$	1,$\dot{1}$ $\times 1$	**1** $\times 1$	1,$\dot{6}$ $\times 10^{-1}$	1,745 329 $\times 10^{-2}$	2,$\dot{7}$ $\times 10^{-3}$
Umdrehung/Minute pro Sekunde	rev $min^{-1}\,s^{-1}$	**6** $\times 10$	6,$\dot{6}$ $\times 1$	**6** $\times 1$	**1** $\times 1$	1,047 198 $\times 10^{-1}$	1,$\dot{6}$ $\times 10^{-2}$
Radiant/Sekunde pro Sekunde	rad s^{-2}	5,729 578 $\times 10^{2}$	6,366 198 $\times 10$	5,729 578 $\times 10$	9,549 297 $\times 1$	**1** $\times 1$	1,591 549 $\times 10^{-1}$
Umdrehung/Sekunde pro Sekunde	rev s^{-2}	3,**6** $\times 10^{3}$	**4** $\times 10^{2}$	3,**6** $\times 10^{2}$	**6** $\times 10$	6,283 185 $\times 1$	**1** $\times 1$

Kraft, Gewicht

Dimensionsformeln

In den Länge-Masse-Zeit-Systemen (LMT-Systemen) = $L\,M\,T^{-2}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:
MKS-System: Newton (N) ≡ $m\,kg\,s^{-2}$
CGS-System: Dyn (dyn) ≡ $cm\,g\,s^{-2}$
MTS-System: sthène (sn) ≡ $m\,t\,s^{-2}$

In den Länge-Kraft-Zeit-Systemen (LKT-Systemen) = K

Grundeinheit: Im dazugehörenden m-kp-s-System der Technik = Kilogramm-Kraft (kp) = 9,806 65 Newton = Gewicht eines Kilogramms am Orte der Normfallbeschleunigung.

In Deutschland, Österreich und Schweden wird für die technische Krafteinheit der Name Kilopond verwendet. Wegen Verwechslungsgefahr (holländisch Pfund = pond, englisch = pound) ist dieser Name international nicht durchgedrungen. Auf alle Fälle sollte der Name Kilogramm nicht ohne nähere Kennzeichnung als Kraft- oder Gewichtseinheit verwendet werden. Wir halten uns an folgende Regeln:

Definition	Name
Gewicht eines Kilogramms am Orte der Normfallbeschleunigung = technische Krafteinheit = $g_n \times$ kg	Kilogramm-Kraft kilogramme-force (französisch) kilogram-force (englisch)
Gewicht eines Kilogramms an einem Orte mit Fallbeschleunigung g_{lokal} = Lokalgewicht = $g_l \times$ kg	Kilogramm-Gewicht kilogramme-poids (französisch) kilogram-weight (englisch)

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B						
Name	Abkürzung	dyn	p	N	kp	Gr*	Pdl (US)**	Lb***
Dyn	dyn cm g s^{-2}	**1** × 1	1,019716×10^{-3}	**1** ×10^{-5}	1,019716×10^{-6}	1,573662×10^{-2}	7,232998×10^{-5}	2,248089×10^{-6}
Gramm-Kraft Pond	p	9,80665 ×10^{2}	**1** × 1	9,80665 ×10^{-3}	**1** ×10^{3}	1,543236×10	7,093148×10^{-2}	2,204622×10^{-3}
Newton	N m kg s^{-2}	**1** ×10^{5}	1,019716×10^{2}	**1** × 1	1,019716×10^{-1}	1,573662×10^{3}	7,232998× 1	2,248089×10^{-1}
Kilogramm-Kraft Kilopond	kp	9,80665 ×10^{5}	**1** ×10^{3}	9,80665 × 1	**1** × 1	1,543236×10^{4}	7,093148×10	2,204622× 1
Grain-force* (grain-weight)	Gr (gr wt)	6,354603×10	6,479892×10^{-1}	6,354603×10^{-4}	6,479892×10^{-5}	**1** × 1	4,596283×10^{-3}	1,428571×10^{-4}
Poundal** (US)	Pdl (US)	1,382552×10^{4}	1,409811×10	1,382552×10^{-1}	1,409811×10^{-2}	2,175671×10^{2}	**1** × 1	3,108101×10^{-2}
Pound-force*** (pound-weight)	Lb (lb wt)	4,448222×10^{5}	4,535924×10^{2}	4,448222× 1	4,535924×10^{-1}	**7** ×10^{3}	3,217398× 1	**1** × 1

* 1 Gr = 9,80665 m s^{-2} gr
** 1 Poundal = 1 ft lb s^{-2} (US)
*** 1 Lb = 9,80665 m s^{-2} lb

Druck

Dimensionsformel in den LMT-Systemen = L^{-1} M T^{-2}

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:
MKS-System: Newton pro Quadratmeter (N m^{-2}) ≡ m^{-1} kg s^{-2}
CGS-System: Dyn p. Quadratzentimeter (dyn cm^{-2}) ≡ cm^{-1} g s^{-2} ≡ Mikrobar (µb)
MTS-System: Pièze (pz) ≡ m^{-1} t s^{-2}

Dimensionsformel in den LKT-Systemen der Technik = L^{-2} K

Abgeleitete Einheit im dazugehörenden m-kp-s-System der Technik: Kilogramm-Kraft pro Quadratmeter (kp m^{-2}) = 9,806**65** N m^{-2}. Der 10^{4}fache Betrag ist unter der Bezeichnung **technische Atmosphäre** (at) die in der Technik meist gebrauchte Druckeinheit: 1 at = kp cm^{-2} = 9,806**65** × 10^{4} N m^{-2}.

Der 10^{6}fache Betrag des dyn cm^{-2} heißt Bar (b oder bar); das Millibar (mb) ist heute die international gebräuchliche Druckeinheit der Meteorologie, das Mikrobar (µb) wird in der Akustik für Schalldruckangaben benutzt.

Umrechnung von Druckeinheiten

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **B** und der der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **C** zu multiplizieren

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit dem Faktor **D** und der der gesuchten Einheit entsprechenden Zehnerpotenz unter **E** zu multiplizieren

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **F** zu multiplizieren

A		B	C				D	E			F								
Name	Abkürzung		µb	Nm^{-2}	mb	b		kp m^{-2}	pcm^{-2}	at	mm H_2O	Torr	atm	Lb ft^{-2} (tech.)	in H_2O (US)	ft H_2O (tech.)	in Hg (US)	Lb in^{-2} (tech.)	Tn ft^{-2} (tech.)
Mikrobar	µb	**1** x	1	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	1,019716x	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	1,019745x10^{-2}	7,500617x10^{-4}	9,869233x10^{-7}	2,088543x10^{-3}	4,014735x10^{-4}	3,345619x10^{-5}	2,952992x10^{-5}	1,450377x10^{-5}	9,323853x10^{-7}
Newton pro Quadratmeter	N m^{-2}	**1** x	10	1	10^{-2}	10^{-5}	1,019716x	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}	1,019745x10^{-1}	7,500617x10^{-3}	9,869233x10^{-6}	2,088543x10^{-2}	4,014735x10^{-3}	3,345619x10^{-4}	2,952992x10^{-4}	1,450377x10^{-4}	9,323853x10^{-6}
Millibar	mb	**1** x	10^{3}	10^{2}	1	10^{-3}	1,019716x	10	1	10^{-3}	1,019745x10	7,500617x10^{-1}	9,869233x10^{-4}	2,088543x 1	4,014735x10^{-1}	3,345619x10^{-2}	2,952992x10^{-2}	1,450377x10^{-2}	9,323853x10^{-4}
Bar	b	**1** x	10^{6}	10^{5}	10^{3}	1	1,019716x	10^{4}	10^{3}	1	1,019745x10^{4}	7,500617x10^{2}	9,869233x10^{-1}	2,088543x10^{3}	4,014735x10^{2}	3,345619x10	2,952992x10	1,450377x10	9,323853x10^{-1}
Kilogramm-Kraft pro Quadratmeter	kp m^{-2}	9,80665 x	10	1	10^{-2}	10^{-5}	**1** x	1	10^{-1}	10^{-4}	1,000028x 1	7,355592x10^{-2}	9,678411x10^{-5}	2,048161x10^{-1}	3,937110x10^{-2}	3,280932x10^{-3}	2,895896x10^{-3}	1,422334x10^{-3}	9,143577x10^{-5}
Gramm-Kraft pro Quadratzentimeter	p cm^{-2}	9,80665 x	10^{2}	10	10^{-1}	10^{-4}	**1** x	10	1	10^{-3}	1,000028x10	7,355592x10^{-1}	9,678411x10^{-4}	2,048161x 1	3,937110x10^{-1}	3,280932x10^{-2}	2,895896x10^{-2}	1,422334x10^{-2}	9,143577x10^{-4}
Techn. Atmosphäre	at	9,80665 x	10^{5}	10^{4}	10^{2}	10^{-1}	**1** x	10^{4}	10^{3}	1	1,000028x10^{4}	7,355592x10^{2}	9,678411x10^{-1}	2,048161x10^{3}	3,937110x10^{2}	3,280932x10	2,895896x10	1,422334x10	9,143577x10^{-1}
Millim. Wassersäule	mm H_2O	9,806375x	10	1	10^{-2}	10^{-5}	9,999720x	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}	**1** x 1	7,355386x10^{-2}	9,678140x10^{-5}	2,048104x10^{-1}	3,93**7** x10^{-2}	3,280840x10^{-3}	2,895815x10^{-3}	1,422294x10^{-3}	9,143207x10^{-5}
Torricelli	Torr	1,333224x	10^{3}	10^{2}	1	10^{-3}	1,359510x	10	1	10^{-3}	1,359548x10	**1** x 1	1,315789x10^{-3}	2,784495x 1	5,352540x10^{-1}	4,460459x10^{-2}	3,936999x10^{-2}	1,933677x10^{-2}	1,243078x10^{-3}
Physikalische Atmosphäre	atm	1,01325 x	10^{6}	10^{5}	10^{3}	1	1,033227x	10^{4}	10^{3}	1	1,033256x10^{4}	7,**6** x10^{2}	**1** x 1	2,116216x10^{3}	4,067930x10^{2}	3,389949x10	2,992120x10	1,469595x10	9,447394x10^{-1}
Pound-force per square foot (tech.)	Lb ft^{-2} (lb$_{wt}$ ft^{-2})	4,788027x	10^{2}	10	10^{-1}	10^{-4}	4,882428x	1	10^{-1}	10^{-4}	4,882565x 1	3,591315x10^{-1}	4,725415x10^{-4}	**1** x 1	1,922266x10^{-1}	1,601891x10^{-2}	1,413901x10^{-2}	6,94 x10^{-3}	4,464286x10^{-4}
Inch of water (US)	in H_2O	2,490824x	10^{3}	10^{2}	1	10^{-3}	2,539934x	10	1	10^{-3}	2,540005x10	1,868272x 1	2,458252x10^{-3}	5,202194x 1	**1** x 1	8,333350x10^{-2}	7,355385x10^{-2}	3,612635x10^{-2}	2,322408x10^{-3}
Foot of water (tech.)	ft H_2O	2,988983x	10^{4}	10^{3}	10	10^{-2}	3,047915x	10^{2}	10	10^{-2}	3,048 x10^{2}	2,241922x10	2,949897x10^{-2}	6,242620x10	1,199998x10	**1** x 1	8,826445x10^{-1}	4,335153x10^{-1}	2,786884x10^{-2}
Inch of mercury (US)	in Hg	3,386395x	10^{4}	10^{3}	10	10^{-2}	3,453162x	10^{2}	10	10^{-2}	3,453259x10^{2}	2,540005x10	3,342112x10^{-2}	7,072633x10	1,359548x10	1,132959x 1	**1** x 1	4,911551x10^{-1}	3,157425x10^{-2}
Pound-force per square inch (tech.)	Lb in^{-2} (lb$_{wt}$ in^{-2})	6,894758x	10^{4}	10^{3}	10	10^{-2}	7,030697x	10^{2}	10	10^{-2}	7,030894x10^{2}	5,171494x10	6,804597x10^{-2}	1,**44** x10^{2}	2,768063x10	2,306724x 1	2,036017x 1	**1** x 1	6,428571x10^{-2}
Ton-force per square foot (tech.)	Tn ft^{-2} (tn$_{wt}$ ft^{-2})	1,072518x	10^{6}	10^{5}	10^{3}	1	1,093664x	10^{4}	10^{3}	1	1,093695x10^{4}	8,044546x10^{2}	1,058493x 1	2,**24** x10^{3}	4,305875x10^{2}	3,588237x10	3,167137x10	1,**5** x10	**1** x 1

Spezielle, auf das CGS-, MKS- und m-kp-s-System nicht abgestimmte Druckeinheiten sind:

Physikalische Normalatmosphäre (atm). Sie wurde im Zusammenhang mit der internationalen Temperaturskala von 1948 definiert[1, 2]:

$$1\ \text{atm} = 1\,013\,250\ \text{dyn/cm}^2$$

Torricelli (Torr). Es ist definiert

$$1\ \text{Torr} = 1\ \text{atm}/760 = 1333{,}22368\ \text{dyn/cm}^2$$

Millimeter Wassersäule (mm H_2O). Es ist definiert als das Gewicht eines Wasservolumens von 1 mm Höhe und 1 cm² Querschnitt am Ort der Normfallbeschleunigung bei 4° C und 760 Torr:

$$1\ \text{mm}\ H_2O = 0{,}1\ \text{cm} \times 0{,}999972\ \text{g/cm}^3 \times 980{,}665\ \text{cm/s}^2 = 98{,}0638\ \text{dyn/cm}^2$$

Millimeter Quecksilbersäule (mm Hg). Es ist definiert[3] als der 760. Teil der veralteten Normalatmosphäre von 1927. Diese wurde definiert als der Druck einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe, bei einer Dichte des Quecksilbers von 13,5951 g/cm³ am Ort der Normfallbeschleunigung:

$$1\ \text{atm}_{1927} = 76\ \text{cm} \times 13{,}5951\ \text{g/cm}^3 \times 980{,}665\ \text{cm/s}^2 = 1{,}013250144\ \text{dyn/cm}^2 = 1{,}00000014\ \text{atm}$$

und daraus

$$1\ \text{mm Hg} = 1\ \text{atm}_{1927}/760 = 1333{,}22387\ \text{dyn/cm}^2 = 1{,}00000014\ \text{Torr}$$

An Stelle des mm Hg ist heute das Torr zu verwenden, das im Gegensatz zum mm Hg eine von Materialkonstanten unabhängige Maßeinheit ist.

Als *Normdruck* wird heute sowohl in der Physik als in der Meteorologie 1 atm = 760 Torr verwendet. Er entspricht dem mittleren Luftdruck in Meereshöhe am Ort der Normfallbeschleunigung.

Die nichtkohärenten angelsächsischen Druckeinheiten Inch of water, Foot of water und Inch of mercury berechnen sich nach den Formeln für Millimeter Wassersäule und Atmosphäre von 1927 (bei mm Hg), indem an Stelle der metrischen Längeneinheit (0,1 cm bzw. 76 cm) 1 Inch oder 1 Foot eingesetzt werden.

1) C. R. 9e Conf. Poids Mes., 1948, Paris (1949). *2) C. R. 10e Conf. Poids Mes., 1954*, Paris (1955). *3) C. R. 7e Conf. Poids Mes., 1927*, Paris (1927).

Energie (Arbeit, Wärmemenge)

Dimensionsformel in den LMT-Systemen = $L^2\,M\,T^{-2}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Joule (J) ≡ Newton mal Meter ≡ $m^2\,kg\,s^{-2}$
CGS-System: Erg (erg) ≡ Dyn mal Zentimeter ≡ $cm^2\,g\,s^{-2}$

Dimensionsformel in den LKT-Systemen = LK

Abgeleitete Einheit im dazugehörenden m-kp-s-System:

Meterkilogramm-Kraft (mkp) ≡ Meter mal Kilogramm-Kraft = 9,806 65 Joule

Energie ist *gespeicherte Arbeit* oder *Arbeitsfähigkeit*. Da Energie somit ein Arbeitsvorrat ist, wird sie in den gleichen Einheiten gemessen wie die Arbeit.

Ein Körper kann Energie grundsätzlich auf zwei Weisen besitzen: entweder auf Grund seiner Lagebeziehungen zu den Körpern seiner Umgebung (potentielle Energie) oder infolge seiner Bewegung (Bewegungsenergie). Daneben besitzt jeder Körper in Gestalt seiner Masse m die potentielle Energie $E = mc^2$ (c = Vakuumlichtgeschwindigkeit), weshalb zum Beispiel in der Atomphysik die Masseneinheit (ME) als Energieeinheit benutzt wird. Die Wärme (Wärmemenge) ist Bewegungsenergie der Moleküle, die früher in Kalorien, heute in Joule gemessen wird. Das Verhältnis dieser beiden Einheiten zueinander (1 cal_{15} = 4,1855 Joule) wurde als sogenanntes Wärmeäquivalent bezeichnet, eine Konstante, die bei der heutigen Wärmemessung in Joule überflüssig geworden ist.

Energetische Einheiten der Atom- und Kernphysik. Die in der Atom- und Kernphysik verwendeten Energieeinheiten enthalten alle als Faktoren eine oder mehrere physikalische Konstanten: Die Vakuumlichtgeschwindigkeit c, die Elementarladung e, das Wirkungsquantum h, die spezifische Molekülzahl N, die Boltzmannsche Entropiekonstante k und die Rydberg-Wellenzahl R_H des Wasserstoffs. Die daraus gebildeten Energieeinheiten sind im Gegensatz zu den üblichen Einheiten nicht per definitionem gegeben, sondern durch Messung von physikalischen Konstanten, es sind *natürliche* Energieeinheiten. Über den Wert dieser Konstanten und die Formeln zur Berechnung der Einheiten vgl. Physikalische Konstanten, S. 206 und 207.

Umrechnung von Energieeinheiten der Makrophysik

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B								
Name	Abkürzung	J	erg	kWh	PSh	mkp	latm	cal_{15}	$kcal_{15}$	BTU_{mean}
Joule	J	**1** x 1	**1** x10^7	2,7̇ x10^{-7}	3,776727x10^{-7}	1,019716x10^{-1}	9,868956x10^{-3}	2,3892x10^{-1}	2,3892x10^{-4}	9,4716x10^{-4}
Erg	erg	**1** x10^{-7}	**1** x 1	2,7̇ x10^{-14}	3,776727x10^{-14}	1,019716x10^{-8}	9,868956x10^{-10}	2,3892x10^{-8}	2,3892x10^{-11}	9,4716x10^{-11}
Kilowattstunde	kWh	3,**6** x10^6	3,**6** x10^{13}	**1** x 1	1,359622x 1	3,670978x10^5	3,552824x10^4	8,6011x10^5	8,6011x10^2	3,4098x10^3
Pferdestärkestunde	PSh	2,647796x10^6	2,647796x10^{13}	7,354989x10^{-1}	**1** x 1	2,**7** x10^5	2,613098x10^4	6,3261x10^5	6,3261x10^2	2,5079x10^3
Meterkilogramm-Kraft	mkp	9,8066**5** x 1	9,8066**5** x10^7	2,724069x10^{-6}	3,703704x10^{-6}	**1** x 1	9,678140x10^{-2}	2,3430x 1	2,3430x10^{-3}	9,2885x10^{-3}
Literatmosphäre	latm	1,013278x10^2	1,013278x10^9	2,814662x10^{-5}	3,826875x10^{-5}	1,033256x10	**1** x 1	2,4209x10	2,4209x10^{-2}	9,5974x10^{-2}
15°-Kalorie	cal_{15}	4,1855 x 1	4,1855 x10^7	1,1626 x10^{-6}	1,5808 x10^{-6}	4,2680 x10^{-1}	4,1307 x10^{-2}	**1** x 1	**1** x10^{-3}	3,9643x10^{-3}
15°-Kilokalorie	$kcal_{15}$	4,1855 x10^3	4,1855 x10^{10}	1,1626 x10^{-3}	1,5808 x10^{-3}	4,2680 x10^2	4,1307 x10	**1** x10^3	**1** x 1	3,9643x 1
British Thermal Unit	BTU_{mean}	1,0558 x10^3	1,0558 x10^{10}	2,9328 x10^{-4}	3,9874 x10^{-4}	1,0766 x10^2	1,0420 x10	2,5225x10^2	2,5225x10^{-1}	**1** x 1

Umrechnung von Energieeinheiten der Atomphysik

Die gegebene Maßeinheit unter **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B								
Name	Abkürzung	g	J	erg	ME	Ry	eV	cm^{-1}	°K	s^{-1}
Gramm	g	**1** x 1	8,98755x10^{13}	8,98755x10^{20}	6,02502x10^{23}	4,12594x10^{21}	5,61015x10^{32}	4,52523x10^{36}	6,51082x10^{36}	1,35663x10^{47}
Joule	J	1,11265x10^{-14}	**1** x 1	**1** x10^7	6,70374x10^9	4,59073x10^{17}	6,24213x10^{18}	5,03500x10^{22}	7,24426x10^{22}	1,50945x10^{33}
Erg	erg	1,11265x10^{-21}	**1** x10^{-7}	**1** x 1	6,70374x10^2	4,59073x10^{10}	6,24213x10^{11}	5,03500x10^{15}	7,24426x10^{15}	1,50945x10^{26}
Masseneinheit	ME	1,65975x10^{-24}	1,49171x10^{-10}	1,49171x10^{-3}	**1** x 1	6,84801x10^7	9,31141x10^8	7,51073x10^{12}	1,08063x10^{13}	2,25166x10^{23}
Rydberg	Ry	2,42369x10^{-32}	2,17830x10^{-18}	2,17830x10^{-11}	1,46028x10^{-8}	**1** x 1	1,35973x10	1,09678x10^5	1,57802x10^5	3,28805x10^{15}
Elektronenvolt	eV	1,78248x10^{-33}	1,60202x10^{-19}	1,60202x10^{-12}	1,07395x10^{-9}	7,35443x10^{-2}	**1** x 1	8,06616x10^3	1,16054x10^4	2,41817x10^{14}
Zentimeter^{-1}	cm^{-1}	2,20983x10^{-37}	1,98610x10^{-23}	1,98610x10^{-16}	1,33143x10^{-13}	9,11763x10^{-6}	1,23974x10^{-4}	**1** x 1	1,43878x 1	2,99793x10^{10}
Grad Kelvin	°K	1,53591x10^{-37}	1,38040x10^{-23}	1,38040x10^{-16}	9,25386x10^{-14}	6,33705x10^{-6}	8,61665x10^{-5}	6,95033x10^{-1}	**1** x 1	2,08366x10^{10}
Sekunde^{-1}	s^{-1}	7,37120x10^{-48}	6,62491x10^{-34}	6,62491x10^{-27}	4,44117x10^{-24}	3,04131x10^{-6}	4,13535x10^{-15}	3,33564x10^{-11}	4,79926x10^{-11}	**1** x 1

Leistung – Wirkung – Entropie – Dynamische Viskosität Kinematische Viskosität – Oberflächenspannung – Wärmeleitfähigkeit Wärmeübergangszahl, Wärmedurchgangszahl

Leistung

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= L^2 M T^{-3}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Watt (W) ≡ 1 Joule pro Sekunde ≡ Newton mal Meter pro Sekunde ≡ $m^2 kg s^{-3}$

CGS-System: Erg pro Sekunde ($erg s^{-1}$) ≡ Dyn mal Zentimeter pro Sekunde ≡ $cm^2 g s^{-3}$

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= LKT^{-1}$

Abgeleitete Einheit im dazugehörenden m-kp-s-System der Technik: Meterkilogramm-Kraft pro Sekunde ($mkp s^{-1}$). Der 75fache Betrag des $mkp s^{-1}$ ist die in der Technik weitgehend verwendete Pferdestärke (PS).

Umrechnung von Leistungseinheiten

Die gegebene Maßeinheit **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B						
Name	Abkürzung	$erg s^{-1}$	W	kW	$mkp s^{-1}$	PS	$cal_{15} s^{-1}$	$BTU_{mean} s^{-1}$
Erg pro Sekunde	$erg s^{-1}$	**1** x 1	**1** $x10^{-7}$	**1** $x10^{-10}$	1,019716x10^{-8}	1,359622x10^{-10}	2,3892x10^{-8}	9,4716x10^{-11}
Watt	W	**1** $x10^{7}$	**1** x 1	**1** $x10^{-3}$	1,019716x10^{-1}	1,359622x10^{-3}	2,3892x10^{-1}	9,4716x10^{-4}
Kilowatt	kW	**1** $x10^{10}$	**1** $x10^{3}$	**1** x 1	1,019716x10^{2}	1,359622x 1	2,3892x10^{2}	9,4716x10^{-1}
Meterkilogramm-Kraft p. Sekunde	$mkp s^{-1}$	9,80665 x10^{7}	9,80665 x 1	9,80665 x10^{-3}	**1** x 1	1,3 x10^{-2}	2,3430x 1	9,2884x10^{-3}
Pferdestärke	PS	7,354988x10^{9}	7,354988x10^{2}	7,354988x10^{-1}	7,5 x10	**1** x 1	1,7573x10^{2}	6,9663x10^{-1}
15°-Kalorie pro Sekunde	$cal_{15} s^{-1}$	4,1855 x10^{7}	4,1855 x 1	4,1855 x10^{-3}	4,2680 x10^{-1}	5,6907 x10^{-3}	**1** x 1	3,9643x10^{-3}
British Thermal Unit$_{mean}$ per second	$BTU_{mean} s^{-1}$	1,0558 x10^{10}	1,0558 x10^{3}	1,0558 x 1	1,0766 x10^{2}	1,4355 x 1	2,5225x10^{2}	**1** x 1

Wirkung

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= L^2 M T^{-1}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Joule mal Sekunde (J s) ≡ Newton mal Meter mal Sekunde ≡ $m^2 kg s^{-1}$

CGS-System: Erg mal Sekunde (erg s) ≡ Dyn mal Zentimeter mal Sekunde ≡ $cm^2 g s^{-1}$

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= LKT$

Abgeleitete Einheit im dazugehörenden m-kp-s-System der Technik: mkp s = 9,806 65 J s

Einheiten der Atomphysik: Elektronenvolt mal Sekunde (eV s), Planckscher Wirkungsquantum (h)

Umrechnungen von Wirkungseinheiten

Die gegebene Maßeinheit unter **A** ist mit den der gesuchten Einheit entsprechenden Faktoren unter **B** zu multiplizieren

A		B						
Name	Abkürzung	erg s	J s	mkp s	cal_{15} s	BTU_{mean} s	eV s	h
Erg mal Sekunde	erg s	**1** x 1	**1** x10^{-7}	1,019716x10^{-8}	2,3892x10^{-8}	9,4716x10^{-11}	6,24213x10^{11}	1,50945x10^{26}
Joule mal Sekunde	J s	**1** x10^{7}	**1** x 1	1,019716x10^{-1}	2,3892x10^{-1}	9,4716x10^{-4}	6,24213x10^{18}	1,50945x10^{33}
Meterkilogramm-Kraft mal Sekunde	mkp s	9,80665x10^{7}	9,80665x 1	**1** x 1	2,3430x 1	9,2884x10^{-3}	6,12144x10^{19}	1,48027x10^{34}
15°-Kalorie mal Sekunde	cal_{15} s	4,1855 x10^{7}	4,1855 x 1	4,2680 x10^{-1}	**1** x 1	3,9643x10^{-3}	2,6126 x10^{19}	6,3178 x10^{33}
British Thermal Unit$_{mean}$ times second	BTU_{mean} s	1,0558 x10^{10}	1,0558 x10^{3}	1,0766 x10^{2}	2,5225x10^{2}	**1** x 1	6,5904 x10^{21}	1,5937 x10^{36}
Elektronenvolt mal Sekunde	eV s	1,60202x10^{-12}	1,60202x10^{-19}	1,63360 x10^{-20}	3,8275x10^{-20}	1,5174x10^{-22}	**1** x 1	2,41817x10^{14}
Planckscher Wirkungsquantum	h	6,62491x10^{-27}	6,62491x10^{-34}	6,75553 x10^{-35}	1,5828x10^{-34}	6,2748x10^{-37}	4,13535x10^{-15}	**1** x 1

Entropie

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= L^2 M T^{-2} grd^{-1}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Joule pro Grad Kelvin (J °K^{-1}) ≡ $m^2 kg s^{-2} °K^{-1}$ ≡ 10^7 erg °K^{-1}

CGS-System: Erg pro Grad Kelvin (erg °K^{-1}) ≡ $cm^2 kg s^{-2} °K^{-1}$ ≡ 10^{-7} J °K^{-1}

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= LK grd^{-1}$

Abgeleitete Einheit im dazugehörenden m-kp-s-System der Technik: Meterkilogramm-Kraft pro Grad Kelvin ($mkp °K^{-1}$) = 9,806 65 J °K^{-1}

Die spezielle Entropie-Einheit Clausius (Cl) = 15°-Kalorie pro Grad Kelvin (cal_{15} °K^{-1}) hat ihre Bedeutung verloren, nachdem neuerdings die Wärme (Wärmemenge) in Joule und nicht mehr in Kalorien wiedergegeben ist.

1 J °K^{-1} ≡ 10^7 erg °K^{-1} = 0,23892 Cl

1 Cl = 4,1855 J °K^{-1} = 4,1855 × 10^7 erg °K^{-1}

Dynamische Viskosität

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= L^{-1} M T^{-1}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Newton mal Sekunde pro Quadratmeter (N s m^{-2}) ≡ $m^{-1} kg s^{-1}$ ≡ 10 Poise

CGS-System: Poise (P) = Dyn mal Sekunde pro Quadratzentimeter (dyn s cm^{-2}) ≡ $cm^{-1} g s^{-1}$ ≡ 0,1 N s m^{-2}

Foot-Pound-Second-System (avoirdupois): Pound per foot per second (lb $ft^{-1} s^{-1}$) = Poundal second per square foot (US) = 1,488 1612 N s m^{-2} = 14,881 612 P

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= L^{-2} KT$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen der Technik:

m-kp-s-System: Kilogramm-Kraft mal Sekunde pro Quadratmeter (kp s m^{-2}) = 9,806 65 N s m^{-2}

Foot-Pound$_{wt}$-Second-System (avoirdupois): Pound$_{wt}$ second per square foot (Lb s ft^{-2}) = 14,593 91 N s m^{-2} = 1,488 164 kp s m^{-2}

Kinematische Viskosität

Dimensionsformel in allen Maßsystemen $= L^2 T^{-1}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS- und m-kp-s-System: Quadratmeter pro Sekunde ($m^2 s^{-1}$) ≡ 10^4 Stokes

Quadratmeter pro Stunde ($m^2 h^{-1}$) = 2,7 $m^2 s^{-1}$

CGS-System: Stokes (St) ≡ Quadratzentimeter pro Sekunde ($cm^2 s^{-1}$) ≡ 10^{-4} $m^2 s^{-1}$

Foot-Pound-Second-System: Square foot per second ($ft^2 s^{-1}$, US) = 0,092 9034 $m^2 s^{-1}$

Square foot per hour ($ft^2 h^{-1}$, US) = 2,580 650 × 10^{-5} $m^2 s^{-1}$

Oberflächenspannung

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= M T^{-2}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Newton pro Meter (N m^{-1}) ≡ kg s^{-2} ≡ 10^3 dyn cm^{-1} = 1,019 716 × 10^{-1} kp m^{-1}

CGS-System: Dyn pro Zentimeter (dyn cm^{-1}) ≡ g s^{-2} ≡ 10^{-3} N m^{-1} = 1,019 716 × 10^{-4} kp m^{-1}

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= L^{-1} K$

Abgeleitete Einheit im dazugehörenden m-kp-s-System der Technik: Kilogramm-Kraft pro Meter (kp m^{-1}) = 9,806 65 N m^{-1}

Wärmeleitfähigkeit

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= L M T^{-3} grd^{-1}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Watt pro Meter pro Grad Kelvin (W m^{-2} °K^{-1}) ≡ m kg s^{-3} °K^{-1} ≡ 10^5 erg $cm^{-1} s^{-1}$ °K^{-1} ≡ 2,3892 × 10^{-3} cal_{15} $cm^{-1} s^{-1}$ °K^{-1}

CGS-System: Erg pro Zentimeter pro Sekunde pro Grad Kelvin (erg $cm^{-1} s^{-1}$ °K^{-1}) ≡ cm g s^{-3} °K^{-1} ≡ 10^{-5} W m^{-1} °K^{-1} = 2,3892 × 10^{-8} cal_{15} $cm^{-1} s^{-1}$ °K^{-1}

Foot-Pound-Second-System (avoirdupois): British Thermal Unit$_{mean}$ per foot per second per degree Fahrenheit (BTU_{mean} $ft^{-1} s^{-1}$ °F^{-1}) = 1,5587 × 10^4 W m^{-1} °K^{-1}

Spezielle Einheit: 15°-Kalorie pro Zentimeter pro Sekunde pro Grad Kelvin (cal_{15} $cm^{-1} s^{-1}$ °K^{-1}) = 4,1855 × 10^7 erg $cm^{-1} s^{-1}$ °K^{-1} = 4,1855 × 10^2 W m^{-1} °K^{-1}

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= K T^{-1} grd^{-1}$

Wärmeübergangszahl, Wärmedurchgangszahl

Dimensionsformel in den LMT-Systemen $= M T^{-3} grd^{-1}$

Abgeleitete Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

MKS-System: Watt pro Quadratmeter pro Grad Kelvin (W m^{-2} °K^{-1}) ≡ kg s^{-3} °K^{-1} ≡ 10^{-7} W cm^{-2} °K^{-1} ≡ 10^3 erg s^{-1} cm^{-2} °K^{-1} = 2,3892 × 10^{-5} cal_{15} $cm^{-2} s^{-1}$ °K^{-1}

CGS-System: Erg pro Sekunde pro Quadratzentimeter pro Grad Kelvin (erg s^{-1} cm^{-2} °K^{-1}) ≡ g s^{-3} °K^{-1} ≡ 10^{-3} W m^{-2} °K^{-1} ≡ 10^{-7} W cm^{-2} °K^{-1} = 2,3892 × 10^{-8} cal_{15} $cm^{-2} s^{-1}$ °K^{-1}

Foot-Pound-Second-System (avoirdupois): British Thermal Unit$_{mean}$ per square foot per second per degree Fahrenheit = BTU_{mean} $ft^{-2} s^{-1}$ °F^{-1} = 5,1140 × 10^4 W m^{-2} °K^{-1}

Dimensionsformel in den LKT-Systemen $= L^{-1} K T^{-1} grd^{-1}$

Bei den elektrischen Maßsystemen sind in erster Linie zwei Gruppen zu unterscheiden: Maßsysteme, die auf einer fernwirkungstheoretisch definierten Darstellung der Elektrizität und des Magnetismus mit drei Grundqualitäten (Dimensionen) fußen, und solche, die auf einer feldtheoretisch definierten Darstellung mit vier Grundqualitäten (Dimensionen) beruhen.

Die fernwirkungstheoretische Definition elektrischer Qualitäten mit den drei Dimensionen Länge, Masse, Zeit (LMT) stammt aus der Zeit, als bei der Erschließung der Elektrizität und des Magnetismus nur die bis dahin üblichen mechanischen Meßverfahren zur Verfügung standen. Mit der Entwicklung spezifisch-elektrischer Meßmethoden und der Feldtheorie in der Elektrodynamik setzte sich später die feldtheoretische Definition im Bereiche der Elektrizität und des Magnetismus mehr und mehr durch. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie auf 4 Grundmeßverfahren (und damit 4 Grundqualitäten, vgl. S. 172) aufbaut, von denen mindestens eines ein spezifisch elektrisches ist, zum Beispiel eine Widerstands- oder Ladungsmessung. Folglich lassen sich die feldtheoretisch definierten Qualitäten auf 4 Grundqualitäten (Dimensionen) zurückführen, von denen mindestens eine eine spezifisch elektrische ist, zum Beispiel auf die Dimensionen LMTR (R = elektrischer Widerstand) oder LMTμ_0 (μ_0 = magnetische Feldkonstante) oder LMTε_0 (ε_0 = elektrische Feldkonstante) usw. Aus Gründen des praktischen Meßverfahrens, welches entsprechend dem Ohmschen Gesetz meistens mit der Kombination zweier elektrischer Meßmethoden arbeitet (Spannungs- und Strom- bzw. Widerstandsmessung), sind dem seit 1948 international anerkannten *absoluten elektrischen Maßsystem* (Dimensionen LTUI = Länge, Zeit, Spannung, Strom; Grundeinheiten m, s, V, A = Meter, Sekunde, Volt, Ampere) zwei elektrische Grundeinheiten, V und A, zugrunde gelegt worden. Das absolute elektrische Maßsystem stützt sich auf das seinerzeit von Giorgi vorgeschlagene MKS Ω-System, das auf das MKS-System abgestimmt ist und dessen 4. Grundeinheit, das absolute Ohm, definiert wird durch die Festsetzung des Zahlenwertes für die magnetische Feldkonstante μ_0, gemessen in Meter, Sekunde und dem so einzuführenden Ohm:

$$\mu_0 = 10^{-7}\ 4\pi\ \Omega\ s\ m^{-1}$$

Die absolute Ohmeinheit kann demnach durch eine Widerstandsrolle in geeigneter Form über einen Induktionsversuch verkörpert werden. Den Übergang vom Giorgischen m-kg-s-Ω-System zum nunmehr international eingeführten absoluten m-s-V-A-System bieten folgende Gleichungen:

$$J\ (\text{Joule}) = m^2\,kg\,s^{-2} \qquad \Omega = V\,A^{-1}$$

$$V = \sqrt{\frac{J\,\Omega}{s}} \qquad A = \sqrt{\frac{J}{\Omega\,s}}$$

folglich:

$$V = m\,kg^{1/2}\,s^{-3/2}\,\Omega^{1/2} \qquad A = m\,kg^{1/2}\,s^{-3/2}\,\Omega^{-1/2}$$

Die Energieeinheit J (Joule) und damit die Krafteinheit N (Newton) und die Leistungseinheit W (Watt) des absoluten m-s-V-A-Systems sind danach identisch mit den entsprechenden Einheiten des MKS-Systems, und damit sind auch alle anderen Einheiten aufeinander abgestimmt, weshalb diese beiden Systeme die anderen bisher üblichen in Wissenschaft und Technik mehr und mehr verdrängen.

Bis anhin wurden in der Physik die fernwirkungstheoretisch definierten Maßsysteme mit den 3 Dimensionen LMT und den Grundeinheiten cm, g, s viel verwendet, weil sie auf das CGS-System der Mechanik abgestimmt sind: *elektromagnetisches bzw. elektrostatisches CGS-System*. Man erhält *formal* die Einheiten dieser Systeme, wenn man in den feldtheoretisch definierten Maßsystemen LMTμ_0 bzw. LMTε_0 die magnetische Feldkonstante μ_0 bzw. die elektrische Feldkonstante $\varepsilon_0 = 1$ setzt und die Dimensionen LMT durch die entsprechenden Einheiten cm, g, s darstellt. Das LMTμ_0-System führt auf diese Weise zum elektromagnetischen, das LMTε_0-System zum elektrostatischen CGS-System. Da $\varepsilon_0 \mu_0 c_0^2 = 1$ ist (c_0 = Lichtgeschwindigkeit; im folgenden nur mit c bezeichnet) und deshalb, wenn $\mu_0 = 1$ und $\varepsilon_0 = 1/c^2$, bzw. wenn $\varepsilon_0 = 1$ und $\mu_0 = 1/c^2$ wird, erscheint beim Übergang von einem dieser Maßsysteme zum anderen die Konstante c_0 in verschiedener Form als Ausgleichsfaktor.

Da die Dimensionen der im folgenden dargestellten elektrischen Maßsysteme nur teilweise übereinstimmen, die Maßsysteme also artungleich sind und zudem sich noch auf grundverschiedene (fernwirkungstheoretische bzw. feldtheoretische) Definitionen stützen, lassen sich Einheiten der verschiedenen Systeme für ein und dieselbe Qualität, zum Beispiel die elektrische Feldstärke, nicht gleichsetzen, da sie wohl zahlenwertmäßig, nicht aber in ihren Dimensionen gleich sind. Praktische Auswirkungen hat dieser Umstand nicht, da beim Vergleich von Messungsergebnissen auf Grund verschiedener Maßsysteme vor allem die Zahlenwerte interessieren. In der folgenden Tabelle wird dem Rechnung getragen, indem bei der Angabe von *dimensionsungleichen, numerisch aber gleichen* Äquivalenten das Zeichen ≙ verwendet wird. Symbol für Einheiten: emE = elektromagnetische CGS-Einheit der betreffenden Qualität, esE = elektrostatische CGS-Einheit der betreffenden Qualität.

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (≙ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen; c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Elektrische Feldkonstante (ε_0) (Influenzkonstante, Verschiebungskonstante, absolute Dielektrizitätskonstante des Vakuums)			
Dimensionssystem LTUI Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	$L^{-1}\,T\,U^{-1}\,I$ Farad/Meter	$F\,m^{-1}$	≙ $4\pi\,10^{-11}$ emE ($= 1{,}2566 \times 10^{-10}$ emE) ≙ $4\pi\,10^{-11}\,c^2$ [esE] ($= 1{,}1294 \times 10^{11}$ [esE])
Dimensionssystem LMTμ_0 Elektromagnetisches CGS-System	$L^{-2}\,T^2\,\mu_0^{-1}$ $cm^{-2}\,s^2$	emE	≙ $10^{11}/4\pi\,F\,m^{-1}$ ($= 7{,}9577 \times 10^9\,F\,m^{-1}$) ≙ c^2 [esE] ($= 8{,}9876 \times 10^{20}$ [esE])
Dimensionssystem LMTε_0 Elektrostatisches CGS-System	ε_0 1	1 [esE]	≙ $10^{11}/4\pi\,c^2\,F\,m^{-1}$ ($= 8{,}8542 \times 10^{-12}\,F\,m^{-1}$) ≙ $1/c^2$ emE ($= 1{,}1126 \times 10^{-21}$ emE)
Elektrische Spannung *(U)*			
Dimensionssystem LTUI Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	U Volt	V	≙ 10^8 emE ≙ $10^8/c$ esE ($= 3{,}3356 \times 10^{-3}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0 Elektromagnetisches CGS-System	$L^{3/2}\,M^{1/2}\,T^{-2}\,\mu_0^{1/2}$ $cm^{3/2}\,g^{1/2}\,s^{-2}$	emE	≙ 10^{-8} V ≙ $1/c$ esE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0 Elektrostatisches CGS-System	$L^{1/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\varepsilon_0^{-1/2}$ $cm^{1/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	esE	≙ $10^{-8}\,c$ V ($= 2{,}9979 \times 10^2$ V) ≙ c emE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ emE)

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (≙ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Elektrische Stromstärke *(I)*			
Dimensionssystem LTUI	I		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere	A	≙ 10^{-1} emE ≙ $10^{-1}\,c$ esE (= $2{,}9979 \times 10^{9}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{1/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	≙ 10 A ≙ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-2} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{3/2} g^{1/2} s^{-2}$	esE	≙ $10/c$ A (= $3{,}3356 \times 10^{-10}$ A) ≙ $1/c$ emE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Elektrische Stromdichte *(G)*			
Dimensionssystem LTUI	L^{-2} I		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere/Quadratmeter	A m^{-2}	≙ 10^{-5} emE ≙ $10^{-5}\,c$ esE (= $2{,}9979 \times 10^{5}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-3/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-3/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	≙ 10^{5} A m^{-2} ≙ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1/2} M^{1/2} T^{-2} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1/2} g^{1/2} s^{-2}$	esE	≙ $10^{5}/c$ A m^{-2} (= $3{,}3356 \times 10^{-6}$ A m^{-2}) ≙ $1/c$ emE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Elektrische Feldstärke *(E)*			
Dimensionssystem LTUI	L^{-1} U		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Volt/Meter	V m^{-1}	≙ 10^{6} emE ≙ $10^{6}/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-5}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-2} \mu_0^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{1/2} g^{1/2} s^{-2}$	emE	≙ 10^{-6} V m^{-1} ≙ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1} \varepsilon_0^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1/2} g^{1/2} s^{-1}$	esE	≙ $10^{-6}\,c$ V m^{-1} (= $2{,}9979 \times 10^{4}$ V m^{-1}) ≙ c emE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ emE)
Elektrische Verschiebung *(D)*			
Dimensionssystem LTUI	L^{-2} TI		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Coulomb/Quadratmeter	C m^{-2}	≙ $4\pi\,10^{-5}$ emE (= $1{,}2566 \times 10^{-4}$ emE) ≙ $4\pi\,c/10^{5}$ esE (= $3{,}7672 \times 10^{6}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-3/2} M^{1/2} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-3/2} g^{1/2}$	emE	$10^{5}/4\pi$ C m^{-2} (= $7{,}9577 \times 10^{3}$ C m^{-2}) ≙ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1/2} g^{1/2} s^{-1}$	esE	$10^{5}/4\pi c$ C m^{-2} (= $2{,}6544 \times 10^{-7}$ C m^{-2}) ≙ $1/c$ emE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Elektr. Verschiebungsfluß *(Ψ)*			
Dimensionssystem LTUI	T I		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Coulomb	C = As	≙ $4\pi\,10^{-1}$ emE (= 1,2566 emE) ≙ $4\pi\,10^{-1}\,c$ esE (= $3{,}7673 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{1/2} M^{1/2} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{1/2} g^{1/2}$	emE	≙ $10/4\pi$ C (= $7{,}9577 \times 10^{-1}$ C) ≙ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{3/2} g^{1/2} s^{-1}$	esE	≙ $10/4\pi\,c$ C (= $2{,}6544 \times 10^{-11}$ C) ≙ $1/c$ emE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (≙ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Elektrische Polarisation *(P)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-2}\,T\,I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Coulomb/Quadratmeter	$C\,m^{-2}$	≙ 10^{-5} emE ≙ $10^{-5}\,c$ esE ($= 2{,}9979 \times 10^{5}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-3/2}\,M^{1/2}\,\mu_0^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-3/2}\,g^{1/2}$	emE	≙ $10^{5}\,C\,m^{-2}$ ≙ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\varepsilon_0^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-1/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	esE	≙ $10^{5}/c\,C\,m^{-2}$ ($= 3{,}3356 \times 10^{-6}\,C\,m^{-2}$) ≙ $1/c$ emE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Elektrisches Moment *(p)*			
Dimensionssystem LTUI	$L\,T\,I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Coulomb × Meter	$C\,m$	≙ 10 emE ≙ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{11}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{3/2}\,M^{1/2}\,\mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{3/2}\,g^{1/2}$	emE	≙ $10^{-1}\,C\,m$ ≙ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{5/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{5/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	esE	≙ $10^{-1}/c\,C\,m$ ($= 3{,}3356 \times 10^{-12}\,C\,m$) ≙ $1/c$ emE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Elektrische Suszeptibilität *(χ)*			
Dimensionssystem LTUI	1		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	1	1 [Abs]	≙ $1/4\pi$ [emE] ($= 7{,}9577 \times 10^{-2}$ [emE]) ≙ $1/4\pi$ [esE]
Dimensionssystem LMTμ_0	1		
Elektromagnetisches CGS-System	1	1 [emE]	≙ 4π [Abs] ($= 1{,}2566 \times 10$ [Abs]) ≙ 1 [esE]
Dimensionssystem LMTε_0	1		
Elektrostatisches CGS-System	1	1 [esE]	≙ 4π [Abs] ($= 1{,}2566 \times 10$ [Abs]) ≙ 1 [emE]
Elektrische Ladung *(Q)*			
Dimensionssystem LTUI	$T\,I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Coulomb (= As)	C	≙ 10^{-1} emE ≙ $10^{-1}\,c$ esE ($= 2{,}9979 \times 10^{9}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{1/2}\,M^{1/2}\,\mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{1/2}\,g^{1/2}$	emE	≙ 10 C ≙ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{3/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{3/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	esE	≙ $10/c$ C ($= 3{,}3356 \times 10^{-10}$ C) ≙ $1/c$ emE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Elektrische Raumladung *(η)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-3}\,T\,I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Coulomb/Kubikmeter	$C\,m^{-3}$	≙ 10^{-7} emE ≙ $10^{-7}\,c$ esE ($= 2{,}9979 \times 10^{3}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-5/2}\,M^{1/2}\,\mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-5/2}\,g^{1/2}$	emE	≙ $10^{7}\,C\,m^{-3}$ ≙ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-3/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-3/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	esE	≙ $10^{7}/c\,C\,m^{-3}$ ($= 3{,}3356 \times 10^{4}\,C\,m^{-3}$) ≙ $1/c$ emE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (△ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Elektrische Kapazität *(C)*			
Dimensionssystem LTUI	$TU^{-1}I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Farad (= As/V)	F	△ 10^{-9} emE △ $10^{-9}\,c^2$ esE (= $8{,}9876 \times 10^{11}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-1}T^2\mu_0^{-1}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-1}\,s^2$	emE	△ 10^9 F △ c^2 esE (= $8{,}9876 \times 10^{20}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L\varepsilon_0$		
Elektrostatisches CGS-System	cm	cm (esE)	△ $10^9/c^2$ F (= $1{,}1126 \times 10^{-12}$ F) △ $1/c^2$ emE (= $1{,}1126 \times 10^{-21}$ emE)
Elektrischer Widerstand *(R)*			
Dimensionssystem LTUI	UI^{-1}		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ohm (= VA^{-1}) (1 Megohm = 10^6 Ohm)	Ω	△ 10^9 emE △ $10^9/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{-12}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$LT^{-1}\mu_0$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm\,s^{-1}$	emE	△ 10^{-9} Ω △ $1/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{-21}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1}T\varepsilon_0^{-1}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1}\,s$	esE	△ $10^{-9}\,c^2$ Ω (= $8{,}9876 \times 10^{11}$ Ω) △ c^2 emE (= $8{,}9876 \times 10^{20}$ emE)
Spezifischer elektrischer Widerstand *(ϱ)*			
Dimensionssystem LTUI	LUI^{-1}		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ohm × Meter	Ω m	△ 10^{11} emE △ $10^{11}/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^2T^{-1}\mu_0$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^2\,s^{-1}$	emE	△ 10^{-11} Ω m △ $1/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{-21}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$T\varepsilon_0^{-1}$		
Elektrostatisches CGS-System	s	s (esE)	△ $10^{-11}\,c^2$ Ω m (= $8{,}9876 \times 10^9$ Ω m) △ c^2 emE (= $8{,}9876 \times 10^{20}$ emE)
Elektrische Leitfähigkeit *(σ)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-1}U^{-1}I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Siemens*/Meter (= $\Omega^{-1}m^{-1}$)	S m^{-1} (Ω^{-1} m^{-1})	△ 10^{-11} emE △ $10^{-11}\,c^2$ esE (= $8{,}9876 \times 10^9$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-2}T\mu_0^{-1}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-2}\,s$	emE	△ 10^{11} S m^{-1} △ $10^{11}\,c^2$ esE (= $8{,}9876 \times 10^{20}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$T^{-1}\varepsilon_0$		
Elektrostatisches CGS-System	s^{-1}	esE	△ $10^{11}/c^2$ S m^{-1} (= $1{,}1126 \times 10^{-10}$ S m^{-1}) △ $1/c^2$ emE (= $1{,}1126 \times 10^{-21}$ emE)
Elektrische Induktivität *(^eL)*			
Dimensionssystem LTUI	TUI^{-1}		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Henry = VsA^{-1}	H	△ 10^9 emE △ $10^9/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{-12}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L\mu_0$		
Elektromagnetisches CGS-System	cm	cm (emE)	△ 10^{-9} H △ $1/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{-21}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1}T^2\varepsilon_0^{-1}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1}\,s^2$	esE	△ $10^{-9}\,c^2$ H (= $8{,}9876 \times 10^{11}$ H) △ c^2 emE (= $8{,}9876 \times 10^{20}$ emE)

* In der angelsächsischen Literatur wird das Siemens mit mho (reziprokes Ohm) bezeichnet.

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (△ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Magnetische Feldkonstante (μ_0) (Induktionskonstante, absolute Permeabilität des Vakuums)			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-1}\,T\,U\,I^{-1}$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Henry/Meter	$H\,m^{-1}$	△ $10^7/4\pi$ [emE] (= $7{,}9577 \times 10^5$ [emE]) △ $10^7/4\pi c^2$ esE (= $8{,}8542 \times 10^{-16}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	μ_0		
Elektromagnetisches CGS-System	1	1 [emE]	△ $4\pi\,10^{-7}\,H\,m^{-1}$ (= $1{,}2566 \times 10^{-6}\,H\,m^{-1}$) △ $1/c^2$ esE (= $1{,}1126 \times 10^{-21}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-2}\,T^2\,\varepsilon_0{}^{-1}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-2}\,s^2$	esE	△ $4\pi\,10^{-7}\,c^2\,H\,m^{-1}$ (= $1{,}1294 \times 10^{15}\,H\,m^{-1}$) △ c^2 [emE] (= $8{,}9876 \times 10^{20}$ [emE])
Magnetische Spannung *(V)*			
Dimensionssystem LTUI	I		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere	A	△ $4\pi\,10^{-1}$ Gb (= 1,2566 Gb) △ $4\pi\,10^{-1}$ esE (= $3{,}7673 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{1/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\mu_0{}^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	Gilbert = $cm^{1/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	Gb	△ $10/4\pi$ A (= $7{,}9577 \times 10^{-1}$ A) △ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{3/2}\,M^{1/2}\,T^{-2}\,\varepsilon_0{}^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{3/2}\,g^{1/2}\,s^{-2}$	esE	△ $10/4\pi c$ A (= $2{,}6544 \times 10^{-11}$ A) △ $1/c$ emE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Magnetische Feldstärke *(H)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-1}\,I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere/Meter	$A\,m^{-1}$	△ $4\pi\,10^{-3}$ Oe (= $1{,}2566 \times 10^{-2}$ Oe) △ $4\pi\,10^{-3}\,c$ esE (= $3{,}7673 \times 10^8$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-1/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\mu_0{}^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System*	Oersted* = $cm^{-1/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	Oe*	△ 1 Gb cm^{-1} △ $10^3/4\pi$ A m^{-1} (= $7{,}9577 \times 10$ A m^{-1}) △ 1 Kraftlinie pro Quadratzentimeter
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{1/2}\,M^{1/2}\,T^{-2}\,\varepsilon_0{}^{1/2}$		△ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{1/2}\,g^{1/2}\,s^{-2}$	esE	△ $10^3/4\pi c$ A m^{-1} (= $2{,}6544 \times 10^{-9}$ A m^{-1}) △ $1/c$ Oe (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ Oe)
Magn. Vektorpotential *(A)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-1}\,T\,U$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Weber/Meter	$Wb\,m^{-1}$	△ 10^6 emE △ $10^6/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-5}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{1/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\mu_0{}^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{1/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	emE (= Gs cm)	△ 10^{-6} Wb m^{-1} △ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1/2}\,M^{1/2}\,\varepsilon_0{}^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1/2}\,g^{1/2}$	esE	△ $10^{-6}\,c$ Wb m^{-1} (= $2{,}9979 \times 10^4$ Wb m^{-1}) △ c emE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ emE)
Magnetische Induktion *(B)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^{-2}\,T\,U$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Weber/Quadratmeter	$Wb\,m^{-2}$	△ 10^4 Gs △ $10^4/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-7}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-1/2}\,M^{1/2}\,T^{-1}\,\mu_0{}^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System**	Gauß** = $cm^{-1/2}\,g^{1/2}\,s^{-1}$	Gs**	= 1 Mx cm^{-2} △ 10^{-4} Wb m^{-2} △ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-3/2}\,M^{1/2}\,\varepsilon_0{}^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-3/2}\,g^{1/2}$	esE	△ $10^{-4}\,c$ Wb m^{-2} (= $2{,}9979 \times 10^6$ Wb m^{-2}) △ c Gs (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ Gs)

* Anstatt Oersted wird vielfach der Name Gauß für die CGS-Einheit der magnetischen Feldstärke verwendet.
** Anstatt Gauß wird vielfach das Oersted als CGS-Einheit der magnetischen Induktion verwendet.

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (≙ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Magnetischer Induktionsfluß *(Φ)*			
Dimensionssystem LTUI	T U		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Weber (= Vs)	Wb	≙ 10^8 Mx ≙ $10^8/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-3}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	Maxwell = $cm^{3/2} g^{1/2} s^{-1}$	Mx	≙ 10^{-8} Wb ≙ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{1/2} M^{1/2} \varepsilon_0^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{1/2} g^{1/2}$	esE	≙ $10^{-8} c$ Wb (= $2{,}9979 \times 10^2$ Wb) = c Mx (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ Mx)
Magnetische Polarisation *(J)* (Magnetisierungsstärke)			
Dimensionssystem LTUI	L^{-2} T U		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Weber/Quadratmeter	Wb m^{-2}	≙ $10^4/4\pi$ Gs (= $7{,}9577 \times 10^2$ Gs) ≙ $10^4/4\pi c$ esE (= $2{,}6544 \times 10^{-8}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-1/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	≙ $4\pi\,10^{-4}$ Wb m^{-2} (= $1{,}2566 \times 10^{-3}$ Wb m^{-2}) ≙ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-3/2} M^{1/2} \varepsilon_0^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-3/2} g^{1/2}$	esE	≙ $4\pi\,10^{-4} c$ Wb m^{-2} (= $3{,}7673 \times 10^7$ Wb m^{-2}) ≙ c emE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ Gs)
Coulombsches magnetisches Moment *(m_H)*			
Dimensionssystem LTUI	L T U		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Weber × Meter	Wb m	≙ $10^{10}/4\pi$ emE (= $7{,}9577 \times 10^8$ emE) ≙ $10^{10}/4\pi c$ esE (= $2{,}6544 \times 10^{-2}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{5/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{5/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	≙ $4\pi\,10^{-10}$ Wb m (= $1{,}2566 \times 10^{-9}$ Wb m) ≙ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{3/2} M^{1/2} \varepsilon_0^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{3/2} g^{1/2}$	esE	≙ $4\pi\,10^{-10} c$ Wb m (= $3{,}7673 \times 10$ Wb m) ≙ c emE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ emE)
Coulombsche magnetische Polstärke *(p)*			
Dimensionssystem LTUI	T U		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Weber	Wb	≙ $10^8/4\pi$ emE (= $7{,}9577 \times 10^6$ emE) ≙ $10^8/4\pi c$ esE (= $2{,}6544 \times 10^{-4}$ esE)
Dimensionssystem LMT μ_0	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{3/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	≙ $4\pi\,10^{-8}$ Wb (= $1{,}2566 \times 10^{-7}$ Wb) ≙ $1/c$ esE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{1/2} M^{1/2} \varepsilon_0^{-1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{1/2} g^{1/2}$	esE	≙ $4\pi\,10^{-8} c$ Wb (= $3{,}7673 \times 10^{-3}$ Wb) ≙ c emE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ emE)
Magnetisierung *(M)*			
Dimensionssystem LTUI	L^{-1} I		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere/Meter	A m^{-1}	≙ 10^{-3} emE ≙ $10^{-3} c$ esE (= $2{,}9979 \times 10^7$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{-1/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	≙ 10^3 A m^{-1} ≙ c esE (= $2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-2} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{1/2} g^{1/2} s^{-2}$	esE	≙ $10^3/c$ A m^{-1} (= $3{,}3356 \times 10^{-8}$ A m^{-1}) ≙ $1/c$ emE (= $3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* / Dimensionssystem / Maßsystem	Dimensionen / Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (△ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen; c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Ampèresches magnetisches Moment *(m_B)*			
Dimensionssystem LTUI	$L^2 I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere × Quadratmeter	A m²	△ 10^3 emE △ $10^3\, c$ esE ($= 2{,}9979 \times 10^{13}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{5/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{5/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	△ 10^{-3} A m² △ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{7/2} M^{1/2} T^{-2} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{7/2} g^{1/2} s^{-2}$	esE	△ $10^{-3}/c$ A m² ($= 3{,}3356 \times 10^{-14}$ A m²) △ $1/c$ emE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Ampèresche magnetische Polstärke *(m)*			
Dimensionssystem LTUI	$L I$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Ampere × Meter	A m	△ 10 emE △ $10\, c$ esE ($= 2{,}9979 \times 10^{11}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \mu_0^{-1/2}$		
Elektromagnetisches CGS-System	$cm^{3/2} g^{1/2} s^{-1}$	emE	△ 10^{-1} A m △ c esE ($= 2{,}9979 \times 10^{10}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{5/2} M^{1/2} T^{-2} \varepsilon_0^{1/2}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{5/2} g^{1/2} s^{-2}$	esE	△ $10^{-1}/c$ A m ($= 3{,}3356 \times 10^{-12}$ A m) △ $1/c$ emE ($= 3{,}3356 \times 10^{-11}$ emE)
Magnetische Suszeptibilität *($\varkappa$)*			
Dimensionssystem LTUI	1		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	1	1 [Abs]	△ $1/4\pi$ [emE] ($= 7{,}9577 \times 10^{-2}$ [emE]) △ $1/4\pi$ [esE]
Dimensionssystem LMTμ_0	1		
Elektromagnetisches CGS-System	1	1 [emE]	△ 4π [Abs] ($= 1{,}2566 \times 10$ [Abs]) △ [esE]
Dimensionssystem LMTε_0	1		
Elektrostatisches CGS-System	1	1 [esE]	△ 4π [Abs] ($= 1{,}2566 \times 10$ Abs) △ [emE]
Magnetischer Leitwert *(Λ)*			
Dimensionssystem LTUI	$T U I^{-1}$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Henry = Vs A^{-1}	H	△ $10^9/4\pi$ emE ($= 7{,}9577 \times 10^7$ emE) △ $10^9/4\pi c^2$ esE ($= 8{,}8542 \times 10^{-14}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L \mu_0$		
Elektromagnetisches CGS-System	cm	cm (emE)	△ $4\pi\, 10^{-9}$ H ($= 1{,}2566 \times 10^{-8}$ H) △ $1/c^2$ esE ($= 1{,}1126 \times 10^{-21}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1} T^2 \varepsilon_0^{-1}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1} s^2$	esE	△ $4\pi\, 10^{-9} c^2$ H ($= 1{,}1294 \times 10^{13}$ H) △ c^2 emE ($= 8{,}9876 \times 10^{20}$ emE)
Elektromagnetische Induktivität (Selbstinduktionskoeffizient) *(m_L)*			
Dimensionssystem LTUI	$T U I^{-1}$		
Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	Henry = Vs A^{-1}	H	△ 10^9 emE (cm) △ $10^9/c^2$ esE ($= 1{,}1126 \times 10^{-12}$ esE)
Dimensionssystem LMTμ_0	$L \mu_0$		
Elektromagnetisches CGS-System	cm	cm (emE)	△ 10^{-9} H △ $1/c^2$ esE ($= 1{,}1126 \times 10^{-21}$ esE)
Dimensionssystem LMTε_0	$L^{-1} T^2 \varepsilon_0^{-1}$		
Elektrostatisches CGS-System	$cm^{-1} s^2$	esE	△ $10^{-9} c^2$ H ($= 8{,}9876 \times 10^{11}$ H) △ c^2 emE ($= 8{,}9876 \times 10^{20}$ emE)

Elektrische oder magnetische Qualität *(Symbol)* Dimensionssystem Maßsystem	Dimensionen Einheit	Symbol oder Abkürzung	Äquivalente (≙ besagt: entspricht zahlenwertmäßig, aber nicht in den Dimensionen c = Vakuumlichtgeschwindigkeit in Zentimeter pro Sekunde; $c = 2{,}99793 \times 10^{10}$)
Elektrische oder magnetische Kraft *(F)*			
Dimensionssystem LTUI Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	$L^{-1}TUI$ Newton	N	$\equiv 10^5$ dyn
Dimensionssystem LMTμ_0 Dimensionssystem LMTε_0	LMT^{-2}		Weitere Äquivalente siehe Krafteinheiten, S. 185
Elektromagnetisches CGS-System Elektrostatisches CGS-System	Dyn $\equiv$ cm g s^{-2}	dyn	$\equiv 10^{-5}$ N
Elektrische oder magnetische Energie *(W)* (Arbeit)			
Dimensionssystem LTUI Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	TUI Joule $\equiv$ Ws $\equiv$ A Vs $\equiv$ N m $\equiv m^2 kg\, s^{-2}$	J	$\equiv 10^7$ erg
Dimensionssystem LMTμ_0 Dimensionssystem LMTε_0	L^2MT^{-2}		Weitere Äquivalente siehe Energieeinheiten, S. 187
Elektromagnetisches CGS-System Elektrostatisches CGS-System	Erg $\equiv cm^2 g\, s^{-2}$	erg	$\equiv 10^{-7}$ J
Elektrische oder magnetische Leistung *(P)*			
Dimensionssystem LTUI Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	UI Watt (= VA)	W	$\equiv 10^7$ erg s^{-1}
Dimensionssystem LMTμ_0 Dimensionssystem LMTε_0	L^2MT^{-3}		Weitere Äquivalente siehe Leistungseinheiten, S. 188
Elektromagnetisches CGS-System Elektrostatisches CGS-System	Erg/Sekunde ($\equiv cm^2 g\, s^{-3}$)	erg s^{-1}	$\equiv 10^{-7}$ W
Elektromagnetische Strahlungsleistung (S = POYNTINGscher Vektor)			
Dimensionssystem LTUI Absol. elektr. Maßsystem m-s-V-A	$L^{-2}UI$ Watt/Quadratmeter	W m^{-2}	$= 10^3$ g s^{-3}
Dimensionssystem LMTμ_0 Dimensionssystem LMTε_0	MT^{-3}		
Elektromagnetisches CGS-System Elektrostatisches CGS-System	g s^{-3} $\equiv$ erg s^{-1} cm^{-2}	g s^{-3}	$= 10^{-3}$ W m^{-2}

Radioaktiver Zerfall

Einheiten

Die *internationale Einheit des radioaktiven Zerfalls* ist das Curie (c).

Definition[1]: *1 Curie ist diejenige Menge irgendeines radioaktiven Nuklids, die eine Aktivität von 3,700 × 10^{10} Zerfallsakten pro Sekunde aufweist.*

Ein Nuklid besteht aus Atomen gleicher Kernladungszahl *und* gleicher Massenzahl. Es hat sich eingebürgert, Mengen eines radioaktiven Nuklids in Curie anzugeben. Zum Beispiel spricht man von «1 Curie Caesium 137» anstatt von «der Menge Caesium 137, die eine Aktivität von 1 Curie hat».

Das Curie wird dezimal unterteilt:

1 Curie = 10^3 Millicurie (mc)
= 10^6 Mikrocurie (μc)
= 10^9 Nanocurie (nc)

1 Millicurie = $3{,}7 \times 10^7$ Zerfallsakte pro Sekunde
1 Mikrocurie = $3{,}7 \times 10^4$ Zerfallsakte pro Sekunde
1 Nanocurie = $3{,}7 \times 10$ Zerfallsakte pro Sekunde

Spezifische Aktivität

Es bestehen nebeneinander zwei verschiedene Definitionen für den Begriff «spezifische Aktivität»:

a) Das Verhältnis der Anzahl Atome eines radioaktiven Isotops zur Gesamtzahl der Atome des betreffenden Elementes.

b) Die Radioaktivität eines Isotops, ausgedrückt in Curie pro Gramm des betreffenden Elementes oder Isotops.

Für ein reines Nuklid ist die

$$\text{spezifische Aktivität} = \frac{1{,}128 \times 10^{13}}{T \times A} \text{ Curie pro Gramm} \qquad (1)$$

wobei T = Halbwertzeit des Nuklids in Sekunden
A = Massenzahl des Nuklids

Dividiert man die vom Hersteller genannte spezifische Aktivität eines Präparates durch (**1**), so erhält man den Gehalt des radioaktiven Isotops in Gramm pro Gramm Präparat.

Veraltete Einheiten

Das *alte Curie* (C) wurde definiert als diejenige Menge Radon, die in einem abgeschlossenen Raum mit 1 g Radium in radioaktivem Gleichgewicht steht. 1930 wurde die Definition erweitert[2]. Danach bedeutete das Curie diejenige Menge einer Substanz der Radiumreihe, die während einer bestimmten Zeit die gleiche Zahl von Zerfallsakten liefert wie 1 g Radium in der gleichen Zeit.

In der Balneologie werden noch verwendet: Das *Eman*, eine Konzentrationseinheit für Quellwässer, Quellgase, Bäder und ähnliches. Es ist definiert

1 Eman = 10^{-10} Alt-Curie pro Liter

Die Mache-*Einheit* (ME), ebenfalls eine Konzentrationseinheit, die auf den Radongehalt in 1 Liter Wasser oder Gas bezogen wird. Sie entspricht derjenigen Menge Radon, die allein, ohne Zerfallsprodukte, bei vollständiger Ausnutzung ihrer α-Strahlung durch Ionisation einen Sättigungsstrom von 10^{-3} esE ≙ $3{,}3356 \times 10^{-13}$ A zu unterhalten vermag. Der Sättigungsstrom, den 1 C Radon allein, ohne seine Zerfallsprodukte, zu unterhalten vermag, ist zu $2{,}75 \times 10^6$ esE ≙ 0,92 mA bestimmt worden[3, 4]. Daraus ergibt sich die Relation

1 Mache-Einheit = $3{,}64 \times 10^{-10}$ C/l = 3,64 Eman

Die Aktivitätseinheit «Mache-Einheit mal Liter» wird auch Millistat (mSt) genannt[5]:

1 mSt/l = 1 ME

Radiologische Dosiseinheiten

Die Diskussion über Größen und Einheiten der radiologischen Dosimetrie ist gegenwärtig in vollem Gange. In den kommenden Jahren werden ziemlich sicher Neuerungen auf diesem Gebiete zu erwarten sein, sei es hinsichtlich einer erweiterten Definition des Röntgen oder der Einführung einer neuen massenspezifischen Ionisationseinheit. Wir halten uns im folgenden eng an den Report of the International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU) von 1956, der 1957 als *Handbook 62* des National Bureau of Standards, Washington, erschienen ist. Siehe auch *Röntgen- und Gammastrahlen in Medizin und Biologie; Regeln für die Dosimetrie*, DIN 6809 (Vornorm), Berlin (1958).

Einleitende Bemerkungen

Dem Arzt ist die Unterscheidung zwischen a) verabreichter (pharmakologischer) Dosis und b) resorbierter bzw. absorbierter «Dosis», und die Schwierigkeit, letztere zu bestimmen, bekannt; auch, daß c) verschiedene Medikamente mit gleichem Angriffspunkt gewichtsmäßig oft verschieden hoch zu dosieren sind, um gleiche Wirkung zu erhalten. Ähnliche Verhältnisse bestehen mutatis mutandis auf dem Gebiete der Radiologie*:

a) Die «verabreichte» Dosis wird als *Bestrahlungsdosis* (exposure dose) bezeichnet. Einheit ist das Röntgen. Es ist die in Luft absorbierte Dosis.

b) Einheit der absorbierten Dosis ist das Rad (radiation absorbed dose).

c) Das Äquivalent der relativen biologischen Wirkung verschiedener ionisierender Strahlenarten ist das RBE (relative biological effectiveness). Das Produkt RBE mal Rad, die der biologischen Wirkung einer Strahlenart äquivalente absorbierte Dosis, ist das Rem (rad equivalent man).

Röntgen und Rad sind internationale Einheiten, der Faktor RBE und das Rem gelten als «anerkannt» (recognized). Das Rem soll nur auf dem Gebiete des Strahlenschutzes verwendet werden.

1. Die Bestrahlungsdosis

Definition: *Die Bestrahlungsdosis einer Röntgen- oder Gammastrahlung an einem bestimmten Ort ist ein Maß, das sich auf das Ionisationsvermögen der Strahlung stützt.*

Internationale Einheit der Bestrahlungsdosis ist das Röntgen (r).

Definition: *Ein Röntgen ist eine solche Bestrahlungsdosis einer Röntgen- oder Gammastrahlung, daß die damit verbundene Korpuskularstrahlung je 0,001 293 g Luft in Luft Ionen erzeugt, die 1 elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge eines (either) Vorzeichens tragen.*

0,001 293 g Luft ist die Masse von 1 cm^3 trockener atmosphärischer Luft unter Normbedingungen (0° C, 760 Torr). 1 elektrostatische Einheit der Elektrizitätsmenge wird üblicherweise elektrostatische Einheit der Ladung genannt (esE_{Ladung}) und entspricht $3{,}3356 \times 10^{-10}$ Coulomb (C).

Die Definition des Röntgen läßt sich meßtechnisch nur bei Elektronengleichgewicht realisieren. Man mißt es in Ionisationskammern, die so konstruiert sind, daß für das Meßvolumen Elektronengleichgewicht in Luft besteht (oder in solchen, die entsprechend kalibriert sind, zum Beispiel Fingerhutkammern). Die Aufrechterhaltung des Elektronengleichgewichts wird mit wachsender Strahlungsenergie immer schwieriger. Für Quantenenergien über 3 MeV ist das Röntgen deshalb aus meßtechnischen Gründen nicht mehr verwendbar.

Unter der Bedingung eines bestehenden Elektronengleichgewichtes kann das Röntgen physikalisch als eine auf eine Luftmasse bezogene Einheit der (Ionen-) Ladung dargestellt werden:

$$1\,\mathrm{r} = \frac{1\ \mathrm{esE}}{0{,}001\ 293\ \mathrm{g\ Luft}} = \frac{773{,}40\ \mathrm{esE}}{1\ \mathrm{g\ Luft}} \triangleq \frac{2{,}5798 \times 10^{-4}\ \mathrm{C}}{1\ \mathrm{kg\ Luft}} \qquad (2)$$

(bei Elektronengleichgewicht)

2. Die Bestrahlungsdosisleistung** (exposure dose rate)

Definition: *Die Bestrahlungsdosisleistung ist die Bestrahlungsdosis pro Zeiteinheit.*

Die Einheit der Bestrahlungsdosisleistung ist das Röntgen pro Zeiteinheit (die Röntgenleistung). Als Zeiteinheiten werden Sekunde, Minute, Stunde, aber auch Tag, Woche usw. verwendet.

Aus (**2**) ergibt sich bei Elektronengleichgewicht für die Röntgenleistung pro Sekunde

$$1\,\frac{\mathrm{r}}{\mathrm{s}} \triangleq \frac{2{,}5798 \times 10^{-4}\ \mathrm{C/s}}{1\ \mathrm{kg\ Luft}} = \frac{2{,}5798 \times 10^{-4}\ \mathrm{A}}{1\ \mathrm{kg\ Luft}} \qquad (3)$$

Diese Stromstärke entspricht dem Ionisationsstrom, den 1 r/s pro Kilogramm Luft bei Elektronengleichgewicht zu unterhalten vermag.

---

1) International Union of Pure and Applied Physics, *Rep. 7th Gen. Ass. I.U.P.A.P.*, Kopenhagen (1951). 2) Internationale Radium-Standard-Kommission, *Phys. Z.*, **32**, 569 (1931). 3) Flamm und Mache, *S.-B. Akad. Wiss. Wien*, Abt. IIa, **121**, 227 (1912). 4) Flamm und Mache, *S.-B. Akad. Wiss. Wien*, Abt. IIa, **122**, 535 (1913). 5) Meyer, S., *S.-B. Akad. Wiss. Wien*, Abt. IIa, **138**, 557 (1929).

* Für das Vakuum verliert der Dosisbegriff seinen Sinn. Man kann dann nur noch vom Strahlungsfluß, Flux, oder der Intensität im streng physikalischen Sinn sprechen.

** «Leistung» ist hier im Sinne des üblichen Sprachgebrauchs und nicht im streng physikalischen Sinne (Arbeit pro Zeit) zu verstehen.

Umrechnung von Röntgenleistungen

Die gegebene Einheit unter **A** ist mit dem der gesuchten Einheit entsprechenden Faktor unter **B** zu multiplizieren.

A	B				
	mr/h	μr/s	r/h	r/min	r/s
mr/h	1 × 1	$2{,}\dot{7}\times10^{-1}$	1 $\times10^{-3}$	$1{,}\dot{6}\times10^{-5}$	$2{,}\dot{7}\times10^{-7}$
μr/s	3,6× 1	1 × 1	$3{,}6\times10^{-3}$	6 $\times10^{-5}$	1 $\times10^{-6}$
r/h	1 $\times10^{3}$	$2{,}\dot{7}\times10^{2}$	1 × 1	$1{,}\dot{6}\times10^{-2}$	$2{,}\dot{7}\times10^{-4}$
r/min	6 $\times10^{4}$	$1{,}\dot{6}\times10^{4}$	6 ×10	1 × 1	$1{,}\dot{6}\times10^{-2}$
r/s	$3{,}6\times10^{6}$	1 $\times10^{6}$	$3{,}6\times10^{3}$	6 ×10	1 × 1

3. Die spezifische Gammastrahlungsleistung*

(specific gamma-ray emission, specific gamma-ray output)

Definition: *Die spezifische Gammastrahlungsleistung eines radioaktiven Nuklids ist die Bestrahlungsdosisleistung, die durch die ungefilterte Gammastrahlung einer Punktquelle definierter Menge dieses Nuklids in definiertem Abstand von ihr erzeugt wird.*

Einheit der spezifischen Gammastrahlungsleistung ist das Röntgen pro Millicurie und Stunde (r/mch) in 1 cm Abstand.

Die spezifische Gammastrahlungsleistung eines Nuklids ist eine Materialkonstante und wird deshalb auch Dosiskonstante (I_γ) genannt. Aus ihr läßt sich die Röntgenleistung der Gammastrahlen eines Nuklids der Menge A im Abstand p berechnen:

$$\frac{\mathrm{r}}{\mathrm{h}} = I_\gamma \frac{A}{p^2} \quad (A \text{ in Millicurie}, p \text{ in Zentimeter})$$

Dosiskonstante I_γ in Röntgen pro Millicurie und Stunde in 1 cm Abstand

Nuklid	Halbwertzeit T	Energie der γ-Strahlung MeV	I_γ r/mch in 1 cm Abstand	Literatur
^{22}Na	2,6 a	1,28	13	*1, 2*
^{24}Na	15 h	1,37; 2,76	18,7	*3*
^{42}K	12,5 h	1,53	1,5**	*5*
^{51}Cr	27,8 d	0,323	1,8	*6*
^{52}Mn	5,7 d	0,7; 0,9; 1,5	19,5	*6*
^{54}Mn	291 d	0,84	4,7	*1, 2*
^{56}Mn	2,58 h	2,06; 1,77; 0,822	9,4	*4*
^{59}Fe	45 d	1,3; 1,1; 0,19	6,2	*1, 2*
^{60}Co	5,25 a	1,33; 1,17	12,8 ± 0,1	*3, 7*
			13,0	*1, 2*
			13,5 ± 0,3	*7*
^{65}Zn	245 d	1,11	2,8	*1, 2*
^{74}As	17,5 d	0,635; 0,596; 0,511	5,1	*6*
^{76}As	26,8 h	1,70; 1,2; 0,55	2,3	*1, 2*
^{82}Br	36 h	0,55–1,48	14,6	*1, 2*
^{124}Sb	60 d	0,21–2,04	8,9	*1*
^{131}I	8 d	0,08 (0,3%); 0,284 (3%) 0,364 (79%); 0,368 (12,5%); 0,72 (5,2%)	2,2	*1, 2*
^{132}I	2,4 h	0,69; 1,41; 2,0	11,9	*1*
^{137}Cs	30 a	0,661	3,1	*1, 2*
^{170}Tm	129 d	0,084	0,4**	*1, 2*
^{182}Ta	112 d	0,066–1,223 (eff. 1,13)	6,1	*4*
^{192}Ir	74,4 d	0,136–0,613 (eff. 0,6)	5,0	*3*
^{198}Au	2,69 d	0,41; 0,67; 1,1	2,35	*6*
^{203}Hg	47,9 d	0,279	1,6	*6*
^{226}Ra	1600 a	13 Linien von 0,184 bis 2,45	8,25 ± 0,08*** 7,60 ± 0,05†	*8* *9*

Literatur: *1)* Berechnet nach dem Zerfallsschema und zitiert durch FAIRES und PARKS, *Radioisotope Laboratory Techniques*, London (1958), S. 40. *2)* Berechnet nach dem Zerfallsschema und zitiert durch PRICE et al., *Radiation Shielding*, London (1957), S. 305. *3)* Experimentell nach dem National Physical Laboratory Standards Committee (London). Vgl. PERRY, W. E., *Acta radiol. (Stockh.)*, Suppl. 117, 105 (1954). *4)* Nach RAJEWSKY, B., *Strahlendosis und Strahlenwirkung*, 2. Aufl., Stuttgart (1956), S. N13–N21. *5)* Berechnet nach dem Zerfallsschema und zitiert durch SINCLAIR, W. K., in: HINE und BROWNELL (Hrsg.), *Radiation Dosimetry*, New York (1956), S. 518. *6)* Berechnet nach dem Zerfallsschema und zitiert durch HINE, G. J., in: HINE und BROWNELL (Hrsg.), loc. cit., S. 899 und 903. *7)* Vgl. ROBINSON, B. W., *Acta radiol. (Stockh.)*, Suppl. 117, 71 (1954). *8)* GARRETT, C., *Canad. J. Phys.*, **36**, 149 (1958). *9)* LÜTHY, H., persönliche Mitteilung.

* «Leistung» ist hier im Sinne des üblichen Sprachgebrauchs und nicht im streng physikalischen Sinne (Arbeit pro Zeit) zu verstehen.

** In der Praxis wahrscheinlich viel höher, da die Bremsstrahlung (aus der β-Strahlung) in der Berechnung nicht berücksichtigt wurde.

*** Bei 0,5 mm Pt-Filterung. † Bei 1,0 mm Pt-Filterung.

Nachtrag: Auch bei betastrahlenden Nukliden kann die Röntgenleistung aus einer Dosiskonstante $I\beta$ berechnet werden. MAYNEORD und SINCLAIR, *Advanc. biol. med. Phys.*, **3**, 1 (1953), geben dafür folgende Werte

Dosiskonstante $I\beta$ = Röntgen pro Millicurie und Stunde in 1 cm Abstand in Abhängigkeit von der Energie der Betastrahlung

Energie der Strahlung MeV	$I\beta$ r/mch
0,3	616
0,5	477
0,7	420
1,0	355
2,0	318
10,0	372

4. Die absorbierte Dosis

Definition: *Die absorbierte Dosis irgendeiner ionisierenden Strahlung ist die Energie, die an Materie durch ionisierende Teilchen pro Masseneinheit des bestrahlten Stoffes an der interessierenden Stelle abgegeben wird.*

Die Einheit der absorbierten Dosis ist das Rad (rad), das seinerseits festgelegt ist als

$$1 \text{ rad} = \frac{100 \text{ erg}}{1 \text{ g}} = \frac{0{,}01 \text{ J}}{1 \text{ kg}} \qquad (4)$$

Bei Angaben in Rad sollte das absorbierende Medium genannt werden, zum Beispiel Rad (Luft), Rad (Gewebe) usw., wenn aus dem Begleittext nicht klar hervorgeht, um was es sich handelt.

Wie beim Röntgen ist die Rad-Leistung* definiert als Rad pro Zeiteinheit. Übliche Zeiteinheiten und Umrechnung siehe erste Tabelle in der linken Spalte.

Aus (4) ergibt sich

$$1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{100 \text{ erg/s}}{1 \text{ g}} = \frac{0{,}01 \text{ W}}{1 \text{ kg}} \qquad (5)$$

5. Die integrale absorbierte Dosis

Definition: *Die integrale absorbierte Dosis in einer bestimmten Region ist die Energie, die der Materie durch ionisierende Teilchen dieser Gegend abgegeben wurde.*

Die Einheit der integralen absorbierten Dosis ist das Grammrad (g rad) mit dem Wert von 100 erg = 10^{-5} J.

6. Beziehungen zwischen Bestrahlungsdosis und absorbierter Dosis bei Röntgen- und Gammastrahlen

Die absorbierte Dosis kann direkt nur mit größerem Aufwand kalorimetrisch gemessen werden. Seit den Anfängen der radiologischen Dosimetrie berechnet man deshalb die absorbierte Dosis indirekt auf Grund von Luftionisationsmessungen. Dies ist heute die häufigste indirekte Methode. Daneben bestehen noch andere, zum Beispiel radiochemische Methoden, die in der Zukunft vielleicht mehr zur Anwendung gelangen werden, weil sie im Bereiche höherer Quantenenergien verschiedene Vorzüge aufweisen.

a) Berechnung der absorbierten Dosis, wenn die Bestrahlungsdosis in Röntgen gemessen werden kann.

Dann gilt

$$D_{(M)} = f_{(M)} \times R$$

wobei M = interessierendes Medium

D = absorbierte Dosis in Rad

R = Anzahl der Röntgen, der das interessierende Medium ausgesetzt wurde

f = absorbierte Dosis in Rad pro 1 Röntgen

* Hier ist der Ausdruck «Leistung» auch physikalisch korrekt.

Faktor f = absorbierte Dosis in Rad pro 1 Röntgen für monochromatische Photonenstrahlung (nach ICRU-Report 1956)

Photonenenergie MeV	Faktor f für Luft*	Wasser	Muskel	Knochen
0,010	$0,87_7$	$0,92_0$	$0,93_3$	3,58
0,015	$0,87_7$	$0,89_7$	$0,92_5$	4,00
0,020	$0,87_7$	$0,88_7$	$0,92_5$	4,27
0,030	$0,87_7$	$0,87_7$	$0,91_9$	4,43
0,040	$0,87_7$	$0,88_7$	$0,92_8$	4,18
0,050	$0,87_7$	$0,90_0$	$0,93_4$	3,61
0,060	$0,87_7$	$0,91_3$	$0,93_7$	2,94
0,080	$0,87_7$	$0,94_0$	$0,94_8$	1,93
0,10	$0,87_7$	$0,95_7$	$0,95_7$	1,47
0,15	$0,87_7$	$0,97_1$	$0,96_4$	1,06
0,20	$0,87_7$	$0,98_2$	$0,97_2$	$0,98_8$
0,30	$0,87_7$	$0,97_7$	$0,96_5$	$0,94_7$
0,40	$0,87_7$	$0,97_5$	$0,96_3$	$0,93_6$
0,50	$0,87_7$	$0,97_4$	$0,96_6$	$0,93_3$
0,60	$0,87_7$	$0,97_5$	$0,96_6$	$0,93_3$
0,80	$0,87_7$	$0,97_4$	$0,96_5$	$0,92_9$
1,0	$0,87_7$	$0,97_4$	$0,96_5$	$0,92_7$
1,5	$0,87_7$	$0,97_3$	$0,96_6$	$0,92_9$
2,0	$0,87_7$	$0,97_4$	$0,96_3$	$0,92_9$
3,0	$0,87_7$	$0,97_1$	$0,96_3$	$0,93_7$

Faktor f = durchschnittliche absorbierte Dosis in Rad pro 1 Röntgen für verschiedene primäre Röntgenspektren (nach ICRU-Report 1956)

Strahlenqualität: Röhrenspannung kV	Filter mm	Halbwertschicht mm	Spektrum	Faktor f für Luft*	Wasser	Muskel	Knochen
100	0,18 Cu	0,25 Cu oder 5,5 Al	gemessen	$0,87_7$	0,91	0,94	3,10
100	wie oben	wie oben	berechnet[1]	$0,87_7$	0,91	0,94	3,13
150	0,075 Cu	0,2 Cu	berechnet[1]	$0,87_7$	0,92	0,94	2,69
200	0,20 Cu	0,5 Cu	berechnet[1]	$0,87_7$	0,94	0,95	2,05
250	0,17 Cu + 3,0 Al	1,0 Cu	berechnet[1]	$0,87_7$	0,95	0,95	1,76
250	0,9 Cu + 3,0 Al	2,0 Cu	berechnet[1]	$0,87_7$	0,96	0,96	1,42
280	...	1,7 Cu	gemessen	$0,87_7$	0,96	0,96	1,44
280	...	2,5 Cu	gemessen	$0,87_7$	0,97	0,96	1,22
280	...	3,1 Cu	gemessen	$0,87_7$	0,97	$0,96_5$	1,13
400	...	4,16 Cu	gemessen	$0,87_7$	0,97	0,97	1,11

b) Berechnung der absorbierten Dosis, wenn die Bestrahlungsdosis nicht in Röntgen gemessen werden kann.

In diesem Fall mißt man die Ionisation der Luft einer sehr kleinen, dünnwandigen** Hohlkammer, die an die interessierende Stelle innerhalb des Mediums placiert wird, für das die absorbierte Dosis zu bestimmen ist: BRAGG-GRAY-Prinzip[2].

Dann gilt $D_{(M)} = f'_{(M)} \times \mathcal{Q}$

wobei M = interessierendes Medium
D = absorbierte Dosis in Rad
$\mathcal{Q}$ = Ladung in esE pro 0,001 293 g Luft
f' = absorbierte Dosis in Rad pro 1 esE

* Der Faktor $0,87_7$ läßt sich aus dem Röntgen berechnen: 1 Ionenpaar trägt die elektrische Elementarladung $4,802\,73 \times 10^{-10}$ esE (vgl. Physikalische Konstanten, S. 207). 1 r produziert somit $2,082\,15 \times 10^9$ Ionenpaare in 0,001 293 g Luft oder $1,610\,32 \times 10^{12}$ Ionenpaare in 1 g Luft. Die erforderliche Energie zur Erzeugung eines Ionenpaares durch Elektronen in Luft beträgt nach ICRU-Report 1956 oberhalb 20 keV in einem weiten Bereich 34 eV = $5,4469 \times 10^{-11}$ erg. Die Erzeugung von $1,610\,32 \times 10^{12}$ Ionenpaaren in 1 g Luft erfordert somit 87,712, also rund 88 erg, die von der Luft aus der Strahlung absorbiert werden. Diese Energie entspricht dem sogenannten *Energieäquivalent des Röntgen* und ist laut Definition des Rad gleich $0,87_7$ rad (Luft).

** Am besten aus mediumäquivalentem Material.

1) Berechnet nach KRAMERS, H. A., *Phil. Mag.*, **46**, 836 (1923).

2) HINE und BROWNELL (Hrsg.), *Radiation Dosimetry*, New York (1956).

Faktor f' = absorbierte Dosis in Rad pro 1 esE (nach *Röntgen- und Gammastrahlen in Medizin und Biologie; Regeln für die Dosimetrie*, DIN 6809 [Vornorm], Berlin [1958])

Strahlenqualität: Röhrenspannung kV	Halbwertschicht mm Cu	Faktor f' für Luft*	Wasser	Weichteilgewebe**
150	0,2	$0,87_7$	1,03	1,02
200	0,5	$0,87_7$	1,03	1,02
250	1,0	$0,87_7$	1,03	1,01
280	1,7	$0,87_7$	1,03	1,01
400	4,2	$0,87_7$	1,02	1,01
15 000	...	$0,87_7$	0,98	0,96
Radioaktiver Stoff	Quantenenergie MeV			
^{137}Cs	0,67	$0,87_7$	1,02	1,00
^{60}Co	1,25	$0,87_7$	1,01	1,00

7. Die relative biologische Wirksamkeit (RBE, relative biological effectiveness)

a) Der Faktor RBE, symbolisiert mit η, wird verwendet, um die biologische Wirksamkeit gleichgroßer absorbierter Dosen zu kennzeichnen, die auf verschiedene Weise verabreicht wurden. Er bedeutet, daß m rad, die durch eine bestimmte Bestrahlungsprozedur geliefert wurden, eine biologische Wirksamkeit haben, die mit jener von $m\,\eta$ rad identisch ist, die von einer anderen Bestrahlungsprozedur geliefert wurden. Die Aussage, «die RBE einer α-Strahlung in bezug auf eine γ-Strahlung ist 10» bedeutet zum Beispiel, daß die biologische Wirksamkeit von m rad einer α-Strahlung identisch ist mit jener von 10 m rad einer γ-Strahlung.

Der Begriff der relativen biologischen Wirksamkeit ist von beschränkter Anwendbarkeit, weil die RBE irgendeiner Strahlung von vielen Faktoren beeinflußt wird. So kann die RBE zweier Strahlenarten im allgemeinen nicht durch einen einzigen Faktor ausgedrückt werden, sondern hängt von mehreren Unterfaktoren ab, wie Art und Grad der biologischen Schädigung (und damit auch Größe der absorbierten Dosis), Bestrahlungsdosisleistung, Fraktionierung, Sauerstoffspannung, pH und Temperatur.

b) Die RBE-Dosis. Sie ist numerisch gleich dem Produkt aus einer Rad-Dosis und einem vereinbarten konventionellen RBE-Wert in bezug auf eine bestimmte Bestrahlungsreaktion. Vergleichsstandard ist eine Röntgen- oder Gammastrahlung mit einer linearen Energieübertragung*** in Wasser von 3 keV/µm und einer Rad-Leistung von 10 rad/min.

Die Einheit der RBE-Dosis ist das Rem (rem, rad equivalent man). Es besitzt dieselbe beschränkte Anwendbarkeit wie die RBE und stützt sich darüber hinaus auf konventionelle, nicht unbedingt gemessene RBE-Werte. Es wird deshalb empfohlen, das Rem nur auf dem Gebiete des Strahlenschutzes zu verwenden, für Aussagen wie zum Beispiel «Die zulässige wöchentliche RBE-Körperdosis ist 0,3 rem, ohne Rücksicht auf die Strahlung, der eine Person ausgesetzt ist.»

Im Falle gemischter Strahlenarten wird angenommen, daß die RBE-Dosis gleich groß ist wie die Summe der Produkte aus absorbierter Dosis und RBE jeder einzelnen Strahlenart:

$$D = \Sigma D_i \times \eta_i$$

wobei D = RBE-Dosis in Rem
D_i = absorbierte Dosis in Rad aus der i-ten Strahlenart
η_i = RBE-Faktor für die i-te Strahlenart

Zur Verwendung auf dem Strahlenschutzgebiet werden folgende Richtwerte für den Faktor RBE empfohlen (nach RAJEWSKY, B., *Strahlendosis und Strahlenwirkung*, Stuttgart [1956]).

Strahlenart	RBE
Röntgen-, Gamma- und Betastrahlen bis 3 MeV	1
Alphastrahlen	20
Protonen und Deuteronen	10
Schnelle Neutronen	5
Schwere Rückstoßkerne	20

Ultraharte Röntgen- und Gammastrahlen über 1 MeV scheinen je nach Objekt und Reaktion um 15–30% weniger wirksam zu sein als Röntgenstrahlen von 200 kV.

* Siehe erste nebenstehende Fußnote.

** Der Faktor f' für Weichteilgewebe gilt auch für in Knochen eingebettetes Weichteilgewebe, da der Einfluß der Knochensubstanz schon bei der Messung der Ladung $\mathcal{Q}$ mit kleiner dünnwandiger Kammer berücksichtigt worden ist.

*** Linear energy transfer (LET).

Qualität und Definition	Einheiten	Symbol oder Abkürzung
Der **Lichtstrom** Φ ist die photometrisch bewertete Strahlungsleistung. Die Grundlage zur Bewertung sind die für das helladaptierte Auge festgelegte *relative spektrale Hellempfindlichkeit* (V_λ*) des Auges und das mechanische Lichtäquivalent (M**).	Lumen	lm
Die **Lichtmenge** Q ist das Produkt aus Lichtstrom und seiner Dauer.	Lumensekunde Lumenstunde	lms lmh
Die **Lichtstärke** I in einer bestimmten Ausstrahlungsrichtung ist das Verhältnis des in diese Richtung gestrahlten Lichtstromes zu der Größe des Raumwinkels, also der Lichtstrom der Raumwinkeleinheit. Die Einheit ist die *Candela*** (neue Kerze = etwa 1,086 alte oder Hefner-Kerze). Ein Strahler, der in jeder Richtung die Lichtstärke einer Kerze *(candela)* hat, gibt einen Lichtstrom von $4\,\pi$ lm.	Candela	cd
Die **Leuchtdichte** L in einem Punkt einer Oberfläche und in einer bestimmten Richtung ist das Verhältnis der in dieser Richtung vorhandenen Lichtstärke zu der Größe der senkrechten Projektion der strahlenden Fläche in dieser Richtung.	Stilb $\equiv$ cd/cm² Apostilb $\equiv$ sb/$10^4\,\pi$ Lambert $\equiv$ sb/$\pi \equiv 10^4$ asb	sb asb La
Die **Dunkelleuchtdichten**-Einheit ist im Gegensatz zu den obenerwähnten Einheiten auf das Dunkelsehen (Stäbchensehen) bezogen. Der Umrechnungsfaktor zwischen Hell- und Dunkeldichte ist von der Zusammensetzung der Strahlung abhängig. Verwendung findet die Einheit nur bis 10 sk.	Skot $= 10^{-3}$ asb für eine Strahlung bei der Farbtemperatur 2360° K	sk
Die **spezifische Lichtausstrahlung** H einer Fläche ist das Verhältnis des abgestrahlten Lichtstromes zur Größe der Fläche.	Phot † $\equiv$ lm/cm²	ph
Die **Beleuchtungsstärke** E ist das Verhältnis des auf eine Fläche A auffallenden Lichtstromes zur Größe der Fläche, $E = \Phi/A$, entspricht also der spezifischen Lichtausstrahlung, nur auf die auffallende Strahlung bezogen. Die Einheit 1 Lux ist vorhanden, wenn 1 lm auf 1 m² Fläche gleichmäßig verteilt ist.	Lux $\equiv$ lm/m²	lx
Analog zur Dunkelleuchtdichte ist die Einheit der **Dunkelbeleuchtungsstärke** auf das Dunkelsehen des menschlichen Auges bezogen.	Nox $= 10^{-3}$ lx für eine Strahlung bei der Farbtemperatur 2360° K	nx
Die **Belichtung** ist das Produkt aus Beleuchtungsstärke und ihrer Dauer.	Luxsekunde	lxs
Die **Lichtausbeute** einer Lichtquelle ist der Quotient aus dem abgegebenen Gesamtlichtstrom und der aufgenommenen Leistung.	Lumen/Watt	lm/W

* Die relative spektrale Augenempfindlichkeit V_λ wird durch folgende international anerkannte und verwendete Werte charakterisiert (λ = Wellenlänge des Lichtes in Nanometer [Millimikron], V_λ = relative spektrale Augenempfindlichkeit):

λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ	λ	V_λ
400	0,0004	440	0,023	480	0,139	520	0,710	555	1,000	590	0,757	630	0,265	670	0,032	710	0,0021	750	0,00012
410	0,0012	450	0,038	490	0,208	530	0,862	560	0,995	600	0,631	640	0,175	680	0,017	720	0,00105	760	0,00006
420	0,0040	460	0,060	500	0,323	540	0,954	570	0,952	610	0,503	650	0,107	690	0,0082	730	0,00052		
430	0,0116	470	0,091	510	0,503	550	0,995	580	0,870	620	0,381	660	0,061	700	0,0041	740	0,00025		

** Das mechanische oder elektrische Lichtäquivalent M berechnet sich für das auf der Candela basierende Lumen zu $M = 1{,}46_7 \pm 0{,}010) \times 10^{-3}$ J $\times$ (sec $\times$ lm)$^{-1}$ = $(1{,}46_7 \pm 0{,}010) \times 10^{-3}$ W/lm oder $1/M = (680 \pm 5)$ lm/W. Das neue Lumen entspricht demnach einer Strahlungsleistung von 0,00146 W.

*** Die Candela ist definiert durch die Festsetzung, daß die Leuchtdichte L eines schwarzen Strahlers bei der Temperatur des erstarrenden Platins 60 cd je Quadratzentimeter betragen soll.

† Das Phot wird vielfach anstatt als Einheit für die spezifische Lichtausstrahlung laut Definition als Einheit für die Beleuchtungsstärke benutzt. 1 ph ist dann = 10^4 lx.

Qualität und Definition	Dimension	Einheiten	
		MKS-Äquivalent	CGS-Äquivalent
Schallgeschwindigkeit Sie ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Schallschwingung in einem Medium fortpflanzt; im hörbaren Gebiet ist sie für alle Frequenzen gleich. In Gasen und Flüssigkeiten breitet sich der Schall als Longitudinalwelle aus; in festen Körpern können Longitudinal- und Transversalwellen auftreten.	LT^{-1}	$m\,s^{-1}$	$cm\,s^{-1}$
Schallfrequenz oder Tonfrequenz Sie ist die Zahl der Schallschwingungen je Zeiteinheit.	T^{-1}	Hz	Hz
Wellenlänge Sie ist gleich Schallgeschwindigkeit dividiert durch die Schallfrequenz.	L	m	cm
Schalldruck Er ist der durch die Schallschwingung erzeugte Wechseldruck.	$L^{-1}MT^{-2}$	$N\,m^{-2}$	$dyn\,cm^{-2}(\equiv \mu b)$
Schallintensität oder -stärke Sie ist an einem Orte die Schallenergie, die durch die Flächeneinheit je Zeiteinheit fließt.	MT^{-3}	$W\,m^{-2}$	$erg\,s^{-1}\,cm^{-2}$
Schalleistung Sie ist die in der Zeiteinheit durch eine die Schallquelle umhüllende Fläche strömende Schallenergie.	L^2MT^{-3}	W	$erg\,s^{-1}$
Lautstärke	1	Phon	Phon
Relative Lautstärke Dämpfung, Lautstärkezunahme	1	Dezibel (db)	Dezibel (db)

Die **Lautstärke** wird definiert als die durch einen gegebenen Schalldruck erzeugte Schallempfindung («gehörter» Schalldruck). Da die Hörempfindlichkeit frequenzabhängig ist (maximale Empfindlichkeit bei etwa 1000–2000 Hz), erzeugen Töne gleichen Schalldruckes, aber ungleicher Frequenz, nicht die gleiche Lautstärke. Die Hörempfindlichkeitskurve verläuft bei hohen Schalldrucken flacher als bei niedrigen.

Die Lautstärke (L) wird gemessen als Verhältnis eines vorliegenden Schalldruckes (p) zum festgelegten Schalldruck eines an der Hörschwelle liegenden Tones von 1000 Hz ($p_0 = 2\times10^{-4}\,\mu b$). Wegen der Gültigkeit des WEBER-FECHNERschen Gesetzes (logarithmische Abhängigkeit der subjektiven Gehörsempfindung von der objektiven Reizstärke) wird die Lautstärke nicht direkt als Verhältnis p/p_0, sondern als der 20fache Logarithmus dieses Quotienten angegeben und mit Phon bezeichnet:

$L_{\text{Phon}} = 20\ {}^{10}\log\ p$ (in μb)$/2\times10^{-4}\,\mu b$. Die Phonskala stellt demnach eine logarithmische Skala dimensionsloser Verhältniszahlen dar. Da der Nenner des Quotienten (= Schalldruck der Hörschwelle $= 2\times10^{-4}\,\mu b$) und damit auch die Phonskala fixiert sind, wird durch die Lautstärkeangabe in Phon auch der entsprechende Schalldruck festgelegt:

$$x\,\text{Phon} \triangleq 0{,}0002\times10^{0{,}05\,x}\,\mu b$$

Das menschliche Ohr kann einen Schalldruckumfang von etwa 630 μb (Schmerzgrenze) bis zu 0,0002 μb (Hörschwelle) verarbeiten, was einem Schalldruckverhältnis von $10^{6{,}5} : 10$ oder einem Schallintensitätsverhältnis von $10^{13} : 10$ oder 130 Phon entspricht:

Phon	entsprechen Mikrobar (μb)	entsprechen Geräusch	Phon	entsprechen Mikrobar (μb)	entsprechen Geräusch
0	$0{,}0002\times10^{0} = 0{,}0002$	Hörschwelle	70	$0{,}0002\times10^{3{,}5} = 0{,}6324$	Straßenverkehr auf belebten Plätzen
1	$0{,}0002\times10^{0{,}05} = 0{,}0002244$		80	$0{,}0002\times10^{4} = 2$	starker Straßenverkehr
10	$0{,}0002\times10^{0{,}5} = 0{,}0006324$	leises Flüstern, Taschenuhrticken	90	$0{,}0002\times10^{4{,}5} = 6{,}324$	Motorrad mit Schalldämpfer
20	$0{,}0002\times10^{1} = 0{,}002$	Geräuschspiegel einer ruhigen Wohnung	100	$0{,}0002\times10^{5} = 20$	lauteste Autohupe
30	$0{,}0002\times10^{1{,}5} = 0{,}006324$	Rauschen von Bäumen, stille Straße	110	$0{,}0002\times10^{5{,}5} = 63{,}24$	Blechschmiede
40	$0{,}0002\times10^{2} = 0{,}02$	Zerreißen von Schreibpapier	120	$0{,}0002\times10^{6} = 200$	Flugzeugpropeller, Niethämmer
50	$0{,}0002\times10^{2{,}5} = 0{,}06324$	Unterhaltungssprache	130	$0{,}0002\times10^{6{,}5} = 632{,}4$	Schmerzgrenze
60	$0{,}0002\times10^{3} = 0{,}2$	Straßenbahn			

Für **relative Lautstärkeangaben** dient das **Dezibel** (db), das wie das Phon den 20fachen Logarithmus einer dimensionslosen Verhältniszahl zweier zu vergleichender Schalldrucke darstellt, wobei aber der Nenner des Quotienten und damit die Dezibelskala nicht fixiert sind: $L_{\text{db}} = 20\ {}^{10}\log\ p/p_1$ (p_1 = Ausgangsschalldruck, p = zu vergleichender Schalldruck). Die Zu- oder Abnahme der Lautstärke, ausgedrückt in Dezibel, ist demnach: $\pm\,x\,\text{db} = 10 \pm {}^{0{,}05}x$. Beispiel: eine Zunahme des Schalldruckes von p_1 auf $p = 10^{0{,}05}p_1$ entspricht einer Lautstärkezunahme von + 1 db, eine Schalldruckabnahme von p_1 auf $p = 10^{-1}p_1$ einer Lautstärkeabnahme von — 20 db.

Tonskalen

Entsprechend dem musikalischen Empfinden des Menschen sind die Tonskalen nach bestimmten Frequenzverhältnissen der Töne aufgebaut. Die wichtigsten Tonintervalle sind nach Konsonanz und Dissonanz geordnet:

Konsonante Tonintervalle	Frequenzverhältnis	Dissonante Tonintervalle	Frequenzverhältnis
Duodezime	3 : 1	Große Septime	15 : 8
Oktave	2 : 1	Kleine Septime	9 : 5
Große Sexte	5 : 3	Kleine Sexte	8 : 5
Quinte	3 : 2	Großer Ganzton	9 : 8
Quarte	4 : 3	Kleiner Ganzton	10 : 9
Große Terz	5 : 4	Großer Halbton	16 : 15
Kleine Terz	6 : 5	Kleiner Halbton	25 : 24
Unisono	1 : 1		

Die Grenze zwischen Konsonanz und Dissonanz ist fließend und hat die Tendenz, sich mit der Zeit zugunsten solcher Intervalle zu verschieben, die früher als dissonant empfunden wurden, zum Beispiel kleine Sexte und kleine Septime.

Nach dem Aufbau der Tonskalen unterscheidet man die *diatonischen* und die *chromatischen* Tonskalen. Bei der diatonischen Dur- bzw. Mollskala sind 7 Töne ungleichteilig über das Oktavintervall verteilt:

Diatonische Durskala

Tonintervall	Tonsymbol	Frequenzverhältnis
Prime	c	1
Sekunde	d	10 : 9
Große Terz	e	5 : 4
Quarte	f	4 : 3
Quinte	g	3 : 2
Große Sexte	a	5 : 3
Große Septime	h	15 : 8
Oktave	c′	2

Diatonische Mollskala

Tonintervall	Tonsymbol	Frequenzverhältnis
Prime	c	1
Sekunde	d	10 : 9
Kleine Terz	es	6 : 5
Quarte	f	4 : 3
Quinte	g	3 : 2
Kleine Sexte	as	8 : 5
Kleine Septime	b	9 : 5
Oktave	c′	2

Bei der chromatischen Tonskala sind 12 Halbtöne gleichteilig (= temperierte Stimmung) über das Oktavintervall verteilt, wobei jeder Halbton die $\sqrt[12]{2}$fache Frequenz des vorhergehenden hat:

Gleichteilig temperierte Stimmung

Tonsymbol	Frequenzverhältnis	Tonsymbol	Frequenzverhältnis
c	1	g	$2^{7/12}$
cis = des	$2^{1/12}$	as = gis	$2^{8/12}$
d	$2^{2/12}$	a	$2^{9/12}$
dis = es	$2^{3/12}$	b = ais	$2^{10/12}$
e = fes	$2^{4/12}$	h = ces′	$2^{11/12}$
f = eis	$2^{5/12}$	c′ = his	$2^{12/12}$
fis = ges	$2^{6/12}$		

Diese Einteilungen der Tonskalen gelten für jeden beliebigen Oktavenbereich und sind vom Absolutwert des Grundtones der Skala unabhängig. Bei der physikalischen Stimmung wird die Tonskala durch die Frequenz des einfach gestrichenen c (c′ oder c^1) $= 2^4 \times 16$ Hz $= 256$ Hz bestimmt.

Die 12stufig gleichteilig temperierte Stimmung wird vom einfach gestrichenen a (a′ oder a^1) aus bestimmt. Von 1859 bis 1939 galt als normal der französische Kammerton a′ = 435 Hz, dessen Frequenz von der Wiener Stimmtonkonferenz 1885 festgesetzt wurde. 1939 definierte der zwischenstaatliche akustische Ausschuß der ISA in London den Normstimmton auf 440 Hz. Die Schwingungszahlen der heute international gültigen 12stufig gleichteilig temperierten Stimmung sind demnach:

Schwingungszahlen der 12stufigen gleichteilig temperierten Stimmung, $a^1 \equiv 440{,}0$ Hz

		c^{-3}	c^{-2}	c^{-1}	c^0	c^1	c^2	c^3	c^4	Quotienten
	c	16,35	32,70	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,50	2093,00	1,00000
c♯	d♭	17,32	34,65	69,30	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46	$\sqrt[12]{2} = 1{,}05946$
	d	18,35	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	$\sqrt[12]{2^2} = 1{,}12246$
d♯	e♭	19,45	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02	$\sqrt[12]{2^3} = 1{,}18921$
	e	20,60	41,20	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,02	$\sqrt[12]{2^4} = 1{,}25992$
	f	21,83	43,65	87,31	174,61	349,23	689,46	1396,91	2793,83	$\sqrt[12]{2^5} = 1{,}33484$
f♯	g♭	23,12	46,25	92,50	185,00	369,99	739,99	1479,98	2959,96	$\sqrt[12]{2^6} = 1{,}41421$
	g	24,50	49,00	98,00	196,00	392,00	783,99	1567,98	3135,96	$\sqrt[12]{2^7} = 1{,}49831$
g♯	a♭	25,96	51,91	103,83	207,65	415,30	830,61	1661,22	3322,44	$\sqrt[12]{2^8} = 1{,}58740$
	a	27,50	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	$\sqrt[12]{2^9} = 1{,}68179$
a♯	h♭	29,14	58,27	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31	$\sqrt[12]{2^{10}} = 1{,}78180$
	h	30,87	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07	$\sqrt[12]{2^{11}} = 1{,}88775$
										$({}^{10}\log \sqrt[12]{2} = 0{,}0250\,8583\,2972)$

$c^{-3} = C_2$ = Subkontraoktave; $c^{-2} = C_1$ = Kontraoktave; $c^{-1} = C$ = große Oktave; $c^0 = c$ = kleine Oktave; $c^1 = c'$ = eingestrichene Oktave; $c^2 = c''$ = zweigestrichene Oktave usw. Den ganzen Tonumfang c^{-3} bis c^5 (c^5 = Frequenz 4186,0) umfaßt nur die Orgel.

Individuelle chemische Masseneinheiten

Masse von L Molekülen bzw. Atomen eines chemisch homogenen Stoffes

(L = Loschmidtsche Zahl*)

Sie ist gleich Molekular- bzw. Atomgewicht des betrachteten Stoffes mal Masseneinheit
Dimension in den LMT-Systemen = M

Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

CGS-System**: Mol (mol) ≡ (Molekular- bzw. Atomgewicht des betrachteten Stoffes) × Gramm
MKS-System**: Kilomol (kmol) ≡ (Molekular- bzw. Atomgewicht des betrachteten Stoffes) × Kilogramm
1 mol ≡ 10^{-3} kmol ≡ 10^{3} mmol ≡ 10^{6} µmol; 1 kmol ≡ 10^{3} mol ≡ 10^{6} mmol ≡ 10^{9} µmol

Auf Grund des Unterschiedes zwischen physikalischer und chemischer Atomgewichtsskala ergeben sich zwei leicht differierende Mol:

Mol Chemische Skala	entspricht der Masse von L Molekülen bzw. Atomen*, L =	ist gleich Mol Physikalische Skala	entspricht der Masse von L Molekülen bzw. Atomen*, L =
1 mol Ch.Sk.	$6{,}0234 \times 10^{23}$	1,000275 mol Ph.Sk.	$6{,}0250 \times 10^{23}$
1 kmol Ch.Sk.	$6{,}0234 \times 10^{26}$	1,000275 kmol Ph.Sk.	$6{,}0250 \times 10^{26}$

Masse von L/z Ionen eines chemisch homogenen Stoffes

(L = Loschmidtsche Zahl*, z = Wertigkeit der betrachteten Ionen)

Sie ist gleich [(Molekular- bzw. Atomgewicht der betrachteten Ionen)/Wertigkeit] mal Masseneinheit
Dimension in den LMT-Systemen = M

Einheiten in den dazugehörenden Maßsystemen:

CGS-System: Grammäquivalent oder Äquivalent (val***; englisch Eq oder equ. oder equiv. oder g. equiv.)
≡ (Molekular- bzw. Atomgewicht der betrachteten Ionen/Wertigkeit) × Gramm ≡ Mol/Wertigkeit

MKS-System: Kilogrammäquivalent (kval) ≡ (Molekular- bzw. Atomgewicht der betrachteten Ionen/Wertigkeit) × Kilogramm ≡ Kilomol/Wertigkeit

1 val ≡ 10^{-3} kval ≡ 10^{3} mval; 1 kval ≡ 10^{3} val ≡ 10^{6} mval (englisch mEq oder m. equ. oder m. equiv.)

Auf Grund des Unterschiedes zwischen physikalischer und chemischer Atomgewichtsskala ergeben sich zwei leicht differierende Äquivalente:

Äquivalent Chemische Skala	ist Träger einer elektrischen Ladung von†	ist gleich Äquivalent Physikalische Skala	ist Träger einer elektrischen Ladung von†
1 val Ch.Sk.	$9{,}6495 \times 10^{4}$ C ≙ $2{,}8929 \times 10^{14}$ esE	1,000275 val Ph.Sk.	$9{,}6522 \times 10^{4}$ C ≙ $2{,}8937 \times 10^{14}$ esE
1 kval Ch.Sk.	$9{,}6495 \times 10^{7}$ C ≙ $2{,}8929 \times 10^{17}$ esE	1,000275 kval Ph.Sk.	$9{,}6522 \times 10^{7}$ C ≙ $2{,}8937 \times 10^{17}$ esE

* Die Loschmidtsche Zahl L ist der Zahlenwert der Loschmidtschen Konstante N. In den angelsächsischen Ländern wird sie Avogadrosche Zahl genannt, unter der man im deutschen Sprachbereich die in 1 cm³ enthaltene Zahl von Molekülen eines idealen Gases im Normzustand versteht (vgl. physikalische Konstanten, S. 207).

** Für das Mol wird auch die Bezeichnung Grammol verwendet. Als Mol bzw. Kilomol-Einheit für Atome ist auch die Bezeichnung Grammatom (g-atom bzw. Kilogrammatom (kg-atom) gebräuchlich.

*** Für das Grammäquivalent (val) ist auch die Bezeichnung Grammval gebräuchlich.

† Diese Ladung wird Faraday-Ladung genannt.

Chemische Bezugseinheiten

Masse/Masse

Bezeichnung	Symbol	Definition
		Feste Stoffe
Masseprozent	% (Gew.%)	Gramm des Stoffes in 100 g Gesamtmasse
Milligrammprozent*	mg%	Milligramm des Stoffes in 100 g Gesamtmasse*
Molprozent	mol%	Vor allem bei Angaben isomorpher Mischungen, Schmelzen usw.
		Lösungen
Masseprozent	% (Gew.%)	Gramm des gelösten Stoffes in 100 g Lösung
	g/100 g Lm.	Gramm des gelösten Stoffes in 100 g Lösungsmittel
	mg%	Milligramm des gelösten Stoffes in 100 g Lösung*
	mol/100 g Lös. g-atom/100 g Lös. val/100 g Lös. usw.	Mol bzw. Grammatom bzw. Grammäquivalent des gelösten Stoffes auf 100 g Lösung usw.
	mol/100 g Lm. g-atom/100 g Lm. val/100 g Lm. usw.	Mol bzw. Grammatom bzw. Grammäquivalent des gelösten Stoffes auf 100 g Lösungsmittel usw.
Molal	mol/1000 g Lm.	Mol / Grammatom des betrachteten Stoffes in 1000 g Lösungsmittel
Molverhältnis	mol%	Mol des gelösten Stoffes auf 100 ml Lösung
	mol‰	Millimol des gelösten Stoffes auf 1 mol bzw. Mol des gelösten Stoffes auf 1000 mol Lösung
	mol/100 mol Lm.	Mol des gelösten Stoffes auf 100 mol Lösungsmittel
	mol/1000 mol Lm.	Mol des gelösten Stoffes auf 1000 mol Lösungsmittel
Verdünnung	g Lm./1 g gel.	Gramm Lösungsmittel auf 1 g gelösten Stoff
	mol Lm./1 mol gel.	Mol Lösungsmittel auf 1 mol gelösten Stoff
		Gase
Masseprozent	% (Gew.%)	Gramm des betrachteten Gases in 100 g der Gasmischung
Molprozent	mol%	Mol des betrachteten Gases in 100 mol aller Komponenten

Masse/Volumen**

		Lösungen
	g/100 ml Lös.	Gramm des gelösten Stoffes in 100 ml Lösung
	mg%	Milligramm des gelösten Stoffes in 100 ml Lösung*
	g/l	Gramm des gelösten Stoffes in 1 Liter Lösung
	g/100 ml	Gramm des gelösten Stoffes in 100 ml Lösung
	g/100 ml Lm.	Gramm des gelösten Stoffes in 100 ml Lösungsmittel
Molar	mol/l	Mol / Grammatom des betrachteten Stoffes in 1 Liter Lösung
	g-atom/l	
Normal	n (engl. N) val/l	Grammäquivalent des gelösten Stoffes in 1 Liter Lösung (0,1 n, 0,01 n usw.)

Volumen/Volumen

Volumenprozent	Vol.%	Milliliter des gelösten Stoffes in 100 ml Lösung oder Kubikzentimeter Gas in 100 ml Lösung oder Kubikzentimeter Gas in 100 cm^3 Gasmischung

* Das Milligrammprozent ist insofern eine unglückliche Bezeichnung, als 1 Tausendstel auf Hundert kein Prozent ist. In der medizinischen Literatur wird das Milligrammprozent zudem als mg/100 g und als mg/100 ml (besonders bei Blut, Harn usw.) verwendet, ohne daß in den einzelnen Fällen diese Bezugnahme präzisiert würde. Um diese Unklarheit zu vermeiden, wird die Bezeichnung Milligrammprozent in unseren Tabellen konsequent durch mg/100 g oder mg/100 ml ersetzt.

** Temperaturabhängig.

Literatur zu diesem Abschnitt siehe S. 208

I. Standardsubstanzen

A. Quecksilber

Normdichte[1] (0°C, 760 Torr)

$$\varrho_n(\mathrm{Hg}) = (13{,}595\,05 \pm 0{,}000\,14)\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$$

Festgelegte Normdichte[1, 28] der internationalen Temperaturskalen 1927 und 1948 (0°C, 760 Torr)

$$\varrho_n(\mathrm{Hg}) = 13{,}595\mathbf{1}\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$$

Relative Dichte[1] zu Wasser («spezifisches» Gewicht)

$$\delta_n(\mathrm{Hg}) = 13{,}595\,43 \pm 0{,}000\,10$$

B. Wasser

Maximale Dichte[2] (4°C, 760 Torr, luftfrei)

$$\varrho_m(\mathrm{H_2O}) = \mathbf{1}\ \mathrm{g/ml} = (0{,}999\,972 \pm 0{,}000\,003)\ \mathrm{g\ cm^{-3}}$$

Dichte[3] zwischen 0 und 40°C in g/ml (760 Torr, luftfrei)

°C	g/ml	°C	g/ml	°C	g/ml	°C	g/ml	°C	g/ml
0	0,999 8676	3	0,999 9922	6	0,999 9683	9	0,999 8092	12	0,999 5261
1	0,999 9265	4	1,**0**	7	0,999 9297	10	0,999 7281	13	0,999 4059
2	0,999 9678	5	0,999 9919	8	0,999 8765	11	0,999 6336	14	0,999 2732

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
15	0,999 1286	1134	0982	0828	0674	0518	0360	0202	0043	9882*
16	0,998 9721	9558	9394	9229	9062	8895	8726	8557	8386	8214
17	0,998 8041	7867	7691	7515	7337	7158	6979	6798	6616	6433
18	0,998 6248	6063	5877	5689	5501	5311	5120	4928	4735	4541
19	0,998 4346	4150	3953	3754	3555	3355	3153	2950	2747	2542
20	0,998 2336	2130	1922	1713	1503	1292	1080	0867	0653	0438
21	0,998 0221	0004	9786*	9567*	9346*	9125*	8903*	8679*	8455*	8230*
22	0,997 8003	7776	7547	7318	7088	6856	6624	6390	6156	5921
23	0,997 5684	5447	5208	4969	4729	4487	4245	4002	3758	3512
24	0,997 3266	3019	2771	2522	2272	2021	1769	1516	1262	1007
25	0,997 0751	0494	0237	9978*	9718*	9458*	9196*	8934*	8671*	8406*

°C	g/ml	°C	g/ml	°C	g/ml	°C	g/ml	°C	g/ml
26	0,996 8141	29	0,995 9757	32	0,995 0575	35	0,994 0635	38	0,992 9970
27	0,996 5437	30	0,995 6783	33	0,994 7344	36	0,993 7159	39	0,992 6260
28	0,996 2642	31	0,995 3722	34	0,994 4030	37	0,993 3604	40	0,992 2473

Dichte des schweren Wassers (100% D_2O, 760 Torr, luftfrei)

°C	g/ml	Literatur	Bemerkungen
3,8	1,105 33	*3*	
5	1,105 49	*3*	
10	1,105 88	*3*	
11,23	1,105 96	*4*	maximale Dichte
15	1,105 77	*3*	
20	1,105 27	*3*	
25	1,104 37	*5*	
30	1,103 15	*5*	
35	1,101 67	*5*	
40	1,099 89	*5*	

Spezifische Wasserwärme[6] zwischen 0 und 100°C (bei 760 Torr)

$\mathrm{J\,g^{-1}\,grd^{-1}}$

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4,2174	4,2138	4,2104	4,2074	4,2048	4,2019	4,1996	4,1974	4,1954	4,1936
10	4,1919	4,1904	4,1890	4,1877	4,1866	4,1855	4,1846	4,1837	4,1829	4,1822
20	4,1816	4,1810	4,1805	4,1801	4,1797	4,1793	4,1790	4,1787	4,1785	4,1783
30	4,1782	4,1781	4,1780	4,1780	4,1779	4,1779	4,1780	4,1780	4,1781	4,1782
40	4,1783	4,1784	4,1786	4,1788	4,1789	4,1792	4,1794	4,1796	4,1799	4,1801
50	4,1804	4,1807	4,1811	4,1814	4,1817	4,1821	4,1825	4,1829	4,1833	4,1837
60	4,1841	4,1846	4,1850	4,1855	4,1860	4,1865	4,1871	4,1876	4,1882	4,1887
70	4,1893	4,1899	4,1905	4,1912	4,1918	4,1925	4,1932	4,1939	4,1946	4,1954
80	4,1961	4,1969	4,1977	4,1985	4,1994	4,2002	4,2011	4,2020	4,2029	4,2039
90	4,2048	4,2058	4,2068	4,2078	4,2089	4,2100	4,2111	4,2122	4,2133	4,2145
100	4,2156									

$\mathrm{cal_{15}\,g^{-1}\,grd^{-1}}$ (berechnet nach *6*) durch den Herausgeber)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1, 0,	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*	*1, 0,*
0	007 62	006 76	005 95	005 23	004 54	003 92	003 37	002 84	002 37	001 94
10	001 53	001 17	000 84	000 53	000 26	000 00	*999 78*	*999 57*	*999 38*	*999 21*
20	*999 07*	*998 92*	*998 81*	*998 71*	*998 61*	*998 52*	*998 45*	*998 38*	*998 33*	*998 28*
30	*998 26*	*998 23*	*998 21*	*998 21*	*998 18*	*998 18*	*998 21*	*998 21*	*998 23*	*998 26*
40	*998 28*	*998 30*	*998 35*	*998 40*	*998 42*	*998 49*	*998 54*	*998 59*	*998 66*	*998 71*
50	*998 78*	*998 85*	*998 95*	*999 02*	*999 09*	*999 19*	*999 28*	*999 38*	*999 47*	*999 57*
60	*999 67*	*999 78*	*999 88*	000 00	000 12	000 24	000 38	000 50	000 65	000 76
70	000 91	001 05	001 19	001 36	001 51	001 67	001 84	002 01	002 17	002 37
80	002 53	002 72	002 91	003 11	003 32	003 51	003 73	003 94	004 16	004 40
90	004 61	004 85	005 09	005 33	005 59	005 85	006 12	006 38	006 64	006 93
100	007 19									

Eis-, Tripel- und Dampfpunkt vgl. S. 182. Dampfdruck vgl. S. 259–261.

C. Luft

Normdichte kohlensäurefreier, trockener Luft[7] (0°C, 760 Torr)

$$\varrho_n(\mathrm{Luft}) = 1{,}292\,84\ \mathrm{g/l}$$

Normbedingungen der spektroskopischen «Normal»luft:
760 Torr, 15°C, 0,03% CO_2, trocken

Normalatmosphäre OACI vgl. S. 255.

Für Höhen über 25 km wurden als vorläufige Werte publiziert[8]:

m′	km	Torr	mb	°C
25 000	25,099	$1{,}8666 \times 10$	$2{,}4886 \times 10$	— 56,5
32 000	32,162	6,5087	8,6776	— 35,5
47 000	47,350	$9{,}0337 \times 10^{-1}$	1,2044	+ 9,5
53 000	53,446	$4{,}3744 \times 10^{-1}$	$5{,}8320 \times 10^{-1}$	+ 9,5
75 000	75,895	$1{,}8392 \times 10^{-2}$	$2{,}4521 \times 10^{-2}$	— 76,3
90 000	91,294	$1{,}3617 \times 10^{-3}$	$1{,}8154 \times 10^{-3}$	— 76,3
126 000	128,548	$1{,}0883 \times 10^{-5}$	$1{,}4510 \times 10^{-5}$	+ 5,72
175 000	179,954	$4{,}6425 \times 10^{-7}$	$6{,}1895 \times 10^{-7}$	+ 412,97
300 000	314,859	$1{,}0856 \times 10^{-8}$	$1{,}4473 \times 10^{-8}$	+ 751,51

m′ = Geopotentialhöhe (vgl. S. 255), km = Höhe über Meer, Torr und mb = Luftdruck, °C = reale kinetische Temperatur.

II. Erde

A. Fallbeschleunigung

Normfallbeschleunigung[9] $g_n = 980{,}66\mathbf{5}\ \mathrm{Gal\ (cm\ s^{-2})}$

Internationale Schwereformel[10–14] (in Übereinstimmung mit dem internationalen Erdellipsoid)

$\gamma_0 = (980{,}632272 - 2{,}586\,145\cos 2B + 0{,}002\,878\cos 4B - 0{,}000\,004\cos 6B)\ \mathrm{Gal}$

wobei γ_0 = Fallbeschleunigung in Meereshöhe, B = Breitengrad. Daraus ergeben sich für die verschiedenen Breitengrade folgende Werte (berechnet durch den Herausgeber):

Breite °	γ_0 Gal	γ_0/g_n	g_n/γ_0	Breite °	γ_0 Gal	γ_0/g_n	g_n/γ_0
0	978,0490	0,997 332	1,002 675	45	980,6294	0,999 964	1,000 036
5	0881	372	635	46	7196	1,000 056	0,999 944
10	2043	491	516	47	8098	148	852
15	3940	684	321	48	8998	239	761
20	6517	947	057	49	9894	331	669
25	9694	0,998 271	1,001 732	50	981,0787	1,000 422	0,999 578
30	979,3378	0,998 647	1,001 355	51	1673	512	488
31	4165	727	275	52	2554	602	398
32	4968	809	193	53	3427	691	309
33	5785	892	109	54	4291	779	221
34	6614	977	025	55	981,5146	1,000 866	0,999 134
35	979,7456	0,999 062	1,000 938	56	5990	952	048
36	8308	149	851	57	6822	1,001 037	0,998 964
37	9170	237	763	58	7642	121	880
38	980,0041	326	674	59	8448	203	798
39	0920	416	585	60	981,9239	1,001 284	0,998 718
40	980,1805	0,999 506	1,000 494	65	982,2941	661	342
41	2696	597	403	70	6139	987	017
42	3591	688	312	75	8734	1,002 252	0,997 753
43	4490	780	220	80	983,0647	447	559
44	5391	872	128	85	1818	566	440
				90	2213	607	400

Die tatsächliche Fallbeschleunigung dürfte etwa 10–20 mGal unter den nach der internationalen Schwereformel berechneten Werten liegen[15, 16].

B. Geometrische und Massenkonstanten

Konstanten des internationalen Erdellipsoids (nach HAYFORD[12, 17])

Große Halbachse	a	$6{,}378\,38\mathbf{8} \times 10^6$ m
Abplattung	α	1/29**7**
Kleine Halbachse	b	$6{,}356\,912 \times 10^6$ m
Numerische Exzentrizität	ε	0,081 991 89
Äquatorquadrant	Q^{Ae}	$1{,}001\,9148 \times 10^7$ m
Meridianquadrant	Q^{Me}	$1{,}000\,2288 \times 10^7$ m
Massenkonstanten[18]		
Gesamtmasse	M	$(5{,}9765 \pm 0{,}0050) \times 10^{24}$ kg
Oberflächendichte	ϱ_s	$(2{,}60 \pm 0{,}05) \times 10^3\ \mathrm{kg\ m^{-3}}$
Zentrale Dichte	ϱ_c	$(1{,}126 \pm 0{,}025) \times 10^4\ \mathrm{kg\ m^{-3}}$
Mittlere Dichte	ϱ	$(5{,}517 \pm 0{,}006) \times 10^3\ \mathrm{kg\ m^{-3}}$

III. Kosmische Konstanten

Sonne

Mittlere Entfernung von der Erde[19]	$1{,}495 \times 10^{11}$ m = 498,7 Lichtsekunden 149,5 Millionen Kilometer
Radius[20]	$6{,}965 \times 10^{8}$ m ~ 109 Erdradien
Masse[20]	$1{,}987 \times 10^{30}$ kg
Mittlere Dichte[20]	$1{,}41 \times 10^{3}$ kg m^{-3}
Fallbeschleunigung an der Oberfläche[19]	$2{,}74 \times 10^{2}$ m s^{-2}
Gesamtstrahlung[19]	$3{,}72 \times 10^{26}$ W
Effektive Temperatur[19]	5714° K
Lichtstärke[19]	$2{,}8 \times 10^{27}$ cd

Mond

Mittlerer Abstand von der Erde[20]	3,844 00 × 10^{8} m ~ 60,27 Erdradien
Radius[19]	$1{,}738 \times 10^{6}$ m ~ 0,272 Erdradien
Masse[20]	$7{,}343 \times 10^{22}$ kg
Mittlere Dichte[19]	$3{,}342 \times 10^{3}$ kg m^{-3}
Siderische Umlaufzeit[19]	27,321 661 Tage
Synodische Umlaufzeit[19]	29,530 588 Tage

Planeten[19]

	Siderische Umlaufzeit	Mittlere Entfernung von der Sonne (Erde = 1)	Durchmesser m	Masse (Erde = 1)	Mittlere Dichte kg m^{-3}
Merkur..	$0^{a}\,87^{d}97$	0,387 099	$4{,}8000 \times 10^{6}$	0,055	$5{,}72 \times 10^{3}$
Venus ..	0 224,70	0,723 332	$1{,}2200 \times 10^{7}$	0,814	$5{,}12 \times 10^{3}$
Erde ...	1 0,01	**1**	$1{,}2757 \times 10^{7}$	**1**	$5{,}51 \times 10^{3}$
Mars....	1 321,74	1,523 688	$6{,}8000 \times 10^{6}$	0,107	$3{,}90 \times 10^{3}$
Jupiter ..	11 314,92	5,202 561	$1{,}4270 \times 10^{8}$	316,9	$1{,}25 \times 10^{3}$
Saturn ..	29 167,21	9,554 747	$1{,}2080 \times 10^{8}$	94,8	$6{,}1 \times 10^{2}$
Uranus .	84 8,11	19,218 14	$4{,}9700 \times 10^{7}$	14,51	$1{,}35 \times 10^{3}$
Neptun..	164 281,6	30,109 57	$5{,}3000 \times 10^{7}$	17,19	$1{,}32 \times 10^{3}$
Pluto ...	248 157	39,517 74	~$1{,}0000 \times 10^{7}$	~0,9	~1 × 10^{3}

IV. Allgemeine physikalische Konstanten

A. Internationale Normwerte

Name	Symbol und Formel	Zahlenwert	CGS-Dreiersystem	MKS-Vierersystem	Nichtkohärente Einheiten	Literatur*
Normfallbeschleunigung	g_n	9,806 6**5**	10^{2} Gal (= cm s^{-2})	m s^{-2}		*9*
Normdruck	p_0	1,013 2**5** **1** 7,**6**	10^{6} dyn cm^{-2}	10^{5} N m^{-2}	atm 10^{3} Torr	*21, 22*
Normtemperatur (thermodynamische und internationale Skala) (Eispunkt des Wassers)	T_0 t_0	2,731**5** **0**	10^{2} °K °C	10^{2} °K °C		*22, 23*
Litervolumen	l	1,000 02**8**	10^{3} cm^{3}	10^{-3} m^{3}		*24, 25*
Gitterkonstantenwert des Kalkspates (Definition der SIEGBAHNschen X-Einheit)	$d_{co}^{18\,°\,C}$ ($CaCO_3$)	3,029 4**5** 1,002 030(±20×10^{-6})	10^{-8} cm	10^{-10} m	10^{3} XE	*1* *32*
Wellenlänge der roten Cadmiumlinie 6 $^1D_2$—6 $^1P_1$ in spektroskopischer Normalluft (Definition des Ångström)	$\lambda_{n_{Cd}}$	6,438 469**6** 6,438 469$_6$(±3×10^{-6})	10^{-5} cm	10^{-7} m	10^{3} Å	*26* *1*
Neue Definition des Meters (voraussichtlich ab 1960) auf Grund der orangeroten Spektrallinie des Kryptonisotops 86 (damit wird 1 Å ≡ 10^{-10} m)	m	1,650 763 **73**			$10^{7}\,\lambda_{0_{Kr\text{-}86}}$	*35*
Vakuumwellenlänge der orangeroten Spektrallinie 2 p_{10}—5 d_5 des Kryptonisotops 86	$\lambda_{0_{Kr\text{-}86}}$	6,057 802**1**	10^{-5} cm	10^{-7} m		*Ed*
Atomgewicht des Sauerstoffisotops ^{16}O in der physikalischen Skala (Bezugspunkt der physikalischen Skala)	$M_{O\text{-}16}$	**16**				
Atomgewicht des «natürlichen» Sauerstoffisotopengemisches in der chemischen Skala (Bezugspunkt der chemischen Skala)	A_O	**16**				
Umrechnungsfaktor chemische/physikalische Skala	A/M	1,000 27**5**				**, *27*
Quecksilbernormdichte (internationale Temperaturskalen)	ϱ_n (Hg)	1,359 5**1**	10 g cm^{-3}	10^{4} kg m^{-3}		*1, 28*
2. PLANCKsche Strahlungskonstante (internationale Temperaturskala 1948)	c_2 (int. 1948)	1,43**8**	cm grd	10^{-2} m grd		*22, 23*
Normwerte des Erdrotationsellipsoides: Äquatorradius Abplattung	$a_{\oplus}$ $\alpha_{\oplus}$	6,378 38**8** 1/29**7**	10^{8} cm	10^{6} m		*12* *12*
Sonnenparallaxe	$\pi_{\odot}$	8,**8**	Bogensekunden	Bogensekunden		*29*

B. Gravitationskonstante

Gravitationskonstante	G	6,670 ± 0,007	10^{-8} cm^{3} g^{-1} s^{-2}	10^{-11} m^{3} kg^{-1} s^{-2}		*30, 31*

C. Konstanten des elektromagnetischen Feldes (siehe auch S. 189 ff.)

Vakuumlichtgeschwindigkeit	c	2,997 9250	10^{10} cm s^{-1}	10^{8} m s^{-1}		*33*
	$1/c$	3,335 6405	10^{-11} cm^{-1} s	10^{-9} m^{-1} s		*Ed*
	c^2	8,987 5543	10^{20} cm^{2} s^{-2}	10^{16} m^{2} s^{-2}		*Ed*
	$1/c^2$	1,112 6497	10^{-21} cm^{-2} s^{2}	10^{-17} m^{-2} s^{2}		*Ed*
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 10^{-7}\,4\,\pi$ H m^{-1}	1,256 637 062		10^{-6} H m^{-1}		
Elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0 = 10^{7}/4\,\pi c^2$ F m^{-1}	8,854 1853		10^{-12} F m^{-1}		*Ed*
Wellenwiderstand des Vakuums	$\Gamma_0 = \mu_0\, c$	3,767 3037		$10^{2}\,\Omega$		*Ed*

* Literatur siehe S. 208. Werte, die durch den Herausgeber nach der angegebenen Formel berechnet wurden, sind in der Literaturkolonne mit *Ed* bezeichnet.

** Dieser Wert wurde bisher von der internationalen Kommission für Atomgewichte (chem.) benutzt. Vgl. auch COHEN und DUMOND, in: FLÜGGE, S., *Handbuch der Physik*, Bd. 35, Berlin (1957).

D. Konstanten der Thermodynamik

Name	Symbol und Formel	Zahlenwert	CGS-Dreiersystem	MKS-Vierersystem	Nichtkohärente Einheiten	Literatur*
Spezifisches Normvolumen idealer Gase						
(Physikalische Skala)	v_0	2,242 07	$10^4\ \mathrm{cm^3\ mol_{Ph}^{-1}}$	$10\ \mathrm{m^3\ kmol_{Ph}^{-1}}$		*27*
(Chemische Skala)		2,241 45	$10^4\ \mathrm{cm^3\ mol_{Ch}^{-1}}$	$10\ \mathrm{m^3\ kmol_{Ch}^{-1}}$		*Ed*
Universelle Gaskonstante						
(Physikalische Skala)	$R_0 = p_0 v_0/T_0$	8,316 96	$10^7\ \mathrm{erg\ mol_{Ph}^{-1}\ grd^{-1}}$	$10^3\ \mathrm{J\ kmol_{Ph}^{-1}\ grd^{-1}}$		*Ed*
		8,207 97			$10^{-2}\ \mathrm{latm\ mol_{Ph}^{-1}\ grd^{-1}}$	*Ed*
		1,9871			$\mathrm{cal_{15}\ mol_{Ph}^{-1}\ grd^{-1}}$	*Ed*
(Chemische Skala)		8,314 67	$10^7\ \mathrm{erg\ mol_{Ch}^{-1}\ grd^{-1}}$	$10^3\ \mathrm{J\ kmol_{Ch}^{-1}\ grd^{-1}}$		*Ed*
		8,205 71			$10^{-2}\ \mathrm{latm\ mol_{Ch}^{-1}\ grd^{-1}}$	*Ed*
		1,9865			$\mathrm{cal_{15}\ mol_{Ch}^{-1}\ grd^{-1}}$	*Ed*
Boltzmannsche Entropiekonstante	$k = R_0/N$	1,380 40	$10^{-16}\ \mathrm{erg\ grd^{-1}}$	$10^{-23}\ \mathrm{J\ grd^{-1}}$		*Ed*
		1,362 31			$10^{-25}\ \mathrm{latm\ grd^{-1}}$	*Ed*
		3,2981			$10^{-24}\ \mathrm{cal_{15}\ grd^{-1}}$	*Ed*
		8,616 65			$10^{-5}\ \mathrm{eV\ grd^{-1}}$	*Ed*

E. Atomare Konstanten

Spezifische Molekülzahl (Loschmidtsche Konstante**)						
(Physikalische Skala)	N	6,025 02	$10^{23}\ \mathrm{mol_{Ph}^{-1}}$	$10^{26}\ \mathrm{kmol_{Ph}^{-1}}$		*16*
(Chemische Skala)		6,023 36	$10^{23}\ \mathrm{mol_{Ch}^{-1}}$	$10^{26}\ \mathrm{kmol_{Ch}^{-1}}$		*Ed*
Avogadrosche Konstante**	$A_0 = N/v_0$	2,687 26	$10^{19}\ \mathrm{cm^{-3}}$	$10^{25}\ \mathrm{m^{-3}}$		*Ed*
Spezifische Ionenladung (Faradaysche Konstante)						
(Physikalische Skala)	$F = Ne$	2,893 65	$10^{14}\ \mathrm{esE\ val_{Ph}^{-1}}$			*Ed*
	$F' = Ne'$; $F'' = Ne''$	9,652 19	$10^3\ \mathrm{emE\ val_{Ph}^{-1}}$	$10^7\ \mathrm{C\ kval_{Ph}^{-1}}$		*Ed*
(Chemische Skala)	$F' = Ne'$; $F'' = Ne''$	9,649 54	$10^3\ \mathrm{emE\ val_{Ch}^{-1}}$	$10^7\ \mathrm{C\ kval_{Ch}^{-1}}$		*Ed*
Elektrische Elementarladung (Ladung eines Elektrons)	e	4,802 73	10^{-10} esE			*16*
	$e' = e/c$; $e'' = 10e'$	1,602 02	10^{-20} emE	10^{-19} C		*Ed*
Plancksches Wirkungsquantum	$h = 2\pi e^2/\alpha c$	6,624 91	10^{-27} erg s	10^{-34} J s		*Ed*
	h/e	1,379 40	10^{-17} erg s esE^{-1}			*Ed*
	h/e'; h/e''	4,135 35	10^{-7} erg s emE^{-1}	10^{-15} Wb		*Ed*
Quantenmechanische Einheit des Drehimpulses	$\hbar = h/2\pi$	1,054 39	10^{-27} erg s	10^{-34} J s		*Ed*
Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante	$1/\alpha$	$1{,}370\,39 \times 10^2$				*16*
	α	$7{,}297\,19 \times 10^{-3}$				*16*
1. Plancksche Strahlungskonstante	$c_1 = hc^2$	5,954 17	$10^{-6}\ \mathrm{erg\ s^{-1}\ cm^2}$	$10^{-17}\ \mathrm{W\ m^2}$		*Ed*
2. Plancksche Strahlungskonstante	$c_2 = hc/k$	1,438 78	cm grd	10^{-2} m grd		*Ed*
Konstante der spezifischen Atomwärme	c_2/c	4,799 26	10^{-11} s grd	10^{-11} s grd		*Ed*
Konstante des Wienschen Verschiebungsgesetzes	c_2/x; $x = 5\,(1-e^{-x})$	2,897 78	10^{-1} cm grd	10^{-3} m grd		c_2 *Ed*, x *bei 30*
Stefan-Boltzmannsche Strahlungskonstante	$\sigma = 2\pi^5 k^4/15 h^3 c^2$	5,6693	$10^{-5}\ \mathrm{erg\ s^{-1}\ cm^{-2}\ grd^{-4}}$	$10^{-8}\ \mathrm{W\ m^{-2}\ grd^{-4}}$		*Ed*
1. Bohr-Radius	$a_0 = \alpha/4\pi R_\infty$	5,291 65	10^{-9} cm	10^{-11} m		*Ed*
Klassischer Elektronenradius	$r_0 = \alpha^3/4\pi R_\infty$	2,817 75	10^{-13} cm	10^{-15} m		*Ed*
Thomson-Querschnitt	$(8/3)\,\pi r_0^2$	6,651 55	$10^{-25}\ \mathrm{cm^2}$	$10^{-29}\ \mathrm{m^2}$	10^{-1} barn (1 barn = $10^{-24}\ \mathrm{cm^2}$)	*Ed*
Compton-Wellenlängen						
Elektron	$\lambda_{C_e} = h/m_e c$	2,426 20	10^{-10} cm	10^{-12} m		*Ed*
	$\lambda\!\!\!^{-}_{C_e} = \hbar/m_e c$	3,861 42	10^{-11} cm	10^{-13} m		*Ed*
Proton	$\lambda_{C_p} = h/m_p c$	1,321 39	10^{-13} cm	10^{-15} m		*Ed*
	$\lambda\!\!\!^{-}_{C_p} = \hbar/m_p c$	2,103 06	10^{-14} cm	10^{-16} m		*Ed*
Neutron	$\lambda_{C_n} = h/m_n c$	1,319 58	10^{-13} cm	10^{-15} m		*Ed*
	$\lambda\!\!\!^{-}_{C_n} = \hbar/m_n c$	2,100 17	10^{-14} cm	10^{-16} m		*Ed*
Rydberg-Wellenzahl für unendlich große Kernmasse	R_∞	1,097 373 28	$10^5\ \mathrm{cm^{-1}}$	$10^7\ \mathrm{m^{-1}}$		*16*
Rydberg-Wellenzahl des leichten Wasserstoffatoms	$R_H = R_\infty/(1+m_e/m_p)$	1,096 775 94	$10^5\ \mathrm{cm^{-1}}$	$10^7\ \mathrm{m^{-1}}$		*Ed*
Rydberg-Frequenz des leichten Wasserstoffatoms	$R'_H = c R_H$	3,288 052 01	10^{15} Hz (Hz = $\mathrm{s^{-1}}$)	10^{15} Hz (Hz = $\mathrm{s^{-1}}$)		*Ed*
Spezifische Ladungen						
Elektron	e/m_e	5,272 97	$10^{17}\ \mathrm{esE\ g^{-1}}$			*Ed*
	e'/m_e; e''/m_e	1,758 87	$10^7\ \mathrm{emE\ g^{-1}}$	$10^{11}\ \mathrm{C\ kg^{-1}}$		*Ed*
Proton	e/m_p	2,871 85	$10^{14}\ \mathrm{esE\ g^{-1}}$			*Ed*
	e'/m_p; e''/m_p	9,579 45	$10^3\ \mathrm{emE\ g^{-1}}$	$10^7\ \mathrm{C\ kg^{-1}}$		*Ed*

* Literatur siehe S. 208. ** Vgl. Fußnote * auf S. 203.

E. Atomare Konstanten (Schluß)

Name	Symbol und Formel	Zahlenwert	CGS-Dreiersystem	MKS-Vierersystem	Nichtkohärente Einheiten	Literatur
Gyromagnetisches Verhältnis des Protons	γ_p'	2,675 13	10^4 rad s^{-1} oersted^{-1}			*34*
	$\gamma_p'' \triangleq 10^{-3}\, 4\pi\, \lambda_p'$	3,361 68		10^3 m C^{-1}		*Ed*
						Ed
Magnetische Momente						
Bohrsches Magneton	$\mu_B' = he'/4\pi m_e$	9,272 67	10^{-21} erg oersted^{-1}			
	$\mu_B'' = he''/m_e$	1,165 24		10^{-29} Wb m		*Ed*
Kernmagneton	$\mu_K' = he'/4\pi m_p$	5,050 23	10^{-24} erg oersted^{-1}			*Ed*
	$\mu_K'' = he''/m_p$	6,346 30		10^{-33} Wb m		*Ed*
Elektron	$\mu_e' = \mu_B' \times (\mu_e/\mu_B)$	9,283 43	10^{-21} erg oersted^{-1}			*Ed*
	$\mu_e'' = \mu_B'' \times (\mu_e/\mu_B)$	1,166 59		10^{-29} Wb m		*Ed*
	$\mu_e/\mu_B = 1 + \alpha/2\pi - 0{,}328\,\alpha^2/\pi^2$	1,001 1596				*16*
Proton	$\mu_p' = \gamma_p' h/4\pi$	1,410 31	10^{-23} erg oersted^{-1}			*Ed*
	$\mu_p'' = \gamma_p'' h/4\pi$	1,772 25		10^{-32} Wb m		*Ed*
	μ_p/μ_K	2,792 57				*Ed*
Zeemansche Verschiebung	μ_B'/hc	4,668 79	10^{-5} cm^{-1} oersted^{-1}			*Ed*
	μ_B''/hc	5,866 97		10^{-5} A^{-1}		*Ed*
Massenwerte						
Masseneinheit	ME $= 1/N$	1,659 75	10^{-24} g	10^{-27} kg		*Ed*
Elektronenmasse	$m_e = 4\pi e^2 R_\infty/\alpha^3 c^2$	9,108 20	10^{-28} g	10^{-31} kg		*Ed*
Protonenmasse	$m_p = m_H - m_e$	1,672 35	10^{-24} g	10^{-27} kg		*Ed*
	m_p/m_e	$1{,}836\,09 \times 10^3$				*Ed*
Neutronenmasse	$m_n = M_n/N$	1,674 65	10^{-24} g	10^{-27} kg		*Ed*
Masse eines leichten Wasserstoffatoms	$m_H = M_H/N$	1,673 26	10^{-24} g	10^{-27} kg		*Ed*
Reduzierte Masse des Elektrons im Wasserstoffatom	$\mu = m_e m_p/m_H$	9,103 24	10^{-28} g	10^{-31} kg		*Ed*
Atomgewichte (Physikalische Skala)						
Elektron	$M_e = Nm_e$	$5{,}487\,71 \times 10^{-4}$				*Ed*
Proton	$M_p = Nm_p$	1,007 593				*Ed*
Neutron	M_n	1,008 982				*27*
Leichtes Wasserstoffatom	M_H	1,008 142				*27*
Energetische Umrechnungsfaktoren (vgl. auch S. 187)						
Elektronenvolt	eV $= e''$V	1,602 02	10^{-12} erg	10^{-19} J		*16*
	erg/eV; J/eV	6,242 13	10^{11}	10^{18}		*Ed*
Rydberg	Ry $= hR_H'$	2,178 30	10^{-11} erg	10^{-18} J		*Ed*
		1,359 73			10 eV	*Ed*
Sekunde^{-1}	$E_{s^{-1}} = h/s$	6,624 91	10^{-27} erg	10^{-34} J		*Ed*
		4,135 35			10^{-15} eV	*Ed*
Zentimeter^{-1}	$E_{cm^{-1}} = hc/cm$	1,986 10	10^{-16} erg	10^{-23} J		*Ed*
		1,239 74			10^{-4} eV	*Ed*
Grad Kelvin	$E_{°K} = k/grd$	1,380 40	10^{-16} erg	10^{-23} J		*Ed*
		8,616 65			10^{-5} eV	*Ed*
Gramm	$E_g = c^2 g$	8,987 554	10^{20} erg	10^{13} J		*Ed*
		5,610 15			10^{32} eV	*Ed*
Masseneinheit	$E_{ME} = c^2$ ME	1,491 71	10^{-3} erg	10^{-10} J		*Ed*
		9,311 41			10^8 eV	*Ed*
Elektronenmasse	$E_{m_e} = c^2 m_e$	8,186 04	10^{-7} erg	10^{-14} J		*Ed*
		5,109 83			10^5 eV	*Ed*
Protonenmasse	$E_{m_p} = c^2 m_p$	1,503 03	10^{-3} erg	10^{-10} J		*Ed*
		9,382 12			10^8 eV	*Ed*
Neutronenmasse	$E_{m_n} = c^2 m_n$	1,505 10	10^{-3} erg	10^{-10} J		*Ed*
		9,395 05			10^8 eV	*Ed*

Literatur

1) Stille, U., *Messen und Rechnen in der Physik*, Braunschweig (1955). *2)* Comité international des Poids et Mesures, *P. V. Com. int. Poids Mes.*, **22**, 77 und 94 (1950). *3)* Chang und Chien, *J. Amer. chem. Soc.*, **63**, 1709 (1941). *4)* Stokland et al., *Trans. Faraday Soc.*, **35**, 312 (1939). *5)* Schrader und Wirtz, *Z. Naturf.*, **6a**, 220 (1951). *6)* Comité international des Poids et Mesures, *P. V. Com. int. Poids Mes.*, **22**, 79 (1950). *7)* Landolt-Börnstein, *Physikalisch-Chemische Tabellen*, 5. Aufl., Berlin (1927), S. 160. *8)* Wexler und Sissenwine, *Mon. Weath. Rev.*, **84**, 333 (1956). *9) C. R. 3e Conf. Poids Mes.*, 1901, Paris (1901), S. 68. *10)* Union géodésique et géophysique internationale, *Bull. géod. int.*, Nr. 27, 238 (1930). *11)* Heiskanen, W., *Gerlands Beitr. Geophys.*, **19**, 356 (1928). *12)* Cassinis, G., *Bull. géod. int.*, Nr. 26, 40 (1930). *13)* Cassinis, G., *Bull. géod. int.*, Nr. 32, 313 (1931). *14)* Cassinis et al., *R. Comm. geod. ital.* (neue Serie), Nr. 13 (1937). *15)* Stille, U., *Messen und Rechnen in der Physik*, Braunschweig (1955), S. 318. *16)* DuMond, J. W. M., *Ann. Phys. (N.Y.)*, **7**, 365 (1959). *17)* Hayford, J. F., *Supplementary Investigation in 1909 of the Figure of the Earth and Isostacy*, U.S. Coast and Geodetic Survey, Washington (1910). *18)* Berroth, A., *Z. Geophys.*, **18**, 42 (1943). *19)* Westphal, W. H., *Physikalisches Wörterbuch*, Berlin (1952). *20)* Smithsonian Institution, *Physical Tables*, 9. Aufl., Washington (1954). *21)* Comité international des Poids et Mesures, *P. V. Com. int. Poids Mes.*, **21**, 71 (1948). *22) C. R. 10e Conf. Poids Mes.*, 1954, Paris (1955). *23)* Comité international des Poids et Mesures, *P. V. Com. int. Poids Mes.*, **21**, 69, T 18, T 30 (1948). *24)* Guillaume, C. H., *C. R. 4e Conf. Poids Mes.*, 1907, Paris (1907), S. 50. *25)* Comité international des Poids et Mesures, *P. V. Com. int. Poids Mes.*, **22**, 94 (1950). *26)* The International Union for Co-operation in Solar Research, *Trans. int. Un. sol. Res.*, **2**, 20 (1908). *27)* Cohen und DuMond, in: Flügge, S., *Handbuch der Physik*, Bd. 35, Berlin (1957). *28) C. R. 7e Conf. Poids Mes.*, 1927, Paris (1927). *29)* Vgl. Stille, U., *Messen und Rechnen in der Physik*, Braunschweig (1955), S. 84. *30)* Heyl, P. R., *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.)*, **13**, 601 (1927). *31)* Heyl, P. R., *J. Res. nat. Bur. Stand.*, **5**, 1243 (1930). *32)* Birge, R. T., *Amer. J. Phys.*, **13**, 69 (1945). Über dieses Thema vgl. auch *16*). *33)* Froome, K. D., *Proc. roy. Soc. A*, **247**, 109 (1958). Dieser Wert ($\pm$ 4×10^3 cm s^{-1}) ist von folgenden Körperschaften angenommen worden: *International Scientific Radio Union* und *International Union of Geodesy and Geophysics*. *34)* Driscoll und Bender, *Phys. Rev. Letters*, **1**, 413 (1958). *35)* Barrell, H., *Nature*, **180**, 1387 (1957).

Das periodische System der Elemente[1]

Für jedes Element wird folgendes angegeben: Ordnungszahl (kursiv), Symbol, Atomgewicht[2]

Periode	I. Gruppe a	I. Gruppe b	II. Gruppe a	II. Gruppe b	III. Gruppe a	III. Gruppe b	IV. Gruppe a	IV. Gruppe b	V. Gruppe a	V. Gruppe b	VI. Gruppe a	VI. Gruppe b	VII. Gruppe a	VII. Gruppe b	VIII. Gruppe a	VIII. Gruppe b[3]
1							*0.n* [4] 1,008986		*e* [5] $5{,}485\times10^{-4}$							*2.* He 4,003
2	*3.* Li 6,940		*4.* Be 9,013		*5.* B 10,82		*6.* C 12,011		*7.* N 14,008		*8.* O **16** [6]		*9.* F 19,00			*10.* Ne 20,183
3	*11.* Na 22,991		*12.* Mg 24,32		*13.* Al 26,98		*14.* Si 28,09		*15.* P 30,975		*16.* S [7] 32,066		*17.* Cl 35,457			*18.* Ar 39,944
4 (3 d)	*19.* K 39,100	*29.* Cu 63,54	*20.* Ca 40,08	*30.* Zn 65,38	*21.* Sc 44,96	*31.* Ga 69,72	*22.* Ti 47,90	*32.* Ge 72,60	*23.* V 50,95	*33.* As 74,91	*24.* Cr 52,01	*34.* Se 78,96	*25.* Mn 54,94	*35.* Br 79,916	*26.* Fe; *27.* Co; *28.* Ni 55,85 58,94 58,71	*36.* Kr 83,80
5 (4 d)	*37.* Rb 85,48	*47.* Ag 107,880	*38.* Sr 87,63	*48.* Cd 112,41	*39.* Y 88,92	*49.* In 114,82	*40.* Zr 91,22	*50.* Sn 118,70	*41.* Nb 92,91	*51.* Sb 121,76	*42.* Mo 95,95	*52.* Te 127,61	*43.* Tc (99)	*53.* I 126,91	*44.* Ru; *45.* Rh; *46.* Pd 101,1 102,91 106,4	*54.* Xe 131,30
6 (5 d) (4 f)	*55.* Cs 132,91	*79.* Au 197,0	*56.* Ba 137,36	*80.* Hg 200,61	*57.* La 138,92 4f	*81.* Tl 204,39	*72.* Hf 178,50	*82.* Pb 207,21	*73.* Ta 180,95	*83.* Bi 209,00	*74.* W 183,86	*84.* Po (210) [8]	*75.* Re 186,22	*85.* At (210)	*76.* Os; *77.* Ir; *78.* Pt 190,2 192,2 195,09	*86.* Rn (222)
7 (6 d) (5 f)	*87.* Fr (223)		*88.* Ra 226,05		*89.* Ac (227) [8] 5f											

Lanthaniden (seltene Erden)

4f	*58.* Ce 140,13	*59.* Pr 140,92	*60.* Nd 144,27	*61.* Pm (145)	*62.* Sm 150,35	*63.* Eu 152,0	*64.* Gd 157,26	*65.* Tb 158,93	*66.* Dy 162,51	*67.* Ho 164,94	*68.* Er 167,27	*69.* Tm 168,94	*70.* Yb 173,04	*71.* Lu 174,99

Actiniden

5f	*90.* Th 232,05	*91.* Pa (231)	*92.* U 238,07	*93.* Np (237)	*94.* Pu (242)	*95.* Am (243)	*96.* Cm (247)	*97.* Bk (249)	*98.* Cf (251)	*99.* Es (254?)	*100.* Fm (253)	*101.* Md (256)	*102.* No (253?)	

1) Modifiziert nach LANDOLT-BÖRNSTEIN, *Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik*, Bd. 1: *Atom- und Molekulargewicht*, 1. Teil: *Atome und Ionen*, 6. Aufl., Berlin (1950), S. 11.

2) Internationale Atomgewichte 1957 (Union internationale de Chimie pure et appliquée, *Comptes rendus de la 19e Conférence*, Paris [1957], S. 139). Wo letztere keine Angabe für ein Element gibt, wurde der Wert aus HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958), entnommen. Werte in Klammern geben die Massenzahl des stabilsten bekannten Isotops an.

3) Auch Zero-Gruppe genannt.

4) Neutron.

5) Elektron.

6) Ein definierter Wert, daher eine genaue Zahl.

7) Auf Grund der natürlichen Variation des Isotopenmengenverhältnisses für Schwefel weist das Atomgewicht dieses Elementes einen Schwankungsbereich von $\pm$ 0,003 auf.

8) Berechnet aus der Isotopenzusammenstellung, nicht analytisch bestimmt.

Name	Symbol	Ordnungszahl	Atomgewicht[1]
Actinium	Ac	89	(227)
Aluminium	Al	13	26,98
Americium	Am	95	(243)
Antimon	Sb	51	121,76
Argon	Ar	18	39,944
Arsen	As	33	74,91
Astatin	At	85	(210)
Barium	Ba	56	137,36
Berkelium	Bk	97	(249)
Beryllium	Be	4	9,013
Blei	Pb	82	207,21
Bor	B	5	10,82
Brom	Br	35	79,916
Cadmium	Cd	48	112,41
Caesium	Cs	55	132,91
Calcium	Ca	20	40,08
Californium	Cf	98	(251)
Cassiopeium	Cp	Siehe Lutetium	
Cer	Ce	58	140,13
Chlor	Cl	17	35,457
Chrom	Cr	24	52,01
Cobalt	Co	27	58,94
Columbium	Cb	Siehe Niob	
Curium	Cm	96	(247)
Dysprosium	Dy	66	162,51
Einsteinium	Es	99	(254?)
Eisen	Fe	26	55,85
Emanation	Em	Siehe Radon	
Erbium	Er	68	167,27
Europium	Eu	63	152,0
Fermium	Fm	100	(253)
Fluor	F	9	19,00
Francium	Fr	87	(223)
Gadolinium	Gd	64	157,26
Gallium	Ga	31	69,72
Germanium	Ge	32	72,60
Glucinium	Gl	Siehe Beryllium	
Gold	Au	79	197,0
Hafnium	Hf	72	178,50
Helium	He	2	4,003
Holmium	Ho	67	164,94
Illinium	Il	S. Promethium	
Indium	In	49	114,82
Iridium	Ir	77	192,2
Jod	I	53	126,91
Kalium	K	19	39,100
Kohlenstoff	C	6	12,011
Krypton	Kr	36	83,80
Kupfer	Cu	29	63,54
Lanthan	La	57	138,92
Lithium	Li	3	6,940
Lutetium	Lu	71	174,99
Magnesium	Mg	12	24,32
Mangan	Mn	25	54,94
Mendelevium	Md	101	(256)
Molybdän	Mo	42	95,95
Natrium	Na	11	22,991
Neodym	Nd	60	144,27
Neon	Ne	10	20,183
Neptunium	Np	93	(237)
Nickel	Ni	28	58,71
Niob	Nb	41	92,91
Niton	Nt	Siehe Radon	
Nobelium	No	102	(253?)
Osmium	Os	76	190,2
Palladium	Pd	46	106,4
Phosphor	P	15	30,975
Platin	Pt	78	195,09
Plutonium	Pu	94	(242)
Polonium	Po	84	(210)
Praseodym	Pr	59	140,92
Promethium	Pm	61	(145)
Protactinium	Pa	91	(231)
Quecksilber	Hg	80	200,61
Radium	Ra	88	226,05
Radon (Radium-Emanation)	Rn	86	(222)
Rhenium	Re	75	186,22
Rhodium	Rh	45	102,91
Rubidium	Rb	37	85,48
Ruthenium	Ru	44	101,1
Samarium	Sm	62	150,35
Sauerstoff	O	8	**16**[2]
Scandium	Sc	21	44,96
Schwefel	S	16	32,066[3]
Selen	Se	34	78,96
Silber	Ag	47	107,880
Silicium	Si	14	28,09
Stickstoff	N	7	14,008
Strontium	Sr	38	87,63
Tantal	Ta	73	180,95
Technetium	Tc	43	(99)
Tellur	Te	52	127,61
Terbium	Tb	65	158,93
Thallium	Tl	81	204,39
Thorium	Th	90	232,05
Thulium	Tm	69	168,94
Titan	Ti	22	47,90
Uran	U	92	238,07
Vanadium	V	23	50,95
Wasserstoff	H	1	1,0080
Wismut	Bi	83	209,00
Wolfram	W	74	183,86
Xenon	Xe	54	131,30
Ytterbium	Yb	70	173,04
Yttrium	Y	39	88,92
Zink	Zn	30	65,38
Zinn	Sn	50	118,70
Zirkon	Zr	40	91,22

1) Siehe Fußnote *2* auf S. 209. *2*) Siehe Fußnote *6* auf S. 209. *3*) Siehe Fußnote *7* auf S. 209.

Symbol	Name	Ordnungszahl	Atomgewicht[1]
Ac	Actinium	89	(227)
Ag	Silber	47	107,880
Al	Aluminium	13	26,98
Am	Americium	95	(243)
Ar	Argon	18	39,944
As	Arsen	33	74,91
At	Astatin	85	(210)
Au	Gold	79	197,0
B	Bor	5	10,82
Ba	Barium	56	137,36
Be	Beryllium	4	9,013
Bi	Wismut	83	209,00
Bk	Berkelium	97	(249)
Br	Brom	35	79,916
C	Kohlenstoff	6	12,011
Ca	Calcium	20	40,08
Cb	Columbium	Siehe Nb	
Cd	Cadmium	48	112,41
Ce	Cer	58	140,13
Cf	Californium	98	(251)
Cl	Chlor	17	35,457
Cm	Curium	96	(247)
Co	Cobalt	27	58,94
Cp	Cassiopeium	Siehe Lu	
Cr	Chrom	24	52,01
Cs	Caesium	55	132,91
Cu	Kupfer	29	63,54
Dy	Dysprosium	66	162,51
Em	Emanation	Siehe Rn	
Er	Erbium	68	167,27
Es	Einsteinium	99	(254?)
Eu	Europium	63	152,0
F	Fluor	9	19,00
Fe	Eisen	26	55,85
Fm	Fermium	100	(253)
Fr	Francium	87	(223)
Ga	Gallium	31	69,72
Gd	Gadolinium	64	157,26
Ge	Germanium	32	72,60
Gl	Glucinium	Siehe Be	
H	Wasserstoff	1	1,0080
He	Helium	2	4,003
Hf	Hafnium	72	178,50
Hg	Quecksilber	80	200,61
Ho	Holmium	67	164,94
I	Jod	53	126,91
Il	Illinium	Siehe Pm	
In	Indium	49	114,82
Ir	Iridium	77	192,2
K	Kalium	19	39,100
Kr	Krypton	36	83,80
La	Lanthan	57	138,92
Li	Lithium	3	6,940
Lu	Lutetium	71	174,99
Md	Mendelevium	101	(256)
Mg	Magnesium	12	24,32
Mn	Mangan	25	54,94
Mo	Molybdän	42	95,95
N	Stickstoff	7	14,008
Na	Natrium	11	22,991
Nb	Niob	41	92,91
Nd	Neodym	60	144,27
Ne	Neon	10	20,183
Ni	Nickel	28	58,71
No	Nobelium	102	(253?)
Np	Neptunium	93	(237)
Nt	Niton	Siehe Rn	
O	Sauerstoff	8	**16** (2)
Os	Osmium	76	190,2
P	Phosphor	15	30,975
Pa	Protactinium	91	231
Pb	Blei	82	207,21
Pd	Palladium	46	106,4
Pm	Promethium	61	(145)
Po	Polonium	84	(210)
Pr	Praseodym	59	140,92
Pt	Platin	78	195,09
Pu	Plutonium	94	(242)
Ra	Radium	88	226,05
Rb	Rubidium	37	85,48
Re	Rhenium	75	186,22
Rh	Rhodium	45	102,91
Rn	Radon	86	(222)
Ru	Ruthenium	44	101,1
S	Schwefel	16	32,066 (3)
Sb	Antimon	51	121,76
Sc	Scandium	21	44,96
Se	Selen	34	78,96
Si	Silicium	14	28,09
Sm	Samarium	62	150,35
Sn	Zinn	50	118,70
Sr	Strontium	38	87,63
Ta	Tantal	73	180,95
Tb	Terbium	65	158,93
Tc	Technetium	43	(99)
Te	Tellur	52	127,61
Th	Thorium	90	232,05
Ti	Titan	22	47,90
Tl	Thallium	81	204,39
Tm	Thulium	69	168,94
U	Uran	92	238,07
V	Vanadium	23	50,95
W	Wolfram	74	183,86
Xe	Xenon	54	131,30
Y	Yttrium	39	88,92
Yb	Ytterbium	70	173,04
Zn	Zink	30	65,38
Zr	Zirkon	40	91,22

1) Siehe Fußnote *2* auf S. 209. 2) Siehe Fußnote *6* auf S. 209. 3) Siehe Fußnote *7* auf S. 209.

Ordnungszahl N	Symbol	Element deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 [und Mol.-Gew.] (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0 °C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	Relative Verbreitung: in der Atmosphäre (Troposphäre)	Relative Verbreitung: im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	Relative Verbreitung: im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[5] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
1	H	**Wasserstoff**(7) Hydrogène Hydrogen	1,0080 [2,016]	1	—259,20	—252,77 (7)	Gas 0,08987 flüssig 0,0709/—252,7° fest 0,0808/—262°	0,88	$5{,}0\times10^{-5}$ Vol.% 0,0007%	$4{,}00\times10^{10}$	10,0	^{1}H (H) ^{2}H (D) ^{3}H (T)	99,985 0,015 siehe (8)	1,008145 2,014740 $3{,}01700_5$	β^- kein γ	0,0180	12,26 a
2	He	**Helium** Hélium Helium	4,003	0	—269,7	—268,944	Gas 0,1785 flüssig 0,147/—270,8° 0,126/—268,9°	$4{,}2\times10^{-7}$	$5{,}24\times10^{-4}$ Vol.% 0,000065%	$3{,}08\times10^{9}$		^{3}He ^{4}He	$\sim1{,}3\times10^{-4}$ (in der Atmosphäre) ~ 100	$3{,}01698_6$ $4{,}00387_4$			
3	Li	**Lithium** Lithium Lithium	6,940	1	180	1326	fest 0,534 flüssig 0,507/200°	0,005		100	Spur	^{6}Li ^{7}Li	7,5 92,5	$6{,}01703_4$ $7{,}01823_2$			
4	Be	**Beryllium** Glucinium Beryllium	9,013	2	1283	2970	fest 1,85	5×10^{-4}		20	Spur	^{9}Be	100	$9{,}01504_6$			
5	B	**Bor** Bore Boron	10,82	3	2040	$\sim$ 2550	krist. 2,54 amorph 2,45	0,0014		24	Spur	^{10}B ^{11}B	18,7 81,3	$10{,}01611_9$ $11{,}01279_5$			
6	C	**Kohlenstoff** Carbone Carbon	12,011	2, 4	3550 (subl. > 3500)	4200	amorph 1,8—2,1 Graphit 2,25 Diamant 3,51	0,087	CO_2 0,03 Vol.% 0,05%	$3{,}5\times10^{6}$	18,0	^{12}C ^{13}C	98,89 1,11	$12{,}00380_3$ $13{,}00747_8$			
7	N	**Stickstoff** Azote Nitrogen	14,008 [28,016]	3, 5	—210,01/ 94 Torr	—195,82	Gas 1,25060 flüssig 0,808/—195,8° fest 1,026/—252,5°	0,030	78,09 Vol.% 75,50%	$6{,}6\times10^{6}$	3,0	^{14}N ^{15}N	99,635 0,365	$14{,}00752_0$ $15{,}00486_2$			
8	O	**Sauerstoff** Oxygène Oxygen	**16** [32]	2	—218,76	—182,970 (10)	Gas 1,4290 flüssig 1,14/—183° fest 1,426/—252,5°	49,4	20,95 Vol.% 23,15%	$2{,}15\times10^{7}$	65,0	^{16}O ^{17}O ^{18}O	99,75$_9$ 0,037 0,204	**16** $17{,}00453_4$ $18{,}00485_5$			
9	F	**Fluor** Fluor Fluorine	19,00 [38,00]	1	—217,96	—187,92	Gas 1,695 flüssig 1,108/—187° fest 1,3/—223°	0,027		1600	$\sim$0,009	^{19}F	100	$19{,}00444_8$			
10	Ne	**Neon** Néon Neon	20,183	0	—248,59/ 324 Torr	—245,9	Gas 0,9002 flüssig 1,204/—245,9° fest (1,0)	5×10^{-7}	0,0018 Vol.% 0,0014%	$8{,}6\times10^{6}$		^{20}Ne ^{21}Ne ^{22}Ne	90,9$_2$ 0,257 8,8$_2$	$19{,}99876_9$ $21{,}00049_9$ $21{,}99835_4$			

11	Na	**Natrium** Sodium Sodium	22,991	1	98	889	flüssig 0,928/100° fest 0,97	2,64		$4{,}38\times10^4$	0,109	^{23}Na	100	$22{,}99705_3$				
12	Mg	**Magnesium** Magnésium Magnesium	24,32	2	650	1107	flüssig 1,72/651° fest 1,74	1,94		$9{,}12\times10^5$	0,036	^{24}Mg ^{25}Mg ^{26}Mg	$78{,}6_0$ $10{,}1_1$ $11{,}2_9$	$23{,}99264_0$ $24{,}99375_2$ 25,99080				
13	Al	**Aluminium** Aluminium Aluminum oder Aluminium	26,98	3	660,1 (11) (Erstarrungs- punkt)	2450	flüssig 2,380/660° fest 2,702	7,51		$9{,}48\times10^4$	~0,001	^{27}Al	100	$26{,}99008_1$				
14	Si	**Silicium** Silicium Silicon	28,09	4	1410	(2600)	Adamantin 2,42 amorph 2,0 graphitoid ca. 2,4	25,75		10^6	~0,002	^{28}Si ^{29}Si ^{30}Si	92,18 4,71 3,12	$27{,}98577_5$ 28,98566 $29{,}98325_2$				
15	P	**Phosphor** Phosphore Phosphorus	30,975	3, 5	gelb 44,2 verbr. bei 34° rot 590/43 at violett 593	280	gelb: fest 1,82 rot: flüssig 1,745/44,5° rot: fest 2,20 violett: fest 2,36 schwarz 2,7	0,12		1×10^4	1,16	^{31}P	100	30,98356				
16	S	**Schwefel** Soufre Sulfur oder Sulphur	32,066 (9)	2, 4 6	rhomb. 112,8 monocl. 119,0	444,600 (11)	flüssig 1,808/115° rhomb.: fest 2,07 monocl.: fest 1,957	0,048		$3{,}75\times10^5$	0,196	^{32}S ^{33}S ^{34}S ^{36}S	95,018 0,750 4,215 0,017	31,98220 32,98189 $33{,}9786_4$ $35{,}9784_4$				
17	Cl [Cl_2]	**Chlor** Chlore Chlorine	35,457 [70,914]	1, 3, 5, 7	—101,00	—34,06	Gas 3,214 flüssig 1,557/—33,6° fest (1,9)	0,19		8850	0,156	^{35}Cl ^{37}Cl	75,53 24,47	34,97990 36,97754				
18	Ar	**Argon** Argon Argon	39,944	0	—189,2	—185,87	Gas 1,7824 flüssig 1,402/—185,7° fest 1,65/—223°	$3{,}6\times10^{-4}$	0,93 Vol.% 1,292%	$1{,}5\times10^5$		^{36}Ar ^{38}Ar ^{40}Ar	0,34 0,06 99,60	35,97892 $37{,}9747_9$ $39{,}9750_5$				
19	K	**Kalium** Potassium Potassium	39,100	1	63,4	757	flüssig 0,819/100° fest 0,86	2,40		3160	0,2	^{39}K ^{40}K ^{41}K	93,08 0,0119 6,91	$38{,}9760_4$ $39{,}9766_5$ $40{,}9747_6$	β⁻ γ K	1,35 1,46		$1{,}3\times10^9$ a
20	Ca	**Calcium** Calcium Calcium	40,08	2	850	1200 ± 30	fest 1,55	3,39		$4{,}90\times10^4$	2,01	^{40}Ca ^{42}Ca ^{43}Ca ^{44}Ca ^{46}Ca ^{48}Ca	96,96 0,64 $0{,}14_5$ 2,07 0,0033 $0{,}18_5$	$39{,}9752_3$ $41{,}9718_9$ $42{,}9723_5$ $43{,}9693_4$ 47,9677				$>2\times10^{16}$ a
21	Sc	**Scandium** Scandium Scandium	44,96	3	1400	3900	fest 3,02/10°	6×10^{-4}		28		^{45}Sc	100	$44{,}9700_7$				

Fußnoten siehe S. 224.

Ordnungszahl Z	Symbol	Element deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0° C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	in der Atmosphäre (Troposphäre)	im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[6] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
22	Ti	**Titan** Titane Titanium	47,90	2, 3, 4	1812	(> 3000)	fest 4,50	0,58		2440		^{46}Ti ^{47}Ti ^{48}Ti ^{49}Ti ^{50}Ti	7,99 7,32 73,9$_9$ 5,46 5,25	45,9669$_5$ 46,9665$_0$ 47,9631$_2$ 48,9633$_9$ 49,9605$_8$			
23	V	**Vanadium** Vanadium Vanadium	50,95	2, 3, 4, 5	1730	(3000)	fest 5,96	0,016		220		^{50}V ^{51}V	0,24 99,76	49,9631$_2$ 50,9600$_4$			> 10^{14} a
24	Cr	**Chrom** Chrome Chromium	52,01	2, 3, 6	1903 ± 10	(2200)	fest 7,1	0,033		7800		^{50}Cr ^{52}Cr ^{53}Cr ^{54}Cr	4,31 83,7$_6$ 9,5$_5$ 2,38	49,9616$_4$ 51,9569$_9$ 52,9574$_6$ 53,9560$_2$			
25	Mn	**Mangan** Manganèse Manganese	54,94	2, 3, 4, 6, 7	1244	2087	fest 7,20	0,085		6850	~0,001	^{55}Mn	100	54,9554$_0$			
26	Fe	**Eisen** Fer Iron (Ferrum)	55,85	2, 3, 6	1535	2800	flüssig 6,9/1530° fest 7,86	4,7		$6{,}00 \times 10^5$	0,010	^{54}Fe ^{56}Fe ^{57}Fe ^{58}Fe	5,8$_4$ 91,6$_8$ 2,17 0,31	53,9566$_4$ 55,9526$_4$ 56,9534$_2$ 57,9514$_7$			
27	Co	**Kobalt** Cobalt Cobalt	58,94	2, 3	1492 (11) (Erstarrungspunkt)	3100	fest 8,9	0,0018		1800	~0,001	^{59}Co	100	58,9519			
28	Ni	**Nickel** Nickel Nickel	58,71	2, 3	1453 (11) (Erstarrungspunkt)	2800	fest 8,90	0,018		$2{,}74 \times 10^4$	~0,001	^{58}Ni ^{60}Ni ^{61}Ni ^{62}Ni ^{64}Ni	67,8 26,2 1,25 3,66 1,1$_6$	57,9538 59,9499 60,9497 61,9476 63,9481			
29	Cu	**Kupfer** Cuivre Copper (Cuprum)	63,54	1, 2	1083 (11) (Erstarrungspunkt)	2582	flüssig 8,3/1083° fest 8,92	0,010		212	~0,002	^{63}Cu ^{65}Cu	69,1 30,9	62,9494 64,9484			
30	Zn	**Zink** Zinc Zinc	65,38	2	419,5 (11) (Erstarrungspunkt)	907	flüssig 6,92/419,5° fest 7,133	0,02		486	~0,002	^{64}Zn ^{66}Zn ^{67}Zn ^{68}Zn ^{70}Zn	48,8$_9$ 27,8$_1$ 4,1$_1$ 18,5$_6$ 0,62	63,9493 65,9469 66,9485 67,9465 69,9474			

31	Ga	**Gallium** Gallium Gallium	69,72	2, 3	29,78	(1983)	flüssig 6,095/29,8° fest 5,91	5×10^{-4}		11,4		^{69}Ga ^{71}Ga	60,2 39,8	68,9476 70,9474			
32	Ge	**Germanium** Germanium Germanium	72,60	2, 4	937,6 ± 0,5	(2700)	fest 5,36	1×10^{-4}		50,5		^{70}Ge ^{72}Ge ^{73}Ge ^{74}Ge ^{76}Ge	$20,5_5$ $27,3_7$ $7,6_7$ $36,7_4$ $7,6_7$	69,9464 71,9446 $72,9464_5$ $73,9445_9$ $75,9453_3$			
33	As	**Arsen** Arsenic Arsenic	74,91	3, 5	krist. 817/35,8 at (subl. 615)		krist. 5,727/14° amorph 4,7 gelb: fest 2,0	$5,5\times10^{-4}$		4,0		^{75}As	100	$74,9454_0$			
34	Se	**Selen** Sélénium Selenium	78,96	2, 4, 6	grau 217,4/ 0,0043 Torr rot 144	736	grau 4,80/25° rot 4,50/25°	8×10^{-5}		67,6		^{74}Se ^{76}Se ^{77}Se ^{78}Se ^{80}Se ^{82}Se	0,87 $9,0_2$ $7,5_8$ $23,5_2$ $49,8_2$ $9,1_9$	$73,9458_9$ $75,9433_4$ $76,9443_6$ $77,9420_9$ 79,9420 $81,9426_1$			
35	Br	**Brom** Brome Bromine	79,916	1, 3, 5, 7	—7,3	58,78	Gas 7,59 flüssig 3,119 fest (3,14)	6×10^{-4}		13,4	~0,002	^{79}Br ^{81}Br	50,54 49,46	78,94341 80,9421			
36	Kr	**Krypton** Krypton Krypton	83,80	0	—157,21/ 549 Torr	—153,23	Gas 3,708 flüssig 2,6/—146° fest (2)	$1,9\times10^{-8}$	0,0001 Vol.% 0,0003%	51,3		^{78}Kr ^{80}Kr ^{82}Kr ^{83}Kr ^{84}Kr ^{86}Kr	$0,35_4$ $2,2_7$ $11,5_6$ $11,5_5$ $57,9_0$ $17,3_7$	$77,9448_9$ 79,9419 81,9394 82,9403 83,9381 85,9382			
37	Rb	**Rubidium** Rubidium Rubidium	85,48	1	38,8	679	flüssig 1,475/39,0° fest 1,53	0,0034		6,5		^{85}Rb ^{87}Rb	$72,1_5$ $27,8_5$	84,9389 $86,9368_7$	β⁻ kein γ	$0,27_5$	5×10^{10} a
38	Sr	**Strontium** Strontium Strontium	87,63	2	770	1384	fest 2,6	0,017		18,9		^{84}Sr ^{86}Sr ^{87}Sr ^{88}Sr	$0,5_5$ 9,87 $7,0_2$ $82,5_6$	83,9399 85,9366 $86,9365_8$ 87,9338			
39	Y	**Yttrium** Yttrium Yttrium	88,92	3	(1500)	(4100)	fest (5,51)	0,005		8,9		^{89}Y	100	88,9341			
40	Zr	**Zirkon** Zirconium Zirconium	91,22	2, 4	1852 ± 10	(> 2900)	fest 6,4	0,023		54,5		^{90}Zr ^{91}Zr ^{92}Zr ^{94}Zr ^{96}Zr	$51,4_6$ $11,2_3$ $17,1_1$ $17,4_0$ 2,80	$89,9328$ 90,9341 91,9338 93,9358 $95,938_5$			$>2\times10^{16}$ a

Fußnoten siehe S. 224.

Ordnungszahl Z	Symbol	Element deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0°C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	in der Atmosphäre (Troposphäre)	im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[5] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
41	Nb (Cb)	**Niob** (Columbium) Niobium Niobium	92,91	3, 5	2487 (verbrennt bei 1950°)	(> 3300)	fest 8,55	4×10^{-5}		1,00		^{93}Nb	100	92,9353			
42	Mo	**Molybdän** Molybdène Molybdenum	95,95	2, 3, 4, 5, 6	2610	(3700)	fest 10,2	$7{,}2\times10^{-4}$		2,42	Spur	^{92}Mo ^{94}Mo ^{95}Mo ^{96}Mo ^{97}Mo ^{98}Mo ^{100}Mo	$15{,}8_6$ $9{,}1_2$ $15{,}7_0$ $16{,}5_0$ $9{,}4_5$ $23{,}7_5$ $9{,}6_2$	91,9352 93,9343 94,9357 95,9349 96,936$_5$ 97,936$_6$ 99,938$_3$			
43	Tc	**Technetium** Technétium Technetium	99 (12)	6, 7	2140		fest 11,50	0				$^{92-102}$Tc ^{104,105}Tc ^{107}Tc	Künstliches Element: alle Isotopen kurzlebig, ausgenommen ^{97}Tc, ^{98}Tc, ^{99}Tc (Halbwertzeiten: ca. 10^4 a, ca. 10^5 a, $2{,}1\times10^5$ a)				
44	Ru	**Ruthenium** Ruthénium Ruthenium	101,1	3, 4, 6, 8	2500	4110	fest 12,2	5×10^{-6}		1,49		^{96}Ru ^{98}Ru ^{99}Ru ^{100}Ru ^{101}Ru ^{102}Ru ^{104}Ru	5,5 1,9 12,7 12,7 17,0 31,5 18,7	95,937$_9$ 97,937$_1$ 98,938$_2$ 101,936$_4$ 103,937$_8$			
45	Rh	**Rhodium** Rhodium Rhodium	102,91	1, 2, 3, 4	1960 (11) (Erstarrungspunkt)	3960	fest 12,5	1×10^{-6}		0,214		^{103}Rh	100	102,937$_9$			
46	Pd	**Palladium** Palladium Palladium	106,4	2, 4	1552 (11) (Erstarrungspunkt)	3560	flüssig 11/1550° fest 11,97	5×10^{-6}		0,675		^{102}Pd ^{104}Pd ^{105}Pd ^{106}Pd ^{108}Pd ^{110}Pd	0,96 $10{,}9_7$ $22{,}2_3$ $27{,}3_3$ $26{,}7_1$ $11{,}8_1$	101,937$_5$ 103,936$_9$ 104,938$_1$ 105,936$_4$ 107,9378 109,939$_6$			
47	Ag	**Silber** Argent Silver (Argentum)	107,880	1	960,8 (10) (Erstarrungspunkt)	2193	flüssig 9,3/960,5° fest 10,5	4×10^{-6}		0,26		^{107}Ag ^{109}Ag	$51{,}3_5$ $48{,}6_5$	106,9389 108,9393			
48	Cd	**Cadmium** Cadmium Cadmium	112,41	2	320,9 (11) (Erstarrungspunkt)	767	flüssig 8,01/330° fest 8,65	$1{,}1\times10^{-5}$		0,89		^{106}Cd ^{108}Cd ^{110}Cd ^{111}Cd ^{112}Cd ^{113}Cd ^{114}Cd ^{116}Cd	1,21 0,88 $12{,}3_9$ $12{,}7_5$ $24{,}0_7$ $12{,}2_6$ $28{,}8_6$ $7{,}5_8$	105,939$_5$ 107,9382 109,9383 110,939$_4$ 111,938$_2$ 112,940$_3$ 113,939$_6$ 115,941$_8$			

49	In	**Indium** Indium Indium	114,82	1, 3	156,4	(2087)	flüssig 7,026/164° fest 7,30	1×10^{-5}		0,11		^{113}In ^{115}In	4,23 95,77	$112{,}940_1$ $114{,}940_5$	β^-	(0,50)	6×10^{14} a
50	Sn	**Zinn** Etain Tin (Stannum)	118,70	2, 4	231,9 [11] (Erstarrungs-punkt)	2337	flüssig 6,98/232° kub. (α): fest 5,750 tetr.(β^-): fest 7,31 rho.(γ^-): fest 6,52–6,56	6×10^{-4}		1,33	Spur	^{112}Sn ^{114}Sn ^{115}Sn ^{116}Sn ^{117}Sn ^{118}Sn ^{119}Sn ^{120}Sn ^{122}Sn ^{124}Sn	0,95 0,65 0,34 14,24 7,57 $24{,}0_1$ 8,58 $32{,}9_7$ 4,71 5,98	$111{,}940_3$ $113{,}939_5$ $114{,}940_0$ $115{,}939_0$ $116{,}940_2$ $117{,}939_3$ $118{,}941_0$ 119,9401 $121{,}942_1$ 123,9445			
51	Sb	**Antimon** Antimoine Antimony (Stibium)	121,76	3, 5	630,5 [11] (Erstarrungs-punkt)	1440	flüssig 6,55/631° fest 6,691	$2{,}3\times10^{-5}$		0,246		^{121}Sb ^{123}Sb	$57{,}2_5$ $42{,}7_5$	$120{,}942_0$ $122{,}943_1$			
52	Te	**Tellur** Tellure Tellurium	127,61	2, 4, 6	450/0,18 Torr	1087	rhomb. 6,24 amorph 6,00	1×10^{-6}		4,67		^{120}Te ^{122}Te ^{123}Te ^{124}Te ^{125}Te ^{126}Te ^{128}Te ^{130}Te	0,089 2,46 0,87 4,61 6,99 $18{,}7_1$ $31{,}7_9$ $32{,}4_9$	$119{,}942_5$ $121{,}941_6$ $122{,}943_3$ $123{,}942_1$ $124{,}944_1$ $125{,}943_6$ $127{,}946_1$ $129{,}947_8$			$>10^{13}$ a $>10^{21}$ a
53	I	**Jod** Iode Iodine	126,91	1, 3, 5, 7	113,6	184,35	Gas 11,27 flüssig 4,00/107° fest 4,93	6×10^{-6}		0,80	0,016	^{127}I	100	$126{,}944_8$			
54	Xe	**Xenon** Xénon Xenon	131,30	0	—111,9/ 611 Torr	—108,1	Gas 5,851 flüssig 3,06/—109° fest 2,7/—140°	$2{,}4\times10^{-9}$	8×10^{-6} Vol.% 4×10^{-5} %	4,0		^{124}Xe ^{126}Xe ^{128}Xe ^{129}Xe ^{130}Xe ^{131}Xe ^{132}Xe ^{134}Xe ^{136}Xe	0,096 0,090 $1{,}91_9$ $26{,}4_4$ 4,08 $21{,}1_8$ $26{,}8_9$ 10,44 8,87	$123{,}945_4$ $125{,}944_5$ $127{,}944_5$ $128{,}945_6$ $129{,}944_6$ $130{,}946_6$ $131{,}946_0$ $133{,}947_6$ $135{,}950_0$			
55	Cs	**Caesium** Césium Cesium oder Caesium	132,91	1	28,7	690	flüssig 1,84/28° fest 1,90	7×10^{-5}		0,456		^{133}Cs	100	$132{,}947_2$			
56	Ba	**Barium** Baryum Barium	137,36	2	704	1638	fest 3,5	0,047		3,66		^{130}Ba ^{132}Ba ^{134}Ba ^{135}Ba ^{136}Ba ^{137}Ba ^{138}Ba	0,101 0,097 2,42 6,59 7,81 $11{,}3_2$ $71{,}6_6$	$129{,}947_4$ $133{,}946_8$ $136{,}949_6$ $137{,}948_7$			

Fußnoten siehe S. 224.

Ordnungszahl Z	Symbol	**Element** deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0 °C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	in der Atmosphäre (Troposphäre)	im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[5] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
57	La	**Lanthan** Lanthane Lanthanum	138,92	3	880	(1800)	fest 6,15	5×10^{-4}		2,00		^{138}La	0,089	137,950$_1$	β⁻ γ K	1,0 1,43/0,80	$1{,}1\times10^{11}$ a
												^{139}La	99,911	138,949$_5$			
58	Ce	**Cer** Cérium Cerium	140,13	3, 4	775	(1400)	kubisch 6,90 hexagonal 6,7	0,0022		2,26		^{136}Ce ^{138}Ce ^{140}Ce ^{142}Ce	0,19$_3$ 0,25$_0$ 88,4$_8$ 11,0$_7$	 137,949$_0$ 139,948$_9$ 141,953$_0$			
59	Pr	**Praseodym** Praséodyme Praseodymium	140,92	3, 4, 5	932		fest 6,5	$3{,}5\times10^{-4}$		0,40		^{141}Pr	100	140,951$_1$			
60	Nd	**Neodym** Néodyme Neodymium	144,27	3	1024		fest 6,9	0,0012		1,44		^{142}Nd ^{143}Nd ^{144}Nd ^{145}Nd ^{146}Nd ^{148}Nd ^{150}Nd	27,0$_9$ 12,14 23,8$_3$ 8,29 17,26 5,74 5,63	141,951$_5$ 142,954$_1$ 143,954$_9$ 145,958$_7$ 147,964$_0$ 149,967$_9$	 α 	 1,9 	 $\sim2\times10^{15}$ a $>10^{16}$ a
61	Pm	**Promethium** Prométhium Promethium	145 ([12])	3								^{141}Pm $^{143\text{-}151}$Pm	alle radioaktiv; natürliches Vorkommen noch nicht bestätigt				
62	Sm	**Samarium** Samarium Samarium	150,35	2, 3	1052		fest (6,93)	5×10^{-4}		0,664		^{144}Sm ^{147}Sm ^{148}Sm ^{149}Sm ^{150}Sm ^{152}Sm ^{154}Sm	3,1$_6$ 15,0$_7$ 11,2$_7$ 13,8$_4$ 7,4$_7$ 26,6$_3$ 22,5$_3$	143,956$_0$ 146,960$_3$ 147,961$_3$ 148,963$_5$ 149,963$_4$ 151,967$_3$ 153,970$_5$	 α 	 2,18 	 $1{,}3\times10^{11}$ a
63	Eu	**Europium** Europium Europium	152,0	2, 3	(1150 ± 50)		fest (5,22)	$1{,}4\times10^{-4}$		0,187		^{151}Eu ^{153}Eu	47,7$_7$ 52,23	 	 	 	
64	Gd	**Gadolinium** Gadolinium Gadolinium	157,26	3	(1350)		fest (7,94)	5×10^{-4}		0,684		^{152}Gd ^{154}Gd ^{155}Gd ^{156}Gd ^{157}Gd ^{158}Gd ^{160}Gd	0,20 2,15 14,7$_3$ 20,4$_7$ 15,6$_8$ 24,8$_7$ 21,9$_0$	 153,969$_7$ 154,970$_9$ 155,971$_5$ 156,971$_2$ 157,973$_4$ 159,977$_8$	 	 	

65	Tb	**Terbium** Terbium Terbium	158,93	3	(1450 ± 50)		fest	(8,33)	7×10^{-5}	0,0956	^{159}Tb	100					
66	Dy	**Dysprosium** Dysprosium Dysprosium	162,51	3	(1500)		fest	(8,56)	5×10^{-4}	0,556	^{156}Dy ^{158}Dy ^{160}Dy ^{161}Dy ^{162}Dy ^{163}Dy ^{164}Dy	0,052 0,090 2,29 $18,8_8$ $25,5_3$ $24,9_7$ $28,1_8$	159,976 161,977 163,980				
67	Ho	**Holmium** Holmium Holmium	164,94	3	(1500)		fest	(8,76)	7×10^{-5}	0,118	^{165}Ho	100	164,981				
68	Er	**Erbium** Erbium Erbium	167,27	3	(1525 ± 25)		fest	(9,16)	4×10^{-4}	0,316	^{162}Er ^{164}Er ^{166}Er ^{167}Er ^{168}Er ^{170}Er	$0,13_6$ $1,5_6$ 33,4 22,9 27,1 14,9	$163,981_7$ $167,983_9$ 169,989				
69	Tm	**Thulium** Thulium Thulium	168,94	3	(1600 ± 50)		fest	(9,34)	7×10^{-5}	0,0318	^{169}Tm	100					
70	Yb	**Ytterbium** Ytterbium Ytterbium	173,04	3	ca. 1800		fest	(7,01)	5×10^{-4}	0,220	^{168}Yb ^{170}Yb ^{171}Yb ^{172}Yb ^{173}Yb ^{174}Yb ^{176}Yb	0,14 $3,0_3$ $14,3_1$ $21,8_2$ $16,1_3$ $31,8_4$ $12,7_3$	171,984 173,981				
71	Lu (Cp)	**Lutetium** (Cassiopeium) Lutécium Lutetium oder Lutecium	174,99	3	(1700 ± 50)		fest	(9,7)	1×10^{-5}	0,050	^{175}Lu ^{176}Lu	97,4 2,6	175,997	β^- γ K	0,43 0,20/0,31 0,20/0,09	3×10^{10} a	
72	Hf	**Hafnium** Hafnium Hafnium	178,50	4	2227	(> 3200)	fest	(13,3)	0,0025	0,438	^{174}Hf ^{176}Hf ^{177}Hf ^{178}Hf ^{179}Hf ^{180}Hf	0,19 5,19 $18,4_7$ $27,1_5$ 13,75 $35,2_5$	175,996 178,000				
73	Ta	**Tantal** Tantale Tantalum	180,95	3, 5	2977	(> 4100)	fest	16,6	$1,2\times10^{-5}$	0,065	^{180}Ta ^{181}Ta	0,012 99,988	180,002				$> 10^7$ a

Fußnoten siehe S. 224.

Ordnungszahl Z	Symbol	Element deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0°C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	in der Atmosphäre (Troposphäre)	im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[5] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
74	W	**Wolfram** Tungstène Tungsten	183,86	2, 4, 5, 6	3380 ([11])	(5900)	fest 19,3	0,0055		0,49		^{180}W	$0{,}13_5$	180,001	α	3,2	$\sim 3\times10^{14}$ a
												^{182}W	26,4	182,004			
												^{183}W	14,4	183,005			
												^{184}W	30,6	184,006			
												^{186}W	28,4	186,010			
75	Re	**Rhenium** Rhénium Rhenium	186,22	3, 4, 5, 6, 7	3147		fest 21,40	1×10^{-7}		0,135		^{185}Re	$37{,}0_7$	187,011	β-	< 0,008	5×10^{10} a
												^{187}Re	$62{,}9_3$				
76	Os	**Osmium** Osmium Osmium	190,2	2, 3, 4, 6, 8	2700	4400	fest 22,48 (dichtestes aller Elemente)	5×10^{-6}		1,00		^{184}Os	0,018				
												^{186}Os	1,59	186,010			
												^{187}Os	1,64	187,011			
												^{188}Os	13,3	188,014			
												^{189}Os	16,1	189,018			
												^{190}Os	26,4	190,017			
												^{192}Os	41,0	192,022			
77	Ir	**Iridium** Iridium Iridium	192,2([13])	3, 4	2443 ([11]) (Erstarrungspunkt)	4350	fest 22,4	1×10^{-6}		0,821		^{191}Ir	38,5	191,021			
												^{193}Ir	61,5	193,025			
78	Pt	**Platin** Platine Platinum	195,09	2, 4	1769 ([11]) (Erstarrungspunkt)	4010	flüssig 19/1755° fest 21,45	2×10^{-5}		1,625		^{190}Pt	0,012		α	3,3	$\sim 1\times10^{12}$ a
												^{192}Pt	0,78	192,023			
												^{194}Pt	32,8	194,024			
												^{195}Pt	$33{,}7$	$195{,}026_4$			
												^{196}Pt	$25{,}4$	$196{,}026_9$			
												^{198}Pt	7,2	198,029			
79	Au	**Gold** Or Gold (Aurum)	197,0	1, 3	1063,0 ([10]) (Erstarrungspunkt)	2660	flüssig 17,0/1300° fest 19,3	5×10^{-7}		0,145		^{197}Au	100	197,028			
80	Hg	**Quecksilber** Mercure Mercury (Hydrargyrum)	200,61	1, 2	—38,87 ([11]) (Erstarrungspunkt)	356,58([11])	14,43/—38,87° 13,595/0° 13,546/20° ([14])	$2{,}7\times10^{-6}$		0,284		^{196}Hg	$0{,}14_6$	196,027			
												^{198}Hg	$10{,}0_2$	198,029			
												^{199}Hg	16,84	199,031			
												^{200}Hg	$23{,}1_3$	200,032			
												^{201}Hg	$13{,}2_2$	201,034			
												^{202}Hg	$29{,}8_0$	$(202{,}035_4)$			
												^{204}Hg	6,85	204,0373			

81	Tl	**Thallium** Thallium Thallium	204,39	1, 3	303,6	1457	fest	11,85	1×10^{-5}		0,108					
												^{203}Tl 29,5$_0$	203,0360			
												^{205}Tl 70,5$_0$	205,0384$_8$			
												^{206}Tl (Radium E″)	206,04045	β⁻ kein γ	1,51	4,20 m
												^{207}Tl (Actinium C″)	207,04214	β⁻ γ	1,47 0,87	4,78 m
												^{208}Tl (Thorium C″)	208,04701	β⁻ γ	1,80/1,29/1,52/2,38 0,583/2,615 0,511/0,86	3,1 m
												^{210}Tl (Radium C″)	210,05562	β⁻	1,8	1,32 m
82	Pb	**Blei** Plomb Lead (Plumbum)	207,21	2, 4	327,3 ([11]) (Erstarrungspunkt)	1750	flüssig fest	10,51/400° 11,34	0,002		0,47					
												^{204}Pb 1,5	204,0368$_6$			
												^{206}Pb 23,6 (Radium G)	206,03883			
												^{207}Pb 22,6	207,04058			
												^{208}Pb 52,3	208,04164			
												^{210}Pb (Radium D)	210,04983	β⁻ γ	0,017 0,0467	19,4 a
												^{211}Pb (Actinium B)	211,0547$_5$	β⁻ γ	~1,4/0,5 0,82$_9$ 0,065-0,76$_4$	36,1 m
												^{212}Pb (Thorium B)	212,05817	β⁻ γ	0,35/0,59 0,2386$_0$/0,299/0,115-0,249	10,64 h
												^{214}Pb (Radium B)	214,0665$_8$	β⁻ γ	0,65 0,3519$_9$/0,2952$_2$/0,0523$_6$-0,2578	26,8 m
83	Bi	**Wismut** Bismuth Bismuth	209,00	3, 5	271,0	1420	fest	9,8	$3{,}4\times10^{-6}$		0,144					
												^{209}Bi 100	209,0457$_9$	α	~3	~2×10^{17} a
												^{210}Bi (Radium E)	210,04976	α β⁻ kein γ	4,77 1,17$_0$	5,00 d
												^{210}Bi		α β⁻	4,94	2,6×10^{6}a
												^{211}Bi (Actinium C)	211,0532$_6$	α β⁻ γ	6,61$_9$/6,27$_3$ 0,35$_0$	2,16 m
												^{212}Bi (Thorium C)	212,05754	α β⁻ γ	6,047/6,086 2,25$_3$/2,1$_5$ 0,040–2,2	60,5 m
												^{214}Bi (Radium C)	214,06552	α β⁻ γ	5,505/5,444 1,65/3,17 1,76/0,6094-2,43	19,7 m
												^{215}Bi	(215,0689)	β⁻		8 m

Fußnoten siehe S. 224.

Ordnungszahl Z	Symbol	Element deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0°C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	in der Atmosphäre (Troposphäre)	im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[5] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
84	Po	**Polonium** Polonium Polonium	210 (12)	(2, 3, 4)	254	962	fest: α-Form 9,32 β-Form 9,51	$1{,}5\times10^{-15}$				^{210}Po (Radium F)		210,04850	α γ	5,298 $0{,}80_2$	138,40 d
												^{211}Po (Actinium C′)		211,05261	α γ	$7{,}43_4$/6,56/6,88 0,88/0,56	0,52 s
												^{212}Po (Thorium C′)		$212{,}05512_9$	α	$8{,}77_6$	0,304 µs
												^{214}Po (Radium C′)		214,06211	α	$7{,}68_0$	164 µs
												^{215}Po (Actinium A)		$215{,}0667_1$	α β⁻	$7{,}36_5$	$1{,}83\times10^{-3}$ s
												^{216}Po (Thorium A)		216,06946	α	$6{,}77_4$	0,158 s
												^{218}Po (Radium A)		$218{,}0770_2$	α β⁻	5,998	3,05 m
85	At	**Astatin** Astatine Astatine	210	(1, 3, 5, 7)				4×10^{-23}				^{215}At		$215{,}0658_9$	α	8,00	$\sim10^{-4}$ s
												^{216}At		$216{,}0699_5$	α	7,79	3×10^{-4} s
												^{218}At		218,0766	α β⁻	$6{,}6_3$	~ 2 s
												^{219}At			α β⁻	6,27	0,9 m
86	Rn	**Radon** Emanation Niton Radon Radon	222 (12)	0	−71	−61,8	Gas 9,73 flüssig 4,4/—62° fest (4)	6×10^{-18}				^{219}Rn (Actinon)		$219{,}0780_4$	α γ	$6{,}82_4$/$6{,}55_9$/$6{,}43_4$ 0,198/0,067-0,589	3,92 s
												^{220}Rn (Thoron)		220,08021	α γ	$6{,}27_8$ $0{,}54_2$	52 s
												^{222}Rn (Radon)		$222{,}0869_0$	α γ	$5{,}48_6$ $0{,}51_0$	3,825 d
87	Fr	**Francium** Francium Francium	223 (12)	1				7×10^{-23}				^{223}Fr (Actinium K)		$223{,}0896_0$	α β⁻ γ	$5{,}3_4$ $1{,}1_5$ 0,050–0,31	21 m
88	Ra	**Radium** Radium Radium	226,05	2	700	(1140)	fest (5)	7×10^{-12}			$<10^{-12}$	^{223}Ra (Actinium X)		$223{,}0883_2$	α γ	$5{,}71_9$/$5{,}43_3$–$5{,}75_0$ 0,026–0,44	11,68 d
												^{224}Ra (Thorium X)		224,09030	α γ	5,681/$5{,}44_8$/$5{,}19_4$ 0,241	3,64 d
												^{226}Ra		$226{,}0960_0$	α γ	4,777/4,591 0,186/$0{,}6_6$	1622 a
												^{228}Ra (Mesothorium I)		$228{,}1025_6$	β⁻ kein γ	<0,02	6,7 a

89	Ac	**Actinium** Actinium Actinium	227 (12)	3	1050 ± 50				3×10^{-15}
90	Th	**Thorium** Thorium Thorium	232,05	4	1750	(> 3000)	fest	11,7	0,0025
91	Pa	**Protactinium** Protactinium Protactinium	231 (12)	5	(< 1873)		fest	15,37	6×10^{-12}

^{227}Ac	$227{,}0988_8$	α β−	4,94 $0{,}045_5$	21,8 a
^{228}Ac (Mesothorium II)	$228{,}1025_1$	β− γ	1,11/0,45–2,18 0,057/0,098/0,127/1,59	6,13 h
^{227}Th (Radioactinium)	$227{,}0987_9$	α γ	$5{,}97_2/5{,}70_4-6{,}03_0$ 0,050/0,113/$0{,}23_6$/0,335	18,4 d
^{228}Th (Radiothorium)	$228{,}1001_1$	α γ	$5{,}42_1/5{,}33_8/5{,}20_8/5{,}17_3$ $0{,}084_5$/0,212/0,137/0,169	1,91 a
^{230}Th (Ionium)	$230{,}1050_0$	α γ	$4{,}68_5/4{,}61_8$ 0,068/0,142/0,184	8×10^4 a
^{231}Th (Uran Y)	$231{,}1086_1$	β− γ	0,094/0,302/$0{,}21_6$ 0,022/0,085/0,061	25,64 h
^{232}Th 100	$232{,}1108_0$	α γ	3,98/3,93 0,055	$1{,}39\times10^{10}$ a
^{234}Th (Uran X_1)	$234{,}1167_8$	β− γ	0,193/0,103 0,092/0,063/0,029	24,10 d
^{231}Pa	$231{,}1082_7$	α γ	$5{,}00_6/5{,}020/5{,}049$ 0,331/0,027/0,102	$3{,}43\times10^4$ a
^{234}Pa (Uran X_2)		β− γ IT	2,31 1,0/0,76	1,175 m
^{234}Pa (Uran Z)	234,1166	β− γ	0,5 0,099–0,567	6,66 h

Fußnoten siehe S. 224.

Ordnungszahl Z	Symbol	Element deutsch / französisch / englisch / (lateinisch)	Atomgewicht[1] 1957 (chem. Skala)	Valenzen	Schmelzpunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Siedepunkt bei 760 Torr, wenn nicht anders vermerkt °C	Dichte Gase: g/l bei 760 Torr und 0°C; Feste Stoffe: g/cm³ oder spez. Gewicht 20°/4°C, wenn nicht anders vermerkt	Relative Verbreitung: in der Erdkruste[3] %	in der Atmosphäre (Troposphäre)	im Weltall (Atome pro 10^6 Si-Atome)[4]	im menschl. Körper %	Natürliche Isotope[2]: Isotop (Massenzahl A)	Relative Häufigkeit Atome%	Atomgewicht[1] (physik. Skala)	Zerfallsart[5] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[6]
92	U	**Uran** Uranium Uranium	238,07	3, 4, 6	1131 ± 1	3818	fest 19,04/25°	2×10^{-5}				^{234}U (Uran II)	0,0058	$234{,}1140_8$	α γ	$4{,}76_3/4{,}70_7/4{,}59_3$ 0,018/0,053/0,12/0,09	$2{,}48\times10^5$ a
												^{235}U (Actinouran)	0,720	$235{,}1175_0$	α γ	4,39/4,57/4,18 0,18/0,37	$7{,}13\times10^8$ a
												^{238}U (Uran I)	99,274	$238{,}1252_2$	α γ	$4{,}18_0$ 0,045	$4{,}51\times10^9$ a

Fußnoten:

1) Über die chemische und physikalische Atomgewichtsskala siehe Fußnote *2*, S. 209.

2) Nach SULLIVAN, W. H., *Trilinear Chart of Nuclides*, Washington (United States Atomic Energy Commission, 1957). Nur die natürlich vorkommenden Isotope sind aufgeführt.

3) Die angegebenen Werte sind Prozentzahlen aus dem Gesamtgebiet der Lithosphäre (äußere 16 km), Hydrosphäre und Atmosphäre (nach REMY, H., *Lehrbuch der anorganischen Chemie*, 7. Aufl., Bd. 2, Leipzig [1954], S. 542).

4) Nach SUESS und UREY, *Rev. mod. Phys.*, **28**, 53 (1956).

5) α = Alphateilchen (Heliumkern = 2 Protonen + 2 Neutronen), β^- = Betateilchen (negativ geladenes Elektron), γ = Gammastrahlung, ε^- = interne Elektronenumwandlung, K = Elektroneneinfang aus der K-Schale, IT = isomerer Übergang.

6) a = Jahr, d = Tag, h = Stunde, m = Minute, s = Sekunde.

7) Normaler Wasserstoff besteht aus einer Mischung von Ortho- und Para-Wasserstoff (Moleküle, deren zwei Kerne parallelen bzw. nichtparallelen Spin besitzen) im Verhältnis 3 : 1. Der Siedepunkt des reinen Ortho-Wasserstoffs ist 272,71°C. Vgl. WOOLLEY et al., *J. Res. nat. Bur. Stand.*, **41**, 379 (1948).

8) Mengenverhältnis $^1H : {}^3H$ = etwa $10^{17} : 1$ (Atome).

9) Auf Grund der natürlichen Variation des Isotopenmengenverhältnisses für Schwefel weist das Atomgewicht dieses Elementes einen Schwankungsbereich von ± 0,003 auf.

10) Primärer Fixpunkt der Internationalen Temperaturskala von 1948. Vgl. STIMSON, H. F., *J. Res. nat. Bur. Stand.*, **42**, 209 (1949).

11) Sekundärer Fixpunkt der Internationalen Temperaturskala von 1948. Vgl. STIMSON, H. F., *J. Res. nat. Bur. Stand.*, **42**, 209 (1949).

12) Massenzahl des stabilsten bekannten Isotops.

13) Das Atomgewicht des Iridiums wurde analytisch bestimmt; es ist noch nicht gelungen, das Element so rein darzustellen, daß das Atomgewicht mit dem aus der Isotopenzusammenstellung berechneten Wert übereinstimmt.

14) Über international anerkannte Dichtewerte für Quecksilber bei anderen Temperaturen siehe GRAY, D. E. (Hrsg.), *American Institute of Physics Handbook*, New York (1957), S. 2; KAYE und LABY, *Tables of Physical and Chemical Constants and Some Mathematical Functions*, 11. Aufl., London (1956), S. 31.

Ordnungszahl Z	Symbol	Transuranelement[1]	Atomgewicht (Massenzahl des stabilsten bekannten Isotops)	Valenzen	Schmelzpunkt °C	Siedepunkt °C	Dichte g/cm³	Isotope[2]				
								Isotop (Massenzahl A)	Atomgewicht (physikalische Skala)	Zerfallsart[3] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[4]
93	Np	**Neptunium**	237	3, 4, 5, 6	640 ± 1		fest: α-Form 20,2/20° β-Form 19,36/313°	^{231}Np	$231{,}1105_8$	α	6,28	50 m
								^{232}Np	$(232{,}1126_4)$	γ, K		~ 13 m
								^{233}Np	$233{,}1135_2$	α K	5,53	35 m
								^{234}Np	(234,1164)	α β+ γ K, L	~ 0,8 $0{,}44_5$–1,57	4,40 d
								^{235}Np	$235{,}1176_7$	α kein γ K, L	5,06	1,12 a
								^{236}Np	$236{,}1205_0$	β⁻ γ e⁻ K	$0{,}51_8$ $0{,}044_6/0{,}045_2$	22 h
								^{236}Np		β⁻		> 5000 a
								^{237}Np	$237{,}1222_0$	α γ	$4{,}78_7/4{,}76_7/4{,}87$ 0,087/0,02–0,20	$2{,}20 \times 10^6$ a
								^{238}Np	$238{,}1253_6$	β⁻ γ	1,26/0,26 0,044/0,102–1,03	2,10 d
								^{239}Np	$239{,}1277_7$	β⁻ γ	$0{,}32_9/0{,}44$ 0,061/0,277 0,105/0,045–0,49	2,33 d
								^{240}Np	$240{,}1314_2$	β⁻ γ	2,16/1,59 0,040–1,50	7,3 m
								^{240}Np		β⁻ γ	0,9 0,97/0,88/1,14	60 m
								^{241}Np (?)		β⁻		16 m
94	Pu	**Plutonium**	242	3, 4, 5, 6	639,5		fest: α-Form 19,74/25° β-Form 17,65/150° flüssig 16,5 ± 0,08/665°	^{232}Pu	$232{,}1137_0$	α (K)	6,58	36 m
								^{233}Pu	$(233{,}1158_5)$	α K	6,3	20 m
								^{234}Pu	$234{,}1166_0$	α kein γ K	6,19	9 h
								^{235}Pu	$235{,}1189_0$	α K, L	5,85	26 m
								^{236}Pu	$236{,}1199_6$	α γ	5,75 ~ 0,045	2,7 a
								^{237}Pu	$(237{,}1224_3)$	γ K	~ 0,064	40 d

Fußnoten siehe S. 228.

Ordnungszahl Z	Symbol	Transuranelement[1]	Atomgewicht (Massenzahl des stabilsten bekannten Isotops)	Valenzen	Schmelzpunkt °C	Siedepunkt °C	Dichte g/cm³	Isotop (Massenzahl A)	Atomgewicht (physikalische Skala)	Zerfallsart[3] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[4]
94	Pu	**Plutonium** (Fortsetzung)	242	3, 4, 5, 6	639,5		fest: α-Form 19,74/25° β-Form 17,65/150° flüssig 16,5 ± 0,08/665°	^{238}Pu	$238{,}1239_6$	α γ	$5{,}49_5/5{,}45_2/5{,}35_2$ 0,044/0,100/0,15	89,6 a
								^{239}Pu	$239{,}1270_0$	α γ	$5{,}15_0/5{,}13_7/5{,}09_9$ 0,053/0,039	$2{,}44\times10^4$ a
								^{240}Pu	$240{,}1291_0$	α γ	$5{,}16_2/5{,}11_8$ 0,050	6600 a
								^{241}Pu	$241{,}1321_5$	α β⁻ γ	4,91 0,020 0,100/0,145	13,2 a
								^{242}Pu	$242{,}1344_5$	α	$4{,}89_8$	$3{,}8\times10^5$ a
								^{243}Pu	$243{,}1380_9$	β⁻ γ	0,57/0,47/0,37 0,085/0,12	4,98 h
								^{244}Pu	(244,1406)	α	(4,8)	7×10^7 a
								^{245}Pu	$(245{,}144_1)$	β⁻ γ		11 h
								^{246}Pu	(246,1471)	β⁻ γ	0,103/0,22/0,043/ $0{,}17_5$	11 d
95	Am	**Americium**	243	3, 4, 5, 6	>1100	1200	fest 11,7 ± 0,3	^{237}Am	$237{,}1239_6$	α K	6,01	~ 1,3 h
								^{238}Am	(238,1266)	kein α γ K, e⁻	$0{,}58/0{,}98/0{,}10_2$	1,86 h
								^{239}Am	$239{,}1278_4$	α γ K, e⁻	5,75 0,286/0,048	12 h
								^{240}Am	$(240{,}1305_6)$	γ K, e⁻	1,02/1,40/0,92	50 h
								^{241}Am	$241{,}1321_3$	α γ	$5{,}47_6/5{,}43_3$ 0,0596/0,026–0,37	462 a
								^{242}Am		β⁻ γ K	0,625 0,0422/0,045	16,0 h
								^{242}Am	$242{,}1351_9$	α β⁻ γ K	5,5 0,585 0,042	100 a
								^{243}Am	$243{,}1374_8$	α γ	5,267/5,224/5,169 0,075	8000 a

96	Cm	**Curium**	247	3			fest	(7)	^{244}Am	244,1409$_2$	β$^-$ K	1,50	26 m
									^{245}Am	(245,1428$_3$)	β$^-$ γ	0,9$_0$ 0,036/0,25$_5$/0,06–0,23$_2$	2,0 h
									^{246}Am	(246,1468)	β$^-$ γ	1,2 1,07/0,80/0,10$_3$/0,019	25 m
									^{238}Cm	238,1275$_7$	α K	6,5$_0$	2,5 h
									^{239}Cm	(239,1298)	K		~ 3 h
									^{240}Cm	240,1306$_6$	α	6,25	26,8 d
									^{241}Cm	(241,1331)	α γ K	5,90 0,47$_2$	35 d
									^{242}Cm	242,1345$_1$	α γ	6,110/6,066/5,96 0,044/0,100/0,15$_7$	162,5 d
									^{243}Cm	243,1374$_8$	α γ	5,777/5,732/5,985 0,334/0,278/0,23/ 0,21/0,045	~ 35 a
									^{244}Cm	244,1393$_1$	α γ	5,79$_8$/5,75$_5$/5,65$_5$ 0,043/0,100/0,150	18,4 a
									^{245}Cm	(245,1428$_3$)	α γ	5,3$_6$ 0,10/0,17	2 × 10^4 a
									^{246}Cm	(246,1441$_3$)	α	5,37$_3$	6600 a
									^{247}Cm	(247,1475$_0$)			> 10^6 a
									^{248}Cm	(248,1501)	α	5,05$_4$	4,2 × 10^5 a
									^{249}Cm	(249,153$_8$)	β$^-$		kurz
									^{250}Cm	250,0880	β$^-$		1,7 × 10^4 a
97	Bk	**Berkelium**	249	3, 4					^{243}Bk	243,1390$_5$	α γ	6,55/6,72/6,20 0,15–0,96	4,5 h
									^{244}Bk	(244,1415)	α γ K	6,66 0,90–1,7	4,4 h
									^{245}Bk	245,1429$_2$	α γ K	6,17/5,89/6,37 0,165/0,205/0,48	5,0 d
									^{246}Bk	(246,1457)	γ K	0,145–1,13	1,9 d
									^{247}Bk	(247,1476)	α γ	5,67/5,50/5,30 0,085/0,26$_5$/0,42?	7000 a
									^{248}Bk	248,1507	β$^-$	0,67	18 h
									^{249}Bk	(249,1526$_1$)	α β$^-$ γ	5,4$_0$/5,0$_8$ 0,10 0,32	290 d
									^{250}Bk	(250,1566$_4$)	β$^-$ γ	0,9/1,9 0,9	3,1 h
98	Cf	**Californium**	251	(3)					^{244}Cf	244,1423$_5$	α K	7,17	25 m
									^{245}Cf	(245,1446)	α	7,11	44 m
									^{246}Cf	246,1457$_5$	α γ	6,75$_3$/6,71$_1$ 0,044/0,097/0,14$_9$	35,7 h
									^{247}Cf	(247,1485)	γ K	0,28$_5$/0,49	2,4 h
									^{248}Cf	248,1500$_2$	α	6,26	250 d

Fußnoten siehe S. 228.

Ordnungszahl Z	Symbol	Transuranelement[1]	Atomgewicht (Massenzahl des stabilsten bekannten Isotops)	Valenzen	Schmelzpunkt °C	Siedepunkt °C	Dichte g/cm³	Isotope[2]				
								Isotop (Massenzahl A)	Atomgewicht (physikalische Skala)	Zerfallsart[3] (Strahlung)	Energie MeV	Halbwertzeit[4]
98	Cf	**Californium** (Fortsetzung)	251	(3)				^{249}Cf	(249,1525)	α γ	5,82/5,91/6,19 0,40/0,34	470 a
								^{250}Cf	$250,1546_0$	α γ	6,02/5,98 $0,042_8$	10 a
								^{251}Cf	(251,1580)			~ 700 a
								^{252}Cf	(252,1607)	α γ	$6,11_9$/6,07 0,043/0,10	2,2 a
								^{253}Cf	$(253,163_9)$	β⁻		18 d
								^{254}Cf	(254,1668)			60 d
99	Es	**Einsteinium** (5)	254 (?)	(3)				^{246}Es	$(246,150_2)$	K		kurz
								^{247}Es	247,1509	α K	7,35	7,3 m
								^{248}Es	(248,1531)	α	$6,8_7$	25 m
								^{249}Es	(249,1542)	α	6,76	2 h
								^{250}Es	$(250,156_7)$	α?		8 h
								^{251}Es	$(251,158_6)$	α	6,48	1,5 d
								^{252}Es	(252,1617)	α	6,64	~ 140 d
								^{253}Es	(253,1637)	α γ	6,63/6,60/6,55 0,042/0,39	20 d
								^{254}Es	$254,167_5$	β⁻ γ K	$1,0_4$ 0,68	38 h
								^{254}Es	$254,167_3$	α	6,44	300 d
								^{255}Es	$(255,169_8)$	β⁻		30 d
								^{256}Es	$(256,174_2)$	β⁻		kurz
100	Fm	**Fermium** (5)	253	(3)				^{250}Fm	(250,1577)	α	7,4	30 m
								^{250}Fm		α		~ 0,5 h
								^{251}Fm	$(251,160_0)$	α	6,9	7,5 h
								^{252}Fm	252,1616	α	$7,0_4$	36 h
								^{253}Fm	(253,1642)	α	$6,8_5$	> 7 d
								^{254}Fm	(254,1663)	α γ	7,22/7,18 0,042/0,094	3,38 h
								^{255}Fm	(255,1696)	α	7,08	21,5 h
								^{256}Fm	$(256,172_1)$			3,1 h
101	Md	**Mendelevium**	256	(3)				^{256}Md	$(256,173_8)$	K		1 h
102	No	**Nobelium**	253 (?)					(^{253}No)		α	8,5	~ 10 m

1) Die Transurane sind als künstlich hergestellte Elemente bekanntgeworden. Sie sind aber in dem Sinne ebenfalls als natürliche Elemente anzusehen, als sie auch in der Natur vorgekommen bzw. in geringsten Mengen heute noch (zum Beispiel Plutonium 239) nachzuweisen sind. Sie sind gewissermaßen «ausgestorben», weil ihre Halbwertzeit relativ kurz ist.

2) Nach SULLIVAN, W. H., *Trilinear Chart of Nuclides*, Washington (United States Atomic Energy Commission, 1957).

3) α = Alphateilchen (Heliumkern = 2 Protonen + 2 Neutronen), β⁻ = Betateilchen (negativ geladenes Elektron), γ = Gammastrahlung, e⁻ = interne Elektronenumwandlung, K, L = Elektroneneinfang aus der K- bzw. L-Schale, IT = isomerer Übergang.

4) a = Jahr, d = Tag, h = Stunde, m = Minute, s = Sekunde.

5) Einsteinium und Fermium wurden erstmals 1952 in den Atomtrümmern nach der Wasserstoffbombenexplosion auf Eniwetok gefunden.

Elektronenstruktur der Elemente[1]

Z = Ordnungszahl; E_r = Resonanzenergie (eV); E_i = Ionisierungsenergie (eV); E_{i_1} = Resonanzenergie des einfach ionisierten Atoms (eV)

Z	Element	E_r	E_i	E_{i_1}	K 1s	L 2s	L 2p	M 3s	M 3p	M 3d	N 4s	N 4p	N 4d	N 4f	O 5s	O 5p	O 5d	O 5f	P 6s	P 6p	P 6d	Q 7s
1	H	10,19	13,60		1																	
2	He	21,20	24,58	40,8	2																	
3	Li	1,85	5,39	62,2	2	1																
4	Be	5,28	9,32	3,96	2	2																
5	B	4,96	8,30	9,10	2	2	1															
6	C	7,48	11,26	9,29	2	2	2															
7	N	10,3	14,54	11,4	2	2	3															
8	O	9,52	13,61	14,8	2	2	4															
9	F	12,98	17,42	20,42	2	2	5															
10	Ne	16,84	21,56	26,89	2	2	6															
11	Na	2,10	5,14	33,3	2	2	6	1														
12	Mg	4,34	7,64	4,42	2	2	6	2														
13	Al	3,14	5,98	7,42	2	2	6	2	1													
14	Si	4,92	8,15	6,86	2	2	6	2	2													
15	P	6,94	10,95	8,09	2	2	6	2	3													
16	S	6,86	10,36	9,84	2	2	6	2	4													
17	Cl	9,21	13,01	11,56	2	2	6	2	5													
18	Ar	11,53	15,75	13,47	2	2	6	2	6													
19	K	1,61	4,34	20,6	2	2	6	2	6		1											
20	Ca	2,93	6,11	3,12	2	2	6	2	6		2											
21	Sc	2,32	6,56	3,40	2	2	6	2	6	1	2											
22	Ti	1,97	6,83	3,66	2	2	6	2	6	2	2											
23	V	2,24	6,74	4,40	2	2	6	2	6	3	2											
24	Cr	2,89	6,76	6,00	2	2	6	2	6	5	1											
25	Mn	3,07	7,43	4,76	2	2	6	2	6	5	2											
26	Fe	3,21	7,90	5,20	2	2	6	2	6	6	2											
27	Co	3,57	7,86	5,83	2	2	6	2	6	7	2											
28	Ni	3,54	7,63	6,39	2	2	6	2	6	8	2											
29	Cu	3,79	7,72	8,26	2	2	6	2	6	10	1											
30	Zn	4,03	9,39	5,91	2	2	6	2	6	10	2											
31	Ga	3,07	6,00	8,78	2	2	6	2	6	10	2	1										
32	Ge	4,64	8,13	8,06	2	2	6	2	6	10	2	2										
33	As	6,28	9,81	9,14	2	2	6	2	6	10	2	3										
34	Se	6,32	9,75	10,39	2	2	6	2	6	10	2	4										
35	Br	8,32	11,84	12,21	2	2	6	2	6	10	2	5										
36	Kr	10,03	13,99	15,82	2	2	6	2	6	10	2	6										
37	Rb	1,59	4,17	17,8	2	2	6	2	6	10	2	6			1							
38	Sr	2,69	5,69	2,94	2	2	6	2	6	10	2	6			2							
39	Y	1,99	6,57	2,91	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2							
40	Zr	2,02	6,95	3,47	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2							
41	Nb	2,97	6,77	4,13	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1							
42	Mo	3,18	7,18	6,08	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1							
43	Tc	2,88	7,45	4,68	2	2	6	2	6	10	2	6	(5)		(2)							
44	Ru	3,26	7,5	6,29	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1							
45	Rh	3,35	7,7	4,97	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1							
46	Pd	4,22	8,33	8,12	2	2	6	2	6	10	2	6	10									
47	Ag	3,66	7,58	11,1	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1							
48	Cd	3,80	8,99	5,47	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2							
49	In	3,02	5,78	7,82	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1						
50	Sn	4,30	7,33	7,30	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2						
51	Sb	5,36	8,64	9,56	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3						
52	Te	5,78	9,01	8,82	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4						
53	I	7,67	10,44	10,04	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5						
54	Xe	8,44	12,13	11,27	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6						
55	Cs	1,38	3,89	15,2	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1			
56	Ba	2,24	5,21	2,51	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			2			
57	La	1,64	5,61	1,75	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2			
58	Ce		6,91	2,72	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6			2?			
59	Pr		5,76	2,81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6			2?			
60	Nd		6,31	2,63	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6			2?			
61	Pm				2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6			2?			
62	Sm	1,71	5,6	2,63	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6			2			
63	Eu	1,74	5,67	2,95	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6			2			
64	Gd	1,665	6,16	3,18	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1		2			
65	Tb		6,74		2	2	6	2	6	10	2	6	10	8	2	6	1		2?			
66	Dy		6,82		2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6	1		2?			
67	Ho				2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6	1		2?			
68	Er				2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6	1		2?			
69	Tm	2,62?		2,68	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6			2			
70	Yb	2,23	6,2	3,35	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6			2			
71	Lu	2,16?	5,0	3,38	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2			
72	Hf	2,19	5,5	3,43	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2			
73	Ta	2,44	6	3,63	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2			
74	W	2,49	7,98	4,48	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2			
75	Re	3,57	7,88		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2			
76	Os	2,80	8,7		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2			
77	Ir	4,65	9,2		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2			
78	Pt	4,04	8,97	6,38	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1			
79	Au	4,63	9,22	7,81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1			
80	Hg	4,89	10,43	6,38	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2			
81	Tl	3,28	6,11	9,38	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1		
82	Pb	4,33	7,42	7,35	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2		
83	Bi	4,04	8,0	8,63	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3		
84	Po		7,25		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4		
85	At				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5		
86	Rn	6,78	10,75		2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		
87	Fr				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		1
88	Ra	2,57	5,28	2,65	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		2
89	Ac				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1	2?
90	Th			2,12	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	2	2?
91	Pa				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1	2?
92	U	1,44	~ 4	3,21	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2?
93	Np				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1	2?
94	Pu				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	5	2	6	1	2?
95	Am				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6		2?
96	Cm				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2?
97	Bk				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2?
98	Cf				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6		2?
99	Es				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6		2?
100	Fm				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6		2?
101	Md				2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6		2?

1) Nach MAVRODINEANU und BOITEUX, *L'Analyse spectrale quantitative par la flamme*, Masson, Paris (1954). Wiedergabe mit freundlicher Erlaubnis des Verlegers. Ergänzt durch HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Flammen-Emissionsspektren[1]

Die Tabelle enthält, nach steigender Wellenlänge in Ångström geordnet, Spektrallinien und Bandenköpfe, die in Luft-Acetylen- und Sauerstoff-Acetylen-Flammen registriert wurden, sowie das Symbol des Emissionszentrums (Atom, Ion oder Molekül). Die Angaben für die Wellenlänge sind auf die erste Dezimalstelle gerundet. Die Abkürzungen bedeuten:

Kolonne 1: Die Buchstaben «R» bzw. «V» nach der Wellenlänge bezeichnen einen Bandenkopf; «R» bedeutet Abweichung der Bande in Richtung der größeren, «V» in Richtung der kleineren Wellenlänge.

Kolonne 2: «*F*» bedeutet, daß die Bande der Flamme selbst entstammt; «II» bezeichnet ein einfach ionisiertes Atom.

Kolonne 3: «A» bedeutet, daß die Spektrallinie oder die Bande in Luft-Acetylen-Flammen erscheinen, «O», daß sie in Sauerstoff-Acetylen-Flammen auftreten, «K», daß die Spektrallinien nur im inneren Flammenkegel erscheinen, und «Res» gibt eine Resonanzlinie an.

Wellenlänge Å	Emissions-zentrum	Bemerkungen (siehe oben)	Wellenlänge Å	Emissions-zentrum	Bemerkungen (siehe oben)	Wellenlänge Å	Emissions-zentrum	Bemerkungen (siehe oben)
2428,0	Au	A, Res	3034,1	Sn	A, K, Res	3380,9	Ni	O
47,9	Pd	O	37,4	Fe	A	81,7 R	SnO	A
76,4	Pd	O	37,9	Ni	O	82,9	Ag	A, Res
78,6	C	O, K	39,4	In	A	85,2	Co	A
83,3	Fe	O	44,0	Co	A	88,2	Co	A
88,1	Fe	O	47,6	Fe	A	88,3 R	SnO	A
90,6	Fe	O	50,8	Ni	O	91,1	Ni	A
2522,8	Fe	O	57,6	Ni	O	93,0	Ni	A
27,4	Fe	O	59,1	Fe	A	95,4	Co	A
36,5	Hg	A, Res	64,0 R	(*F*, OH)	A, O	96,9	Rh	A, Res
2609,0 R	(*F*, OH)	O, K	64,6	Ni	O	3404,6	Pd	A, Res
13,7	Pb	O	64,7	Pt	A, Res	05,1	Co	A
14,2	Pb	O	75,9	Zn	A, K, Res	06,9 R	SnO	A
59,4	Pt	O	3122,0 R	(*F*, OH)	A, O	09,2	Co	A
61,2	Sn	A, K	32,6	Mo	A, K	12,3	Co	A
76,0	Au	A, Res	34,1	Ni	O	12,6	Co	A
77,0 R	(*F*, OH)	O, K	44,0	(*F*, CH)	A, O	14,8	Ni	A, Res
2706,5	Sn	A, K, Res	58,2	Mo	A, K	15,8 R	SnO	A
53,0 R	(*F*, OH)	O, K	70,3	Mo	A, K	17,2	Co	A
61,8	Sn	A, K	75,0	Sn	A, K, Res	21,2	Pd	A, Res
63,1	Pd	O	85,0 R	(*F*, OH)	A, O	23,7	Ni	A
67,9	Tl	A	94,0	Mo	A, K	28,0 R	(*F*, OH)	O
76,7	Mg	A, K	3205,8 R	SnO	A	28,3	Ru	A
78,3	Mg	A, K	08,8	Mo	A, K	31,6	Co	A
79,8	Mg	A, K	32,6	Li	A	33,0	Co	A
79,8	Sn	A, K	33,0	Ni	O	33,4	Pd	O
81,4	Mg	A, K	42,7	Pd	A	33,6	Ni	A
83,0	Mg	A, K	43,1	Ni	O	34,9	Rh	A
85,0	Sn	A, K	47,5	Cu	A, Res	36,7	Ru	A
94,8	Mn	A	51,4 R	SnO	A	37,3	Ni	A
95,5	Mg II	A	54,0 R	(*F*, OH)	O	40,6	Fe	A
98,3	Mn	A	56,1	In	A	41,0	Fe	A
2801,1	Mn	A	58,6	In	A	41,4	Pd	O
02,7	Mg II	A	61,1	Cd	A, Res	43,6	Co	A
11,0 R	(*F*, OH)	A, K; O	62,3	Sn	A, K	44,6 R	SnO	A
13,6	Sn	A, K	62,4	SnO	A	46,3	Ni	A
33,1	Pb	A, Res	74,0	Cu	A, Res	46,4	K	A
40,0	Sn	A, K, Res	80,7	Ag	A, Res	47,4	K	A
50,6	Sn	A, K	82,3	Zn	A, K	49,2	Co	A
52,1	Mg	A, Res	91,8 R	SnO	A	49,4	Co	A
63,3	Sn	A, K, Res	3302,1	Pd	A	52,9	Ni	A
74,2	Ga	O	02,3	Na	A	53,5	Co	A
75,0 R	(*F*, OH)	O	03,0	Na	A	55,2	Co	A
2943,6	Ga	O	15,7	Ni	O	55,2	Rh	O
44,2	Ga	O	23,1	Rh	O	58,5	Ni	A
45,0 R	(*F*, OH)	O	23,4 R	SnO	A	60,8	Pd	A
66,9	Fe	A	29,9	Mg	A, K	61,7	Ni	A
73,1	Fe	A	30,6	Sn	A, K	62,0	Rh	O
73,2	Fe	A	32,2	Mg	A, K	62,8	Co	A
83,6	Fe	A	34,1	Co	A	65,8	Co	A
94,4	Fe	A	36,7	Mg	A, K	65,9	Fe	A
			45,0	Zn	A, K	72,5	Ni	A
3000,9	Fe	A	45,6	Zn	A, K	74,0	Co	A, Res
02,5	Ni	O	45,9	Zn	A, K	75,4	Fe	A
03,6	Ni	O	54,4	Co	A	81,2	Pd	A
08,1	Fe	A	60,0	(*F*, NH)	A, K; O	83,4	Co	A
09,1	Sn	A, K, Res	67,1	Co	A	83,8	Ni	A
12,0	Ni	O	69,6	Ni	A	84,5 R	SnO	A
20,5	Fe	A	73,0	Pd	A	85,0 R	(*F*, OH)	O
20,6	Fe	A	80,6	Ni	A	90,6	Fe	A

1) Modifiziert nach MAVRODINEANU und BOITEUX, *L'analyse spectrale quantitative par la flamme*, Masson, Paris (1954). Wiedergabe mit freundlicher Erlaubnis des Verlages. Ergänzt nach HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Wellenlänge Å	Emissions-zentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)	Wellenlänge Å	Emissions-zentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)	Wellenlänge Å	Emissions-zentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)
3493,0	Ni	A, Res	3619,4	Ni	A	3806,8	Rh	O
95,7	Co	A	26,6	Rh	O	07,1	Ni	A
98,7	Rh	O	27,8	Co	A	11,3	MgO	A
98,9	Ru	A	31,5	Fe	A	18,2	Rh	O
3502,3	Co	A	34,7	Pd	A, Res	20,4	Fe	A
02,5	Rh	A	34,9	Ru	O	22,3	Rh	O
06,3	Co	A	39,6	Pb	A, Res	23,3	Mg	A, K
07,3	Rh	O	42,7	MgO	A	25,9	Fe	O
09,8	Co	A	47,7	Co	A	27,8	Fe	O
10,3	Ni	A	47,8	Fe	O	28,5	Rh	O
12,6	Co	A	47,9	Fe	A	29,4	Mg	A, K
12,9 R	SnO	A	48,6	MgO	A	32,3	Mg	A, K
13,5	Co	A	52,5	Co	A	32,3	Pd	O
15,1	Ni	A, Res	58,0	Rh	A	33,2 R	SnO	A
16,9	Pd	A	61,4	Ru	A	33,9	Rh	O
19,2	Tl	A	66,2	Rh	O	34,2	Fe	A
20,1	Co	A	74,8	MgO	A	38,3	Mg	A, K
21,3	Fe	A	79,9	Fe	A	40,4	Fe	A
21,6	Co	O	81,6	MgO	A	42,1	Co	A
23,4	Co	O	83,0	Fe	A	48,5	MgO	A
24,5	Ni	A, Res	83,5	Pb	A, Res	49,8	MgO	A
26,8	Co	O	90,3	Pd	O	54,7	(*F*, CN)	A, K
28,0	Rh	A	90,7	Rh	A	56,4	Fe	A, Res
29,0	Co	O	91,4 R	SnO	A	56,5	Rh	O
29,4	Tl	A	92,4	Rh	A	58,3	Ni	A
29,8	Co	A	3700,9	Rh	A	59,9	Fe	A, Res
33,4	Co	A	05,6	Fe	A	61,9	(*F*, CN)	A, K
38,1	Rh	O	09,6 V	LaO	A	64,1	Mo	A, K, Res
42,4 R	SnO	A	13,0	Rh	O	71,4	(*F*, CN)	A, K
43,9	Rh	O	18,9	Pd	O	72,0 R	(*F*, CH)	A, K
49,5	Rh	O	20,0	Fe	A	73,1	Co	A
50,6	Co	A	20,7	MgO	A	74,0	Co	A
53,1	Pd	A	21,0	MgO	A	76,4	Cs	A
65,4	Fe	A	21,2 R	SnO	A	78,6	Fe	A, Res
66,2 V	LaO	A	22,6	Fe	A	81,9	Co	A
66,4	Ni	A	24,4	MgO	A	84,3	(*F*, CH)	A, K
69,4	Co	A	24,8	MgO	A	86,3	Fe	A, Res
70,1	Fe	A	25,9	MgO	A	88,7	Cs	A
70,2	Rh	A	26,9	Ru	A, Res	94,1	Co	A
71,2	Pd	O	28,0	Ru	A, Res	94,2	Pd	O
71,9	Ni	A	30,4	Ru	O	95,7	Fe	A, Res
75,0	Co	A	33,3	Fe	O	99,3 R	SnO	A
75,4	Co	A	34,9	Fe	A	99,7	Fe	A, Res
78,7	Cr	A	37,1	Fe	A	3902,9	Fe	A
81,2	Fe	A	42,3	Ru	A	03,0	Mo	A, K, Res
83,1	Rh	A	45,6	Fe	A	05,1	MgO	A
83,9	(*F*, CN)	A, K	48,2	Rh	O	10,9	MgO	A
85,4 R	SnO	A	48,3	Fe	O	20,3	Fe	A, Res
85,9	(*F*, CN)	A, K	49,5	Fe	A	22,9	Fe	A, Res
87,1	Rb	A	52,3 R	SnO	A	25,9	Ru	A
87,2	Co	A	55,9	Ru	O	27,9	Fe	A, Res
89,2	Ru	A	58,2	Fe	A	30,3	Fe	A, Res
90,4	(*F*, CN)	A, K	63,8	Fe	A	31,8	Ru	A
91,6	Rb	A	65,1	Rh	O	33,7	Ca II	A
93,0	Ru	A	66,5	MgO	A	34,2	Rh	O
93,5	Cr	A	67,2	Fe	A	38,4	MgO	A
94,9	Co	A	72,2	MgO	A	43,7	MgO	A
96,2	Rh	O	75,7	Tl	A, Res	44,0	Al	A, Res
96,2	Ru	O	78,2	MgO	A	51,0 R	SnO	A
97,1	Rh	O	86,1	Ru	O	58,6	Pd	O
97,7	Ni	A	87,9	Fe	A	58,9	Rh	O
3602,1	Co	A	88,5	Rh	O	61,5	Al	A, Res
04,6 V	LaO	A	90,5	Ru	A	68,5	Ca II	A
05,3	Cr	A	93,2	Rh	O	83,9 R	SnO	A
08,1 V	LaO	A	98,1	Ru	A	95,3	Co	A
08,9	Fe	A	98,3	Mo	A, K, Res			
09,5	Pd	A	98,9	Ru	A	4030,8	Mn	A, Res
10,5	Ni	A	99,1	MgO	A	33,0	Ga	A, Res
11,5 V	LaO	A	99,2	Pd	O	33,1	Mn	A, Res
12,5	Rh	O	99,3	Ru	A	34,5	Mn	A, Res
12,7	Ni	A	99,3	Rh	O	44,2	K	A
14,7 R	SnO	A	3801,0	Sn	A, K	45,8	Fe	O
14,9 V	LaO	A	02,7 R	SnO	A	47,2	K	A
18,8	Fe	A	05,0	MgO	A	57,8	Pb	A, Res

Wellenlänge Å	Emissionszentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)	Wellenlänge Å	Emissionszentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)	Wellenlänge Å	Emissionszentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)
4071,7	Fe	O	4636,8 R	BaO	A	5492,7 R	BaO	A
77,7	Sr II	A	48,2 R	AlO	A	5501,9 V	(F, C_2)	A, K; O, K
80,6	Ru	A	63,5 R	BaO	A	06,5 R	CaO	A
82,8	Rh	O	72,0 R	AlO	A	09,7 R	BaO	A
4101,8	In	A, Res	78,6 V	(F, C_2)	A, K	27,9 R	FeO	A
08,9 R	SnO	A	80,3 R	BaO	A	35,6	Ba	A, Res
12,7	Ru	O	84,8 V	(F, C_2)	A, K	40,7 V	(F, C_2)	A, K; O, K
18,8	Co	A	94,6 R	AlO	A	43,2 R	FeO	A
21,3	Co	A	97,6 V	(F, C_2)	A, K	43,7 R	CrO	A
28,9	Rh	O	4715,2 V	(F, C_2)	A, K	44,0	Ca	
35,3	Rh	O	15,5 R	AlO	A	47,8 R	BaO	A
44,4 R	SnO	A	22,2	Zn	A, K	64,1 R	CrO	A
72,1	Ga	A, Res	22,7 R	BaO	A	82,5 R	FeO	A
96,5	Rh	O	35,8 R	AlO	A	85,5 V	(F, C_2)	A, K; O, K
98,9	Ru	O	37,1 V	(F, C_2)	A, K	86,4 R	MnO	A
4201,9	Rb	A	41,0 R	BaO	A	92,0	$MnCl_2$	
06,0	Ru	O	70,1 R	(F, C_2)	O, K	5602,4 R	LaO	A
11,1	Rh	O	84,1 R	BaO	A	02,4 R	BaO	A
12,1	Ru	O	4810,5	Zn	A, K	09,5 R	MnO	A
13,0	Pd	O	30,0 R	BaO	A	13,9 R	FeO	A
15,5	Sr II	A	36,1 R	(F, C_2)	O, K	23,3 R	CrO	A
15,6	Rb	A	42,3 R	AlO	A	28,6 R	LaO	A
26,7	Ca	A, Res	50,6 R	BaO	A	35,5 V	(F, C_2)	A, K; O, K
40,3 R	SnO	A	66,4 R	AlO	A	38,9 R	MnO	A
54,3	Cr	A, Res	73,8 R	BaO	A	44,1 R	BaO	A
71,8	Fe	O	96,5 R	BaO	A	54,8 R	LaO	A
74,8	Cr	A, Res	4911,0 R	(F, C_2)	O, K	59,0 R	BaO	A
89,7	Cr	A, Res	34,1	Ba II	A	72,9 R	BaO	A
4307,9	Fe	O	41,7 R	BaO	A	81,1 R	LaO	A
12,5 V	(F, CH)	A, K	65,4 R	BaO	A	85,1 R	CrO	A
24,0	(F, CH)	A, K	96,7 R	(F, C_2)	O, K	99,0	Ru	A
25,8	Fe	O				5710,0 R	BaO	A
52,6 R	AlO	A	5012,4 R	BaO	A	13,7 R	BaO	A
65,2 V	(F, C_2)	A, K	86,7 R	BaO	A	19,3 R	CaO	A
71,4 V	(F, C_2)	A, K	97,7 V	(F, C_2)	A, K; O, K	48,7 R	CrO	A
72,0 R	LaO	A	5129,3 V	(F, C_2)	A, K; O, K	58,4 R	BaO	A
73,7 R	AlO	A	37,0	Ba		70,1 R	BaO	A
74,8	Rh	O	58,0	$MnCl_2$		89,6 R	FeO	A
75,8 R	LaO	A	65,2 V	(F, C_2)	A, K; O, K	94,4 R	CrO	A
79,7 R	LaO	A	93,0	B		5805,1 R	BaO	A
82,5 V	(F, C_2)	A, K	93,0	$MnCl_2$		05,6 R	FeO	A
83,5	Fe	O	5204,5	Cr	A	12,2 R	CaO	A
83,5 R	LaO	A	06,0	Cr	A	17,6 R	BaO	A
87,6 R	LaO	A	08,4	Cr	A	18,4 R	FeO	A
91,6 R	LaO	A	14,7 R	BaO	A	29,2 R	BaO	A
93,8 R	AlO	A	30,0	$MnCl_2$		52,1 R	CrO	A
95,7 R	LaO	A	81,2 R	CaO	A	59,6 R	MnO	A
4404,7	Fe	O	5346,0 R	CaO	A	64,5 R	BaO	A
18,2 R	LaO	A	47,0	Ba		67,6 R	FeO	A
23,2 R	LaO	A	49,7 R	BaO	A	69,5 R	LaO	A
28,1 R	LaO	A	50,5	Tl	A, Res	75,3 R	BaO	A
33,0 R	LaO	A	56,4 R	CrO	A	80,3 R	MnO	A
38,0 R	LaO	A	59,4 R	MnO	A	86,9 R	BaO	A
43,0 R	LaO	A	60,0	$MnCl_2$		90,0	Na	A, Res
48,0 R	LaO	A	66,7 R	BaO	A	95,9	Na	A, Res
70,5 R	AlO	A	82,5 R	LaO	A	96,7 R	LaO	A
94,0 R	AlO	A	89,4 R	MnO	A	5902,6 R	FeO	A
4511,3	In	A, Res	92,0	$MnCl_2$		09,1 R	MnO	A
16,4 R	AlO	A	94,7	Mn	A	13,1 R	CrO	A
24,0 R	BaO	A	5402,7 R	BaO	A	23,4 V	(F, C_2)	A, K; O, K
24,7	Sn	A, K	07,7 R	LaO	A	24,0 R	LaO	A
28,7	Rh	O	16,5 R	CrO	A	25,1 R	BaO	A
37,6 R	AlO	A	19,8 R	BaO	A	51,3 R	LaO	A
37,8 R	BaO	A	23,8 R	MnO	A	58,7 V	(F, C_2)	A, K; O, K
54,0	Ba II	A	24,0	$MnCl_2$		75,0 R	NdO	A
54,5	Ru	O	32,5	Mn	A	75,9 R	CrO	A
55,4	Cs	A	33,1 R	LaO	A	76,3 R	BaO	A
57,6 R	AlO	A	40,0	B		78,8 R	LaO	A
76,3 R	AlO	A	54,6 R	BaO	A	84,9 R	BaO	A
79,4 R	BaO	A	58,7 R	LaO	A			
84,4	Ru	O	70,3 V	(F, C_2)	A, K; O, K	6002,2 V	CaO	A
93,2	Cs	A	75,0 R	CaO	A	03,0 V	NdO	A
4607,3	Sr	A	79,2 R	CrO	A	04,9 V	(F, C_2)	A, K; O, K
21,1 R	BaO	A	81,0	B		39,6 R	BaO	A

Wellenlänge Å	Emissionszentrum	Bemerkungen (siehe S. 230)
6042,8 R	CrO	A
51,6 R	CrO	A
59,7 V	(F, C_2)	A, K; O, K
60,0	Sr	
85,1 V	SrO	A
90,2 V	SrO	A
94,8 R	FeO	A
96,5 V	SrO	A
6101,3 V	SrO	A
02,3 R	BaO	A
03,6	Li	A
07,5 V	SrO	A
08,0 R	CrO	A
09,3 R	FeO	A
09,9 V	SrO	A
11,0 R	BaO	A
11,9 V	SrO	A
16,2 V	SrO	A
16,2 R	BaO	A
22,1 V	(F, C_2)	A, K; O, K
54,9 R	MnO	A
65,1 R	BaO	A
67,3 R	CrO	A
69,6 R	BaO	A
75,9 R	MnO	A
80,7 R	FeO	A
82,0	Ca	
91,2 V	(F, C_2)	A, K; O, K
6203,0	Ca	
03,2 R	MnO	A
13,0	Cs	
18,3 R	FeO	A
24,7 R	BaO	A
29,1 R	CrO	A
69,0 V	CaO	A
91,0 R	BaO	A
94,1 R	CrO	A
6358,0 R	BaO	A
63,7 R	CrO	A
94,3 R	CrO	A
6411,0 R	NdO	A
23,1 R	BaO	A
25,0 R	NdO	A
40,0 R	NdO	A
42,3 V	(F, C_2)	O, K
51,5 R	CrO	A
80,5 V	(F, C_2)	O, K
93,1 R	BaO	A
6500,0 V	CaO	A
11,0 R	SmO	A
11,8 R	CrO	A
33,0 R	SmO	A
33,7 V	(F, C_2)	O, K
57,0 R	SmO	A
63,2 R	BaO	A
70,0 R	SmO	A
75,1 R	CrO	A
80,0 R	NdO	A
99,2 V	(F, C_2)	O, K
6600,0 R	NdO	A
20,0 R	NdO	A
28,0	Sr	
34,5 R	BaO	A
43,6 R	CrO	A
50,0 R	NdO	A
77,3 V	(F, C_2)	O, K
6700,0 R	FeO	A
04,5 R	BaO	A
07,9	Li	A, Res
15,1 R	CrO	A
23,3	Cs	
47,0	Sr	
50,0 V	CaO	A
63,2 V	(F, C_2)	O, K
6771,8 R	CrO	A
82,8 R	BaO	A
6829,2 R	CrO	A
57,2 R	BaO	A
58,8 V	(F, C_2)	O, K
61,4 V	SrO	A
67,9 V	SrO	A
75,6 V	SrO	A
84,5 V	SrO	A
91,5 R	CrO	A
6931,4 R	BaO	A
39,0	K	A
57,2 R	CrO	A
64,7	K	A
73,3	Cs	
7007,1 R	BaO	A
11,2 R	LaO	A
22,0 R	FeO	A
27,5 R	CrO	A
40,8 R	LaO	A
70,8 R	LaO	A
97,4 R	BaO	A
7101,0 R	LaO	A
31,6 R	LaO	A
62,6 R	LaO	A
76,6 R	BaO	A
87,1 R	CrO	A
93,7 R	LaO	A
7208,0 V	SrO	A
49,1 R	CrO	A
54,3 R	BaO	A
64,5 V	SrO	A
86,0 V	SrO	A
7308,3 R	CaO	A
13,8 R	CrO	A
18,5 R	CaO	A
26,0 R	CaO	A
36,9 R	BaO	A
75,3 R	CrO	A
7403,5 R	LaO	A
28,0 R	FeO	A
34,3 R	LaO	A
36,0 V	SrO	A
39,5 R	CrO	A
40,4 R	BaO	A
65,2 R	LaO	A
89,7 V	SrO	A
96,5 R	LaO	A
7500,6 R	SrO	A
22,8 R	SrO	A
23,5 R	BaO	A
27,0 R	FeO	A
28,2 R	LaO	A
41,6 R	SrO	A
60,0 R	LaO	A
92,3 R	LaO	A
7610,1 R	BaO	A
18,9	Rb	A
25,0 R	LaO	A
57,8 R	LaO	A
64,9	K	A, Res
87,8 R	CaO	A
90,0 R	FeO	A
91,1 R	LaO	A
99,0	K	A, Res
7712,2 R	CaO	A
13,9 R	CrO	A
15,5 R	CaO	A
21,1 R	CaO	A
25,0 R	LaO	A
57,7	Rb	A
75,0 R	FeO	A
78,1 R	CrO	A
7800,3	Rb	A, Res
15,2 R	BaO	A
42,8 R	CrO	A
52,8 R	SrO	A
82,3 R	SrO	A
7902,0 R	SrO	A
05,1 R	BaO	A
08,0 R	CrO	A
10,5 R	LaO	A
44,9 R	LaO	A
47,6	Rb	A, Res
79,7 R	LaO	A
8014,8 R	LaO	A
15,7	Cs	A
50,2 R	LaO	A
78,9	Cs	A
79,0	Cs	A
86,1 R	LaO	A
8112,0 R	FeO	A
22,2 R	LaO	A
53,1 R	CaO	A
59,0 R	LaO	A
64,7 R	CaO	A
67,3 R	CaO	A
83,3	Na	A
94,8	Na	A
96,1 R	LaO	A
8230,0 R	FeO	A
33,1 R	LaO	A
57,8 R	SrO	A
70,7 R	LaO	A
72,2 R	SrO	A
8302,0 R	FeO	A
60,3 R	CrO	A
8453,5 R	LaO	A
90,0 R	LaO	A
8521,1	Cs	A, Res
26,6 R	LaO	A
63,5 R	LaO	A
78,0 R	FeO	A
8600,8 R	LaO	A
38,5 R	LaO	A
52,2 R	CaO	A
76,6 R	LaO	A
8700,0 R	SrO	A
22,5 R	SrO	A
61,4	Cs	A
90,0 R	FeO	A
8943,5	Cs	A, Res

Die Anwendung der künstlich radioaktiven Isotope in Medizin und Biologie*

Von Dr. phil. HILDE LEVI

Zoophysiologisches Laboratorium A der Universität Kopenhagen

Einleitung

Seitdem die künstlich radioaktiven Isotope in Amerika, England sowie – in etwas geringerem Ausmaße – in einigen europäischen Ländern hergestellt werden können und in großen Mengen zur Verfügung stehen, hat ihre Anwendung in der medizinischen und biologischen Forschung eine Fülle neuer Untersuchungen ermöglicht. Nach Freigabe der in den Atomreaktoren produzierten radioaktiven Stoffe zu Forschungs- und Behandlungszwecken ist die von G. HEVESY entwickelte Indikatormethode zu einem Werkzeug geworden, das in kaum einem wissenschaftlichen Laboratorium oder Krankenhaus entbehrt werden kann. Die notwendige Meßapparatur ist in verschiedenster Ausführung auf den Markt gebracht und unzähligen speziellen Aufgaben angepaßt worden.

Es ist natürlich eine Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung der radioaktiven Indikatoren – ebenso wie für jede andere Methode –, daß man nicht nur die Meßtechnik beherrscht, sondern auch die gewonnenen Meßresultate kritisch zu bewerten versteht. Untersuchungen mit Hilfe von Isotopen können eine eingehende Kenntnis der biologischen Prozesse und der physikalisch-chemischen Grundlagen keineswegs ersetzen.

Die folgenden Tabellen bringen außer einer Übersicht über die in der medizinischen und biologischen Forschung angewandten Isotope die physikalischen Daten, die zur Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten und der strahlenbiologischen Wirkung dieser Stoffe notwendig sind. Bei der Zusammenstellung der Tabellen mußte unter den Hunderten von künstlich radioaktiven Isotopen eine begrenzte Auswahl getroffen werden, wobei natürlich bestimmend war, ob das betreffende Isotop in der Biologie oder Medizin angewandt worden oder anwendbar ist. Dies hängt hinwiederum unter anderm davon ab, ob das betreffende Element im Organismus eine – wenn auch nur kleine – Rolle spielt und ob die physikalischen Eigenschaften seines radioaktiven Isotops dessen Anwendung praktisch möglich machen. Mehrere biologisch interessante radioaktive Isotope zerfallen so rasch, das heißt im Laufe von Sekunden oder wenigen Minuten, daß sie zu biologischen Versuchen wegen ihrer Lebensdauer ungeeignet sind. Solche Isotope sind in den Tabellen weggelassen.

Ferner sind diejenigen Stoffe nicht aufgeführt, die bis jetzt nur als «Spurenelemente» angesehen werden. Die Tatsache, daß radioaktive Isotope in außerordentlich geringer Konzentration bzw. hoher Verdünnung nachgewiesen werden können, ermöglicht die Applikation nichttoxischer Mengen. Zahlreiche Isotope solcher Elemente sind versuchsweise Tieren eingegeben worden; die Verteilung im Organismus und die Ausscheidung wurden gemessen, ohne daß jedoch wesentliche Schlußfolgerungen aus diesen Messungen gezogen werden konnten.

Tabelle 1 gibt die physikalischen Eigenschaften der wichtigsten künstlich radioaktiven Isotope. Spalte 2 enthält die Halbwertzeiten, Spalte 3 die Zerfallsart, Spalte 4 und Spalte 7 die maximale Energie der β-Strahlung bzw. der γ-Strahlung in MeV (Million-Elektron-Volt), Spalte 5 die mittlere Energie der β-

Tabelle 1

Physikalische Eigenschaften der für die Medizin und Biologie wichtigsten künstlich radioaktiven Isotope

Isotop	Halbwertzeit[1]	Art des Zerfalls	Maximale Energie der β-Strahlung[1] MeV	Mittlere Energie der β-Strahlung MeV	Maximale Reichweite der β-Strahlung in H_2O mm	Energie der γ-Strahlung[1] MeV	Zerfallsrate pro Tag**
^{3}H	12,26 a	β^-	0,018	0,006	0,003		2×10^{-4}
^{11}C	20 m	β^+	0,98	0,38	4		1,0
^{14}C	5568 a	β^-	0,155	0,05	0,3		4×10^{-7}
^{13}N	10 m	β^+	1,25	0,48	5,6		1,0
^{18}F	1,87 h	β^+	0,65	0,25	2,5		1,0
^{22}Na	2,6 a	β^+; γ	0,54	0,2	2	1,28	7×10^{-4}
^{24}Na	15,0 h	β^-; γ	1,39	0,54	6	1,37; 2,76	0,68
^{31}Si	2,62 h	β^-; γ	1,47	0,6	7	1,26	0,998
^{32}P	14,2 d	β^-	1,71	0,68	8		0,05
^{35}S	87 d	β^-	0,167	0,05	0,3		0,008
^{36}Cl	$3{,}1 \times 10^5$ a	β^-	0,714	0,24	2,5		5×10^{-9}
^{38}Cl	37,3 m	β^-; γ	4,8; 2,8; 1,1	1,39	27	1,6; 2,15	1,0
^{42}K	12,5 h	β^-; γ	3,6; 2,0	1,4	19	1,53	0,74
^{45}Ca	153 d	β^-	0,25	0,09	0,6		0,004
^{51}Cr	27,8 d	γ; K		0,01		0,323	0,01
^{52}Mn	5,7 d	β^+; γ; K	0,58	0,2	2,2	0,7; 0,9; 1,5	0,10
^{54}Mn	291 d	γ; K		0,005		0,84	0,002
^{55}Fe	2,94 a	K		0,006			6×10^{-4}
^{59}Fe	45 d	β^-; γ	0,46; 0,27; 1,56	0,12	1,6	1,1; 1,3; 0,19	0,015
^{60}Co	5,25 a	β^-; γ	0,306	0,1	0,8	1,17; 1,33	4×10^{-3}
^{63}Zn	38 m	β^+; γ; K	2,36; 1,4	0,96	11	1,0; 1,9; 2,6	1,0
^{65}Zn	245 d	β^+; γ; K	0,325	0,1	0,8	1,11	0,003
^{82}Br	36 h	β^-; γ	0,44	0,15	1,4	0,55–1,48	0,40
^{85}Kr	10,6 a	β^-; γ	0,67	0,2	2,5	0,52	2×10^{-4}
^{89}Sr	51 d	β^-; γ	1,46	0,55	7	0,91	0,013
^{131}I	8 d	β^-; γ	0,61; 0,81	0,2	2	0,36; 0,6–0,72	0,08
^{198}Au	2,69 d	β^-; γ	0,96; 0,29; 1,37	0,34	3,8	0,41; 0,67; 1,1	0,26

* Definitionen der Maßeinheiten: Erg (erg) und Elektron-Volt (eV) siehe S. 187; Millicurie (mc), Mikrocurie (μc) und Röntgen (r) siehe S. 197; Rad siehe S. 198.

** Siehe auch Zerfallstabellen radioaktiver Isotope, S. 240–254.

1) Die Zahlenwerte sind STROMINGER et al., *Rev. mod. Phys.*, **30**, 585 (1958), und dem *International Directory of Radioisotopes*, Bd. 1, International Atomic Energy Agency, Wien (1959), entnommen.

Strahlung. Spalte 6 der Tabelle 1 gibt die maximale Reichweite der β-Komponente in Wasser an. Diese Größe ist von besonderem Interesse, wenn die von einem lokal applizierten radioaktiven Isotop bestrahlte Gewebemenge zu bestimmen ist. Vereinfachend setzt man die Dichte des frischen Gewebes gleich der des Wassers, das heißt gleich 1. Wird zum Beispiel eine gegebene Menge ^{32}P nahezu punktförmig in eine Gewebemasse eingeführt (es ist hier an eine unlösliche, nicht resorbierbare Verbindung gedacht), so wird das umgebende Gewebe bis zu einem Abstand von 8 mm von der Applikationsstelle bestrahlt. Ferner gibt die maximale Reichweite auch die Abschirmung, die zur völligen Absorption der β-Strahlung notwendig ist. Die letzte Spalte gibt den Bruchteil des Isotops an, der je Tag zerfällt. Auch dieser Zahlenwert geht in die Dosisberechnung ein und ist deshalb in Tabelle 2 wiederholt.

Es sei an dieser Stelle betont, daß die Halbwertzeiten und die Maximalenergien einiger Isotope noch immer nicht endgültig bestimmt sind. Neuere und exaktere Meßmethoden haben zu von früheren Ergebnissen abweichenden Resultaten geführt.

Tabelle 2

Dosierung einiger künstlich radioaktiver Isotope *

(1) Isotop	(2) Halbwertzeit T	(3) Zerfallsrate je Tag f_d	(4) Mittlere Energie der β-Strahlung $\bar{E}_\beta$ (MeV)	(5) Dosisfaktor K_β	(6) Maximal zulässige Konzentration S_β (μc/kg)	(7) Kritisches Organ[1]	(8) Gewicht des kritischen Organs[1] (g)	(9) Maximal zulässige Konzentration im gesamten Körper[1] (μc)
^{3}H	12,26 a	2×10^{-4}	0,006	2400	140	ges. Körper	7×10^{4}	10^{3}
^{11}C	20 m	1,0	0,38	0,47	106	—	—	—
^{14}C	5568 a	4×10^{-7}	0,05	9×10^{6}	16	Fett; ges. Körper	10^{4}; 7×10^{4}	300; 400
^{13}N	10 m	1,0	0,48	0,3	167	—	—	—
^{18}F	1,87 h	1,0	0,25	1,8	28	—	—	—
^{22}Na	2,6 a	7×10^{-4}	0,2	$1{,}8 \times 10^{4}$	4	ges. Körper	7×10^{4}	10
^{24}Na	15,0 h	0,68	0,54	29	2,5	ges. Körper	7×10^{4}	7
^{31}Si	2,62 h	0,998	0,6	6	7,2	ges. Körper	7×10^{4}	30
^{32}P	14,2 d	0,05	0,68	860	1,16	Knochen	7×10^{3}	6
^{35}S	87 d	0,008	0,05	380	15	Haut; Testes	2×10^{3}; 40	100
^{36}Cl	$3{,}1 \times 10^{5}$ a	5×10^{-9}	0,24	3×10^{9}	3	ges. Körper	7×10^{4}	80
^{38}Cl	37,3 m	1,0	1,39	3,2	16	—	—	—
^{42}K	12,5 h	0,74	1,4	70	1,0	Muskel	3×10^{4}	20
^{45}Ca	153 d	0,004	0,09	1200	10,5	Knochen	7×10^{3}	30
^{51}Cr	27,8 d	0,01	0,01	20	100	ges. Körper	7×10^{4}	800
^{52}Mn	5,7 d	0,10	0,2	10	50	ges. Körper	7×10^{4}	9
^{54}Mn	291 d	0,002	0,005	135	185	Leber	$1{,}7 \times 10^{3}$	20
^{55}Fe	2,94 a	6×10^{-4}	0,006	570	140	Milz; Blut	150; 5×10^{3}	1000
^{59}Fe	45 d	0,015	0,12	480	7	Milz; Blut	150; 5×10^{3}	20
^{60}Co	5,25 a	4×10^{-3}	0,1	$1{,}7 \times 10^{4}$	7,4	ges. Körper	7×10^{4}	10
^{63}Zn	38 m	1,0	0,96	2,3	22	—	—	—
^{65}Zn	245 d	0,003	0,1	220	80	ges. Körper	7×10^{4}	60
^{82}Br	36 h	0,40	0,15	20	6,4	ges. Körper	7×10^{4}	10
^{85}Kr	10,6 a	2×10^{-4}	0,2	6×10^{4}	8	—	—	—
^{89}Sr	51 d	0,013	0,55	2600	1,5	Knochen	7×10^{3}	4
^{131}I	8 d	0,08	0,2	140	4,5	Schilddrüse	20	0,7
^{198}Au	2,69 d	0,26	0,34	—	2,3	Niere	3×10^{3}	20

Zu Spalte 3: Zerfallsrate des Isotops in 24 Stunden: $f_d = (1 - e^{-0{,}693/T})$, wobei T = Halbwertzeit in Tagen (siehe auch S. 240–254).

4: Bei ^{51}Cr, ^{54}Mn und ^{55}Fe, die keine β-Strahlung aufweisen, ist die γ-Strahlung nach Elektroneneinfang aus der K-Schale berücksichtigt.

5: $K_\beta = 88 \times \bar{E}_\beta \times T$ = Dosis in Rep** für je ein vollständig zerfallenes Mikrocurie je Gramm Gewebe. Die Werte sind auf Grund der angegebenen physikalischen Daten berechnet.

6: Die maximal zulässige Konzentration in Mikrocurie je Kilogramm Gewebe, welche die maximal zulässige Dosis von 0,05 rep je Tag liefert, ist $S_\beta = \frac{0{,}05 \times 1000}{K_\beta \times f_d}$. Bei der Berechnung ist für gleichzeitig β- und γ-strahlende Isotope nur die β-Komponente berücksichtigt *. Die Werte sind auf Grund der angegebenen physikalischen Daten berechnet.

Tabelle 2 gibt die für die Dosisschätzung notwendigen Daten, die maximal zulässigen Konzentrationen in Mikrocurie je Kilogramm Gewebe und die maximal zulässigen Konzentrationen einiger Isotope im menschlichen Körper bei andauernder Aussetzung. Da eine eingehende Diskussion des Toleranzproblems über den Rahmen der vorliegenden Bemerkungen hinausgeht, sei hier nur erwähnt, daß die zulässige Dosis 0,3 r pro Arbeitswoche (meist 40 Stunden) den Berechnungen der Tabelle 2 zugrunde gelegt wurde. Dieser Wert für die maximal zulässige Dosis wurde in den letzten Jahren in den meisten Ländern anerkannt, ist jedoch nicht endgültig.

Die Spalten 2, 3 und 4 der Tabelle 2 geben die Halbwertzeiten, die Zerfallsraten und die mittlere Energie der β-Strahlung an. Der Dosisfaktor K_β errechnet sich nach der Gleichung $K_\beta = 88 \times \bar{E}_\beta \times T$, wobei $\bar{E}_\beta$ die mittlere Energie der β-Strahlung, T die Halbwertzeit in Tagen ist; der Faktor 88 ist unter anderm auf die Umrechnung von Million-Elektron-Volt in die Energieeinheit Erg zurückzuführen. Der Dosisfaktor gibt also die Dosis

* Dosisleistungen einiger γ-Strahler sind in Tabelle 3, S. 236, aufgeführt.

** Das Rep ist nach ICRU-Report 1957 (*Handbook 62*, NBS, Washington) eine fallengelassene Einheit. Es entspricht ca. 0,93 rad (Gewebe).

1) Die Angaben in den Kolonnen 7–9 sind der Publikation *Maximum Permissible Amounts of Radioisotopes in the Human Body and Maximum Permissible Concentrations in Air and Water*, National Bureau of Standards Handbook 52, Washington (1953), S. 15/16, sowie den Empfehlungen der International Commission on Radiological Protection, 1959 (*Brit. J. Radiol.*, im Druck), entnommen.

für je ein vollständig zerfallendes Mikrocurie je Gramm Gewebe (Spalte 5). Die maximal zulässige Konzentration ist in Spalte 6 angegeben. Zur Vereinfachung ist angenommen, daß sich die in Spalte 1 genannten Isotope gleichmäßig in einem Kilogramm Gewebe verteilen, und unter dieser Voraussetzung wurde berechnet, welche Konzentrationen der verschiedenen Isotope dieser Gewebemasse die zulässige Dosis von 0,05 rep je Tag liefern. (Der Wert 0,05 rep = $^1/_6$ der Wochendosis ist ebenfalls eine grobe Annäherung.) Es ist einleuchtend, daß die Werte für S_β nur zur Orientierung dienen, da sich die wenigsten Stoffe gleichmäßig im Organismus verteilen. Bei einigen Stoffen, zum Beispiel Jod und Calcium, kennt man die Gewebemasse, in der sich das Isotop vorzugsweise ansammelt, und man kann daher abschätzen, wie viele Mikrocurie dem Gesamtorganismus zugeführt werden können, ohne daß die zulässige Dosis in dem betreffenden Gewebe überschritten wird. Tabelle 3 enthält die Bestrahlungsdosisleistung des γ-Anteils einiger wichtiger β- und γ-strahlender Isotope (Isotopenquelle von 1 mc in einer Entfernung von 1 m bzw. 1 cm). (Über die spezifische Gammastrahlungsleistung siehe S. 198).

Auf Grund obiger Betrachtungen sind in der einschlägigen Literatur Werte für die «zulässige» Indikator-Konzentration zu finden (permissible tracer level), und man meint damit diejenige Menge eines Isotops in Mikrocurie, die man dem menschlichen Organismus zuführen kann, ohne zu irgendeinem Zeitpunkt in irgendeinem Gewebe die maximal zulässige Konzentration zu überschreiten. Eine zuverlässige Berechnung solcher «zulässigen» Indikator-Konzentrationen erfordert jedoch die Berücksichtigung zahlreicher biologischer und physikalisch-chemischer Faktoren (Resorption, Verweilzeit, Ausscheidungsgeschwindigkeit, «biologische Halbwertzeit», Verteilung usw.). Eine Veröffentlichung dieser Art von kompetenter Seite liegt nach Ansicht der Verfasserin zurzeit noch nicht vor.

Tabelle 3

Dosiskonstante I_γ je Millicurie verschiedener γ-strahlender Isotope*

Isotop	Halbwertzeit (annähernd)	Energie der γ-Strahlung in MeV (annähernd)	Dosiskonstante mr/mch in 1 m Entfernung**	Dosiskonstante r/mch in 1 cm Entfernung**
^{22}Na	2,6 a	1,3	1,16	13
^{24}Na	15,0 h	1,4; 2,8	1,87	18,7
^{38}Cl	37 m	1,6; 2,2	0,76	7,6
^{42}K	12,5 h	1,5	0,15	1,5
^{51}Cr	27,8 d	0,3	0,18	1,8
^{52}Mn	5,7 d	0,7; 0,9; 1,5	1,95	19,5
^{56}Mn	2,6 h	0,8; 1,8; 2,1	0,94	9,4
^{59}Fe	45 d	1,1; 1,3; 0,2	0,62	6,2
^{60}Co	5,3 a	1,2; 1,3	1,31	13,1
^{63}Zn	38 m	1,0; 1,9; 2,6	0,69	6,9
^{65}Zn	245 d	1,1	0,28	2,8
^{82}Br	36 h	0,5–1,5	1,46	14,6
^{131}I	8 d	0,4; 0,6–0,7	0,22	2,2
^{137}Cs	30 a	0,7	0,31	3,1
^{182}Ta	112 d	effektiv 1,1	0,61	6,1
^{192}Ir	74,4 d	effektiv 0,6	0,50	5,0
^{198}Au	2,7 d	0,4; 0,7; 1,1	0,24	2,35

Wertvolle Aufschlüsse und Richtlinien betreffend diese schwierigen Probleme sind aus den «Empfehlungen» der International Commission on Radiological Protection (ICRP) zu ersehen. Diese werden in regelmäßigen Abständen veröffentlicht[1] und sind außerdem in der Reihe der Handbücher des National Bureau of Standards, Washington[2], enthalten. Man muß sich jedoch klar darüber sein, daß sich die ICRP von Anfang an nur mit der beruflichen Exponierung, das heißt der externen Bestrahlung mit Röntgen- oder γ-Strahlen, beschäftigt hat. Im Laufe der letzten Jahre hat die Unterkommission II der ICRP jedoch Ergebnisse gesammelt und Berechnungen der maximal zulässigen Konzentration von Radionukliden in der Luft und im Wasser ausgeführt und auch versucht, die maximal zulässige Körperbelastung dieser Stoffe bei dauernder Aufnahme anzugeben. Das *National Bureau of Standards Handbook 52*[2] enthält diese Daten; die aufgeführten Zahlen sind von besonderem Interesse für die verantwortlichen Leiter von Isotopenversuchen sowie für Personen, die mit der diagnostischen und therapeutischen Anwendung von radioaktiven Isotopen beim Menschen zu tun haben.

Die allerneuesten Veröffentlichungen der ICRP (1958[3] und 1959[4]) sind umfassender als alle vorausgehenden, da sie neben den früheren Angaben auch eine kritische Auswertung des Begriffes «maximal zulässige Dosis» für andere Einzelpersonen und Bevölkerungsgruppen als die beruflich exponierten bringen. Die allgemeine Einstellung, die diesen «Empfehlungen» zugrunde liegt, kommt auf den 18 Seiten der 1958er «Empfehlungen»[3] deutlich zum Ausdruck. Bezüglich der beruflichen Exponierung sei der folgende kurze Abschnitt angeführt: «Die maximal zulässige, in den Gonaden, den blutbildenden Organen und den Linsen der Augen akkumulierte Totaldosis soll stets bei einem Alter von über 18 Jahren durch die Gleichung $D = 5\ (N - 18)$ bestimmt sein, wo D die Gewebsdosis in Roentgen-equivalent-man (rem) und N das Alter in Jahren ist. Für eine Person, die vom 18. Lebensjahr an beruflich mit einer konstanten Dosisleistung bestrahlt wird, bedeutet die Formel eine maximale Wochendosis von 0,1 rem. Es wird empfohlen, diesen Wert Plänen und Entwürfen zugrunde zu legen.»

Bei einer Bestrahlung von Einzelpersonen, die sich im wesentlichen auf Teile oder einzelne Organe des Körpers – ausgenommen die Gonaden, die blutbildenden Organe und die Linsen der Augen – beschränkt, ist eine höhere als die von der obengenannten Formel abzuleitende Dosis gestattet. Die folgenden Empfehlungen sind denjenigen des Komitees entnommen: «Während 13 Wochen eine maximale Dosis von 8 rem für die Haut, 20 rem für Hände und Unterarme, Füße und Knöchel und 4 rem für eine begrenzte Exponierung anderer innerer Organe, ausgenommen der Schilddrüse, der Gonaden und der blutbildenden Organe.»

Die maximal zulässige interne Exponierung von Einzelpersonen infolge der Aufnahme radioaktiver Isotope wird in den ICRP-Empfehlungen nicht ausdrücklich besprochen, aber die in den Jahren 1958/1959 vorgenommene Revision der Zahlenwerte für die maximal zulässige Körperbelastung bei andauernder Exponierung – in Verbindung mit den Empfehlungen hinsichtlich der Exponierung von Einzelpersonen – kann als Grundlage für die Schätzung eines zulässigen Isotopenniveaus im Menschen verwendet werden.

Das Problem der genetischen Schädigung der Gesamtbevölkerung durch externe oder interne Bestrahlung hat mit der vorliegenden Diskussion der Anwendung von radioaktiven Isotopen in der medizinischen Forschung und Therapie nur wenig zu tun. Der Leser, der sich für dieses Problem interessiert, sei ebenfalls auf die «Empfehlungen» von 1958[3] (S. 14–16) hingewiesen.

Um dem Leser schätzungsweise Berechnungen von maximal zulässigen Konzentrationen zu erleichtern, sind in den Tabellen 4 und 5 einige Zahlenwerte des «Standardmenschen» abgedruckt, die den Berechnungen der Internationalen Radiologischen Kommissionen zugrunde liegen.

* Weiteres über Dosisleistung siehe unter Radiologische Dosiseinheiten, S. 197.

** Quellen zu diesen Angaben sind in der Tabelle auf S. 198 gegeben.

1) In folgenden Zeitschriften: *British Journal of Radiology* (besonders Suppl. 6, 1955); *American Journal of Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine*; *Nucleonics*; *Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin.*

2) *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection and of the International Commission on Radiological Units*, National Bureau of Standards Handbook 47, Washington (1950); *Maximum Permissible Amounts of Radioisotopes in the Human Body and Maximum Permissible Concentrations in Air and Water*, National Bureau of Standards Handbook 52, Washington (1953).

3) *Radiation Protection*: *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, London und New York (1959).

4) International Commission on Radiological Protection, *Brit. J. Radiol.*, im Druck.

Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die wichtigsten in der Medizin und Biologie angewandten radioaktiven Isotope. Bei der medizinischen Anwendung ist zwischen Therapie und Diagnose unterschieden, während medizinisch-physiologische Indikator-Untersuchungen unter Biologie aufgeführt sind. Die Literatur auf diesem Gebiete ist so umfangreich, daß jeder Versuch, auf die Originalarbeiten hinzuweisen, zu einer unvollständigen und daher ungerechten Literaturübersicht führen würde. Über Prinzipien der strahlentherapeutischen Anwendung radioaktiver Isotope siehe S. 239.

Tabelle 4

Gewichtsverteilung beim «Standardmenschen»[1] (Gesamtkörpergewicht rund 70 kg)

Organ	Gewicht in Gramm	Organ	Gewicht in Gramm
Fett	10 000	Testes	40
Muskeln	30 000	Herz	300
Skelett:		Lymphdrüsen	700
Knochen	7 000	Gehirn	1 500
Rotes Knochenmark	1 500	Rückenmark	30
Weißes Knochenmark	1 500	Blase	150
Blut	5 400	Speicheldrüse	50
Magendarmkanal (ohne Inhalt)	2 000	Augen	30
Lungen	1 000	Zähne	20
Leber	1 700	Prostata	20
Niere	300	Nebennieren	20
Milz	150	Thymusdrüse	10
Pancreas	70	Haut	2 100
Schilddrüse	20	Bindegewebe	4 100

Tabelle 5

Andere Eigenschaften des «Standardmenschen» (Gesamtkörpergewicht rund 70 kg)

Chemische Zusammensetzung des Körpers[1]			*Wasserhaushalt (hydraulisches Gleichgewicht)*[1]	
Element	Prozentsatz des Gesamtkörpergewichts	Gesamtgewicht g		Milliliter je Tag
Sauerstoff	65,0	45 500	Tägliche Wasseraufnahme:	
Kohlenstoff	18,0	12 600	Mit der Nahrung (einschließlich 300 ml	
Wasserstoff	10,0	7 000	Verbrennungswasser)	1000
Stickstoff	3,0	2 100	Als Flüssigkeit	1500
Calcium	1,5	1 050	Total	2500
Phosphor	1,0	700		
Schwefel	0,25	175	Tägliche Wasserausscheidung:	
Kalium	0,2	140	Schweiß	500
Natrium	0,15	105	Aus der Lunge	400
Chlor	0,15	105	In den Fäces	100
Magnesium	0,05	35	Im Harn	1500
Eisen	0,006	4	Total	2500
Kupfer	0,000 2	0,1		
Mangan	0,000 03	0,02	Eingeatmete Luft pro Tag:	
Jod	0,000 04	0,03	8 Arbeitsstunden	10×10^6
			16 Ruhestunden	10×10^6
			Total	20×10^6

Tabelle 6

Anwendung der Isotope

Anwendung in der Medizin	Isotop	Biologische und physiologische Anwendung
	Wasserstoff ^{3}H	Körperwassergehalt
	Kohlenstoff ^{11}C	CO_2 -Stoffwechsel
	^{14}C	Verwendung von ^{14}C-markierten Substanzen bei Stoffwechseluntersuchungen (Lokalisierung, Reaktionsmechanismus, Verweil- oder Lebensdauer, Stoffwechsel-Pool einer Substanz mit Hilfe der Isotopen-Verdünnungsmethode). Kohlenhydrat-, Fett-, Protein-, Aminosäuren-Stoffwechsel.
	Stickstoff ^{13}N	Gasaustausch bei der Atmung.

1) Nach Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, *Brit. J. Radiol.*, Suppl. 6 (1955).

Tabelle 6 (Fortsetzung)

Anwendung in der Medizin	Isotop	Biologische und physiologische Anwendung
	Fluor ^{18}F	Physiologie und Chemie der Knochen und Zähne.
Therapie: Ganzbestrahlung, Erythropoese, Polyglobulie. Diagnose: Kreislaufmessungen mit Plasma, dem ^{24}Na zugesetzt wird. Bestimmung des extrazellulären Raumes nach der Verdünnungsmethode. Extremitäten- und Organdurchblutung. Kardiale Insuffizienz.	Natrium ^{24}Na	(Auch ^{22}Na). Ausscheidung, Resorption, Permeabilitätsuntersuchungen an Kapillaren, Magen- und Darmwand, Placenta, Organzellwänden, Verteilung zwischen Plasma und Gewebe. Ionentransport.
Therapie: Oberflächentherapie bei Fehl- und Mißbildungen, Hautverletzungen, Ekzemen. Chronische Leucämie und Polycythämie. Selektivbestrahlung mit kolloidalen ^{32}P-haltigen Stoffen. Diagnose: Blutvolumenbestimmung und Kreislaufdiagnostik mit ^{32}P-markierten Erythrocyten.	Phosphor ^{32}P	Mineralstoffwechsel, Intermediärstoffwechsel.
Therapie: Versuche mit Selektivbestrahlung der Gelenke. Diagnose: Untersuchung über Schwefelanhäufung in Tumoren.	Schwefel ^{35}S	Permeabilitätsstudien. Intermediärstoffwechsel. Stoffwechsel der schwefelhaltigen Aminosäuren und Peptide, ^{35}S-markierte Pharmaceutica. Mineralstoffwechsel.
	Chlor ^{36}Cl ^{38}Cl	Mineralstoffwechsel, Permeabilität, Ionentransport durch Membranen.
	Kalium ^{42}K	Mineralstoffwechsel. Physiologie der Nebenniere.
	Calcium ^{45}Ca	Mineralstoffwechsel. Einlagerung von Calcium im Knochen bei rachitischen und mit Vitamin D behandelten Tieren. Knochenheilung.
Diagnose: Blutvolumen- und Kreislaufuntersuchungen mit ^{51}Cr-markierten Erythrocyten.	Chrom ^{51}Cr	Plasma-Proteinuntersuchungen mit $^{51}CrCl_3$.
Therapie: Lokalbestrahlung von Lymphknoten. Verteilung von kolloidalem MnO_2 im reticulo-endothelialen System.	Mangan ^{52}Mn ^{54}Mn	Mineralstoffwechsel.
Diagnose: Blutvolumen, Lebensdauer der Erythrocyten.	Eisen ^{55}Fe ^{59}Fe	Mineralstoffwechsel, Physiologie des Blutes, Resorption von der Schleimhaut des Magendarmkanals. Verteilung des Eisens im Organismus. Blutkonservierung.
Therapie: Telecurietherapie, extern (hohe Tiefendosen). Kobaltdraht zur Lokalapplikation. Intrakavitär Kobaltchlorid flüssig in Gummiballons als Hohlapplikator (Blase).	Kobalt ^{60}Co	Mineralstoffwechsel.
Therapie: Intratumorale Therapie, ^{63}Zn als unlösliches Sulfid und als Sol; auch bei intraperitonealer und intrapleuraler Applikation. ^{63}Zn in grobdisperser Sulfidform führt zur selektiven Fixation in der Lunge.	Zink ^{63}Zn ^{65}Zn	Mineralstoffwechsel. Lebensdauer von Leucocyten.
	Brom ^{82}Br	Elektrolytenaustausch. Physiologie der Schilddrüse, Verteilung bromierter Farbstoffe.
Diagnose: Bestimmung des Minutenvolumens.	Krypton ^{85}Kr	Gasaustausch bei der Atmung.
Therapie von Knochensarkomen.	Strontium ^{89}Sr	Absorption – Verteilung – Ausscheidung. Physiologie der Knochen.
Therapie: Selektivbestrahlung der Schilddrüse, Behandlung von Hyperthyreose, Schilddrüsenkarzinom, diffusen und knotigen Strumen. Diagnose: Dysfunktion der Schilddrüse. Lokalisierung von Geschwülsten mittels ^{131}I-Dijodofluorescein.	Jod ^{131}I	Jodstoffwechsel. Physiologie der Schilddrüse.
Telecurietherapie.	Caesium ^{137}Cs	
Therapie: Oberflächenbestrahlung, in Moulagen eingebaut; Spickung mit Draht.	Tantal ^{182}Ta	
Therapie: Interstitielle Applikation.	Iridium ^{192}Ir	
Therapie: In unlöslicher Form (Pektinsol) zur Innenraumbehandlung (Blase). Bauchfell- und Pleurocarcinose. Intratumorale Therapie.	Gold ^{198}Au	Absorption – Verteilung – Ausscheidung. Verteilung bei Arthritis.

Prinzipien der strahlentherapeutischen Anwendung radioaktiver Isotope[1]

Von Dr. phil. nat. H. LÜTHY, Isotopenlabor des Bürgerspitals, Basel

Im Gegensatz zu den natürlichen radioaktiven Strahlern, die nur im Zerfallsgleichgewicht mit ihren Folgeprodukten unter gasdichtem Einschluß (Nadeln, Röhrchen oder Platten aus Platin, Gold oder Monelmetall) verwendet werden können, erlauben künstlich radioaktive Isotope eine Anwendung in fester oder flüssiger Form, meistens ohne Umhüllung. Die Lokalisierung eines strahlenden Nuklids auf einen umschriebenen Krankheitsherd unter möglichster Schonung des gesunden Gewebes – Grundprinzip der Strahlentherapie – kann mit verschiedenen Methoden erreicht werden.

1. Teletherapie (γ-Strahler)

Isotop: vor allem ^{60}Co; spezifische Aktivitäten: 20–100 c/g. (Übliche Quellengröße: Zylinder, 10×10 bis 25×25 mm).

Die Quelle befindet sich vollkommen strahlengeschützt in einem Wolfram- oder Bleibehälter. Der Strahlenaustritt wird durch variable oder austauschbare Blenden aus Wolfram begrenzt. Die gewünschte Expositionszeit wird durch einen ferngesteuerten Wolframverschluß bewirkt. Bestrahlungsdistanzen: 20–100 cm, je nach Aktivität; Feldgrößen: etwas kleinere, als in der Röntgentiefentherapie üblich. Kreuzfeuertechnik oder Rotations- und Pendelbestrahlung. Vorteile gegenüber Röntgentherapie bei 200 kV: höhere relative Tiefendosen; schärfere seitliche Feldbegrenzung; die Knochenabsorption ist praktisch gleich der Weichteilabsorption (Schonung des Knochens!); das Dosismaximum liegt 4–5 mm *unter* der Hautoberfläche (Dosis auf Hautoberfläche 25–30% des Maximums, wesentlich geringere Hautreaktion). Die relative biologische Wirksamkeit, verglichen mit 200 kV Röntgenstrahlung, beträgt etwa 0,8; man dosiert allgemein etwas höher als bei Röntgentherapie.

Isotop: ^{137}Cs. Verunreinigung mit ^{134}Cs (kürzere Halbwertzeit) ist möglich, was rascheres Absinken der anfänglichen Aktivität bedingt. Vorteil von ^{137}Cs: größere Halbwertzeit als ^{60}Co. Nachteile: wesentlich geringere spezifische Aktivität, deshalb größere Quellen und damit großer Halbschatten; kleinere γ-Energie, Haut- und Knochenschonung geringer als bei ^{60}Co.

2. Oberflächenbestrahlung

Zur Bestrahlung rein oberflächlicher Krankheitsherde (Dermatologie, Ophthalmologie) eignen sich reine β-Strahler, die als Flächenapplikatoren auf die Läsion gelegt werden. Isotope: ^{32}P und ^{90}Sr–^{90}Y. Maximale Eindringtiefe 5–8 mm, praktische Reichweite ca. 3 mm. Handelsformen: flexible Kunststoffolie mit 20% rotem Phosphor, im Atomreaktor aktiviert. Metallkapseln mit ^{90}Sr gefüllt, Austrittsfläche mit dünner Silberfolie gefiltert; zur Wirkung kommt die β-Strahlung der Tochtersubstanz ^{90}Y; für ophthalmologische Zwecke sind der Corneakrümmung angepaßte Applikatoren erhältlich.

Größere Tiefenwirkung wird mit oberflächlich aufgelegten γ-Strahlern erreicht. Handelsformen: Granulat aus ^{60}Co in plastisch verformbarer Masse (Plastobalt) oder ^{60}Co-Kugeln (6 mm Durchmesser, goldplattiert) in verformbarer Moulage; optimale Anpassung an komplizierte Oberflächenkrümmung; steiler Dosisabfall in die Tiefe (quadratisches Abfallgesetz): Tantaldraht ^{182}Ta in biegbarem Plasticschlauch, als Ringquelle besonders für epibulbäre Bestrahlung.

3. Interstitielle Bestrahlung

a) Spickmethode mit festen γ-Strahlern. Drähte aus ^{60}Co (duktile Legierung «Cobanic» 55% Ni + 45% Co) in Stahlnadeln oder Nylonschläuchen, die als «Faden» in die Läsion eingenäht werden können und gegenüber starren Trägern wesentliche Vorteile besitzen. Speziell für die Bestrahlung der Blasenwand wurde eine Technik entwickelt, mit der haarnadelförmige Schleifen aus Tantaldraht (^{182}Ta, 0,4 mm Durchmesser, 0,1 mm Platinüberzug) in das Tumorgewebe eingezogen werden. ^{192}Ir besitzt ebenfalls sehr günstige Eigenschaften für die interstitielle Applikation. Nach Beendigung der Bestrahlung müssen die Drähte aus dem Gewebe entfernt werden.

Für nur kurzfristig zugängliche Tumoren eignet sich die Spikkung mit Radiogoldstäbchen ^{198}Au (ca. 2,5 mm lang, 0,8 mm Durchmesser); die β-Strahlung wird von einem inaktiven Gold- oder Platinmantel abgefiltert (Radiogold-Seeds). Die Seeds lassen sich mit einem pistolenartigen Instrument rasch und präzis im Gewebe placieren. Es werden handelsüblich mit Gold-Seeds gefüllte Magazine geliefert, die man vor Gebrauch sterilisiert und dann auf den Pistolenhandgriff aufsetzt. Andere Apparate gestatten, unter Strahlenschutz von einem längeren Golddrahtstück (umgeben mit inaktivem Goldmantel) beliebige Stücke abzuschneiden und mit einem Führungsröhrchen an die gewünschte Stelle im Gewebe zu schieben. ^{198}Au-Seeds weisen gegenüber Radon-Seeds wesentliche Vorteile auf.

b) Infiltrationsmethoden (β-Strahler). Die radioaktive Substanz wird als kolloidale Lösung direkt in das Tumorgewebe injiziert. Angenähert homogene Strahlenbelastung ist gewährleistet, wenn die einzelnen Depots nicht weiter als 3 mm auseinanderliegen. Isotope: kolloidales ^{198}Au, kolloidales ^{32}P als Phosphate. Es kommt zu einem teilweisen Abtransport der Aktivität auf dem Lymphweg und zur Anreicherung in benachbarten Lymphknoten.

Formeln zur Dosisberechnung (Voraussetzung: gleichmäßige Verteilung des Isotops):

C = Konzentration in Mikrocurie pro Gramm

$\bar{E}_\beta$ = mittlere β-Strahlen-Energie ($\cong E_{max}/3$)

T_{eff} = effektive Halbwertzeit ($\cong$ physikalische Halbwertzeit)

g = mittlerer Geometriefaktor für Kugel[2] (für Kugel mit $R < 10$ cm $\cong 3\pi R$)

I_γ = Dosiskonstante in Röntgen pro Millicurie pro Stunde in 1 cm Abstand

Für β-Strahlung

Gesamtdosis $D_\beta = 73{,}8 \times C \times \bar{E}_\beta \times T_{eff}$ [rad]

Dosis $D_{\beta t}$ nach der Zeit $t = D_\beta \times (1 - e^{\lambda t})$ [rad],

$\lambda = 0{,}693/T_{eff}$ (λ und T_{eff} bezogen auf Tage)

Für γ-Strahlung

Mittlere absorbierte γ-Strahlen-Dosis bei völligem Zerfall

$$D_{\gamma(\infty)} = 0{,}0322 \times C \times g \times I_\gamma \times T_{eff} \text{ [rad]}$$

4. Intrakavitäre Bestrahlung

a) Intraperitoneale und intrapleurale Infusion von kolloidaler Radiogoldsuspension ^{198}Au bei oberflächlichen und ausgedehnten Carcinosen. Einzeldosen von 100–150 mc, eventuell wiederholt bis Gesamtdosis von 500 mc in einigen Monaten. Wirksam ist vor allem die β-Strahlung; geringe Tiefenwirkung bis ca. 3 mm. Neuerdings wird diese Technik auch zur Bestrahlung der Blaseninnenwand benützt. 300 mc ^{198}Au während etwa 4 Stunden. Dosierung nach Nomogramm[3].

b) Eine plastisch verformbare Masse enthält ^{60}Co-Kügelchen von rund 1 mm Durchmesser. Hauptanwendungsgebiete für intrakavitäre Bestrahlung mit solchen Trägern: Tumoren des Mund-, Nasen- und Rachenraumes. ^{60}Co-Kügelchen von 6 mm Durchmesser und zentraler Bohrung können zu strahlenden Ketten zusammengefügt (Einlage in Ösophagus) oder als Kugelhaufen in natürliche oder operativ eröffnete Körperhöhlen gelegt werden. Die Dosierung muß sich auf experimentell mit kleinen Ionisationskammern gewonnene Isodosenkurven stützen.

5. Enterale und intravenöse Applikation

Hierbei kann nur ein therapeutischer Effekt erwartet werden, wenn sich das Isotop im Gewebe genügend hoch konzentriert. Bisher gelingt es nur mit Radiojod, das in der gesunden Schilddrüse zu 30–50% gespeichert wird, in wenigen Ausnahmefällen (höchstens 10% aller Schilddrüsentumoren), in Primärtumoren oder Metastasen bei hinreichender Speicherung eine adäquate Strahlungsdosis abzugeben. Übliche verabfolgte Menge: 100 bis 150 mc ^{131}I per os. Bei *Hyperthyreose* werden perorale Gaben von 4–10 mc ^{131}I, eventuell wiederholt unter periodischer klinischer Kontrolle, gegeben. Die Dosierung stützt sich auf Speicherungshöhe (Tracerversuch), effektive Halbwertzeit und Schilddrüsengröße. Da in der Schilddrüse Konzentrationsunterschiede des Isotops von 1:100 auftreten können und eine generelle Berechnung damit unmöglich wird, beruht die Dosierung weitgehend auf klinischer Empirie.

Für die Therapie der Blutkrankheiten (Polycythaemia vera, Leucosen) kommt vor allem ^{32}P zur Anwendung. Unter Einrechnung einer 20–40%igen Ausscheidung im Urin nach intravenöser Injektion entspricht die gesamte Strahlenexposition eines 70 kg schweren Mannes für 1 mc ^{32}P etwa der Wirkung von 10 r. Die Dosierung erfolgt je nach der Reaktion des Blutbildes.

---

1) Weiteres siehe SCHWIEGK, H., *Künstliche radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie*, Berlin (1953); HAHN, P. F. (Hrsg.), *Therapeutic Use of Artificial Radioisotopes*, New York (1956); FIELDS und SEED (Hrsg.), *Clinical Use of Radioisotopes*, Chicago (1957); VEALL und VETTER, *Radioisotope Techniques in Clinical Research and Diagnosis*, London (1958); HINE und BROWNELL (Hrsg.), *Radiation Dosimetry*, New York (1956). *2)* Für Zylinder siehe LOEVINGER et al., in: HINE und BROWNELL (Hrsg.), *Radiation Dosimetry*, New York (1956), S. 801. *3)* ELLIS und OLIVER, *Brit. med. J.*, **1**, 136 (1955).

Erläuterungen zu den Seiten 240–254*

Kolonnen 1, 2 und 3: t = Zeitspanne zwischen t_0 und t in Tagen (d), Stunden (h) und Minuten (min).

Kolonne 4: N_t = zur Zeit t noch nicht zerfallener prozentualer Anteil von N_0 (an Stelle von N_t und N_0 können selbstverständlich auch die Aktivitäten A_t und A_0 eingesetzt werden).

Kolonnen 5 und 6: Faktor und dessen Zehnerlogarithmus zur Berechnung von N_0 (oder A_0), oder ihnen proportionalen Anteilen, aus N_t (oder A_t):

$$N_0 = \frac{N_0}{N_t} N_t \quad \text{oder} \quad A_0 = \frac{A_0}{A_t} A_t$$

Die Halbwertzeiten T wurden entnommen: Knolls Atomic Power Laboratory, *General Electric Company Chart of the Nuclides*, 5. Aufl., New York (1956). Die Tafeln waren schon berechnet, als die Publikation von SULLIVAN, W. H., *Trilinear Chart of Nuclides*, Washington (United States Atomic Energy Commission, 1957) erschien. Die Differenzen in den Halbwertzeiten waren aber so klein, daß wir auf eine Neuberechnung unserer Zerfallstabellen verzichteten.

Berechnungen (elektronisch)

Kolonne 4 nach: $\ln \frac{N_t}{N_0} = \frac{-\ln 2}{T_t} t$

Kolonnen 5 und 6 nach: $\ln \frac{N_0}{N_t} = \frac{\ln 2}{T_t} t$

$\left(\text{Zerfallskonstante } \lambda_t = \frac{\ln 2}{T_t}\right)$

Natrium 24

Halbwertzeit 15,0 h

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		00	100,00	1,000	0,00000
		10	99,23	1,007	0,00335
		20	98,47	1,015	0,00669
		30	97,72	1,023	0,01003
		40	96,97	1,031	0,01338
		50	96,22	1,039	0,01672
	1	**00**	95,48	1,047	0,02007
		10	94,75	1,055	0,02341
		20	94,02	1,063	0,02676
		30	93,30	1,071	0,03010
		40	92,59	1,080	0,03345
		50	91,88	1,088	0,03679
	2	**00**	91,17	1,096	0,04014
		10	90,47	1,105	0,04348
		20	89,78	1,113	0,04683
		30	89,09	1,122	0,05017
		40	88,41	1,131	0,05352
		50	87,73	1,139	0,05686
	3	**00**	87,06	1,148	0,06021
		10	86,39	1,157	0,06355
		20	85,72	1,166	0,06690
		30	85,07	1,175	0,07024
		40	84,41	1,184	0,07359
		50	83,77	1,193	0,07693
	4	**00**	83,12	1,203	0,08028
		10	82,49	1,212	0,08362
		20	81,85	1,221	0,08696
		30	81,23	1,231	0,09031
		40	80,60	1,240	0,09365
		50	79,98	1,250	0,09700
	5	**00**	79,37	1,259	0,10034
		10	78,76	1,269	0,10369
		20	78,16	1,279	0,10703
		30	77,56	1,289	0,11038
		40	76,96	1,299	0,11372
		50	76,37	1,309	0,11707
	6	**00**	75,79	1,319	0,12041
		10	75,20	1,329	0,12376
		20	74,63	1,339	0,12710
		30	74,05	1,350	0,13045
		40	73,49	1,360	0,13379
		50	72,92	1,371	0,13714
	7	**00**	72,36	1,381	0,14048
		10	71,81	1,392	0,14383
		20	71,26	1,403	0,14717
		30	70,71	1,414	0,15052
		40	70,17	1,425	0,15386
		50	69,63	1,436	0,15720
	8	**00**	69,10	1,447	0,16055
		10	68,57	1,458	0,16389
		20	68,04	1,469	0,16724
		30	67,52	1,481	0,17058
		40	67,00	1,492	0,17393
		50	66,49	1,504	0,17727
	9	**00**	65,98	1,515	0,18062
		10	65,47	1,527	0,18396
		20	64,97	1,539	0,18731
		30	64,47	1,551	0,19065
		40	63,97	1,563	0,19400
		50	63,48	1,575	0,19734
	10	**00**	63,00	1,587	0,20069
		10	62,51	1,599	0,20403
		20	62,03	1,612	0,20738
		30	61,56	1,624	0,21072
		40	61,08	1,637	0,21407
		50	60,62	1,649	0,21741
	11	**00**	60,15	1,662	0,22076
		10	59,69	1,675	0,22410
		20	59,23	1,688	0,22745
		30	58,78	1,701	0,23079
		40	58,33	1,714	0,23413
		50	57,88	1,727	0,23748
	12	**00**	57,43	1,741	0,24082
		10	56,99	1,754	0,24417
		20	56,56	1,768	0,24751
		30	56,12	1,781	0,25086
		40	55,69	1,795	0,25420
		50	55,27	1,809	0,25755
	13	**00**	54,84	1,823	0,26089
		10	54,42	1,837	0,26424
		20	54,00	1,851	0,26758
		30	53,59	1,866	0,27093
		40	53,18	1,880	0,27427
		50	52,77	1,895	0,27762
	14	**00**	52,36	1,909	0,28096
		10	51,96	1,924	0,28431
		20	51,56	1,939	0,28765
		30	51,17	1,954	0,29100
		40	50,78	1,969	0,29434
		50	50,39	1,984	0,29769
	15	**00**	50,00	2,000	0,30103
		10	49,62	2,015	0,30438
		20	49,24	2,031	0,30772
		30	48,86	2,046	0,31106
		40	48,48	2,062	0,31441
		50	48,11	2,078	0,31775
	16	**00**	47,74	2,094	0,32110
		10	47,38	2,110	0,32444
		20	47,01	2,127	0,32779
		30	46,65	2,143	0,33113
		40	46,29	2,160	0,33448
		50	45,94	2,176	0,33782
	17	**00**	45,59	2,193	0,34117
		10	45,24	2,210	0,34451
		20	44,89	2,227	0,34786
		30	44,54	2,244	0,35120
		40	44,20	2,262	0,35455
		50	43,86	2,279	0,35789
	18	**00**	43,53	2,297	0,36124
		10	43,19	2,315	0,36458
		20	42,86	2,333	0,36793
		30	42,53	2,351	0,37127
		40	42,21	2,369	0,37462
		50	41,88	2,387	0,37796
	19	**00**	41,56	2,406	0,38131
		10	41,24	2,424	0,38465
		20	40,93	2,443	0,38799
		30	40,61	2,462	0,39134
		40	40,30	2,481	0,39468
		50	39,99	2,500	0,39803
	20	**00**	39,69	2,519	0,40137
		10	39,38	2,539	0,40472
		20	39,08	2,558	0,40806
		30	38,78	2,578	0,41141
		40	38,48	2,598	0,41475
		50	38,19	2,618	0,41810
	21	**00**	37,89	2,639	0,42144
		10	37,60	2,659	0,42479
		20	37,31	2,679	0,42813
		30	37,03	2,700	0,43148
		40	36,74	2,721	0,43482
		50	36,46	2,742	0,43817
	22	**00**	36,18	2,763	0,44151
		10	35,90	2,785	0,44486
		20	35,63	2,806	0,44820
		30	35,36	2,828	0,45155
		40	35,08	2,850	0,45489
		50	34,81	2,872	0,45823
	23	**00**	34,55	2,894	0,46158
		10	34,28	2,916	0,46492
		20	34,02	2,939	0,46827
		30	33,76	2,962	0,47161
		40	33,50	2,985	0,47496
		50	33,24	3,008	0,47830
1	**00**		32,99	3,031	0,48165
	01		31,50	3,174	0,50172
	02		30,08	3,324	0,52179
	03		28,72	3,482	0,54185
	04		27,42	3,646	0,56192
	05		26,18	3,819	0,58199
	06		25,00	3,999	0,60206
	07		23,87	4,189	0,62213
	08		22,79	4,387	0,64220
	09		21,76	4,594	0,66227
	10		20,78	4,812	0,68233
	11		19,84	5,039	0,70240
	12		18,95	5,278	0,72247
	13		18,09	5,527	0,74254
	14		17,27	5,789	0,76261
	15		16,49	6,062	0,78268
	16		15,75	6,349	0,80274
	17		15,04	6,649	0,82281
	18		14,36	6,964	0,84288
	19		13,71	7,293	0,86295
	20		13,09	7,638	0,88302
	21		12,50	7,999	0,90308
	22		11,94	8,378	0,92315
	23		11,40	8,774	0,94322
2	**00**		10,88	9,189	0,96329
	01		10,39	9,623	0,98335
	02		9,92	10,079	1,00343
	03		9,47	10,556	1,02350
	04		9,05	11,055	1,04357
	05		8,64	11,578	1,06364
	06		8,25	12,125	1,08371
	07		7,87	12,699	1,10378
	08		7,52	13,299	1,12385
	09		7,18	13,928	1,14391
	10		6,86	14,587	1,16398
	11		6,55	15,277	1,18405
	12		6,25	16,000	1,20412
	13		5,97	16,756	1,22419
	14		5,70	17,549	1,24426
	15		5,44	18,379	1,26433
	16		5,20	19,248	1,28439
	17		4,96	20,158	1,30446
	18		4,74	21,112	1,32453
	19		4,52	22,110	1,34460
	20		4,32	23,156	1,36467
	21		4,12	24,251	1,38474
	22		3,94	25,398	1,40481
	23		3,76	26,599	1,42488
3	**00**		3,59	27,857	1,44494
	01		3,43	29,175	1,46501
	02		3,27	30,554	1,48508
	03		3,13	32,000	1,50515
	04		2,98	33,513	1,52522
	05		2,85	35,098	1,54529
	06		2,72	36,758	1,56536
	07		2,60	38,496	1,58542
	08		2,48	40,317	1,60549
	09		2,37	42,224	1,62556
	10		2,26	44,221	1,64563
	11		2,16	46,312	1,66570
	12		2,06	48,502	1,68577
	13		1,97	50,796	1,70584
	14		1,88	53,199	1,72590
	15		1,79	55,714	1,74597
	16		1,71	58,349	1,76604
	17		1,64	61,109	1,78611
	18		1,56	63,999	1,80618
	19		1,49	67,026	1,82625
	20		1,42	70,196	1,84631
	21		1,36	73,515	1,86638
	22		1,30	76,992	1,88645
	23		1,24	80,634	1,90652
4	**00**		1,18	84,447	1,92659
	01		1,13	88,440	1,94665
	02		1,08	92,623	1,96672
	03		1,03	97,003	1,98679
	04		0,98	101,594	2,00687
	05		0,94	106,398	2,02694
	06		0,90	111,430	2,04700
	07		0,86	116,701	2,06708
	08		0,82	122,219	2,08714
	09		0,78	128,000	2,10721
	10		0,75	134,053	2,12728
	11		0,71	140,394	2,14735
	12		0,68	147,032	2,16741
	13		0,65	153,988	2,18749
	14		0,62	161,269	2,20755
	15		0,59	168,896	2,22762
	16		0,57	176,884	2,24769
	17		0,54	185,250	2,26776
	18		0,52	194,012	2,28783
	19		0,49	203,185	2,30789
	20		0,47	212,797	2,32797
	21		0,45	222,861	2,34803
	22		0,43	233,399	2,36810
	23		0,41	244,439	2,38817

Magnesium 28

Halbwertzeit 21,3 h

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		00	100,00	1,000	0,00000
		10	99,46	1,005	0,00236
		20	98,92	1,010	0,00471
		30	98,39	1,016	0,00707
		40	97,85	1,021	0,00942
		50	97,32	1,027	0,01178
	1	**00**	96,80	1,033	0,01413
		10	96,27	1,038	0,01649
		20	95,75	1,044	0,01884
		30	95,24	1,050	0,02120
		40	94,72	1,055	0,02356
		50	94,21	1,061	0,02591
	2	**00**	93,70	1,067	0,02827
		10	93,19	1,073	0,03062
		20	92,69	1,078	0,03298
		30	92,19	1,084	0,03533
		40	91,69	1,090	0,03769
		50	91,19	1,096	0,04004
	3	**00**	90,70	1,102	0,04240
		10	90,21	1,108	0,04475
		20	89,72	1,114	0,04711
		30	89,23	1,120	0,04947
		40	88,75	1,126	0,05182
		50	88,27	1,132	0,05418
	4	**00**	87,79	1,139	0,05653
		10	87,32	1,145	0,05889
		20	86,85	1,151	0,06124
		30	86,38	1,157	0,06360
		40	85,91	1,164	0,06595
		50	85,45	1,170	0,06831
	5	**00**	84,98	1,176	0,07066
		10	84,52	1,183	0,07302
		20	84,07	1,189	0,07538
		30	83,61	1,195	0,07773
		40	83,16	1,202	0,08009
		50	82,71	1,209	0,08244
	6	**00**	82,26	1,215	0,08480
		10	81,82	1,222	0,08715
		20	81,38	1,228	0,08951

* Nachdruck der Seiten 240–254 nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		30	80,94	1,235	0,09186
		40	80,50	1,242	0,09422
		50	80,06	1,249	0,09658
	7	00	79,63	1,255	0,09893
		10	79,20	1,262	0,10129
		20	78,77	1,269	0,10364
		30	78,34	1,276	0,10600
		40	77,92	1,283	0,10835
		50	77,50	1,290	0,11071
	8	00	77,08	1,297	0,11306
		10	76,66	1,304	0,11542
		20	76,25	1,311	0,11777
		30	75,84	1,318	0,12013
		40	75,42	1,325	0,12249
		50	75,02	1,333	0,12484
	9	00	74,61	1,340	0,12720
		10	74,21	1,347	0,12955
		20	73,81	1,354	0,13191
		30	73,41	1,362	0,13426
		40	73,01	1,369	0,13662
		50	72,62	1,377	0,13897
	10	00	72,22	1,384	0,14133
		10	71,83	1,392	0,14368
		20	71,44	1,399	0,14604
		30	71,06	1,407	0,14840
		40	70,67	1,414	0,15075
		50	70,29	1,422	0,15311
	11	00	69,91	1,430	0,15546
		10	69,53	1,438	0,15782
		20	69,16	1,446	0,16017
		30	68,78	1,453	0,16253
		40	68,41	1,461	0,16488
		50	68,04	1,469	0,16724
	12	00	67,67	1,477	0,16959
		10	67,31	1,485	0,17195
		20	66,94	1,493	0,17431
		30	66,58	1,501	0,17666
		40	66,22	1,510	0,17902
		50	65,86	1,518	0,18137
	13	00	65,50	1,526	0,18373
		10	65,15	1,534	0,18608
		20	64,80	1,543	0,18844
		30	64,45	1,551	0,19079
		40	64,10	1,560	0,19315
		50	63,75	1,568	0,19550
	14	00	63,41	1,577	0,19786
		10	63,06	1,585	0,20022
		20	62,72	1,594	0,20257
		30	62,38	1,602	0,20493
		40	62,05	1,611	0,20728
		50	61,71	1,620	0,20964
	15	00	61,38	1,629	0,21199
		10	61,05	1,638	0,21435
		20	60,72	1,647	0,21670
		30	60,39	1,655	0,21906
		40	60,06	1,665	0,22142
		50	59,74	1,674	0,22377
	16	00	59,41	1,683	0,22613
		10	59,09	1,692	0,22848
		20	58,77	1,701	0,23084
		30	58,45	1,710	0,23319
		40	58,14	1,720	0,23555
		50	57,82	1,729	0,23790
	17	00	57,51	1,738	0,24026
		10	57,20	1,748	0,24261
		20	56,89	1,757	0,24497
		30	56,58	1,767	0,24733
		40	56,28	1,776	0,24968
		50	55,97	1,786	0,25204
	18	00	55,67	1,796	0,25439
		10	55,37	1,806	0,25675
		20	55,07	1,815	0,25910
		30	54,77	1,825	0,26146
		40	54,47	1,835	0,26381
		50	54,18	1,845	0,26617
	19	00	53,89	1,855	0,26852
		10	53,59	1,865	0,27088
		20	53,30	1,876	0,27324
		30	53,02	1,886	0,27559
		40	52,73	1,896	0,27795
		50	52,44	1,906	0,28030
	20	00	52,16	1,917	0,28266
		10	51,88	1,927	0,28501
		20	51,60	1,938	0,28737
		30	51,32	1,948	0,28972
		40	51,04	1,959	0,29208
		50	50,77	1,969	0,29444
	21	00	50,49	1,980	0,29679
		10	50,22	1,991	0,29915
		20	49,95	2,002	0,30150
		30	49,68	2,013	0,30386
		40	49,41	2,024	0,30621
		50	49,14	2,035	0,30857
	22	00	48,87	2,046	0,31092
		10	48,61	2,057	0,31328
		20	48,35	2,068	0,31563
		30	48,09	2,079	0,31799
		40	47,83	2,090	0,32035
		50	47,57	2,102	0,32270
	23	00	47,31	2,113	0,32506
		10	47,05	2,125	0,32741
		20	46,80	2,136	0,32977
		30	46,55	2,148	0,33212
		40	46,29	2,160	0,33448
		50	46,04	2,171	0,33683
1	00		45,79	2,183	0,33919
	01		44,33	2,255	0,35332
	02		42,91	2,330	0,36745
	03		41,53	2,407	0,38159
	04		40,20	2,487	0,39572
	05		38,92	2,569	0,40985
	06		37,67	2,654	0,42399
	07		36,47	2,742	0,43812
	08		35,30	2,833	0,45225
	09		34,17	2,926	0,46638
	10		33,07	3,023	0,48052
	11		32,01	3,123	0,49465
	12		30,99	3,226	0,50878
	13		30,00	3,333	0,52292
	14		29,04	3,443	0,53705
	15		28,11	3,557	0,55118
	16		27,21	3,675	0,56532
	17		26,34	3,797	0,57945
	18		25,49	3,922	0,59358
	19		24,68	4,052	0,60771
	20		23,89	4,186	0,62185
	21		23,12	4,324	0,63598
	22		22,38	4,467	0,65011
	23		21,66	4,615	0,66424
2	00		20,97	4,768	0,67838
	01		20,30	4,926	0,69251
	02		19,65	5,089	0,70664
	03		19,02	5,257	0,72078
	04		18,41	5,431	0,73491
	05		17,82	5,611	0,74904
	06		17,25	5,796	0,76317
	07		16,70	5,988	0,77731
	08		16,16	6,186	0,79144
	09		15,65	6,391	0,80557
	10		15,15	6,602	0,81970
	11		14,66	6,820	0,83384
	12		14,19	7,046	0,84797
	13		13,74	7,279	0,86210
	14		13,30	7,520	0,87623
	15		12,87	7,769	0,89037
	16		12,46	8,025	0,90450
	17		12,06	8,291	0,91863
	18		11,67	8,565	0,93276
	19		11,30	8,848	0,94689
	20		10,94	9,141	0,96103
	21		10,59	9,444	0,97516
	22		10,25	9,756	0,98929
	23		9,92	10,079	1,00343
3	00		9,60	10,412	1,01757
	01		9,30	10,757	1,03170
	02		9,00	11,113	1,04583
	03		8,71	11,480	1,05997
	04		8,43	11,860	1,07410
	05		8,16	12,252	1,08823
	06		7,90	12,657	1,10236
	07		7,65	13,076	1,11650
	08		7,40	13,509	1,13063
	09		7,17	13,956	1,14476
	10		6,94	14,417	1,15890
	11		6,71	14,894	1,17303
	12		6,50	15,387	1,18716
	13		6,29	15,896	1,20129
	14		6,09	16,422	1,21543
	15		5,89	16,965	1,22956
	16		5,71	17,526	1,24369
	17		5,52	18,106	1,25783
	18		5,35	18,705	1,27196
	19		5,17	19,323	1,28609
	20		5,01	19,962	1,30022
	21		4,85	20,623	1,31436
	22		4,69	21,305	1,32849
	23		4,54	22,010	1,34262
4	00		4,40	22,738	1,35676
	01		4,26	23,490	1,37089
	02		4,12	24,267	1,38502
	03		3,99	25,069	1,39915
	04		3,86	25,899	1,41329
	05		3,74	26,755	1,42742
	06		3,62	27,640	1,44155
	07		3,50	28,555	1,45569
	08		3,39	29,499	1,46982
	09		3,28	30,475	1,48395
	10		3,18	31,483	1,49808
	11		3,07	32,524	1,51222
	12		2,98	33,600	1,52635
	13		2,88	34,712	1,54048
	14		2,79	35,860	1,55462
	15		2,70	37,046	1,56875
	16		2,61	38,271	1,58288
	17		2,53	39,537	1,59701
	18		2,45	40,845	1,61115
	19		2,37	42,196	1,62528
	20		2,29	43,592	1,63941
	21		2,22	45,034	1,65355
	22		2,15	46,523	1,66768
	23		2,08	48,062	1,68181
5	00		2,01	49,652	1,69594
	06		1,66	60,358	1,78074
	12		1,36	73,372	1,86553
	18		1,12	89,192	1,95033
6	00		0,92	108,425	2,03513
	06		0,76	131,804	2,11993
	12		0,62	160,223	2,20473
	18		0,51	194,772	2,28953
7	00		0,42	236,764	2,37432
	06		0,35	287,819	2,45912
	12		0,29	349,882	2,54392
	18		0,24	425,314	2,62871
8	00		0,19	517,009	2,71350
	06		0,16	628,496	2,79830
	12		0,13	764,000	2,88309
	18		0,11	928,763	2,96791

Phosphor 32

Halbwertzeit 14,5 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	0	00	100,00	1,000	0,00000
	6		98,81	1,012	0,00519
	12		97,64	1,024	0,01038
	18		96,48	1,036	0,01557
1	00		95,33	1,048	0,02076
	06		94,20	1,061	0,02595
	12		93,08	1,074	0,03114
	18		91,97	1,087	0,03633
2	00		90,88	1,100	0,04152
	06		89,80	1,113	0,04671
	12		88,74	1,126	0,05190
	18		87,68	1,140	0,05709
3	00		86,64	1,154	0,06228
	06		85,61	1,168	0,06747
	12		84,59	1,182	0,07266
	18		83,59	1,196	0,07785
4	00		82,60	1,210	0,08304
	06		81,61	1,225	0,08823
	12		80,64	1,240	0,09342
	18		79,69	1,254	0,09861
5	00		78,74	1,269	0,10380
	06		77,80	1,285	0,10899
	12		76,88	1,300	0,11418
	18		75,97	1,316	0,11937
6	00		75,06	1,332	0,12456
	06		74,17	1,348	0,12975
	12		73,29	1,364	0,13494
	18		72,42	1,380	0,14014
7	00		71,56	1,397	0,14533
	06		70,71	1,414	0,15052
	12		69,87	1,431	0,15571
	18		69,04	1,448	0,16090
8	00		68,22	1,465	0,16609
	06		67,41	1,483	0,17128
	12		66,61	1,501	0,17647
	18		65,82	1,519	0,18166
9	00		65,04	1,537	0,18685
	06		64,26	1,556	0,19204
	12		63,50	1,574	0,19723
	18		62,75	1,593	0,20242
10	00		62,00	1,612	0,20761
	06		61,26	1,632	0,21280
	12		60,54	1,651	0,21799
	18		59,82	1,671	0,22318
11	00		59,11	1,691	0,22837
	06		58,40	1,712	0,23356
	12		57,71	1,732	0,23875
	18		57,02	1,753	0,24394
12	00		56,35	1,774	0,24913
	06		55,68	1,796	0,25432
	12		55,02	1,817	0,25951
	18		54,36	1,839	0,26470
13	00		53,72	1,861	0,26989
	06		53,08	1,883	0,27508
	12		52,45	1,906	0,28027
	18		51,83	1,929	0,28546
14	00		51,21	1,952	0,29065
	06		50,60	1,976	0,29584
	12		50,00	2,000	0,30103
	18		49,41	2,024	0,30622
15	00		48,82	2,048	0,31141
	06		48,24	2,073	0,31660
	12		47,67	2,097	0,32179
	18		47,10	2,123	0,32698
16	00		46,54	2,148	0,33217
	06		45,99	2,174	0,33736
	12		45,44	2,200	0,34255
	18		44,90	2,227	0,34774
17	00		44,37	2,253	0,35293
	06		43,84	2,280	0,35812
	12		43,32	2,308	0,36331
	18		42,81	2,336	0,36850
18	00		42,30	2,364	0,37369
	06		41,79	2,392	0,37888
	12		41,30	2,421	0,38407
	18		40,81	2,450	0,38926
19	00		40,32	2,480	0,39445
	06		39,84	2,509	0,39964
	12		39,37	2,539	0,40483
	18		38,90	2,570	0,41002
20	00		38,44	2,601	0,41521
	06		37,98	2,632	0,42040
	12		37,53	2,664	0,42559
	18		37,09	2,696	0,43078
21	00		36,65	2,728	0,43597
	06		36,21	2,761	0,44117
	12		35,78	2,794	0,44636
	18		35,36	2,828	0,45155
22	00		34,94	2,862	0,45674
	06		34,52	2,896	0,46193
	12		34,11	2,931	0,46712
	18		33,71	2,966	0,47231
23	00		33,30	3,002	0,47750
	06		32,91	3,038	0,48269
	12		32,52	3,075	0,48788
	18		32,13	3,112	0,49307
24	00		31,75	3,149	0,49826
	06		31,37	3,187	0,50345
	12		31,00	3,225	0,50864
	18		30,63	3,264	0,51383
25	00		30,27	3,303	0,51902
	06		29,91	3,343	0,52421
	12		29,55	3,383	0,52940
	18		29,20	3,424	0,53459
26	00		28,86	3,465	0,53978
	06		28,51	3,507	0,54497
	12		28,17	3,549	0,55016
	18		27,84	3,592	0,55535
27	00		27,51	3,635	0,56054
	06		27,18	3,678	0,56573
	12		26,86	3,723	0,57092
	18		26,54	3,767	0,57611
28	00		26,22	3,813	0,58130
	06		25,91	3,859	0,58649
	12		25,60	3,905	0,59168
	18		25,30	3,952	0,59687
29	00		25,00	3,999	0,60206
	06		24,70	4,048	0,60725
	12		24,41	4,096	0,61244
	18		24,12	4,146	0,61763
30	00		23,83	4,195	0,62282
	06		23,55	4,246	0,62801
	12		23,27	4,297	0,63320
	18		22,99	4,349	0,63839
31	00		22,72	4,401	0,64358
	06		22,45	4,454	0,64877
	12		22,18	4,507	0,65396
	18		21,92	4,561	0,65915
32	00		21,66	4,616	0,66434
	06		21,40	4,672	0,66953
	12		21,15	4,728	0,67472
	18		20,90	4,785	0,67991
33	00		20,65	4,842	0,68510
	06		20,40	4,901	0,69029
	12		20,16	4,960	0,69548
	18		19,92	5,019	0,70067
34	00		19,69	5,079	0,70586
	06		19,45	5,141	0,71105
	12		19,22	5,202	0,71624
	18		18,99	5,265	0,72143
35	00		18,77	5,328	0,72662
	06		18,54	5,392	0,73181
	12		18,32	5,457	0,73700
	18		18,11	5,523	0,74219
36	00		17,89	5,589	0,74738
	06		17,68	5,656	0,75257
	12		17,47	5,724	0,75776
	18		17,26	5,793	0,76295
37	00		17,06	5,863	0,76814
	06		16,85	5,933	0,77333
	12		16,65	6,005	0,77852
	18		16,45	6,077	0,78371
38	00		16,26	6,150	0,78890
	06		16,07	6,224	0,79409
	12		15,88	6,299	0,79928
	18		15,69	6,374	0,80447
39	00		15,50	6,451	0,80967
	06		15,32	6,529	0,81485
	12		15,13	6,607	0,82005
	18		14,95	6,687	0,82524
40	00		14,78	6,767	0,83043
	12		14,43	6,931	0,84081
41	00		14,09	7,098	0,85119
	12		13,75	7,270	0,86157
42	00		13,43	7,446	0,87195
	12		13,11	7,626	0,88233
43	00		12,80	7,810	0,89270
	12		12,50	7,999	0,90308
44	00		12,20	8,193	0,91346
	12		11,92	8,391	0,92384

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
45	00		11,64	8,594	0,93422
	12		11,36	8,802	0,94460
46	**00**		11,09	9,015	0,95498
	12		10,83	9,233	0,96536
47	00		10,57	9,456	0,97574
	12		10,32	9,685	0,98612
48	**00**		10,08	9,919	0,99650
	12		9,84	10,159	1,00689
49	00		9,61	10,405	1,01727
	12		9,38	10,657	1,02765
50	**00**		9,16	10,915	1,03803
	12		8,95	11,179	1,04842
51	00		8,73	11,449	1,05880
	12		8,53	11,726	1,06918
52	**00**		8,33	12,010	1,07956
	12		8,13	12,300	1,08994
53	00		7,94	12,598	1,10032
	12		7,75	12,903	1,11070
54	**00**		7,57	13,215	1,12108
	12		7,39	13,534	1,13146
55	00		7,21	13,862	1,14184
	12		7,04	14,197	1,15222
56	**00**		6,88	14,541	1,16260
	12		6,71	14,892	1,17298
57	00		6,56	15,253	1,18336
	12		6,40	15,622	1,19374
58	**00**		6,25	16,000	1,20412
	12		6,10	16,387	1,21450
59	00		5,96	16,783	1,22488
	12		5,82	17,189	1,23526
60			5,68	17,605	1,24564
61			5,41	18,467	1,26640
62			5,16	19,371	1,28716
63			4,92	20,319	1,30792
64			4,69	21,314	1,32868
65			4,47	22,358	1,34945
66			4,26	23,453	1,37021
67			4,06	24,601	1,39097
68			3,88	25,806	1,41173
69			3,69	27,069	1,43249
70			3,52	28,395	1,45325
71			3,36	29,785	1,47401
72			3,20	31,244	1,49477
73			3,05	32,774	1,51553
74			2,91	34,378	1,53629
75			2,77	36,062	1,55705
76			2,64	37,827	1,57781
77			2,52	39,680	1,59857
78			2,40	41,622	1,61933
79			2,29	43,661	1,64009
80			2,18	45,798	1,66086
81			2,08	48,041	1,68162
82			1,98	50,393	1,70238
83			1,89	52,861	1,72314
84			1,80	55,449	1,74390
85			1,72	58,164	1,76466
86			1,64	61,012	1,78542
87			1,56	63,999	1,80618
88			1,49	67,133	1,82694
89			1,42	70,420	1,84770
90			1,35	73,868	1,86846
91			1,29	77,485	1,88922
92			1,23	81,279	1,90998
93			1,17	85,258	1,93074
94			1,12	89,432	1,95150
95			1,07	93,811	1,97226
96			1,02	98,404	1,99302
97			0,97	103,225	2,01379
98			0,92	108,280	2,03455
99			0,88	113,582	2,05531
100			0,84	119,142	2,07607
120			0,32	309,942	2,49128
140			0,12	806,321	2,90651
160			0,05	2097,76	3,32176
180			0,02	5455,54	3,73684

Phosphor 33

Halbwertzeit 25 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	0		100,00	1,000	0,00000
	6		99,31	1,006	0,00301
	12		98,62	1,013	0,00602
	18		97,94	1,021	0,00903
1	**00**		97,27	1,028	0,01204
	06		96,59	1,035	0,01505
	12		95,93	1,042	0,01806
	18		95,26	1,049	0,02107
2	**00**		94,61	1,057	0,02408
	06		93,95	1,064	0,02709
	12		93,30	1,071	0,03010
	18		92,66	1,079	0,03311
3	**00**		92,02	1,086	0,03612
	06		91,38	1,094	0,03913
	12		90,75	1,101	0,04214
	18		90,13	1,109	0,04515
4	**00**		89,50	1,117	0,04817
	06		88,88	1,125	0,05118
	12		88,27	1,132	0,05419
	18		87,66	1,140	0,05720
5	**00**		87,06	1,148	0,06021
	06		86,45	1,156	0,06322
	12		85,86	1,164	0,06623
	18		85,26	1,172	0,06924
6	**00**		84,67	1,180	0,07225
	06		84,09	1,189	0,07526
	12		83,51	1,197	0,07827
	18		82,93	1,205	0,08128
7	**00**		82,36	1,214	0,08429
	06		81,79	1,222	0,08730
	12		81,23	1,231	0,09031
	18		80,66	1,239	0,09332
8	**00**		80,11	1,248	0,09633
	06		79,55	1,257	0,09934
	12		79,00	1,265	0,10235
	18		78,46	1,274	0,10536
9	**00**		77,92	1,283	0,10837
	06		77,38	1,292	0,11138
	12		76,84	1,301	0,11439
	18		76,31	1,310	0,11740
10	**00**		75,79	1,319	0,12041
	06		75,26	1,328	0,12342
	12		74,74	1,337	0,12643
	18		74,23	1,347	0,12944
11	**00**		73,71	1,356	0,13245
	06		73,20	1,366	0,13546
	12		72,70	1,375	0,13847
	18		72,20	1,385	0,14148
12	**00**		71,70	1,394	0,14449
	06		71,20	1,404	0,14751
	12		70,71	1,414	0,15052
	18		70,22	1,424	0,15353
13	**00**		69,74	1,433	0,15654
	06		69,26	1,443	0,15955
	12		68,78	1,453	0,16256
	18		68,30	1,464	0,16557
14	**00**		67,83	1,474	0,16858
	06		67,36	1,484	0,17159
	12		66,90	1,494	0,17460
	18		66,43	1,505	0,17761
15	**00**		65,98	1,515	0,18062
	06		65,52	1,526	0,18363
	12		65,07	1,536	0,18664
	18		64,62	1,547	0,18965
16	**00**		64,17	1,558	0,19266
	06		63,73	1,569	0,19567
	12		63,29	1,580	0,19868
	18		62,85	1,591	0,20169
17	**00**		62,42	1,602	0,20470
	06		61,99	1,613	0,20771
	12		61,56	1,624	0,21072
	18		61,13	1,635	0,21373
18	**00**		60,71	1,647	0,21674
	06		60,29	1,658	0,21975
	12		59,87	1,670	0,22276
	18		59,46	1,681	0,22577
19	**00**		59,05	1,693	0,22878
	06		58,64	1,705	0,23179
	12		58,24	1,717	0,23480
	18		57,83	1,729	0,23781
20	**00**		57,43	1,741	0,24082
	06		57,04	1,753	0,24383
	12		56,64	1,765	0,24685
	18		56,25	1,777	0,24986
21	**00**		55,86	1,790	0,25287
	06		55,48	1,802	0,25588
	12		55,10	1,815	0,25889
	18		54,71	1,827	0,26190
22	**00**		54,34	1,840	0,26491
	06		53,96	1,853	0,26792
	12		53,59	1,866	0,27093
	18		53,22	1,879	0,27394
23	**00**		52,85	1,892	0,27695
	06		52,49	1,905	0,27996
	12		52,12	1,918	0,28297
	18		51,76	1,931	0,28598
24	**00**		51,41	1,945	0,28899
	06		51,05	1,958	0,29200
	12		50,70	1,972	0,29501
	18		50,35	1,986	0,29802
25	**00**		50,00	2,000	0,30103
	06		49,65	2,013	0,30404
	12		49,31	2,027	0,30705
	18		48,97	2,042	0,31006
26	**00**		48,63	2,056	0,31307
	06		48,30	2,070	0,31608
	12		47,96	2,084	0,31909
	18		47,63	2,099	0,32210
27	**00**		47,30	2,114	0,32511
	06		46,98	2,128	0,32812
	12		46,65	2,143	0,33113
	18		46,33	2,158	0,33414
28	**00**		46,01	2,173	0,33715
	06		45,69	2,188	0,34016
	12		45,38	2,203	0,34317
	18		45,06	2,219	0,34619
29	**00**		44,75	2,234	0,34920
	06		44,44	2,250	0,35221
	12		44,14	2,265	0,35522
	18		43,83	2,281	0,35823
30	**00**		43,53	2,297	0,36124
	06		43,23	2,313	0,36425
	12		42,93	2,329	0,36726
	18		42,63	2,345	0,37027
31	**00**		42,34	2,361	0,37328
	06		42,04	2,378	0,37629
	12		41,75	2,394	0,37930
	18		41,47	2,411	0,38231
32	**00**		41,18	2,428	0,38532
	06		40,90	2,445	0,38833
	12		40,61	2,462	0,39134
	18		40,33	2,479	0,39435
33	**00**		40,05	2,496	0,39736
	06		39,78	2,514	0,40037
	12		39,50	2,531	0,40338
	18		39,23	2,549	0,40639
34	**00**		38,96	2,566	0,40940
	06		38,69	2,584	0,41241
	12		38,42	2,602	0,41542
	18		38,16	2,620	0,41843
35	**00**		37,89	2,639	0,42144
	06		37,63	2,657	0,42445
	12		37,37	2,675	0,42746
	18		37,11	2,694	0,43047
36	**00**		36,86	2,713	0,43348
	06		36,60	2,732	0,43649
	12		36,35	2,751	0,43950
	18		36,10	2,770	0,44251
37	**00**		35,85	2,789	0,44552
	06		35,60	2,808	0,44854
	12		35,36	2,828	0,45155
	18		35,11	2,848	0,45456
38	**00**		34,87	2,867	0,45757
	06		34,63	2,887	0,46058
	12		34,39	2,907	0,46359
	18		34,15	2,928	0,46660
39	**00**		33,92	2,948	0,46961
	06		33,68	2,969	0,47262
	12		33,45	2,989	0,47563
	18		33,22	3,010	0,47864
40	**00**		32,99	3,031	0,48165
	12		32,53	3,073	0,48767
41	00		32,09	3,116	0,49369
	12		31,64	3,160	0,49971
42	**00**		31,21	3,204	0,50573
	12		30,78	3,249	0,51175
43	00		30,35	3,294	0,51777
	12		29,94	3,340	0,52379
44	**00**		29,52	3,386	0,52981
	12		29,12	3,434	0,53583
45	00		28,72	3,482	0,54185
	12		28,32	3,530	0,54788
46	**00**		27,93	3,580	0,55390
	12		27,55	3,630	0,55992
47	00		27,17	3,680	0,56594
	12		26,79	3,732	0,57196
48	**00**		26,43	3,784	0,57798
	12		26,06	3,837	0,58400
49	00		25,70	3,890	0,59002
	12		25,35	3,944	0,59604
50	**00**		25,00	3,999	0,60206
	12		24,66	4,055	0,60808
51	00		24,32	4,112	0,61410
	12		23,98	4,169	0,62012
52	**00**		23,65	4,228	0,62614
	12		23,33	4,287	0,63216
53	00		23,00	4,346	0,63818
	12		22,69	4,407	0,64420
54	**00**		22,38	4,469	0,65022
	12		22,07	4,531	0,65625
55	00		21,76	4,594	0,66227
	12		21,46	4,658	0,66829
56	**00**		21,17	4,723	0,67431
	12		20,88	4,789	0,68033
57	00		20,59	4,856	0,68635
	12		20,31	4,924	0,69237
58	**00**		20,03	4,993	0,69839
	12		19,75	5,063	0,70441
59	00		19,48	5,133	0,71043
	12		19,21	5,205	0,71645
60	**00**		18,95	5,278	0,72247
	12		18,69	5,351	0,72849
61	00		18,43	5,426	0,73451
	12		18,17	5,502	0,74053
62	**00**		17,92	5,578	0,74655
	12		17,68	5,656	0,75257
63	00		17,43	5,735	0,75859
	12		17,19	5,815	0,76462
64	**00**		16,96	5,897	0,77064
	12		16,72	5,979	0,77666
65	00		16,49	6,062	0,78268
	12		16,27	6,147	0,78870
66	**00**		16,04	6,233	0,79472
	12		15,82	6,320	0,80074
67	00		15,60	6,408	0,80676
	12		15,39	6,497	0,81278
68	**00**		15,18	6,588	0,81880
	12		14,97	6,680	0,82482
69	00		14,76	6,773	0,83084
	12		14,56	6,868	0,83686
70			14,36	6,964	0,84288
71			13,97	7,160	0,85492
72			13,58	7,361	0,86696
73			13,21	7,568	0,87900
74			12,85	7,781	0,89104
75			12,50	7,999	0,90308
76			12,16	8,224	0,91513
77			11,83	8,456	0,92717
78			11,50	8,693	0,93921
79			11,19	8,938	0,95125
80			10,88	9,189	0,96329
81			10,58	9,447	0,97533
82			10,30	9,713	0,98737
83			10,01	9,986	0,99941
84			9,74	10,267	1,01146
85			9,47	10,556	1,02350
86			9,21	10,852	1,03554
87			8,96	11,157	1,04758
88			8,72	11,471	1,05963
89			8,48	11,794	1,07167
90			8,25	12,125	1,08371
91			8,02	12,466	1,09575
92			7,80	12,817	1,10779
93			7,59	13,177	1,11983
94			7,38	13,547	1,13187
95			7,18	13,928	1,14391
96			6,98	14,320	1,15596
97			6,79	14,723	1,16800
98			6,61	15,136	1,18004
99			6,43	15,562	1,19208
100			6,25	16,000	1,20412
105			5,44	18,379	1,26433
110			4,74	21,112	1,32453
115			4,12	24,251	1,38474
120			3,59	27,857	1,44494
125			3,13	32,000	1,50515
130			2,72	36,758	1,56536
135			2,37	42,224	1,62556
140			2,06	48,502	1,68577
145			1,79	55,714	1,74597
150			1,56	63,999	1,80618
155			1,36	73,515	1,86638
160			1,18	84,447	1,92659
165			1,03	97,003	1,98679
170			0,90	111,430	2,04700
175			0,78	128,000	2,10721
180			0,68	147,032	2,16741
185			0,59	168,896	2,22762
190			0,52	194,012	2,28783
195			0,45	222,861	2,34803
200			0,39	255,996	2,40823
205			0,34	294,065	2,46844
210			0,30	337,792	2,52865
215			0,26	388,018	2,58885
220			0,22	445,712	2,64906
225			0,20	512,006	2,70928
230			0,17	588,131	2,76947
235			0,15	675,584	2,82968

Schwefel 35

Halbwertzeit 87 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0			100,00	1,000	0,00000
1			99,21	1,007	0,00346
2			98,42	1,016	0,00692
3			97,64	1,024	0,01038
4			96,86	1,032	0,01384
5			96,09	1,040	0,01730
6			95,33	1,048	0,02076
7			94,58	1,057	0,02422
8			93,83	1,065	0,02768
9			93,08	1,074	0,03114
10			92,34	1,082	0,03460
11			91,61	1,091	0,03806
12			90,88	1,100	0,04152
13			90,16	1,109	0,04498
14			89,45	1,117	0,04844
15			88,74	1,126	0,05190
16			88,03	1,135	0,05536
17			87,33	1,145	0,05882
18			86,64	1,154	0,06228
19			85,95	1,163	0,06574
20			85,27	1,172	0,06920

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
21			84,59	1,182	0,07266
22			83,92	1,191	0,07612
23			83,26	1,201	0,07958
24			82,60	1,210	0,08304
25			81,94	1,220	0,08650
26			81,29	1,230	0,08996
27			80,64	1,240	0,09342
28			80,00	1,249	0,09688
29			79,37	1,259	0,10034
30			78,74	1,269	0,10380
31			78,12	1,280	0,10726
32			77,50	1,290	0,11072
33			76,88	1,300	0,11418
34			76,27	1,311	0,11764
35			75,67	1,321	0,12110
36			75,06	1,332	0,12456
37			74,47	1,342	0,12802
38			73,88	1,353	0,13148
39			73,29	1,364	0,13494
40			72,71	1,375	0,13841
41			72,13	1,386	0,14187
42			71,56	1,397	0,14533
43			70,99	1,408	0,14879
44			70,43	1,419	0,15225
45			69,87	1,431	0,15571
46			69,32	1,442	0,15917
47			68,77	1,454	0,16263
48			68,22	1,465	0,16609
49			67,68	1,477	0,16955
50			67,14	1,489	0,17301
51			66,61	1,501	0,17647
52			66,08	1,513	0,17993
53			65,56	1,525	0,18339
54			65,04	1,537	0,18685
55			64,52	1,549	0,19031
56			64,01	1,562	0,19377
57			63,50	1,574	0,19723
58			63,00	1,587	0,20069
59			62,50	1,600	0,20415
60			62,00	1,612	0,20761
61			61,51	1,625	0,21107
62			61,02	1,638	0,21453
63			60,54	1,651	0,21799
64			60,06	1,665	0,22145
65			59,58	1,678	0,22491
66			59,11	1,691	0,22837
67			58,64	1,705	0,23183
68			58,17	1,719	0,23529
69			57,71	1,732	0,23875
70			57,25	1,746	0,24221
71			56,80	1,760	0,24567
72			56,35	1,774	0,24913
73			55,90	1,788	0,25259
74			55,46	1,803	0,25605
75			55,02	1,817	0,25951
76			54,58	1,832	0,26297
77			54,15	1,846	0,26643
78			53,72	1,861	0,26989
79			53,29	1,876	0,27335
80			52,87	1,891	0,27681
81			52,45	1,906	0,28027
82			52,03	1,921	0,28373
83			51,62	1,937	0,28719
84			51,21	1,952	0,29065
85			50,80	1,968	0,29411
86			50,40	1,984	0,29757
87			50,00	2,000	0,30103
88			49,60	2,015	0,30449
89			49,21	2,032	0,30795
90			48,82	2,048	0,31141
91			48,43	2,064	0,31487
92			48,05	2,081	0,31833
93			47,67	2,097	0,32179
94			47,29	2,114	0,32525
95			46,91	2,131	0,32871
96			46,54	2,148	0,33217
97			46,17	2,165	0,33563
98			45,80	2,183	0,33909
99			45,44	2,200	0,34255
100			45,08	2,218	0,34601
102			44,37	2,253	0,35293
104			43,67	2,290	0,35985
106			42,98	2,326	0,36677
108			42,30	2,364	0,37369
110			41,63	2,402	0,38061
112			40,97	2,440	0,38753
114			40,32	2,480	0,39445
116			39,69	2,519	0,40137
118			39,06	2,560	0,40829
120			38,44	2,601	0,41521
122			37,83	2,643	0,42213
124			37,23	2,685	0,42905
126			36,65	2,728	0,43597
128			36,07	2,772	0,44290
130			35,50	2,817	0,44982
132			34,94	2,862	0,45674
134			34,38	2,908	0,46366
136			33,84	2,955	0,47058
138			33,30	3,002	0,47750
140			32,78	3,050	0,48442
142			32,26	3,099	0,49134
144			31,75	3,149	0,49826
146			31,25	3,200	0,50518
148			30,75	3,251	0,51210
150			30,27	3,303	0,51902
152			29,79	3,356	0,52594
154			29,32	3,410	0,53286
156			28,86	3,465	0,53978
158			28,40	3,521	0,54670
160			27,95	3,577	0,55362
162			27,51	3,635	0,56054
164			27,07	3,693	0,56746
166			26,65	3,753	0,57438
168			26,22	3,813	0,58130
170			25,81	3,874	0,58822
172			25,40	3,936	0,59514
174			25,00	3,999	0,60206
176			24,60	4,064	0,60898
178			24,22	4,129	0,61590
180			23,83	4,195	0,62282
182			23,46	4,263	0,62974
184			23,09	4,331	0,63666
186			22,72	4,401	0,64358
188			22,36	4,471	0,65050
190			22,01	4,543	0,65742
192			21,66	4,616	0,66434
194			21,32	4,690	0,67126
196			20,98	4,766	0,67818
198			20,65	4,842	0,68510
200			20,32	4,920	0,69202
202			20,00	4,999	0,69894
204			19,69	5,079	0,70586
206			19,37	5,161	0,71278
208			19,07	5,244	0,71970
210			18,77	5,328	0,72662
212			18,47	5,414	0,73354
214			18,18	5,501	0,74046
216			17,89	5,589	0,74738
218			17,61	5,679	0,75430
220			17,33	5,770	0,76122
222			17,06	5,863	0,76814
224			16,79	5,957	0,77506
226			16,52	6,053	0,78198
228			16,26	6,150	0,78890
230			16,00	6,249	0,79582
232			15,75	6,349	0,80274
234			15,50	6,451	0,80967
236			15,26	6,555	0,81659
238			15,01	6,660	0,82351
240			14,78	6,767	0,83043
242			14,54	6,876	0,83735
244			14,31	6,986	0,84427
246			14,09	7,098	0,85119
248			13,86	7,212	0,85811
250			13,65	7,328	0,86503
255			13,11	7,626	0,88233
260			12,60	7,936	0,89962
265			12,11	8,258	0,91692
270			11,64	8,594	0,93422
275			11,18	8,943	0,95152
280			10,74	9,307	0,96882
285			10,32	9,685	0,98612
290			9,92	10,079	1,00343
295			9,53	10,488	1,02073
300			9,16	10,915	1,03803
305			8,80	11,358	1,05534
310			8,46	11,820	1,07264
315			8,13	12,300	1,08994
320			7,81	12,800	1,10724
325			7,51	13,321	1,12454
330			7,21	13,862	1,14184
335			6,93	14,425	1,15914
340			6,66	15,012	1,17644
345			6,40	15,622	1,19374
350			6,15	16,256	1,21104
360			5,68	17,605	1,24564
370			5,25	19,065	1,28024
380			4,84	20,646	1,31484
390			4,47	22,358	1,34945
400			4,13	24,212	1,38405
410			3,81	26,220	1,41865
420			3,52	28,395	1,45325
430			3,25	30,750	1,48785
440			3,00	33,300	1,52245
450			2,77	36,062	1,55705
460			2,56	39,052	1,59165
470			2,36	42,291	1,62625
480			2,18	45,798	1,66086
490			2,02	49,597	1,69546
500			1,86	53,710	1,73006
600			0,84	119,142	2,07607
700			0,38	264,291	2,42208
800			0,17	586,269	2,76810
900			0,08	1300,56	3,11413

Kalium 42

Halbwertzeit 12,5 h

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		00	100,00	1,000	0,00000
		10	99,08	1,009	0,00401
		20	98,17	1,018	0,00803
		30	97,27	1,028	0,01204
		40	96,37	1,037	0,01606
		50	95,48	1,047	0,02007
	1	00	94,61	1,057	0,02408
		10	93,74	1,066	0,02810
		20	92,87	1,076	0,03211
		30	92,02	1,086	0,03612
		40	91,17	1,096	0,04014
		50	90,33	1,107	0,04415
	2	00	89,50	1,117	0,04817
		10	88,68	1,127	0,05218
		20	87,86	1,138	0,05619
		30	87,06	1,148	0,06021
		40	86,25	1,159	0,06422
		50	85,46	1,170	0,06823
	3	00	84,67	1,180	0,07225
		10	83,90	1,191	0,07626
		20	83,12	1,203	0,08028
		30	82,36	1,214	0,08429
		40	81,60	1,225	0,08830
		50	80,85	1,236	0,09232
	4	00	80,11	1,248	0,09633
		10	79,37	1,259	0,10034
		20	78,64	1,271	0,10436
		30	77,92	1,283	0,10837
		40	77,20	1,295	0,11239
		50	76,49	1,307	0,11640
	5	00	75,79	1,319	0,12041
		10	75,09	1,331	0,12443
		20	74,40	1,344	0,12844
		30	73,71	1,356	0,13245
		40	73,04	1,369	0,13647
		50	72,36	1,381	0,14048
	6	00	71,70	1,394	0,14449
		10	71,04	1,407	0,14851
		20	70,38	1,420	0,15252
		30	69,74	1,433	0,15654
		40	69,10	1,447	0,16055
		50	68,46	1,460	0,16456
	7	00	67,83	1,474	0,16858
		10	67,21	1,487	0,17259
		20	66,59	1,501	0,17660
		30	65,98	1,515	0,18062
		40	65,37	1,529	0,18463
		50	64,77	1,543	0,18865
	8	00	64,17	1,558	0,19266
		10	63,58	1,572	0,19667
		20	63,00	1,587	0,20069
		30	62,42	1,602	0,20470
		40	61,84	1,617	0,20871
		50	61,27	1,632	0,21273
	9	00	60,71	1,647	0,21674
		10	60,15	1,662	0,22076
		20	59,60	1,677	0,22477
		30	59,05	1,693	0,22878
		40	58,51	1,709	0,23280
		50	57,97	1,725	0,23681
	10	00	57,43	1,741	0,24082
		10	56,91	1,757	0,24484
		20	56,38	1,773	0,24885
		30	55,86	1,790	0,25287
		40	55,35	1,806	0,25688
		50	54,84	1,823	0,26089
	11	00	54,34	1,840	0,26491
		10	53,84	1,857	0,26892
		20	53,34	1,874	0,27293
		30	52,85	1,892	0,27695
		40	52,36	1,909	0,28096
		50	51,88	1,927	0,28498
	12	00	51,41	1,945	0,28899
		10	50,93	1,963	0,29300
		20	50,46	1,981	0,29702
		30	50,00	2,000	0,30103
		40	49,54	2,018	0,30504
		50	49,08	2,037	0,30906
	13	00	48,63	2,056	0,31307
		10	48,19	2,075	0,31709
		20	47,74	2,094	0,32110
		30	47,30	2,114	0,32511
		40	46,87	2,133	0,32913
		50	46,44	2,153	0,33314
	14	00	46,01	2,173	0,33715
		10	45,59	2,193	0,34117
		20	45,17	2,214	0,34518
		30	44,75	2,234	0,34920
		40	44,34	2,255	0,35321
		50	43,93	2,276	0,35722
	15	00	43,53	2,297	0,36124
		10	43,13	2,318	0,36525
		20	42,73	2,340	0,36926
		30	42,34	2,361	0,37328
		40	41,95	2,383	0,37729
		50	41,56	2,406	0,38131
	16	00	41,18	2,428	0,38532
		10	40,80	2,450	0,38933
		20	40,43	2,473	0,39335
		30	40,05	2,496	0,39736
		40	39,69	2,519	0,40137
		50	39,32	2,543	0,40539
	17	00	38,96	2,566	0,40940
		10	38,60	2,590	0,41341
		20	38,24	2,614	0,41743
		30	37,89	2,639	0,42144
		40	37,54	2,663	0,42546
		50	37,20	2,688	0,42947
	18	00	36,86	2,713	0,43348
		10	36,52	2,738	0,43750
		20	36,18	2,763	0,44151
		30	35,85	2,789	0,44552
		40	35,52	2,815	0,44954
		50	35,19	2,841	0,45355
	19	00	34,87	2,867	0,45757
		10	34,55	2,894	0,46158
		20	34,23	2,921	0,46559
		30	33,92	2,948	0,46961
		40	33,60	2,975	0,47362
		50	33,29	3,003	0,47763
	20	00	32,99	3,031	0,48165
		10	32,68	3,059	0,48566
		20	32,38	3,087	0,48968
		30	32,09	3,116	0,49369
		40	31,79	3,145	0,49770
		50	31,50	3,174	0,50172
	21	00	31,21	3,204	0,50573
		10	30,92	3,234	0,50974
		20	30,64	3,264	0,51376
		30	30,35	3,294	0,51777
		40	30,08	3,324	0,52179
		50	29,80	3,355	0,52580
	22	00	29,52	3,386	0,52981
		10	29,25	3,418	0,53383
		20	28,98	3,450	0,53784
		30	28,72	3,482	0,54185
		40	28,45	3,514	0,54587
		50	28,19	3,547	0,54988
	23	00	27,93	3,580	0,55390
		10	27,68	3,613	0,55791
		20	27,42	3,646	0,56192
		30	27,17	3,680	0,56594
		40	26,92	3,714	0,56995
		50	26,67	3,749	0,57396
1	00		26,43	3,784	0,57798
	01		25,00	3,999	0,60206
	02		23,65	4,228	0,62614
	03		22,38	4,469	0,65022
	04		21,17	4,723	0,67431
	05		20,03	4,993	0,69839
	06		18,95	5,278	0,72247
	07		17,92	5,578	0,74655
	08		16,96	5,897	0,77064
	09		16,04	6,233	0,79472
	10		15,18	6,588	0,81880
	11		14,36	6,964	0,84288
	12		13,58	7,361	0,86696
	13		12,85	7,781	0,89104
	14		12,16	8,224	0,91513
	15		11,50	8,693	0,93921
	16		10,88	9,189	0,96329
	17		10,30	9,713	0,98737
	18		9,74	10,267	1,01146
	19		9,21	10,852	1,03554
	20		8,72	11,471	1,05963
	21		8,25	12,125	1,08371
	22		7,80	12,817	1,10779
	23		7,38	13,547	1,13187
2	00		6,98	14,320	1,15596
	01		6,61	15,136	1,18004
	02		6,25	16,000	1,20412
	03		5,91	16,912	1,22820
	04		5,59	17,876	1,25229
	05		5,29	18,895	1,27637
	06		5,01	19,973	1,30045
	07		4,74	21,112	1,32453
	08		4,48	22,315	1,34861
	09		4,24	23,588	1,37270
	10		4,01	24,933	1,39678
	11		3,79	26,354	1,42086
	12		3,59	27,857	1,44494
	13		3,40	29,445	1,46903
	14		3,21	31,124	1,49311
	15		3,04	32,899	1,51719
	16		2,88	34,775	1,54127
	17		2,72	36,758	1,56536
	18		2,57	38,854	1,58944
	19		2,43	41,069	1,61352
	20		2,30	43,411	1,63760
	21		2,18	45,886	1,66169
	22		2,06	48,502	1,68577
	23		1,95	51,268	1,70985

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
3	00		1,85	54,191	1,73393
	01		1,75	57,281	1,75801
	02		1,65	60,547	1,78210
	03		1,56	63,999	1,80618
	04		1,48	67,648	1,83026
	05		1,40	71,505	1,85434
	06		1,32	75,582	1,87842
	07		1,25	79,891	1,90250
	08		1,18	84,447	1,92659
	09		1,12	89,261	1,95067
	10		1,06	94,351	1,97475
	11		1,00	99,730	1,99883
	12		0,95	105,419	2,02292
	13		0,90	111,430	2,04700
	14		0,85	117,784	2,07109
	15		0,80	124,500	2,09517
	16		0,76	131,597	2,11925
	17		0,72	139,101	2,14333
	18		0,68	147,032	2,16741
	19		0,64	155,417	2,19150
	20		0,61	164,279	2,21558
	21		0,58	173,644	2,23966
	22		0,54	183,546	2,26375
	23		0,52	194,012	2,28783
4	00		0,49	205,073	2,31191
	01		0,46	216,764	2,33599
	02		0,44	229,126	2,36008
	03		0,41	242,189	2,38416
	04		0,39	255,996	2,40823
	05		0,37	270,599	2,43233
	06		0,35	286,024	2,45640
	07		0,33	302,334	2,48049
	08		0,31	319,570	2,50457
	09		0,30	337,792	2,52865
	10		0,28	357,053	2,55273
	11		0,26	377,415	2,57682
	12		0,25	398,930	2,60090
	13		0,24	421,674	2,62498
	14		0,22	445,712	2,64906
	15		0,21	471,142	2,67315
	16		0,20	498,007	2,69724
	17		0,19	526,398	2,72132

Calcium 45

Halbwertzeit 160 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0			100,00	1,000	0,00000
1			99,57	1,004	0,00188
2			99,14	1,008	0,00376
3			98,71	1,013	0,00564
4			98,28	1,017	0,00753
5			97,86	1,021	0,00941
6			97,43	1,026	0,01129
7			97,01	1,030	0,01317
8			96,59	1,035	0,01505
9			96,18	1,039	0,01693
10			95,76	1,044	0,01881
11			95,35	1,048	0,02070
12			94,93	1,053	0,02258
13			94,52	1,057	0,02446
14			94,12	1,062	0,02634
15			93,71	1,067	0,02822
16			93,30	1,071	0,03010
17			92,90	1,076	0,03198
18			92,50	1,081	0,03387
19			92,10	1,085	0,03575
20			91,70	1,090	0,03763
21			91,30	1,095	0,03951
22			90,91	1,099	0,04139
23			90,52	1,104	0,04327
24			90,13	1,109	0,04515
25			89,74	1,114	0,04704
26			89,35	1,119	0,04892
27			88,96	1,124	0,05080
28			88,58	1,128	0,05268
29			88,19	1,133	0,05456
30			87,81	1,138	0,05644
31			87,43	1,143	0,05833
32			87,06	1,148	0,06021
33			86,68	1,153	0,06209
34			86,30	1,158	0,06397
35			85,93	1,163	0,06585
36			85,56	1,168	0,06773
37			85,19	1,173	0,06961
38			84,82	1,178	0,07150
39			84,45	1,184	0,07338
40			84,09	1,189	0,07526
41			83,73	1,194	0,07714
42			83,36	1,199	0,07902
43			83,00	1,204	0,08090
44			82,65	1,209	0,08278
45			82,29	1,215	0,08467
46			81,93	1,220	0,08655
47			81,58	1,225	0,08843
48			81,23	1,231	0,09031
49			80,87	1,236	0,09219
50			80,52	1,241	0,09407
51			80,18	1,247	0,09595
52			79,83	1,252	0,09784
53			79,48	1,258	0,09972
54			79,14	1,263	0,10160
55			78,80	1,269	0,10348
56			78,46	1,274	0,10536
57			78,12	1,280	0,10724
58			77,78	1,285	0,10912
59			77,45	1,291	0,11101
60			77,11	1,296	0,11289
61			76,78	1,302	0,11477
62			76,45	1,308	0,11665
63			76,11	1,313	0,11853
64			75,79	1,319	0,12041
65			75,46	1,325	0,12229
66			75,13	1,330	0,12418
67			74,81	1,336	0,12606
68			74,48	1,342	0,12794
69			74,16	1,348	0,12982
70			73,84	1,354	0,13170
71			73,52	1,360	0,13358
72			73,20	1,366	0,13546
73			72,89	1,371	0,13735
74			72,57	1,377	0,13923
75			72,26	1,383	0,14111
76			71,95	1,389	0,14299
77			71,64	1,395	0,14487
78			71,33	1,402	0,14675
79			71,02	1,408	0,14863
80			70,71	1,414	0,15052
81			70,41	1,420	0,15240
82			70,10	1,426	0,15428
83			69,80	1,432	0,15616
84			69,50	1,438	0,15804
85			69,20	1,445	0,15992
86			68,90	1,451	0,16180
87			68,60	1,457	0,16369
88			68,30	1,464	0,16557
89			68,01	1,470	0,16745
90			67,71	1,476	0,16933
91			67,42	1,483	0,17121
92			67,13	1,489	0,17309
93			66,84	1,496	0,17497
94			66,55	1,502	0,17686
95			66,26	1,509	0,17874
96			65,98	1,515	0,18062
97			65,69	1,522	0,18250
98			65,41	1,528	0,18438
99			65,12	1,535	0,18626
100			64,84	1,542	0,18814
105			63,45	1,575	0,19755
110			62,09	1,610	0,20696
115			60,76	1,645	0,21637
120			59,46	1,681	0,22577
125			58,19	1,718	0,23518
130			56,94	1,756	0,24459
135			55,72	1,794	0,25399
140			54,53	1,834	0,26340
145			53,36	1,874	0,27281
150			52,21	1,915	0,28222
155			51,09	1,957	0,29162
160			50,00	2,000	0,30103
165			48,93	2,043	0,31044
170			47,88	2,088	0,31985
175			46,85	2,134	0,32925
180			45,85	2,181	0,33866
185			44,87	2,228	0,34807
190			43,91	2,277	0,35747
195			42,97	2,327	0,36688
200			42,04	2,378	0,37629
205			41,14	2,430	0,38570
210			40,26	2,483	0,39510
215			39,40	2,538	0,40451
220			38,56	2,593	0,41392
225			37,73	2,650	0,42332
230			36,92	2,708	0,43273
235			36,13	2,767	0,44214
240			35,36	2,828	0,45155
245			34,60	2,890	0,46095
250			33,86	2,953	0,47036
255			33,13	3,018	0,47977
260			32,42	3,084	0,48917
265			31,73	3,151	0,49858
270			31,05	3,220	0,50799
275			30,38	3,291	0,51740
280			29,73	3,363	0,52680
285			29,09	3,437	0,53621
290			28,47	3,512	0,54562
295			27,86	3,589	0,55502
300			27,26	3,668	0,56443
305			26,68	3,748	0,57384
310			26,11	3,830	0,58325
315			25,55	3,914	0,59265
320			25,00	3,999	0,60206
325			24,46	4,087	0,61147
330			23,94	4,177	0,62087
335			23,43	4,268	0,63028
340			22,93	4,362	0,63969
345			22,43	4,457	0,64910
350			21,95	4,555	0,65850
355			21,48	4,654	0,66791
360			21,02	4,756	0,67732
365			20,57	4,860	0,68672
370			20,13	4,967	0,69613
375			19,70	5,076	0,70554
380			19,28	5,187	0,71495
385			18,86	5,300	0,72435
390			18,46	5,417	0,73376
395			18,06	5,535	0,74317
400			17,68	5,656	0,75257
405			17,30	5,780	0,76198
410			16,93	5,907	0,77139
415			16,57	6,036	0,78080
420			16,21	6,168	0,79020
425			15,86	6,303	0,79961
430			15,52	6,441	0,80902
435			15,19	6,582	0,81842
440			14,87	6,727	0,82783
445			14,55	6,874	0,83724
450			14,23	7,024	0,84664
455			13,93	7,178	0,85605
460			13,63	7,335	0,86546
465			13,34	7,496	0,87486
470			13,05	7,660	0,88427
475			12,77	7,828	0,89368
480			12,50	7,999	0,90308
485			12,23	8,175	0,91249
490			11,97	8,354	0,92190
495			11,71	8,536	0,93130
500			11,46	8,723	0,94071
520			10,51	9,513	0,97834
540			9,64	10,374	1,01598
560			8,84	11,313	1,05361
580			8,11	12,337	1,09123
600			7,43	13,454	1,12886
620			6,82	14,672	1,16649
640			6,25	16,000	1,20412
660			5,73	17,448	1,24175
680			5,26	19,027	1,27938
700			4,82	20,749	1,31701
720			4,42	22,627	1,35464
740			4,05	24,675	1,39226
760			3,72	26,908	1,42989
780			3,41	29,344	1,46752
800			3,13	32,000	1,50515
820			2,87	34,896	1,54278
840			2,63	38,054	1,58041
860			2,41	41,498	1,61804
880			2,21	45,254	1,65567
900			2,03	49,350	1,69329
920			1,86	53,817	1,73092
940			1,70	58,688	1,76855
960			1,56	63,999	1,80618
980			1,43	69,791	1,84381
1000			1,31	76,108	1,88143
1020			1,20	82,996	1,91906
1040			1,10	90,507	1,95669
1060			1,01	98,699	1,99431
1080			0,93	107,634	2,03195
1100			0,85	117,376	2,06958
1120			0,78	128,000	2,10721
1140			0,72	139,584	2,14484
1160			0,66	152,218	2,18247
1180			0,60	165,994	2,22009
1200			0,55	181,018	2,25772
1220			0,51	197,402	2,29535
1240			0,46	215,271	2,33299
1260			0,43	234,752	2,37061
1280			0,39	255,996	2,40823
1300			0,36	279,173	2,44587
1320			0,33	304,432	2,48349
1340			0,30	331,994	2,52113
1360			0,28	362,043	2,55876
1380			0,25	394,804	2,59638
1400			0,23	430,533	2,63401
1420			0,21	469,505	2,67164
1440			0,20	512,006	2,70928
1460			0,18	558,347	2,74690
1480			0,16	608,865	2,78452

Chrom 51

Halbwertzeit 27 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	0		100,00	1,000	0,00000
	6		99,36	1,006	0,00279
	12		98,72	1,012	0,00558
	18		98,09	1,019	0,00836
1	00		97,47	1,026	0,01115
	06		96,84	1,032	0,01394
	12		96,22	1,039	0,01672
	18		95,61	1,045	0,01951
2	00		95,00	1,052	0,02230
	06		94,39	1,059	0,02509
	12		93,78	1,066	0,02787
	18		93,18	1,073	0,03066
3	00		92,59	1,080	0,03345
	06		92,00	1,087	0,03624
	12		91,41	1,094	0,03902
	18		90,82	1,101	0,04181
4	00		90,24	1,108	0,04460
	06		89,66	1,115	0,04738
	12		89,09	1,122	0,05017
	18		88,52	1,129	0,05296
5	00		87,95	1,136	0,05575
	06		87,39	1,144	0,05853
	12		86,83	1,151	0,06132
	18		86,28	1,159	0,06411
6	00		85,72	1,166	0,06690
	06		85,18	1,174	0,06968
	12		84,63	1,181	0,07247
	18		84,09	1,189	0,07526
7	00		83,55	1,196	0,07805
	06		83,02	1,204	0,08083
	12		82,49	1,212	0,08362
	18		81,96	1,220	0,08641
8	00		81,43	1,227	0,08919
	06		80,91	1,235	0,09198
	12		80,40	1,243	0,09477
	18		79,88	1,251	0,09756
9	00		79,37	1,259	0,10034
	06		78,86	1,268	0,10313
	12		78,36	1,276	0,10592
	18		77,86	1,284	0,10871
10	00		77,36	1,292	0,11149
	06		76,86	1,301	0,11428
	12		76,37	1,309	0,11707
	18		75,88	1,317	0,11986
11	00		75,40	1,326	0,12264
	06		74,92	1,334	0,12543
	12		74,44	1,343	0,12822
	18		73,96	1,352	0,13100
12	00		73,49	1,360	0,13379
	06		73,02	1,369	0,13658
	12		72,55	1,378	0,13937
	18		72,09	1,387	0,14215
13	00		71,62	1,396	0,14494
	06		71,17	1,405	0,14773
	12		70,71	1,414	0,15052
	18		70,26	1,423	0,15330
14	00		69,81	1,432	0,15609
	06		69,36	1,441	0,15888
	12		68,92	1,450	0,16166
	18		68,48	1,460	0,16445
15	00		68,04	1,469	0,16724
	06		67,60	1,479	0,17003
	12		67,17	1,488	0,17281
	18		66,74	1,498	0,17560
16	00		66,32	1,507	0,17839
	06		65,89	1,517	0,18118
	12		65,47	1,527	0,18396
	18		65,05	1,537	0,18675
17	00		64,63	1,547	0,18954
	06		64,22	1,557	0,19233
	12		63,81	1,567	0,19511
	18		63,40	1,577	0,19790
18	00		63,00	1,587	0,20069
	06		62,59	1,597	0,20347
	12		62,19	1,607	0,20626
	18		61,79	1,618	0,20905
19	00		61,40	1,628	0,21184
	06		61,01	1,639	0,21462
	12		60,62	1,649	0,21741
	18		60,23	1,660	0,22020
20	00		59,84	1,671	0,22299
	06		59,46	1,681	0,22577
	12		59,08	1,692	0,22856
	18		58,70	1,703	0,23135
21	00		58,33	1,714	0,23413
	06		57,95	1,725	0,23692
	12		57,58	1,736	0,23971
	18		57,21	1,747	0,24250
22	00		56,85	1,759	0,24528
	06		56,48	1,770	0,24807
	12		56,12	1,781	0,25086
	18		55,76	1,793	0,25365
23	00		55,41	1,804	0,25643
	06		55,05	1,816	0,25922
	12		54,70	1,828	0,26201
	18		54,35	1,839	0,26480
24	00		54,00	1,851	0,26758
	06		53,66	1,863	0,27037
	12		53,31	1,875	0,27316
	18		52,97	1,887	0,27594
25	00		52,63	1,899	0,27873
	06		52,30	1,912	0,28152
	12		51,96	1,924	0,28431
	18		51,63	1,936	0,28709
26	00		51,30	1,949	0,28988
	06		50,97	1,961	0,29267
	12		50,65	1,974	0,29546
	18		50,32	1,987	0,29824
27	00		50,00	2,000	0,30103

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	06		49,68	2,012	0,30382
	12		49,36	2,025	0,30661
	18		49,05	2,038	0,30939
28	00		48,73	2,052	0,31218
	06		48,42	2,065	0,31497
	12		48,11	2,078	0,31775
	18		47,80	2,091	0,32054
29	00		47,50	2,105	0,32333
	06		47,19	2,118	0,32612
	12		46,89	2,132	0,32890
	18		46,59	2,146	0,33169
30	00		46,29	2,160	0,33448
	06		46,00	2,174	0,33727
	12		45,70	2,188	0,34005
	18		45,41	2,202	0,34284
31	00		45,12	2,216	0,34563
	06		44,83	2,230	0,34841
	12		44,54	2,244	0,35120
	18		44,26	2,259	0,35399
32	00		43,98	2,273	0,35678
	06		43,70	2,288	0,35956
	12		43,42	2,303	0,36235
	18		43,14	2,318	0,36514
33	00		42,86	2,333	0,36793
	06		42,59	2,348	0,37071
	12		42,32	2,363	0,37350
	18		42,04	2,378	0,37629
34	00		41,78	2,393	0,37908
	06		41,51	2,409	0,38186
	12		41,24	2,424	0,38465
	18		40,98	2,440	0,38744
35	00		40,72	2,455	0,39022
	06		40,46	2,471	0,39301
	12		40,20	2,487	0,39580
	18		39,94	2,503	0,39859
36	00		39,69	2,519	0,40137
	06		39,43	2,536	0,40416
	12		39,18	2,552	0,40695
	18		38,93	2,568	0,40974
37	00		38,68	2,585	0,41252
	06		38,43	2,602	0,41531
	12		38,19	2,618	0,41810
	18		37,94	2,635	0,42088
38	00		37,70	2,652	0,42367
	06		37,46	2,669	0,42646
	12		37,22	2,686	0,42925
	18		36,98	2,704	0,43203
39	00		36,74	2,721	0,43482
	06		36,51	2,739	0,43761
	12		36,27	2,756	0,44040
	18		36,04	2,774	0,44318
40	00		35,81	2,792	0,44597
	06		35,58	2,810	0,44876
	12		35,36	2,828	0,45155
	18		35,13	2,846	0,45433
41	00		34,90	2,864	0,45712
	06		34,68	2,883	0,45991
	12		34,46	2,901	0,46269
	18		34,24	2,920	0,46548
42	00		34,02	2,939	0,46827
	06		33,80	2,958	0,47106
	12		33,59	2,977	0,47384
	18		33,37	2,996	0,47663
43	00		33,16	3,015	0,47942
	06		32,95	3,035	0,48221
	12		32,73	3,054	0,48499
	18		32,53	3,074	0,48778
44	00		32,32	3,094	0,49057
	06		32,11	3,114	0,49336
	12		31,90	3,134	0,49614
	18		31,70	3,154	0,49893
45	00		31,50	3,174	0,50172
	06		31,30	3,195	0,50450
	12		31,10	3,215	0,50729
	18		30,90	3,236	0,51008
46	00		30,70	3,257	0,51287
	06		30,50	3,278	0,51565
	12		30,31	3,299	0,51844
	18		30,11	3,320	0,52123
47	00		29,92	3,342	0,52402
	06		29,73	3,363	0,52680
	12		29,54	3,385	0,52959
	18		29,35	3,407	0,53238
48	00		29,16	3,428	0,53516
	06		28,98	3,451	0,53795
	12		28,79	3,473	0,54074
	18		28,61	3,495	0,54353
49	00		28,42	3,518	0,54631
	06		28,24	3,540	0,54910
	12		28,06	3,563	0,55189
	18		27,88	3,586	0,55468
50	00		27,70	3,609	0,55746
	12		27,35	3,656	0,56304
51	00		27,00	3,703	0,56861
	12		26,66	3,751	0,57419
52	00		26,32	3,799	0,57976

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	12		25,98	3,848	0,58534
53	00		25,65	3,898	0,59091
	12		25,32	3,948	0,59649
54	00		25,00	3,999	0,60206
	12		24,68	4,051	0,60763
55	00		24,37	4,104	0,61321
	12		24,06	4,157	0,61878
56	00		23,75	4,210	0,62436
	12		23,45	4,265	0,62993
57	00		23,15	4,320	0,63551
	12		22,85	4,376	0,64108
58	00		22,56	4,432	0,64666
	12		22,27	4,489	0,65223
59	00		21,99	4,547	0,65781
	12		21,71	4,606	0,66338
60	00		21,43	4,666	0,66896
	12		21,16	4,726	0,67453
61	00		20,89	4,787	0,68010
	12		20,62	4,849	0,68568
62	00		20,36	4,911	0,69125
	12		20,10	4,975	0,69683
63	00		19,84	5,039	0,70240
	12		19,59	5,104	0,70798
64	00		19,34	5,170	0,71355
	12		19,09	5,237	0,71913
65	00		18,85	5,305	0,72470
	12		18,61	5,373	0,73028
66	00		18,37	5,443	0,73585
	12		18,14	5,513	0,74142
67	00		17,91	5,584	0,74700
	12		17,68	5,656	0,75257
68	00		17,45	5,729	0,75815
	12		17,23	5,803	0,76372
69	00		17,01	5,878	0,76930
	12		16,79	5,954	0,77487
70			16,58	6,031	0,78045
71			16,16	6,188	0,79160
72			15,75	6,349	0,80274
73			15,35	6,514	0,81389
74			14,96	6,684	0,82504
75			14,58	6,857	0,83619
76			14,21	7,036	0,84734
77			13,85	7,219	0,85849
78			13,50	7,406	0,86964
79			13,16	7,599	0,88079
80			12,83	7,797	0,89194
81			12,50	7,999	0,90308
82			12,18	8,207	0,91423
83			11,87	8,421	0,92538
84			11,57	8,640	0,93653
85			11,28	8,865	0,94768
86			10,99	9,095	0,95883
87			10,72	9,332	0,96998
88			10,44	9,574	0,98113
89			10,18	9,823	0,99227
90			9,92	10,079	1,00343
91			9,67	10,341	1,01458
92			9,42	10,610	1,02573
93			9,19	10,886	1,03688
94			8,95	11,169	1,04803
95			8,73	11,459	1,05918
96			8,50	11,757	1,07033
97			8,29	12,063	1,08148
98			8,08	12,377	1,09263
99			7,87	12,699	1,10378
100			7,67	13,029	1,11493
105			6,75	14,814	1,17067
110			5,94	16,842	1,22642
115			5,22	19,149	1,28217
120			4,59	21,772	1,33791
125			4,04	24,754	1,39366
130			3,55	28,145	1,44940
135			3,13	32,000	1,50515
140			2,75	36,382	1,56090
145			2,42	41,365	1,61664
150			2,13	47,031	1,67239
155			1,87	53,473	1,72814
160			1,64	60,796	1,78388
165			1,45	69,123	1,83963
170			1,27	78,590	1,89537
175			1,12	89,353	1,95111
180			0,98	101,594	2,00687
185			0,87	115,508	2,06261
190			0,76	131,328	2,11836
195			0,67	149,316	2,17411
200			0,59	169,767	2,22986
205			0,52	193,016	2,28560
210			0,46	219,452	2,34134
215			0,40	249,513	2,39709
220			0,35	283,687	2,45284
225			0,31	322,539	2,50858
230			0,27	366,716	2,56433
235			0,24	416,944	2,62008
240			0,21	474,045	2,67582
245			0,19	538,967	2,73156
250			0,16	612,782	2,78731
255			0,14	696,718	2,84306

Mangan 52

Halbwertzeit 5,7 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	0		100,00	1,000	0,00000
	1		99,49	1,005	0,00220
	2		98,99	1,010	0,00440
	3		98,49	1,015	0,00660
	4		97,99	1,020	0,00880
	5		97,50	1,025	0,01100
	6		97,01	1,030	0,01320
	7		96,52	1,036	0,01540
	8		96,03	1,041	0,01760
	9		95,54	1,046	0,01980
	10		95,06	1,051	0,02201
	11		94,58	1,057	0,02421
	12		94,10	1,062	0,02641
	13		93,63	1,068	0,02861
	14		93,15	1,073	0,03081
	15		92,68	1,078	0,03301
	16		92,21	1,084	0,03521
	17		91,75	1,089	0,03741
	18		91,28	1,095	0,03961
	19		90,82	1,101	0,04181
	20		90,36	1,106	0,04401
	21		89,91	1,112	0,04621
	22		89,45	1,117	0,04841
	23		89,00	1,123	0,05061
1	00		88,55	1,129	0,05281
	01		88,10	1,135	0,05501
	02		87,66	1,140	0,05721
	03		87,21	1,146	0,05941
	04		86,77	1,152	0,06161
	05		86,33	1,158	0,06382
	06		85,90	1,164	0,06602
	07		85,46	1,170	0,06822
	08		85,03	1,176	0,07042
	09		84,60	1,181	0,07262
	10		84,17	1,188	0,07482
	11		83,75	1,194	0,07702
	12		83,33	1,200	0,07922
	13		82,91	1,206	0,08142
	14		82,49	1,212	0,08362
	15		82,07	1,218	0,08582
	16		81,65	1,224	0,08802
	17		81,24	1,230	0,09022
	18		80,83	1,237	0,09242
	19		80,42	1,243	0,09462
	20		80,02	1,249	0,09682
	21		79,61	1,256	0,09902
	22		79,21	1,262	0,10122
	23		78,81	1,268	0,10342
2	00		78,41	1,275	0,10563
	01		78,01	1,281	0,10783
	02		77,62	1,288	0,11003
	03		77,23	1,294	0,11223
	04		76,84	1,301	0,11443
	05		76,45	1,308	0,11663
	06		76,06	1,314	0,11883
	07		75,68	1,321	0,12103
	08		75,30	1,328	0,12323
	09		74,92	1,334	0,12543
	10		74,54	1,341	0,12763
	11		74,16	1,348	0,12983
	12		73,79	1,355	0,13203
	13		73,41	1,362	0,13423
	14		73,04	1,369	0,13643
	15		72,67	1,376	0,13863
	16		72,30	1,383	0,14083
	17		71,94	1,390	0,14303
	18		71,58	1,397	0,14523
	19		71,21	1,404	0,14743
	20		70,85	1,411	0,14964
	21		70,50	1,418	0,15184
	22		70,14	1,425	0,15404
	23		69,79	1,432	0,15624
3	00		69,43	1,440	0,15844
	01		69,08	1,447	0,16064
	02		68,73	1,454	0,16284
	03		68,39	1,462	0,16504
	04		68,04	1,469	0,16724
	05		67,70	1,477	0,16944
	06		67,35	1,484	0,17164
	07		67,01	1,492	0,17384
	08		66,67	1,499	0,17604
	09		66,34	1,507	0,17824
	10		66,00	1,515	0,18044
	11		65,67	1,522	0,18264
	12		65,34	1,530	0,18484
	13		65,01	1,538	0,18704
	14		64,68	1,546	0,18924
	15		64,35	1,553	0,19144
	16		64,03	1,561	0,19365
	17		63,70	1,569	0,19585
	18		63,38	1,577	0,19805
	19		63,06	1,585	0,20025
	20		62,74	1,593	0,20245
	21		62,42	1,601	0,20465
	22		62,11	1,610	0,20685
	23		61,79	1,618	0,20905

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
4	00		61,48	1,626	0,21125
	01		61,17	1,634	0,21345
	02		60,86	1,643	0,21565
	03		60,55	1,651	0,21785
	04		60,25	1,659	0,22005
	05		59,94	1,668	0,22225
	06		59,64	1,676	0,22445
	07		59,34	1,685	0,22665
	08		59,04	1,693	0,22885
	09		58,74	1,702	0,23105
	10		58,44	1,711	0,23325
	11		58,15	1,719	0,23546
	12		57,86	1,728	0,23766
	13		57,56	1,737	0,23986
	14		57,27	1,746	0,24206
	15		56,98	1,754	0,24426
	16		56,69	1,763	0,24646
	17		56,41	1,772	0,24866
	18		56,12	1,781	0,25086
	19		55,84	1,790	0,25306
	20		55,56	1,799	0,25526
	21		55,28	1,809	0,25746
	22		55,00	1,818	0,25966
	23		54,72	1,827	0,26186
5	00		54,44	1,836	0,26406
	06		52,81	1,893	0,27727
	12		51,23	1,951	0,29047
	18		49,70	2,012	0,30367
6	00		48,21	2,074	0,31687
	06		46,77	2,138	0,33008
	12		45,36	2,204	0,34328
	18		44,01	2,272	0,35648
7	00		42,69	2,342	0,36969
	06		41,41	2,414	0,38289
	12		40,17	2,489	0,39609
	18		38,97	2,566	0,40930
8	00		37,80	2,645	0,42250
	06		36,67	2,727	0,43570
	12		35,57	2,811	0,44890
	18		34,51	2,898	0,46211
9	00		33,47	2,987	0,47531
	06		32,47	3,079	0,48851
	12		31,50	3,174	0,50172
	18		30,55	3,272	0,51492
10	00		29,64	3,373	0,52812
	06		28,75	3,477	0,54133
	12		27,89	3,585	0,55453
	18		27,06	3,695	0,56773
11	00		26,25	3,810	0,58094
	06		25,46	3,927	0,59414
	12		24,70	4,048	0,60734
	18		23,96	4,173	0,62054
12	00		23,24	4,302	0,63375
	06		22,54	4,435	0,64695
	12		21,87	4,572	0,66015
	18		21,22	4,713	0,67336
13	00		20,58	4,859	0,68656
	06		19,96	5,009	0,69976
	12		19,37	5,163	0,71297
	18		18,79	5,323	0,72617
14	00		18,22	5,487	0,73937
	06		17,68	5,656	0,75257
	12		17,15	5,831	0,76578
	18		16,63	6,011	0,77898
15	00		16,14	6,197	0,79218
	06		15,65	6,388	0,80539
	12		15,18	6,585	0,81859
	18		14,73	6,788	0,83179
16	00		14,29	6,998	0,84499
	06		13,86	7,214	0,85820
	12		13,45	7,437	0,87140
	18		13,04	7,666	0,88460
17	00		12,65	7,903	0,89780
	06		12,27	8,147	0,91101
	12		11,91	8,398	0,92421
	18		11,55	8,657	0,93741
18	00		11,20	8,925	0,95061
	06		10,87	9,200	0,96382
	12		10,54	9,484	0,97702
	18		10,23	9,777	0,99022
19	00		9,92	10,079	1,00343
	06		9,62	10,390	1,01664
	12		9,34	10,711	1,02984
	18		9,06	11,041	1,04304
20			8,79	11,382	1,05625
21			7,78	12,854	1,10906
22			6,89	14,516	1,16187
23			6,10	16,393	1,21468
24			5,40	18,513	1,26750
25			4,78	20,907	1,32031
26			4,24	23,611	1,37312
27			3,75	26,664	1,42593
28			3,32	30,112	1,47874
29			2,94	34,006	1,53156

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
30			2,60	38,403	1,58437
31			2,31	43,369	1,63718
32			2,04	48,977	1,68999
33			1,81	55,310	1,74280
34			1,60	62,461	1,79561
35			1,42	70,538	1,84843
36			1,26	79,659	1,90124
37			1,11	89,959	1,95405
38			0,98	101,594	2,00687
39			0,87	114,730	2,05968
40			0,77	129,565	2,11249
41			0,68	146,320	2,16531
42			0,61	165,240	2,21812
43			0,54	186,605	2,27092
44			0,47	210,734	2,32374
45			0,42	237,987	2,37655
46			0,37	268,759	2,42936
47			0,33	303,508	2,48217
48			0,29	342,759	2,53499
49			0,26	387,086	2,58781
50			0,23	437,139	2,64062
51			0,20	493,656	2,69343
52			0,18	557,475	2,74623
53			0,16	629,564	2,79904
54			0,14	710,984	2,85186

Mangan 54

Halbwertzeit 300 d

0			100,00	1,000	0,00000
5			98,85	1,011	0,00502
10			97,72	1,023	0,01003
15			96,59	1,035	0,01505
20			95,48	1,047	0,02007
25			94,39	1,059	0,02509
30			93,30	1,071	0,03010
35			92,23	1,084	0,03512
40			91,17	1,096	0,04014
45			90,13	1,109	0,04515
50			89,09	1,122	0,05017
55			88,07	1,135	0,05519
60			87,06	1,148	0,06021
65			86,06	1,162	0,06522
70			85,07	1,175	0,07024
75			84,09	1,189	0,07526
80			83,12	1,203	0,08028
85			82,17	1,217	0,08529
90			81,23	1,231	0,09031
95			80,29	1,245	0,09533
100			79,37	1,259	0,10034
105			78,46	1,274	0,10536
110			77,56	1,289	0,11038
115			76,67	1,304	0,11540
120			75,79	1,319	0,12041
125			74,92	1,334	0,12543
130			74,05	1,350	0,13045
135			73,20	1,366	0,13546
140			72,36	1,381	0,14048
145			71,53	1,397	0,14550
150			70,71	1,414	0,15052
155			69,90	1,430	0,15553
160			69,10	1,447	0,16055
165			68,30	1,464	0,16557
170			67,52	1,481	0,17058
175			66,74	1,498	0,17560
180			65,98	1,515	0,18062
185			65,22	1,533	0,18564
190			64,47	1,551	0,19065
195			63,73	1,569	0,19567
200			63,00	1,587	0,20069
205			62,27	1,605	0,20570
210			61,56	1,624	0,21072
215			60,85	1,643	0,21574
220			60,15	1,662	0,22076
225			59,46	1,681	0,22577
230			58,78	1,701	0,23079
235			58,10	1,721	0,23581
240			57,43	1,741	0,24082
245			56,78	1,761	0,24584
250			56,12	1,781	0,25086
255			55,48	1,802	0,25588
260			54,84	1,823	0,26089
265			54,21	1,844	0,26591
270			53,59	1,866	0,27093
275			52,97	1,887	0,27594
280			52,36	1,909	0,28096
285			51,76	1,931	0,28598
290			51,17	1,954	0,29100
295			50,58	1,977	0,29601
300			50,00	2,000	0,30103
305			49,43	2,023	0,30605
310			48,86	2,046	0,31106
315			48,30	2,070	0,31608
320			47,74	2,094	0,32110
325			47,19	2,118	0,32612
330			46,65	2,143	0,33113
335			46,12	2,168	0,33615
340			45,59	2,193	0,34117
345			45,06	2,219	0,34619
350			44,54	2,244	0,35120
355			44,03	2,271	0,35622
360			43,53	2,297	0,36124
365			43,03	2,324	0,36625
370			42,53	2,351	0,37127
375			42,04	2,378	0,37629
380			41,56	2,406	0,38131
385			41,08	2,434	0,38632
390			40,61	2,462	0,39134
395			40,15	2,490	0,39636
400			39,69	2,519	0,40137
405			39,23	2,549	0,40639
410			38,78	2,578	0,41141
415			38,33	2,608	0,41643
420			37,89	2,639	0,42144
425			37,46	2,669	0,42646
430			37,03	2,700	0,43148
435			36,60	2,732	0,43649
440			36,18	2,763	0,44151
445			35,77	2,795	0,44653
450			35,36	2,828	0,45155
455			34,95	2,861	0,45656
460			34,55	2,894	0,46158
465			34,15	2,928	0,46660
470			33,76	2,962	0,47161
475			33,37	2,996	0,47663
480			32,99	3,031	0,48165
485			32,61	3,066	0,48667
490			32,23	3,102	0,49168
495			31,86	3,138	0,49670
500			31,50	3,174	0,50172
510			30,78	3,249	0,51175
520			30,08	3,324	0,52179
530			29,39	3,402	0,53182
540			28,72	3,482	0,54185
550			28,06	3,563	0,55189
560			27,42	3,646	0,56192
570			26,79	3,732	0,57196
580			26,18	3,819	0,58199
590			25,58	3,908	0,59203
600			25,00	3,999	0,60206
610			24,43	4,093	0,61209
620			23,87	4,189	0,62213
630			23,33	4,287	0,63216
640			22,79	4,387	0,64220
650			22,27	4,489	0,65223
660			21,76	4,594	0,66227
670			21,27	4,702	0,67230
680			20,78	4,812	0,68233
690			20,31	4,924	0,69237
700			19,84	5,039	0,70240
710			19,39	5,157	0,71244
720			18,95	5,278	0,72247
730			18,51	5,401	0,73251
740			18,09	5,527	0,74254
750			17,68	5,656	0,75257
760			17,27	5,789	0,76261
770			16,88	5,924	0,77264
780			16,49	6,062	0,78268
790			16,12	6,204	0,79271
800			15,75	6,349	0,80274
810			15,39	6,497	0,81278
820			15,04	6,649	0,82281
830			14,69	6,805	0,83285
840			14,36	6,964	0,84288
850			14,03	7,127	0,85292
860			13,71	7,293	0,86295
870			13,40	7,464	0,87298
880			13,09	7,638	0,88302
890			12,79	7,817	0,89305
900			12,50	7,999	0,90308
910			12,21	8,186	0,91312
920			11,94	8,378	0,92315
930			11,66	8,574	0,93319
940			11,40	8,774	0,94322
950			11,14	8,979	0,95325
960			10,88	9,189	0,96329
970			10,63	9,404	0,97332
980			10,39	9,623	0,98335
990			10,15	9,848	0,99339
1000			9,92	10,079	1,00343
1020			9,47	10,556	1,02350
1040			9,05	11,055	1,04357
1060			8,64	11,578	1,06364
1080			8,25	12,125	1,08371
1100			7,87	12,699	1,10378
1120			7,52	13,299	1,12385
1140			7,18	13,928	1,14391
1160			6,86	14,587	1,16398
1180			6,55	15,277	1,18405
1200			6,25	16,000	1,20412
1220			5,97	16,756	1,22419
1240			5,70	17,549	1,24426
1260			5,44	18,379	1,26433
1280			5,20	19,248	1,28439
1300			4,96	20,158	1,30446
1320			4,74	21,112	1,32453
1340			4,52	22,110	1,34460
1360			4,32	23,156	1,36467
1380			4,12	24,251	1,38474
1400			3,94	25,398	1,40481
1450			3,51	28,508	1,45498
1500			3,13	32,000	1,50515
1550			2,78	35,918	1,55532
1600			2,48	40,317	1,60549
1650			2,21	45,254	1,65567
1700			1,97	50,796	1,70584
1750			1,75	57,017	1,75601
1800			1,56	63,999	1,80618
1850			1,39	71,837	1,85635
1900			1,24	80,634	1,90652
1950			1,10	90,507	1,95669
2000			0,98	101,594	2,00687
2500			0,31	322,539	2,50858
3000			0,10	1023,96	3,01028
3500			0,03	3250,98	3,51201
4000			0,01	10319,9	4,01368

Eisen 59

Halbwertzeit 45 d

	0		100,00	1,000	0,00000
	6		99,62	1,003	0,00167
	12		99,23	1,007	0,00335
	18		98,85	1,011	0,00502
1	**00**		98,47	1,015	0,00669
	06		98,09	1,019	0,00836
	12		97,72	1,023	0,01003
	18		97,34	1,027	0,01171
2	**00**		96,97	1,031	0,01338
	06		96,59	1,035	0,01505
	12		96,22	1,039	0,01672
	18		95,85	1,043	0,01840
3	**00**		95,48	1,047	0,02007
	06		95,12	1,051	0,02174
	12		94,75	1,055	0,02341
	18		94,39	1,059	0,02509
4	**00**		94,02	1,063	0,02676
	06		93,66	1,067	0,02843
	12		93,30	1,071	0,03010
	18		92,94	1,075	0,03178
5	**00**		92,59	1,080	0,03345
	06		92,23	1,084	0,03512
	12		91,88	1,088	0,03679
	18		91,52	1,092	0,03847
6	**00**		91,17	1,096	0,04014
	06		90,82	1,101	0,04181
	12		90,47	1,105	0,04348
	18		90,13	1,109	0,04515
7	**00**		89,78	1,113	0,04683
	06		89,43	1,118	0,04850
	12		89,09	1,122	0,05017
	18		88,75	1,126	0,05184
8	**00**		88,41	1,131	0,05352
	06		88,07	1,135	0,05519
	12		87,73	1,139	0,05686
	18		87,39	1,144	0,05853
9	**00**		87,06	1,148	0,06021
	06		86,72	1,153	0,06188
	12		86,39	1,157	0,06355
	18		86,06	1,162	0,06522
10	**00**		85,72	1,166	0,06690
	06		85,39	1,171	0,06857
	12		85,07	1,175	0,07024
	18		84,74	1,180	0,07191
11	**00**		84,41	1,184	0,07359
	06		84,09	1,189	0,07526
	12		83,77	1,193	0,07693
	18		83,44	1,198	0,07860
12	**00**		83,12	1,203	0,08028
	06		82,80	1,207	0,08195
	12		82,49	1,212	0,08362
	18		82,17	1,217	0,08529
13	**00**		81,85	1,221	0,08696
	06		81,54	1,226	0,08864
	12		81,23	1,231	0,09031
	18		80,91	1,235	0,09198
14	**00**		80,60	1,240	0,09365
	06		80,29	1,245	0,09533
	12		79,98	1,250	0,09700
	18		79,68	1,255	0,09867
15	**00**		79,37	1,259	0,10034
	06		79,07	1,264	0,10202
	12		78,76	1,269	0,10369
	18		78,46	1,274	0,10536
16	**00**		78,16	1,279	0,10703
	06		77,86	1,284	0,10871
	12		77,56	1,289	0,11038
	18		77,26	1,294	0,11205
17	**00**		76,96	1,299	0,11372
	06		76,67	1,304	0,11540
	12		76,37	1,309	0,11707
	18		76,08	1,314	0,11874
18	**00**		75,79	1,319	0,12041
	06		75,49	1,324	0,12208
	12		75,20	1,329	0,12376
	18		74,92	1,334	0,12543
19	**00**		74,63	1,339	0,12710
	06		74,34	1,345	0,12877
	12		74,05	1,350	0,13045
	18		73,77	1,355	0,13212
20			73,49	1,360	0,13379
21			72,36	1,381	0,14048
22			71,26	1,403	0,14717
23			70,17	1,425	0,15386
24			69,10	1,447	0,16055
25			68,04	1,469	0,16724
26			67,00	1,492	0,17393
27			65,98	1,515	0,18062
28			64,97	1,539	0,18731
29			63,97	1,563	0,19400
30			63,00	1,587	0,20069
31			62,03	1,612	0,20738
32			61,08	1,637	0,21407
33			60,15	1,662	0,22076
34			59,23	1,688	0,22745
35			58,33	1,714	0,23413
36			57,43	1,741	0,24082
37			56,56	1,768	0,24751
38			55,69	1,795	0,25420
39			54,84	1,823	0,26089
40			54,00	1,851	0,26758
41			53,18	1,880	0,27427
42			52,36	1,909	0,28096
43			51,56	1,939	0,28765
44			50,78	1,969	0,29434
45			50,00	2,000	0,30103
46			49,24	2,031	0,30772
47			48,48	2,062	0,31441
48			47,74	2,094	0,32110
49			47,01	2,127	0,32779
50			46,29	2,160	0,33448
51			45,59	2,193	0,34117
52			44,89	2,227	0,34786
53			44,20	2,262	0,35455
54			43,53	2,297	0,36124
55			42,86	2,333	0,36793
56			42,21	2,369	0,37462
57			41,56	2,406	0,38131
58			40,93	2,443	0,38799
59			40,30	2,481	0,39468
60			39,69	2,519	0,40137
61			39,08	2,558	0,40806
62			38,48	2,598	0,41475
63			37,89	2,639	0,42144
64			37,31	2,679	0,42813
65			36,74	2,721	0,43482
66			36,18	2,763	0,44151
67			35,63	2,806	0,44820
68			35,08	2,850	0,45489
69			34,55	2,894	0,46158
70			34,02	2,939	0,46827
71			33,50	2,985	0,47496
72			32,99	3,031	0,48165
73			32,48	3,078	0,48834
74			31,99	3,126	0,49503
75			31,50	3,174	0,50172
76			31,02	3,224	0,50841
77			30,54	3,274	0,51510
78			30,08	3,324	0,52179
79			29,62	3,376	0,52848
80			29,16	3,428	0,53516
81			28,72	3,482	0,54185
82			28,28	3,536	0,54854
83			27,85	3,591	0,55523
84			27,42	3,646	0,56192
85			27,00	3,703	0,56861
86			26,59	3,760	0,57530
87			26,18	3,819	0,58199
88			25,78	3,878	0,58868
89			25,39	3,938	0,59537
90			25,00	3,999	0,60206
91			24,62	4,062	0,60875
92			24,24	4,125	0,61544
93			23,87	4,189	0,62213
94			23,51	4,254	0,62882
95			23,15	4,320	0,63551
96			22,79	4,387	0,64220
97			22,44	4,455	0,64889
98			22,10	4,524	0,65558
99			21,76	4,594	0,66227
100			21,43	4,666	0,66896
101			21,10	4,738	0,67564
102			20,78	4,812	0,68233
103			20,46	4,886	0,68902
104			20,15	4,962	0,69571

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
105			19,84	5,039	0,70240
106			19,54	5,117	0,70909
107			19,24	5,197	0,71578
108			18,95	5,278	0,72247
109			18,66	5,359	0,72916
110			18,37	5,443	0,73585
111			18,09	5,527	0,74254
112			17,81	5,613	0,74923
113			17,54	5,700	0,75592
114			17,27	5,789	0,76261
115			17,01	5,878	0,76930
116			16,75	5,970	0,77599
117			16,49	6,062	0,78268
118			16,24	6,156	0,78937
119			15,99	6,252	0,79606
120			15,75	6,349	0,80274
121			15,51	6,448	0,80943
122			15,27	6,548	0,81612
123			15,04	6,649	0,82281
124			14,81	6,753	0,82950
125			14,58	6,857	0,83619
126			14,36	6,964	0,84288
127			14,14	7,072	0,84957
128			13,92	7,182	0,85626
129			13,71	7,293	0,86295
130			13,50	7,406	0,86964
131			13,29	7,521	0,87633
132			13,09	7,638	0,88302
133			12,89	7,757	0,88971
134			12,69	7,877	0,89640
135			12,50	7,999	0,90308
136			12,31	8,124	0,90977
137			12,12	8,250	0,91646
138			11,94	8,378	0,92315
139			11,75	8,508	0,92984
140			11,57	8,640	0,93653
141			11,40	8,774	0,94322
142			11,22	8,910	0,94991
143			11,05	9,048	0,95660
144			10,88	9,189	0,96329
145			10,72	9,332	0,96998
146			10,55	9,476	0,97667
147			10,39	9,623	0,98335
148			10,23	9,773	0,99004
149			10,08	9,925	0,99673
150			9,92	10,079	1,00343
152			9,62	10,394	1,01681
154			9,33	10,719	1,03019
156			9,05	11,055	1,04357
158			8,77	11,401	1,05695
160			8,50	11,757	1,07033
162			8,25	12,125	1,08371
164			8,00	12,505	1,09709
166			7,75	12,896	1,11047
168			7,52	13,299	1,12385
170			7,29	13,715	1,13722
172			7,07	14,145	1,15060
174			6,86	14,587	1,16398
176			6,65	15,043	1,17736
178			6,45	15,514	1,19074
180			6,25	16,000	1,20412
182			6,06	16,500	1,21750
184			5,88	17,016	1,23088
186			5,70	17,549	1,24426
188			5,53	18,098	1,25764
190			5,36	18,664	1,27102
192			5,20	19,248	1,28439
194			5,04	19,850	1,29777
196			4,88	20,471	1,31115
198			4,74	21,112	1,32453
200			4,59	21,772	1,33791
205			4,25	23,515	1,37136
210			3,94	25,398	1,40481
215			3,65	27,431	1,43826
220			3,38	29,627	1,47170
225			3,13	32,000	1,50515
230			2,89	34,561	1,53860
235			2,68	37,328	1,57205
240			2,48	40,317	1,60549
245			2,30	43,545	1,63894
250			2,13	47,031	1,67239
255			1,97	50,796	1,70584
260			1,82	54,863	1,73928
265			1,69	59,255	1,77273
270			1,56	63,999	1,80618
275			1,45	69,123	1,83963
280			1,34	74,656	1,87307
285			1,24	80,634	1,90652
290			1,15	87,089	1,93996
295			1,06	94,060	1,97341
300			0,98	101,594	2,00687
320			0,72	138,247	2,14066
340			0,53	188,125	2,27445
360			0,39	255,996	2,40823
380			0,29	348,359	2,54203
400			0,21	474,045	2,67582

Zink 65

Halbwertzeit 245 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0			100,00	1,000	0,00000
5			98,60	1,014	0,00614
10			97,21	1,028	0,01229
15			95,85	1,043	0,01843
20			94,50	1,058	0,02457
25			93,17	1,073	0,03072
30			91,86	1,088	0,03686
35			90,57	1,104	0,04300
40			89,30	1,119	0,04915
45			88,05	1,135	0,05529
50			86,81	1,151	0,06144
55			85,59	1,168	0,06758
60			84,39	1,185	0,07372
65			83,20	1,201	0,07987
70			82,03	1,219	0,08601
75			80,88	1,236	0,09215
80			79,75	1,253	0,09830
85			78,63	1,271	0,10444
90			77,52	1,289	0,11058
95			76,43	1,308	0,11673
100			75,36	1,326	0,12287
105			74,30	1,345	0,12901
110			73,26	1,365	0,13516
115			72,23	1,384	0,14130
120			71,21	1,404	0,14744
125			70,21	1,424	0,15359
130			69,23	1,444	0,15973
135			68,25	1,465	0,16587
140			67,30	1,485	0,17202
145			66,35	1,507	0,17816
150			65,42	1,528	0,18430
155			64,50	1,550	0,19045
160			63,59	1,572	0,19659
165			62,70	1,594	0,20273
170			61,82	1,617	0,20888
175			60,95	1,640	0,21502
180			60,09	1,664	0,22117
185			59,25	1,687	0,22731
190			58,42	1,711	0,23345
195			57,60	1,736	0,23960
200			56,79	1,760	0,24574
205			55,99	1,786	0,25188
210			55,20	1,811	0,25803
215			54,43	1,837	0,26417
220			53,66	1,863	0,27031
225			52,91	1,889	0,27646
230			52,17	1,916	0,28260
235			51,43	1,944	0,28874
240			50,71	1,971	0,29489
245			50,00	2,000	0,30103
250			49,30	2,028	0,30717
255			48,61	2,057	0,31332
260			47,92	2,086	0,31946
265			47,25	2,116	0,32560
270			46,59	2,146	0,33175
275			45,93	2,177	0,33789
280			45,29	2,208	0,34403
285			44,65	2,239	0,35018
290			44,02	2,271	0,35632
295			43,40	2,303	0,36247
300			42,79	2,336	0,36861
305			42,19	2,370	0,37475
310			41,60	2,403	0,38090
315			41,02	2,438	0,38704
320			40,44	2,472	0,39318
325			39,87	2,507	0,39933
330			39,31	2,543	0,40547
335			38,76	2,579	0,41161
340			38,22	2,616	0,41776
345			37,68	2,653	0,42390
350			37,15	2,691	0,43004
355			36,63	2,730	0,43619
360			36,11	2,769	0,44233
365			35,61	2,808	0,44847
370			35,11	2,848	0,45462
375			34,61	2,889	0,46076
380			34,13	2,930	0,46690
385			33,65	2,971	0,47305
390			33,17	3,014	0,47919
395			32,71	3,057	0,48533
400			32,25	3,100	0,49148
405			31,80	3,145	0,49762
410			31,35	3,189	0,50376
415			30,91	3,235	0,50991
420			30,48	3,281	0,51605
425			30,05	3,328	0,52220
430			29,63	3,375	0,52834
435			29,21	3,423	0,53448
440			28,80	3,472	0,54063
445			28,39	3,521	0,54677
450			28,00	3,572	0,55291
455			27,60	3,622	0,55906
460			27,21	3,674	0,56520
465			26,83	3,726	0,57134
470			26,46	3,779	0,57749

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
475			26,08	3,833	0,58363
480			25,72	3,888	0,58977
485			25,36	3,943	0,59592
490			25,00	3,999	0,60206
495			24,65	4,056	0,60820
500			24,30	4,114	0,61435
505			23,96	4,173	0,62049
510			23,62	4,232	0,62663
515			23,29	4,293	0,63278
520			22,97	4,354	0,63892
525			22,64	4,416	0,64506
530			22,33	4,479	0,65121
535			22,01	4,543	0,65735
540			21,70	4,607	0,66349
545			21,40	4,673	0,66964
550			21,10	4,740	0,67578
555			20,80	4,807	0,68192
560			20,51	4,876	0,68807
565			20,22	4,945	0,69421
570			19,94	5,015	0,70035
575			19,66	5,087	0,70650
580			19,38	5,159	0,71264
585			19,11	5,233	0,71879
590			18,84	5,307	0,72493
595			18,57	5,383	0,73107
600			18,31	5,460	0,73722
605			18,06	5,538	0,74336
610			17,80	5,616	0,74950
615			17,55	5,696	0,75565
620			17,31	5,778	0,76179
625			17,06	5,860	0,76793
630			16,82	5,943	0,77408
635			16,59	6,028	0,78022
640			16,35	6,114	0,78636
645			16,12	6,201	0,79251
650			15,90	6,289	0,79865
655			15,68	6,379	0,80479
660			15,45	6,470	0,81094
665			15,24	6,562	0,81708
670			15,02	6,656	0,82322
675			14,81	6,750	0,82937
680			14,60	6,847	0,83551
685			14,40	6,944	0,84165
690			14,20	7,043	0,84780
695			14,00	7,143	0,85394
700			13,80	7,245	0,86008
710			13,42	7,453	0,87237
720			13,04	7,667	0,88466
730			12,68	7,887	0,89694
740			12,32	8,113	0,90923
750			11,98	8,346	0,92151
760			11,65	8,586	0,93380
770			11,32	8,832	0,94609
780			11,01	9,085	0,95837
790			10,70	9,346	0,97066
800			10,40	9,614	0,98295
810			10,11	9,890	0,99523
820			9,83	10,174	1,00753
830			9,55	10,466	1,01982
840			9,29	10,767	1,03210
850			9,03	11,076	1,04439
860			8,78	11,394	1,05668
870			8,53	11,720	1,06896
880			8,29	12,057	1,08125
890			8,06	12,403	1,09354
900			7,84	12,759	1,10583
910			7,62	13,125	1,11811
920			7,41	13,502	1,13040
930			7,20	13,889	1,14269
940			7,00	14,288	1,15497
950			6,80	14,698	1,16726
960			6,61	15,119	1,17955
970			6,43	15,553	1,19183
980			6,25	16,000	1,20412
990			6,08	16,459	1,21641
1000			5,91	16,931	1,22869
1020			5,58	17,917	1,25327
1040			5,27	18,960	1,27784
1060			4,98	20,063	1,30242
1080			4,71	21,231	1,32699
1100			4,45	22,467	1,35156
1120			4,21	23,775	1,37614
1140			3,97	25,160	1,40071
1160			3,76	26,624	1,42529
1180			3,55	28,174	1,44986
1200			3,35	29,814	1,47443
1220			3,17	31,550	1,49901
1240			3,00	33,387	1,52358
1260			2,83	35,330	1,54815
1280			2,67	37,387	1,57273
1300			2,53	39,564	1,59730
1320			2,39	41,867	1,62188
1340			2,26	44,304	1,64645
1360			2,13	46,883	1,67102
1380			2,02	49,613	1,69560

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
1400			1,90	52,501	1,72017
1450			1,65	60,478	1,78160
1500			1,44	69,668	1,84304
1550			1,25	80,254	1,90447
1600			1,08	92,448	1,96590
1650			0,94	106,498	2,02734
1700			0,82	122,681	2,08878
1750			0,71	141,322	2,15021
1800			0,61	162,797	2,21165
1850			0,53	187,536	2,27309
1900			0,46	216,034	2,33452
1950			0,40	248,861	2,39596

Brom 82

Halbwertzeit 35,9 h

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		00	100,00	1,000	0,00000
		10	99,68	1,003	0,00140
		20	99,36	1,006	0,00280
		30	99,04	1,009	0,00419
		40	98,72	1,012	0,00559
		50	98,40	1,016	0,00699
	1	**00**	98,09	1,019	0,00839
		10	97,77	1,022	0,00978
		20	97,46	1,026	0,01118
		30	97,15	1,029	0,01258
		40	96,83	1,032	0,01398
		50	96,52	1,036	0,01537
	2	**00**	96,21	1,039	0,01677
		10	95,90	1,042	0,01817
		20	95,59	1,046	0,01957
		30	95,29	1,049	0,02096
		40	94,98	1,052	0,02236
		50	94,68	1,056	0,02376
	3	**00**	94,37	1,059	0,02516
		10	94,07	1,063	0,02655
		20	93,77	1,066	0,02795
		30	93,47	1,069	0,02935
		40	93,17	1,073	0,03075
		50	92,87	1,076	0,03214
	4	**00**	92,57	1,080	0,03354
		10	92,27	1,083	0,03494
		20	91,97	1,087	0,03634
		30	91,68	1,090	0,03773
		40	91,38	1,094	0,03913
		50	91,09	1,097	0,04053
	5	**00**	90,80	1,101	0,04193
		10	90,51	1,104	0,04332
		20	90,22	1,108	0,04472
		30	89,93	1,112	0,04612
		40	89,64	1,115	0,04752
		50	89,35	1,119	0,04891
	6	**00**	89,06	1,122	0,05031
		10	88,78	1,126	0,05171
		20	88,49	1,130	0,05311
		30	88,21	1,133	0,05450
		40	87,92	1,137	0,05590
		50	87,64	1,141	0,05730
	7	**00**	87,36	1,144	0,05870
		10	87,08	1,148	0,06009
		20	86,80	1,152	0,06149
		30	86,52	1,155	0,06289
		40	86,24	1,159	0,06429
		50	85,96	1,163	0,06568
	8	**00**	85,69	1,167	0,06708
		10	85,41	1,170	0,06848
		20	85,14	1,174	0,06988
		30	84,86	1,178	0,07128
		40	84,59	1,182	0,07267
		50	84,32	1,185	0,07407
	9	**00**	84,05	1,189	0,07547
		10	83,78	1,193	0,07687
		20	83,51	1,197	0,07826
		30	83,24	1,201	0,07966
		40	82,97	1,205	0,08106
		50	82,71	1,209	0,08246
	10	**00**	82,44	1,212	0,08385
		20	81,91	1,220	0,08665
		40	81,39	1,228	0,08944
	11	00	80,87	1,236	0,09224
		20	80,35	1,244	0,09503
		40	79,83	1,252	0,09783
	12	**00**	79,32	1,260	0,10062
		20	78,81	1,268	0,10342
		40	78,30	1,277	0,10621
	13	00	77,80	1,285	0,10901
		20	77,30	1,293	0,11180
		40	76,81	1,301	0,11460
	14	**00**	76,31	1,310	0,11739
		20	75,82	1,318	0,12019
		40	75,34	1,327	0,12298
	15	00	74,86	1,335	0,12578
		20	74,37	1,344	0,12857
		40	73,90	1,353	0,13137
	16	**00**	73,42	1,361	0,13416

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		20	72,95	1,370	0,13696
		40	72,48	1,379	0,13975
	17	00	72,02	1,388	0,14255
		20	71,56	1,397	0,14534
		40	71,10	1,406	0,14814
	18	**00**	70,64	1,415	0,15093
		20	70,19	1,424	0,15373
		40	69,74	1,433	0,15652
	19	00	69,29	1,443	0,15932
		20	68,85	1,452	0,16212
		40	68,41	1,461	0,16491
	20	**00**	67,97	1,471	0,16771
		20	67,53	1,480	0,17050
		40	67,10	1,490	0,17330
	21	00	66,67	1,499	0,17609
		20	66,24	1,509	0,17889
		40	65,81	1,519	0,18168
	22	**00**	65,39	1,529	0,18448
		20	64,97	1,539	0,18727
		40	64,56	1,549	0,19007
	23	00	64,14	1,559	0,19286
		20	63,73	1,569	0,19566
		40	63,32	1,579	0,19845
1	**00**		62,92	1,589	0,20125
	01		61,71	1,620	0,20963
	02		60,53	1,652	0,21802
	03		59,37	1,684	0,22640
	04		58,24	1,717	0,23479
	05		57,13	1,750	0,24317
	06		56,03	1,784	0,25156
	07		54,96	1,819	0,25994
	08		53,91	1,854	0,26833
	09		52,88	1,891	0,27671
	10		51,87	1,927	0,28510
	11		50,88	1,965	0,29348
	12		49,90	2,003	0,30187
	13		48,95	2,042	0,31025
	14		48,01	2,082	0,31864
	15		47,10	2,123	0,32702
	16		46,19	2,164	0,33541
	17		45,31	2,206	0,34380
	18		44,44	2,249	0,35218
	19		43,59	2,293	0,36057
	20		42,76	2,338	0,36895
	21		41,94	2,384	0,37734
	22		41,14	2,430	0,38572
	23		40,35	2,478	0,39411
2	**00**		39,58	2,526	0,40249
	01		38,83	2,575	0,41088
	02		38,08	2,625	0,41926
	03		37,36	2,676	0,42765
	04		36,64	2,729	0,43603
	05		35,94	2,782	0,44442
	06		35,25	2,836	0,45280
	07		34,58	2,891	0,46119
	08		33,92	2,948	0,46957
	09		33,27	3,005	0,47796
	10		32,63	3,064	0,48634
	11		32,01	3,124	0,49473
	12		31,40	3,185	0,50311
	13		30,80	3,247	0,51150
	14		30,21	3,310	0,51989
	15		29,63	3,374	0,52827
	16		29,06	3,440	0,53666
	17		28,51	3,507	0,54504
	18		27,96	3,576	0,55343
	19		27,43	3,645	0,56181
	20		26,90	3,717	0,57020
	21		26,39	3,789	0,57858
	22		25,88	3,863	0,58697
	23		25,39	3,938	0,59535
3	**00**		24,90	4,015	0,60374
	01		24,43	4,093	0,61212
	02		23,96	4,173	0,62051
	03		23,50	4,254	0,62889
	04		23,05	4,337	0,63728
	05		22,61	4,422	0,64566
	06		22,18	4,508	0,65405
	07		21,76	4,596	0,66243
	08		21,34	4,686	0,67082
	09		20,93	4,777	0,67920
	10		20,53	4,870	0,68759
	11		20,14	4,965	0,69597
	12		19,75	5,062	0,70436
	13		19,38	5,161	0,71274
	14		19,01	5,261	0,72113
	15		18,64	5,364	0,72951
	16		18,29	5,468	0,73790
	17		17,94	5,575	0,74629
	18		17,59	5,684	0,75467
	19		17,26	5,795	0,76306
	20		16,93	5,907	0,77144
	21		16,60	6,023	0,77983
	22		16,29	6,140	0,78821
	23		15,97	6,260	0,79660
4	**00**		15,67	6,382	0,80498
	01		15,37	6,506	0,81337
	02		15,07	6,633	0,82175
	03		14,79	6,762	0,83014
		04	14,50	6,894	0,83852
		05	14,23	7,029	0,84691
		06	13,95	7,166	0,85529
		07	13,69	7,305	0,86368
		08	13,43	7,448	0,87206
		09	13,17	7,593	0,88045
		10	12,92	7,741	0,88883
		11	12,67	7,892	0,89722
		12	12,43	8,046	0,90560
		13	12,19	8,203	0,91398
		14	11,96	8,363	0,92237
		15	11,73	8,526	0,93075
		16	11,50	8,692	0,93914
		17	11,28	8,861	0,94752
		18	11,07	9,034	0,95591
		19	10,86	9,210	0,96429
		20	10,65	9,390	0,97268
		21	10,45	9,573	0,98106
		22	10,25	9,759	0,98945
		23	10,05	9,950	0,99783
	5	**00**	9,86	10,144	1,00623
		06	8,78	11,390	1,05654
		12	7,82	12,789	1,10685
		18	6,96	14,360	1,15716
	6	**00**	6,20	16,124	1,20747
		06	5,52	18,104	1,25779
		12	4,92	20,328	1,30810
		18	4,38	22,824	1,35841
	7	**00**	3,90	25,628	1,40872
		06	3,48	28,776	1,45903
		12	3,09	32,310	1,50934
		18	2,76	36,278	1,55966
	8	**00**	2,45	40,734	1,60996
		06	2,19	45,737	1,66028
		12	1,95	51,355	1,71059
		18	1,73	57,663	1,76090
	9	**00**	1,54	64,745	1,81121
		06	1,38	72,697	1,86152
		12	1,23	81,625	1,91183
		18	1,09	91,650	1,96214
	10	**00**	0,97	102,910	2,01246
		06	0,87	115,549	2,06277
		12	0,77	129,742	2,11308
		18	0,69	145,677	2,16339
	11	**00**	0,61	163,569	2,21370
		06	0,54	183,658	2,26401
		12	0,48	206,215	2,31432
		18	0,43	231,545	2,36464
	12	**00**	0,38	259,983	2,41495
		06	0,34	291,919	2,46526
		12	0,31	327,772	2,51557
		18	0,27	368,025	2,56588
	13	**00**	0,24	413,223	2,61619
		06	0,22	463,994	2,66651
		12	0,19	520,969	2,71681
		18	0,17	584,966	2,76713

Strontium 89

Halbwertzeit 54 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	0		100,00	1,000	0,00000
	6		99,68	1,003	0,00139
	12		99,36	1,006	0,00279
	18		99,04	1,009	0,00418
	1		98,72	1,012	0,00558
	2		97,47	1,026	0,01115
	3		96,22	1,039	0,01672
	4		95,00	1,052	0,02230
	5		93,78	1,066	0,02787
	6		92,59	1,080	0,03345
	7		91,41	1,094	0,03902
	8		90,24	1,108	0,04460
	9		89,09	1,122	0,05017
	10		87,95	1,136	0,05575
	11		86,83	1,151	0,06132
	12		85,72	1,166	0,06690
	13		84,63	1,181	0,07247
	14		83,55	1,196	0,07805
	15		82,49	1,212	0,08362
	16		81,43	1,227	0,08919
	17		80,40	1,243	0,09477
	18		79,37	1,259	0,10034
	19		78,36	1,276	0,10592
	20		77,36	1,292	0,11149
	21		76,37	1,309	0,11707
	22		75,40	1,326	0,12264
	23		74,44	1,343	0,12822
	24		73,49	1,360	0,13379
	25		72,55	1,378	0,13937
	26		71,62	1,396	0,14494
	27		70,71	1,414	0,15052
	28		69,81	1,432	0,15609
	29		68,92	1,450	0,16166
	30		68,04	1,469	0,16724
	31		67,17	1,488	0,17281
	32		66,32	1,507	0,17839
	33		65,47	1,527	0,18396
	34		64,63	1,547	0,18954
	35		63,81	1,567	0,19511
	36		63,00	1,587	0,20069
	37		62,19	1,607	0,20626
	38		61,40	1,628	0,21184
	39		60,62	1,649	0,21741
	40		59,84	1,671	0,22299
	41		59,08	1,692	0,22856
	42		58,33	1,714	0,23413
	43		57,58	1,736	0,23971
	44		56,85	1,759	0,24528
	45		56,12	1,781	0,25086
	46		55,41	1,804	0,25643
	47		54,70	1,828	0,26201
	48		54,00	1,851	0,26758
	49		53,31	1,875	0,27316
	50		52,63	1,899	0,27873
	51		51,96	1,924	0,28431
	52		51,30	1,949	0,28988
	53		50,65	1,974	0,29546
	54		50,00	2,000	0,30103
	55		49,36	2,025	0,30661
	56		48,73	2,052	0,31218
	57		48,11	2,078	0,31775
	58		47,50	2,105	0,32333
	59		46,89	2,132	0,32890
	60		46,29	2,160	0,33448
	61		45,70	2,188	0,34005
	62		45,12	2,216	0,34563
	63		44,54	2,244	0,35120
	64		43,98	2,273	0,35678
	65		43,42	2,303	0,36235
	66		42,86	2,333	0,36793
	67		42,32	2,363	0,37350
	68		41,78	2,393	0,37908
	69		41,24	2,424	0,38465
	70		40,72	2,455	0,39022
	71		40,20	2,487	0,39580
	72		39,69	2,519	0,40137
	73		39,18	2,552	0,40695
	74		38,68	2,585	0,41252
	75		38,19	2,618	0,41810
	76		37,70	2,652	0,42367
	77		37,22	2,686	0,42925
	78		36,74	2,721	0,43482
	79		36,27	2,756	0,44040
	80		35,81	2,792	0,44597
	81		35,36	2,828	0,45155
	82		34,90	2,864	0,45712
	83		34,46	2,901	0,46269
	84		34,02	2,939	0,46827
	85		33,59	2,977	0,47384
	86		33,16	3,015	0,47942
	87		32,73	3,054	0,48499
	88		32,32	3,094	0,49057
	89		31,90	3,134	0,49614
	90		31,50	3,174	0,50172
	91		31,10	3,215	0,50729
	92		30,70	3,257	0,51287
	93		30,31	3,299	0,51844
	94		29,92	3,342	0,52402
	95		29,54	3,385	0,52959
	96		29,16	3,428	0,53516
	97		28,79	3,473	0,54074
	98		28,42	3,518	0,54631
	99		28,06	3,563	0,55189
	100		27,70	3,609	0,55746
	101		27,35	3,656	0,56304
	102		27,00	3,703	0,56861
	103		26,66	3,751	0,57419
	104		26,32	3,799	0,57976
	105		25,98	3,848	0,58534
	106		25,65	3,898	0,59091
	107		25,32	3,948	0,59649
	108		25,00	3,999	0,60206
	109		24,68	4,051	0,60763
	110		24,37	4,104	0,61321
	111		24,06	4,157	0,61878
	112		23,75	4,210	0,62436
	113		23,45	4,265	0,62993
	114		23,15	4,320	0,63551
	115		22,85	4,376	0,64108
	116		22,56	4,432	0,64666
	117		22,27	4,489	0,65223
	118		21,99	4,547	0,65781
	119		21,71	4,606	0,66338
	120		21,43	4,666	0,66896
	121		21,16	4,726	0,67453
	122		20,89	4,787	0,68010
	123		20,62	4,849	0,68568
	124		20,36	4,911	0,69125
	125		20,10	4,975	0,69683
	126		19,84	5,039	0,70240
	127		19,59	5,104	0,70798
	128		19,34	5,170	0,71355
	129		19,09	5,237	0,71913
	130		18,85	5,305	0,72470
	131		18,61	5,373	0,73028
		132	18,37	5,443	0,73585
		133	18,14	5,513	0,74142
		134	17,91	5,584	0,74700
		135	17,68	5,656	0,75257
		136	17,45	5,729	0,75815
		137	17,23	5,803	0,76372
		138	17,01	5,878	0,76930
		139	16,79	5,954	0,77487
		140	16,58	6,031	0,78045
		141	16,37	6,109	0,78602
		142	16,16	6,188	0,79160
		143	15,95	6,268	0,79717
		144	15,75	6,349	0,80274
		145	15,55	6,431	0,80832
		146	15,35	6,514	0,81389
		147	15,15	6,598	0,81947
		148	14,96	6,684	0,82504
		149	14,77	6,770	0,83062
		150	14,58	6,857	0,83619
		151	14,40	6,946	0,84177
		152	14,21	7,036	0,84734
		153	14,03	7,127	0,85292
		154	13,85	7,219	0,85849
		155	13,68	7,312	0,86406
		156	13,50	7,406	0,86964
		157	13,33	7,502	0,87521
		158	13,16	7,599	0,88079
		159	12,99	7,697	0,88636
		160	12,83	7,797	0,89194
		162	12,50	7,999	0,90308
		164	12,18	8,207	0,91423
		166	11,87	8,421	0,92538
		168	11,57	8,640	0,93653
		170	11,28	8,865	0,94768
		172	10,99	9,095	0,95883
		174	10,72	9,332	0,96998
		176	10,44	9,574	0,98113
		178	10,18	9,823	0,99227
		180	9,92	10,079	1,00343
		182	9,67	10,341	1,01458
		184	9,42	10,610	1,02573
		186	9,19	10,886	1,03688
		188	8,95	11,169	1,04803
		190	8,73	11,459	1,05918
		192	8,50	11,757	1,07033
		194	8,29	12,063	1,08148
		196	8,08	12,377	1,09263
		198	7,87	12,699	1,10378
		200	7,67	13,029	1,11493
		202	7,48	13,368	1,12608
		204	7,29	13,715	1,13722
		206	7,11	14,072	1,14837
		208	6,93	14,438	1,15952
		210	6,75	14,814	1,17067
		212	6,58	15,199	1,18182
		214	6,41	15,594	1,19297
		216	6,25	16,000	1,20412
		218	6,09	16,416	1,21527
		220	5,94	16,842	1,22642
		222	5,79	17,280	1,23757
		224	5,64	17,730	1,24872
		226	5,50	18,191	1,25987
		228	5,36	18,664	1,27102
		230	5,22	19,149	1,28217
		232	5,09	19,647	1,29331
		234	4,96	20,158	1,30446
		236	4,83	20,682	1,31561
		238	4,71	21,220	1,32676
		240	4,59	21,772	1,33791
		242	4,48	22,338	1,34906
		244	4,36	22,919	1,36021
		246	4,25	23,515	1,37136
		248	4,14	24,127	1,38251
		250	4,04	24,754	1,39366
		252	3,94	25,398	1,40481
		254	3,84	26,058	1,41596
		256	3,74	26,736	1,42711
		258	3,65	27,431	1,43826
		260	3,55	28,145	1,44940
		262	3,46	28,877	1,46055
		264	3,38	29,627	1,47170
		266	3,29	30,398	1,48285
		268	3,21	31,188	1,49400
		270	3,13	32,000	1,50515
		280	2,75	36,382	1,56090
		290	2,42	41,365	1,61664
		300	2,13	47,031	1,67239
		310	1,87	53,473	1,72814
		320	1,64	60,796	1,78388
		330	1,45	69,123	1,83963
		340	1,27	78,590	1,89537
		350	1,12	89,353	1,95111
		360	0,98	101,594	2,00687
		370	0,87	115,508	2,06261
		380	0,76	131,328	2,11836
		390	0,67	149,316	2,17411
		400	0,59	169,767	2,22986

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
410			0,52	193,016	2,28560
420			0,46	219,452	2,34134
430			0,40	249,513	2,39709
440			0,35	283,687	2,45284
450			0,31	322,539	2,50858
460			0,27	366,716	2,56433
470			0,24	416,944	2,62008
480			0,21	474,045	2,67582
490			0,19	538,967	2,73156

Jod 131

Halbwertzeit 8,05 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	0		100,00	1,000	0,00000
	1		99,64	1,003	0,00156
	2		99,29	1,007	0,00312
	3		98,93	1,010	0,00467
	4		98,58	1,014	0,00623
	5		98,22	1,018	0,00779
	6		97,87	1,021	0,00935
	7		97,52	1,025	0,01091
	8		97,17	1,029	0,01247
	9		96,82	1,032	0,01402
	10		96,48	1,036	0,01558
	11		96,13	1,040	0,01714
	12		95,79	1,043	0,01870
	13		95,44	1,047	0,02026
	14		95,10	1,051	0,02181
	15		94,76	1,055	0,02337
	16		94,42	1,059	0,02493
	17		94,08	1,062	0,02649
	18		93,75	1,066	0,02805
	19		93,41	1,070	0,02960
	20		93,08	1,074	0,03116
	21		92,74	1,078	0,03272
	22		92,41	1,082	0,03428
	23		92,08	1,086	0,03584
1	**00**		91,75	1,089	0,03740
	01		91,42	1,093	0,03895
	02		91,09	1,097	0,04051
	03		90,77	1,101	0,04207
	04		90,44	1,105	0,04363
	05		90,12	1,109	0,04519
	06		89,80	1,113	0,04674
	07		89,47	1,117	0,04830
	08		89,15	1,121	0,04986
	09		88,83	1,125	0,05142
	10		88,52	1,129	0,05298
	11		88,20	1,133	0,05453
	12		87,88	1,137	0,05609
	13		87,57	1,141	0,05765
	14		87,26	1,146	0,05921
	15		86,94	1,150	0,06077
	16		86,63	1,154	0,06233
	17		86,32	1,158	0,06388
	18		86,01	1,162	0,06544
	19		85,70	1,166	0,06700
	20		85,40	1,171	0,06856
	21		85,09	1,175	0,07012
	22		84,79	1,179	0,07167
	23		84,48	1,183	0,07323
2	**00**		84,18	1,187	0,07479
	01		83,88	1,192	0,07635
	02		83,58	1,196	0,07791
	03		83,28	1,200	0,07947
	04		82,98	1,205	0,08102
	05		82,68	1,209	0,08258
	06		82,39	1,213	0,08414
	07		82,09	1,218	0,08570
	08		81,80	1,222	0,08726
	09		81,51	1,226	0,08881
	10		81,21	1,231	0,09037
	11		80,92	1,235	0,09193
	12		80,63	1,240	0,09349
	13		80,34	1,244	0,09505
	14		80,06	1,249	0,09660
	15		79,77	1,253	0,09816
	16		79,48	1,258	0,09972
	17		79,20	1,262	0,10128
	18		78,92	1,267	0,10284
	19		78,63	1,271	0,10440
	20		78,35	1,276	0,10595
	21		78,07	1,280	0,10751
	22		77,79	1,285	0,10907
	23		77,51	1,290	0,11063
3	**00**		77,24	1,294	0,11219
	01		76,96	1,299	0,11374
	02		76,68	1,304	0,11530
	03		76,41	1,308	0,11686
	04		76,13	1,313	0,11842
	05		75,86	1,318	0,11998
	06		75,59	1,322	0,12153
	07		75,32	1,327	0,12309
	08		75,05	1,332	0,12465
	09		74,78	1,337	0,12621
	10		74,51	1,342	0,12777
	11		74,25	1,346	0,12933
	12		73,98	1,351	0,13088
	13		73,72	1,356	0,13244
	14		73,45	1,361	0,13400
	15		73,19	1,366	0,13556
	16		72,93	1,371	0,13712
	17		72,67	1,376	0,13867
	18		72,41	1,381	0,14023
	19		72,15	1,386	0,14179
	20		71,89	1,391	0,14335
	21		71,63	1,396	0,14491
	22		71,37	1,401	0,14646
	23		71,12	1,406	0,14802
4	**00**		70,86	1,411	0,14958
	01		70,61	1,416	0,15114
	02		70,36	1,421	0,15270
	03		70,10	1,426	0,15425
	04		69,85	1,431	0,15581
	05		69,60	1,436	0,15737
	06		69,35	1,441	0,15893
	07		69,11	1,447	0,16049
	08		68,86	1,452	0,16205
	09		68,61	1,457	0,16360
	10		68,37	1,462	0,16516
	11		68,12	1,467	0,16672
	12		67,88	1,473	0,16828
	13		67,63	1,478	0,16984
	14		67,39	1,483	0,17139
	15		67,15	1,489	0,17295
	16		66,91	1,494	0,17451
	17		66,67	1,499	0,17607
	18		66,43	1,505	0,17763
	19		66,19	1,510	0,17918
	20		65,96	1,516	0,18074
	21		65,72	1,521	0,18230
	22		65,48	1,527	0,18386
	23		65,25	1,532	0,18542
5	**00**		65,02	1,538	0,18698
	06		63,63	1,571	0,19632
	12		62,28	1,605	0,20567
	18		60,95	1,640	0,21502
6	**00**		59,65	1,676	0,22437
	06		58,38	1,712	0,23372
	12		57,14	1,750	0,24307
	18		55,92	1,788	0,25242
7	**00**		54,73	1,827	0,26177
	06		53,57	1,866	0,27111
	12		52,42	1,907	0,28046
	18		51,31	1,948	0,28981
8	**00**		50,22	1,991	0,29916
	06		49,15	2,034	0,30851
	12		48,10	2,079	0,31786
	18		47,08	2,124	0,32721
9	**00**		46,07	2,170	0,33656
	06		45,09	2,217	0,34590
	12		44,13	2,265	0,35525
	18		43,19	2,315	0,36460
10	**00**		42,27	2,365	0,37395
	06		41,37	2,417	0,38330
	12		40,49	2,469	0,39265
	18		39,63	2,523	0,40200
11	**00**		38,78	2,578	0,41135
	06		37,96	2,634	0,42069
	12		37,15	2,691	0,43004
	18		36,36	2,750	0,43939
12	**00**		35,58	2,810	0,44874
	06		34,83	2,871	0,45809
	12		34,08	2,933	0,46744
	18		33,36	2,997	0,47679
13	**00**		32,65	3,062	0,48614
	06		31,95	3,129	0,49548
	12		31,27	3,197	0,50483
	18		30,61	3,267	0,51418
14	**00**		29,96	3,338	0,52353
	06		29,32	3,410	0,53288
	12		28,69	3,485	0,54223
	18		28,08	3,561	0,55158
15	**00**		27,48	3,638	0,56093
	06		26,90	3,717	0,57027
	12		26,33	3,798	0,57962
	18		25,76	3,881	0,58897
16	**00**		25,22	3,965	0,59832
	06		24,68	4,051	0,60767
	12		24,15	4,140	0,61702
	18		23,64	4,230	0,62637
17	**00**		23,14	4,322	0,63572
	06		22,64	4,416	0,64506
	12		22,16	4,512	0,65441
	18		21,69	4,610	0,66376
18	**00**		21,23	4,710	0,67311
	06		20,78	4,813	0,68246
	12		20,33	4,918	0,69181
	18		19,90	5,025	0,70116
19	**00**		19,48	5,134	0,71051
	06		19,06	5,246	0,71985
	12		18,66	5,360	0,72920
	18		18,26	5,477	0,73855
20	**00**		17,87	5,596	0,74790
	06		17,49	5,718	0,75725
	12		17,12	5,842	0,76660
	18		16,75	5,969	0,77595
21	**00**		16,39	6,099	0,78529
	06		16,05	6,232	0,79464
	12		15,70	6,367	0,80399
	18		15,37	6,506	0,81334
22	**00**		15,04	6,647	0,82269
	06		14,72	6,792	0,83204
	12		14,41	6,940	0,84139
	18		14,10	7,091	0,85073
23	**00**		13,80	7,245	0,86008
	06		13,51	7,403	0,86943
	12		13,22	7,564	0,87878
	18		12,94	7,729	0,88813
24	**00**		12,66	7,897	0,89748
	06		12,39	8,069	0,90682
	12		12,13	8,244	0,91617
	18		11,87	8,424	0,92552
25	**00**		11,62	8,607	0,93487
	06		11,37	8,794	0,94422
	12		11,13	8,985	0,95357
	18		10,89	9,181	0,96291
26	**00**		10,66	9,381	0,97226
	06		10,43	9,585	0,98161
	12		10,21	9,793	0,99096
	18		9,99	10,007	1,00032
27	**00**		9,78	10,225	1,00967
	06		9,57	10,447	1,01901
	12		9,37	10,674	1,02836
	18		9,17	10,907	1,03771
28	**00**		8,97	11,144	1,04706
	06		8,78	11,387	1,05641
	12		8,59	11,634	1,06576
	18		8,41	11,887	1,07511
29	**00**		8,23	12,146	1,08446
	06		8,06	12,410	1,09381
	12		7,89	12,680	1,10315
	18		7,72	12,956	1,11250
30	**00**		7,55	13,238	1,12185
	06		7,39	13,526	1,13120
	12		7,24	13,821	1,14055
	18		7,08	14,122	1,14990
31	**00**		6,93	14,429	1,15925
	06		6,78	14,743	1,16860
	12		6,64	15,064	1,17794
	18		6,50	15,391	1,18729
32	**00**		6,36	15,726	1,19664
	06		6,22	16,069	1,20599
	12		6,09	16,418	1,21534
	18		5,96	16,775	1,22469
33	**00**		5,83	17,140	1,23404
	06		5,71	17,513	1,24338
	12		5,59	17,895	1,25273
	18		5,47	18,284	1,26208
34	**00**		5,35	18,682	1,27143
	06		5,24	19,088	1,28078
	12		5,13	19,504	1,29013
	18		5,02	19,928	1,29948
35	**00**		4,91	20,362	1,30883
	06		4,81	20,805	1,31818
	12		4,70	21,258	1,32752
	18		4,60	21,720	1,33687
36	**00**		4,51	22,193	1,34622
	06		4,41	22,676	1,35557
	12		4,32	23,169	1,36492
	18		4,22	23,673	1,37427
37	**00**		4,13	24,188	1,38362
	06		4,05	24,715	1,39296
	12		3,96	25,253	1,40231
	18		3,88	25,802	1,41166
38	**00**		3,79	26,364	1,42101
	06		3,71	26,937	1,43036
	12		3,63	27,523	1,43971
	18		3,56	28,122	1,44906
39	**00**		3,48	28,734	1,45841
	06		3,41	29,359	1,46776
	12		3,33	29,998	1,47710
	18		3,26	30,651	1,48645
40	**00**		3,19	31,318	1,49580
	06		3,13	32,000	1,50515
	12		3,06	32,696	1,51450
	18		2,99	33,407	1,52385
41	**00**		2,93	34,134	1,53320
	06		2,87	34,877	1,54255
	12		2,81	35,636	1,55189
	18		2,75	36,411	1,56124
42	**00**		2,69	37,204	1,57059
	06		2,63	38,013	1,57994
	12		2,57	38,840	1,58929
	18		2,52	39,686	1,59864
43	**00**		2,47	40,549	1,60799
	06		2,41	41,431	1,61734
	12		2,36	42,333	1,62668
	18		2,31	43,254	1,63603
44	**00**		2,26	44,195	1,64538
	06		2,21	45,157	1,65473
	12		2,17	46,140	1,66408
	18		2,12	47,144	1,67343
45	**00**		2,08	48,169	1,68278
	06		2,03	49,217	1,69212
	12		1,99	50,288	1,70147
	18		1,95	51,383	1,71082
46	**00**		1,90	52,501	1,72017
	06		1,86	53,643	1,72952
	12		1,82	54,811	1,73887
	18		1,79	56,003	1,74822
47	**00**		1,75	57,222	1,75757
	06		1,71	58,467	1,76691
	12		1,67	59,739	1,77626
	18		1,64	61,039	1,78561
48	**00**		1,60	62,367	1,79496
	06		1,57	63,724	1,80431
	12		1,54	65,111	1,81366
	18		1,50	66,528	1,82301
49	**00**		1,47	67,975	1,83236
	06		1,44	69,454	1,84170
	12		1,41	70,965	1,85105
	18		1,38	72,510	1,86040
50			1,35	74,087	1,86975
51			1,24	80,749	1,90714
52			1,14	88,010	1,94453
53			1,04	95,924	1,98193
54			0,96	104,552	2,01933
55			0,88	113,953	2,05673
56			0,81	124,200	2,09412
57			0,74	135,367	2,13151
58			0,68	147,540	2,16891
59			0,62	160,807	2,20631
60			0,57	175,266	2,24370
61			0,52	191,029	2,28110
62			0,48	208,203	2,31849
63			0,44	226,927	2,35589
64			0,40	247,334	2,39329
65			0,37	269,570	2,43067
66			0,34	293,815	2,46807
67			0,31	320,235	2,50547
68			0,29	349,027	2,54286
69			0,26	380,416	2,58026
70			0,24	414,628	2,61766
71			0,22	451,895	2,65504
72			0,20	492,538	2,69244

Jod 133

Halbwertzeit 21 h

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
	00		100,00	1,000	0,00000
	10		99,45	1,005	0,00239
	20		98,91	1,011	0,00478
	30		98,36	1,016	0,00717
	40		97,82	1,022	0,00956
	50		97,29	1,027	0,01195
1	**00**		96,75	1,033	0,01434
	10		96,22	1,039	0,01672
	20		95,69	1,044	0,01911
	30		95,17	1,050	0,02150
	40		94,65	1,056	0,02389
	50		94,13	1,062	0,02628
2	**00**		93,61	1,068	0,02867
	10		93,10	1,074	0,03106
	20		92,59	1,080	0,03345
	30		92,08	1,086	0,03584
	40		91,57	1,092	0,03823
	50		91,07	1,098	0,04062
3	**00**		90,57	1,104	0,04300
	10		90,08	1,110	0,04539
	20		89,58	1,116	0,04778
	30		89,09	1,122	0,05017
	40		88,60	1,128	0,05256
	50		88,12	1,134	0,05495
4	**00**		87,63	1,141	0,05734
	10		87,15	1,147	0,05973
	20		86,67	1,153	0,06212
	30		86,20	1,160	0,06451
	40		85,72	1,166	0,06690
	50		85,25	1,172	0,06929
5	**00**		84,79	1,179	0,07167
	10		84,32	1,185	0,07406
	20		83,86	1,192	0,07645
	30		83,40	1,199	0,07884
	40		82,94	1,205	0,08123
	50		82,49	1,212	0,08362
6	**00**		82,03	1,219	0,08601
	10		81,58	1,225	0,08840
	20		81,14	1,232	0,09079
	30		80,69	1,239	0,09318
	40		80,25	1,246	0,09557
	50		79,81	1,253	0,09795
7	**00**		79,37	1,259	0,10034
	10		78,93	1,266	0,10273
	20		78,50	1,273	0,10512
	30		78,07	1,280	0,10751
	40		77,64	1,287	0,10990
	50		77,22	1,295	0,11229
8	**00**		76,79	1,302	0,11468
	10		76,37	1,309	0,11707
	20		75,95	1,316	0,11946

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		30	75,54	1,323	0,12185
		40	75,12	1,331	0,12424
		50	74,71	1,338	0,12662
	9	00	74,30	1,345	0,12901
		10	73,89	1,353	0,13140
		20	73,49	1,360	0,13379
		30	73,08	1,368	0,13618
		40	72,68	1,375	0,13857
		50	72,28	1,383	0,14096
	10	00	71,89	1,391	0,14335
		10	71,49	1,398	0,14574
		20	71,10	1,406	0,14813
		30	70,71	1,414	0,15052
		40	70,32	1,422	0,15290
		50	69,94	1,429	0,15529
	11	00	69,55	1,437	0,15768
		10	69,17	1,445	0,16007
		20	68,79	1,453	0,16246
		30	68,41	1,461	0,16485
		40	68,04	1,469	0,16724
		50	67,67	1,477	0,16963
	12	00	67,30	1,485	0,17202
		10	66,93	1,494	0,17441
		20	66,56	1,502	0,17680
		30	66,19	1,510	0,17918
		40	65,83	1,519	0,18157
		50	65,47	1,527	0,18396
	13	00	65,11	1,535	0,18635
		10	64,75	1,544	0,18874
		20	64,40	1,552	0,19113
		30	64,04	1,561	0,19352
		40	63,69	1,570	0,19591
		50	63,34	1,578	0,19830
	14	00	63,00	1,587	0,20069
		10	62,65	1,596	0,20308
		20	62,31	1,604	0,20547
		30	61,96	1,613	0,20785
		40	61,62	1,622	0,21024
		50	61,29	1,631	0,21263
	15	00	60,95	1,640	0,21502
		10	60,62	1,649	0,21741
		20	60,28	1,658	0,21980
		30	59,95	1,667	0,22219
		40	59,62	1,677	0,22458
		50	59,30	1,686	0,22697
	16	00	58,97	1,695	0,22936
		10	58,65	1,705	0,23175
		20	58,33	1,714	0,23413
		30	58,01	1,723	0,23652
		40	57,69	1,733	0,23891
		50	57,37	1,743	0,24130
	17	00	57,06	1,752	0,24369
		10	56,74	1,762	0,24608
		20	56,43	1,772	0,24847
		30	56,12	1,781	0,25086
		40	55,82	1,791	0,25325
		50	55,51	1,801	0,25564
	18	00	55,20	1,811	0,25803
		10	54,90	1,821	0,26042
		20	54,60	1,831	0,26280
		30	54,30	1,841	0,26519
		40	54,00	1,851	0,26758
		50	53,71	1,861	0,26997
	19	00	53,41	1,872	0,27236
		10	53,12	1,882	0,27475
		20	52,83	1,892	0,27714
		30	52,54	1,903	0,27953
		40	52,25	1,913	0,28192
		50	51,96	1,924	0,28431
	20	00	51,68	1,935	0,28670
		10	51,39	1,945	0,28908
		20	51,11	1,956	0,29147
		30	50,83	1,967	0,29386
		40	50,55	1,978	0,29625
		50	50,28	1,989	0,29864
	21	00	50,00	2,000	0,30103
		10	49,73	2,011	0,30342
		20	49,45	2,022	0,30581
		30	49,18	2,033	0,30820
		40	48,91	2,044	0,31059
		50	48,64	2,055	0,31298
	22	00	48,38	2,067	0,31537
		10	48,11	2,078	0,31775
		20	47,85	2,089	0,32014
		30	47,58	2,101	0,32253
		40	47,32	2,113	0,32492
		50	47,06	2,124	0,32731
	23	00	46,81	2,136	0,32970
		10	46,55	2,148	0,33209
		20	46,29	2,160	0,33448
		30	46,04	2,172	0,33687
		40	45,79	2,184	0,33926
		50	45,54	2,196	0,34165
1	00		45,29	2,208	0,34403
	01		43,82	2,282	0,35837
	02		42,39	2,358	0,37270
	03		41,02	2,438	0,38704
	04		39,69	2,519	0,40137
	05		38,40	2,604	0,41571
	06		37,15	2,691	0,43004
	07		35,94	2,782	0,44438
	08		34,78	2,875	0,45871
	09		33,65	2,971	0,47305
	10		32,56	3,071	0,48738
	11		31,50	3,174	0,50172
	12		30,48	3,281	0,51605
	13		29,49	3,391	0,53039
	14		28,53	3,505	0,54472
	15		27,60	3,622	0,55906
	16		26,71	3,744	0,57339
	17		25,84	3,870	0,58773
	18		25,00	3,999	0,60206
	19		24,19	4,134	0,61640
	20		23,40	4,272	0,63073
	21		22,64	4,416	0,64506
	22		21,91	4,564	0,65940
	23		21,20	4,717	0,67373
2	00		20,51	4,876	0,68807
	01		19,84	5,039	0,70240
	02		19,20	5,208	0,71674
	03		18,57	5,383	0,73107
	04		17,97	5,564	0,74541
	05		17,39	5,750	0,75974
	06		16,82	5,943	0,77408
	07		16,28	6,143	0,78841
	08		15,75	6,349	0,80274
	09		15,24	6,562	0,81708
	10		14,74	6,782	0,83141
	11		14,26	7,010	0,84575
	12		13,80	7,245	0,86008
	13		13,35	7,488	0,87442
	14		12,92	7,740	0,88875
	15		12,50	7,999	0,90308
	16		12,09	8,268	0,91742
	17		11,70	8,545	0,93175
	18		11,32	8,832	0,94609
	19		10,95	9,128	0,96042
	20		10,60	9,435	0,97475
	21		10,25	9,751	0,98909
	22		9,92	10,079	1,00343
	23		9,60	10,417	1,01777
3	00		9,29	10,767	1,03210
	01		8,99	11,128	1,04644
	02		8,69	11,501	1,06077
	03		8,41	11,887	1,07511
	04		8,14	12,286	1,08944
	05		7,87	12,699	1,10378
	06		7,62	13,125	1,11811
	07		7,37	13,565	1,13245
	08		7,13	14,021	1,14678
	09		6,90	14,491	1,16112
	10		6,68	14,977	1,17545
	11		6,46	15,480	1,18979
	12		6,25	16,000	1,20412
	13		6,05	16,536	1,21846
	14		5,85	17,091	1,23279
	15		5,66	17,665	1,24712
	16		5,48	18,258	1,26146
	17		5,30	18,870	1,27579
	18		5,13	19,504	1,29013
	19		4,96	20,158	1,30446
	20		4,80	20,835	1,31880
	21		4,64	21,534	1,33313
	22		4,49	22,257	1,34747
	23		4,35	23,003	1,36180
4	00		4,21	23,775	1,37614
	01		4,07	24,573	1,39047
	02		3,94	25,398	1,40481
	03		3,81	26,250	1,41914
	04		3,69	27,131	1,43348
	05		3,57	28,042	1,44781
	06		3,45	28,983	1,46215
	07		3,34	29,955	1,47648
	08		3,23	30,960	1,49082
	09		3,13	32,000	1,50515
	10		3,02	33,073	1,51948
	11		2,93	34,183	1,53382
	12		2,83	35,330	1,54815
	13		2,74	36,516	1,56249
	14		2,65	37,741	1,57682
	15		2,56	39,008	1,59116
	16		2,48	40,317	1,60549
	17		2,40	41,670	1,61983
	18		2,32	43,068	1,63416
	19		2,25	44,514	1,64850
	20		2,17	46,007	1,66283
	21		2,10	47,551	1,67717
	22		2,03	49,147	1,69150
	23		1,97	50,796	1,70584
5	00		1,90	52,501	1,72017
	06		1,56	63,999	1,80618
	12		1,28	78,015	1,89218
	18		1,05	95,101	1,97819
6	00		0,86	115,932	2,06421
	06		0,71	141,322	2,15021
	12		0,58	172,274	2,23622
	18		0,48	210,004	2,32223
7	00		0,39	255,996	2,40823
	06		0,32	312,070	2,49425
	12		0,26	380,416	2,58026
	18		0,22	463,735	2,66627
8	00		0,18	565,291	2,75227
	06		0,15	689,084	2,83827
	12		0,12	839,983	2,92427
	18		0,10	1023,960	3,01028

Gold 198
Halbwertzeit 2,70 d

t d	t h	t min	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
		0	100,00	1,000	0,00000
		1	98,94	1,010	0,00465
		2	97,88	1,021	0,00929
		3	96,84	1,032	0,01394
		4	95,81	1,043	0,01858
		5	94,79	1,054	0,02323
		6	93,78	1,066	0,02787
		7	92,79	1,077	0,03252
		8	91,80	1,089	0,03716
		9	90,82	1,101	0,04181
		10	89,86	1,112	0,04646
		11	88,90	1,124	0,05110
		12	87,95	1,136	0,05575
		13	87,02	1,149	0,06039
		14	86,09	1,161	0,06504
		15	85,18	1,174	0,06968
		16	84,27	1,186	0,07433
		17	83,37	1,199	0,07897
		18	82,49	1,212	0,08362
		19	81,61	1,225	0,08827
		20	80,74	1,238	0,09291
		21	79,88	1,251	0,09756
		22	79,03	1,265	0,10220
		23	78,19	1,278	0,10685
1	00		77,36	1,292	0,11149
	01		76,54	1,306	0,11614
	02		75,72	1,320	0,12078
	03		74,92	1,334	0,12543
	04		74,12	1,349	0,13008
	05		73,33	1,363	0,13472
	06		72,55	1,378	0,13937
	07		71,78	1,393	0,14401
	08		71,01	1,408	0,14866
	09		70,26	1,423	0,15330
	10		69,51	1,438	0,15795
	11		68,77	1,454	0,16259
	12		68,04	1,469	0,16724
	13		67,32	1,485	0,17188
	14		66,60	1,501	0,17653
	15		65,89	1,517	0,18118
	16		65,19	1,533	0,18582
	17		64,50	1,550	0,19047
	18		63,81	1,567	0,19511
	19		63,13	1,584	0,19976
	20		62,46	1,601	0,20440
	21		61,79	1,618	0,20905
	22		61,14	1,635	0,21369
	23		60,49	1,653	0,21834
2	00		59,84	1,671	0,22299
	01		59,21	1,689	0,22763
	02		58,58	1,707	0,23228
	03		57,95	1,725	0,23692
	04		57,34	1,744	0,24157
	05		56,73	1,762	0,24621
	06		56,12	1,781	0,25086
	07		55,53	1,800	0,25550
	08		54,94	1,820	0,26015
	09		54,35	1,839	0,26480
	10		53,77	1,859	0,26944
	11		53,20	1,879	0,27409
	12		52,63	1,899	0,27873
	13		52,07	1,920	0,28338
	14		51,52	1,940	0,28802
	15		50,97	1,961	0,29267
	16		50,43	1,982	0,29731
	17		49,89	2,004	0,30196
	18		49,36	2,025	0,30661
	19		48,84	2,047	0,31125
	20		48,32	2,069	0,31590
	21		47,80	2,091	0,32054
	22		47,29	2,114	0,32519
	23		46,79	2,137	0,32983
3	00		46,29	2,160	0,33448
	01		45,80	2,183	0,33912
	02		45,31	2,206	0,34377
	03		44,83	2,230	0,34841
	04		44,35	2,254	0,35306
	05		43,88	2,278	0,35771
	06		43,42	2,303	0,36235
	07		42,95	2,328	0,36700
	08		42,50	2,353	0,37164
	09		42,04	2,378	0,37629
	10		41,60	2,403	0,38093
	11		41,15	2,429	0,38558
	12		40,72	2,455	0,39022
	13		40,28	2,482	0,39487
	14		39,86	2,509	0,39952
	15		39,43	2,536	0,40416
	16		39,01	2,563	0,40881
	17		38,60	2,590	0,41345
	18		38,19	2,618	0,41810
	19		37,78	2,646	0,42274
	20		37,38	2,675	0,42739
	21		36,98	2,704	0,43203
	22		36,59	2,733	0,43668
	23		36,20	2,762	0,44133
4	00		35,81	2,792	0,44597
	01		35,43	2,822	0,45062
	02		35,05	2,852	0,45526
	03		34,68	2,883	0,45991
	04		34,31	2,914	0,46455
	05		33,95	2,945	0,46920
	06		33,59	2,977	0,47384
	07		33,23	3,009	0,47849
	08		32,87	3,041	0,48313
	09		32,53	3,074	0,48778
	10		32,18	3,107	0,49243
	11		31,84	3,141	0,49707
	12		31,50	3,174	0,50172
	13		31,16	3,208	0,50636
	14		30,83	3,243	0,51101
	15		30,50	3,278	0,51565
	16		30,18	3,313	0,52030
	17		29,86	3,349	0,52494
	18		29,54	3,385	0,52959
	19		29,23	3,421	0,53424
	20		28,91	3,458	0,53888
	21		28,61	3,495	0,54353
	22		28,30	3,533	0,54817
	23		28,00	3,571	0,55282
5	00		27,70	3,609	0,55746
	06		25,98	3,848	0,58534
	12		24,37	4,104	0,61321
	18		22,85	4,376	0,64108
6	00		21,43	4,666	0,66896
	06		20,10	4,975	0,69683
	12		18,85	5,305	0,72470
	18		17,68	5,656	0,75257
7	00		16,58	6,031	0,78045
	06		15,55	6,431	0,80832
	12		14,58	6,857	0,83619
	18		13,68	7,312	0,86406
8	00		12,83	7,797	0,89194
	06		12,03	8,313	0,91981
	12		11,28	8,865	0,94768
	18		10,58	9,452	0,97555
9	00		9,92	10,079	1,00343
	06		9,30	10,747	1,03131
	12		8,73	11,459	1,05918
	18		8,18	12,219	1,08705
10	00		7,67	13,029	1,11493
	06		7,20	13,893	1,14280
	12		6,75	14,814	1,17067
	18		6,33	15,795	1,19855
11	00		5,94	16,842	1,22642
	06		5,57	17,959	1,25429
	12		5,22	19,149	1,28217
	18		4,90	20,419	1,31004
12	00		4,59	21,772	1,33791
	06		4,31	23,215	1,36578
	12		4,04	24,754	1,39366
	18		3,79	26,395	1,42153
13	00		3,55	28,145	1,44940
	06		3,33	30,010	1,47728
	12		3,13	32,000	1,50515
	18		2,93	34,121	1,53302
14	00		2,75	36,382	1,56090
	06		2,58	38,794	1,58877
	12		2,42	41,365	1,61664
	18		2,27	44,107	1,64452
15	00		2,13	47,031	1,67239
	06		1,99	50,148	1,70026
	12		1,87	53,473	1,72814
	18		1,75	57,017	1,75601
16	00		1,64	60,796	1,78388
	06		1,54	64,826	1,81175
	12		1,45	69,123	1,83963
	18		1,36	73,705	1,86750
17	00		1,27	78,590	1,89537
	06		1,19	83,799	1,92324
	12		1,12	89,353	1,95111
	18		1,05	95,276	1,97899
18	00		0,98	101,594	2,00687
	06		0,92	108,328	2,03474
	12		0,87	115,508	2,06261
	18		0,81	123,164	2,09049
19	00		0,76	131,328	2,11836
	06		0,71	140,034	2,14624
	12		0,67	149,316	2,17411
	18		0,63	159,212	2,20198
20			0,59	169,767	2,22986
25			0,16	612,782	2,78731
30			0,05	2211,900	3,34477
35			0,01	7987,220	3,90240

Halbwertzeit 5,2 a

d → ↓	0			10			20			30			40		
	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0	100,00	1,000	0,00000	99,64	1,003	0,00159	99,27	1,007	0,00317	98,91	1,011	0,00476	98,55	1,014	0,00634
100	96,42	1,037	0,01585	96,06	1,040	0,01744	95,72	1,044	0,01902	95,37	1,048	0,02061	95,02	1,052	0,02219
200	92,96	1,075	0,03170	92,62	1,079	0,03329	92,28	1,083	0,03487	91,95	1,087	0,03646	91,61	1,091	0,03804
300	89,63	1,115	0,04755	89,30	1,119	0,04914	88,98	1,123	0,05072	88,65	1,127	0,05231	88,33	1,132	0,05389
400	86,42	1,157	0,06340	86,10	1,161	0,06499	85,79	1,165	0,06657	85,48	1,169	0,06816	85,16	1,174	0,06974
500	83,32	1,200	0,07925	83,02	1,204	0,08084	82,71	1,208	0,08242	82,41	1,213	0,08401	82,11	1,217	0,08559
600	80,33	1,244	0,09510	80,04	1,249	0,09669	79,75	1,253	0,09827	79,46	1,258	0,09986	79,17	1,263	0,10144
700	77,46	1,291	0,11095	77,17	1,295	0,11254	76,89	1,300	0,11412	76,61	1,305	0,11571	76,33	1,310	0,11729
800	74,68	1,339	0,12680	74,41	1,343	0,12839	74,14	1,348	0,12997	73,87	1,353	0,13155	73,60	1,358	0,13314
900	72,00	1,388	0,14265	71,74	1,393	0,14423	71,48	1,399	0,14582	71,22	1,404	0,14740	70,96	1,409	0,14899
1000	69,42	1,440	0,15850	69,17	1,445	0,16008	68,92	1,451	0,16167	68,67	1,456	0,16325	68,42	1,461	0,16484
1100	66,93	1,493	0,17435	66,69	1,499	0,17593	66,45	1,504	0,17752	66,21	1,510	0,17910	65,96	1,515	0,18069
1200	64,54	1,549	0,19020	64,30	1,555	0,19178	64,07	1,560	0,19337	63,83	1,566	0,19495	63,60	1,572	0,19654
1300	62,22	1,607	0,20605	62,00	1,612	0,20763	61,77	1,618	0,20922	61,55	1,624	0,21080	61,32	1,630	0,21239
1400	59,99	1,666	0,22190	59,77	1,672	0,22348	59,56	1,679	0,22507	59,34	1,685	0,22665	59,12	1,691	0,22824
1500	57,84	1,728	0,23775	57,63	1,735	0,23933	57,42	1,741	0,24092	57,21	1,747	0,24250	57,00	1,754	0,24409
1600	55,77	1,793	0,25360	55,57	1,799	0,25518	55,36	1,806	0,25677	55,16	1,812	0,25835	54,96	1,819	0,25994
1700	53,77	1,859	0,26945	53,58	1,866	0,27103	53,38	1,873	0,27262	53,19	1,880	0,27420	52,99	1,887	0,27579
1800	51,84	1,928	0,28530	51,66	1,935	0,28688	51,47	1,942	0,28847	51,28	1,950	0,29005	51,09	1,957	0,29164
1900	49,99	2,000	0,30115	49,80	2,007	0,30273	49,62	2,015	0,30432	49,44	2,022	0,30590	49,26	2,029	0,30749
2000	48,19	2,074	0,31700	48,02	2,082	0,31858	47,84	2,090	0,32017	47,67	2,097	0,32175	47,50	2,105	0,32334
2100	46,47	2,152	0,33285	46,30	2,159	0,33443	46,13	2,167	0,33602	45,96	2,175	0,33760	45,79	2,183	0,33919
2200	44,80	2,232	0,34870	44,64	2,240	0,35028	44,48	2,248	0,35187	44,31	2,256	0,35345	44,15	2,264	0,35504
2300	43,20	2,314	0,36455	43,04	2,323	0,36613	42,88	2,331	0,36772	42,73	2,340	0,36930	42,57	2,349	0,37089
2400	41,65	2,401	0,38040	41,50	2,409	0,38198	41,35	2,418	0,38357	41,20	2,427	0,38515	41,05	2,436	0,38674
2500	40,16	2,490	0,39625	40,01	2,499	0,39783	39,86	2,508	0,39942	39,72	2,517	0,40100	39,57	2,526	0,40259
2600	38,72	2,582	0,41210	38,58	2,592	0,41368	38,44	2,601	0,41527	38,30	2,611	0,41685	38,16	2,620	0,41844
2700	37,33	2,678	0,42795	37,19	2,688	0,42953	37,06	2,698	0,43112	36,92	2,708	0,43270	36,79	2,718	0,43429
2800	35,99	2,778	0,44380	35,86	2,788	0,44538	35,73	2,798	0,44697	35,60	2,809	0,44855	35,47	2,819	0,45014
2900	34,70	2,881	0,45965	34,58	2,892	0,46123	34,45	2,902	0,46282	34,32	2,913	0,46440	34,20	2,924	0,46599
3000	33,46	2,988	0,47550	33,34	2,999	0,47708	33,21	3,010	0,47867	33,09	3,021	0,48025	32,97	3,032	0,48184
3100	32,26	3,099	0,49135	32,14	3,111	0,49293	32,02	3,122	0,49452	31,91	3,134	0,49610	31,79	3,145	0,49769
3200	31,10	3,215	0,50720	30,99	3,226	0,50878	30,88	3,238	0,51037	30,76	3,250	0,51195	30,65	3,262	0,51354
3300	29,99	3,334	0,52305	29,88	3,346	0,52463	29,77	3,359	0,52622	29,66	3,371	0,52780	29,55	3,383	0,52939
3400	28,91	3,458	0,53890	28,81	3,471	0,54048	28,70	3,483	0,54207	28,60	3,496	0,54365	28,49	3,509	0,54524
3500	27,88	3,587	0,55475	27,78	3,600	0,55633	27,67	3,613	0,55792	27,57	3,626	0,55950	27,47	3,639	0,56109
3600	26,88	3,720	0,57060	26,78	3,734	0,57218	26,68	3,747	0,57377	26,59	3,761	0,57535	26,49	3,775	0,57694
3700	25,92	3,858	0,58645	25,82	3,872	0,58803	25,73	3,887	0,58962	25,63	3,901	0,59120	25,54	3,915	0,59279
3800	24,99	4,002	0,60230	24,90	4,016	0,60388	24,80	4,031	0,60547	24,71	4,046	0,60705	24,62	4,061	0,60864
3900	24,09	4,150	0,61815	24,00	4,166	0,61973	23,92	4,181	0,62132	23,83	4,196	0,62290	23,74	4,211	0,62449
4000	23,23	4,305	0,63400	23,14	4,320	0,63558	23,06	4,336	0,63717	22,97	4,352	0,63875	22,89	4,368	0,64034
4100	22,40	4,465	0,64985	22,31	4,481	0,65143	22,23	4,497	0,65302	22,15	4,514	0,65460	22,07	4,530	0,65619
4200	21,59	4,631	0,66570	21,51	4,648	0,66728	21,44	4,665	0,66887	21,36	4,682	0,67045	21,28	4,699	0,67204
4300	20,82	4,803	0,68155	20,74	4,820	0,68313	20,67	4,838	0,68472	20,59	4,856	0,68630	20,52	4,874	0,68789
4400	20,07	4,981	0,69740	20,00	5,000	0,69898	19,93	5,018	0,70057	19,85	5,036	0,70215	19,78	5,055	0,70374
4500	19,35	5,167	0,71325	19,28	5,185	0,71483	19,21	5,204	0,71642	19,14	5,223	0,71800	19,07	5,243	0,71959
4600	18,66	5,359	0,72910	18,59	5,378	0,73068	18,52	5,398	0,73227	18,46	5,418	0,73385	18,39	5,437	0,73544
4700	17,99	5,558	0,74495	17,93	5,578	0,74653	17,86	5,599	0,74812	17,80	5,619	0,74970	17,73	5,640	0,75129
4800	17,35	5,764	0,76080	17,28	5,786	0,76238	17,22	5,807	0,76397	17,16	5,828	0,76555	17,09	5,849	0,76714
4900	16,72	5,979	0,77665	16,66	6,001	0,77823	16,60	6,023	0,77982	16,54	6,045	0,78140	16,48	6,067	0,78299
5000	16,13	6,201	0,79250	16,07	6,224	0,79408	16,01	6,246	0,79567	15,95	6,269	0,79725	15,89	6,292	0,79884
5100	15,55	6,431	0,80835	15,49	6,455	0,80993	15,43	6,479	0,81152	15,38	6,502	0,81310	15,32	6,526	0,81468
5200	14,99	6,671	0,82419	14,94	6,695	0,82578	14,88	6,719	0,82736	14,83	6,744	0,82895	14,77	6,769	0,83053
5300	14,45	6,919	0,84004	14,40	6,944	0,84163	14,35	6,969	0,84321	14,30	6,995	0,84480	14,24	7,020	0,84638
5400	13,94	7,176	0,85589	13,88	7,202	0,85748	13,83	7,228	0,85906	13,78	7,255	0,86065	13,73	7,281	0,86223
5500	13,44	7,442	0,87174	13,39	7,470	0,87333	13,34	7,497	0,87491	13,29	7,524	0,87650	13,24	7,552	0,87808
5600	12,95	7,719	0,88759	12,91	7,747	0,88918	12,86	7,776	0,89076	12,81	7,804	0,89235	12,77	7,833	0,89393
5700	12,49	8,006	0,90344	12,44	8,035	0,90503	12,40	8,065	0,90661	12,35	8,094	0,90820	12,31	8,124	0,90978
5800	12,04	8,304	0,91929	12,00	8,334	0,92088	11,95	8,364	0,92246	11,91	8,395	0,92405	11,87	8,426	0,92563
5900	11,61	8,612	0,93514	11,57	8,644	0,93672	11,53	8,675	0,93831	11,48	8,707	0,93989	11,44	8,739	0,94148
6000	11,19	8,932	0,95099	11,15	8,965	0,95257	11,11	8,998	0,95416	11,07	9,031	0,95574	11,03	9,064	0,95733
6100	10,79	9,264	0,96684	10,75	9,298	0,96842	10,72	9,332	0,97001	10,68	9,366	0,97159	10,64	9,401	0,97318
6200	10,41	9,609	0,98269	10,37	9,644	0,98427	10,33	9,679	0,98586	10,29	9,714	0,98744	10,26	9,750	0,98903
6300	10,03	9,966	0,99853	10,00	10,003	1,00013	9,96	10,039	1,00172	9,92	10,076	1,00330	9,89	10,113	1,00489
6400	9,67	10,337	1,01440	9,64	10,374	1,01598	9,60	10,412	1,01757	9,57	10,450	1,01915	9,53	10,489	1,02074
6500	9,33	10,721	1,03025	9,29	10,760	1,03183	9,26	10,799	1,03342	9,23	10,839	1,03500	9,19	10,878	1,03659
6600	8,99	11,119	1,04610	8,96	11,160	1,04768	8,93	11,201	1,04927	8,90	11,242	1,05085	8,86	11,283	1,05244
6700	8,67	11,533	1,06195	8,64	11,575	1,06353	8,61	11,617	1,06512	8,58	11,660	1,06670	8,55	11,702	1,06829
6800	8,36	11,961	1,07780	8,33	12,005	1,07938	8,30	12,049	1,08097	8,27	12,093	1,08255	8,24	12,137	1,08414
6900	8,06	12,406	1,09365	8,03	12,451	1,09523	8,00	12,497	1,09682	7,97	12,542	1,09840	7,94	12,588	1,09999
7000	7,77	12,867	1,10950	7,74	12,914	1,11108	7,71	12,961	1,11267	7,69	13,009	1,11425	7,66	13,056	1,11584
7100	7,49	13,345	1,12535	7,47	13,394	1,12693	7,44	13,443	1,12852	7,41	13,492	1,13010	7,38	13,542	1,13169
7200	7,22	13,841	1,14120	7,20	13,892	1,14278	7,17	13,943	1,14437	7,15	13,994	1,14595	7,12	14,045	1,14754
7300	6,97	14,356	1,15705	6,94	14,408	1,15863	6,91	14,461	1,16022	6,89	14,514	1,16180	6,86	14,567	1,16339
7400	6,72	14,890	1,17290	6,69	14,944	1,17448	6,67	14,999	1,17607	6,64	15,053	1,17765	6,62	15,109	1,17924
7500	6,48	15,443	1,18875	6,45	15,499	1,19033	6,43	15,556	1,19192	6,40	15,613	1,19350	6,38	15,670	1,19509
7600	6,24	16,017	1,20460	6,22	16,076	1,20618	6,20	16,134	1,20777	6,18	16,193	1,20935	6,15	16,253	1,21094
7700	6,02	16,612	1,22045	6,00	16,673	1,22203	5,98	16,734	1,22362	5,95	16,795	1,22520	5,93	16,857	1,22679
7800	5,80	17,230	1,23630	5,78	17,293	1,23788	5,76	17,356	1,23947	5,74	17,420	1,24105	5,72	17,483	1,24264
7900	5,60	17,870	1,25215	5,58	17,936	1,25373	5,56	18,001	1,25532	5,53	18,067	1,25690	5,51	18,133	1,25849
8000	5,40	18,535	1,26800	5,38	18,602	1,26958	5,36	18,670	1,27117	5,34	18,739	1,27275	5,32	18,807	1,27434
8100	5,20	19,224	1,28385	5,18	19,294	1,28543	5,16	19,364	1,28702	5,15	19,435	1,28860	5,13	19,506	1,29019
8200	5,02	19,938	1,29970	5,00	20,011	1,30128	4,98	20,084	1,30287	4,96	20,158	1,30445	4,94	20,231	1,30604
8300	4,84	20,679	1,31555	4,82	20,755	1,31713	4,80	20,831	1,31872	4,78	20,907	1,32030	4,77	20,983	1,32189
8400	4,66	21,448	1,33140	4,65	21,526	1,33298	4,63	21,605	1,33457	4,61	21,684	1,33615	4,59	21,763	1,33774
8500	4,50	22,245	1,34725	4,48	22,326	1,34883	4,46	22,408	1,35042	4,45	22,490	1,35200	4,43	22,572	1,35359
8600	4,33	23,072	1,36310	4,32	23,156	1,36468	4,30	23,241	1,36627	4,29	23,326	1,36785	4,27	23,411	1,36944
8700	4,18	23,930	1,37895	4,16	24,017	1,38053	4,15	24,105	1,38212	4,13	24,193	1,38370	4,12	24,282	1,38529
8800	4,03	24,819	1,39480	4,01	24,910	1,39638	4,00	25,001	1,39797	3,99	25,092	1,39955	3,97	25,184	1,40114
8900	3,88	25,742	1,41065	3,87	25,836	1,41223	3,86	25,930	1,41381	3,84	26,025	1,41540	3,83	26,120	1,41699
9000	3,75	26,698	1,42650	3,73	26,796	1,42808	3,72	26,894	1,42967	3,70	26,992	1,43125	3,69	27,091	1,43284
9100	3,61	27,691	1,44235	3,60	27,792	1,44393	3,58	27,894	1,44551	3,57	27,996	1,44710	3,56	28,098	1,44868
9200	3,48	28,720	1,45820	3,47	28,825	1,45978	3,46	28,931	1,46137	3,44	29,036	1,46295	3,43	29,143	1,46454
9300	3,36	29,788	1,47405	3,34	29,897	1,47563	3,33	30,006	1,47721	3,32	30,116	1,47880	3,31	30,226	1,48039
9400	3,24	30,895	1,48990	3,22	31,008	1,49148	3,21	31,121	1,49307	3,20	31,235	1,49465	3,19	31,349	1,49623
9500	3,12	32,043	1,50574	3,11	32,160	1,50733	3,10	32,278	1,50891	3,09	32,396	1,51050	3,08	32,515	1,51208
9600	3,01	33,234	1,52159	3,00	33,356	1,52318	2,99	33,478	1,52477	2,98	33,600	1,52635	2,97	33,723	1,52793
9700	2,90	34,470	1,53745	2,89	34,596	1,53903	2,88	34,722	1,54061	2,87	34,849	1,54220	2,86	34,977	1,54378
9800	2,80	35,751	1,55329	2,79	35,882	1,55488	2,78	36,013	1,55646	2,77	36,145	1,55805	2,76	36,277	1,55963
9900	2,70	37,080	1,56914	2,69	37,215	1,57073	2,68	37,352	1,57231	2,67	37,488	1,57390	2,66	37,625	1,57548
10000	2,60	38,458	1,58499												

Halbwertzeit 5,2 a

d → ↓	50			60			70			80			90		
	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0	98,19	1,018	0,00793	97,83	1,022	0,00951	97,48	1,025	0,01110	97,12	1,029	0,01268	96,77	1,033	0,01427
100	94,67	1,056	0,02378	94,33	1,060	0,02536	93,98	1,064	0,02695	93,64	1,067	0,02853	93,30	1,071	0,03012
200	91,28	1,095	0,03963	90,95	1,099	0,04121	90,62	1,103	0,04280	90,29	1,107	0,04438	89,96	1,111	0,04597
300	88,01	1,136	0,05548	87,69	1,140	0,05706	87,37	1,144	0,05865	87,05	1,148	0,06023	86,73	1,152	0,06182
400	84,85	1,178	0,07133	84,55	1,182	0,07291	84,24	1,187	0,07450	83,93	1,191	0,07608	83,62	1,195	0,07767
500	81,81	1,222	0,08718	81,52	1,226	0,08876	81,22	1,231	0,09035	80,92	1,235	0,09193	80,63	1,240	0,09352
600	78,88	1,267	0,10303	78,59	1,272	0,10461	78,31	1,277	0,10620	78,02	1,281	0,10778	77,74	1,286	0,10937
700	76,05	1,314	0,11888	75,78	1,319	0,12046	75,50	1,324	0,12205	75,23	1,329	0,12363	74,95	1,334	0,12522
800	73,33	1,363	0,13472	73,06	1,368	0,13631	72,80	1,373	0,13789	72,53	1,378	0,13948	72,27	1,383	0,14106
900	70,70	1,414	0,15057	70,44	1,419	0,15216	70,19	1,424	0,15374	69,93	1,429	0,15533	69,68	1,435	0,15691
1000	68,17	1,466	0,16642	67,92	1,472	0,16801	67,67	1,477	0,16959	67,42	1,483	0,17118	67,18	1,488	0,17276
1100	65,72	1,521	0,18227	65,48	1,527	0,18386	65,25	1,532	0,18544	65,01	1,538	0,18703	64,77	1,543	0,18861
1200	63,37	1,578	0,19812	63,14	1,583	0,19971	62,91	1,589	0,20129	62,68	1,595	0,20288	62,45	1,601	0,20446
1300	61,10	1,636	0,21397	60,88	1,642	0,21556	60,65	1,648	0,21714	60,43	1,654	0,21873	60,21	1,660	0,22031
1400	58,91	1,697	0,22982	58,69	1,703	0,23141	58,48	1,709	0,23299	58,27	1,716	0,23458	58,05	1,722	0,23616
1500	56,80	1,760	0,24567	56,59	1,767	0,24726	56,38	1,773	0,24884	56,18	1,780	0,25043	55,97	1,786	0,25201
1600	54,76	1,826	0,26152	54,56	1,832	0,26311	54,36	1,839	0,26469	54,17	1,846	0,26628	53,97	1,852	0,26786
1700	52,80	1,893	0,27737	52,61	1,900	0,27896	52,42	1,907	0,28054	52,22	1,914	0,28213	52,03	1,921	0,28371
1800	50,91	1,964	0,29322	50,72	1,971	0,29481	50,54	1,978	0,29639	50,35	1,985	0,29798	50,17	1,993	0,29956
1900	49,08	2,037	0,30907	48,90	2,044	0,31066	48,73	2,052	0,31224	48,55	2,059	0,31383	48,37	2,067	0,31541
2000	47,32	2,113	0,32492	47,15	2,120	0,32651	46,98	2,128	0,32809	46,81	2,136	0,32968	46,64	2,144	0,33126
2100	45,63	2,191	0,34077	45,46	2,199	0,34236	45,30	2,207	0,34394	45,13	2,215	0,34553	44,97	2,223	0,34711
2200	43,99	2,273	0,35662	43,83	2,281	0,35821	43,67	2,289	0,35979	43,51	2,298	0,36138	43,35	2,306	0,36296
2300	42,42	2,357	0,37247	42,26	2,366	0,37406	42,11	2,374	0,37564	41,95	2,383	0,37723	41,80	2,392	0,37881
2400	40,90	2,445	0,38832	40,75	2,454	0,38991	40,60	2,463	0,39149	40,45	2,472	0,39308	40,30	2,481	0,39466
2500	39,43	2,536	0,40417	39,29	2,545	0,40576	39,14	2,554	0,40734	39,00	2,564	0,40893	38,86	2,573	0,41051
2600	38,02	2,630	0,42002	37,88	2,640	0,42161	37,74	2,649	0,42319	37,60	2,659	0,42478	37,47	2,669	0,42636
2700	36,65	2,728	0,43587	36,52	2,738	0,43746	36,39	2,748	0,43904	36,26	2,758	0,44063	36,12	2,768	0,44221
2800	35,34	2,829	0,45172	35,21	2,839	0,45331	35,08	2,850	0,45489	34,96	2,860	0,45648	34,83	2,871	0,45806
2900	34,07	2,934	0,46757	33,95	2,945	0,46916	33,83	2,956	0,47074	33,70	2,967	0,47233	33,58	2,977	0,47391
3000	32,85	3,043	0,48342	32,73	3,054	0,48501	32,61	3,066	0,48659	32,50	3,077	0,48818	32,38	3,088	0,48976
3100	31,68	3,156	0,49927	31,56	3,168	0,50086	31,45	3,180	0,50244	31,33	3,191	0,50403	31,22	3,203	0,50561
3200	30,54	3,274	0,51512	30,43	3,286	0,51671	30,32	3,298	0,51829	30,21	3,310	0,51988	30,10	3,322	0,52146
3300	29,45	3,396	0,53097	29,34	3,408	0,53256	29,23	3,420	0,53414	29,13	3,433	0,53573	29,02	3,445	0,53731
3400	28,39	3,522	0,54682	28,29	3,535	0,54841	28,18	3,548	0,54999	28,08	3,561	0,55158	27,98	3,574	0,55316
3500	27,37	3,653	0,56267	27,27	3,666	0,56426	27,17	3,679	0,56584	27,08	3,693	0,56743	26,98	3,706	0,56901
3600	26,39	3,788	0,57852	26,30	3,802	0,58011	26,20	3,816	0,58169	26,10	3,830	0,58328	26,01	3,844	0,58486
3700	25,45	3,929	0,59437	25,35	3,944	0,59596	25,26	3,958	0,59754	25,17	3,973	0,59913	25,08	3,987	0,60071
3800	24,53	4,075	0,61022	24,45	4,090	0,61181	24,36	4,105	0,61339	24,27	4,120	0,61498	24,18	4,135	0,61656
3900	23,66	4,227	0,62607	23,57	4,242	0,62766	23,48	4,258	0,62924	23,40	4,273	0,63083	23,31	4,289	0,63241
4000	22,81	4,384	0,64192	22,72	4,400	0,64351	22,64	4,416	0,64509	22,56	4,432	0,64668	22,48	4,448	0,64826
4100	21,99	4,547	0,65777	21,91	4,564	0,65936	21,83	4,580	0,66094	21,75	4,597	0,66253	21,67	4,614	0,66411
4200	21,20	4,716	0,67362	21,12	4,733	0,67521	21,05	4,751	0,67679	20,97	4,768	0,67838	20,89	4,785	0,67996
4300	20,44	4,891	0,68947	20,37	4,909	0,69106	20,29	4,927	0,69264	20,22	4,945	0,69423	20,15	4,963	0,69581
4400	19,71	5,073	0,70532	19,64	5,092	0,70691	19,57	5,110	0,70849	19,50	5,129	0,71008	19,42	5,148	0,71166
4500	19,00	5,262	0,72117	18,93	5,281	0,72276	18,87	5,300	0,72434	18,80	5,320	0,72593	18,73	5,339	0,72751
4600	18,32	5,457	0,73702	18,26	5,477	0,73861	18,19	5,497	0,74019	18,12	5,517	0,74178	18,06	5,538	0,74336
4700	17,67	5,660	0,75287	17,60	5,681	0,75446	17,54	5,702	0,75604	17,47	5,723	0,75763	17,41	5,743	0,75921
4800	17,03	5,871	0,76872	16,97	5,892	0,77031	16,91	5,914	0,77189	16,85	5,935	0,77348	16,79	5,957	0,77506
4900	16,42	6,089	0,78457	16,36	6,111	0,78616	16,30	6,133	0,78774	16,24	6,156	0,78933	16,18	6,178	0,79091
5000	15,83	6,315	0,80042	15,78	6,338	0,80201	15,72	6,361	0,80359	15,66	6,385	0,80518	15,60	6,408	0,80676
5100	15,27	6,550	0,81627	15,21	6,574	0,81785	15,16	6,598	0,81944	15,10	6,622	0,82102	15,04	6,646	0,82261
5200	14,72	6,793	0,83212	14,67	6,818	0,83370	14,61	6,843	0,83529	14,56	6,868	0,83687	14,51	6,893	0,83846
5300	14,19	7,046	0,84797	14,14	7,072	0,84955	14,09	7,098	0,85114	14,04	7,123	0,85272	13,99	7,150	0,85431
5400	13,68	7,308	0,86382	13,63	7,335	0,86540	13,58	7,361	0,86699	13,53	7,388	0,86857	13,48	7,415	0,87016
5500	13,19	7,579	0,87967	13,14	7,607	0,88125	13,10	7,635	0,88284	13,05	7,663	0,88442	13,00	7,691	0,88601
5600	12,72	7,861	0,89552	12,67	7,890	0,89710	12,63	7,919	0,89869	12,58	7,948	0,90027	12,54	7,977	0,90186
5700	12,26	8,153	0,91137	12,22	8,183	0,91295	12,17	8,213	0,91454	12,13	8,243	0,91612	12,09	8,273	0,91771
5800	11,82	8,456	0,92722	11,78	8,487	0,92880	11,74	8,518	0,93038	11,70	8,550	0,93197	11,65	8,581	0,93355
5900	11,40	8,771	0,94306	11,36	8,803	0,94465	11,32	8,835	0,94623	11,28	8,867	0,94782	11,24	8,900	0,94940
6000	10,99	9,097	0,95891	10,95	9,130	0,96050	10,91	9,163	0,96208	10,87	9,197	0,96367	10,83	9,231	0,96525
6100	10,60	9,435	0,97476	10,56	9,469	0,97635	10,52	9,504	0,97793	10,48	9,539	0,97952	10,44	9,574	0,98110
6200	10,22	9,786	0,99061	10,18	9,821	0,99220	10,14	9,857	0,99378	10,11	9,893	0,99537	10,07	9,930	0,99695
6300	9,85	10,150	1,00647	9,82	10,187	1,00806	9,78	10,224	1,00964	9,74	10,261	1,01123	9,71	10,299	1,01281
6400	9,50	10,527	1,02232	9,46	10,565	1,02391	9,43	10,604	1,02549	9,40	10,643	1,02708	9,36	10,682	1,02866
6500	9,16	10,918	1,03817	9,13	10,958	1,03976	9,09	10,998	1,04134	9,06	11,038	1,04293	9,03	11,079	1,04451
6600	8,83	11,324	1,05402	8,80	11,365	1,05561	8,77	11,407	1,05719	8,73	11,449	1,05878	8,70	11,491	1,06036
6700	8,51	11,745	1,06987	8,48	11,788	1,07146	8,45	11,831	1,07304	8,42	11,874	1,07463	8,39	11,918	1,07621
6800	8,21	12,182	1,08572	8,18	12,226	1,08731	8,15	12,271	1,08889	8,12	12,316	1,09048	8,09	12,361	1,09206
6900	7,91	12,634	1,10157	7,89	12,681	1,10316	7,86	12,727	1,10474	7,83	12,773	1,10633	7,80	12,820	1,10791
7000	7,63	13,104	1,11742	7,60	13,152	1,11901	7,58	13,200	1,12059	7,55	13,248	1,12218	7,52	13,297	1,12376
7100	7,36	13,591	1,13327	7,33	13,641	1,13486	7,30	13,691	1,13644	7,28	13,741	1,13803	7,25	13,791	1,13961
7200	7,09	14,096	1,14912	7,07	14,148	1,15071	7,04	14,200	1,15229	7,02	14,251	1,15388	6,99	14,304	1,15546
7300	6,84	14,620	1,16497	6,81	14,674	1,16656	6,79	14,727	1,16814	6,77	14,781	1,16973	6,74	14,835	1,17131
7400	6,59	15,164	1,18082	6,57	15,219	1,18241	6,55	15,275	1,18399	6,52	15,331	1,18558	6,50	15,387	1,18716
7500	6,36	15,727	1,19667	6,33	15,785	1,19826	6,31	15,843	1,19984	6,29	15,901	1,20143	6,27	15,959	1,20301
7600	6,13	16,312	1,21252	6,11	16,372	1,21411	6,09	16,431	1,21569	6,06	16,492	1,21728	6,04	16,552	1,21886
7700	5,91	16,918	1,22837	5,89	16,980	1,22996	5,87	17,042	1,23154	5,85	17,105	1,23313	5,82	17,167	1,23471
7800	5,70	17,547	1,24422	5,68	17,611	1,24581	5,66	17,676	1,24739	5,64	17,740	1,24898	5,62	17,805	1,25056
7900	5,49	18,199	1,26007	5,47	18,266	1,26166	5,45	18,333	1,26324	5,43	18,400	1,26483	5,41	18,467	1,26641
8000	5,30	18,876	1,27592	5,28	18,945	1,27751	5,26	19,014	1,27909	5,24	19,084	1,28068	5,22	19,154	1,28226
8100	5,11	19,578	1,29177	5,09	19,649	1,29336	5,07	19,721	1,29494	5,05	19,793	1,29653	5,03	19,865	1,29811
8200	4,92	20,305	1,30762	4,91	20,380	1,30921	4,89	20,454	1,31079	4,87	20,529	1,31238	4,85	20,604	1,31396
8300	4,75	21,060	1,32347	4,73	21,137	1,32506	4,71	21,214	1,32664	4,70	21,292	1,32823	4,68	21,370	1,32981
8400	4,58	21,843	1,33932	4,56	21,923	1,34091	4,54	22,003	1,34249	4,53	22,083	1,34408	4,51	22,164	1,34566
8500	4,41	22,655	1,35517	4,40	22,738	1,35676	4,38	22,821	1,35834	4,37	22,904	1,35993	4,35	22,988	1,36151
8600	4,26	23,497	1,37102	4,24	23,583	1,37260	4,22	23,669	1,37419	4,21	23,756	1,37578	4,19	23,842	1,37736
8700	4,10	24,370	1,38687	4,09	24,459	1,38846	4,07	24,549	1,39004	4,06	24,639	1,39163	4,04	24,729	1,39321
8800	3,96	25,276	1,40272	3,94	25,369	1,40430	3,93	25,461	1,40589	3,91	25,554	1,40748	3,90	25,648	1,40906
8900	3,81	26,216	1,41857	3,80	26,312	1,42016	3,79	26,408	1,42174	3,77	26,504	1,42333	3,76	26,601	1,42491
9000	3,68	27,190	1,43442	3,66	27,290	1,43600	3,65	27,389	1,43759	3,64	27,489	1,43917	3,62	27,590	1,44076
9100	3,55	28,201	1,45027	3,53	28,304	1,45185	3,52	28,407	1,45344	3,51	28,511	1,45502	3,49	28,616	1,45661
9200	3,42	29,249	1,46612	3,41	29,356	1,46770	3,39	29,463	1,46929	3,38	29,571	1,47087	3,37	29,679	1,47246
9300	3,30	30,336	1,48197	3,28	30,447	1,48355	3,27	30,558	1,48514	3,26	30,670	1,48672	3,25	30,782	1,48831
9400	3,18	31,464	1,49782	3,17	31,579	1,49940	3,16	31,694	1,50099	3,14	31,810	1,50257	3,13	31,927	1,50416
9500	3,06	32,633	1,51367	3,05	32,753	1,51526	3,04	32,873	1,51684	3,03	32,993	1,51842	3,02	33,113	1,52001
9600	2,95	33,846	1,52952	2,94	33,970	1,53110	2,93	34,094	1,53269	2,92	34,219	1,53427	2,91	34,344	1,53586
9700	2,85	35,104	1,54537	2,84	35,233	1,54695	2,83	35,362	1,54854	2,82	35,491	1,55012	2,81	35,621	1,55171
9800	2,75	36,409	1,56122	2,74	36,543	1,56281	2,73	36,676	1,56439	2,72	36,810	1,56597	2,71	36,945	1,56756
9900	2,65	37,763	1,57707	2,64	37,901	1,57866	2,63	38,039	1,58024	2,62	38,178	1,58182	2,61	38,318	1,58341

Halbwertzeit 30 a

d → ↓	0			100			200			300			400		
	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0	100,00	1,000	0,00000	99,37	1,006	0,00275	98,74	1,012	0,00550	98,12	1,019	0,00824	97,50	1,025	0,01099
1000	93,87	1,065	0,02747	93,28	1,072	0,03022	92,69	1,078	0,03297	92,11	1,085	0,03572	91,52	1,092	0,03846
2000	88,12	1,134	0,05495	87,56	1,142	0,05769	87,01	1,149	0,06044	86,46	1,156	0,06319	85,91	1,163	0,06594
3000	82,71	1,208	0,08242	82,19	1,216	0,08517	81,67	1,224	0,08792	81,16	1,232	0,09066	80,65	1,239	0,09341
4000	77,64	1,287	0,10989	77,15	1,296	0,11264	76,67	1,304	0,11539	76,18	1,312	0,11814	75,70	1,320	0,12088
5000	72,88	1,372	0,13737	72,42	1,380	0,14011	71,97	1,389	0,14286	71,51	1,398	0,14561	71,06	1,407	0,14836
6000	68,42	1,461	0,16484	67,99	1,470	0,16759	67,56	1,480	0,17033	67,13	1,489	0,17308	66,71	1,499	0,17583
7000	64,22	1,557	0,19231	63,82	1,566	0,19506	63,42	1,576	0,19781	63,02	1,586	0,20056	62,62	1,596	0,20330
8000	60,29	1,658	0,21979	59,91	1,669	0,22253	59,53	1,679	0,22528	59,15	1,690	0,22803	58,78	1,701	0,23078
9000	56,59	1,767	0,24726	56,23	1,778	0,25001	55,88	1,789	0,25275	55,53	1,800	0,25550	55,18	1,812	0,25825
10000	53,12	1,882	0,27473	52,79	1,894	0,27748	52,45	1,906	0,28023	52,12	1,918	0,28298	51,79	1,930	0,28572
11000	49,86	2,005	0,30221	49,55	2,018	0,30495	49,24	2,030	0,30770	48,93	2,043	0,31045	48,62	2,056	0,31320
12000	46,81	2,136	0,32968	46,51	2,149	0,33243	46,22	2,163	0,33517	45,93	2,177	0,33792	45,64	2,191	0,34067
13000	43,94	2,275	0,35715	43,66	2,290	0,35990	43,39	2,304	0,36265	43,11	2,319	0,36539	42,84	2,334	0,36814
14000	41,25	2,424	0,38463	40,99	2,439	0,38737	40,73	2,455	0,39012	40,47	2,470	0,39287	40,21	2,486	0,39562
15000	38,72	2,582	0,41210	38,47	2,599	0,41485	38,23	2,615	0,41759	37,99	2,632	0,42034	37,75	2,649	0,42309
16000	36,34	2,751	0,43957	36,11	2,768	0,44232	35,89	2,786	0,44507	35,66	2,804	0,44781	35,44	2,822	0,45056
17000	34,12	2,931	0,46705	33,90	2,949	0,46979	33,69	2,968	0,47254	33,47	2,987	0,47529	33,26	3,006	0,47804
18000	32,02	3,122	0,49452	31,82	3,142	0,49727	31,62	3,162	0,50001	31,42	3,182	0,50276	31,22	3,202	0,50551
19000	30,06	3,326	0,52199	29,87	3,347	0,52474	29,68	3,368	0,52749	29,50	3,390	0,53023	29,31	3,411	0,53298
20000	28,22	3,543	0,54947	28,04	3,566	0,55221	27,86	3,588	0,55496	27,69	3,611	0,55771	27,51	3,634	0,56045
21000	26,49	3,775	0,57694	26,32	3,799	0,57969	26,16	3,823	0,58243	25,99	3,847	0,58518	25,83	3,871	0,58793
22000	24,87	4,021	0,60441	24,71	4,047	0,60716	24,55	4,072	0,60991	24,40	4,098	0,61265	24,24	4,124	0,61540
23000	23,34	4,284	0,63189	23,19	4,311	0,63463	23,05	4,338	0,63738	22,90	4,366	0,64013	22,76	4,394	0,64287
24000	21,91	4,564	0,65936	21,77	4,593	0,66211	21,63	4,622	0,66485	21,50	4,651	0,66760	21,36	4,681	0,67035
25000	20,57	4,862	0,68683	20,44	4,893	0,68958	20,31	4,924	0,69233	20,18	4,955	0,69507	20,05	4,986	0,69782
26000	19,31	5,179	0,71430	19,18	5,212	0,71705	19,06	5,245	0,71980	18,94	5,278	0,72255	18,82	5,312	0,72529
27000	18,12	5,517	0,74178	18,01	5,552	0,74452	17,89	5,588	0,74727	17,78	5,623	0,75002	17,67	5,659	0,75277
28000	17,01	5,878	0,76925	16,90	5,915	0,77200	16,80	5,953	0,77474	16,69	5,990	0,77749	16,59	6,028	0,78024
29000	15,97	6,262	0,79672	15,87	6,301	0,79947	15,77	6,341	0,80222	15,67	6,382	0,80496	15,57	6,422	0,80771
30000	14,99	6,671	0,82420	14,90	6,713	0,82694	14,80	6,755	0,82969	14,71	6,798	0,83244	14,62	6,842	0,83518
31000	14,07	7,106	0,85167	13,98	7,151	0,85442	13,89	7,197	0,85716	13,81	7,242	0,85991	13,72	7,288	0,86266
32000	13,21	7,570	0,87914	13,13	7,618	0,88189	13,04	7,667	0,88463	12,96	7,715	0,88738	12,88	7,764	0,89013
33000	12,40	8,065	0,90661	12,32	8,116	0,90936	12,24	8,167	0,91211	12,17	8,219	0,91485	12,09	8,271	0,91760
34000	11,64	8,591	0,93408	11,57	8,646	0,93683	11,49	8,701	0,93958	11,42	8,756	0,94233	11,35	8,811	0,94507
35000	10,93	9,152	0,96156	10,86	9,210	0,96430	10,79	9,269	0,96705	10,72	9,328	0,96980	10,65	9,387	0,97254
36000	10,26	9,750	0,98903	10,19	9,812	0,99177	10,13	9,874	0,99452	10,06	9,937	0,99727	10,00	10,000	1,00003
37000	9,63	10,387	1,01651	9,57	10,453	1,01926	9,51	10,519	1,02201	9,45	10,586	1,02475	9,39	10,653	1,02750
38000	9,04	11,065	1,04398	8,98	11,136	1,04673	8,92	11,206	1,04948	8,87	11,277	1,05223	8,81	11,349	1,05497
39000	8,48	11,788	1,07146	8,43	11,863	1,07420	8,38	11,938	1,07695	8,32	12,014	1,07970	8,27	12,090	1,08245
40000	7,96	12,558	1,09893	7,91	12,637	1,10168	7,86	12,718	1,10443	7,81	12,798	1,10717	7,76	12,880	1,10992
41000	7,47	13,378	1,12640	7,43	13,463	1,12915	7,38	13,548	1,13190	7,33	13,634	1,13465	7,29	13,721	1,13739
42000	7,02	14,252	1,15388	6,97	14,342	1,15662	6,93	14,433	1,15937	6,88	14,525	1,16212	6,84	14,617	1,16487
43000	6,59	15,182	1,18135	6,54	15,279	1,18410	6,50	15,376	1,18685	6,46	15,473	1,18959	6,42	15,571	1,19234
44000	6,18	16,174	1,20882	6,14	16,276	1,21157	6,10	16,380	1,21432	6,07	16,484	1,21707	6,03	16,588	1,21981
45000	5,80	17,230	1,23630	5,77	17,339	1,23904	5,73	17,449	1,24179	5,69	17,560	1,24454	5,66	17,671	1,24729
46000	5,45	18,355	1,26377	5,41	18,472	1,26652	5,38	18,589	1,26927	5,35	18,707	1,27201	5,31	18,826	1,27476
47000	5,11	19,554	1,29124	5,08	19,678	1,29399	5,05	19,803	1,29674	5,02	19,928	1,29949	4,99	20,055	1,30223
48000	4,80	20,831	1,31872	4,77	20,963	1,32146	4,74	21,096	1,32421	4,71	21,230	1,32696	4,68	21,365	1,32971
49000	4,51	22,191	1,34619	4,48	22,332	1,34894	4,45	22,474	1,35168	4,42	22,616	1,35443	4,39	22,760	1,35718
50000	4,23	23,640	1,37366	4,20	23,790	1,37641	4,18	23,941	1,37916	4,15	24,093	1,38191	4,12	24,246	1,38465
51000	3,97	25,184	1,40114	3,95	25,344	1,40388	3,92	25,505	1,40663	3,90	25,667	1,40938	3,87	25,830	1,41213
52000	3,73	26,829	1,42861	3,70	26,999	1,43136	3,68	27,170	1,43410	3,66	27,343	1,43685	3,63	27,516	1,43960
53000	3,50	28,581	1,45608	3,48	28,762	1,45883	3,45	28,945	1,46158	3,43	29,128	1,46433	3,41	29,313	1,46707
54000	3,28	30,447	1,48356	3,26	30,641	1,48630	3,24	30,835	1,48905	3,22	31,031	1,49180	3,20	31,228	1,49455
55000	3,08	32,436	1,51103	3,06	32,641	1,51378	3,04	32,849	1,51652	3,03	33,057	1,51927	3,01	33,267	1,52202
56000	2,89	34,554	1,53850	2,88	34,773	1,54125	2,86	34,994	1,54400	2,84	35,216	1,54674	2,82	35,439	1,54949
57000	2,72	36,810	1,56598	2,70	37,044	1,56872	2,68	37,279	1,57147	2,67	37,516	1,57422	2,65	37,754	1,57697
58000	2,55	39,214	1,59345	2,53	39,463	1,59620	2,52	39,713	1,59894	2,50	39,965	1,60169	2,49	40,219	1,60444
59000	2,39	41,775	1,62092	2,38	42,040	1,62367	2,36	42,307	1,62642	2,35	42,575	1,62916	2,33	42,846	1,63191
60000	2,25	44,503	1,64840	2,23	44,786	1,65114	2,22	45,070	1,65389	2,20	45,356	1,65664	2,19	45,643	1,65938
61000	2,11	47,409	1,67587	2,10	47,710	1,67862	2,08	48,013	1,68136	2,07	48,318	1,68411	2,06	48,624	1,68686
62000	1,98	50,505	1,70334	1,97	50,826	1,70609	1,96	51,148	1,70884	1,94	51,473	1,71158	1,93	51,800	1,71433
63000	1,86	53,803	1,73081	1,85	54,145	1,73356	1,84	54,489	1,73631	1,82	54,834	1,73906	1,81	55,182	1,74180
64000	1,74	57,317	1,75829	1,73	57,681	1,76103	1,72	58,047	1,76378	1,71	58,415	1,76653	1,70	58,786	1,76928
65000	1,64	61,060	1,78576	1,63	61,448	1,78851	1,62	61,837	1,79126	1,61	62,230	1,79400	1,60	62,625	1,79675
66000	1,54	65,047	1,81323	1,53	65,460	1,81598	1,52	65,876	1,81873	1,51	66,294	1,82148	1,50	66,714	1,82422
67000	1,44	69,295	1,84071	1,43	69,735	1,84345	1,42	70,177	1,84620	1,42	70,622	1,84895	1,41	71,071	1,85169
68000	1,35	73,820	1,86818	1,35	74,289	1,87093	1,34	74,760	1,87367	1,33	75,234	1,87642	1,32	75,712	1,87917
69000	1,27	78,641	1,89565	1,26	79,140	1,89840	1,26	79,642	1,90115	1,25	80,147	1,90389	1,24	80,656	1,90664
70000	1,19	83,776	1,92312	1,19	84,307	1,92587	1,18	84,842	1,92862	1,17	85,381	1,93136	1,16	85,923	1,93411
71000	1,12	89,246	1,95059	1,11	89,813	1,95334	1,11	90,383	1,95609	1,10	90,957	1,95884	1,09	91,534	1,96158
72000	1,05	95,074	1,97806	1,05	95,678	1,98081	1,04	96,285	1,98356	1,03	96,896	1,98631	1,03	97,510	1,98905
73000	0,99	101,285	2,00555	0,98	101,928	2,00830	0,97	102,575	2,01104	0,97	103,225	2,01379	0,96	103,880	2,01654
74000	0,93	107,900	2,03302	0,92	108,584	2,03577	0,92	109,274	2,03852	0,91	109,967	2,04126	0,90	110,664	2,04401
75000	0,87	114,946	2,06050	0,86	115,675	2,06324	0,86	116,409	2,06599	0,85	117,148	2,06874	0,85	117,891	2,07148
76000	0,82	122,452	2,08797	0,81	123,230	2,09072	0,81	124,011	2,09346	0,80	124,798	2,09621	0,80	125,590	2,09896
77000	0,77	130,449	2,11544	0,76	131,276	2,11819	0,76	132,109	2,12093	0,75	132,948	2,12368	0,75	133,791	2,12643
78000	0,72	138,968	2,14292	0,72	139,850	2,14566	0,71	140,738	2,14841	0,71	141,631	2,15116	0,70	142,529	2,15390
79000	0,68	148,042	2,17039	0,67	148,982	2,17314	0,67	149,927	2,17588	0,66	150,879	2,17863	0,66	151,837	2,18138
80000	0,63	157,711	2,19786	0,63	158,712	2,20061	0,63	159,718	2,20336	0,62	160,732	2,20611	0,62	161,752	2,20885
81000	0,60	168,010	2,22534	0,59	169,075	2,22808	0,59	170,149	2,23083	0,58	171,227	2,23357	0,58	172,315	2,23633
82000	0,56	178,980	2,25281	0,56	180,118	2,25556	0,55	181,261	2,25831	0,55	182,411	2,26105	0,54	183,567	2,26380
83000	0,52	190,668	2,28028	0,52	191,879	2,28303	0,52	193,098	2,28578	0,51	194,321	2,28852	0,51	195,556	2,29127
84000	0,49	203,119	2,30775	0,49	204,411	2,31051	0,49	205,706	2,31325	0,48	207,013	2,31600	0,48	208,324	2,31874
85000	0,46	216,384	2,33523	0,46	217,755	2,33797	0,46	219,139	2,34072	0,45	220,531	2,34347	0,45	221,931	2,34622
86000	0,43	230,515	2,36270	0,43	231,980	2,36545	0,43	233,448	2,36819	0,43	234,929	2,37094	0,42	236,423	2,37369
87000	0,41	245,567	2,39017	0,40	247,127	2,39292	0,40	248,694	2,39567	0,40	250,275	2,39842	0,40	251,863	2,40117
88000	0,38	261,602	2,41764	0,38	263,268	2,42040	0,38	264,935	2,42314	0,38	266,616	2,42589	0,37	268,312	2,42864
89000	0,36	278,691	2,44512	0,36	280,457	2,44787	0,35	282,238	2,45062	0,35	284,026	2,45336	0,35	285,828	2,45611
90000	0,34	296,885	2,47259	0,33	298,775	2,47534	0,33	300,670	2,47809	0,33	302,581	2,48084	0,33	304,497	2,48358
91000	0,32	316,275	2,50007	0,31	318,278	2,50281	0,31	320,307	2,50557	0,31	322,331	2,50830	0,31	324,380	2,51106
92000	0,30	336,927	2,52754	0,29	339,063	2,53028	0,29	341,215	2,53303	0,29	343,383	2,53578	0,29	345,566	2,53853
93000	0,28	358,937	2,55502	0,28	361,206	2,55776	0,28	363,504	2,56051	0,27	365,804	2,56325	0,27	368,134	2,56601
94000	0,26	382,365	2,58248	0,26	384,792	2,58523	0,26	387,236	2,58798	0,26	389,696	2,59073	0,25	392,172	2,59348
95000	0,25	407,348	2,60997	0,24	409,920	2,61270	0,24	412,524	2,61545	0,24	415,144	2,61820	0,24	417,780	2,62095
96000	0,23	433,933	2,63742	0,23	436,700	2,64018	0,23	439,463	2,64292	0,23	442,262	2,64568	0,22	445,057	2,64842
97000	0,22	462,278	2,66490	0,21	465,224	2,66766	0,21	468,164	2,67040	0,21	471,142	2,67315	0,21	474,135	2,67590
98000	0,20	492,465	2,69238	0,20	495,589	2,69512	0,20	498,728	2,69786	0,20	501,907	2,70062	0,20	505,101	2,70338
99000	0,19	524,631	2,71985	0,19	527,955	2,72260	0,19	531,321	2,72536	0,19	534,673	2,72809	0,19	538,068	2,73084
100000	0,18	558,877	2,74732												

Halbwertzeit 30 a

d → ↓	500			600			700			800			900		
	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$	N_t	N_0/N_t	$\log_{10} N_0/N_t$
0	96,89	1,032	0,01374	96,28	1,038	0,01648	95,67	1,045	0,01923	95,07	1,051	0,02198	94,47	1,058	0,02473
1000	90,95	1,099	0,04121	90,37	1,106	0,04396	89,80	1,113	0,04670	89,24	1,120	0,04945	88,67	1,127	0,05220
2000	85,37	1,171	0,06868	84,83	1,178	0,07143	84,30	1,186	0,07418	83,77	1,193	0,07693	83,24	1,201	0,07967
3000	80,14	1,247	0,09616	79,63	1,255	0,09890	79,13	1,263	0,10165	78,63	1,271	0,10440	78,14	1,279	0,10715
4000	75,23	1,329	0,12363	74,75	1,337	0,12638	74,28	1,346	0,12912	73,81	1,354	0,13187	73,35	1,363	0,13462
5000	70,62	1,416	0,15110	70,17	1,425	0,15385	69,73	1,434	0,15660	69,29	1,443	0,15935	68,85	1,452	0,16209
6000	66,29	1,508	0,17858	65,87	1,518	0,18132	65,45	1,527	0,18407	65,04	1,537	0,18682	64,63	1,547	0,18957
7000	62,22	1,607	0,20605	61,83	1,617	0,20880	61,44	1,627	0,21154	61,05	1,637	0,21429	60,67	1,648	0,21704
8000	58,41	1,712	0,23352	58,04	1,722	0,23627	57,67	1,733	0,23902	57,31	1,744	0,24177	56,95	1,755	0,24451
9000	54,83	1,823	0,26100	54,48	1,835	0,26374	54,14	1,847	0,26649	53,80	1,858	0,26924	53,46	1,870	0,27199
10000	51,47	1,942	0,28847	51,14	1,955	0,29122	50,82	1,967	0,29396	50,50	1,980	0,29671	50,18	1,992	0,29946
11000	48,31	2,069	0,31594	48,01	2,083	0,31869	47,70	2,096	0,32144	47,40	2,109	0,32419	47,11	2,122	0,32693
12000	45,35	2,205	0,34342	45,06	2,219	0,34616	44,78	2,233	0,34891	44,50	2,247	0,35166	44,22	2,261	0,35441
13000	42,57	2,349	0,37089	42,30	2,363	0,37364	42,04	2,378	0,37638	41,77	2,394	0,37913	41,51	2,409	0,38188
14000	39,96	2,502	0,39836	39,71	2,518	0,40111	39,46	2,534	0,40386	39,21	2,550	0,40660	38,96	2,566	0,40935
15000	37,51	2,665	0,42584	37,27	2,682	0,42858	37,04	2,699	0,43133	36,81	2,716	0,43408	36,57	2,734	0,43683
16000	35,21	2,839	0,45331	34,99	2,857	0,45606	34,77	2,876	0,45880	34,55	2,894	0,46155	34,33	2,912	0,46430
17000	33,05	3,025	0,48078	32,85	3,044	0,48353	32,64	3,063	0,48628	32,43	3,083	0,48902	32,23	3,102	0,49177
18000	31,03	3,222	0,50826	30,83	3,243	0,51100	30,64	3,263	0,51375	30,44	3,284	0,51650	30,25	3,305	0,51925
19000	29,13	3,433	0,53573	28,94	3,455	0,53848	28,76	3,477	0,54122	28,58	3,499	0,54397	28,40	3,521	0,54672
20000	27,34	3,657	0,56320	27,17	3,680	0,56595	27,00	3,704	0,56870	26,83	3,727	0,57144	26,66	3,751	0,57419
21000	25,66	3,896	0,59068	25,50	3,921	0,59342	25,34	3,946	0,59617	25,18	3,971	0,59892	25,02	3,996	0,60166
22000	24,09	4,150	0,61815	23,94	4,177	0,62090	23,79	4,203	0,62364	23,64	4,230	0,62639	23,49	4,257	0,62914
23000	22,61	4,422	0,64562	22,47	4,450	0,64837	22,33	4,478	0,65112	22,19	4,506	0,65386	22,05	4,535	0,65661
24000	21,23	4,710	0,67309	21,09	4,740	0,67584	20,96	4,770	0,67859	20,83	4,801	0,68134	20,70	4,831	0,68408
25000	19,93	5,018	0,70057	19,80	5,050	0,70332	19,68	5,082	0,70606	19,55	5,114	0,70881	19,43	5,147	0,71156
26000	18,71	5,346	0,72804	18,59	5,380	0,73079	18,47	5,414	0,73354	18,35	5,448	0,73628	18,24	5,483	0,73903
27000	17,56	5,695	0,75551	17,45	5,731	0,75826	17,34	5,767	0,76101	17,23	5,804	0,76376	17,12	5,841	0,76650
28000	16,48	6,067	0,78299	16,38	6,105	0,78573	16,27	6,144	0,78848	16,17	6,183	0,79123	16,07	6,222	0,79398
29000	15,47	6,463	0,81046	15,37	6,504	0,81321	15,28	6,545	0,81595	15,18	6,587	0,81870	15,09	6,628	0,82145
30000	14,52	6,885	0,83793	14,43	6,929	0,84068	14,34	6,973	0,84343	14,25	7,017	0,84617	14,16	7,061	0,84892
31000	13,63	7,335	0,86540	13,55	7,381	0,86815	13,46	7,428	0,87090	13,38	7,475	0,87365	13,29	7,523	0,87639
32000	12,80	7,814	0,89288	12,72	7,863	0,89562	12,64	7,913	0,89837	12,56	7,963	0,90112	12,48	8,014	0,90387
33000	12,01	8,324	0,92035	11,94	8,377	0,92310	11,86	8,430	0,92584	11,79	8,483	0,92859	11,71	8,537	0,93134
34000	11,28	8,867	0,94782	11,21	8,924	0,95057	11,13	8,980	0,95331	11,06	9,037	0,95606	10,99	9,095	0,95881
35000	10,59	9,446	0,97529	10,52	9,506	0,97804	10,45	9,567	0,98079	10,39	9,627	0,98353	10,32	9,689	0,98628
36000	9,94	10,064	1,00277	9,87	10,127	1,00552	9,81	10,192	1,00827	9,75	10,256	1,01102	9,69	10,321	1,01376
37000	9,33	10,721	1,03025	9,27	10,789	1,03300	9,21	10,857	1,03574	9,15	10,926	1,03849	9,09	10,996	1,04124
38000	8,76	11,421	1,05772	8,70	11,493	1,06047	8,65	11,566	1,06322	8,59	11,640	1,06596	8,54	11,714	1,06871
39000	8,22	12,167	1,08519	8,17	12,244	1,08794	8,12	12,322	1,09069	8,06	12,400	1,09344	8,01	12,479	1,09618
40000	7,71	12,961	1,11267	7,67	13,044	1,11541	7,62	13,126	1,11816	7,57	13,210	1,12091	7,52	13,294	1,12366
41000	7,24	13,808	1,14014	7,20	13,895	1,14289	7,15	13,984	1,14564	7,11	14,072	1,14838	7,06	14,162	1,15113
42000	6,80	14,710	1,16761	6,76	14,803	1,17036	6,71	14,897	1,17311	6,67	14,991	1,17586	6,63	15,087	1,17860
43000	6,38	15,670	1,19509	6,34	15,770	1,19783	6,30	15,870	1,20058	6,26	15,970	1,20333	6,22	16,072	1,20608
44000	5,99	16,693	1,22256	5,95	16,799	1,22531	5,91	16,906	1,22806	5,88	17,013	1,23080	5,84	17,121	1,23355
45000	5,62	17,784	1,25003	5,59	17,897	1,25278	5,55	18,010	1,25553	5,52	18,124	1,25828	5,48	18,239	1,26102
46000	5,28	18,945	1,27751	5,25	19,065	1,28025	5,21	19,186	1,28300	5,18	19,308	1,28575	5,15	19,431	1,28850
47000	4,95	20,182	1,30498	4,92	20,310	1,30773	4,89	20,439	1,31048	4,86	20,569	1,31322	4,83	20,699	1,31597
48000	4,65	21,500	1,33245	4,62	21,637	1,33520	4,59	21,774	1,33795	4,56	21,912	1,34070	4,53	22,051	1,34344
49000	4,37	22,904	1,35993	4,34	23,050	1,36267	4,31	23,196	1,36542	4,28	23,343	1,36817	4,26	23,491	1,37092
50000	4,10	24,400	1,38740	4,07	24,555	1,39015	4,05	24,711	1,39290	4,02	24,868	1,39564	4,00	25,025	1,39839
51000	3,85	25,994	1,41487	3,82	26,158	1,41762	3,80	26,324	1,42037	3,77	26,492	1,42312	3,75	26,660	1,42586
52000	3,61	27,691	1,44235	3,59	27,867	1,44509	3,57	28,044	1,44784	3,54	28,222	1,45059	3,52	28,401	1,45334
53000	3,39	29,499	1,46982	3,37	29,686	1,47257	3,35	29,875	1,47531	3,33	30,064	1,47806	3,31	30,255	1,48081
54000	3,18	31,426	1,49729	3,16	31,625	1,50004	3,14	31,826	1,50279	3,12	32,028	1,50554	3,10	32,231	1,50828
55000	2,99	33,478	1,52477	2,97	33,690	1,52751	2,95	33,904	1,53026	2,93	34,119	1,53301	2,91	34,336	1,53576
56000	2,80	35,664	1,55224	2,79	35,891	1,55499	2,77	36,118	1,55773	2,75	36,348	1,56048	2,73	36,578	1,56323
57000	2,63	37,993	1,57971	2,62	38,234	1,58246	2,60	38,477	1,58521	2,58	38,721	1,58796	2,57	38,967	1,59070
58000	2,47	40,474	1,60719	2,46	40,731	1,60993	2,44	40,990	1,61268	2,42	41,250	1,61543	2,41	41,512	1,61817
59000	2,32	43,117	1,63466	2,30	43,391	1,63741	2,29	43,666	1,64015	2,28	43,944	1,64290	2,26	44,222	1,64565
60000	2,18	45,933	1,66213	2,16	46,225	1,66488	2,15	46,518	1,66763	2,14	46,813	1,67037	2,12	47,110	1,67312
61000	2,04	48,933	1,68960	2,03	49,243	1,69235	2,02	49,556	1,69510	2,01	49,870	1,69785	1,99	50,187	1,70059
62000	1,92	52,128	1,71708	1,91	52,459	1,71983	1,89	52,792	1,72257	1,88	53,127	1,72532	1,87	53,464	1,72807
63000	1,80	55,533	1,74455	1,79	55,885	1,74730	1,78	56,240	1,75005	1,77	56,596	1,75279	1,76	56,956	1,75554
64000	1,69	59,159	1,77202	1,68	59,534	1,77477	1,67	59,912	1,77752	1,66	60,292	1,78027	1,65	60,675	1,78301
65000	1,59	63,022	1,79950	1,58	63,422	1,80224	1,57	63,825	1,80499	1,56	64,230	1,80774	1,55	64,637	1,81049
66000	1,49	67,137	1,82697	1,48	67,563	1,82972	1,47	67,992	1,83246	1,46	68,424	1,83521	1,45	68,858	1,83796
67000	1,40	71,522	1,85444	1,39	71,976	1,85719	1,38	72,432	1,85994	1,37	72,892	1,86268	1,36	73,355	1,86543
68000	1,31	76,192	1,88191	1,30	76,675	1,88466	1,30	77,162	1,88741	1,29	77,652	1,89016	1,28	78,145	1,89290
69000	1,23	81,168	1,90939	1,22	81,683	1,91213	1,22	82,201	1,91488	1,21	82,723	1,91763	1,20	83,248	1,92037
70000	1,16	86,468	1,93686	1,15	87,017	1,93960	1,14	87,569	1,94235	1,13	88,125	1,94510	1,13	88,683	1,94785
71000	1,09	92,114	1,96433	1,08	92,699	1,96708	1,07	93,287	1,96982	1,07	93,879	1,97257	1,06	94,475	1,97532
72000	1,02	98,129	1,99180	1,01	98,752	1,99455	1,01	99,378	1,99729	1,00	100,012	2,00005	0,99	100,647	2,00280
73000	0,96	104,540	2,01928	0,95	105,203	2,02203	0,94	105,871	2,02478	0,94	106,543	2,02753	0,93	107,219	2,03027
74000	0,90	111,367	2,04676	0,89	112,073	2,04950	0,89	112,785	2,05225	0,88	113,500	2,05500	0,88	114,221	2,05775
75000	0,84	118,639	2,07423	0,84	119,393	2,07698	0,83	120,150	2,07973	0,83	120,913	2,08247	0,82	121,679	2,08522
76000	0,79	126,387	2,10170	0,79	127,189	2,10445	0,78	127,996	2,10720	0,78	128,809	2,10995	0,77	129,626	2,11269
77000	0,74	134,640	2,12918	0,74	135,495	2,13193	0,73	136,354	2,13467	0,73	137,221	2,13742	0,72	138,091	2,14017
78000	0,70	143,432	2,15665	0,69	144,343	2,15940	0,69	145,260	2,16215	0,68	146,181	2,16489	0,68	147,108	2,16764
79000	0,65	152,800	2,18412	0,65	153,770	2,18687	0,65	154,746	2,18962	0,64	155,726	2,19236	0,64	156,715	2,19511
80000	0,61	162,778	2,21160	0,61	163,810	2,21434	0,61	164,850	2,21709	0,60	165,898	2,21984	0,60	166,950	2,22259
81000	0,58	173,409	2,23907	0,57	174,507	2,24182	0,57	175,617	2,24457	0,57	176,731	2,24731	0,56	177,853	2,25006
82000	0,54	184,733	2,26655	0,54	185,904	2,26929	0,53	187,083	2,27204	0,53	188,270	2,27478	0,53	189,465	2,27753
83000	0,51	196,796	2,29402	0,50	198,043	2,29676	0,50	199,302	2,29951	0,50	200,565	2,30226	0,50	201,840	2,30501
84000	0,48	209,648	2,32149	0,47	210,979	2,32424	0,47	212,318	2,32699	0,47	213,666	2,32974	0,47	215,021	2,33248
85000	0,45	223,338	2,34896	0,44	224,754	2,35171	0,44	226,182	2,35446	0,44	227,619	2,35721	0,44	229,063	2,35996
86000	0,42	237,925	2,37644	0,42	239,434	2,37919	0,42	240,952	2,38193	0,41	242,483	2,38468	0,41	244,021	2,38743
87000	0,39	253,459	2,40391	0,39	255,069	2,40666	0,39	256,686	2,40940	0,39	258,317	2,41215	0,38	259,956	2,41490
88000	0,37	270,014	2,43139	0,37	271,724	2,43413	0,37	273,448	2,43688	0,36	275,186	2,43963	0,36	276,931	2,44237
89000	0,35	287,645	2,45886	0,35	289,469	2,46160	0,34	291,307	2,46435	0,34	293,151	2,46709	0,34	295,020	2,46985
90000	0,33	306,428	2,48633	0,32	308,375	2,48908	0,32	310,327	2,49182	0,32	312,295	2,49457	0,32	314,277	2,49731
91000	0,31	326,434	2,51380	0,30	328,515	2,51656	0,30	330,600	2,51930	0,30	332,690	2,52204	0,30	334,806	2,52479
92000	0,29	347,753	2,54127	0,29	349,968	2,54403	0,28	352,187	2,54677	0,28	354,421	2,54952	0,28	356,671	2,55227
93000	0,27	370,466	2,56875	0,27	372,814	2,57149	0,27	375,178	2,57424	0,26	377,557	2,57698	0,26	379,953	2,57973
94000	0,25	394,664	2,59623	0,25	397,156	2,59896	0,25	399,680	2,60171	0,25	402,220	2,60446	0,25	404,776	2,60722
95000	0,24	420,433	2,62370	0,24	423,101	2,62644	0,23	425,785	2,62919	0,23	428,485	2,63194	0,23	431,201	2,63468
96000	0,22	447,888	2,65117	0,22	450,734	2,65392	0,22	453,597	2,65667	0,22	456,475	2,65942	0,22	459,368	2,66216
97000	0,21	477,144	2,67865	0,21	480,169	2,68139	0,21	483,208	2,68413	0,21	486,286	2,68689	0,20	489,356	2,68963
98000	0,20	508,285	2,70611	0,20	511,508	2,70885	0,19	514,774	2,71162	0,19	518,027	2,71435	0,19	521,322	2,71711
99000	0,18	541,477	2,73358	0,18	544,929	2,73634	0,18	548,395	2,73909	0,18	551,876	2,74184	0,18	555,370	2,74458

Die OACI-Standardwerte der Erdatmosphäre beruhen auf folgenden Festlegungen:

1. Das *Höhenmaß* ist der Geopotentialmeter m′. In MKS-Einheiten entspricht er 9,80665 $m^2 s^{-2}$. Eine Erhöhung um 1 Meter an einem Ort mit der Normfallbeschleunigung von 9,80665 $m s^{-2}$ entspricht 1 Geopotentialmeter. Da die Fallbeschleunigung sich im Höhenbereich der Tafel nur um wenige Hundertstel ändert, kann in der Praxis der Geopotentialmeter einem Meter gleichgesetzt werden. Nullpunkt der Höhenskala ist die Höhe des Meeres des internationalen Erdgeoids.

2. *Zusammensetzung der Erdatmosphäre.* Sie wird als trocken vorausgesetzt.

Gas		Mol.-Gew.*	Vol.%
Stickstoff	(N_2)	28,016	78,09
Sauerstoff	(O_2)	32,000	20,95
Argon	(Ar)	39,944	0,93
Kohlendioxyd	(CO_2)	44,010	0,03
Neon	(Ne)	20,183	$1{,}8 \times 10^{-3}$
Helium	(He)	4,003	$5{,}24 \times 10^{-4}$
Krypton	(Kr)	83,7	$1{,}0 \times 10^{-4}$
Wasserstoff	(H_2)	2,016	$5{,}0 \times 10^{-5}$
Xenon	(Xe)	131,3	$8{,}0 \times 10^{-6}$
Ozon	(O_3)	48,000	$1{,}0 \times 10^{-6}$
Radon	(Rn)	222	$6{,}0 \times 10^{-18}$

Daraus resultiert ein Molekulargewicht $M = 28{,}966$.

3. *Nullwerte in Meereshöhe*
Luftdruck $p_0 = 1{,}013250 \times 10^5$ N m^{-2} (= 760 Torr)
Temperatur $T_0 = 288{,}16°\,K$ (= $t_0 = 15°\,C$)
Schallgeschwindigkeit $c_0 = 331{,}45$ m s^{-1}

4. *Konstanten*
Univers. Gaskonstante $R = 8{,}31436 \times 10^3$ J $kmol^{-1}$ $grad^{-1}$
Dynam. Viskosität bei 23° C $\mu = 1{,}8325 \times 10^{-5}$ m^{-1} kg s^{-1}
SUTHERLAND-Konstante $S = 120°\,K$

5. *Abgeleitete Nullwerte in Meereshöhe*
Dichte $\varrho_0 = \frac{p_0 M}{R T_0} = 1{,}2250$ m^{-3} kg (M in kg $kmol^{-1}$)
Dyn. Visk. $\mu_0 = \mu \left(\frac{T_0}{T_\mu}\right)^{3/2} \left(\frac{T_\mu + S}{T_0 + S}\right) = 1{,}7932 \times 10^{-5}$ m^{-1} kg s^{-1}
($T_\mu = [23 + 273{,}16]°\,K$)

6. Berechnung der Höhengradienten vgl. Originalquelle.

Höhe m′	Temperatur °C	Luftdruck p (p_0 = Luftdruck in Meereshöhe) mb	Torr	p/p_0	Siedepunkt H_2O** °C	Dichte m^{-3} kg	Dyn. Viskosität m^{-1} kg s^{-1} (× 10^6)	Schallgeschwindigkeit m s^{-1}	Höhe m′
−1000	21,500	1139,29	854,54	1,12439	103,32	1,3470	18,252	344,247	**−1000**
950	21,175	1132,70	849,60	1,11789	103,15	1,3407	18,236	344,057	950
900	20,850	1126,14	844,68	1,11142	102,99	1,3344	18,220	343,867	900
850	20,525	1119,62	839,78	1,10498	102,82	1,3282	18,204	343,677	850
800	20,200	1113,12	834,91	1,09856	102,65	1,3219	18,188	343,487	800
750	19,875	1106,65	830,06	1,09218	102,49	1,3157	18,172	343,297	750
700	19,550	1100,22	825,23	1,08583	102,32	1,3095	18,156	343,106	700
650	19,225	1093,81	820,43	1,07951	102,16	1,3033	18,140	342,915	650
600	18,900	1087,44	815,64	1,07322	101,99	1,2972	18,124	342,725	600
550	18,575	1081,09	810,89	1,06695	101,83	1,2910	18,108	342,534	550
500	18,250	1074,78	806,15	1,06072	101,66	1,2849	18,092	342,343	**500**
450	17,925	1068,49	801,43	1,05452	101,49	1,2788	18,076	342,152	450
400	17,600	1062,23	796,74	1,04834	101,33	1,2728	18,060	341,961	400
350	17,275	1056,01	792,07	1,04220	101,16	1,2667	18,044	341,770	350
300	16,950	1049,81	787,42	1,03608	101,00	1,2607	18,028	341,579	300
250	16,625	1043,65	782,80	1,03000	100,83	1,2547	18,012	341,387	250
200	16,300	1037,51	778,20	1,02394	100,67	1,2487	17,996	341,196	200
150	15,975	1031,40	773,61	1,01791	100,50	1,2428	17,980	341,004	150
100	15,650	1025,32	769,05	1,01191	100,33	1,2368	17,964	340,812	100
50	15,325	1019,27	764,52	1,00594	100,17	1,2309	17,948	340,621	50
0	15,000	1013,25	760,00	1,00000	100,00	1,2250	17,932	340,429	**0**
+ 50	14,675	1007,26	755,51	0,994086	99,84	1,2191	17,916	340,237	+ 50
100	14,350	1001,29	751,03	0,988201	99,67	1,2133	17,900	340,045	100
150	14,025	995,36	746,58	0,982343	99,50	1,2075	17,884	339,852	150
200	13,700	989,45	742,15	0,976514	99,34	1,2017	17,868	339,660	200
250	13,375	983,58	737,74	0,970713	99,17	1,1959	17,852	339,468	250
300	13,050	977,73	733,35	0,964940	99,01	1,1901	17,836	339,275	300
350	12,725	971,90	728,99	0,959195	98,84	1,1844	17,820	339,082	350
400	12,400	966,11	724,64	0,953477	98,67	1,1787	17,804	338,890	400
450	12,075	960,35	720,32	0,947787	98,51	1,1730	17,787	338,697	450
500	11,750	954,61	716,01	0,942125	98,34	1,1673	17,771	338,504	**500**
550	11,425	948,90	711,73	0,936490	98,17	1,1616	17,755	338,310	550
600	11,100	943,22	707,47	0,930882	98,01	1,1560	17,739	338,117	600
650	10,775	937,56	703,23	0,925302	97,84	1,1504	17,723	337,924	650
700	10,450	931,94	699,01	0,919748	97,67	1,1448	17,707	337,730	700
750	10,125	926,34	694,81	0,914222	97,51	1,1392	17,690	337,537	750
800	9,800	920,76	690,63	0,908723	97,34	1,1337	17,674	337,343	800
850	9,475	915,22	686,47	0,903250	97,18	1,1281	17,658	337,149	850
900	9,150	909,70	682,33	0,897804	97,01	1,1226	17,642	336,956	900
950	8,825	904,21	678,21	0,892385	96,84	1,1171	17,626	336,761	950
1000	8,500	898,74	674,11	0,886992	96,68	1,1117	17,609	336,567	**1000**
1050	8,175	893,31	670,04	0,881626	96,51	1,1062	17,593	336,373	1050
1100	7,850	887,90	665,98	0,876286	96,34	1,1008	17,577	336,179	1100
1150	7,525	882,51	661,94	0,870972	96,18	1,0954	17,561	335,984	1150
1200	7,200	877,15	657,92	0,865685	96,01	1,0900	17,544	335,790	1200
1250	6,875	871,82	653,92	0,860423	95,84	1,0846	17,528	335,595	1250
1300	6,550	866,52	649,94	0,855187	95,68	1,0793	17,512	335,400	1300
1350	6,225	861,24	645,98	0,849977	95,51	1,0739	17,496	335,205	1350
1400	5,900	855,99	642,04	0,844793	95,34	1,0686	17,479	335,010	1400
1450	5,575	850,76	638,12	0,839635	95,18	1,0633	17,463	334,815	1450
1500	5,250	845,56	634,22	0,834502	95,01	1,0581	17,447	334,620	**1500**
1550	4,925	840,38	630,34	0,829394	94,85	1,0528	17,430	334,425	1550
1600	4,600	835,23	626,48	0,824312	94,68	1,0476	17,414	334,229	1600
1650	4,275	830,11	622,63	0,819255	94,51	1,0424	17,398	334,034	1650
1700	3,950	825,01	618,81	0,814223	94,34	1,0372	17,381	333,838	1700
1750	3,625	819,94	615,00	0,809217	94,18	1,0320	17,365	333,642	1750
1800	3,300	814,89	611,22	0,804235	94,01	1,0269	17,349	333,446	1800
1850	2,975	809,87	607,45	0,799278	93,85	1,0218	17,332	333,250	1850
1900	2,650	804,87	603,70	0,794346	93,68	1,0167	17,316	333,054	1900
1950	2,325	799,90	599,97	0,789438	93,51	1,0116	17,299	332,858	1950
2000	2,000	794,95	596,26	0,784555	93,34	1,0065	17,283	332,661	**2000**
2050	1,675	790,03	592,57	0,779697	93,18	1,0015	17,267	332,465	2050
2100	1,350	785,13	588,90	0,774863	93,01	0,99642	17,250	332,268	2100
2150	1,025	780,26	585,24	0,770053	92,84	0,99141	17,234	332,071	2150
2200	0,700	775,41	581,60	0,765268	92,68	0,98642	17,217	331,874	2200
2250	0,375	770,58	577,98	0,760506	92,51	0,98145	17,201	331,677	2250
2300	0,050	765,78	574,38	0,755769	92,34	0,97649	17,184	331,480	2300
2350	− 0,275	761,01	570,80	0,751056	92,18	0,97156	17,168	331,283	2350
2400	− 0,600	756,26	567,24	0,746366	92,01	0,96664	17,151	331,086	2400
2450	− 0,925	751,53	563,69	0,741700	91,84	0,96175	17,135	330,888	2450
2500	− 1,250	746,82	560,16	0,737058	91,68	0,95687	17,119	330,691	**2500**
2550	− 1,575	742,14	556,65	0,732439	91,51	0,95201	17,102	330,493	2550
2600	− 1,900	737,49	553,16	0,727844	91,34	0,94717	17,086	330,295	2600
2650	− 2,225	732,86	549,69	0,723272	91,17	0,94235	17,069	330,097	2650
2700	− 2,550	728,25	546,23	0,718723	91,01	0,93755	17,052	329,899	2700
2750	− 2,875	723,66	542,79	0,714198	90,84	0,93277	17,036	329,701	2750
2800	− 3,200	719,10	539,37	0,709696	90,67	0,92800	17,019	329,503	2800
2850	− 3,525	714,56	535,96	0,705216	90,50	0,92326	17,003	329,304	2850
2900	− 3,850	710,05	532,58	0,700760	90,34	0,91853	16,986	329,106	2900
2950	− 4,175	705,55	529,21	0,696327	90,17	0,91382	16,970	328,907	2950

1) Nach dem *Manuel de l'atmosphère type OACI*, Montreal (1954). Wiedergabe mit freundlicher Erlaubnis der Organisation de l'Aviation civile internationale, Montreal, Kanada. * Internationale Atomgewichte 1947. ** Durch den Herausgeber aus der Tafel auf S. 260 interpoliert.

Höhe	Temperatur	Luftdruck p (p_0 = Luftdruck in Meereshöhe)			Siedepunkt H_2O	Dichte	Dyn. Viskosität	Schall-geschwindigkeit	Höhe
m′	°C	mb	Torr	p/p_0	°C	m^{-3} kg	m^{-1} kg s^{-1} ($\times 10^6$)	m s^{-1}	m′
3000	− 4,500	701,08	525,86	0,691916	90,00	0,90913	16,953	328,709	**3000**
3050	− 4,825	696,64	522,52	0,687528	89,84	0,90446	16,937	328,510	3050
3100	− 5,150	692,21	519,20	0,683162	89,67	0,89981	16,920	328,311	3100
3150	− 5,475	687,81	515,90	0,678819	89,50	0,89517	16,903	328,112	3150
3200	− 5,800	683,44	512,62	0,674498	89,33	0,89055	16,887	327,912	3200
3250	− 6,125	679,08	509,35	0,670200	89,17	0,88596	16,870	327,713	3250
3300	− 6,450	674,75	506,10	0,665924	89,00	0,88138	16,853	327,513	3300
3350	− 6,775	670,44	502,87	0,661670	88,83	0,87681	16,837	327,314	3350
3400	− 7,100	666,15	499,65	0,657438	88,66	0,87227	16,820	327,114	3400
3450	− 7,425	661,88	496,45	0,653227	88,50	0,86774	16,803	326,914	3450
3500	− 7,750	657,64	493,27	0,649039	88,33	0,86324	16,787	326,714	**3500**
3550	− 8,075	653,42	490,10	0,644873	88,16	0,85875	16,770	326,514	3550
3600	− 8,400	649,22	486,95	0,640728	87,99	0,85427	16,753	326,314	3600
3650	− 8,725	645,04	483,82	0,636605	87,83	0,84982	16,737	326,114	3650
3700	− 9,050	640,88	480,70	0,632503	87,66	0,84538	16,720	325,913	3700
3750	− 9,375	636,75	477,60	0,628423	87,49	0,84097	16,703	325,713	3750
3800	− 9,700	632,64	474,52	0,624364	87,32	0,83656	16,687	325,512	3800
3850	− 10,025	628,55	471,45	0,620326	87,15	0,83218	16,670	325,311	3850
3900	− 10,350	624,48	468,40	0,616310	86,99	0,82782	16,653	325,110	3900
3950	− 10,675	620,43	465,36	0,612314	86,82	0,82347	16,636	324,909	3950
4000	− 11,000	616,40	462,34	0,608340	86,65	0,81914	16,620	324,708	**4000**
4050	− 11,325	612,39	459,33	0,604386	86,48	0,81482	16,603	324,506	4050
4100	− 11,650	608,41	456,34	0,600454	86,31	0,81053	16,586	324,305	4100
4150	− 11,975	604,45	453,37	0,596542	86,15	0,80625	16,569	324,103	4150
4200	− 12,300	600,50	450,41	0,592651	85,98	0,80199	16,552	323,902	4200
4250	− 12,625	596,58	447,47	0,588780	85,81	0,79774	16,536	323,700	4250
4300	− 12,950	592,68	444,55	0,584930	85,64	0,79352	16,519	323,498	4300
4350	− 13,275	588,80	441,64	0,581100	85,48	0,78931	16,502	323,296	4350
4400	− 13,600	584,94	438,74	0,577291	85,31	0,78511	16,485	323,094	4400
4450	− 13,925	581,10	435,86	0,573501	85,14	0,78094	16,468	322,891	4450
4500	− 14,250	577,28	433,00	0,569732	84,97	0,77678	16,451	322,689	**4500**
4550	− 14,575	573,48	430,15	0,565983	84,80	0,77264	16,434	322,486	4550
4600	− 14,900	569,70	427,31	0,562254	84,63	0,76851	16,418	322,283	4600
4650	− 15,225	565,95	424,49	0,558545	84,47	0,76441	16,401	322,081	4650
4700	− 15,550	562,21	421,69	0,554856	84,30	0,76032	16,384	321,878	4700
4750	− 15,875	558,49	418,90	0,551187	84,13	0,75624	16,367	321,675	4750
4800	− 16,200	554,79	416,13	0,547537	83,96	0,75218	16,350	321,471	4800
4850	− 16,525	551,11	413,37	0,543907	83,79	0,74814	16,333	321,268	4850
4900	− 16,850	547,46	410,63	0,540296	83,63	0,74412	16,316	321,064	4900
4950	− 17,175	543,82	407,90	0,536705	83,46	0,74011	16,299	320,861	4950
5000	− 17,500	540,20	405,18	0,533133	83,29	0,73612	16,282	320,657	**5000**
5050	− 17,825	536,60	402,48	0,529581	83,12	0,73215	16,265	320,453	5050
5100	− 18,150	533,02	399,80	0,526047	82,95	0,72819	16,248	320,249	5100
5150	− 18,475	529,46	397,13	0,522533	82,78	0,72425	16,231	320,045	5150
5200	− 18,800	525,91	394,47	0,519038	82,61	0,72032	16,214	319,841	5200
5250	− 19,125	522,39	391,83	0,515561	82,45	0,71641	16,197	319,636	5250
5300	− 19,450	518,89	389,20	0,512104	82,28	0,71252	16,180	319,432	5300
5350	− 19,775	515,41	386,59	0,508665	82,11	0,70864	16,163	319,227	5350
5400	− 20,100	511,94	383,99	0,505245	81,94	0,70478	16,146	319,022	5400
5450	− 20,425	508,49	381,40	0,501844	81,77	0,70094	16,129	318,817	5450
5500	− 20,750	505,07	378,83	0,498461	81,60	0,69711	16,112	318,612	**5500**
5550	− 21,075	501,66	376,27	0,495097	81,43	0,69330	16,095	318,407	5550
5600	− 21,400	498,27	373,73	0,491751	81,26	0,68950	16,078	318,202	5600
5650	− 21,725	494,90	371,20	0,488424	81,09	0,68572	16,061	317,996	5650
5700	− 22,050	491,54	368,69	0,485115	80,93	0,68196	16,044	317,791	5700
5750	− 22,375	488,21	366,19	0,481824	80,76	0,67821	16,027	317,585	5750
5800	− 22,700	484,89	363,70	0,478551	80,59	0,67448	16,010	317,379	5800
5850	− 23,025	481,59	361,22	0,475296	80,42	0,67076	15,992	317,173	5850
5900	− 23,350	478,31	358,76	0,472059	80,25	0,66706	15,975	316,967	5900
5950	− 23,675	475,05	356,32	0,468840	80,08	0,66337	15,958	316,761	5950
6000	− 24,000	471,81	353,89	0,465639	79,91	0,65970	15,941	316,555	**6000**
6050	− 24,325	468,58	351,47	0,462455	79,74	0,65605	15,924	316,348	6050
6100	− 24,650	465,37	349,06	0,459289	79,57	0,65241	15,907	316,141	6100
6150	− 24,975	462,18	346,67	0,456141	79,41	0,64878	15,890	315,935	6150
6200	− 25,300	459,01	344,29	0,453010	79,23	0,64517	15,872	315,728	6200
6250	− 25,625	455,86	341,92	0,449897	79,07	0,64158	15,855	315,521	6250
6300	− 25,950	452,72	339,57	0,446801	78,90	0,63800	15,838	315,313	6300
6350	− 26,275	449,60	337,23	0,443722	78,73	0,63444	15,821	315,106	6350
6400	− 26,600	446,50	334,90	0,440660	78,56	0,63090	15,804	314,899	6400
6450	− 26,925	443,41	332,59	0,437616	78,39	0,62736	15,786	314,691	6450
6500	− 27,250	440,35	330,29	0,434588	78,22	0,62385	15,769	314,483	**6500**
6550	− 27,575	437,30	328,00	0,431578	78,05	0,62035	15,752	314,275	6550
6600	− 27,900	434,26	325,72	0,428584	77,88	0,61686	15,734	314,067	6600
6650	− 28,225	431,25	323,46	0,425608	77,71	0,61339	15,717	313,859	6650
6700	− 28,550	428,25	321,21	0,422648	77,54	0,60993	15,700	313,651	6700
6750	− 28,875	425,27	318,98	0,419705	77,37	0,60649	15,683	313,442	6750
6800	− 29,200	422,30	316,75	0,416778	77,20	0,60306	15,665	313,234	6800
6850	− 29,525	419,35	314,54	0,413868	77,03	0,59965	15,648	313,025	6850
6900	− 29,850	416,42	312,34	0,410974	76,86	0,59625	15,631	312,816	6900
6950	− 30,175	413,50	310,15	0,408097	76,69	0,59287	15,613	312,607	6950
7000	− 30,500	410,61	307,98	0,405236	76,52	0,58950	15,596	312,398	**7000**
7050	− 30,825	407,72	305,82	0,402392	76,35	0,58615	15,579	312,189	7050
7100	− 31,150	404,86	303,67	0,399563	76,18	0,58281	15,561	311,980	7100
7150	− 31,475	402,01	301,53	0,396751	76,01	0,57949	15,544	311,770	7150
7200	− 31,800	399,17	299,41	0,393955	75,84	0,57618	15,526	311,560	7200
7250	− 32,125	396,36	297,29	0,391175	75,67	0,57288	15,509	311,350	7250
7300	− 32,450	393,56	295,19	0,388410	75,50	0,56960	15,492	311,140	7300
7350	− 32,775	390,77	293,10	0,385662	75,33	0,56634	15,474	310,930	7350
7400	− 33,100	388,00	291,03	0,382929	75,16	0,56309	15,457	310,720	7400
7450	− 33,425	385,25	288,96	0,380212	74,99	0,55985	15,439	310,510	7450
7500	− 33,750	382,51	286,91	0,377511	74,82	0,55663	15,422	310,299	**7500**
7550	− 34,075	379,79	284,87	0,374825	74,65	0,55342	15,404	310,088	7550
7600	− 34,400	377,09	282,84	0,372154	74,48	0,55022	15,387	309,878	7600
7650	− 34,725	374,40	280,82	0,369499	74,31	0,54704	15,369	309,667	7650
7700	− 35,050	371,72	278,81	0,366860	74,14	0,54387	15,352	309,456	7700
7750	− 35,375	369,06	276,82	0,364236	73,97	0,54072	15,334	309,244	7750
7800	− 35,700	366,42	274,84	0,361627	73,80	0,53758	15,317	309,033	7800
7850	− 36,025	363,79	272,86	0,359033	73,63	0,53446	15,299	308,821	7850
7900	− 36,350	361,18	270,90	0,356454	73,46	0,53135	15,282	308,610	7900
7950	− 36,675	358,58	268,96	0,353890	73,29	0,52825	15,264	308,398	7950

Höhe	Temperatur	Luftdruck p (p_0 = Luftdruck in Meereshöhe)			Siedepunkt H_2O	Dichte	Dyn. Viskosität	Schallgeschwindigkeit	Höhe
m′	°C	mb	Torr	p/p_0	°C	m^{-3} kg	m^{-1} kg s^{-1} ($\times 10^6$)	m s^{-1}	m′
8000	− 37,000	356,00	267,02	0,351341	73,12	0,52517	15,247	308,186	**8000**
8050	− 37,325	353,43	265,09	0,348807	72,95	0,52210	15,229	307,974	8050
8100	− 37,650	350,88	263,18	0,346288	72,78	0,51904	15,212	307,761	8100
8150	− 37,975	348,34	261,28	0,343784	72,61	0,51600	15,194	307,549	8150
8200	− 38,300	345,82	259,38	0,341294	72,43	0,51297	15,176	307,336	8200
8250	− 38,625	343,31	257,50	0,338819	72,26	0,50996	15,159	307,124	8250
8300	− 38,950	340,82	255,63	0,336359	72,09	0,50696	15,141	306,911	8300
8350	− 39,275	338,34	253,77	0,333913	71,92	0,50397	15,124	306,698	8350
8400	− 39,600	335,87	251,93	0,331481	71,75	0,50100	15,106	306,485	8400
8450	− 39,925	333,42	250,09	0,329064	71,58	0,49804	15,088	306,271	8450
8500	− 40,250	330,99	248,26	0,326661	71,41	0,49509	15,071	306,058	**8500**
8550	− 40,575	328,57	246,45	0,324272	71,24	0,49216	15,053	305,844	8550
8600	− 40,900	326,16	244,64	0,321897	71,07	0,48924	15,035	305,630	8600
8650	− 41,225	323,77	242,85	0,319537	70,90	0,48633	15,018	305,417	8650
8700	− 41,550	321,39	241,06	0,317191	70,72	0,48344	15,000	305,203	8700
8750	− 41,875	319,03	239,29	0,314858	70,55	0,48056	14,982	304,988	8750
8800	− 42,200	316,68	237,53	0,312540	70,38	0,47769	14,965	304,774	8800
8850	− 42,525	314,35	235,78	0,310235	70,21	0,47483	14,947	304,559	8850
8900	− 42,850	312,02	234,04	0,307944	70,04	0,47199	14,929	304,345	8900
8950	− 43,175	309,72	232,31	0,305667	69,87	0,46916	14,911	304,130	8950
9000	− 43,500	307,42	230,59	0,303403	69,69	0,46635	14,893	303,915	**9000**
9050	− 43,825	305,14	228,88	0,301153	69,52	0,46355	14,876	303,700	9050
9100	− 44,150	302,88	227,18	0,298917	69,35	0,46076	14,858	303,485	9100
9150	− 44,475	300,62	225,49	0,296694	69,18	0,45798	14,840	303,269	9150
9200	− 44,800	298,39	223,81	0,294484	69,01	0,45522	14,822	303,054	9200
9250	− 45,125	296,16	222,14	0,292288	68,84	0,45247	14,805	302,838	9250
9300	− 45,450	293,95	220,48	0,290105	68,66	0,44973	14,787	302,622	9300
9350	− 45,775	291,75	218,83	0,287935	68,49	0,44700	14,769	302,406	9350
9400	− 46,100	289,57	217,19	0,285779	68,32	0,44429	14,751	302,190	9400
9450	− 46,425	287,39	215,56	0,283635	68,15	0,44159	14,733	301,973	9450
9500	− 46,750	285,23	213,94	0,281505	67,98	0,43890	14,715	301,757	**9500**
9550	− 47,075	283,09	212,33	0,279388	67,80	0,43623	14,697	301,540	9550
9600	− 47,400	280,96	210,74	0,277283	67,63	0,43356	14,679	301,323	9600
9650	− 47,725	278,84	209,15	0,275191	67,46	0,43091	14,662	301,106	9650
9700	− 48,050	276,73	207,57	0,273113	67,29	0,42828	14,644	300,889	9700
9750	− 48,375	274,64	206,00	0,271046	67,12	0,42565	14,626	300,672	9750
9800	− 48,700	272,56	204,43	0,268993	66,94	0,42304	14,608	300,455	9800
9850	− 49,025	270,49	202,88	0,266952	66,77	0,42044	14,590	300,237	9850
9900	− 49,350	268,43	201,34	0,264924	66,60	0,41785	14,572	300,019	9900
9950	− 49,675	266,39	199,81	0,262908	66,43	0,41527	14,554	299,801	9950
10000	− 50,000	264,36	198,29	0,260905	66,25	0,41271	14,536	299,583	**10000**
10050	− 50,325	262,34	196,77	0,258914	66,08	0,41015	14,518	299,365	10050
10100	− 50,650	260,34	195,27	0,256934	65,91	0,40761	14,500	299,147	10100
10150	− 50,975	258,35	193,78	0,254969	65,74	0,40509	14,482	298,928	10150
10200	− 51,300	256,37	192,29	0,253014	65,56	0,40257	14,464	298,709	10200
10250	− 51,625	254,40	190,81	0,251072	65,39	0,40007	14,446	298,491	10250
10300	− 51,950	252,44	189,35	0,249142	65,22	0,39757	14,428	298,272	10300
10350	− 52,275	250,50	187,89	0,247224	65,04	0,39509	14,410	298,052	10350
10400	− 52,600	248,57	186,44	0,245318	64,87	0,39263	14,392	297,833	10400
10450	− 52,925	246,65	185,00	0,243424	64,70	0,39017	14,374	297,614	10450
10500	− 53,250	244,74	183,57	0,241542	64,53	0,38773	14,355	297,394	**10500**
10550	− 53,575	242,85	182,15	0,239672	64,35	0,38529	14,337	297,174	10550
10600	− 53,900	240,96	180,74	0,237813	64,18	0,38287	14,319	296,954	10600
10650	− 54,225	239,09	179,33	0,235966	64,01	0,38046	14,301	296,734	10650
10700	− 54,550	237,23	177,94	0,234131	63,83	0,37806	14,283	296,513	10700
10750	− 54,875	235,39	176,55	0,232307	63,66	0,37568	14,265	296,293	10750
10800	− 55,200	233,55	175,18	0,230495	63,49	0,37330	14,247	296,072	10800
10850	− 55,525	231,72	173,81	0,228694	63,31	0,37094	14,229	295,852	10850
10900	− 55,850	229,91	172,45	0,226905	63,14	0,36859	14,210	295,631	10900
10950	− 56,175	228,11	171,10	0,225127	62,97	0,36625	14,192	295,409	10950
11000	− 56,500	226,32	169,75	0,223360	62,79	0,36392	14,174	295,188	**11000**
11100	− 56,500	222,78	167,10	0,219866	62,45	0,35822	14,174	295,188	11100
11200	− 56,500	219,29	164,48	0,216426	62,10	0,35262	14,174	295,188	11200
11300	− 56,500	215,86	161,91	0,213040	61,75	0,34710	14,174	295,188	11300
11400	− 56,500	212,49	159,38	0,209707	61,41	0,34167	14,174	295,188	11400
11500	− 56,500	209,16	156,88	0,206426	61,07	0,33633	14,174	295,188	11500
11600	− 56,500	205,89	154,43	0,203196	60,72	0,33107	14,174	295,188	11600
11700	− 56,500	202,67	152,01	0,200017	60,38	0,32589	14,174	295,188	11700
11800	− 56,500	199,50	149,63	0,196888	60,04	0,32079	14,174	295,188	11800
11900	− 56,500	196,38	147,29	0,193808	59,70	0,31577	14,174	295,188	11900
12000	− 56,500	193,30	144,99	0,190776	59,36	0,31083	14,174	295,188	**12000**
12100	− 56,500	190,28	142,72	0,187791	59,02	0,30597	14,174	295,188	12100
12200	− 56,500	187,30	140,49	0,184853	58,68	0,30118	14,174	295,188	12200
12300	− 56,500	184,37	138,29	0,181961	58,35	0,29647	14,174	295,188	12300
12400	− 56,500	181,49	136,13	0,179114	58,01	0,29183	14,174	295,188	12400
12500	− 56,500	178,65	134,00	0,176312	57,68	0,28726	14,174	295,188	12500
12600	− 56,500	175,85	131,90	0,173553	57,34	0,28277	14,174	295,188	12600
12700	− 56,500	173,10	129,84	0,170838	57,01	0,27834	14,174	295,188	12700
12800	− 56,500	170,39	127,81	0,168165	56,67	0,27399	14,174	295,188	12800
12900	− 56,500	167,73	125,81	0,165534	56,34	0,26970	14,174	295,188	12900
13000	− 56,500	165,10	123,84	0,162944	56,01	0,26548	14,174	295,188	**13000**
13100	− 56,500	162,52	121,90	0,160395	55,68	0,26133	14,174	295,188	13100
13200	− 56,500	159,98	119,99	0,157886	55,35	0,25724	14,174	295,188	13200
13300	− 56,500	157,47	118,12	0,155416	55,02	0,25322	14,174	295,188	13300
13400	− 56,500	155,01	116,27	0,152984	54,69	0,24925	14,174	295,188	13400
13500	− 56,500	152,59	114,45	0,150591	54,36	0,24536	14,174	295,188	13500
13600	− 56,500	150,20	112,66	0,148235	54,03	0,24152	14,174	295,188	13600
13700	− 56,500	147,85	110,90	0,145915	53,71	0,23774	14,174	295,188	13700
13800	− 56,500	145,54	109,16	0,143633	53,38	0,23402	14,174	295,188	13800
13900	− 56,500	143,26	107,45	0,141385	53,06	0,23036	14,174	295,188	13900
14000	− 56,500	141,02	105,77	0,139173	52,73	0,22675	14,174	295,188	**14000**
14500	− 56,500	130,33	97,753	0,128622	51,12	0,20956	14,174	295,188	14500
15000	− 56,500	120,45	90,341	0,118870	49,53	0,19367	14,174	295,188	15000
15500	− 56,500	111,31	83,492	0,109858	47,96	0,17899	14,174	295,188	15500
16000	− 56,500	102,87	77,162	0,101529	46,40	0,16542	14,174	295,188	16000
16500	− 56,500	95,075	71,312	0,093832	44,86	0,15288	14,174	295,188	16500
17000	− 56,500	87,867	65,905	0,086718	43,34	0,14129	14,174	295,188	17000
18000	− 56,500	75,048	56,291	0,074067	40,34	0,12068	14,174	295,188	18000
19000	− 56,500	64,100	48,079	0,063262	37,40	0,10307	14,174	295,188	19000
20000	− 56,500	54,749	41,065	0,054033	34,53	0,08804	14,174	295,188	20000

Quecksilberbarometer-Korrektur*: 1—40° C, 600—790 Torr

Man subtrahiert vom abgelesenen Barometerstand den der aktuellen Temperatur t entsprechenden Betrag $\Delta\beta_t$ ab *oder* multipliziert den abgelesenen Barometerstand mit dem Korrekturfaktor f_t. Die Wasserdampfdruck-Korrektur für 100% Luftfeuchtigkeit ist in den Gasumrechnungstafeln S. 263–272 schon berücksichtigt und muß nicht mehr vorgenommen werden.

Der Korrekturfaktor f_t wurde errechnet nach der Formel $f_t = 1 - \frac{(\beta-\alpha)\,t}{1+\beta\,t}$

wobei

$\beta = 1{,}818 \times 10^{-3}\,°C^{-1} \approx$ kubischer Ausdehnungskoeffizient von Quecksilber,
$\alpha = 1{,}84 \times 10^{-5}\,°C^{-1} \approx$ linearer Ausdehnungskoeffizient von Messing bzw.
$\alpha = 8{,}5 \times 10^{-6}\,°C^{-1} \approx$ linearer Ausdehnungskoeffizient von Glas.

Messingskala

Barometertemperatur t = °C	Abgelesener Barometerstand B_t in Torr (Millimeter)																				Korrekturfaktor f_t
	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	
	Abzuziehender Betrag $\Delta\beta_t$ in Torr (Millimeter)																				
1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,999 837
2	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	999 673
3	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	999 520
4	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	999 346
5	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,64	0,999 184
6	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	999 021
7	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	998 858
8	0,78	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	998 695
9	0,88	0,90	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,12	1,13	1,15	1,16	998 532
10	0,98	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,09	1,11	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	0,998 369
11	1,08	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,36	1,38	1,40	1,42	998 206
12	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	998 044
13	1,27	1,29	1,31	1,33	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	997 881
14	1,37	1,39	1,41	1,44	1,46	1,48	1,51	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78	1,80	997 718
15	1,47	1,49	1,52	1,54	1,56	1,59	1,61	1,64	1,66	1,69	1,71	1,74	1,76	1,78	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	1,93	0,997 556
16	1,56	1,59	1,62	1,64	1,67	1,69	1,72	1,75	1,77	1,80	1,82	1,85	1,88	1,90	1,93	1,96	1,98	2,01	2,03	2,06	997 393
17	1,66	1,69	1,72	1,74	1,77	1,80	1,83	1,86	1,88	1,91	1,94	1,97	1,99	2,02	2,05	2,08	2,10	2,13	2,16	2,19	997 231
18	1,76	1,79	1,82	1,85	1,88	1,91	1,94	1,96	1,99	2,02	2,05	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	997 068
19	1,86	1,89	1,92	1,95	1,98	2,01	2,04	2,07	2,10	2,13	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,41	2,44	996 906
20	1,95	1,99	2,02	2,05	2,08	2,12	2,15	2,18	2,21	2,25	2,28	2,31	2,34	2,38	2,41	2,44	2,47	2,51	2,54	2,57	0,996 744
21	2,05	2,08	2,12	2,15	2,19	2,22	2,26	2,29	2,32	2,36	2,39	2,43	2,46	2,50	2,53	2,56	2,60	2,63	2,67	2,70	996 582
22	2,15	2,18	2,22	2,26	2,29	2,33	2,36	2,40	2,43	2,47	2,51	2,54	2,58	2,61	2,65	2,69	2,72	2,76	2,79	2,83	996 420
23	2,25	2,28	2,32	2,36	2,39	2,43	2,47	2,51	2,54	2,58	2,62	2,66	2,69	2,73	2,77	2,81	2,84	2,88	2,92	2,96	996 258
24	2,34	2,38	2,42	2,46	2,50	2,54	2,58	2,62	2,66	2,69	2,73	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	3,08	996 095
25	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,68	2,72	2,76	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	3,09	3,13	3,17	3,21	0,995 934
26	2,54	2,58	2,62	2,66	2,71	2,75	2,79	2,83	2,88	2,92	2,96	3,00	3,04	3,09	3,13	3,17	3,21	3,26	3,30	3,34	995 772
27	2,63	2,68	2,72	2,77	2,81	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,07	3,12	3,16	3,20	3,25	3,29	3,34	3,38	3,42	3,47	995 610
28	2,73	2,78	2,82	2,87	2,91	2,96	3,00	3,05	3,10	3,14	3,19	3,23	3,28	3,32	3,37	3,41	3,46	3,51	3,55	3,60	995 448
29	2,83	2,88	2,92	2,97	3,02	3,06	3,11	3,16	3,21	3,25	3,30	3,35	3,39	3,44	3,49	3,54	3,58	3,63	3,68	3,72	995 286
30	2,93	2,97	3,02	3,07	3,12	3,17	3,22	3,27	3,32	3,36	3,41	3,46	3,51	3,56	3,61	3,66	3,71	3,75	3,80	3,85	0,995 125
31	3,02	3,07	3,12	3,17	3,22	3,27	3,32	3,37	3,43	3,48	3,53	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93	3,98	994 963
32	3,12	3,17	3,22	3,28	3,33	3,38	3,43	3,48	3,54	3,59	3,64	3,69	3,74	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	994 801
33	3,22	3,27	3,32	3,38	3,43	3,48	3,54	3,59	3,64	3,70	3,75	3,81	3,86	3,91	3,97	4,02	4,07	4,13	4,18	4,23	994 640
34	3,31	3,37	3,42	3,48	3,53	3,59	3,64	3,70	3,75	3,81	3,86	3,92	3,98	4,03	4,09	4,14	4,20	4,25	4,31	4,36	994 479
35	3,41	3,47	3,52	3,58	3,64	3,69	3,75	3,81	3,86	3,92	3,98	4,03	4,09	4,15	4,21	4,26	4,32	4,38	4,43	4,49	0,994 317
36	3,51	3,56	3,62	3,68	3,74	3,80	3,86	3,92	3,97	4,03	4,09	4,15	4,21	4,27	4,32	4,38	4,44	4,50	4,56	4,62	994 156
37	3,60	3,66	3,72	3,78	3,84	3,90	3,96	4,02	4,08	4,14	4,20	4,26	4,32	4,38	4,44	4,50	4,56	4,62	4,68	4,74	993 995
38	3,70	3,76	3,82	3,89	3,95	4,01	4,07	4,13	4,19	4,26	4,32	4,38	4,44	4,50	4,56	4,63	4,69	4,75	4,81	4,87	993 833
39	3,80	3,86	3,92	3,99	4,05	4,11	4,18	4,24	4,30	4,37	4,43	4,49	4,56	4,62	4,68	4,75	4,81	4,87	4,94	5,00	993 672
40	3,89	3,96	4,02	4,09	4,15	4,22	4,28	4,35	4,41	4,48	4,54	4,61	4,67	4,74	4,80	4,87	4,93	5,00	5,06	5,13	0,993 511

Glasskala

1	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,999 827
2	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	999 654
3	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	999 480
4	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	999 307
5	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,68	0,999 134
6	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	998 961
7	0,73	0,74	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	998 788
8	0,83	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	998 616
9	0,93	0,95	0,97	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,11	1,12	1,14	1,15	1,17	1,18	1,20	1,21	1,23	998 443
10	1,04	1,06	1,07	1,09	1,11	1,12	1,14	1,16	1,18	1,19	1,21	1,23	1,25	1,26	1,28	1,30	1,31	1,33	1,35	1,37	0,998 270
11	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,46	1,48	1,50	998 098
12	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	997 925
13	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,48	1,51	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,66	1,69	1,71	1,73	1,75	1,78	997 752
14	1,45	1,48	1,50	1,52	1,55	1,57	1,60	1,62	1,65	1,67	1,69	1,72	1,74	1,77	1,79	1,82	1,84	1,86	1,89	1,91	997 580
15	1,56	1,58	1,61	1,63	1,66	1,68	1,71	1,74	1,76	1,79	1,81	1,84	1,87	1,89	1,92	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	0,997 408
16	1,66	1,69	1,71	1,74	1,77	1,80	1,82	1,85	1,88	1,91	1,94	1,96	1,99	2,02	2,05	2,07	2,10	2,13	2,16	2,18	997 235
17	1,76	1,79	1,82	1,85	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,03	2,06	2,09	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	997 063
18	1,87	1,90	1,93	1,96	1,99	2,02	2,05	2,08	2,11	2,15	2,18	2,21	2,24	2,27	2,30	2,33	2,36	2,39	2,43	2,46	996 891
19	1,97	2,00	2,03	2,07	2,10	2,13	2,17	2,20	2,23	2,26	2,30	2,33	2,36	2,40	2,43	2,46	2,49	2,53	2,56	2,59	996 719
20	2,07	2,11	2,14	2,18	2,21	2,24	2,28	2,31	2,35	2,38	2,42	2,45	2,49	2,52	2,56	2,59	2,62	2,66	2,69	2,73	0,996 547
21	2,18	2,21	2,25	2,28	2,32	2,36	2,39	2,43	2,47	2,50	2,54	2,57	2,61	2,65	2,68	2,72	2,76	2,79	2,83	2,86	996 375
22	2,28	2,32	2,35	2,39	2,43	2,47	2,51	2,54	2,58	2,62	2,66	2,70	2,73	2,77	2,81	2,85	2,89	2,92	2,96	3,00	996 203
23	2,38	2,42	2,46	2,50	2,54	2,58	2,62	2,66	2,70	2,74	2,78	2,82	2,86	2,90	2,94	2,98	3,02	3,06	3,10	3,14	996 031
24	2,48	2,53	2,57	2,61	2,65	2,69	2,73	2,77	2,82	2,86	2,90	2,94	2,98	3,02	3,06	3,11	3,15	3,19	3,23	3,27	995 859
25	2,59	2,63	2,67	2,72	2,76	2,80	2,85	2,89	2,93	2,98	3,02	3,06	3,11	3,15	3,19	3,23	3,28	3,32	3,36	3,41	0,995 687
26	2,69	2,74	2,78	2,83	2,87	2,92	2,96	3,00	3,05	3,09	3,14	3,18	3,23	3,27	3,32	3,36	3,41	3,45	3,50	3,54	995 515
27	2,79	2,84	2,89	2,93	2,98	3,03	3,07	3,12	3,17	3,21	3,26	3,31	3,35	3,40	3,45	3,49	3,54	3,59	3,63	3,68	995 344
28	2,90	2,95	2,99	3,04	3,09	3,14	3,19	3,24	3,28	3,33	3,38	3,43	3,48	3,53	3,57	3,62	3,67	3,72	3,77	3,82	995 170
29	3,00	3,05	3,10	3,15	3,20	3,25	3,30	3,35	3,40	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	3,80	3,85	3,90	3,95	995 001
30	3,10	3,15	3,21	3,26	3,31	3,36	3,41	3,46	3,52	3,57	3,62	3,67	3,72	3,77	3,83	3,88	3,93	3,98	4,03	4,09	0,994 829
31	3,21	3,26	3,31	3,37	3,42	3,47	3,53	3,58	3,63	3,69	3,74	3,79	3,85	3,90	3,95	4,01	4,06	4,11	4,17	4,22	994 658
32	3,31	3,36	3,42	3,47	3,53	3,58	3,64	3,69	3,75	3,80	3,86	3,91	3,97	4,02	4,08	4,13	4,19	4,25	4,30	4,36	994 487
33	3,41	3,47	3,52	3,58	3,64	3,70	3,75	3,81	3,87	3,92	3,98	4,04	4,09	4,15	4,21	4,26	4,32	4,38	4,43	4,49	994 315
34	3,51	3,57	3,63	3,69	3,75	3,81	3,86	3,92	3,98	4,04	4,10	4,16	4,22	4,27	4,33	4,39	4,45	4,51	4,57	4,63	994 144
35	3,62	3,68	3,74	3,80	3,86	3,92	3,98	4,04	4,10	4,16	4,22	4,28	4,34	4,40	4,46	4,52	4,58	4,64	4,70	4,76	0,993 974
36	3,72	3,78	3,84	3,90	3,97	4,03	4,09	4,15	4,21	4,28	4,34	4,40	4,46	4,52	4,59	4,65	4,71	4,77	4,83	4,90	993 802
37	3,82	3,89	3,95	4,01	4,08	4,14	4,20	4,27	4,33	4,39	4,46	4,52	4,59	4,65	4,71	4,78	4,84	4,90	4,97	5,03	993 631
38	3,92	3,99	4,05	4,12	4,19	4,25	4,32	4,38	4,45	4,51	4,58	4,64	4,71	4,77	4,84	4,91	4,97	5,04	5,10	5,17	993 460
39	4,03	4,09	4,16	4,23	4,30	4,36	4,43	4,50	4,56	4,63	4,70	4,76	4,83	4,90	4,97	5,03	5,10	5,17	5,23	5,30	993 289
40	4,13	4,20	4,27	4,34	4,40	4,47	4,54	4,61	4,68	4,75	4,82	4,89	4,96	5,02	5,09	5,16	5,23	5,30	5,37	5,44	0,993 118

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Sättigungsdruck des Wasserdampfes unter 0° Celsius über Eis

in Mikrobar (μb)*

°C	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9
−90	0,09$_3$	0,07$_7$	0,06$_4$	0,05$_3$	0,04$_4$	0,03$_6$	0,02$_9$	0,02$_4$	0,02$_0$	0,01$_8$
−80	0,53	0,45	0,39$_4$	0,32	0,27	0,23	0,19	0,16	0,13	0,11$_2$
−70	2,59	2,23	1,91	1,64	1,40	1,20	1,03	0,88	0,75	0,63
−60	10,7$_7$	9,3$_7$	8,1$_9$	7,1$_4$	6,1$_9$	5,3$_7$	4,6$_5$	4,0$_3$	3,4$_8$	3,0$_0$
−50	39,4$_0$	34,8	30,7	27,1	23,7	20,9	18,4	16,1	14,1	12,3$_3$
−40	128,8	114,9	102,4	91,2	81,2	72,1	64,1	56,8	50,4	44,5
−30	381,2	343,3	309,0	277,8	249,7	224,1	200,9	180,1	161,2	144,1

in Millibar (mb)*

°C	0	−0,1	−0,2	−0,3	−0,4	−0,5	−0,6	−0,7	−0,8	−0,9
−29	0,423	0,419	0,415	0,409	0,405	0,401	0,397	0,393	0,389	0,385
−28	0,468	0,464	0,459	0,455	0,449	0,445	0,440	0,436	0,432	0,427
−27	0,519	0,513	0,508	0,503	0,499	0,493	0,488	0,483	0,479	0,473
−26	0,573	0,568	0,563	0,557	0,552	0,545	0,540	0,535	0,529	0,524
−25	0,635	0,628	0,623	0,616	0,609	0,604	0,597	0,592	0,585	0,580
−24	0,701	0,693	0,687	0,680	0,673	0,667	0,660	0,653	0,648	0,641
−23	0,773	0,765	0,759	0,751	0,744	0,736	0,729	0,721	0,715	0,708
−22	0,853	0,844	0,836	0,828	0,820	0,812	0,804	0,796	0,789	0,781
−21	0,940	0,931	0,921	0,913	0,904	0,896	0,887	0,879	0,869	0,861
−20	1,035	1,025	1,015	1,005	0,996	0,987	0,977	0,968	0,959	0,949
−19	1,139	1,128	1,117	1,107	1,096	1,085	1,075	1,065	1,055	1,044
−18	1,252	1,240	1,228	1,216	1,205	1,193	1,183	1,172	1,160	1,149
−17	1,375	1,361	1,349	1,336	1,324	1,312	1,300	1,288	1,275	1,263
−16	1,509	1,495	1,481	1,468	1,455	1,440	1,427	1,413	1,401	1,388
−15	1,655	1,640	1,625	1,611	1,595	1,581	1,567	1,552	1,537	1,523
−14	1,815	1,797	1,781	1,765	1,749	1,733	1,717	1,701	1,685	1,671
−13	1,986	1,969	1,952	1,933	1,916	1,899	1,881	1,865	1,848	1,831
−12	2,176	2,156	2,136	2,117	2,098	2,078	2,061	2,042	2,024	2,005
−11	2,380	2,358	2,337	2,316	2,296	2,276	2,254	2,234	2,214	2,194
−10	2,600	2,578	2,554	2,532	2,510	2,488	2,465	2,444	2,422	2,400
− 9	2,841	2,816	2,790	2,766	2,742	2,718	2,694	2,670	2,646	2,624
− 8	3,101	3,074	3,046	3,021	2,994	2,968	2,942	2,916	2,890	2,865
− 7	3,382	3,353	3,324	3,296	3,266	3,238	3,210	3,182	3,156	3,128
− 6	3,686	3,656	3,624	3,593	3,562	3,532	3,501	3,470	3,441	3,412
− 5	4,017	3,982	3,949	3,916	3,882	3,849	3,816	3,784	3,750	3,720
− 4	4,373	4,336	4,300	4,264	4,228	4,192	4,156	4,121	4,086	4,052
− 3	4,757	4,718	4,678	4,640	4,601	4,562	4,524	4,485	4,448	4,410
− 2	5,173	5,130	5,088	5,046	5,004	4,962	4,921	4,880	4,840	4,798
− 1	5,622	5,576	5,529	5,484	5,438	5,393	5,349	5,305	5,261	5,217
0	6,105	6,055	6,005	5,955	5,907	5,860	5,812	5,764	5,716	5,669

in 0,001 Torr (0,001 mm Hg)[1]

°C	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9
−90	0,07$_0$	0,05$_8$	0,04$_8$	0,04$_0$	0,03$_3$	0,02$_7$	0,02$_2$	0,01$_8$	0,01$_5$	0,01$_2$
−80	0,40$_0$	0,34	0,29	0,24$_0$	0,20	0,17	0,14$_2$	0,12$_0$	0,10$_0$	0,08$_4$
−70	1,94	1,67	1,43	1,23	1,05	0,90	0,77	0,66	0,56	0,47
−60	8,0	7,0$_8$	6,1$_4$	5,3$_4$	4,6$_4$	4,0$_3$	3,4$_9$	3,0$_2$	2,6$_1$	2,2$_5$
−50	29,5$_5$	26,1	23,0	20,3	17,8	15,7	13,8	12,1	10,6	9,2$_5$
−40	96,6	86,2	76,8	68,4	60,9	54,1	48,1	42,6	37,8	33,4
−30	285,9	257,5	231,8	208,4	187,3	168,1	150,7	135,1	120,9	108,1

in Torr (mm Hg)[1]

°C	0	−0,1	−0,2	−0,3	−0,4	−0,5	−0,6	−0,7	−0,8	−0,9
−29	0,317	0,314	0,311	0,307	0,304	0,301	0,298	0,295	0,292	0,289
−28	0,351	0,348	0,344	0,341	0,337	0,334	0,330	0,327	0,324	0,320
−27	0,389	0,385	0,381	0,377	0,374	0,370	0,366	0,362	0,359	0,355
−26	0,430	0,426	0,422	0,418	0,414	0,409	0,405	0,401	0,397	0,393
−25	0,476	0,471	0,467	0,462	0,457	0,453	0,448	0,444	0,439	0,435
−24	0,526	0,520	0,515	0,510	0,505	0,500	0,495	0,490	0,486	0,481
−23	0,580	0,574	0,569	0,563	0,558	0,552	0,547	0,541	0,536	0,531
−22	0,640	0,633	0,627	0,621	0,615	0,609	0,603	0,597	0,592	0,586
−21	0,705	0,698	0,691	0,685	0,678	0,672	0,665	0,659	0,652	0,646
−20	0,776	0,769	0,761	0,754	0,747	0,740	0,733	0,726	0,719	0,712
−19	0,854	0,846	0,838	0,830	0,822	0,814	0,806	0,799	0,791	0,783
−18	0,939	0,930	0,921	0,912	0,904	0,895	0,887	0,879	0,870	0,862
−17	1,031	1,021	1,012	1,002	0,993	0,984	0,975	0,966	0,956	0,947
−16	1,132	1,121	1,111	1,101	1,091	1,080	1,070	1,060	1,051	1,041
−15	1,241	1,230	1,219	1,208	1,196	1,186	1,175	1,164	1,153	1,142
−14	1,361	1,348	1,336	1,324	1,312	1,300	1,288	1,276	1,264	1,253
−13	1,490	1,477	1,464	1,450	1,437	1,424	1,411	1,399	1,386	1,373
−12	1,632	1,617	1,602	1,588	1,574	1,559	1,546	1,532	1,518	1,504
−11	1,785	1,769	1,753	1,737	1,722	1,707	1,691	1,676	1,661	1,646
−10	1,950	1,934	1,916	1,899	1,883	1,866	1,849	1,833	1,817	1,800
− 9	2,131	2,112	2,093	2,075	2,057	2,039	2,021	2,003	1,985	1,968
− 8	2,326	2,306	2,285	2,266	2,246	2,226	2,207	2,187	2,168	2,149
− 7	2,537	2,515	2,493	2,472	2,450	2,429	2,408	2,387	2,367	2,346
− 6	2,765	2,742	2,718	2,695	2,672	2,649	2,626	2,603	2,581	2,559
− 5	3,013	2,987	2,962	2,937	2,912	2,887	2,862	2,838	2,813	2,790
− 4	3,280	3,252	3,225	3,198	3,171	3,144	3,117	3,091	3,065	3,039
− 3	3,568	3,539	3,509	3,480	3,451	3,422	3,393	3,364	3,336	3,308
− 2	3,880	3,848	3,816	3,785	3,753	3,722	3,691	3,660	3,630	3,599
− 1	4,217	4,182	4,147	4,113	4,079	4,045	4,012	3,979	3,946	3,913
0	4,579	4,542	4,504	4,467	4,431	4,395	4,359	4,323	4,287	4,252

Sättigungsdruck des Wasserdampfes unter 0° Celsius über Wasser

in Millibar (mb)*

°C	0	−0,1	−0,2	−0,3	−0,4	−0,5	−0,6	−0,7	−0,8	−0,9
−14	2,080	2,062	2,045	2,029	2,014	1,996	1,980	1,962	1,947	1,932
−13	2,254	2,237	2,220	2,201	2,182	2,165	2,148	2,132	2,113	2,096
−12	2,445	2,425	2,405	2,386	2,368	2,348	2,330	2,312	2,293	2,273
−11	2,649	2,628	2,606	2,585	2,565	2,545	2,524	2,504	2,484	2,464
−10	2,865	2,845	2,821	2,798	2,778	2,756	2,733	2,712	2,690	2,668
− 9	3,101	3,076	3,052	3,028	3,005	2,981	2,958	2,934	2,912	2,889
− 8	3,352	3,326	3,300	3,274	3,249	3,224	3,198	3,173	3,149	3,124
− 7	3,620	3,593	3,565	3,538	3,510	3,484	3,457	3,429	3,404	3,377
− 6	3,908	3,878	3,849	3,821	3,790	3,762	3,733	3,704	3,676	3,648
− 5	4,217	4,185	4,153	4,122	4,092	4,061	4,029	4,000	3,968	3,940
− 4	4,546	4,512	4,478	4,445	4,412	4,378	4,345	4,313	4,281	4,249
− 3	4,897	4,862	4,826	4,790	4,756	4,720	4,685	4,649	4,614	4,581
− 2	5,274	5,236	5,197	5,161	5,121	5,084	5,046	5,009	4,973	4,936
− 1	5,677	5,636	5,594	5,553	5,513	5,473	5,433	5,393	5,354	5,314
0	6,105	6,061	6,017	5,973	5,930	5,887	5,846	5,804	5,760	5,718

in Torr (mm Hg)[1]

°C	0	−0,1	−0,2	−0,3	−0,4	−0,5	−0,6	−0,7	−0,8	−0,9
−14	1,560	1,547	1,534	1,522	1,511	1,497	1,485	1,472	1,460	1,449
−13	1,691	1,678	1,665	1,651	1,637	1,624	1,611	1,599	1,585	1,572
−12	1,834	1,819	1,804	1,790	1,776	1,761	1,748	1,734	1,720	1,705
−11	1,987	1,971	1,955	1,939	1,924	1,909	1,893	1,878	1,863	1,848
−10	2,149	2,134	2,116	2,099	2,084	2,067	2,050	2,034	2,018	2,001
− 9	2,326	2,307	2,289	2,271	2,254	2,236	2,219	2,201	2,184	2,167
− 8	2,514	2,495	2,475	2,456	2,437	2,418	2,399	2,380	2,362	2,343
− 7	2,715	2,695	2,674	2,654	2,633	2,613	2,593	2,572	2,553	2,533
− 6	2,931	2,909	2,887	2,866	2,843	2,822	2,800	2,778	2,757	2,736
− 5	3,163	3,139	3,115	3,092	3,069	3,046	3,022	3,000	2,976	2,955
− 4	3,410	3,384	3,359	3,334	3,309	3,284	3,259	3,235	3,211	3,187
− 3	3,673	3,647	3,620	3,593	3,567	3,540	3,514	3,487	3,461	3,436
− 2	3,956	3,927	3,898	3,871	3,841	3,813	3,785	3,757	3,730	3,702
− 1	4,258	4,227	4,196	4,165	4,135	4,105	4,075	4,045	4,016	3,986
0	4,579	4,546	4,513	4,480	4,448	4,416	4,385	4,353	4,320	4,289

Sättigungsdruck des Wasserdampfes über 100° Celsius

in Bar (b)*

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1,0133	1,0499	1,0877	1,1267	1,1667	1,2080	1,2505	1,2940	1,3391	1,3851
110	1,4326	1,4815	1,5315	1,5831	1,6362	1,6905	1,7464	1,8038	1,8628	1,9234
120	1,9854	2,0489	2,1146	2,1816	2,2502	2,3211	2,3933	2,4676	2,5436	2,6216
130	2,7013	2,7830	2,8670	2,9526	3,0408	3,1294	3,2215	3,3173	3,4139	3,5128
140	3,614	3,718	3,823	3,931	4,042	4,155	4,271	4,389	4,510	4,635
150	4,760	4,889	5,022	5,155	5,293	5,434	5,578	5,724	5,873	6,026
160	6,181	6,340	6,502	6,666	6,835	7,008	7,182	7,361	7,544	7,730
170	7,921	8,113	8,311	8,510	8,717	8,925	9,136	9,353	9,573	9,798
180	10,026	10,258	10,495	10,736	10,982	11,231	11,487	11,746	12,009	12,277
190	12,550	12,826	13,107	13,395	13,686	13,984	14,286	14,592	14,905	15,222
200	15,544	15,873	16,206	16,543	16,887	17,237	17,595	17,956	18,322	18,695
210	19,072	19,458	19,850	20,245	20,649	21,055	21,471	21,892	22,321	22,755
220	23,192	23,640	24,095	24,555	25,020	25,495	25,975	26,463	26,958	27,460
230	27,969	28,484	29,007	29,536	30,075	30,621	31,175	31,734	32,303	32,879
240	33,465	34,055	34,656	35,263	35,880	36,505	37,138	37,778	38,429	39,086
250	39,754	40,429	41,114	41,806	42,510	43,220	43,940	44,670	45,409	46,155
260	46,913	47,678	48,454	49,239	50,035	50,840	51,652	52,478	53,311	54,155
270	55,010	55,876	56,750	57,635	58,531	59,436	60,354	61,280	62,221	63,171
280	64,134	65,106	66,088	67,083	68,091	69,112	70,143	71,188	72,244	73,313
290	74,39	75,48	76,59	77,71	78,84	79,99	81,14	82,32	83,49	84,70
300	85,90	87,13	88,37	89,61	90,87	92,14	93,42	94,73	96,06	97,36
310	98,69	100,05	101,43	102,81	104,21	105,63	107,05	108,49	109,95	111,42
320	112,91	114,42	115,94	117,48	119,03	120,59	122,17	123,76	125,38	127,02
330	128,67	130,33	132,02	133,72	135,43	137,16	138,92	140,69	142,48	144,29
340	146,11	147,94	149,80	151,65	153,56	155,47	157,42	159,36	161,34	163,33
350	165,32	167,35	169,39	171,45	173,53	175,63	177,75	179,91	182,09	184,29
360	186,51	188,75	191,02	193,31	195,63	198,01	200,41	202,82	205,26	207,74
370	210,24	212,76	215,33	217,94	220,60	(←kritische Temperatur)				

in Atmosphären (atm)[2]

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1,0000	1,0362	1,0735	1,1120	1,1514	1,1922	1,2341	1,2771	1,3216	1,3670
110	1,4139	1,4621	1,5115	1,5624	1,6148	1,6684	1,7236	1,7802	1,8384	1,8982
120	1,9594	2,0221	2,0869	2,1531	2,2208	2,2907	2,3620	2,4353	2,5103	2,5873
130	2,6660	2,7466	2,8295	2,9140	3,0010	3,0885	3,1794	3,2739	3,3693	3,4669
140	3,567	3,669	3,773	3,880	3,989	4,101	4,215	4,332	4,451	4,574
150	4,698	4,825	4,956	5,088	5,224	5,363	5,505	5,649	5,796	5,947
160	6,100	6,257	6,417	6,579	6,746	6,916	7,088	7,265	7,445	7,629
170	7,817	8,007	8,202	8,399	8,603	8,808	9,017	9,231	9,448	9,670
180	9,895	10,124	10,358	10,596	10,838	11,084	11,337	11,592	11,852	12,116
190	12,386	12,658	12,936	13,220	13,507	13,801	14,099	14,401	14,710	15,023
200	15,341	15,665	15,994	16,327	16,666	17,012	17,365	17,721	18,082	18,451
210	18,823	19,204	19,590	19,980	20,379	20,780	21,190	21,606	22,029	22,457
220	22,889	23,331	23,780	24,234	24,693	25,162	25,635	26,117	26,605	27,101
230	27,603	28,112	28,628	29,150	29,682	30,221	30,767	31,319	31,881	32,449
240	33,027	33,610	34,203	34,802	35,411	36,028	36,652	37,284	37,926	38,575
250	39,234	39,900	40,576	41,259	41,954	42,655	43,365	44,086	44,815	45,551
260	46,300	47,055	47,820	48,595	49,381	50,175	50,977	51,792	52,614	53,447
270	54,291	55,145	56,008	56,881	57,766	58,659	59,565	60,479	61,407	62,345
280	63,295	64,255	65,224	66,206	67,201	68,208	69,226	70,257	71,299	72,354
290	73,42	74,49	75,59	76,69	77,81	78,94	80,08	81,24	82,40	83,59
300	84,78	85,99	87,21	88,44	89,68	90,94	92,20	93,49	94,80	96,09
310	97,40	98,74	100,10	101,47	102,85	104,25	105,65	107,07	108,51	109,96
320	111,43	112,92	114,42	115,94	117,47	119,01	120,57	122,14	123,74	125,36
330	126,99	128,63	130,29	131,97	133,66	135,37	137,10	138,85	140,62	142,40
340	144,20	146,01	147,84	149,67	151,55	153,44	155,36	157,28	159,23	161,19
350	163,16	165,16	167,17	169,21	171,26	173,33	175,43	177,56	179,71	181,88
360	184,07	186,28	188,52	190,78	193,07	195,42	197,79	200,17	202,58	205,02
370	207,49	209,98	212,51	215,09	217,72	(←kritische Temperatur)				

1) Werte in Torr nach WASHBURN, E. W., *Monthly Weath. Rev.*, **52**, 488 (1924), und in *Int. crit. Tab.*, **3**, 210 (1928). *2)* Werte in Atmosphären nach KEYES, F. G., *Int. crit. Tab.*, **3**, 233 (1928). * Umrechnung in Mikrobar, Millibar und Bar durch den Herausgeber.

Sättigungsdruck in Torr

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,58	4,61	4,64	4,68	4,71	4,75	4,78	4,82	4,85	4,89
1	4,92	4,96	4,99	5,03	5,06	5,10	5,14	5,17	5,21	5,25
2	5,29	5,33	5,36	5,40	5,44	5,48	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,76	5,80	5,84	5,88	5,92	5,97	6,01	6,05
4	6,09	6,14	6,18	6,22	6,27	6,31	6,35	6,40	6,44	6,49
5	6,53	6,58	6,63	6,67	6,72	6,77	6,81	6,86	6,91	6,96
6	7,00	7,05	7,10	7,15	7,20	7,25	7,30	7,35	7,40	7,45
7	7,50	7,56	7,61	7,66	7,71	7,77	7,82	7,87	7,93	7,98
8	8,04	8,09	8,15	8,20	8,26	8,31	8,37	8,43	8,48	8,54
9	8,60	8,66	8,72	8,77	8,83	8,89	8,95	9,01	9,08	9,14
10	9,20	9,26	9,32	9,38	9,45	9,51	9,57	9,64	9,70	9,77
11	9,83	9,90	9,96	10,03	10,10	10,16	10,23	10,30	10,37	10,44
12	10,50	10,57	10,64	10,71	10,79	10,86	10,93	11,00	11,07	11,15
13	11,22	11,29	11,37	11,44	11,52	11,59	11,67	11,74	11,82	11,90
14	11,97	12,05	12,13	12,21	12,29	12,37	12,45	12,53	12,61	12,69
15	12,77	12,86	12,94	13,02	13,11	13,19	13,28	13,36	13,45	13,53
16	13,62	13,71	13,79	13,88	13,97	14,06	14,15	14,24	14,33	14,42
17	14,51	14,61	14,70	14,79	14,89	14,98	15,08	15,17	15,27	15,36
18	15,46	15,56	15,66	15,75	15,85	15,95	16,05	16,15	16,26	16,36
19	16,46	16,56	16,67	16,77	16,88	16,98	17,09	17,19	17,30	17,41
20	17,52	17,63	17,73	17,84	17,96	18,07	18,18	18,29	18,40	18,52
21	18,63	18,75	18,86	18,98	19,09	19,21	19,33	19,45	19,57	19,69
22	19,81	19,93	20,05	20,17	20,30	20,42	20,54	20,67	20,79	20,92
23	21,05	21,18	21,30	21,43	21,56	21,69	21,82	21,96	22,09	22,22
24	22,36	22,49	22,63	22,76	22,90	23,04	23,17	23,31	23,45	23,59
25	23,73	23,88	24,02	24,16	24,31	24,45	24,60	24,74	24,89	25,04
26	25,19	25,34	25,49	25,64	25,79	25,94	26,09	26,25	26,40	26,56
27	26,72	26,87	27,03	27,19	27,35	27,51	27,67	27,83	28,00	28,16
28	28,32	28,49	28,66	28,82	28,99	29,16	29,33	29,50	29,67	29,84
29	30,02	30,19	30,37	30,54	30,72	30,90	31,07	31,25	31,43	31,61
30	31,80	31,98	32,16	32,35	32,53	32,72	32,91	33,10	33,29	33,48
31	33,67	33,86	34,05	34,25	34,44	34,64	34,84	35,03	35,23	35,43
32	35,63	35,84	36,04	36,24	36,45	36,65	36,86	37,07	37,28	37,49
33	37,70	37,91	38,13	38,34	38,55	38,77	38,99	39,21	39,43	39,65
34	39,87	40,09	40,32	40,54	40,77	40,99	41,22	41,45	41,68	41,91
35	42,14	42,38	42,61	42,85	43,08	43,32	43,56	43,80	44,04	44,29
36	44,53	44,78	45,02	45,27	45,52	45,77	46,02	46,27	46,52	46,78
37	47,04	47,29	47,55	47,81	48,07	48,33	48,59	48,86	49,12	49,39
38	49,66	49,93	50,20	50,47	50,74	51,02	51,29	51,57	51,85	52,13
39	52,41	52,69	52,97	53,26	53,55	53,83	54,12	54,41	54,70	54,99
40	55,29	55,58	55,88	56,18	56,48	56,78	57,08	57,38	57,69	58,00
41	58,31	58,61	58,92	59,24	59,55	59,87	60,18	60,50	60,82	61,14
42	61,46	61,78	62,11	62,44	62,77	63,09	63,43	63,76	64,09	64,43
43	64,76	65,10	65,45	65,78	66,13	66,47	66,82	67,17	67,52	67,87
44	68,22	68,58	68,93	69,29	69,65	70,01	70,37	70,73	71,10	71,46
45	71,83	72,21	72,58	72,95	73,33	73,70	74,08	74,46	74,84	75,23
46	75,61	76,00	76,39	76,78	77,17	77,56	77,96	78,36	78,76	79,15
47	79,56	79,96	80,37	80,78	81,18	81,60	82,01	82,42	82,84	83,26
48	83,68	84,10	84,52	84,95	85,38	85,81	86,24	86,67	87,11	87,54
49	87,98	88,42	88,87	89,31	89,76	90,21	90,66	91,11	91,56	92,02
50	92,48	92,94	93,40	93,86	94,33	94,79	95,27	95,74	96,21	96,69
51	97,16	97,64	98,13	98,61	99,10	99,58	100,08	100,56	101,06	101,56
52	102,05	102,56	103,06	103,57	104,07	104,58	105,09	105,60	106,12	106,64
53	107,16	107,68	108,20	108,72	109,25	109,78	110,32	110,86	111,39	111,93
54	112,47	113,02	113,56	114,11	114,67	115,22	115,77	116,32	116,89	117,45
55	118,01	118,58	119,15	119,72	120,30	120,87	121,45	122,03	122,61	123,19
56	123,79	124,37	124,97	125,57	126,16	126,76	127,37	127,97	128,58	129,19
57	129,79	130,41	131,03	131,65	132,27	132,90	133,52	134,15	134,78	134,53
58	136,05	136,69	137,34	137,98	138,63	139,28	139,93	140,59	141,25	141,91
59	142,57	143,24	143,90	144,58	145,25	145,93	146,60	147,29	147,97	148,66
60	149,35	150,04	150,74	151,44	152,13	152,84	153,54	154,26	154,96	155,68
61	156,41	157,12	157,85	158,57	159,30	160,04	160,76	161,50	162,25	162,99
62	163,73	164,48	165,24	165,99	166,75	167,52	168,27	169,04	169,81	170,58
63	171,36	172,14	172,92	173,70	174,49	175,28	176,07	176,87	177,68	178,48
64	179,28	180,09	180,90	181,72	182,54	183,36	184,18	185,02	185,84	186,67
65	187,52	188,35	189,19	190,05	190,89	191,75	192,60	193,47	194,33	195,20
66	196,06	196,94	197,81	198,69	199,58	200,46	201,35	202,25	203,14	204,04
67	204,95	205,86	206,76	207,67	208,59	209,51	210,44	211,37	212,28	213,22
68	214,16	215,10	216,04	216,99	217,94	218,90	219,86	220,82	221,78	222,75
69	223,74	224,71	225,69	226,67	227,65	228,64	229,65	230,64	231,64	232,64
70	233,66	234,67	235,68	236,71	237,73	238,76	239,79	240,82	241,86	242,90
71	243,96	245,00	246,06	247,11	248,18	249,25	250,31	251,39	252,46	253,54
72	254,63	255,71	256,81	257,91	259,02	260,11	261,22	262,34	263,46	264,58
73	265,69	266,82	267,96	269,10	270,24	271,39	272,54	273,69	274,85	276,01
74	277,17	278,34	279,52	280,69	281,87	283,06	284,24	285,46	286,65	287,85
75	289,06	290,26	291,50	292,71	293,93	295,15	296,40	297,63	298,87	300,13
76	301,37	302,64	303,89	305,14	306,42	307,69	308,98	310,25	311,54	312,82
77	314,13	315,44	316,73	318,05	319,35	320,67	322,00	323,31	324,65	326,00
78	327,32	328,67	330,03	331,39	332,75	334,10	335,47	336,85	338,23	339,62
79	341,01	342,40	343,80	345,21	346,59	348,00	349,42	350,84	352,29	353,72
80	355,15	356,59	358,04	359,49	360,94	362,39	363,86	365,35	366,82	368,29
81	369,77	371,28	372,77	374,26	375,76	377,29	378,80	380,31	381,85	383,37
82	384,93	386,46	388,02	389,56	391,10	392,68	394,24	395,82	397,41	398,98
83	400,58	402,16	403,77	405,36	406,98	408,60	410,20	411,84	413,48	415,13
84	416,75	418,40	420,06	421,73	423,37	425,04	426,72	428,41	430,10	431,80
85	433,50	435,17	436,88	438,60	440,32	442,05	443,78	445,51	447,26	449,00
86	450,75	452,55	454,31	456,08	457,85	459,63	461,41	463,20	465,03	466,83
87	468,63	470,44	472,29	474,11	475,93	477,77	479,64	481,48	483,33	485,21
88	487,07	488,97	490,84	492,71	494,63	496,51	498,44	500,34	502,28	504,18
89	506,13	508,05	510,01	511,98	513,91	515,89	517,83	519,82	521,82	523,78
90	525,79	527,80	529,82	531,80	533,83	535,87	537,91	539,92	541,97	544,03
91	546,10	548,17	550,24	552,33	554,41	556,46	558,57	560,67	562,79	564,90
92	567,03	569,16	571,29	573,43	575,63	577,78	579,94	582,11	584,28	586,46
93	588,64	590,84	593,08	595,28	597,49	599,70	601,98	604,20	606,43	608,67
94	610,97	613,22	615,48	617,79	620,06	622,34	624,67	626,96	629,30	631,60
95	633,96	636,28	638,65	640,97	643,36	645,70	648,10	650,45	652,86	655,22
96	657,65	660,08	662,46	664,91	667,36	669,76	672,22	674,69	677,12	679,60
97	682,09	684,59	687,09	689,55	692,06	694,59	697,12	699,66	702,20	704,69
98	707,25	709,82	712,39	714,97	717,56	720,15	722,75	725,35	727,97	730,59
99	733,22	735,85	738,49	741,14	743,85	746,52	749,19	751,86	754,55	757,23
100	760,00									

Siedepunkt in Grad Celsius

Torr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		−17,28	−9,69	−5,03	−1,63	+1,22	3,78	5,99	7,93	9,67
10	11,25	12,70	14,03	15,27	16,43	17,52	18,54	19,51	20,44	21,32
20	22,15	22,96	23,73	24,47	25,18	25,87	26,53	27,18	27,80	28,40
30	28,99	29,55	30,11	30,64	31,17	31,68	32,18	32,66	33,14	33,60
40	34,05	34,50	34,93	35,36	35,78	36,19	36,59	36,98	37,37	37,75
50	38,12	38,49	38,85	39,20	39,55	39,90	40,23	40,57	40,90	41,22
60	41,54	41,85	42,16	42,47	42,77	43,06	43,36	43,65	43,93	44,21
70	44,49	44,77	45,04	45,31	45,57	45,84	46,10	46,35	46,60	46,86
80	47,10	47,35	47,59	47,83	48,07	48,31	48,54	48,77	49,00	49,23
90	49,45	49,67	49,89	50,11	50,32	50,54	50,75	50,96	51,17	51,37
100	51,58	51,78	51,98	52,18	52,38	52,58	52,77	52,96	53,16	53,35
110	53,54	53,72	53,91	54,09	54,28	54,46	54,64	54,81	54,99	55,17
120	55,34	55,52	55,69	55,86	56,03	56,20	56,37	56,53	56,70	56,86
130	57,03	57,19	57,35	57,51	57,67	57,93	57,99	58,14	58,30	58,45
140	58,61	58,76	58,91	59,06	59,21	59,36	59,51	59,65	59,80	59,94
150	60,09	60,23	60,38	60,52	60,66	60,80	60,94	61,08	61,22	61,35
160	61,49	61,63	61,76	61,90	62,03	62,16	62,30	62,43	62,56	62,69
170	62,82	62,95	63,08	63,21	63,33	63,46	63,59	63,71	63,84	63,96
180	64,08	64,21	64,33	64,45	64,57	64,69	64,81	64,93	65,05	65,17
190	65,29	65,41	65,52	65,64	65,76	65,87	65,99	66,10	66,22	66,33
200	66,44	66,56	66,67	66,78	66,89	67,00	67,11	67,22	67,33	67,44
210	67,55	67,66	67,76	67,87	67,98	68,08	68,19	68,30	68,40	68,51
220	68,61	68,71	68,82	68,92	69,02	69,12	69,23	69,33	69,43	69,53
230	69,63	69,73	69,83	69,93	70,03	70,13	70,23	70,32	70,42	70,52
240	70,62	70,71	70,81	70,90	71,00	71,10	71,19	71,28	71,38	71,47
250	71,57	71,66	71,75	71,85	71,94	72,03	72,12	72,21	72,30	72,39
260	72,49	72,58	72,66	72,75	72,84	72,93	73,02	73,11	73,20	73,29
270	73,37	73,46	73,55	73,64	73,72	73,81	73,89	73,98	74,07	74,15
280	74,24	74,32	74,41	74,49	74,57	74,66	74,74	74,82	74,91	74,99
290	75,07	75,15	75,24	75,32	75,40	75,48	75,56	75,64	75,72	75,81
300	75,88	75,97	76,04	76,12	76,20	76,28	76,36	76,44	76,52	76,60
310	76,68	76,75	76,83	76,91	76,99	77,06	77,14	77,22	77,29	77,37
320	77,44	77,52	77,59	77,67	77,75	77,82	77,90	77,97	78,05	78,12
330	78,19	78,27	78,34	78,41	78,49	78,56	78,63	78,71	78,78	78,85
340	78,92	78,99	79,07	79,14	79,21	79,28	79,35	79,42	79,49	79,57
350	79,64	79,71	79,78	79,84	79,91	79,98	80,05	80,12	80,19	80,26
360	80,33	80,40	80,47	80,54	80,60	80,67	80,74	80,81	80,88	80,94
370	81,01	81,08	81,14	81,21	81,28	81,34	81,41	81,48	81,54	81,61
380	81,67	81,74	81,80	81,87	81,94	82,00	82,07	82,13	82,19	82,26
390	82,32	82,39	82,45	82,52	82,58	82,64	82,71	82,77	82,83	82,90
400	82,96	83,02	83,08	83,15	83,21	83,27	83,33	83,40	83,46	83,52
410	83,58	83,64	83,70	83,77	83,83	83,89	83,95	84,01	84,07	84,13
420	84,19	84,25	84,31	84,37	84,43	84,49	84,55	84,61	84,67	84,73
430	84,79	84,85	84,91	84,97	85,02	85,08	85,14	85,20	85,26	85,32
440	85,38	85,43	85,49	85,55	85,61	85,67	85,72	85,78	85,84	85,89
450	85,95	86,01	86,06	86,12	86,18	86,23	86,29	86,35	86,40	86,46
460	86,52	86,57	86,63	86,68	86,74	86,79	86,85	86,90	86,96	87,02
470	87,07	87,13	87,18	87,23	87,29	87,34	87,40	87,45	87,51	87,56
480	87,61	87,67	87,72	87,78	87,83	87,88	87,94	87,99	88,04	88,10
490	88,15	88,20	88,26	88,31	88,36	88,41	88,47	88,52	88,57	88,62
500	88,68	88,73	88,78	88,83	88,89	88,94	88,99	89,04	89,09	89,14
510	89,19	89,25	89,30	89,35	89,40	89,45	89,50	89,55	89,60	89,65
520	89,70	89,75	89,80	89,86	89,91	89,96	90,01	90,06	90,10	90,15
530	90,20	90,25	90,30	90,35	90,40	90,45	90,50	90,55	90,60	90,65
540	90,70	90,75	90,80	90,85	90,89	90,94	90,99	91,04	91,09	91,14
550	91,18	91,23	91,28	91,33	91,38	91,42	91,47	91,52	91,57	91,62
560	91,66	91,71	91,76	91,81	91,85	91,90	91,95	91,99	92,04	92,09
570	92,13	92,18	92,23	92,27	92,32	92,37	92,41	92,46	92,51	92,55
580	92,60	92,64	92,69	92,74	92,78	92,83	92,87	92,92	92,97	93,01
590	93,06	93,10	93,15	93,19	93,24	93,28	93,33	93,37	93,42	93,46
600	93,51	93,55	93,60	93,64	93,69	93,73	93,78	93,82	93,87	93,91
610	93,95	94,00	94,04	94,09	94,13	94,17	94,22	94,26	94,30	94,35
620	94,39	94,44	94,48	94,52	94,57	94,61	94,65	94,70	94,74	94,78
630	94,83	94,87	94,91	94,95	95,00	95,04	95,08	95,13	95,17	95,21
640	95,25	95,30	95,34	95,38	95,42	95,47	95,51	95,55	95,59	95,63
650	95,68	95,72	95,76	95,80	95,84	95,89	95,93	95,97	96,01	96,05
660	96,09	96,13	96,18	96,22	96,26	96,30	96,34	96,38	96,42	96,46
670	96,50	96,55	96,59	96,63	96,67	96,71	96,75	96,79	96,83	96,87
680	96,91	96,95	96,99	97,03	97,07	97,11	97,15	97,19	97,23	97,27
690	97,31	97,35	97,39	97,43	97,47	97,51	97,55	97,59	97,63	97,67
700	97,71	97,75	97,79	97,83	97,87	97,91	97,95	97,99	98,02	98,06
710	98,10	98,14	98,18	98,22	98,26	98,30	98,33	98,37	98,41	98,45
720	98,49	98,53	98,57	98,60	98,64	98,68	98,72	98,76	98,80	98,83
730	98,87	98,91	98,95	98,99	99,02	99,06	99,10	99,14	99,18	99,21
740	99,25	99,29	99,33	99,36	99,40	99,44	99,48	99,51	99,55	99,59
750	99,63	99,66	99,70	99,74	99,77	99,81	99,85	99,89	99,92	99,96
760	100,00	100,03	100,07	100,11	100,14	100,18	100,22	100,25	100,29	100,33
770	100,36	100,40	100,44	100,47	100,51	100,54	100,58	100,62	100,65	100,69
780	100,73	100,76	100,80	100,83	100,87	100,91	100,94	100,98	101,01	101,05
790	101,08	101,12	101,16	101,19	101,23	101,26	101,30	101,33	101,37	101,40
800	101,44	101,47	101,51	101,55	101,58	101,62	101,65	101,69	101,72	101,76
810	101,79	101,83	101,86	101,90	101,93	101,96	102,00	102,03	102,07	102,10
820	102,14	102,17	102,21	102,24	102,28	102,31	102,35	102,38	102,41	102,45
830	102,48	102,52	102,55	102,58	102,62	102,65	102,69	102,72	102,76	102,79
840	102,82	102,86	102,89	102,92	102,96	102,99	103,02	103,06	103,09	103,13
850	103,16	103,19	103,23	103,26	103,29	103,33	103,36	103,40	103,43	103,46
860	103,50	103,53	103,56	103,60	103,63	103,66	103,70	103,73	103,76	103,80
870	103,83	103,86	103,89	103,93	103,96	103,99	104,03	104,06	104,09	104,12
880	104,16	104,19	104,22	104,25	104,29	104,32	104,35	104,38	104,42	104,45
890	104,48	104,51	104,54	104,58	104,61	104,64	104,67	104,70	104,74	104,77
900	104,80	104,83	104,86	104,90	104,93	104,96	104,99	105,02	105,06	105,09
910	105,12	105,15	105,18	105,21	105,25	105,28	105,31	105,34	105,37	105,40
920	105,44	105,47	105,50	105,53	105,56	105,59	105,62	105,66	105,69	105,72
930	105,75	105,78	105,81	105,84	105,87	105,90	105,94	105,97	106,00	106,03
940	106,06	106,09	106,12	106,15	106,18	106,21	106,24	106,28	106,31	106,34
950	106,37	106,40	106,43	106,46	106,49	106,52	106,55	106,58	106,61	106,64
960	106,67	106,70	106,73	106,77	106,80	106,83	106,86	106,89	106,92	106,95
970	106,98	107,01	107,04	107,07	107,10	107,13	107,16	107,19	107,22	107,25
980	107,28	107,31	107,34	107,37	107,40	107,43	107,46	107,49	107,52	107,55
990	107,58	107,61	107,63	107,66	107,69	107,72	107,75	107,78	107,81	107,84
1000	107,87									

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Sättigungsdruck in Millibar

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	6,10	6,15	6,19	6,24	6,28	6,33	6,37	6,42	6,47	6,51
1	6,56	6,61	6,66	6,70	6,75	6,80	6,85	6,90	6,95	7,00
2	7,05	7,10	7,15	7,20	7,25	7,30	7,36	7,41	7,46	7,52
3	7,57	7,62	7,68	7,73	7,79	7,84	7,90	7,95	8,01	8,07
4	8,12	8,18	8,24	8,30	8,35	8,41	8,47	8,53	8,59	8,65
5	8,71	8,77	8,83	8,90	8,96	9,02	9,08	9,15	9,21	9,27
6	9,34	9,40	9,47	9,53	9,60	9,67	9,73	9,80	9,87	9,94
7	10,01	10,07	10,14	10,21	10,28	10,35	10,42	10,50	10,57	10,64
8	10,71	10,79	10,86	10,93	11,01	11,08	11,16	11,23	11,31	11,39
9	11,46	11,54	11,62	11,70	11,78	11,86	11,94	12,02	12,10	12,18
10	12,26	12,34	12,43	12,51	12,60	12,68	12,76	12,85	12,93	13,02
11	13,11	13,20	13,28	13,37	13,46	13,55	13,64	13,73	13,82	13,91
12	14,01	14,10	14,19	14,29	14,38	14,47	14,57	14,67	14,76	14,86
13	14,96	15,06	15,15	15,25	15,35	15,45	15,55	15,66	15,76	15,86
14	15,96	16,07	16,17	16,28	16,38	16,49	16,60	16,70	16,81	16,92
15	17,03	17,14	17,25	17,36	17,47	17,59	17,70	17,81	17,93	18,04
16	18,16	18,27	18,39	18,51	18,63	18,75	18,87	18,99	19,11	19,23
17	19,35	19,47	19,60	19,72	19,85	19,97	20,10	20,23	20,35	20,48
18	20,61	20,74	20,87	21,00	21,14	21,27	21,40	21,54	21,67	21,81
19	21,95	22,08	22,22	22,36	22,50	22,64	22,78	22,92	23,07	23,21
20	23,35	23,50	23,64	23,79	23,94	24,09	24,23	24,38	24,54	24,69
21	24,84	24,99	25,15	25,30	25,46	25,61	25,77	25,93	26,09	26,25
22	26,41	26,57	26,73	26,89	27,06	27,22	27,39	27,56	27,72	27,89
23	28,06	28,23	28,40	28,57	28,75	28,92	29,10	29,27	29,45	29,63
24	29,81	29,99	30,16	30,35	30,53	30,71	30,90	31,08	31,27	31,46
25	31,64	31,83	32,02	32,21	32,41	32,60	32,79	32,99	33,18	33,38
26	33,58	33,78	33,98	34,18	34,38	34,58	34,79	34,99	35,20	35,41
27	35,62	35,83	36,04	36,25	36,46	36,68	36,89	37,11	37,32	37,54
28	37,76	37,98	38,21	38,43	38,65	38,88	39,10	39,33	39,56	39,79
29	40,02	40,25	40,48	40,72	40,96	41,19	41,43	41,67	41,91	42,15
30	42,39	42,64	42,88	43,13	43,37	43,63	43,87	44,13	44,38	44,63
31	44,89	45,15	45,40	45,66	45,92	46,18	46,44	46,71	46,97	47,24
32	47,51	47,78	48,05	48,32	48,60	48,87	49,15	49,42	49,70	49,98
33	50,26	50,55	50,83	51,11	51,40	51,69	51,98	52,27	52,56	52,86
34	53,15	53,45	53,75	54,05	54,35	54,65	54,96	55,26	55,57	55,88
35	56,19	56,50	56,81	57,13	57,44	57,76	58,08	58,40	58,72	59,05
36	59,37	59,70	60,03	60,36	60,69	61,02	61,35	61,69	62,03	62,36
37	62,71	63,05	63,39	63,74	64,09	64,44	64,79	65,14	65,49	65,85
38	66,21	66,56	66,93	67,29	67,65	68,02	68,38	68,76	69,12	69,50
39	69,87	70,25	70,63	71,01	71,39	71,77	72,15	72,54	72,93	73,32
40	73,71	74,11	74,50	74,90	75,30	75,70	76,10	76,51	76,91	77,33
41	77,74	78,15	78,56	78,97	79,40	79,81	80,23	80,66	81,09	81,51
42	81,94	82,37	82,81	83,24	83,68	84,12	84,56	85,00	85,45	85,90
43	86,35	86,80	87,25	87,71	88,16	88,63	89,09	89,55	90,01	90,48
44	90,95	91,43	91,90	92,38	92,86	93,34	93,82	94,30	94,79	95,28
45	95,77	96,27	96,76	97,26	97,76	98,26	98,77	99,27	99,78	100,30
46	100,81	101,32	101,84	102,36	102,89	103,41	103,94	104,47	105,00	105,53
47	106,07	106,61	107,15	107,70	108,24	108,79	109,34	109,89	110,45	111,01
48	111,57	112,13	112,69	113,26	113,83	114,40	114,98	115,56	116,14	116,72
49	117,30	117,89	118,48	119,07	119,67	120,27	120,87	121,47	122,07	122,68
50	123,30	123,91	124,52	125,14	125,76	126,38	127,02	127,64	128,28	128,91
51	129,54	130,18	130,83	131,47	132,12	132,77	133,43	134,08	134,74	135,40
52	136,06	136,73	137,40	138,08	138,75	139,43	140,11	140,80	141,48	142,17
53	142,87	143,56	144,25	144,95	145,66	146,37	147,09	147,80	148,51	149,23
54	149,95	150,68	151,40	152,13	152,88	153,61	154,35	155,09	155,84	156,59
55	157,34	158,10	158,85	159,61	160,38	161,14	161,92	162,69	163,47	164,25
56	165,04	165,82	166,61	167,41	168,20	169,00	169,81	170,61	171,42	172,24
57	173,04	173,87	174,69	175,52	176,35	177,19	178,01	178,85	179,70	179,35
58	181,39	182,25	183,10	183,96	184,82	185,69	186,56	187,45	188,32	189,20
59	190,08	190,97	191,86	192,76	193,66	194,55	195,46	196,37	197,28	198,19
60	199,12	200,04	200,98	201,90	202,83	203,77	204,71	205,66	206,60	207,56
61	208,53	209,48	210,45	211,41	212,39	213,37	214,33	215,32	216,31	217,31
62	218,29	219,29	220,30	221,31	222,32	223,34	224,34	225,37	226,39	227,42
63	228,46	229,50	230,54	231,58	232,63	233,69	234,74	235,80	236,89	237,95
64	239,03	240,10	241,18	242,28	243,37	244,46	245,55	246,67	247,77	248,88
65	250,01	251,12	252,24	253,38	254,50	255,65	256,78	257,94	259,08	260,25
66	261,40	262,57	263,72	264,90	266,09	267,26	268,45	269,65	270,83	272,03
67	273,24	274,46	275,65	276,87	278,10	279,33	280,57	281,80	283,02	284,27
68	285,52	286,78	288,04	289,30	290,57	291,84	293,12	294,40	295,69	296,98
69	298,29	299,59	300,89	302,20	303,51	304,83	306,17	307,50	308,83	310,16
70	311,52	312,87	314,21	315,59	316,94	318,33	319,69	321,06	322,46	323,84
71	325,25	326,64	328,05	329,45	330,88	332,31	333,72	335,16	336,58	338,03
72	339,49	340,92	342,39	343,86	345,33	346,78	348,27	349,76	351,25	352,75
73	354,23	355,74	357,25	358,77	360,29	361,82	363,35	364,89	366,44	367,98
74	369,54	371,10	372,66	374,23	375,80	377,38	378,96	380,58	382,18	383,78
75	385,38	386,99	388,63	390,25	391,88	393,51	395,17	396,81	398,46	400,14
76	401,80	403,49	405,16	406,83	408,54	410,22	411,94	413,63	415,36	417,07
77	418,81	420,55	422,27	424,03	425,76	427,53	429,31	431,05	432,84	434,63
78	436,40	438,20	440,01	441,82	443,64	445,43	447,26	449,10	450,94	452,79
79	454,64	456,50	458,37	460,24	462,08	463,97	465,85	467,75	469,69	471,59
80	473,50	475,42	477,35	479,28	481,21	483,15	485,10	487,09	489,06	491,02
81	492,99	495,01	496,99	498,98	500,98	503,02	505,03	507,04	509,10	511,13
82	513,20	515,24	517,32	519,37	521,43	523,54	525,61	527,72	529,85	531,94
83	534,07	536,17	538,32	540,44	542,60	544,77	546,90	549,08	551,27	553,46
84	555,62	557,83	560,04	562,27	564,45	566,68	568,92	571,17	573,43	575,69
85	577,96	580,18	582,47	584,75	587,05	589,35	591,66	593,97	596,30	598,63
86	600,96	603,35	605,70	608,06	610,42	612,79	615,17	617,55	619,99	622,39
87	624,79	627,20	629,67	632,10	634,53	636,97	639,47	641,93	644,39	646,90
88	649,38	651,91	654,40	656,90	659,46	661,97	664,54	667,07	669,65	672,19
89	674,79	677,35	679,96	682,59	685,16	687,80	690,39	693,05	695,71	698,32
90	701,00	703,68	706,37	709,02	711,72	714,44	717,16	719,83	722,57	725,32
91	728,07	730,83	733,60	736,38	739,16	741,90	744,70	747,51	750,32	753,15
92	755,98	758,82	761,67	764,52	767,45	770,32	773,20	776,09	778,98	781,89
93	784,80	787,72	790,71	793,65	796,59	799,54	802,57	805,54	808,51	811,50
94	814,56	817,56	820,57	823,66	826,68	829,72	832,83	835,88	839,01	842,07
95	845,22	848,30	851,47	854,57	857,75	860,86	864,06	867,20	870,41	873,56
96	876,80	880,04	883,21	886,47	889,74	892,94	896,23	899,52	902,75	906,06
97	909,38	912,71	916,05	919,32	922,68	926,05	929,42	932,80	936,20	939,52
98	942,93	946,35	949,78	953,22	956,67	960,12	963,59	967,06	970,55	974,04
99	977,55	981,06	984,58	988,11	991,73	995,28	998,84	1002,41	1005,99	1009,58
100	1013,25									

Siedepunkt in Grad Celsius

mb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		−16,52	−12,90	−8,35	−5,02	−2,40	−0,21	+1,90	3,78	5,46
10	6,99	8,38	9,67	10,87	11,99	13,04	14,03	14,97	15,86	16,71
20	17,52	18,29	19,04	19,75	20,44	21,10	21,74	22,36	22,96	23,54
30	24,10	24,65	25,18	25,70	26,21	26,70	27,18	27,65	28,10	28,55
40	28,99	29,41	29,83	30,24	30,65	31,04	31,43	31,80	32,18	32,54
50	32,90	33,26	33,60	33,94	34,28	34,61	34,93	35,25	35,57	35,88
60	36,19	36,49	36,79	37,08	37,37	37,66	37,94	38,22	38,49	38,76
70	39,03	39,29	39,55	39,81	40,07	40,32	40,57	40,82	41,06	41,30
80	41,54	41,77	42,01	42,24	42,47	42,69	42,92	43,14	43,36	43,58
90	43,79	44,00	44,22	44,43	44,63	44,84	45,04	45,24	45,44	45,64
100	45,84	46,03	46,23	46,42	46,61	46,79	46,98	47,17	47,35	47,53
110	47,72	47,89	48,07	48,25	48,42	48,60	48,77	48,94	49,11	49,28
120	49,45	49,62	49,78	49,95	50,11	50,27	50,43	50,59	50,75	50,91
130	51,07	51,22	51,38	51,53	51,68	51,83	51,99	52,14	52,28	52,43
140	52,58	52,72	52,87	53,01	53,16	53,30	53,44	53,58	53,72	53,86
150	54,00	54,14	54,28	54,41	54,55	54,68	54,82	54,95	55,08	55,21
160	55,35	55,48	55,61	55,73	55,86	55,99	56,12	56,24	56,37	56,49
170	56,62	56,74	56,87	56,99	57,11	57,23	57,35	57,47	57,59	57,71
180	57,93	57,98	58,07	58,18	58,30	58,42	58,53	58,64	58,76	58,87
190	58,99	59,10	59,21	59,32	59,43	59,54	59,65	59,76	59,87	59,98
200	60,09	60,20	60,31	60,41	60,52	60,63	60,73	60,84	60,94	61,04
210	61,15	61,25	61,36	61,46	61,56	61,66	61,76	61,86	61,97	62,07
220	62,17	62,26	62,36	62,46	62,56	62,66	62,76	62,85	62,95	63,05
230	63,14	63,24	63,33	63,43	63,52	63,62	63,71	63,81	63,90	63,99
240	64,09	64,18	64,27	64,36	64,45	64,54	64,64	64,72	64,82	64,91
250	64,99	65,08	65,17	65,26	65,35	65,44	65,53	65,61	65,70	65,79
260	65,87	65,96	66,05	66,13	66,22	66,30	66,39	66,47	66,56	66,64
270	66,72	66,81	66,89	66,97	67,06	67,14	67,22	67,31	67,39	67,47
280	67,55	67,63	67,71	67,79	67,87	67,95	68,03	68,11	68,19	68,27
290	68,35	68,43	68,51	68,59	68,66	68,74	68,82	68,90	68,97	69,05
300	69,13	69,20	69,28	69,36	69,43	69,51	69,58	69,66	69,73	69,81
310	69,88	69,96	70,03	70,10	70,18	70,25	70,33	70,40	70,47	70,54
320	70,62	70,69	70,76	70,83	70,91	70,98	71,05	71,12	71,19	71,26
330	71,33	71,40	71,47	71,54	71,61	71,68	71,75	71,82	71,89	71,96
340	72,03	72,10	72,17	72,24	72,30	72,37	72,44	72,51	72,58	72,64
350	72,71	72,78	72,84	72,91	72,98	73,05	73,11	73,18	73,24	73,31
360	73,38	73,44	73,51	73,57	73,64	73,70	73,77	73,83	73,90	73,96
370	74,02	74,09	74,15	74,22	74,28	74,34	74,41	74,47	74,53	74,60
380	74,66	74,72	74,78	74,85	74,91	74,97	75,03	75,10	75,16	75,22
390	75,28	75,34	75,40	75,46	75,52	75,58	75,65	75,71	75,77	75,83
400	75,89	75,95	76,01	76,07	76,13	76,19	76,25	76,31	76,36	76,42
410	76,48	76,54	76,60	76,66	76,72	76,77	76,83	76,89	76,95	77,01
420	77,06	77,12	77,18	77,24	77,29	77,35	77,41	77,46	77,52	77,58
430	77,63	77,69	77,75	77,80	77,86	77,92	77,97	78,03	78,08	78,14
440	78,19	78,25	78,30	78,36	78,42	78,47	78,53	78,58	78,64	78,69
450	78,74	78,80	78,85	78,91	78,96	79,01	79,07	79,12	79,18	79,23
460	79,28	79,34	79,39	79,44	79,50	79,55	79,60	79,66	79,71	79,76
470	79,81	79,86	79,92	79,97	80,02	80,07	80,12	80,18	80,23	80,28
480	80,33	80,38	80,44	80,49	80,54	80,59	80,64	80,69	80,74	80,79
490	80,84	80,89	80,94	81,00	81,05	81,09	81,15	81,20	81,25	81,30
500	81,35	81,40	81,45	81,49	81,54	81,59	81,64	81,69	81,74	81,79
510	81,84	81,89	81,94	81,99	82,03	82,08	82,13	82,18	82,23	82,28
520	82,33	82,37	82,42	82,47	82,52	82,57	82,61	82,66	82,71	82,76
530	82,80	82,85	82,90	82,94	82,99	83,04	83,09	83,13	83,18	83,23
540	83,27	83,32	83,37	83,41	83,46	83,51	83,55	83,60	83,65	83,69
550	83,74	83,78	83,83	83,87	83,92	83,97	84,01	84,06	84,10	84,15
560	84,19	84,24	84,28	84,33	84,37	84,42	84,46	84,51	84,55	84,60
570	84,64	84,69	84,73	84,78	84,82	84,86	84,91	84,95	85,00	85,04
580	85,09	85,13	85,17	85,22	85,26	85,31	85,35	85,39	85,44	85,48
590	85,52	85,57	85,61	85,65	85,70	85,74	85,78	85,83	85,87	85,91
600	85,95	86,00	86,04	86,08	86,12	86,17	86,21	86,25	86,29	86,33
610	86,38	86,42	86,46	86,50	86,55	86,59	86,63	86,67	86,71	86,75
620	86,80	86,84	86,88	86,92	86,96	87,00	87,05	87,09	87,13	87,17
630	87,21	87,25	87,29	87,33	87,37	87,41	87,46	87,50	87,54	87,58
640	87,62	87,66	87,70	87,74	87,78	87,82	87,86	87,90	87,94	87,98
650	88,02	88,06	88,10	88,14	88,18	88,22	88,26	88,30	88,34	88,38
660	88,42	88,46	88,50	88,54	88,57	88,61	88,65	88,69	88,73	88,77
670	88,81	88,85	88,89	88,93	88,96	89,00	89,04	89,08	89,12	89,16
680	89,20	89,23	89,27	89,31	89,35	89,39	89,43	89,46	89,50	89,54
690	89,58	89,62	89,66	89,69	89,73	89,77	89,81	89,84	89,88	89,92
700	89,96	90,00	90,03	90,07	90,11	90,14	90,18	90,22	90,26	90,29
710	90,33	90,37	90,41	90,44	90,48	90,52	90,55	90,59	90,63	90,66
720	90,70	90,74	90,77	90,81	90,85	90,88	90,92	90,96	90,99	91,03
730	91,06	91,10	91,14	91,17	91,21	91,25	91,28	91,32	91,35	91,39
740	91,43	91,46	91,50	91,53	91,57	91,61	91,64	91,68	91,71	91,75
750	91,78	91,82	91,85	91,89	91,93	91,96	92,00	92,03	92,07	92,10
760	92,14	92,17	92,21	92,24	92,28	92,31	92,35	92,38	92,41	92,45
770	92,48	92,52	92,55	92,59	92,62	92,66	92,69	92,73	92,76	92,80
780	92,83	92,86	92,90	92,93	92,97	93,00	93,04	93,07	93,10	93,14
790	93,17	93,20	93,24	93,27	93,31	93,34	93,37	93,41	93,44	93,48
800	93,51	93,54	93,58	93,61	93,64	93,68	93,71	93,74	93,78	93,81
810	93,84	93,88	93,91	93,94	93,98	94,01	94,04	94,08	94,11	94,14
820	94,18	94,21	94,24	94,27	94,31	94,34	94,37	94,41	94,44	94,47
830	94,50	94,54	94,57	94,60	94,63	94,67	94,70	94,73	94,76	94,79
840	94,83	94,86	94,89	94,92	94,96	94,99	95,02	95,05	95,09	95,12
850	95,15	95,18	95,21	95,24	95,28	95,31	95,34	95,37	95,40	95,44
860	95,47	95,50	95,53	95,56	95,59	95,62	95,66	95,69	95,72	95,75
870	95,78	95,81	95,85	95,88	95,91	95,94	95,97	96,00	96,03	96,06
880	96,09	96,13	96,16	96,19	96,22	96,25	96,28	96,31	96,34	96,37
890	96,40	96,43	96,47	96,50	96,53	96,56	96,59	96,62	96,65	96,68
900	96,71	96,74	96,77	96,80	96,83	96,86	96,89	96,92	96,95	96,98
910	97,01	97,04	97,07	97,10	97,13	97,16	97,19	97,22	97,25	97,29
920	97,32	97,34	97,37	97,40	97,43	97,46	97,49	97,52	97,55	97,58
930	97,61	97,64	97,67	97,70	97,73	97,76	97,79	97,82	97,85	97,88
940	97,91	97,94	97,97	98,00	98,03	98,06	98,08	98,11	98,14	98,17
950	98,20	98,23	98,26	98,29	98,32	98,35	98,38	98,40	98,43	98,46
960	98,49	98,52	98,55	98,58	98,61	98,64	98,66	98,69	98,72	98,75
970	98,78	98,81	98,84	98,87	98,89	98,92	98,95	98,98	99,01	99,04
980	99,06	99,09	99,12	99,15	99,18	99,21	99,24	99,26	99,29	99,32
990	99,35	99,37	99,40	99,43	99,46	99,49	99,52	99,54	99,57	99,60
1000	99,63									

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Umrechnung* von wasserdampfgesättigten Gasvolumen auf Größe bei Körpertemperatur (37° C) 490—780 Torr

Diese Tafel gibt die Faktoren zur Umrechnung von Spirometer- auf Lungenwerte. Die Umrechnungsfaktoren wurden errechnet nach der Formel

$$f = \frac{(p - p_{t\,H_2O})\,(1 + 37\alpha)}{(p - p_{37°\,H_2O})\,(1 + \alpha t)}$$

wobei: p = aktueller Druck im Spirometervolumen

$p_{t\,H_2O}$ und $p_{37°\,H_2O}$ = Wasserdampfdruck bei der aktuellen Temperatur im Spirometervolumen und bei 37 °C in der Lunge

α = kubischer Ausdehnungskoeffizient der Luft pro °C (vgl. S. 263)

°C = Temperatur, Torr = Druck des umzurechnenden Gases

Torr	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630
°C															
0	1,2447	1,2423	1,2400	1,2378	1,2357	1,2337	1,2317	1,2299	1,2281	1,2263	1,2247	1,2231	1,2215	1,2200	1,2186
1	2393	2369	2347	2325	2304	2284	2265	2246	2228	2211	2195	2179	2164	2149	2134
2	2339	2315	2293	2271	2250	2231	2212	2193	2176	2159	2143	2127	2112	2097	2083
3	2284	2261	2239	2217	2197	2177	2159	2141	2123	2107	2091	2075	2060	2046	2032
4	2229	2206	2184	2163	2143	2124	2105	2088	2071	2054	2038	2023	2008	1994	1980
5	1,2174	1,2151	1,2130	1,2109	1,2089	1,2070	1,2052	1,2034	1,2018	1,2001	1,1986	1,1971	1,1956	1,1942	1,1929
6	2118	2096	2075	2054	2035	2016	1998	1981	1964	1948	1933	1918	1904	1890	1877
7	2062	2041	2020	2000	1980	1962	1944	1927	1911	1895	1880	1866	1852	1838	1825
8	2006	1985	1964	1944	1926	1907	1890	1873	1857	1842	1827	1813	1799	1786	1773
9	1949	1928	1908	1889	1870	1853	1836	1819	1803	1788	1774	1760	1746	1733	1720
10	1,1892	1,1872	1,1852	1,1833	1,1815	1,1797	1,1781	1,1764	1,1749	1,1734	1,1720	1,1706	1,1693	1,1680	1,1667
11	1835	1814	1795	1776	1759	1742	1725	1709	1694	1680	1666	1652	1639	1627	1614
12	1777	1757	1738	1720	1702	1685	1669	1654	1639	1625	1611	1598	1585	1573	1561
13	1718	1698	1680	1662	1645	1629	1613	1598	1584	1570	1556	1543	1531	1519	1507
14	1658	1640	1622	1604	1588	1572	1556	1542	1528	1514	1501	1488	1476	1464	1453
15	1,1598	1,1580	1,1562	1,1546	1,1529	1,1514	1,1499	1,1485	1,1471	1,1458	1,1445	1,1433	1,1421	1,1409	1,1398
16	1538	1520	1503	1486	1471	1456	1441	1427	1414	1401	1389	1377	1365	1354	1343
17	1476	1459	1442	1426	1411	1397	1383	1369	1356	1344	1332	1320	1309	1298	1288
18	1414	1397	1381	1366	1351	1337	1323	1310	1298	1286	1274	1263	1252	1242	1232
19	1351	1335	1319	1304	1290	1276	1263	1251	1239	1227	1216	1205	1195	1184	1175
20	1,1287	1,1271	1,1256	1,1242	1,1228	1,1215	1,1203	1,1191	1,1179	1,1168	1,1157	1,1146	1,1136	1,1127	1,1117
21	1221	1207	1193	1179	1166	1153	1141	1129	1118	1108	1097	1087	1078	1068	1059
22	1156	1141	1128	1115	1102	1090	1079	1068	1057	1047	1037	1027	1018	1009	1001
23	1089	1075	1062	1050	1038	1026	1015	1005	0995	0985	0975	0966	0958	0949	0941
24	1020	1008	0995	0983	0972	0961	0951	0941	0931	0922	0913	0905	0896	0888	0881
25	1,0951	1,0939	1,0927	1,0916	1,0906	1,0895	1,0886	1,0876	1,0867	1,0859	1,0850	1,0842	1,0834	1,0827	1,0819
26	0880	0869	0858	0848	0838	0828	0819	0810	0802	0794	0786	0778	0771	0764	0757
27	0808	0798	0788	0778	0769	0760	0752	0744	0736	0728	0721	0714	0707	0701	0694
28	0735	0725	0716	0707	0699	0691	0683	0675	0668	0661	0655	0648	0642	0636	0630
29	0660	0651	0643	0635	0627	0620	0613	0606	0600	0593	0587	0581	0576	0570	0565
30	1,0584	1,0576	1,0568	1,0561	1,0554	1,0548	1,0542	1,0536	1,0530	1,0524	1,0519	1,0514	1,0509	1,0504	1,0499
31	0506	0499	0492	0486	0480	0474	0469	0464	0459	0454	0449	0444	0440	0436	0432
32	0426	0420	0415	0409	0404	0399	0395	0390	0386	0382	0378	0374	0370	0367	0363
33	0345	0340	0335	0331	0327	0323	0319	0315	0312	0309	0304	0302	0299	0296	0293
34	0261	0258	0254	0251	0248	0245	0242	0239	0236	0234	0231	0229	0227	0224	0222
35	1,0176	1,0174	1,0171	1,0169	1,0167	1,0165	1,0163	1,0161	1,0159	1,0157	1,0156	1,0154	1,0153	1,0151	1,0150
36	0089	0088	0087	0086	0084	0083	0082	0081	0081	0080	0079	0078	0077	0076	0076

Torr	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780
°C															
0	1,2172	1,2158	1,2145	1,2133	1,2120	1,2109	1,2097	1,2086	1,2075	1,2065	1,2054	1,2045	1,2035	1,2025	1,2016
1	2121	2107	2094	2082	2070	2058	2047	2036	2025	2015	2005	1995	1985	1976	1967
2	2070	2056	2044	2031	2019	2008	1997	1986	1975	1965	1955	1945	1936	1927	1918
3	2018	2005	1993	1981	1969	1957	1946	1936	1925	1915	1905	1896	1886	1877	1869
4	1967	1954	1942	1930	1918	1907	1896	1885	1875	1865	1855	1846	1837	1828	1819
5	1,1916	1,1903	1,1891	1,1879	1,1867	1,1856	1,1846	1,1835	1,1825	1,1815	1,1806	1,1796	1,1787	1,1778	1,1770
6	1864	1852	1840	1828	1817	1806	1795	1785	1775	1765	1756	1746	1738	1729	1721
7	1812	1800	1788	1777	1765	1755	1744	1734	1724	1715	1706	1697	1688	1679	1671
8	1760	1748	1736	1725	1714	1704	1693	1683	1674	1664	1655	1647	1638	1630	1621
9	1708	1696	1685	1674	1663	1652	1642	1633	1623	1614	1605	1596	1588	1580	1572
10	1,1655	1,1644	1,1633	1,1622	1,1611	1,1601	1,1591	1,1582	1,1572	1,1563	1,1554	1,1546	1,1538	1,1530	1,1522
11	1603	1591	1580	1570	1559	1549	1540	1530	1521	1512	1504	1495	1487	1479	1472
12	1549	1538	1528	1517	1507	1497	1488	1479	1470	1461	1453	1444	1437	1429	1421
13	1496	1485	1475	1464	1455	1445	1436	1427	1418	1410	1401	1393	1386	1378	1371
14	1442	1431	1421	1411	1402	1392	1383	1375	1366	1358	1350	1342	1334	1327	1320
15	1,1388	1,1377	1,1367	1,1358	1,1348	1,1339	1,1331	1,1322	1,1314	1,1306	1,1298	1,1290	1,1283	1,1276	1,1269
16	1333	1323	1313	1304	1295	1286	1277	1269	1261	1253	1246	1238	1231	1224	1217
17	1278	1268	1258	1249	1241	1232	1224	1216	1208	1200	1193	1186	1179	1172	1166
18	1222	1212	1203	1194	1186	1178	1170	1162	1154	1147	1140	1133	1126	1120	1113
19	1165	1156	1147	1139	1131	1123	1115	1108	1100	1093	1086	1080	1073	1067	1061
20	1,1108	1,1100	1,1091	1,1083	1,1075	1,1067	1,1060	1,1053	1,1046	1,1039	1,1032	1,1026	1,1020	1,1014	1,1008
21	1051	1042	1034	1026	1019	1011	1004	0997	0991	0984	0978	0972	0966	0960	0954
22	0992	0984	0976	0969	0962	0955	0948	0941	0935	0929	0923	0917	0911	0905	0900
23	0933	0926	0918	0911	0904	0897	0891	0885	0879	0873	0867	0861	0856	0851	0845
24	0873	0866	0859	0852	0846	0839	0833	0827	0822	0816	0810	0805	0800	0795	0790
25	1,0812	1,0806	1,0799	1,0793	1,0787	1,0781	1,0775	1,0769	1,0764	1,0759	1,0753	1,0748	1,0744	1,0739	1,0734
26	0751	0744	0738	0732	0727	0721	0716	0710	0705	0700	0696	0691	0686	0682	0678
27	0688	0682	0677	0671	0666	0661	0656	0651	0646	0642	0637	0633	0629	0625	0621
28	0625	0619	0614	0609	0604	0599	0595	0590	0586	0582	0578	0574	0570	0566	0563
29	0560	0555	0551	0546	0542	0537	0533	0529	0525	0521	0518	0514	0511	0507	0504
30	1,0495	1,0490	1,0486	1,0482	1,0478	1,0474	1,0470	1,0467	1,0463	1,0460	1,0457	1,0453	1,0450	1,0447	1,0444
31	0428	0424	0420	0417	0413	0410	0407	0403	0400	0397	0395	0392	0389	0386	0384
32	0360	0357	0353	0350	0347	0345	0342	0339	0337	0334	0332	0329	0327	0325	0322
33	0291	0288	0285	0283	0280	0278	0276	0274	0272	0270	0268	0266	0264	0262	0260
34	0220	0218	0216	0214	0212	0211	0209	0207	0206	0204	0202	0201	0199	0198	0197
35	1,0148	1,0147	1,0145	1,0144	1,0143	1,0142	1,0141	1,0139	1,0138	1,0137	1,0136	1,0135	1,0134	1,0133	1,0132
36	0075	0074	0073	0073	0072	0072	0071	0070	0070	0069	0069	0068	0068	0067	0067

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Im folgenden kann an Stelle von «Luft» ohne großen Fehler irgendein Gas angenommen werden. Vgl. Spalte rechts unter *Bemerkungen*.

Torr = Werte in der obersten waagrechten Zeile = aktueller Druck in Torricelli (mm Hg) innerhalb eines Luftvolumens unter entsprechenden Bedingungen (Temperatur, trocken oder wasserdampfgesättigt). Unter vielen Meßbedingungen entspricht dieser Druck dem atmosphärischen Druck, der am Barometer abzulesen ist, unter Zufügung einer Korrektur für Temperatur. Die Korrektur für den Wasserdampfdruck bei Wasserdampfsättigung der gemessenen Luft ist in dieser Tabelle schon eingerechnet (vgl. weiter unten unter *feucht*). Umrechnung von Millibar in Torricelli und umgekehrt vgl. S. 170.

°C = Werte in der ersten senkrechten Kolonne = aktuelle Temperatur in Grad Celsius innerhalb eines Luftvolumens unter entsprechenden Bedingungen (Druck, trocken oder wasserdampfgesättigt).

trocken = Faktor zur Umrechnung einer unter entsprechenden Bedingungen (Temperatur, Druck) gemessenen *trockenen* Luftmenge auf *Normvolumen* (0 °C, 760 Torr, trocken). Gasnormwerte sind mit der Abkürzung NTP (normal temperature and pressure) zu kennzeichnen. Von amerikanischen Lungenspezialisten ist dafür der unglückliche Ausdruck STPD (standard temperature and pressure, dry) vorgeschlagen worden, der in der medizinischen Literatur teilweise verbreitet ist.

feucht = Faktor zur Umrechnung einer unter entsprechenden Bedingungen (Temperatur, Druck) gemessenen *wasserdampfgesättigten* Luftmenge auf *Normvolumen* (0 °C, 760 Torr, trocken). Wasserdampfsättigung kann angenommen werden, wenn sich die gemessene Luft mit Wasser in Kontakt befindet. Auch die Luft in der Lunge und die Ausatmungsluft wie auch die Spirometerluft (falls sie nicht getrocknet wird) können als wasserdampfgesättigt angesehen werden. Über den Druck des gesättigten Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen vgl. S. 259–261.

Anwendung

A. Umrechnung eines gemessenen Volumens auf Normvolumen

Gesuchtes Normvolumen = gemessenes Volumen multipliziert mit dem der Meßsituation (Temperatur, Druck, trocken oder wasserdampfgesättigt) entsprechenden Umrechnungsfaktor.

Beispiele:

1. Wie groß ist das Normvolumen einer bei 712 Torr und 25 °C gemessenen trockenen Luftmenge von 1,6 Litern? Gesuchtes Normvolumen = 1,6 × 0,8581 = 1,3730 Liter (NTP).

2. Wie groß ist das Normvolumen einer bei 712 Torr und 25 °C gemessenen wasserdampfgesättigten Luftmenge von 1,6 Litern? Gesuchtes Normvolumen = 1,6 × 0,8295 = 1,3272 Liter (NTP). Diesem Rechnungsvorgang entspricht die Umrechnung von Spirometerwerten auf Normbedingungen.

B. Umrechnung eines gemessenen Volumens auf eine andere Situation

Gesuchtes Volumen = gemessenes Volumen multipliziert mit dem Umrechnungsfaktor für Normvolumen, der der Situation des gemessenen Volumens entspricht (Temperatur, Druck, trocken oder wasserdampfgesättigt), dividiert durch den Umrechnungsfaktor für Normvolumen, der der Situation des gesuchten Volumens entspricht (Temperatur, Druck, Wasserdampfsättigung).

Beispiele:

1. Welches Volumen nimmt eine bei 25 °C, 730 Torr, mit Wasser in Kontakt stehende Luftmenge von 1,6 Litern ein, wenn sie bei gleichem Druck (isobar) auf 37 °C erwärmt wird? Gesuchtes Volumen = 1,6 × 0,8512/0,7912 = 1,7213 Liter. Dieser Rechnungsvorgang entspricht der Umrechnung von Spirometerwerten auf Lungenwerte. Gasvolumen, die der Lungensituation (37 °C, Umgebungsdruck, wasserdampfgesättigt) entsprechen, werden in der medizinischen Literatur nach amerikanischen Vorschlägen oft mit BTPS gekennzeichnet (body temperature and pressure, saturated). – Umrechnungsfaktoren von Spirometer- auf Lungenwerte finden sich auf S. 262.

2. Welches Volumen nimmt eine bei 0 °C und 600 Torr gemessene trockene Luftmenge von 1,6 Litern ein, wenn sie auf 25 °C erwärmt, bei dieser Temperatur mit Wasserdampf gesättigt und auf 760 Torr komprimiert wird? Gesuchtes Volumen = 1,6 × 0,7895/0,8873 = 1,4236 Liter.

Bemerkungen

Der Tabelle sind folgende Formeln zugrunde gelegt:

$$\text{Umrechnungsfaktor auf Normvolumen } (\textit{trocken}) = \frac{p}{760(1+\alpha t)};\quad \text{Umrechnungsfaktor auf Normvolumen } (\textit{feucht}) = \frac{p-p_{H_2O}}{760(1+\alpha t)}$$

p, t = Druck und Temperatur in Torr und °C innerhalb des gemessenen Luftvolumens.

p_{H_2O} = Druck des gesättigten Wasserdampfes bei der Temperatur t (vgl. S. 259–261).

α = kubischer Wärmeausdehnungskoeffizient für Luft zwischen 0 und 100 °C und bei einem gleichbleibenden Druck von 760 Torr (isobarer Ausdehnungskoeffizient). Er beträgt nach Regnault (1842) 0,003 670 pro °C. Unter gleichen Bedingungen beträgt er für ein ideales Gas 0,003 661 (= 1/273,**15**), für Stickstoff 0,003 671, für Kohlenmonoxyd 0,003 669, für Kohlendioxyd 0,003 723, für Acetylen 0,003 739 usw. Wie man sieht, bleibt der Fehler klein, wenn man die für Luft korrekten Umrechnungsfaktoren für irgendwelche Gase verwendet.

Die Berechnung der Tabelle wurde so durchgeführt, daß die 4. Stelle nach dem Komma nach obigen Formeln korrekt ist, wobei die 5. Stelle nach dem Komma die Auf- oder Abrundung entschied. Differenzen zu anderen Tabellen, zum Beispiel im *Handbook of Chemistry and Physics*, erklären sich dadurch, daß dort andere Ausdehnungskoeffizienten oder aufgerundete Werte der Berechnung zugrunde gelegt wurden.

Torr	600		601		602		603		604		605		606		607		608		609	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,7895	*0,7834*	0,7908	*0,7848*	0,7921	*0,7861*	0,7934	*0,7874*	0,7947	*0,7887*	0,7961	*0,7900*	0,7974	*0,7913*	0,7987	*0,7927*	0,8000	*0,7940*	0,8013	*0,7953*
1	7866	*7801*	7879	*7814*	7892	*7828*	7905	*7841*	7918	*7854*	7931	*7867*	7945	*7880*	7958	*7893*	7971	*7906*	7984	*7919*
2	7837	*7768*	7850	*7781*	7863	*7794*	7876	*7807*	7889	*7820*	7903	*7833*	7916	*7846*	7929	*7859*	7942	*7873*	7955	*7886*
3	7809	*7735*	7822	*7748*	7835	*7761*	7848	*7774*	7861	*7787*	7874	*7800*	7887	*7813*	7900	*7826*	7913	*7839*	7926	*7852*
4	7781	*7701*	7793	*7714*	7806	*7727*	7819	*7740*	7832	*7753*	7845	*7766*	7858	*7779*	7871	*7792*	7884	*7805*	7897	*7818*
5	0,7752	*0,7668*	0,7765	*0,7681*	0,7778	*0,7694*	0,7791	*0,7707*	0,7804	*0,7720*	0,7817	*0,7733*	0,7830	*0,7745*	0,7843	*0,7758*	0,7856	*0,7771*	0,7869	*0,7784*
6	7725	*7634*	7738	*7647*	7750	*7660*	7763	*7673*	7776	*7686*	7789	*7699*	7802	*7712*	7815	*7724*	7828	*7737*	7841	*7750*
7	7697	*7601*	7710	*7613*	7723	*7626*	7735	*7639*	7748	*7652*	7761	*7665*	7774	*7678*	7787	*7690*	7800	*7703*	7812	*7716*
8	7670	*7567*	7682	*7580*	7695	*7592*	7708	*7605*	7721	*7618*	7733	*7631*	7746	*7643*	7759	*7656*	7772	*7669*	7785	*7682*
9	7642	*7533*	7655	*7545*	7668	*7558*	7681	*7571*	7693	*7584*	7706	*7596*	7719	*7609*	7731	*7622*	7744	*7635*	7757	*7647*
10	0,7615	*0,7498*	0,7628	*0,7511*	0,7641	*0,7524*	0,7653	*0,7536*	0,7666	*0,7549*	0,7679	*0,7562*	0,7691	*0,7575*	0,7704	*0,7587*	0,7717	*0,7600*	0,7729	*0,7613*
11	7588	*7464*	7601	*7477*	7614	*7489*	7626	*7502*	7639	*7514*	7652	*7527*	7664	*7540*	7677	*7552*	7690	*7565*	7702	*7578*
12	7562	*7429*	7574	*7442*	7587	*7454*	7600	*7467*	7612	*7480*	7625	*7492*	7637	*7505*	7650	*7517*	7663	*7530*	7675	*7543*
13	7535	*7394*	7548	*7407*	7560	*7419*	7573	*7432*	7585	*7444*	7598	*7457*	7611	*7470*	7623	*7482*	7636	*7495*	7648	*7507*
14	7509	*7359*	7521	*7371*	7534	*7384*	7546	*7396*	7559	*7409*	7572	*7421*	7584	*7434*	7597	*7447*	7609	*7459*	7622	*7472*
15	0,7483	*0,7323*	0,7495	*0,7336*	0,7508	*0,7348*	0,7520	*0,7361*	0,7533	*0,7373*	0,7545	*0,7386*	0,7558	*0,7398*	0,7570	*0,7411*	0,7583	*0,7423*	0,7595	*0,7436*
16	7457	*7287*	7469	*7300*	7482	*7312*	7494	*7325*	7507	*7337*	7519	*7350*	7531	*7362*	7544	*7374*	7556	*7387*	7569	*7399*
17	7431	*7251*	7443	*7264*	7456	*7276*	7468	*7288*	7481	*7301*	7493	*7313*	7505	*7325*	7518	*7338*	7530	*7350*	7543	*7363*
18	7406	*7215*	7418	*7227*	7430	*7239*	7443	*7252*	7455	*7264*	7467	*7276*	7480	*7289*	7492	*7301*	7504	*7313*	7517	*7326*
19	7380	*7177*	7392	*7190*	7405	*7202*	7417	*7214*	7429	*7227*	7442	*7239*	7454	*7251*	7466	*7264*	7479	*7276*	7491	*7288*
20	0,7355	*0,7140*	0,7367	*0,7152*	0,7379	*0,7164*	0,7392	*0,7177*	0,7404	*0,7189*	0,7416	*0,7201*	0,7428	*0,7213*	0,7441	*0,7226*	0,7453	*0,7238*	0,7465	*0,7250*
21	7330	*7102*	7342	*7114*	7354	*7126*	7366	*7139*	7379	*7151*	7391	*7163*	7403	*7175*	7415	*7188*	7428	*7200*	7440	*7212*
22	7305	*7064*	7317	*7076*	7329	*7088*	7341	*7100*	7354	*7112*	7366	*7124*	7378	*7137*	7390	*7149*	7402	*7161*	7415	*7173*
23	7280	*7025*	7292	*7037*	7304	*7049*	7317	*7061*	7329	*7073*	7341	*7085*	7353	*7097*	7365	*7110*	7377	*7122*	7389	*7134*
24	7256	*6985*	7268	*6997*	7280	*7009*	7292	*7021*	7304	*7033*	7316	*7046*	7328	*7058*	7340	*7070*	7352	*7082*	7364	*7094*
25	0,7231	*0,6945*	0,7243	*0,6957*	0,7255	*0,6969*	0,7267	*0,6981*	0,7279	*0,6993*	0,7292	*0,7005*	0,7304	*0,7017*	0,7316	*0,7029*	0,7328	*0,7041*	0,7340	*0,7053*
26	7207	*6904*	7219	*6916*	7231	*6928*	7243	*6940*	7255	*6952*	7267	*6964*	7279	*6976*	7291	*6988*	7303	*7000*	7315	*7012*
27	7183	*6863*	7195	*6875*	7207	*6887*	7219	*6899*	7231	*6911*	7243	*6923*	7255	*6935*	7267	*6947*	7279	*6959*	7291	*6971*
28	7159	*6821*	7171	*6833*	7183	*6845*	7195	*6857*	7207	*6869*	7219	*6880*	7231	*6892*	7243	*6904*	7255	*6916*	7266	*6928*
29	7135	*6778*	7147	*6790*	7159	*6802*	7171	*6814*	7183	*6826*	7195	*6838*	7207	*6849*	7219	*6861*	7230	*6873*	7242	*6885*
30	0,7112	*0,6735*	0,7124	*0,6746*	0,7135	*0,6758*	0,7147	*0,6770*	0,7159	*0,6782*	0,7171	*0,6794*	0,7183	*0,6806*	0,7195	*0,6817*	0,7207	*0,6829*	0,7218	*0,6841*
31	7088	*6690*	7100	*6702*	7112	*6714*	7124	*6726*	7136	*6737*	7147	*6749*	7159	*6761*	7171	*6773*	7183	*6785*	7195	*6797*
32	7065	*6645*	7077	*6657*	7089	*6669*	7100	*6680*	7112	*6692*	7124	*6704*	7136	*6716*	7147	*6728*	7159	*6739*	7171	*6751*
33	7042	*6599*	7054	*6611*	7065	*6623*	7077	*6634*	7089	*6646*	7101	*6658*	7112	*6670*	7124	*6681*	7136	*6693*	7148	*6705*
34	7019	*6552*	7031	*6564*	7042	*6576*	7054	*6587*	7066	*6599*	7077	*6611*	7089	*6622*	7101	*6634*	7113	*6646*	7124	*6657*
35	0,6996	*0,6504*	0,7008	*0,6516*	0,7019	*0,6528*	0,7031	*0,6539*	0,7043	*0,6551*	0,7054	*0,6563*	0,7066	*0,6574*	0,7078	*0,6586*	0,7089	*0,6598*	0,7101	*0,6609*
36	6973	*6455*	6985	*6467*	6997	*6479*	7008	*6490*	7020	*6502*	7032	*6514*	7043	*6525*	7055	*6537*	7066	*6548*	7078	*6560*
37	6951	*6406*	6962	*6417*	6974	*6429*	6986	*6440*	6997	*6452*	7009	*6464*	7020	*6475*	7032	*6487*	7044	*6498*	7055	*6510*
38	6928	*6355*	6940	*6366*	6952	*6378*	6963	*6389*	6975	*6401*	6986	*6412*	6998	*6424*	7009	*6436*	7021	*6447*	7032	*6459*
39	6906	*6303*	6918	*6314*	6929	*6326*	6941	*6337*	6952	*6349*	6964	*6360*	6975	*6372*	6987	*6383*	6998	*6395*	7010	*6406*
40	0,6884	*0,6249*	0,6896	*0,6261*	0,6907	*0,6272*	0,6919	*0,6284*	0,6930	*0,6295*	0,6942	*0,6307*	0,6953	*0,6318*	0,6964	*0,6330*	0,6976	*0,6341*	0,6987	*0,6353*
41	6862	*6195*	6874	*6206*	6885	*6218*	6896	*6229*	6908	*6241*	6919	*6252*	6931	*6264*	6942	*6275*	6954	*6286*	6965	*6298*
42	6840	*6139*	6852	*6151*	6863	*6162*	6875	*6173*	6886	*6185*	6897	*6196*	6909	*6208*	6920	*6219*	6932	*6230*	6943	*6242*

* Nachdruck der Seiten 263–272 nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Torr	610		611		612		613		614		615		616		617		618		619	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,8026	*0,7966*	0,8039	*0,7979*	0,8053	*0,7992*	0,8066	*0,8006*	0,8079	*0,8019*	0,8092	*0,8032*	0,8105	*0,8045*	0,8118	*0,8058*	0,8132	*0,8071*	0,8145	*0,8084*
1	7997	*7932*	8010	*7945*	8023	*7959*	8036	*7972*	8049	*7985*	8063	*7998*	8076	*8011*	8089	*8024*	8102	*8037*	8115	*8050*
2	7968	*7899*	7981	*7912*	7994	*7925*	8007	*7938*	8020	*7951*	8033	*7964*	8046	*7977*	8059	*7990*	8072	*8003*	8085	*8016*
3	7939	*7865*	7952	*7878*	7965	*7891*	7978	*7904*	7991	*7917*	8004	*7930*	8017	*7943*	8030	*7956*	8043	*7969*	8056	*7982*
4	7910	*7831*	7923	*7844*	7936	*7857*	7949	*7870*	7962	*7883*	7975	*7896*	7988	*7909*	8001	*7922*	8014	*7935*	8027	*7948*
5	0,7882	*0,7797*	0,7895	*0,7810*	0,7908	*0,7823*	0,7920	*0,7836*	0,7933	*0,7849*	0,7946	*0,7862*	0,7959	*0,7875*	0,7972	*0,7888*	0,7985	*0,7901*	0,7998	*0,7913*
6	7853	*7763*	7866	*7776*	7879	*7789*	7892	*7802*	7905	*7815*	7918	*7827*	7931	*7840*	7944	*7853*	7956	*7866*	7969	*7879*
7	7825	*7729*	7838	*7742*	7851	*7755*	7864	*7767*	7877	*7780*	7889	*7793*	7902	*7806*	7915	*7819*	7928	*7832*	7941	*7844*
8	7797	*7695*	7810	*7707*	7823	*7720*	7836	*7733*	7849	*7746*	7861	*7758*	7874	*7771*	7887	*7784*	7900	*7797*	7912	*7810*
9	7770	*7660*	7782	*7673*	7795	*7686*	7808	*7698*	7821	*7711*	7833	*7724*	7846	*7736*	7859	*7749*	7872	*7762*	7884	*7775*
10	0,7742	*0,7625*	0,7755	*0,7638*	0,7768	*0,7651*	0,7780	*0,7663*	0,7793	*0,7676*	0,7806	*0,7689*	0,7818	*0,7701*	0,7831	*0,7714*	0,7844	*0,7727*	0,7856	*0,7740*
11	7715	*7590*	7728	*7603*	7740	*7616*	7753	*7628*	7765	*7641*	7778	*7654*	7791	*7666*	7803	*7679*	7816	*7692*	7829	*7704*
12	7688	*7555*	7700	*7568*	7713	*7580*	7726	*7593*	7738	*7606*	7751	*7618*	7763	*7631*	7776	*7643*	7789	*7656*	7801	*7669*
13	7661	*7520*	7673	*7532*	7686	*7545*	7698	*7557*	7711	*7570*	7724	*7583*	7736	*7595*	7749	*7608*	7761	*7620*	7774	*7633*
14	7634	*7484*	7647	*7497*	7659	*7509*	7672	*7522*	7684	*7534*	7697	*7547*	7709	*7559*	7722	*7572*	7734	*7584*	7747	*7597*
15	0,7608	*0,7448*	0,7620	*0,7461*	0,7632	*0,7473*	0,7645	*0,7485*	0,7657	*0,7498*	0,7670	*0,7510*	0,7682	*0,7523*	0,7695	*0,7535*	0,7707	*0,7548*	0,7720	*0,7560*
16	7581	*7412*	7594	*7424*	7606	*7437*	7618	*7449*	7631	*7461*	7643	*7474*	7656	*7486*	7668	*7499*	7681	*7511*	7693	*7524*
17	7555	*7375*	7567	*7387*	7580	*7400*	7592	*7412*	7605	*7425*	7617	*7437*	7629	*7449*	7642	*7462*	7654	*7474*	7666	*7486*
18	7529	*7338*	7541	*7350*	7554	*7363*	7566	*7375*	7578	*7387*	7591	*7400*	7603	*7412*	7615	*7424*	7628	*7437*	7640	*7449*
19	7503	*7300*	7515	*7313*	7528	*7325*	7540	*7337*	7552	*7350*	7565	*7362*	7577	*7374*	7589	*7387*	7602	*7399*	7614	*7411*
20	0,7477	*0,7263*	0,7490	*0,7275*	0,7502	*0,7287*	0,7514	*0,7299*	0,7527	*0,7312*	0,7539	*0,7324*	0,7551	*0,7336*	0,7563	*0,7348*	0,7576	*0,7361*	0,7588	*0,7373*
21	7452	*7224*	7464	*7236*	7476	*7249*	7489	*7261*	7501	*7273*	7513	*7285*	7525	*7297*	7538	*7310*	7550	*7322*	7562	*7334*
22	7427	*7185*	7439	*7197*	7451	*7210*	7463	*7222*	7475	*7234*	7488	*7246*	7500	*7258*	7512	*7271*	7524	*7283*	7536	*7295*
23	7402	*7146*	7414	*7158*	7426	*7170*	7438	*7182*	7450	*7194*	7462	*7207*	7474	*7219*	7486	*7231*	7499	*7243*	7511	*7255*
24	7377	*7106*	7389	*7118*	7401	*7130*	7413	*7142*	7425	*7154*	7437	*7166*	7449	*7179*	7461	*7191*	7473	*7203*	7485	*7215*
25	0,7352	*0,7065*	0,7364	*0,7078*	0,7376	*0,7090*	0,7388	*0,7102*	0,7400	*0,7114*	0,7412	*0,7126*	0,7424	*0,7138*	0,7436	*0,7150*	0,7448	*0,7162*	0,7460	*0,7174*
26	7327	*7024*	7339	*7036*	7351	*7048*	7363	*7060*	7375	*7072*	7387	*7084*	7399	*7096*	7411	*7108*	7423	*7120*	7435	*7132*
27	7303	*6983*	7315	*6995*	7327	*7007*	7339	*7018*	7351	*7030*	7363	*7042*	7375	*7054*	7386	*7066*	7398	*7078*	7410	*7090*
28	7278	*6940*	7290	*6952*	7302	*6964*	7314	*6976*	7326	*6988*	7338	*7000*	7350	*7012*	7362	*7024*	7374	*7036*	7386	*7048*
29	7254	*6897*	7266	*6909*	7278	*6921*	7290	*6933*	7302	*6945*	7314	*6956*	7326	*6968*	7337	*6980*	7349	*6992*	7361	*7004*
30	0,7230	*0,6853*	0,7242	*0,6865*	0,7254	*0,6877*	0,7266	*0,6889*	0,7278	*0,6900*	0,7290	*0,6912*	0,7301	*0,6924*	0,7313	*0,6936*	0,7325	*0,6948*	0,7337	*0,6960*
31	7206	*6808*	7218	*6820*	7230	*6832*	7242	*6844*	7254	*6856*	7266	*6867*	7277	*6879*	7289	*6891*	7301	*6903*	7313	*6915*
32	7183	*6763*	7195	*6775*	7206	*6786*	7218	*6798*	7230	*6810*	7242	*6822*	7253	*6833*	7265	*6845*	7277	*6857*	7289	*6869*
33	7159	*6716*	7171	*6728*	7183	*6740*	7194	*6752*	7206	*6763*	7218	*6775*	7230	*6787*	7241	*6799*	7253	*6810*	7265	*6822*
34	7136	*6669*	7148	*6681*	7159	*6693*	7171	*6704*	7183	*6716*	7194	*6728*	7206	*6739*	7218	*6751*	7229	*6763*	7241	*6774*
35	0,7113	*0,6621*	0,7124	*0,6633*	0,7136	*0,6644*	0,7148	*0,6656*	0,7159	*0,6668*	0,7171	*0,6679*	0,7183	*0,6691*	0,7194	*0,6703*	0,7206	*0,6714*	0,7218	*0,6726*
36	7090	*6572*	7101	*6583*	7113	*6595*	7125	*6607*	7136	*6618*	7148	*6630*	7159	*6641*	7171	*6653*	7183	*6665*	7194	*6676*
37	7067	*6521*	7078	*6533*	7090	*6545*	7101	*6556*	7113	*6568*	7125	*6579*	7136	*6591*	7148	*6603*	7159	*6614*	7171	*6626*
38	7044	*6470*	7056	*6482*	7067	*6493*	7079	*6505*	7090	*6516*	7102	*6528*	7113	*6539*	7125	*6551*	7136	*6563*	7148	*6574*
39	7021	*6418*	7033	*6429*	7044	*6441*	7056	*6452*	7067	*6464*	7079	*6475*	7090	*6487*	7102	*6498*	7113	*6510*	7125	*6521*
40	0,6999	*0,6364*	0,7010	*0,6376*	0,7022	*0,6387*	0,7033	*0,6399*	0,7045	*0,6410*	0,7056	*0,6421*	0,7068	*0,6433*	0,7079	*0,6444*	0,7091	*0,6456*	0,7102	*0,6467*
41	6977	*6309*	6988	*6321*	6999	*6332*	7011	*6344*	7022	*6355*	7034	*6367*	7045	*6378*	7057	*6389*	7068	*6401*	7079	*6412*
42	6954	*6253*	6966	*6265*	6977	*6276*	6989	*6287*	7000	*6299*	7011	*6310*	7023	*6322*	7034	*6333*	7046	*6344*	7057	*6356*

	620		621		622		623		624		625		626		627		628		629	
0	0,8158	*0,8098*	0,8171	*0,8111*	0,8184	*0,8124*	0,8197	*0,8137*	0,8211	*0,8150*	0,8224	*0,8163*	0,8237	*0,8177*	0,8250	*0,8190*	0,8263	*0,8203*	0,8276	*0,8216*
1	8128	*8063*	8141	*8077*	8154	*8090*	8167	*8103*	8181	*8116*	8194	*8129*	8207	*8142*	8220	*8155*	8233	*8168*	8246	*8181*
2	8098	*8029*	8112	*8042*	8125	*8055*	8138	*8068*	8151	*8082*	8164	*8095*	8177	*8108*	8190	*8121*	8203	*8134*	8216	*8147*
3	8069	*7995*	8082	*8008*	8095	*8021*	8108	*8034*	8121	*8047*	8134	*8060*	8147	*8073*	8160	*8086*	8173	*8099*	8186	*8112*
4	8040	*7961*	8053	*7974*	8066	*7987*	8079	*8000*	8092	*8013*	8105	*8026*	8118	*8039*	8131	*8052*	8144	*8064*	8157	*8077*
5	0,8011	*0,7926*	0,8024	*0,7939*	0,8037	*0,7952*	0,8050	*0,7965*	0,8063	*0,7978*	0,8075	*0,7991*	0,8088	*0,8004*	0,8101	*0,8017*	0,8114	*0,8030*	0,8127	*0,8043*
6	7982	*7892*	7995	*7905*	8008	*7918*	8021	*7930*	8034	*7943*	8047	*7956*	8059	*7969*	8072	*7982*	8085	*7995*	8098	*8008*
7	7954	*7857*	7966	*7870*	7979	*7883*	7992	*7896*	8005	*7909*	8018	*7921*	8031	*7934*	8043	*7947*	8056	*7960*	8069	*7973*
8	7925	*7822*	7938	*7835*	7951	*7848*	7964	*7861*	7976	*7874*	7989	*7886*	8002	*7899*	8015	*7912*	8027	*7925*	8040	*7937*
9	7897	*7787*	7910	*7800*	7923	*7813*	7935	*7826*	7948	*7838*	7961	*7851*	7973	*7864*	7986	*7877*	7999	*7889*	8012	*7902*
10	0,7869	*0,7752*	0,7882	*0,7765*	0,7894	*0,7778*	0,7907	*0,7790*	0,7920	*0,7803*	0,7933	*0,7816*	0,7945	*0,7828*	0,7958	*0,7841*	0,7971	*0,7854*	0,7983	*0,7866*
11	7841	*7717*	7854	*7729*	7867	*7742*	7879	*7755*	7892	*7767*	7905	*7780*	7917	*7793*	7930	*7805*	7943	*7818*	7955	*7831*
12	7814	*7681*	7826	*7694*	7839	*7706*	7852	*7719*	7864	*7732*	7877	*7744*	7889	*7757*	7902	*7769*	7915	*7782*	7927	*7795*
13	7786	*7645*	7799	*7658*	7812	*7670*	7824	*7683*	7837	*7696*	7849	*7708*	7862	*7721*	7874	*7733*	7887	*7746*	7899	*7758*
14	7759	*7609*	7772	*7622*	7784	*7634*	7797	*7647*	7809	*7659*	7822	*7672*	7834	*7684*	7847	*7697*	7859	*7709*	7872	*7722*
15	0,7732	*0,7573*	0,7745	*0,7585*	0,7757	*0,7598*	0,7770	*0,7610*	0,7782	*0,7623*	0,7795	*0,7635*	0,7807	*0,7648*	0,7820	*0,7660*	0,7832	*0,7673*	0,7844	*0,7685*
16	7705	*7536*	7718	*7548*	7730	*7561*	7743	*7573*	7755	*7586*	7768	*7598*	7780	*7611*	7792	*7623*	7805	*7635*	7817	*7648*
17	7679	*7499*	7691	*7511*	7704	*7524*	7716	*7536*	7728	*7548*	7741	*7561*	7753	*7573*	7766	*7586*	7778	*7598*	7790	*7610*
18	7652	*7461*	7665	*7474*	7677	*7486*	7689	*7498*	7702	*7511*	7714	*7523*	7726	*7535*	7739	*7548*	7751	*7560*	7763	*7572*
19	7626	*7423*	7638	*7436*	7651	*7448*	7663	*7460*	7675	*7473*	7688	*7485*	7700	*7497*	7712	*7510*	7725	*7522*	7737	*7534*
20	0,7600	*0,7385*	0,7612	*0,7397*	0,7625	*0,7410*	0,7637	*0,7422*	0,7649	*0,7434*	0,7661	*0,7446*	0,7674	*0,7459*	0,7686	*0,7471*	0,7698	*0,7483*	0,7710	*0,7495*
21	7574	*7346*	7586	*7359*	7599	*7371*	7611	*7383*	7623	*7395*	7635	*7407*	7647	*7420*	7660	*7432*	7672	*7444*	7684	*7456*
22	7548	*7307*	7561	*7319*	7573	*7331*	7585	*7344*	7597	*7356*	7609	*7368*	7621	*7380*	7634	*7392*	7646	*7404*	7658	*7417*
23	7523	*7267*	7535	*7279*	7547	*7292*	7559	*7304*	7571	*7316*	7584	*7328*	7596	*7340*	7608	*7352*	7620	*7364*	7632	*7376*
24	7498	*7227*	7510	*7239*	7522	*7251*	7534	*7263*	7546	*7275*	7558	*7287*	7570	*7299*	7582	*7312*	7594	*7324*	7606	*7336*
25	0,7472	*0,7186*	0,7484	*0,7198*	0,7496	*0,7210*	0,7508	*0,7222*	0,7521	*0,7234*	0,7533	*0,7246*	0,7545	*0,7258*	0,7557	*0,7270*	0,7569	*0,7282*	0,7581	*0,7294*
26	7447	*7144*	7459	*7156*	7471	*7168*	7483	*7181*	7495	*7193*	7507	*7205*	7519	*7217*	7531	*7229*	7543	*7241*	7555	*7253*
27	7422	*7102*	7434	*7114*	7446	*7126*	7458	*7138*	7470	*7150*	7482	*7162*	7494	*7174*	7506	*7186*	7518	*7198*	7530	*7210*
28	7398	*7059*	7410	*7071*	7422	*7083*	7434	*7095*	7445	*7107*	7457	*7119*	7469	*7131*	7481	*7143*	7493	*7155*	7505	*7167*
29	7373	*7016*	7385	*7028*	7397	*7040*	7409	*7052*	7421	*7063*	7433	*7075*	7445	*7087*	7456	*7099*	7468	*7111*	7480	*7123*
30	0,7349	*0,6972*	0,7361	*0,6983*	0,7372	*0,6995*	0,7384	*0,7007*	0,7396	*0,7019*	0,7408	*0,7031*	0,7420	*0,7043*	0,7432	*0,7055*	0,7444	*0,7066*	0,7455	*0,7078*
31	7325	*6927*	7336	*6938*	7348	*6950*	7360	*6962*	7372	*6974*	7384	*6986*	7395	*6997*	7407	*7009*	7419	*7021*	7431	*7033*
32	7301	*6881*	7312	*6892*	7324	*6904*	7336	*6916*	7348	*6928*	7359	*6939*	7371	*6951*	7383	*6963*	7395	*6975*	7406	*6987*
33	7277	*6834*	7288	*6846*	7300	*6857*	7312	*6869*	7324	*6881*	7335	*6892*	7347	*6904*	7359	*6916*	7371	*6928*	7382	*6939*
34	7253	*6786*	7265	*6798*	7276	*6810*	7288	*6821*	7300	*6833*	7311	*6845*	7323	*6856*	7335	*6868*	7346	*6880*	7358	*6891*
35	0,7229	*0,6738*	0,7241	*0,6749*	0,7253	*0,6761*	0,7264	*0,6773*	0,7276	*0,6784*	0,7288	*0,6796*	0,7299	*0,6807*	0,7311	*0,6819*	0,7323	*0,6831*	0,7334	*0,6842*
36	7206	*6688*	7217	*6700*	7229	*6711*	7241	*6723*	7252	*6734*	7264	*6746*	7276	*6758*	7287	*6769*	7299	*6781*	7310	*6793*
37	7183	*6637*	7194	*6649*	7206	*6660*	7217	*6672*	7229	*6684*	7240	*6695*	7252	*6707*	7264	*6718*	7275	*6730*	7287	*6742*
38	7159	*6586*	7171	*6597*	7183	*6609*	7194	*6620*	7206	*6632*	7217	*6643*	7229	*6655*	7240	*6666*	7252	*6678*	7263	*6690*
39	7136	*6533*	7148	*6544*	7159	*6556*	7171	*6567*	7182	*6579*	7194	*6590*	7206	*6602*	7217	*6613*	7229	*6625*	7240	*6636*
40	0,7114	*0,6479*	0,7125	*0,6490*	0,7137	*0,6502*	0,7148	*0,6513*	0,7160	*0,6525*	0,7171	*0,6536*	0,7182	*0,6548*	0,7194	*0,6559*	0,7205	*0,6571*	0,7217	*0,6582*
41	7091	*6424*	7102	*6435*	7114	*6447*	7125	*6458*	7137	*6469*	7148	*6481*	7160	*6492*	7171	*6504*	7182	*6515*	7194	*6527*
42	7068	*6367*	7080	*6379*	7091	*6390*	7103	*6401*	7114	*6413*	7125	*6424*	7137	*6436*	7148	*6447*	7160	*6458*	7171	*6470*

Torr	630		631		632		633		634		635		636		637		638		639	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,8289	*0,8229*	0,8303	*0,8242*	0,8316	*0,8256*	0,8329	*0,8269*	0,8342	*0,8282*	0,8355	*0,8295*	0,8368	*0,8308*	0,8382	*0,8321*	0,8395	*0,8334*	0,8408	*0,8348*
1	8259	*8195*	8272	*8208*	8285	*8221*	8298	*8234*	8312	*8247*	8325	*8260*	8338	*8273*	8351	*8286*	8364	*8299*	8377	*8313*
2	8229	*8160*	8242	*8173*	8255	*8186*	8268	*8199*	8281	*8212*	8294	*8225*	8307	*8238*	8321	*8251*	8334	*8264*	8347	*8277*
3	8199	*8125*	8212	*8138*	8225	*8151*	8238	*8164*	8251	*8177*	8264	*8190*	8277	*8203*	8290	*8216*	8303	*8229*	8316	*8242*
4	8170	*8090*	8183	*8103*	8195	*8116*	8208	*8129*	8221	*8142*	8234	*8155*	8247	*8168*	8260	*8181*	8273	*8194*	8286	*8207*
5	0,8140	*0,8056*	0,8153	*0,8068*	0,8166	*0,8081*	0,8179	*0,8094*	0,8192	*0,8107*	0,8205	*0,8120*	0,8218	*0,8133*	0,8231	*0,8146*	0,8243	*0,8159*	0,8256	*0,8172*
6	8111	*8021*	8124	*8033*	8137	*8046*	8149	*8059*	8162	*8072*	8175	*8085*	8188	*8098*	8201	*8111*	8214	*8124*	8227	*8136*
7	8082	*7985*	8095	*7998*	8108	*8011*	8120	*8024*	8133	*8037*	8146	*8050*	8159	*8062*	8172	*8075*	8184	*8088*	8197	*8101*
8	8053	*7950*	8066	*7963*	8079	*7976*	8091	*7989*	8104	*8001*	8117	*8014*	8130	*8027*	8143	*8040*	8155	*8052*	8168	*8065*
9	8024	*7915*	8037	*7928*	8050	*7940*	8063	*7953*	8075	*7966*	8088	*7978*	8101	*7991*	8114	*8004*	8126	*8017*	8139	*8029*
10	0,7996	*0,7879*	0,8009	*0,7892*	0,8021	*0,7905*	0,8034	*0,7917*	0,8047	*0,7930*	0,8059	*0,7943*	0,8072	*0,7955*	0,8085	*0,7968*	0,8098	*0,7981*	0,8110	*0,7993*
11	7968	*7843*	7980	*7856*	7993	*7869*	8006	*7881*	8018	*7894*	8031	*7907*	8044	*7919*	8056	*7932*	8069	*7944*	8082	*7957*
12	7940	*7807*	7952	*7820*	7965	*7832*	7978	*7845*	7990	*7858*	8003	*7870*	8015	*7883*	8028	*7895*	8041	*7908*	8053	*7921*
13	7912	*7771*	7925	*7784*	7937	*7796*	7950	*7809*	7962	*7821*	7975	*7834*	7987	*7846*	8000	*7859*	8012	*7871*	8025	*7884*
14	7884	*7734*	7897	*7747*	7909	*7759*	7922	*7772*	7934	*7784*	7947	*7797*	7959	*7809*	7972	*7822*	7984	*7834*	7997	*7847*
15	0,7857	*0,7697*	0,7869	*0,7710*	0,7882	*0,7722*	0,7894	*0,7735*	0,7907	*0,7747*	0,7919	*0,7760*	0,7932	*0,7772*	0,7944	*0,7785*	0,7957	*0,7797*	0,7969	*0,7810*
16	7830	*7660*	7842	*7673*	7855	*7685*	7867	*7698*	7879	*7710*	7892	*7722*	7904	*7735*	7917	*7747*	7929	*7760*	7942	*7772*
17	7803	*7623*	7815	*7635*	7827	*7647*	7840	*7660*	7852	*7672*	7865	*7685*	7877	*7697*	7889	*7709*	7902	*7722*	7914	*7734*
18	7776	*7585*	7788	*7597*	7800	*7609*	7813	*7622*	7825	*7634*	7838	*7646*	7850	*7659*	7862	*7671*	7875	*7684*	7887	*7696*
19	7749	*7546*	7761	*7559*	7774	*7571*	7786	*7583*	7798	*7596*	7811	*7608*	7823	*7620*	7835	*7633*	7848	*7645*	7860	*7657*
20	0,7723	*0,7508*	0,7735	*0,7520*	0,7747	*0,7532*	0,7759	*0,7544*	0,7772	*0,7557*	0,7784	*0,7569*	0,7796	*0,7581*	0,7808	*0,7593*	0,7821	*0,7606*	0,7833	*0,7618*
21	7696	*7468*	7709	*7481*	7721	*7493*	7733	*7505*	7745	*7517*	7757	*7530*	7770	*7542*	7782	*7554*	7794	*7566*	7806	*7578*
22	7670	*7429*	7682	*7441*	7695	*7453*	7707	*7465*	7719	*7477*	7731	*7490*	7743	*7502*	7755	*7514*	7768	*7526*	7780	*7538*
23	7644	*7389*	7656	*7401*	7668	*7413*	7681	*7425*	7693	*7437*	7705	*7449*	7717	*7461*	7729	*7474*	7741	*7486*	7753	*7498*
24	7618	*7348*	7631	*7360*	7643	*7372*	7655	*7384*	7667	*7396*	7679	*7408*	7691	*7420*	7703	*7432*	7715	*7445*	7727	*7457*
25	0,7593	*0,7307*	0,7605	*0,7319*	0,7617	*0,7331*	0,7629	*0,7343*	0,7641	*0,7355*	0,7653	*0,7367*	0,7665	*0,7379*	0,7677	*0,7391*	0,7689	*0,7403*	0,7701	*0,7415*
26	7567	*7265*	7579	*7277*	7591	*7289*	7603	*7301*	7615	*7313*	7627	*7325*	7639	*7337*	7651	*7349*	7663	*7361*	7675	*7373*
27	7542	*7222*	7554	*7234*	7566	*7246*	7578	*7258*	7590	*7270*	7602	*7282*	7614	*7294*	7626	*7306*	7638	*7318*	7650	*7330*
28	7517	*7179*	7529	*7191*	7541	*7203*	7553	*7215*	7565	*7226*	7577	*7238*	7589	*7250*	7601	*7262*	7612	*7274*	7624	*7286*
29	7492	*7135*	7504	*7147*	7516	*7159*	7528	*7170*	7540	*7182*	7552	*7194*	7563	*7206*	7575	*7218*	7587	*7230*	7599	*7242*
30	0,7467	*0,7090*	0,7479	*0,7102*	0,7491	*0,7114*	0,7503	*0,7126*	0,7515	*0,7138*	0,7527	*0,7149*	0,7538	*0,7161*	0,7550	*0,7173*	0,7562	*0,7185*	0,7574	*0,7197*
31	7443	*7045*	7455	*7056*	7466	*7068*	7478	*7080*	7490	*7092*	7502	*7104*	7514	*7116*	7525	*7127*	7537	*7139*	7549	*7151*
32	7418	*6998*	7430	*7010*	7442	*7022*	7454	*7034*	7465	*7045*	7477	*7057*	7489	*7069*	7501	*7081*	7512	*7093*	7524	*7104*
33	7394	*6951*	7406	*6963*	7417	*6975*	7429	*6986*	7441	*6998*	7453	*7010*	7464	*7022*	7476	*7033*	7488	*7045*	7500	*7057*
34	7370	*6903*	7382	*6915*	7393	*6927*	7405	*6938*	7417	*6950*	7428	*6962*	7440	*6973*	7452	*6985*	7463	*6997*	7475	*7008*
35	0,7346	*0,6854*	0,7358	*0,6866*	0,7369	*0,6877*	0,7381	*0,6889*	0,7393	*0,6901*	0,7404	*0,6912*	0,7416	*0,6924*	0,7428	*0,6936*	0,7439	*0,6947*	0,7451	*0,6959*
36	7322	*6804*	7334	*6816*	7345	*6827*	7357	*6839*	7369	*6851*	7380	*6862*	7392	*6874*	7403	*6886*	7415	*6897*	7427	*6909*
37	7298	*6753*	7310	*6765*	7322	*6776*	7333	*6788*	7345	*6799*	7356	*6811*	7368	*6823*	7380	*6834*	7391	*6846*	7403	*6857*
38	7275	*6701*	7286	*6713*	7298	*6724*	7310	*6736*	7321	*6747*	7333	*6759*	7344	*6770*	7356	*6782*	7367	*6793*	7379	*6805*
39	7252	*6648*	7263	*6659*	7275	*6671*	7286	*6682*	7298	*6694*	7309	*6705*	7321	*6717*	7332	*6729*	7344	*6740*	7355	*6752*
40	0,7228	*0,6594*	0,7240	*0,6605*	0,7251	*0,6617*	0,7263	*0,6628*	0,7274	*0,6639*	0,7286	*0,6651*	0,7297	*0,6662*	0,7309	*0,6674*	0,7320	*0,6685*	0,7332	*0,6697*
41	7205	*6538*	7217	*6549*	7228	*6561*	7240	*6572*	7251	*6584*	7262	*6595*	7274	*6607*	7285	*6618*	7297	*6630*	7308	*6641*
42	7182	*6481*	7194	*6493*	7205	*6504*	7217	*6515*	7228	*6527*	7239	*6538*	7251	*6550*	7262	*6561*	7274	*6572*	7285	*6584*

	640		641		642		643		644		645		646		647		648		649	
0	0,8421	*0,8361*	0,8434	*0,8374*	0,8447	*0,8387*	0,8461	*0,8400*	0,8474	*0,8413*	0,8487	*0,8427*	0,8500	*0,8440*	0,8513	*0,8453*	0,8526	*0,8466*	0,8539	*0,8479*
1	8390	*8326*	8403	*8339*	8416	*8352*	8430	*8365*	8443	*8378*	8456	*8391*	8469	*8404*	8482	*8417*	8495	*8431*	8508	*8444*
2	8360	*8291*	8373	*8304*	8386	*8317*	8399	*8330*	8412	*8343*	8425	*8356*	8438	*8369*	8451	*8382*	8464	*8395*	8477	*8408*
3	8329	*8255*	8342	*8268*	8355	*8281*	8368	*8294*	8381	*8307*	8394	*8320*	8407	*8333*	8420	*8346*	8433	*8359*	8446	*8372*
4	8299	*8220*	8312	*8233*	8325	*8246*	8338	*8259*	8351	*8272*	8364	*8285*	8377	*8298*	8390	*8311*	8403	*8324*	8416	*8337*
5	0,8269	*0,8185*	0,8282	*0,8198*	0,8295	*0,8211*	0,8308	*0,8224*	0,8321	*0,8236*	0,8334	*0,8249*	0,8347	*0,8262*	0,8360	*0,8275*	0,8373	*0,8288*	0,8386	*0,8301*
6	8240	*8149*	8252	*8162*	8265	*8175*	8278	*8188*	8291	*8201*	8304	*8214*	8317	*8227*	8330	*8239*	8343	*8252*	8355	*8265*
7	8210	*8114*	8223	*8127*	8236	*8139*	8249	*8152*	8261	*8165*	8274	*8178*	8287	*8191*	8300	*8204*	8313	*8216*	8326	*8229*
8	8181	*8078*	8194	*8091*	8206	*8104*	8219	*8116*	8232	*8129*	8245	*8142*	8258	*8155*	8270	*8168*	8283	*8180*	8296	*8193*
9	8152	*8042*	8165	*8055*	8177	*8068*	8190	*8080*	8203	*8093*	8215	*8106*	8228	*8119*	8241	*8131*	8254	*8144*	8266	*8157*
10	0,8123	*0,8006*	0,8136	*0,8019*	0,8148	*0,8031*	0,8161	*0,8044*	0,8174	*0,8057*	0,8186	*0,8070*	0,8199	*0,8082*	0,8212	*0,8095*	0,8224	*0,8108*	0,8237	*0,8120*
11	8094	*7970*	8107	*7982*	8120	*7995*	8132	*8008*	8145	*8020*	8158	*8033*	8170	*8046*	8183	*8058*	8195	*8071*	8208	*8084*
12	8066	*7933*	8078	*7946*	8091	*7958*	8104	*7971*	8116	*7984*	8129	*7996*	8141	*8009*	8154	*8021*	8167	*8034*	8179	*8047*
13	8038	*7897*	8050	*7909*	8063	*7922*	8075	*7934*	8088	*7947*	8100	*7959*	8113	*7972*	8125	*7984*	8138	*7997*	8151	*8010*
14	8010	*7860*	8022	*7872*	8035	*7885*	8047	*7897*	8060	*7910*	8072	*7922*	8085	*7935*	8097	*7947*	8110	*7960*	8122	*7972*
15	0,7982	*0,7822*	0,7994	*0,7835*	0,8007	*0,7847*	0,8019	*0,7860*	0,8032	*0,7872*	0,8044	*0,7885*	0,8056	*0,7897*	0,8069	*0,7909*	0,8081	*0,7922*	0,8094	*0,7934*
16	7954	*7785*	7966	*7797*	7979	*7809*	7991	*7822*	8004	*7834*	8016	*7847*	8029	*7859*	8041	*7872*	8053	*7884*	8066	*7896*
17	7927	*7747*	7939	*7759*	7951	*7771*	7964	*7784*	7976	*7796*	7988	*7808*	8001	*7821*	8013	*7833*	8026	*7846*	8038	*7858*
18	7899	*7708*	7912	*7721*	7924	*7733*	7936	*7745*	7949	*7758*	7961	*7770*	7973	*7782*	7986	*7795*	7998	*7807*	8010	*7819*
19	7872	*7669*	7884	*7682*	7897	*7694*	7909	*7706*	7921	*7719*	7934	*7731*	7946	*7743*	7958	*7756*	7971	*7768*	7983	*7780*
20	0,7845	*0,7630*	0,7857	*0,7643*	0,7870	*0,7655*	0,7882	*0,7667*	0,7894	*0,7679*	0,7907	*0,7692*	0,7919	*0,7704*	0,7931	*0,7716*	0,7943	*0,7728*	0,7956	*0,7741*
21	7818	*7591*	7831	*7603*	7843	*7615*	7855	*7627*	7867	*7640*	7880	*7652*	7892	*7664*	7904	*7676*	7916	*7688*	7928	*7701*
22	7792	*7551*	7804	*7563*	7816	*7575*	7828	*7587*	7841	*7599*	7853	*7611*	7865	*7624*	7877	*7636*	7889	*7648*	7902	*7660*
23	7766	*7510*	7778	*7522*	7790	*7534*	7802	*7546*	7814	*7558*	7826	*7571*	7838	*7583*	7850	*7595*	7863	*7607*	7875	*7619*
24	7739	*7469*	7751	*7481*	7764	*7493*	7776	*7505*	7788	*7517*	7800	*7529*	7812	*7541*	7824	*7553*	7836	*7566*	7848	*7578*
25	0,7713	*0,7427*	0,7725	*0,7439*	0,7737	*0,7451*	0,7750	*0,7463*	0,7762	*0,7475*	0,7774	*0,7487*	0,7786	*0,7499*	0,7798	*0,7511*	0,7810	*0,7523*	0,7822	*0,7536*
26	7688	*7385*	7700	*7397*	7712	*7409*	7724	*7421*	7736	*7433*	7748	*7445*	7760	*7457*	7772	*7469*	7784	*7481*	7796	*7493*
27	7662	*7342*	7674	*7354*	7686	*7366*	7698	*7378*	7710	*7390*	7722	*7402*	7734	*7414*	7746	*7426*	7758	*7438*	7770	*7449*
28	7636	*7298*	7648	*7310*	7660	*7322*	7672	*7334*	7684	*7346*	7696	*7358*	7708	*7370*	7720	*7382*	7732	*7394*	7744	*7405*
29	7611	*7254*	7623	*7266*	7635	*7278*	7647	*7289*	7659	*7301*	7670	*7313*	7682	*7325*	7694	*7337*	7706	*7349*	7718	*7361*
30	0,7586	*0,7209*	0,7598	*0,7220*	0,7610	*0,7232*	0,7621	*0,7244*	0,7633	*0,7256*	0,7645	*0,7268*	0,7657	*0,7280*	0,7669	*0,7292*	0,7681	*0,7303*	0,7693	*0,7315*
31	7561	*7163*	7573	*7175*	7584	*7186*	7596	*7198*	7608	*7210*	7620	*7222*	7632	*7234*	7644	*7245*	7655	*7257*	7667	*7269*
32	7536	*7116*	7548	*7128*	7560	*7140*	7571	*7151*	7583	*7163*	7595	*7175*	7607	*7187*	7618	*7199*	7630	*7210*	7642	*7222*
33	7511	*7069*	7523	*7080*	7535	*7092*	7547	*7104*	7558	*7115*	7570	*7127*	7582	*7139*	7594	*7151*	7605	*7162*	7617	*7174*
34	7487	*7020*	7499	*7032*	7510	*7044*	7522	*7055*	7534	*7067*	7545	*7079*	7557	*7090*	7569	*7102*	7580	*7114*	7592	*7125*
35	0,7462	*0,6971*	0,7474	*0,6982*	0,7486	*0,6994*	0,7497	*0,7006*	0,7509	*0,7017*	0,7521	*0,7029*	0,7532	*0,7041*	0,7544	*0,7052*	0,7556	*0,7064*	0,7567	*0,7076*
36	7438	*6920*	7450	*6932*	7462	*6944*	7473	*6955*	7485	*6967*	7496	*6978*	7508	*6990*	7520	*7002*	7531	*7013*	7543	*7025*
37	7414	*6869*	7426	*6881*	7437	*6892*	7449	*6904*	7461	*6915*	7472	*6927*	7484	*6939*	7495	*6950*	7507	*6962*	7519	*6973*
38	7390	*6817*	7402	*6828*	7413	*6840*	7425	*6851*	7437	*6863*	7448	*6874*	7460	*6886*	7471	*6897*	7483	*6909*	7494	*6920*
39	7367	*6763*	7378	*6775*	7390	*6786*	7401	*6798*	7413	*6809*	7424	*6821*	7436	*6832*	7447	*6844*	7459	*6855*	7470	*6867*
40	0,7343	*0,6708*	0,7355	*0,6720*	0,7366	*0,6731*	0,7378	*0,6743*	0,7389	*0,6754*	0,7400	*0,6766*	0,7412	*0,6777*	0,7423	*0,6789*	0,7435	*0,6800*	0,7446	*0,6812*
41	7320	*6652*	7331	*6664*	7343	*6675*	7354	*6687*	7365	*6698*	7377	*6710*	7388	*6721*	7400	*6732*	7411	*6744*	7423	*6755*
42	7296	*6595*	7308	*6607*	7319	*6618*	7331	*6629*	7342	*6641*	7353	*6652*	7365	*6664*	7376	*6675*	7388	*6686*	7399	*6698*

Torr	650		651		652		653		654		655		656		657		658		659	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,8553	*0,8492*	0,8566	*0,8506*	0,8579	*0,8519*	0,8592	*0,8532*	0,8605	*0,8545*	0,8618	*0,8558*	0,8632	*0,8571*	0,8645	*0,8584*	0,8658	*0,8598*	0,8671	*0,8611*
1	8521	*8457*	8534	*8470*	8548	*8483*	8561	*8496*	8574	*8509*	8587	*8522*	8600	*8535*	8613	*8549*	8626	*8562*	8639	*8575*
2	8490	*8421*	8503	*8434*	8516	*8447*	8529	*8460*	8543	*8473*	8556	*8486*	8569	*8500*	8582	*8513*	8595	*8526*	8608	*8539*
3	8459	*8386*	8473	*8399*	8486	*8412*	8499	*8425*	8512	*8438*	8525	*8451*	8538	*8464*	8551	*8477*	8564	*8490*	8577	*8503*
4	8429	*8350*	8442	*8363*	8455	*8376*	8468	*8389*	8481	*8402*	8494	*8415*	8507	*8428*	8520	*8441*	8533	*8454*	8546	*8466*
5	0,8399	*0,8314*	0,8411	*0,8327*	0,8424	*0,8340*	0,8437	*0,8353*	0,8450	*0,8366*	0,8463	*0,8379*	0,8476	*0,8392*	0,8489	*0,8404*	0,8502	*0,8417*	0,8515	*0,8430*
6	8368	*8278*	8381	*8291*	8394	*8304*	8407	*8317*	8420	*8330*	8433	*8342*	8446	*8355*	8458	*8368*	8471	*8381*	8484	*8394*
7	8338	*8242*	8351	*8255*	8364	*8268*	8377	*8281*	8390	*8293*	8403	*8306*	8415	*8319*	8428	*8332*	8441	*8345*	8454	*8357*
8	8309	*8206*	8321	*8219*	8334	*8231*	8347	*8244*	8360	*8257*	8373	*8270*	8385	*8283*	8398	*8295*	8411	*8308*	8424	*8321*
9	8279	*8170*	8292	*8182*	8305	*8195*	8317	*8208*	8330	*8220*	8343	*8233*	8356	*8246*	8368	*8259*	8381	*8271*	8394	*8284*
10	0,8250	*0,8133*	0,8263	*0,8146*	0,8275	*0,8158*	0,8288	*0,8171*	0,8301	*0,8184*	0,8313	*0,8196*	0,8326	*0,8209*	0,8339	*0,8222*	0,8351	*0,8235*	0,8364	*0,8247*
11	8221	*8096*	8233	*8109*	8246	*8122*	8259	*8134*	8271	*8147*	8284	*8159*	8297	*8172*	8309	*8185*	8322	*8197*	8335	*8210*
12	8192	*8059*	8204	*8072*	8217	*8085*	8230	*8097*	8242	*8110*	8255	*8122*	8267	*8135*	8280	*8148*	8293	*8160*	8305	*8173*
13	8163	*8022*	8176	*8035*	8188	*8047*	8201	*8060*	8213	*8072*	8226	*8085*	8239	*8097*	8251	*8110*	8264	*8123*	8276	*8135*
14	8135	*7985*	8147	*7997*	8160	*8010*	8172	*8022*	8185	*8035*	8197	*8047*	8210	*8060*	8222	*8072*	8235	*8085*	8247	*8097*
15	0,8106	*0,7947*	0,8119	*0,7959*	0,8131	*0,7972*	0,8144	*0,7984*	0,8156	*0,7997*	0,8169	*0,8009*	0,8181	*0,8022*	0,8194	*0,8034*	0,8206	*0,8047*	0,8219	*0,8059*
16	8078	*7909*	8091	*7921*	8103	*7934*	8116	*7946*	8128	*7959*	8140	*7971*	8153	*7983*	8165	*7996*	8178	*8008*	8190	*8021*
17	8050	*7870*	8063	*7883*	8075	*7895*	8088	*7908*	8100	*7920*	8112	*7932*	8125	*7945*	8137	*7957*	8149	*7969*	8162	*7982*
18	8023	*7832*	8035	*7844*	8047	*7856*	8060	*7869*	8072	*7881*	8084	*7893*	8097	*7906*	8109	*7918*	8121	*7930*	8134	*7943*
19	7995	*7792*	8007	*7805*	8020	*7817*	8032	*7829*	8044	*7842*	8057	*7854*	8069	*7866*	8081	*7879*	8094	*7891*	8106	*7903*
20	0,7968	*0,7753*	0,7980	*0,7765*	0,7992	*0,7777*	0,8005	*0,7790*	0,8017	*0,7802*	0,8029	*0,7814*	0,8041	*0,7826*	0,8054	*0,7839*	0,8066	*0,7851*	0,8078	*0,7863*
21	7941	*7713*	7953	*7725*	7965	*7737*	7977	*7749*	7990	*7762*	8002	*7774*	8014	*7786*	8026	*7798*	8038	*7811*	8051	*7823*
22	7914	*7672*	7926	*7684*	7938	*7697*	7950	*7709*	7962	*7721*	7975	*7733*	7987	*7745*	7999	*7758*	8011	*7770*	8023	*7782*
23	7887	*7631*	7899	*7643*	7911	*7656*	7923	*7668*	7935	*7680*	7948	*7692*	7960	*7704*	7972	*7716*	7984	*7728*	7996	*7740*
24	7860	*7590*	7872	*7602*	7884	*7614*	7897	*7626*	7909	*7638*	7921	*7650*	7933	*7662*	7945	*7674*	7957	*7686*	7969	*7699*
25	0,7834	*0,7548*	0,7846	*0,7560*	0,7858	*0,7572*	0,7870	*0,7584*	0,7882	*0,7596*	0,7894	*0,7608*	0,7906	*0,7620*	0,7918	*0,7632*	0,7930	*0,7644*	0,7942	*0,7656*
26	7808	*7505*	7820	*7517*	7832	*7529*	7844	*7541*	7856	*7553*	7868	*7565*	7880	*7577*	7892	*7589*	7904	*7601*	7916	*7613*
27	7782	*7461*	7794	*7473*	7806	*7485*	7817	*7497*	7829	*7509*	7841	*7521*	7853	*7533*	7865	*7545*	7877	*7557*	7889	*7569*
28	7756	*7417*	7768	*7429*	7780	*7441*	7791	*7453*	7803	*7465*	7815	*7477*	7827	*7489*	7839	*7501*	7851	*7513*	7863	*7525*
29	7730	*7373*	7742	*7385*	7754	*7396*	7766	*7408*	7778	*7420*	7789	*7432*	7801	*7444*	7813	*7456*	7825	*7468*	7837	*7480*
30	0,7704	*0,7327*	0,7716	*0,7339*	0,7728	*0,7351*	0,7740	*0,7363*	0,7752	*0,7375*	0,7764	*0,7386*	0,7775	*0,7398*	0,7787	*0,7410*	0,7799	*0,7422*	0,7811	*0,7434*
31	7679	*7281*	7691	*7293*	7703	*7305*	7714	*7316*	7726	*7328*	7738	*7340*	7750	*7352*	7762	*7364*	7774	*7375*	7785	*7387*
32	7654	*7234*	7666	*7246*	7677	*7257*	7689	*7269*	7701	*7281*	7713	*7293*	7724	*7304*	7736	*7316*	7748	*7328*	7760	*7340*
33	7629	*7186*	7640	*7198*	7652	*7209*	7664	*7221*	7676	*7233*	7687	*7245*	7699	*7256*	7711	*7268*	7723	*7280*	7734	*7292*
34	7604	*7137*	7616	*7149*	7627	*7160*	7639	*7172*	7651	*7184*	7662	*7196*	7674	*7207*	7686	*7219*	7697	*7231*	7709	*7242*
35	0,7579	*0,7087*	0,7591	*0,7099*	0,7602	*0,7111*	0,7614	*0,7122*	0,7626	*0,7134*	0,7637	*0,7146*	0,7649	*0,7157*	0,7661	*0,7169*	0,7672	*0,7181*	0,7684	*0,7192*
36	7555	*7037*	7566	*7048*	7578	*7060*	7589	*7071*	7601	*7083*	7613	*7095*	7624	*7106*	7636	*7118*	7648	*7130*	7659	*7141*
37	7530	*6985*	7542	*6996*	7553	*7008*	7565	*7020*	7576	*7031*	7588	*7043*	7600	*7054*	7611	*7066*	7623	*7078*	7634	*7089*
38	7506	*6932*	7517	*6944*	7529	*6955*	7541	*6967*	7552	*6978*	7564	*6990*	7575	*7001*	7587	*7013*	7598	*7024*	7610	*7036*
39	7482	*6878*	7493	*6890*	7505	*6901*	7516	*6913*	7528	*6924*	7539	*6936*	7551	*6947*	7562	*6959*	7574	*6970*	7585	*6982*
40	0,7458	*0,6823*	0,7469	*0,6835*	0,7481	*0,6846*	0,7492	*0,6857*	0,7504	*0,6869*	0,7515	*0,6880*	0,7527	*0,6892*	0,7538	*0,6903*	0,7550	*0,6915*	0,7561	*0,6926*
41	7434	*6767*	7445	*6778*	7457	*6790*	7468	*6801*	7480	*6813*	7491	*6824*	7503	*6835*	7514	*6847*	7526	*6858*	7537	*6870*
42	7410	*6709*	7422	*6721*	7433	*6732*	7445	*6743*	7456	*6755*	7467	*6766*	7479	*6778*	7490	*6789*	7502	*6800*	7513	*6812*

	660		661		662		663		664		665		666		667		668		669	
0	0,8684	*0,8624*	0,8697	*0,8637*	0,8711	*0,8650*	0,8724	*0,8663*	0,8737	*0,8677*	0,8750	*0,8690*	0,8763	*0,8703*	0,8776	*0,8716*	0,8789	*0,8729*	0,8803	*0,8742*
1	8652	*8588*	8666	*8601*	8679	*8614*	8692	*8627*	8705	*8640*	8718	*8653*	8731	*8667*	8744	*8680*	8757	*8693*	8770	*8706*
2	8621	*8552*	8634	*8565*	8647	*8578*	8660	*8591*	8673	*8604*	8686	*8617*	8699	*8630*	8712	*8643*	8725	*8656*	8738	*8669*
3	8590	*8516*	8603	*8529*	8616	*8542*	8629	*8555*	8642	*8568*	8655	*8581*	8668	*8594*	8681	*8607*	8694	*8620*	8707	*8633*
4	8559	*8479*	8572	*8492*	8585	*8505*	8597	*8518*	8610	*8531*	8623	*8544*	8636	*8557*	8649	*8570*	8662	*8583*	8675	*8596*
5	0,8528	*0,8443*	0,8541	*0,8456*	0,8554	*0,8469*	0,8566	*0,8482*	0,8579	*0,8495*	0,8592	*0,8508*	0,8605	*0,8521*	0,8618	*0,8534*	0,8631	*0,8547*	0,8644	*0,8559*
6	8497	*8407*	8510	*8420*	8523	*8433*	8536	*8445*	8549	*8458*	8561	*8471*	8574	*8484*	8587	*8497*	8600	*8510*	8613	*8523*
7	8467	*8370*	8480	*8383*	8492	*8396*	8505	*8409*	8518	*8422*	8531	*8434*	8544	*8447*	8556	*8460*	8569	*8473*	8582	*8486*
8	8437	*8334*	8449	*8346*	8462	*8359*	8475	*8372*	8488	*8385*	8500	*8398*	8513	*8410*	8526	*8423*	8539	*8436*	8552	*8449*
9	8407	*8297*	8419	*8310*	8432	*8322*	8445	*8335*	8457	*8348*	8470	*8361*	8483	*8373*	8496	*8386*	8508	*8399*	8521	*8412*
10	0,8377	*0,8260*	0,8389	*0,8273*	0,8402	*0,8285*	0,8415	*0,8298*	0,8428	*0,8311*	0,8440	*0,8323*	0,8453	*0,8336*	0,8466	*0,8349*	0,8478	*0,8361*	0,8491	*0,8374*
11	8347	*8223*	8360	*8235*	8373	*8248*	8385	*8261*	8398	*8273*	8410	*8286*	8423	*8299*	8436	*8311*	8448	*8324*	8461	*8337*
12	8318	*8185*	8330	*8198*	8343	*8211*	8356	*8223*	8368	*8236*	8381	*8248*	8394	*8261*	8406	*8274*	8419	*8286*	8431	*8299*
13	8289	*8148*	8301	*8160*	8314	*8173*	8326	*8185*	8339	*8198*	8352	*8211*	8364	*8223*	8377	*8236*	8389	*8248*	8402	*8261*
14	8260	*8110*	8272	*8122*	8285	*8135*	8297	*8147*	8310	*8160*	8322	*8172*	8335	*8185*	8347	*8197*	8360	*8210*	8372	*8222*
15	0,8231	*0,8072*	0,8244	*0,8084*	0,8256	*0,8097*	0,8269	*0,8109*	0,8281	*0,8121*	0,8293	*0,8134*	0,8306	*0,8146*	0,8318	*0,8159*	0,8331	*0,8171*	0,8343	*0,8184*
16	8203	*8033*	8215	*8046*	8227	*8058*	8240	*8070*	8252	*8083*	8265	*8095*	8277	*8108*	8290	*8120*	8302	*8133*	8314	*8145*
17	8174	*7994*	8187	*8007*	8199	*8019*	8211	*8031*	8224	*8044*	8236	*8056*	8249	*8069*	8261	*8081*	8273	*8093*	8286	*8106*
18	8146	*7955*	8158	*7967*	8171	*7980*	8183	*7992*	8195	*8004*	8208	*8017*	8220	*8029*	8232	*8041*	8245	*8054*	8257	*8066*
19	8118	*7915*	8130	*7928*	8143	*7940*	8155	*7952*	8167	*7965*	8180	*7977*	8192	*7989*	8204	*8002*	8217	*8014*	8229	*8026*
20	0,8090	*0,7875*	0,8103	*0,7888*	0,8115	*0,7900*	0,8127	*0,7912*	0,8139	*0,7924*	0,8152	*0,7937*	0,8164	*0,7949*	0,8176	*0,7961*	0,8188	*0,7973*	0,8201	*0,7986*
21	8063	*7835*	8075	*7847*	8087	*7859*	8099	*7872*	8112	*7884*	8124	*7896*	8136	*7908*	8148	*7920*	8161	*7933*	8173	*7945*
22	8035	*7794*	8048	*7806*	8060	*7818*	8072	*7831*	8084	*7843*	8096	*7855*	8108	*7867*	8121	*7879*	8133	*7891*	8145	*7904*
23	8008	*7753*	8020	*7765*	8033	*7777*	8045	*7789*	8057	*7801*	8069	*7813*	8081	*7825*	8093	*7838*	8105	*7850*	8117	*7862*
24	7981	*7711*	7993	*7723*	8005	*7735*	8018	*7747*	8030	*7759*	8042	*7771*	8054	*7783*	8066	*7795*	8078	*7807*	8090	*7819*
25	0,7954	*0,7668*	0,7966	*0,7680*	0,7978	*0,7692*	0,7991	*0,7704*	0,8003	*0,7716*	0,8015	*0,7728*	0,8027	*0,7740*	0,8039	*0,7752*	0,8051	*0,7765*	0,8063	*0,7777*
26	7928	*7625*	7940	*7637*	7952	*7649*	7964	*7661*	7976	*7673*	7988	*7685*	8000	*7697*	8012	*7709*	8024	*7721*	8036	*7733*
27	7901	*7581*	7913	*7593*	7925	*7605*	7937	*7617*	7949	*7629*	7961	*7641*	7973	*7653*	7985	*7665*	7997	*7677*	8009	*7689*
28	7875	*7537*	7887	*7549*	7899	*7561*	7911	*7573*	7923	*7584*	7935	*7596*	7947	*7608*	7959	*7620*	7970	*7632*	7982	*7644*
29	7849	*7492*	7861	*7503*	7873	*7515*	7885	*7527*	7896	*7539*	7908	*7551*	7920	*7563*	7932	*7575*	7944	*7587*	7956	*7599*
30	0,7823	*0,7446*	0,7835	*0,7458*	0,7847	*0,7469*	0,7858	*0,7481*	0,7870	*0,7493*	0,7882	*0,7505*	0,7894	*0,7517*	0,7906	*0,7529*	0,7918	*0,7541*	0,7930	*0,7552*
31	7797	*7399*	7809	*7411*	7821	*7423*	7833	*7435*	7844	*7446*	7856	*7458*	7868	*7470*	7880	*7482*	7892	*7494*	7903	*7505*
32	7772	*7352*	7783	*7363*	7795	*7375*	7807	*7387*	7819	*7399*	7830	*7410*	7842	*7422*	7854	*7434*	7866	*7446*	7877	*7458*
33	7746	*7303*	7758	*7315*	7770	*7327*	7781	*7338*	7793	*7350*	7805	*7362*	7817	*7374*	7828	*7385*	7840	*7397*	7852	*7409*
34	7721	*7254*	7733	*7266*	7744	*7277*	7756	*7289*	7768	*7301*	7779	*7313*	7791	*7324*	7803	*7336*	7814	*7348*	7826	*7359*
35	0,7696	*0,7204*	0,7707	*0,7216*	0,7719	*0,7227*	0,7731	*0,7239*	0,7742	*0,7251*	0,7754	*0,7262*	0,7766	*0,7274*	0,7777	*0,7286*	0,7789	*0,7297*	0,7801	*0,7309*
36	7671	*7153*	7682	*7164*	7694	*7176*	7706	*7188*	7717	*7199*	7729	*7211*	7740	*7223*	7752	*7234*	7764	*7246*	7775	*7257*
37	7646	*7101*	7658	*7112*	7669	*7124*	7681	*7135*	7692	*7147*	7704	*7159*	7715	*7170*	7727	*7182*	7739	*7193*	7750	*7205*
38	7621	*7048*	7633	*7059*	7644	*7071*	7656	*7082*	7668	*7094*	7679	*7105*	7691	*7117*	7702	*7128*	7714	*7140*	7725	*7151*
39	7597	*6993*	7608	*7005*	7620	*7016*	7631	*7028*	7643	*7039*	7654	*7051*	7666	*7062*	7677	*7074*	7689	*7085*	7700	*7097*
40	0,7573	*0,6938*	0,7584	*0,6949*	0,7596	*0,6961*	0,7607	*0,6972*	0,7618	*0,6984*	0,7630	*0,6995*	0,7641	*0,7007*	0,7653	*0,7018*	0,7664	*0,7030*	0,7676	*0,7041*
41	7548	*6881*	7560	*6893*	7571	*6904*	7583	*6915*	7594	*6927*	7606	*6938*	7617	*6950*	7628	*6961*	7640	*6973*	7651	*6984*
42	7524	*6823*	7536	*6835*	7547	*6846*	7559	*6857*	7570	*6869*	7581	*6880*	7593	*6892*	7604	*6903*	7616	*6914*	7627	*6926*

Torr / °C	670		671		672		673		674		675		676		677		678		679	
	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,8816	*0,8756*	0,8829	*0,8769*	0,8842	*0,8782*	0,8855	*0,8795*	0,8868	*0,8808*	0,8882	*0,8821*	0,8895	*0,8834*	0,8908	*0,8848*	0,8921	*0,8861*	0,8934	*0,8874*
1	8784	*8719*	8797	*8732*	8810	*8745*	8823	*8758*	8836	*8771*	8849	*8785*	8862	*8798*	8875	*8811*	8888	*8824*	8902	*8837*
2	8752	*8682*	8765	*8695*	8778	*8709*	8791	*8722*	8804	*8735*	8817	*8748*	8830	*8761*	8843	*8774*	8856	*8787*	8869	*8800*
3	8720	*8646*	8733	*8659*	8746	*8672*	8759	*8685*	8772	*8698*	8785	*8711*	8798	*8724*	8811	*8737*	8824	*8750*	8837	*8763*
4	8688	*8609*	8701	*8622*	8714	*8635*	8727	*8648*	8740	*8661*	8753	*8674*	8766	*8687*	8779	*8700*	8792	*8713*	8805	*8726*
5	0,8657	*0,8572*	0,8670	*0,8585*	0,8683	*0,8598*	0,8696	*0,8611*	0,8709	*0,8624*	0,8722	*0,8637*	0,8734	*0,8650*	0,8747	*0,8663*	0,8760	*0,8676*	0,8773	*0,8689*
6	8626	*8536*	8639	*8548*	8652	*8561*	8664	*8574*	8677	*8587*	8690	*8600*	8703	*8613*	8716	*8626*	8729	*8639*	8742	*8651*
7	8595	*8499*	8608	*8511*	8621	*8524*	8633	*8537*	8646	*8550*	8659	*8563*	8672	*8576*	8685	*8588*	8698	*8601*	8710	*8614*
8	8564	*8462*	8577	*8474*	8590	*8487*	8603	*8500*	8615	*8513*	8628	*8525*	8641	*8538*	8654	*8551*	8667	*8564*	8679	*8577*
9	8534	*8424*	8547	*8437*	8559	*8450*	8572	*8462*	8585	*8475*	8598	*8488*	8610	*8501*	8623	*8513*	8636	*8526*	8649	*8539*
10	0,8504	*0,8387*	0,8516	*0,8400*	0,8529	*0,8412*	0,8542	*0,8425*	0,8554	*0,8438*	0,8567	*0,8450*	0,8580	*0,8463*	0,8593	*0,8476*	0,8605	*0,8488*	0,8618	*0,8501*
11	8474	*8349*	8486	*8362*	8499	*8375*	8512	*8387*	8524	*8400*	8537	*8412*	8550	*8425*	8562	*8438*	8575	*8450*	8588	*8463*
12	8444	*8311*	8457	*8324*	8469	*8337*	8482	*8349*	8494	*8362*	8507	*8374*	8520	*8387*	8532	*8400*	8545	*8412*	8557	*8425*
13	8414	*8273*	8427	*8286*	8439	*8298*	8452	*8311*	8465	*8324*	8477	*8336*	8490	*8349*	8502	*8361*	8515	*8374*	8527	*8386*
14	8385	*8235*	8397	*8247*	8410	*8260*	8423	*8272*	8435	*8285*	8448	*8298*	8460	*8310*	8473	*8323*	8485	*8335*	8498	*8348*
15	0,8356	*0,8196*	0,8368	*0,8209*	0,8381	*0,8221*	0,8393	*0,8234*	0,8406	*0,8246*	0,8418	*0,8259*	0,8431	*0,8271*	0,8443	*0,8284*	0,8456	*0,8296*	0,8468	*0,8309*
16	8327	*8157*	8339	*8170*	8352	*8182*	8364	*8195*	8377	*8207*	8389	*8220*	8401	*8232*	8414	*8244*	8426	*8257*	8439	*8269*
17	8298	*8118*	8310	*8131*	8323	*8143*	8335	*8155*	8348	*8168*	8360	*8180*	8372	*8192*	8385	*8205*	8397	*8217*	8410	*8230*
18	8270	*8078*	8282	*8091*	8294	*8103*	8307	*8116*	8319	*8128*	8331	*8140*	8344	*8153*	8356	*8165*	8368	*8177*	8381	*8190*
19	8241	*8038*	8253	*8051*	8266	*8063*	8278	*8075*	8290	*8088*	8303	*8100*	8315	*8112*	8327	*8125*	8340	*8137*	8352	*8149*
20	0,8213	*0,7998*	0,8225	*0,8010*	0,8237	*0,8023*	0,8250	*0,8035*	0,8262	*0,8047*	0,8274	*0,8059*	0,8287	*0,8072*	0,8299	*0,8084*	0,8311	*0,8096*	0,8323	*0,8108*
21	8185	*7957*	8197	*7969*	8209	*7982*	8222	*7994*	8234	*8006*	8246	*8018*	8258	*8030*	8270	*8043*	8283	*8055*	8295	*8067*
22	8157	*7916*	8169	*7928*	8182	*7940*	8194	*7952*	8206	*7964*	8218	*7977*	8230	*7989*	8242	*8001*	8255	*8013*	8267	*8025*
23	8130	*7874*	8142	*7886*	8154	*7898*	8166	*7910*	8178	*7922*	8190	*7935*	8202	*7947*	8215	*7959*	8227	*7971*	8239	*7983*
24	8102	*7832*	8114	*7844*	8126	*7856*	8138	*7868*	8151	*7880*	8163	*7892*	8175	*7904*	8187	*7916*	8199	*7928*	8211	*7940*
25	0,8075	*0,7789*	0,8087	*0,7801*	0,8099	*0,7813*	0,8111	*0,7825*	0,8123	*0,7837*	0,8135	*0,7849*	0,8147	*0,7861*	0,8159	*0,7873*	0,8171	*0,7885*	0,8183	*0,7897*
26	8048	*7745*	8060	*7757*	8072	*7769*	8084	*7781*	8096	*7793*	8108	*7805*	8120	*7817*	8132	*7829*	8144	*7841*	8156	*7853*
27	8021	*7701*	8033	*7713*	8045	*7725*	8057	*7737*	8069	*7749*	8081	*7761*	8093	*7773*	8105	*7785*	8117	*7797*	8129	*7809*
28	7994	*7656*	8006	*7668*	8018	*7680*	8030	*7692*	8042	*7704*	8054	*7716*	8066	*7728*	8078	*7740*	8090	*7751*	8102	*7763*
29	7968	*7611*	7980	*7622*	7992	*7634*	8003	*7646*	8015	*7658*	8027	*7670*	8039	*7682*	8051	*7694*	8063	*7706*	8075	*7718*
30	0,7941	*0,7564*	0,7953	*0,7576*	0,7965	*0,7588*	0,7977	*0,7600*	0,7989	*0,7612*	0,8001	*0,7623*	0,8013	*0,7635*	0,8024	*0,7647*	0,8036	*0,7659*	0,8048	*0,7671*
31	7915	*7517*	7927	*7529*	7939	*7541*	7951	*7553*	7963	*7564*	7974	*7576*	7986	*7588*	7998	*7600*	8010	*7612*	8022	*7624*
32	7889	*7469*	7901	*7481*	7913	*7493*	7925	*7505*	7936	*7516*	7948	*7528*	7960	*7540*	7972	*7552*	7983	*7564*	7995	*7575*
33	7863	*7421*	7875	*7432*	7887	*7444*	7899	*7456*	7910	*7468*	7922	*7479*	7934	*7491*	7946	*7503*	7957	*7515*	7969	*7526*
34	7838	*7371*	7849	*7383*	7861	*7394*	7873	*7406*	7885	*7418*	7896	*7430*	7908	*7441*	7920	*7453*	7931	*7465*	7943	*7476*
35	0,7812	*0,7321*	0,7824	*0,7332*	0,7836	*0,7344*	0,7847	*0,7356*	0,7859	*0,7367*	0,7871	*0,7379*	0,7882	*0,7390*	0,7894	*0,7402*	0,7906	*0,7414*	0,7917	*0,7425*
36	7787	*7269*	7799	*7281*	7810	*7292*	7822	*7304*	7833	*7316*	7845	*7327*	7857	*7339*	7868	*7350*	7880	*7362*	7892	*7374*
37	7762	*7217*	7773	*7228*	7785	*7240*	7797	*7251*	7808	*7263*	7820	*7274*	7831	*7286*	7843	*7298*	7854	*7309*	7866	*7321*
38	7737	*7163*	7748	*7175*	7760	*7186*	7771	*7198*	7783	*7209*	7795	*7221*	7806	*7232*	7818	*7244*	7829	*7255*	7841	*7267*
39	7712	*7108*	7723	*7120*	7735	*7131*	7747	*7143*	7758	*7154*	7770	*7166*	7781	*7177*	7793	*7189*	7804	*7200*	7816	*7212*
40	0,7687	*0,7053*	0,7699	*0,7064*	0,7710	*0,7075*	0,7722	*0,7087*	0,7733	*0,7098*	0,7745	*0,7110*	0,7756	*0,7121*	0,7768	*0,7133*	0,7779	*0,7144*	0,7791	*0,7156*
41	7663	*6996*	7674	*7007*	7686	*7018*	7697	*7030*	7709	*7041*	7720	*7053*	7731	*7064*	7743	*7076*	7754	*7087*	7766	*7098*
42	7638	*6937*	7650	*6949*	7661	*6960*	7673	*6971*	7684	*6983*	7695	*6994*	7707	*7006*	7718	*7017*	7730	*7028*	7741	*7040*

	680		681		682		683		684		685		686		687		688		689	
0	0,8947	*0,8887*	0,8961	*0,8900*	0,8974	*0,8913*	0,8987	*0,8927*	0,9000	*0,8940*	0,9013	*0,8953*	0,9026	*0,8966*	0,9039	*0,8979*	0,9053	*0,8992*	0,9066	*0,9006*
1	8915	*8850*	8928	*8863*	8941	*8876*	8954	*8889*	8967	*8903*	8980	*8916*	8993	*8929*	9006	*8942*	9020	*8955*	9033	*8968*
2	8882	*8813*	8895	*8826*	8908	*8839*	8921	*8852*	8934	*8865*	8947	*8878*	8961	*8891*	8974	*8904*	8987	*8918*	9000	*8931*
3	8850	*8776*	8863	*8789*	8876	*8802*	8889	*8815*	8902	*8828*	8915	*8841*	8928	*8854*	8941	*8867*	8954	*8880*	8967	*8893*
4	8818	*8739*	8831	*8752*	8844	*8765*	8857	*8778*	8870	*8791*	8883	*8804*	8896	*8817*	8909	*8830*	8922	*8843*	8935	*8856*
5	0,8786	*0,8702*	0,8799	*0,8715*	0,8812	*0,8727*	0,8825	*0,8740*	0,8838	*0,8753*	0,8851	*0,8766*	0,8864	*0,8779*	0,8877	*0,8792*	0,8890	*0,8805*	0,8902	*0,8818*
6	8755	*8664*	8767	*8677*	8780	*8690*	8793	*8703*	8806	*8716*	8819	*8729*	8832	*8742*	8845	*8754*	8858	*8767*	8870	*8780*
7	8723	*8627*	8736	*8640*	8749	*8653*	8762	*8665*	8775	*8678*	8787	*8691*	8800	*8704*	8813	*8717*	8826	*8730*	8839	*8742*
8	8692	*8589*	8705	*8602*	8718	*8615*	8731	*8628*	8743	*8640*	8756	*8653*	8769	*8666*	8782	*8679*	8794	*8692*	8807	*8704*
9	8661	*8552*	8674	*8564*	8687	*8577*	8699	*8590*	8712	*8603*	8725	*8615*	8738	*8628*	8750	*8641*	8763	*8654*	8776	*8666*
10	0,8631	*0,8514*	0,8643	*0,8526*	0,8656	*0,8539*	0,8669	*0,8552*	0,8681	*0,8565*	0,8694	*0,8577*	0,8707	*0,8590*	0,8719	*0,8603*	0,8732	*0,8615*	0,8745	*0,8628*
11	8600	*8476*	8613	*8488*	8625	*8501*	8638	*8514*	8651	*8526*	8663	*8539*	8676	*8552*	8689	*8564*	8701	*8577*	8714	*8590*
12	8570	*8437*	8583	*8450*	8595	*8463*	8608	*8475*	8620	*8488*	8633	*8500*	8646	*8513*	8658	*8526*	8671	*8538*	8683	*8551*
13	8540	*8399*	8552	*8411*	8565	*8424*	8578	*8437*	8590	*8449*	8603	*8462*	8615	*8474*	8628	*8487*	8640	*8499*	8653	*8512*
14	8510	*8360*	8523	*8373*	8535	*8385*	8548	*8398*	8560	*8410*	8573	*8423*	8585	*8435*	8598	*8448*	8610	*8460*	8623	*8473*
15	0,8481	*0,8321*	0,8493	*0,8334*	0,8505	*0,8346*	0,8518	*0,8358*	0,8530	*0,8371*	0,8543	*0,8383*	0,8555	*0,8396*	0,8568	*0,8408*	0,8580	*0,8421*	0,8593	*0,8433*
16	8451	*8282*	8464	*8294*	8476	*8307*	8488	*8319*	8501	*8331*	8513	*8344*	8526	*8356*	8538	*8369*	8551	*8381*	8563	*8394*
17	8422	*8242*	8434	*8254*	8447	*8267*	8459	*8279*	8471	*8292*	8484	*8304*	8496	*8316*	8509	*8329*	8521	*8341*	8533	*8353*
18	8393	*8202*	8405	*8214*	8418	*8227*	8430	*8239*	8442	*8251*	8455	*8264*	8467	*8276*	8479	*8288*	8492	*8301*	8504	*8313*
19	8364	*8161*	8376	*8174*	8389	*8186*	8401	*8198*	8413	*8211*	8426	*8223*	8438	*8235*	8450	*8248*	8463	*8260*	8475	*8272*
20	0,8336	*0,8121*	0,8348	*0,8133*	0,8360	*0,8145*	0,8372	*0,8157*	0,8385	*0,8170*	0,8397	*0,8182*	0,8409	*0,8194*	0,8421	*0,8206*	0,8434	*0,8219*	0,8446	*0,8231*
21	8307	*8079*	8319	*8092*	8332	*8104*	8344	*8116*	8356	*8128*	8368	*8140*	8380	*8153*	8393	*8165*	8405	*8177*	8417	*8189*
22	8279	*8038*	8291	*8050*	8303	*8062*	8315	*8074*	8328	*8086*	8340	*8098*	8352	*8111*	8364	*8123*	8376	*8135*	8389	*8147*
23	8251	*7995*	8263	*8007*	8275	*8020*	8287	*8032*	8299	*8044*	8312	*8056*	8324	*8068*	8336	*8080*	8348	*8092*	8360	*8104*
24	8223	*7952*	8235	*7965*	8247	*7977*	8259	*7989*	8271	*8001*	8284	*8013*	8296	*8025*	8308	*8037*	8320	*8049*	8332	*8061*
25	0,8195	*0,7909*	0,8207	*0,7921*	0,8220	*0,7933*	0,8232	*0,7945*	0,8244	*0,7957*	0,8256	*0,7969*	0,8268	*0,7981*	0,8280	*0,7993*	0,8292	*0,8006*	0,8304	*0,8018*
26	8168	*7865*	8180	*7877*	8192	*7889*	8204	*7901*	8216	*7913*	8228	*7925*	8240	*7937*	8252	*7949*	8264	*7961*	8276	*7973*
27	8141	*7821*	8153	*7833*	8165	*7845*	8177	*7857*	8189	*7868*	8201	*7880*	8213	*7892*	8225	*7904*	8236	*7916*	8248	*7928*
28	8114	*7775*	8126	*7787*	8137	*7799*	8149	*7811*	8161	*7823*	8173	*7835*	8185	*7847*	8197	*7859*	8209	*7871*	8221	*7883*
29	8087	*7729*	8099	*7741*	8110	*7753*	8122	*7765*	8134	*7777*	8146	*7789*	8158	*7801*	8170	*7813*	8182	*7825*	8194	*7836*
30	0,8060	*0,7683*	0,8072	*0,7695*	0,8084	*0,7706*	0,8096	*0,7718*	0,8107	*0,7730*	0,8119	*0,7742*	0,8131	*0,7754*	0,8143	*0,7766*	0,8155	*0,7778*	0,8167	*0,7789*
31	8033	*7635*	8045	*7647*	8057	*7659*	8069	*7671*	8081	*7683*	8092	*7694*	8104	*7706*	8116	*7718*	8128	*7730*	8140	*7742*
32	8007	*7587*	8019	*7599*	8031	*7611*	8042	*7622*	8054	*7634*	8066	*7646*	8078	*7658*	8089	*7670*	8101	*7681*	8113	*7693*
33	7981	*7538*	7993	*7550*	8004	*7561*	8016	*7573*	8028	*7585*	8039	*7597*	8051	*7608*	8063	*7620*	8075	*7632*	8086	*7644*
34	7955	*7488*	7966	*7500*	7978	*7511*	7990	*7523*	8002	*7535*	8013	*7547*	8025	*7558*	8037	*7570*	8048	*7582*	8060	*7593*
35	0,7929	*0,7437*	0,7941	*0,7449*	0,7952	*0,7460*	0,7964	*0,7472*	0,7976	*0,7484*	0,7987	*0,7495*	0,7999	*0,7507*	0,8011	*0,7519*	0,8022	*0,7530*	0,8034	*0,7542*
36	7903	*7385*	7915	*7397*	7926	*7409*	7938	*7420*	7950	*7432*	7961	*7443*	7973	*7455*	7985	*7467*	7996	*7478*	8008	*7490*
37	7878	*7332*	7889	*7344*	7901	*7356*	7912	*7367*	7924	*7379*	7936	*7390*	7947	*7402*	7959	*7413*	7970	*7425*	7982	*7437*
38	7852	*7278*	7864	*7290*	7875	*7302*	7887	*7313*	7898	*7325*	7910	*7336*	7922	*7348*	7933	*7359*	7945	*7371*	7956	*7382*
39	7827	*7223*	7839	*7235*	7850	*7246*	7862	*7258*	7873	*7269*	7885	*7281*	7896	*7293*	7908	*7304*	7919	*7316*	7931	*7327*
40	0,7802	*0,7167*	0,7814	*0,7179*	0,7825	*0,7190*	0,7836	*0,7202*	0,7848	*0,7213*	0,7859	*0,7225*	0,7871	*0,7236*	0,7882	*0,7248*	0,7894	*0,7259*	0,7905	*0,7271*
41	7777	*7110*	7789	*7121*	7800	*7133*	7811	*7144*	7823	*7156*	7834	*7167*	7846	*7179*	7857	*7190*	7869	*7201*	7880	*7213*
42	7752	*7051*	7764	*7063*	7775	*7074*	7787	*7085*	7798	*7097*	7809	*7108*	7821	*7120*	7832	*7131*	7844	*7142*	7855	*7154*

Torr	690		691		692		693		694		695		696		697		698		699	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,9079	*0,9019*	0,9092	*0,9032*	0,9105	*0,9045*	0,9118	*0,9058*	0,9132	*0,9071*	0,9145	*0,9084*	0,9158	*0,9098*	0,9171	*0,9111*	0,9184	*0,9124*	0,9197	*0,9137*
1	9046	*8981*	9059	*8994*	9072	*9007*	9085	*9020*	9098	*9034*	9111	*9047*	9124	*9060*	9138	*9073*	9151	*9086*	9164	*9099*
2	9013	*8944*	9026	*8957*	9039	*8970*	9052	*8983*	9065	*8996*	9078	*9009*	9091	*9022*	9104	*9035*	9117	*9048*	9130	*9061*
3	8980	*8906*	8993	*8919*	9006	*8932*	9019	*8945*	9032	*8958*	9045	*8971*	9058	*8984*	9071	*8997*	9084	*9010*	9097	*9023*
4	8948	*8868*	8961	*8881*	8974	*8894*	8986	*8907*	8999	*8920*	9012	*8933*	9025	*8946*	9038	*8959*	9051	*8972*	9064	*8985*
5	0,8915	*0,8831*	0,8928	*0,8844*	0,8941	*0,8857*	0,8954	*0,8870*	0,8967	*0,8882*	0,8980	*0,8895*	0,8993	*0,8908*	0,9006	*0,8921*	0,9019	*0,8934*	0,9032	*0,8947*
6	8883	*8793*	8896	*8806*	8909	*8819*	8922	*8832*	8935	*8845*	8948	*8857*	8961	*8870*	8973	*8883*	8986	*8896*	8999	*8909*
7	8852	*8755*	8864	*8768*	8877	*8781*	8890	*8794*	8903	*8806*	8916	*8819*	8929	*8832*	8941	*8845*	8954	*8858*	8967	*8871*
8	8820	*8717*	8833	*8730*	8846	*8743*	8858	*8756*	8871	*8768*	8884	*8781*	8897	*8794*	8909	*8807*	8922	*8819*	8935	*8832*
9	8789	*8679*	8801	*8692*	8814	*8704*	8827	*8717*	8840	*8730*	8852	*8743*	8865	*8755*	8878	*8768*	8891	*8781*	8903	*8794*
10	0,8758	*0,8641*	0,8770	*0,8653*	0,8783	*0,8666*	0,8796	*0,8679*	0,8808	*0,8691*	0,8821	*0,8704*	0,8834	*0,8717*	0,8846	*0,8730*	0,8859	*0,8742*	0,8872	*0,8755*
11	8727	*8602*	8739	*8615*	8752	*8627*	8765	*8640*	8777	*8653*	8790	*8665*	8803	*8678*	8815	*8691*	8828	*8703*	8840	*8716*
12	8696	*8563*	8709	*8576*	8721	*8589*	8734	*8601*	8746	*8614*	8759	*8626*	8772	*8639*	8784	*8652*	8797	*8664*	8809	*8677*
13	8666	*8524*	8678	*8537*	8691	*8550*	8703	*8562*	8716	*8575*	8728	*8587*	8741	*8600*	8753	*8612*	8766	*8625*	8779	*8637*
14	8635	*8485*	8648	*8498*	8660	*8510*	8673	*8523*	8685	*8535*	8698	*8548*	8710	*8560*	8723	*8573*	8735	*8585*	8748	*8598*
15	0,8605	*0,8446*	0,8618	*0,8458*	0,8630	*0,8471*	0,8643	*0,8483*	0,8655	*0,8496*	0,8668	*0,8508*	0,8680	*0,8521*	0,8693	*0,8533*	0,8705	*0,8546*	0,8717	*0,8558*
16	8575	*8406*	8588	*8418*	8600	*8431*	8613	*8443*	8625	*8456*	8638	*8468*	8650	*8481*	8662	*8493*	8675	*8505*	8687	*8518*
17	8546	*8366*	8558	*8378*	8571	*8391*	8583	*8403*	8595	*8415*	8608	*8428*	8620	*8440*	8632	*8453*	8645	*8465*	8657	*8477*
18	8516	*8325*	8529	*8338*	8541	*8350*	8553	*8362*	8566	*8375*	8578	*8387*	8590	*8399*	8603	*8412*	8615	*8424*	8627	*8436*
19	8487	*8284*	8499	*8297*	8512	*8309*	8524	*8321*	8536	*8334*	8549	*8346*	8561	*8358*	8573	*8371*	8586	*8383*	8598	*8395*
20	0,8458	*0,8243*	0,8470	*0,8255*	0,8483	*0,8268*	0,8495	*0,8280*	0,8507	*0,8292*	0,8519	*0,8304*	0,8532	*0,8317*	0,8544	*0,8329*	0,8556	*0,8341*	0,8568	*0,8353*
21	8429	*8201*	8442	*8214*	8454	*8226*	8466	*8238*	8478	*8250*	8490	*8263*	8503	*8275*	8515	*8287*	8527	*8299*	8539	*8311*
22	8401	*8159*	8413	*8171*	8425	*8184*	8437	*8196*	8449	*8208*	8462	*8220*	8474	*8232*	8486	*8245*	8498	*8257*	8510	*8269*
23	8372	*8117*	8384	*8129*	8397	*8141*	8409	*8153*	8421	*8165*	8433	*8177*	8445	*8189*	8457	*8202*	8469	*8214*	8481	*8226*
24	8344	*8073*	8356	*8086*	8368	*8098*	8380	*8110*	8392	*8122*	8404	*8134*	8417	*8146*	8429	*8158*	8441	*8170*	8453	*8182*
25	0,8316	*0,8030*	0,8328	*0,8042*	0,8340	*0,8054*	0,8352	*0,8066*	0,8364	*0,8078*	0,8376	*0,8090*	0,8388	*0,8102*	0,8400	*0,8114*	0,8412	*0,8126*	0,8424	*0,8138*
26	8288	*7985*	8300	*7997*	8312	*8009*	8324	*8021*	8336	*8033*	8348	*8045*	8360	*8057*	8372	*8069*	8384	*8081*	8396	*8093*
27	8260	*7940*	8272	*7952*	8284	*7964*	8296	*7976*	8308	*7988*	8320	*8000*	8332	*8012*	8344	*8024*	8356	*8036*	8368	*8048*
28	8233	*7895*	8245	*7907*	8257	*7919*	8269	*7930*	8281	*7942*	8293	*7954*	8305	*7966*	8316	*7978*	8328	*7990*	8340	*8002*
29	8206	*7848*	8218	*7860*	8229	*7872*	8241	*7884*	8253	*7896*	8265	*7908*	8277	*7920*	8289	*7932*	8301	*7943*	8313	*7955*
30	0,8178	*0,7801*	0,8190	*0,7813*	0,8202	*0,7825*	0,8214	*0,7837*	0,8226	*0,7849*	0,8238	*0,7861*	0,8250	*0,7872*	0,8261	*0,7884*	0,8273	*0,7896*	0,8285	*0,7908*
31	8152	*7753*	8163	*7765*	8175	*7777*	8187	*7789*	8199	*7801*	8211	*7813*	8222	*7824*	8234	*7836*	8246	*7848*	8258	*7860*
32	8125	*7705*	8137	*7717*	8148	*7728*	8160	*7740*	8172	*7752*	8184	*7764*	8195	*7775*	8207	*7787*	8219	*7799*	8231	*7811*
33	8098	*7655*	8110	*7667*	8122	*7679*	8133	*7691*	8145	*7702*	8157	*7714*	8169	*7726*	8180	*7738*	8192	*7749*	8204	*7761*
34	8072	*7605*	8083	*7617*	8095	*7628*	8107	*7640*	8119	*7652*	8130	*7664*	8142	*7675*	8154	*7687*	8165	*7699*	8177	*7710*
35	0,8046	*0,7554*	0,8057	*0,7565*	0,8069	*0,7577*	0,8080	*0,7589*	0,8092	*0,7600*	0,8104	*0,7612*	0,8115	*0,7624*	0,8127	*0,7635*	0,8139	*0,7647*	0,8150	*0,7659*
36	8019	*7501*	8031	*7513*	8043	*7525*	8054	*7536*	8066	*7548*	8078	*7560*	8089	*7571*	8101	*7583*	8112	*7594*	8124	*7606*
37	7994	*7448*	8005	*7460*	8017	*7471*	8028	*7483*	8040	*7495*	8051	*7506*	8063	*7518*	8075	*7529*	8086	*7541*	8098	*7553*
38	7968	*7394*	7979	*7405*	7991	*7417*	8002	*7429*	8014	*7440*	8026	*7452*	8037	*7463*	8049	*7475*	8060	*7486*	8072	*7498*
39	7942	*7339*	7954	*7350*	7965	*7362*	7977	*7373*	7988	*7385*	8000	*7396*	8011	*7408*	8023	*7419*	8034	*7431*	8046	*7442*
40	0,7917	*0,7282*	0,7928	*0,7293*	0,7940	*0,7305*	0,7951	*0,7316*	0,7963	*0,7328*	0,7974	*0,7339*	0,7986	*0,7351*	0,7997	*0,7362*	0,8009	*0,7374*	0,8020	*0,7385*
41	7892	*7224*	7903	*7236*	7914	*7247*	7926	*7259*	7937	*7270*	7949	*7281*	7960	*7293*	7972	*7304*	7983	*7316*	7994	*7327*
42	7866	*7165*	7878	*7177*	7889	*7188*	7901	*7199*	7912	*7211*	7923	*7222*	7935	*7234*	7946	*7245*	7958	*7256*	7969	*7268*

	700		701		702		703		704		705		706		707		708		709	
0	0,9211	*0,9150*	0,9224	*0,9163*	0,9237	*0,9177*	0,9250	*0,9190*	0,9263	*0,9203*	0,9276	*0,9216*	0,9289	*0,9229*	0,9303	*0,9242*	0,9316	*0,9256*	0,9329	*0,9269*
1	9177	*9112*	9190	*9125*	9203	*9138*	9216	*9152*	9229	*9165*	9242	*9178*	9256	*9191*	9269	*9204*	9282	*9217*	9295	*9230*
2	9143	*9074*	9156	*9087*	9170	*9100*	9183	*9113*	9196	*9127*	9209	*9140*	9222	*9153*	9235	*9166*	9248	*9179*	9261	*9192*
3	9110	*9036*	9123	*9049*	9136	*9062*	9149	*9075*	9162	*9088*	9175	*9101*	9188	*9114*	9201	*9127*	9214	*9140*	9227	*9153*
4	9077	*8998*	9090	*9011*	9103	*9024*	9116	*9037*	9129	*9050*	9142	*9063*	9155	*9076*	9168	*9089*	9181	*9102*	9194	*9115*
5	0,9045	*0,8960*	0,9057	*0,8973*	0,9070	*0,8986*	0,9083	*0,8999*	0,9096	*0,9012*	0,9109	*0,9025*	0,9122	*0,9038*	0,9135	*0,9050*	0,9148	*0,9063*	0,9161	*0,9076*
6	9012	*8922*	9025	*8935*	9038	*8948*	9051	*8960*	9064	*8973*	9076	*8986*	9089	*8999*	9102	*9012*	9115	*9025*	9128	*9038*
7	8980	*8883*	8993	*8896*	9005	*8909*	9018	*8922*	9031	*8935*	9044	*8948*	9057	*8960*	9070	*8973*	9082	*8986*	9095	*8999*
8	8948	*8845*	8961	*8858*	8973	*8871*	8986	*8883*	8999	*8896*	9012	*8909*	9025	*8922*	9037	*8934*	9050	*8947*	9063	*8960*
9	8916	*8806*	8929	*8819*	8942	*8832*	8954	*8845*	8967	*8857*	8980	*8870*	8992	*8883*	9005	*8896*	9018	*8908*	9031	*8921*
10	0,8884	*0,8768*	0,8897	*0,8780*	0,8910	*0,8793*	0,8923	*0,8806*	0,8935	*0,8818*	0,8948	*0,8831*	0,8961	*0,8844*	0,8973	*0,8856*	0,8986	*0,8869*	0,8999	*0,8882*
11	8853	*8729*	8866	*8741*	8878	*8754*	8891	*8767*	8904	*8779*	8916	*8792*	8929	*8805*	8942	*8817*	8954	*8830*	8967	*8842*
12	8822	*8689*	8835	*8702*	8847	*8715*	8860	*8727*	8872	*8740*	8885	*8752*	8898	*8765*	8910	*8778*	8923	*8790*	8935	*8803*
13	8791	*8650*	8804	*8663*	8816	*8675*	8829	*8688*	8841	*8700*	8854	*8713*	8866	*8725*	8879	*8738*	8892	*8751*	8904	*8763*
14	8760	*8610*	8773	*8623*	8785	*8635*	8798	*8648*	8810	*8660*	8823	*8673*	8836	*8685*	8848	*8698*	8861	*8711*	8873	*8723*
15	0,8730	*0,8570*	0,8742	*0,8583*	0,8755	*0,8595*	0,8767	*0,8608*	0,8780	*0,8620*	0,8792	*0,8633*	0,8805	*0,8645*	0,8817	*0,8658*	0,8830	*0,8670*	0,8842	*0,8683*
16	8700	*8530*	8712	*8543*	8725	*8555*	8737	*8568*	8749	*8580*	8762	*8592*	8774	*8605*	8787	*8617*	8799	*8630*	8812	*8642*
17	8670	*8490*	8682	*8502*	8694	*8514*	8707	*8527*	8719	*8539*	8732	*8552*	8744	*8564*	8756	*8576*	8769	*8589*	8781	*8601*
18	8640	*8449*	8652	*8461*	8664	*8473*	8677	*8486*	8689	*8498*	8701	*8510*	8714	*8523*	8726	*8535*	8739	*8547*	8751	*8560*
19	8610	*8407*	8622	*8420*	8635	*8432*	8647	*8444*	8659	*8457*	8672	*8469*	8684	*8481*	8696	*8494*	8709	*8506*	8721	*8518*
20	0,8581	*0,8366*	0,8593	*0,8378*	0,8605	*0,8390*	0,8617	*0,8403*	0,8630	*0,8415*	0,8642	*0,8427*	0,8654	*0,8439*	0,8667	*0,8452*	0,8679	*0,8464*	0,8691	*0,8476*
21	8551	*8324*	8564	*8336*	8576	*8348*	8588	*8360*	8600	*8372*	8613	*8385*	8625	*8397*	8637	*8409*	8649	*8421*	8661	*8434*
22	8522	*8281*	8535	*8293*	8547	*8305*	8559	*8318*	8571	*8330*	8583	*8342*	8595	*8354*	8608	*8366*	8620	*8378*	8632	*8391*
23	8494	*8238*	8506	*8250*	8518	*8262*	8530	*8274*	8542	*8286*	8554	*8299*	8566	*8311*	8579	*8323*	8591	*8335*	8603	*8347*
24	8465	*8194*	8477	*8206*	8489	*8219*	8501	*8231*	8513	*8243*	8525	*8255*	8537	*8267*	8550	*8279*	8562	*8291*	8574	*8303*
25	0,8436	*0,8150*	0,8449	*0,8162*	0,8461	*0,8174*	0,8473	*0,8186*	0,8485	*0,8198*	0,8497	*0,8210*	0,8509	*0,8222*	0,8521	*0,8235*	0,8533	*0,8247*	0,8545	*0,8259*
26	8408	*8105*	8420	*8117*	8432	*8129*	8444	*8141*	8456	*8153*	8468	*8165*	8480	*8177*	8492	*8189*	8504	*8202*	8516	*8214*
27	8380	*8060*	8392	*8072*	8404	*8084*	8416	*8096*	8428	*8108*	8440	*8120*	8452	*8132*	8464	*8144*	8476	*8156*	8488	*8168*
28	8352	*8014*	8364	*8026*	8376	*8038*	8388	*8050*	8400	*8062*	8412	*8074*	8424	*8086*	8436	*8098*	8448	*8109*	8460	*8121*
29	8325	*7967*	8336	*7979*	8348	*7991*	8360	*8003*	8372	*8015*	8384	*8027*	8396	*8039*	8408	*8051*	8420	*8062*	8432	*8074*
30	0,8297	*0,7920*	0,8309	*0,7932*	0,8321	*0,7944*	0,8333	*0,7955*	0,8344	*0,7967*	0,8356	*0,7979*	0,8368	*0,7991*	0,8380	*0,8003*	0,8392	*0,8015*	0,8404	*0,8026*
31	8270	*7872*	8281	*7883*	8293	*7895*	8305	*7907*	8317	*7919*	8329	*7931*	8341	*7943*	8352	*7954*	8364	*7966*	8376	*7978*
32	8243	*7823*	8254	*7834*	8266	*7846*	8278	*7858*	8290	*7870*	8301	*7881*	8313	*7893*	8325	*7905*	8337	*7917*	8348	*7929*
33	8216	*7773*	8227	*7784*	8239	*7796*	8251	*7808*	8262	*7820*	8274	*7831*	8286	*7843*	8298	*7855*	8309	*7867*	8321	*7878*
34	8189	*7722*	8200	*7734*	8212	*7745*	8224	*7757*	8236	*7769*	8247	*7780*	8259	*7792*	8271	*7804*	8282	*7816*	8294	*7827*
35	0,8162	*0,7670*	0,8174	*0,7682*	0,8185	*0,7694*	0,8197	*0,7705*	0,8209	*0,7717*	0,8220	*0,7729*	0,8232	*0,7740*	0,8244	*0,7752*	0,8255	*0,7764*	0,8267	*0,7775*
36	8136	*7618*	8147	*7629*	8159	*7641*	8171	*7653*	8182	*7664*	8194	*7676*	8205	*7687*	8217	*7699*	8229	*7711*	8240	*7722*
37	8109	*7564*	8121	*7576*	8133	*7587*	8144	*7599*	8156	*7610*	8167	*7622*	8179	*7634*	8190	*7645*	8202	*7657*	8214	*7668*
38	8083	*7509*	8095	*7521*	8106	*7533*	8118	*7544*	8129	*7556*	8141	*7567*	8153	*7579*	8164	*7590*	8176	*7602*	8187	*7613*
39	8057	*7454*	8069	*7465*	8080	*7477*	8092	*7488*	8103	*7500*	8115	*7511*	8126	*7523*	8138	*7534*	8149	*7546*	8161	*7557*
40	0,8032	*0,7397*	0,8043	*0,7408*	0,8054	*0,7420*	0,8066	*0,7431*	0,8077	*0,7443*	0,8089	*0,7454*	0,8100	*0,7466*	0,8112	*0,7477*	0,8123	*0,7489*	0,8135	*0,7500*
41	8006	*7339*	8017	*7350*	8029	*7362*	8040	*7373*	8052	*7384*	8063	*7396*	8075	*7407*	8086	*7419*	8097	*7430*	8109	*7442*
42	7980	*7279*	7992	*7291*	8003	*7302*	8015	*7313*	8026	*7325*	8037	*7336*	8049	*7348*	8060	*7359*	8072	*7370*	8083	*7382*

Torr	710		711		712		713		714		715		716		717		718		719	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,9342	*0,9282*	0,9355	*0,9295*	0,9368	*0,9308*	0,9382	*0,9321*	0,9395	*0,9334*	0,9408	*0,9348*	0,9421	*0,9361*	0,9434	*0,9374*	0,9447	*0,9387*	0,9461	*0,9400*
1	9308	*9243*	9321	*9256*	9334	*9270*	9347	*9283*	9360	*9296*	9373	*9309*	9387	*9322*	9400	*9335*	9413	*9348*	9426	*9361*
2	9274	*9205*	9287	*9218*	9300	*9231*	9313	*9244*	9326	*9257*	9339	*9270*	9352	*9283*	9365	*9296*	9379	*9309*	9392	*9322*
3	9240	*9166*	9253	*9179*	9266	*9192*	9279	*9205*	9292	*9218*	9305	*9231*	9318	*9244*	9331	*9257*	9344	*9270*	9358	*9284*
4	9207	*9128*	9220	*9141*	9233	*9154*	9246	*9167*	9259	*9180*	9272	*9193*	9285	*9206*	9298	*9219*	9311	*9232*	9324	*9245*
5	0,9174	*0,9089*	0,9187	*0,9102*	0,9200	*0,9115*	0,9213	*0,9128*	0,9225	*0,9141*	0,9238	*0,9154*	0,9251	*0,9167*	0,9264	*0,9180*	0,9277	*0,9193*	0,9290	*0,9206*
6	9141	*9051*	9154	*9063*	9167	*9076*	9179	*9089*	9192	*9102*	9205	*9115*	9218	*9128*	9231	*9141*	9244	*9154*	9257	*9166*
7	9108	*9012*	9121	*9025*	9134	*9037*	9147	*9050*	9159	*9063*	9172	*9076*	9185	*9089*	9198	*9102*	9211	*9114*	9224	*9127*
8	9076	*8973*	9088	*8986*	9101	*8998*	9114	*9011*	9127	*9024*	9140	*9037*	9152	*9050*	9165	*9062*	9178	*9075*	9191	*9088*
9	9043	*8934*	9056	*8946*	9069	*8959*	9082	*8972*	9094	*8985*	9107	*8997*	9120	*9010*	9133	*9023*	9145	*9036*	9158	*9048*
10	0,9011	*0,8895*	0,9024	*0,8907*	0,9037	*0,8920*	0,9049	*0,8933*	0,9062	*0,8945*	0,9075	*0,8958*	0,9088	*0,8971*	0,9100	*0,8983*	0,9113	*0,8996*	0,9126	*0,9009*
11	8980	*8855*	8992	*8868*	9005	*8880*	9018	*8893*	9030	*8906*	9043	*8918*	9055	*8931*	9068	*8944*	9081	*8956*	9093	*8969*
12	8948	*8815*	8961	*8828*	8973	*8841*	8986	*8853*	8998	*8866*	9011	*8878*	9024	*8891*	9036	*8904*	9049	*8916*	9061	*8929*
13	8917	*8776*	8929	*8788*	8942	*8801*	8954	*8813*	8967	*8826*	8979	*8838*	8992	*8851*	9005	*8864*	9017	*8876*	9030	*8889*
14	8886	*8736*	8898	*8748*	8911	*8761*	8923	*8773*	8936	*8786*	8948	*8798*	8961	*8811*	8973	*8823*	8986	*8836*	8998	*8848*
15	0,8855	*0,8695*	0,8867	*0,8708*	0,8880	*0,8720*	0,8892	*0,8733*	0,8905	*0,8745*	0,8917	*0,8758*	0,8929	*0,8770*	0,8942	*0,8782*	0,8954	*0,8795*	0,8967	*0,8807*
16	8824	*8655*	8836	*8667*	8849	*8679*	8861	*8692*	8874	*8704*	8886	*8717*	8899	*8729*	8911	*8742*	8923	*8754*	8936	*8766*
17	8793	*8614*	8806	*8626*	8818	*8638*	8831	*8651*	8843	*8663*	8855	*8675*	8868	*8688*	8880	*8700*	8893	*8713*	8905	*8725*
18	8763	*8572*	8776	*8585*	8788	*8597*	8800	*8609*	8813	*8622*	8825	*8634*	8837	*8646*	8850	*8659*	8862	*8671*	8874	*8683*
19	8733	*8530*	8745	*8543*	8758	*8555*	8770	*8567*	8782	*8580*	8795	*8592*	8807	*8604*	8819	*8617*	8832	*8629*	8844	*8641*
20	0,8703	*0,8488*	0,8716	*0,8501*	0,8728	*0,8513*	0,8740	*0,8525*	0,8752	*0,8537*	0,8765	*0,8550*	0,8777	*0,8562*	0,8789	*0,8574*	0,8801	*0,8586*	0,8814	*0,8599*
21	8674	*8446*	8686	*8458*	8698	*8470*	8710	*8482*	8722	*8495*	8735	*8507*	8747	*8519*	8759	*8531*	8771	*8544*	8784	*8556*
22	8644	*8403*	8656	*8415*	8669	*8427*	8681	*8439*	8693	*8451*	8705	*8464*	8717	*8476*	8729	*8488*	8742	*8500*	8754	*8512*
23	8615	*8359*	8627	*8371*	8639	*8384*	8651	*8396*	8663	*8408*	8676	*8420*	8688	*8432*	8700	*8444*	8712	*8456*	8724	*8468*
24	8586	*8315*	8598	*8327*	8610	*8339*	8622	*8352*	8634	*8364*	8646	*8376*	8658	*8388*	8671	*8400*	8683	*8412*	8695	*8424*
25	0,8557	*0,8271*	0,8569	*0,8283*	0,8581	*0,8295*	0,8593	*0,8307*	0,8605	*0,8319*	0,8617	*0,8331*	0,8629	*0,8343*	0,8641	*0,8355*	0,8653	*0,8367*	0,8665	*0,8379*
26	8528	*8226*	8540	*8238*	8552	*8250*	8564	*8262*	8576	*8274*	8588	*8286*	8600	*8298*	8612	*8310*	8624	*8322*	8636	*8334*
27	8500	*8180*	8512	*8192*	8524	*8204*	8536	*8216*	8548	*8228*	8560	*8240*	8572	*8252*	8584	*8264*	8596	*8276*	8608	*8287*
28	8472	*8133*	8483	*8145*	8495	*8157*	8507	*8169*	8519	*8181*	8531	*8193*	8543	*8205*	8555	*8217*	8567	*8229*	8579	*8241*
29	8443	*8086*	8455	*8098*	8467	*8110*	8479	*8122*	8491	*8134*	8503	*8146*	8515	*8158*	8527	*8169*	8539	*8181*	8550	*8193*
30	0,8416	*0,8038*	0,8427	*0,8050*	0,8439	*0,8062*	0,8451	*0,8074*	0,8463	*0,8086*	0,8475	*0,8098*	0,8487	*0,8109*	0,8499	*0,8121*	0,8510	*0,8133*	0,8522	*0,8145*
31	8388	*7990*	8400	*8002*	8411	*8013*	8423	*8025*	8435	*8037*	8447	*8049*	8459	*8061*	8471	*8072*	8482	*8084*	8494	*8096*
32	8360	*7940*	8372	*7952*	8384	*7964*	8396	*7976*	8407	*7987*	8419	*7999*	8431	*8011*	8443	*8023*	8454	*8035*	8466	*8046*
33	8333	*7890*	8345	*7902*	8356	*7914*	8368	*7925*	8380	*7937*	8392	*7949*	8403	*7961*	8415	*7972*	8427	*7984*	8439	*7996*
34	8306	*7839*	8317	*7851*	8329	*7862*	8341	*7874*	8353	*7886*	8364	*7897*	8376	*7909*	8388	*7921*	8399	*7933*	8411	*7944*
35	0,8279	*0,7787*	0,8290	*0,7799*	0,8302	*0,7810*	0,8314	*0,7822*	0,8325	*0,7834*	0,8337	*0,7845*	0,8349	*0,7857*	0,8360	*0,7869*	0,8372	*0,7880*	0,8384	*0,7892*
36	8252	*7734*	8263	*7746*	8275	*7757*	8287	*7769*	8298	*7780*	8310	*7792*	8322	*7804*	8333	*7815*	8345	*7827*	8356	*7839*
37	8225	*7680*	8237	*7692*	8248	*7703*	8260	*7715*	8272	*7726*	8283	*7738*	8295	*7749*	8306	*7761*	8318	*7773*	8329	*7784*
38	8199	*7625*	8210	*7636*	8222	*7648*	8233	*7660*	8245	*7671*	8256	*7683*	8268	*7694*	8280	*7706*	8291	*7717*	8303	*7729*
39	8172	*7569*	8184	*7580*	8195	*7592*	8207	*7603*	8218	*7615*	8230	*7626*	8241	*7638*	8253	*7649*	8264	*7661*	8276	*7672*
40	0,8146	*0,7511*	0,8158	*0,7523*	0,8169	*0,7534*	0,8181	*0,7546*	0,8192	*0,7557*	0,8204	*0,7569*	0,8215	*0,7580*	0,8227	*0,7592*	0,8238	*0,7603*	0,8249	*0,7615*
41	8120	*7453*	8132	*7464*	8143	*7476*	8155	*7487*	8166	*7499*	8177	*7510*	8189	*7522*	8200	*7533*	8212	*7545*	8223	*7556*
42	8094	*7393*	8106	*7405*	8117	*7416*	8129	*7427*	8140	*7439*	8151	*7450*	8163	*7462*	8174	*7473*	8186	*7484*	8197	*7496*

	720		721		722		723		724		725		726		727		728		729	
0	0,9474	*0,9413*	0,9487	*0,9427*	0,9500	*0,9440*	0,9513	*0,9453*	0,9526	*0,9466*	0,9539	*0,9479*	0,9553	*0,9492*	0,9566	*0,9506*	0,9579	*0,9519*	0,9592	*0,9532*
1	9439	*9374*	9452	*9388*	9465	*9401*	9478	*9414*	9491	*9427*	9505	*9440*	9518	*9453*	9531	*9466*	9544	*9479*	9557	*9492*
2	9405	*9336*	9418	*9349*	9431	*9362*	9444	*9375*	9457	*9388*	9470	*9401*	9483	*9414*	9496	*9427*	9509	*9440*	9522	*9453*
3	9371	*9297*	9384	*9310*	9397	*9323*	9410	*9336*	9423	*9349*	9436	*9362*	9449	*9375*	9462	*9388*	9475	*9401*	9488	*9414*
4	9337	*9258*	9350	*9270*	9363	*9283*	9376	*9296*	9388	*9309*	9401	*9322*	9414	*9335*	9427	*9348*	9440	*9361*	9453	*9374*
5	0,9303	*0,9218*	0,9316	*0,9231*	0,9329	*0,9244*	0,9342	*0,9257*	0,9355	*0,9270*	0,9368	*0,9283*	0,9380	*0,9296*	0,9393	*0,9309*	0,9406	*0,9322*	0,9419	*0,9335*
6	9270	*9179*	9282	*9192*	9295	*9205*	9308	*9218*	9321	*9231*	9334	*9244*	9347	*9257*	9360	*9269*	9373	*9282*	9385	*9295*
7	9236	*9140*	9249	*9153*	9262	*9166*	9275	*9179*	9288	*9191*	9301	*9204*	9313	*9217*	9326	*9230*	9339	*9243*	9352	*9255*
8	9203	*9101*	9216	*9113*	9229	*9126*	9242	*9139*	9255	*9152*	9267	*9165*	9280	*9177*	9293	*9190*	9306	*9203*	9319	*9216*
9	9171	*9061*	9184	*9074*	9196	*9087*	9209	*9099*	9222	*9112*	9234	*9125*	9247	*9138*	9260	*9150*	9273	*9163*	9285	*9176*
10	0,9138	*0,9021*	0,9151	*0,9034*	0,9164	*0,9047*	0,9176	*0,9060*	0,9189	*0,9072*	0,9202	*0,9085*	0,9214	*0,9098*	0,9227	*0,9110*	0,9240	*0,9123*	0,9253	*0,9136*
11	9106	*8982*	9119	*8994*	9131	*9007*	9144	*9020*	9157	*9032*	9169	*9045*	9182	*9057*	9195	*9070*	9207	*9083*	9220	*9095*
12	9074	*8942*	9087	*8954*	9099	*8967*	9112	*8979*	9124	*8992*	9137	*9005*	9150	*9017*	9162	*9030*	9175	*9042*	9187	*9055*
13	9042	*8901*	9055	*8914*	9067	*8926*	9080	*8939*	9093	*8951*	9105	*8964*	9118	*8977*	9130	*8989*	9143	*9002*	9155	*9014*
14	9011	*8861*	9023	*8873*	9036	*8886*	9048	*8898*	9061	*8911*	9073	*8923*	9086	*8936*	9098	*8948*	9111	*8961*	9123	*8973*
15	0,8979	*0,8820*	0,8992	*0,8832*	0,9004	*0,8845*	0,9017	*0,8857*	0,9029	*0,8870*	0,9042	*0,8882*	0,9054	*0,8895*	0,9067	*0,8907*	0,9079	*0,8920*	0,9092	*0,8932*
16	8948	*8779*	8961	*8791*	8973	*8804*	8986	*8816*	8998	*8829*	9010	*8841*	9023	*8853*	9035	*8866*	9048	*8878*	9060	*8891*
17	8917	*8737*	8930	*8750*	8942	*8762*	8954	*8775*	8967	*8787*	8979	*8799*	8992	*8812*	9004	*8824*	9016	*8836*	9029	*8849*
18	8887	*8696*	8899	*8708*	8911	*8720*	8924	*8733*	8936	*8745*	8948	*8757*	8961	*8770*	8973	*8782*	8985	*8794*	8998	*8807*
19	8856	*8653*	8868	*8666*	8881	*8678*	8893	*8690*	8905	*8703*	8918	*8715*	8930	*8727*	8942	*8740*	8955	*8752*	8967	*8764*
20	0,8826	*0,8611*	0,8838	*0,8623*	0,8850	*0,8635*	0,8863	*0,8648*	0,8875	*0,8660*	0,8887	*0,8672*	0,8899	*0,8684*	0,8912	*0,8697*	0,8924	*0,8709*	0,8936	*0,8721*
21	8796	*8568*	8808	*8580*	8820	*8592*	8832	*8605*	8845	*8617*	8857	*8629*	8869	*8641*	8881	*8653*	8894	*8666*	8906	*8678*
22	8766	*8525*	8778	*8537*	8790	*8549*	8802	*8561*	8815	*8573*	8827	*8585*	8839	*8598*	8851	*8610*	8863	*8622*	8875	*8634*
23	8736	*8481*	8748	*8493*	8761	*8505*	8773	*8517*	8785	*8529*	8797	*8541*	8809	*8553*	8821	*8566*	8833	*8578*	8845	*8590*
24	8707	*8436*	8719	*8448*	8731	*8460*	8743	*8472*	8755	*8485*	8767	*8497*	8779	*8509*	8791	*8521*	8804	*8533*	8816	*8545*
25	0,8678	*0,8391*	0,8690	*0,8403*	0,8702	*0,8415*	0,8714	*0,8427*	0,8726	*0,8439*	0,8738	*0,8451*	0,8750	*0,8464*	0,8762	*0,8476*	0,8774	*0,8488*	0,8786	*0,8500*
26	8648	*8346*	8660	*8358*	8672	*8370*	8684	*8382*	8696	*8394*	8709	*8406*	8721	*8418*	8733	*8430*	8745	*8442*	8757	*8454*
27	8620	*8299*	8632	*8311*	8644	*8323*	8655	*8335*	8667	*8347*	8679	*8359*	8691	*8371*	8703	*8383*	8715	*8395*	8727	*8407*
28	8591	*8253*	8603	*8265*	8615	*8276*	8627	*8288*	8639	*8300*	8651	*8312*	8662	*8324*	8674	*8336*	8686	*8348*	8698	*8360*
29	8562	*8205*	8574	*8217*	8586	*8229*	8598	*8241*	8610	*8253*	8622	*8265*	8634	*8276*	8646	*8288*	8658	*8300*	8669	*8312*
30	0,8534	*0,8157*	0,8546	*0,8169*	0,8558	*0,8181*	0,8570	*0,8192*	0,8581	*0,8204*	0,8593	*0,8216*	0,8605	*0,8228*	0,8617	*0,8240*	0,8629	*0,8252*	0,8641	*0,8264*
31	8506	*8108*	8518	*8120*	8530	*8132*	8541	*8143*	8553	*8155*	8565	*8167*	8577	*8179*	8589	*8191*	8600	*8202*	8612	*8214*
32	8478	*8058*	8490	*8070*	8502	*8082*	8513	*8093*	8525	*8105*	8537	*8117*	8549	*8129*	8560	*8141*	8572	*8152*	8584	*8164*
33	8450	*8007*	8462	*8019*	8474	*8031*	8485	*8043*	8497	*8054*	8509	*8066*	8521	*8078*	8532	*8090*	8544	*8101*	8556	*8113*
34	8423	*7956*	8434	*7968*	8446	*7979*	8458	*7991*	8469	*8003*	8481	*8014*	8493	*8026*	8505	*8038*	8516	*8050*	8528	*8061*
35	0,8395	*0,7904*	0,8407	*0,7915*	0,8419	*0,7927*	0,8430	*0,7939*	0,8442	*0,7950*	0,8454	*0,7962*	0,8465	*0,7974*	0,8477	*0,7985*	0,8489	*0,7997*	0,8500	*0,8008*
36	8368	*7850*	8380	*7862*	8391	*7873*	8403	*7885*	8415	*7897*	8426	*7908*	8438	*7920*	8449	*7932*	8461	*7943*	8473	*7955*
37	8341	*7796*	8353	*7807*	8364	*7819*	8376	*7831*	8387	*7842*	8399	*7854*	8411	*7865*	8422	*7877*	8434	*7888*	8445	*7900*
38	8314	*7740*	8326	*7752*	8337	*7763*	8349	*7775*	8360	*7787*	8372	*7798*	8383	*7810*	8395	*7821*	8407	*7833*	8418	*7844*
39	8287	*7684*	8299	*7695*	8311	*7707*	8322	*7718*	8334	*7730*	8345	*7741*	8357	*7753*	8368	*7764*	8380	*7776*	8391	*7787*
40	0,8261	*0,7626*	0,8272	*0,7638*	0,8284	*0,7649*	0,8295	*0,7661*	0,8307	*0,7672*	0,8318	*0,7684*	0,8330	*0,7695*	0,8341	*0,7707*	0,8353	*0,7718*	0,8364	*0,7729*
41	8235	*7567*	8246	*7579*	8257	*7590*	8269	*7602*	8280	*7613*	8292	*7625*	8303	*7636*	8315	*7647*	8326	*7659*	8338	*7670*
42	8208	*7507*	8220	*7519*	8231	*7530*	8243	*7542*	8254	*7553*	8265	*7564*	8277	*7576*	8288	*7587*	8300	*7599*	8311	*7610*

Torr	730		731		732		733		734		735		736		737		738		739	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,9605	*0,9545*	0,9618	*0,9558*	0,9632	*0,9571*	0,9645	*0,9584*	0,9658	*0,9598*	0,9671	*0,9611*	0,9684	*0,9624*	0,9697	*0,9637*	0,9711	*0,9650*	0,9724	*0,9663*
1	9570	*9506*	9583	*9519*	9596	*9532*	9609	*9545*	9623	*9558*	9636	*9571*	9649	*9584*	9662	*9597*	9675	*9610*	9688	*9624*
2	9535	*9466*	9548	*9479*	9561	*9492*	9574	*9505*	9588	*9518*	9601	*9531*	9614	*9544*	9627	*9558*	9640	*9571*	9653	*9584*
3	9501	*9427*	9514	*9440*	9527	*9453*	9540	*9466*	9553	*9479*	9566	*9492*	9579	*9505*	9592	*9518*	9605	*9531*	9618	*9544*
4	9466	*9387*	9479	*9400*	9492	*9413*	9505	*9426*	9518	*9439*	9531	*9452*	9544	*9465*	9557	*9478*	9570	*9491*	9583	*9504*
5	0,9432	*0,9348*	0,9445	*0,9361*	0,9458	*0,9373*	0,9471	*0,9386*	0,9484	*0,9399*	0,9497	*0,9412*	0,9510	*0,9425*	0,9523	*0,9438*	0,9536	*0,9451*	0,9548	*0,9464*
6	9398	*9308*	9411	*9321*	9424	*9334*	9437	*9347*	9450	*9360*	9463	*9372*	9476	*9385*	9488	*9398*	9501	*9411*	9514	*9424*
7	9365	*9268*	9378	*9281*	9390	*9294*	9403	*9307*	9416	*9320*	9429	*9332*	9442	*9345*	9454	*9358*	9467	*9371*	9480	*9384*
8	9331	*9228*	9344	*9241*	9357	*9254*	9370	*9267*	9382	*9280*	9395	*9292*	9408	*9305*	9421	*9318*	9434	*9331*	9446	*9344*
9	9298	*9188*	9311	*9201*	9324	*9214*	9336	*9227*	9349	*9239*	9362	*9252*	9375	*9265*	9387	*9278*	9400	*9290*	9413	*9303*
10	0,9265	*0,9148*	0,9278	*0,9161*	0,9291	*0,9174*	0,9303	*0,9186*	0,9316	*0,9199*	0,9329	*0,9212*	0,9341	*0,9225*	0,9354	*0,9237*	0,9367	*0,9250*	0,9379	*0,9263*
11	9233	*9108*	9245	*9121*	9258	*9133*	9270	*9146*	9283	*9159*	9296	*9171*	9308	*9184*	9321	*9197*	9334	*9209*	9346	*9222*
12	9200	*9068*	9213	*9080*	9225	*9093*	9238	*9105*	9251	*9118*	9263	*9131*	9276	*9143*	9288	*9156*	9301	*9168*	9314	*9181*
13	9168	*9027*	9180	*9039*	9193	*9052*	9206	*9064*	9218	*9077*	9231	*9090*	9243	*9102*	9256	*9115*	9268	*9127*	9281	*9140*
14	9136	*8986*	9148	*8998*	9161	*9011*	9173	*9023*	9186	*9036*	9198	*9048*	9211	*9061*	9223	*9073*	9236	*9086*	9248	*9098*
15	0,9104	*0,8945*	0,9117	*0,8957*	0,9129	*0,8970*	0,9141	*0,8982*	0,9154	*0,8994*	0,9166	*0,9007*	0,9179	*0,9019*	0,9191	*0,9032*	0,9204	*0,9044*	0,9216	*0,9057*
16	9073	*8903*	9085	*8916*	9097	*8928*	9110	*8940*	9122	*8953*	9135	*8965*	9147	*8978*	9160	*8990*	9172	*9003*	9184	*9015*
17	9041	*8861*	9054	*8874*	9066	*8886*	9078	*8898*	9091	*8911*	9103	*8923*	9115	*8936*	9128	*8948*	9140	*8960*	9153	*8973*
18	9010	*8819*	9022	*8831*	9035	*8844*	9047	*8856*	9059	*8868*	9072	*8881*	9084	*8893*	9096	*8905*	9109	*8918*	9121	*8930*
19	8979	*8776*	8991	*8789*	9004	*8801*	9016	*8813*	9028	*8826*	9041	*8838*	9053	*8850*	9065	*8863*	9078	*8875*	9090	*8887*
20	0,8948	*0,8734*	0,8961	*0,8746*	0,8973	*0,8758*	0,8985	*0,8770*	0,8997	*0,8783*	0,9010	*0,8795*	0,9022	*0,8807*	0,9034	*0,8819*	0,9047	*0,8832*	0,9059	*0,8844*
21	8918	*8690*	8930	*8702*	8942	*8715*	8955	*8727*	8967	*8739*	8979	*8751*	8991	*8763*	9003	*8776*	9016	*8788*	9028	*8800*
22	8888	*8646*	8900	*8658*	8912	*8671*	8924	*8683*	8936	*8695*	8949	*8707*	8961	*8719*	8973	*8732*	8985	*8744*	8997	*8756*
23	8858	*8602*	8870	*8614*	8882	*8626*	8894	*8638*	8906	*8650*	8918	*8663*	8930	*8675*	8943	*8687*	8955	*8699*	8967	*8711*
24	8828	*8557*	8840	*8569*	8852	*8581*	8864	*8593*	8876	*8605*	8888	*8618*	8900	*8630*	8912	*8642*	8924	*8654*	8937	*8666*
25	0,8798	*0,8512*	0,8810	*0,8524*	0,8822	*0,8536*	0,8834	*0,8548*	0,8846	*0,8560*	0,8858	*0,8572*	0,8870	*0,8584*	0,8882	*0,8596*	0,8894	*0,8608*	0,8907	*0,8620*
26	8769	*8466*	8781	*8478*	8793	*8490*	8805	*8502*	8817	*8514*	8829	*8526*	8841	*8538*	8853	*8550*	8865	*8562*	8877	*8574*
27	8739	*8419*	8751	*8431*	8763	*8443*	8775	*8455*	8787	*8467*	8799	*8479*	8811	*8491*	8823	*8503*	8835	*8515*	8847	*8527*
28	8710	*8372*	8722	*8384*	8734	*8396*	8746	*8408*	8758	*8420*	8770	*8432*	8782	*8444*	8794	*8455*	8806	*8467*	8818	*8479*
29	8681	*8324*	8693	*8336*	8705	*8348*	8717	*8360*	8729	*8372*	8741	*8383*	8753	*8395*	8765	*8407*	8776	*8419*	8788	*8431*
30	0,8653	*0,8275*	0,8664	*0,8287*	0,8676	*0,8299*	0,8688	*0,8311*	0,8700	*0,8323*	0,8712	*0,8335*	0,8724	*0,8347*	0,8736	*0,8358*	0,8747	*0,8370*	0,8759	*0,8382*
31	8624	*8226*	8636	*8238*	8648	*8250*	8660	*8261*	8671	*8273*	8683	*8285*	8695	*8297*	8707	*8309*	8719	*8321*	8730	*8332*
32	8596	*8176*	8608	*8188*	8619	*8199*	8631	*8211*	8643	*8223*	8655	*8235*	8666	*8246*	8678	*8258*	8690	*8270*	8702	*8282*
33	8568	*8125*	8579	*8137*	8591	*8148*	8603	*8160*	8615	*8172*	8626	*8184*	8638	*8195*	8650	*8207*	8662	*8219*	8673	*8230*
34	8540	*8073*	8551	*8085*	8563	*8096*	8575	*8108*	8586	*8120*	8598	*8131*	8610	*8143*	8622	*8155*	8633	*8167*	8645	*8178*
35	0,8512	*0,8020*	0,8524	*0,8032*	0,8535	*0,8043*	0,8547	*0,8055*	0,8559	*0,8067*	0,8570	*0,8078*	0,8582	*0,8090*	0,8594	*0,8102*	0,8605	*0,8113*	0,8617	*0,8125*
36	8484	*7966*	8496	*7978*	8508	*7990*	8519	*8001*	8531	*8013*	8542	*8025*	8554	*8036*	8566	*8048*	8577	*8059*	8589	*8071*
37	8457	*7912*	8468	*7923*	8480	*7935*	8492	*7946*	8503	*7958*	8515	*7970*	8526	*7981*	8538	*7993*	8550	*8004*	8561	*8016*
38	8430	*7856*	8441	*7867*	8453	*7879*	8464	*7890*	8476	*7902*	8487	*7914*	8499	*7925*	8510	*7937*	8522	*7948*	8534	*7960*
39	8403	*7799*	8414	*7810*	8426	*7822*	8437	*7834*	8449	*7845*	8460	*7857*	8472	*7868*	8483	*7880*	8495	*7891*	8506	*7903*
40	0,8376	*0,7741*	0,8387	*0,7752*	0,8399	*0,7764*	0,8410	*0,7775*	0,8422	*0,7787*	0,8433	*0,7798*	0,8445	*0,7810*	0,8456	*0,7821*	0,8467	*0,7833*	0,8479	*0,7844*
41	8349	*7682*	8360	*7693*	8372	*7705*	8383	*7716*	8395	*7728*	8406	*7739*	8418	*7750*	8429	*7762*	8440	*7773*	8452	*7785*
42	8322	*7621*	8334	*7633*	8345	*7644*	8357	*7656*	8368	*7667*	8379	*7678*	8391	*7690*	8402	*7701*	8414	*7713*	8425	*7724*

	740		741		742		743		744		745		746		747		748		749	
0	0,9737	*0,9677*	0,9750	*0,9690*	0,9763	*0,9703*	0,9776	*0,9716*	0,9789	*0,9729*	0,9803	*0,9742*	0,9816	*0,9756*	0,9829	*0,9769*	0,9842	*0,9782*	0,9855	*0,9795*
1	9701	*9637*	9714	*9650*	9727	*9663*	9741	*9676*	9754	*9689*	9767	*9702*	9780	*9715*	9793	*9728*	9806	*9742*	9819	*9755*
2	9666	*9597*	9679	*9610*	9692	*9623*	9705	*9636*	9718	*9649*	9731	*9662*	9744	*9675*	9757	*9688*	9770	*9701*	9783	*9714*
3	9631	*9557*	9644	*9570*	9657	*9583*	9670	*9596*	9683	*9609*	9696	*9622*	9709	*9635*	9722	*9648*	9735	*9661*	9748	*9674*
4	9596	*9517*	9609	*9530*	9622	*9543*	9635	*9556*	9648	*9569*	9661	*9582*	9674	*9595*	9687	*9608*	9700	*9621*	9713	*9634*
5	0,9561	*0,9477*	0,9574	*0,9490*	0,9587	*0,9503*	0,9600	*0,9516*	0,9613	*0,9529*	0,9626	*0,9541*	0,9639	*0,9554*	0,9652	*0,9567*	0,9665	*0,9580*	0,9678	*0,9593*
6	9527	*9437*	9540	*9450*	9553	*9463*	9566	*9475*	9579	*9488*	9591	*9501*	9604	*9514*	9617	*9527*	9630	*9540*	9643	*9553*
7	9493	*9397*	9506	*9409*	9519	*9422*	9531	*9435*	9544	*9448*	9557	*9461*	9570	*9474*	9583	*9486*	9596	*9499*	9608	*9512*
8	9459	*9356*	9472	*9369*	9485	*9382*	9497	*9395*	9510	*9407*	9523	*9420*	9536	*9433*	9549	*9446*	9561	*9459*	9574	*9471*
9	9426	*9316*	9438	*9329*	9451	*9341*	9464	*9354*	9476	*9367*	9489	*9380*	9502	*9392*	9515	*9405*	9527	*9418*	9540	*9430*
10	0,9392	*0,9275*	0,9405	*0,9288*	0,9418	*0,9301*	0,9430	*0,9313*	0,9443	*0,9326*	0,9456	*0,9339*	0,9468	*0,9351*	0,9481	*0,9364*	0,9494	*0,9377*	0,9506	*0,9389*
11	9359	*9235*	9372	*9247*	9384	*9260*	9397	*9272*	9410	*9285*	9422	*9298*	9435	*9310*	9448	*9323*	9460	*9336*	9473	*9348*
12	9326	*9194*	9339	*9206*	9351	*9219*	9364	*9231*	9377	*9244*	9389	*9257*	9402	*9269*	9414	*9282*	9427	*9294*	9440	*9307*
13	9293	*9152*	9306	*9165*	9319	*9178*	9331	*9190*	9344	*9203*	9356	*9215*	9369	*9228*	9381	*9240*	9394	*9253*	9406	*9265*
14	9261	*9111*	9274	*9124*	9286	*9136*	9299	*9149*	9311	*9161*	9324	*9174*	9336	*9186*	9349	*9199*	9361	*9211*	9374	*9224*
15	0,9229	*0,9069*	0,9241	*0,9082*	0,9254	*0,9094*	0,9266	*0,9107*	0,9279	*0,9119*	0,9291	*0,9132*	0,9304	*0,9144*	0,9316	*0,9157*	0,9329	*0,9169*	0,9341	*0,9182*
16	9197	*9027*	9209	*9040*	9222	*9052*	9234	*9065*	9247	*9077*	9259	*9090*	9271	*9102*	9284	*9114*	9296	*9127*	9309	*9139*
17	9165	*8985*	9177	*8997*	9190	*9010*	9202	*9022*	9215	*9035*	9227	*9047*	9239	*9059*	9252	*9072*	9264	*9084*	9277	*9097*
18	9133	*8942*	9146	*8955*	9158	*8967*	9171	*8979*	9183	*8992*	9195	*9004*	9208	*9017*	9220	*9029*	9232	*9041*	9245	*9054*
19	9102	*8899*	9114	*8912*	9127	*8924*	9139	*8936*	9151	*8949*	9164	*8961*	9176	*8973*	9188	*8986*	9201	*8998*	9213	*9010*
20	0,9071	*0,8856*	0,9083	*0,8868*	0,9096	*0,8881*	0,9108	*0,8893*	0,9120	*0,8905*	0,9132	*0,8917*	0,9145	*0,8930*	0,9157	*0,8942*	0,9169	*0,8954*	0,9181	*0,8966*
21	9040	*8812*	9052	*8825*	9065	*8837*	9077	*8849*	9089	*8861*	9101	*8873*	9113	*8886*	9126	*8898*	9138	*8910*	9150	*8922*
22	9009	*8768*	9022	*8780*	9034	*8792*	9046	*8805*	9058	*8817*	9070	*8829*	9082	*8841*	9095	*8853*	9107	*8865*	9119	*8878*
23	8979	*8723*	8991	*8735*	9003	*8748*	9015	*8760*	9027	*8772*	9040	*8784*	9052	*8796*	9064	*8808*	9076	*8820*	9088	*8833*
24	8949	*8678*	8961	*8690*	8973	*8702*	8985	*8714*	8997	*8726*	9009	*8739*	9021	*8751*	9033	*8763*	9045	*8775*	9057	*8787*
25	0,8919	*0,8632*	0,8931	*0,8644*	0,8943	*0,8656*	0,8955	*0,8668*	0,8967	*0,8680*	0,8979	*0,8693*	0,8991	*0,8705*	0,9003	*0,8717*	0,9015	*0,8729*	0,9027	*0,8741*
26	8889	*8586*	8901	*8598*	8913	*8610*	8925	*8622*	8937	*8634*	8949	*8646*	8961	*8658*	8973	*8670*	8985	*8682*	8997	*8694*
27	8859	*8539*	8871	*8551*	8883	*8563*	8895	*8575*	8907	*8587*	8919	*8599*	8931	*8611*	8943	*8623*	8955	*8635*	8967	*8647*
28	8830	*8491*	8841	*8503*	8853	*8515*	8865	*8527*	8877	*8539*	8889	*8551*	8901	*8563*	8913	*8575*	8925	*8587*	8937	*8599*
29	8800	*8443*	8812	*8455*	8824	*8467*	8836	*8479*	8848	*8491*	8860	*8502*	8872	*8514*	8883	*8526*	8895	*8538*	8907	*8550*
30	0,8771	*0,8394*	0,8783	*0,8406*	0,8795	*0,8418*	0,8807	*0,8429*	0,8819	*0,8441*	0,8830	*0,8453*	0,8842	*0,8465*	0,8854	*0,8477*	0,8866	*0,8489*	0,8878	*0,8501*
31	8742	*8344*	8754	*8356*	8766	*8368*	8778	*8380*	8789	*8391*	8801	*8403*	8813	*8415*	8825	*8427*	8837	*8439*	8849	*8450*
32	8714	*8294*	8725	*8305*	8737	*8317*	8749	*8329*	8761	*8341*	8772	*8352*	8784	*8364*	8796	*8376*	8808	*8388*	8820	*8400*
33	8685	*8242*	8697	*8254*	8708	*8266*	8720	*8277*	8732	*8289*	8744	*8301*	8755	*8313*	8767	*8324*	8779	*8336*	8791	*8348*
34	8657	*8190*	8668	*8202*	8680	*8213*	8692	*8225*	8703	*8237*	8715	*8248*	8727	*8260*	8739	*8272*	8750	*8284*	8762	*8295*
35	0,8629	*0,8137*	0,8640	*0,8148*	0,8652	*0,8160*	0,8663	*0,8172*	0,8675	*0,8183*	0,8687	*0,8195*	0,8698	*0,8207*	0,8710	*0,8218*	0,8722	*0,8230*	0,8733	*0,8242*
36	8601	*8083*	8612	*8094*	8624	*8106*	8635	*8117*	8647	*8129*	8659	*8141*	8670	*8152*	8682	*8164*	8694	*8176*	8705	*8187*
37	8573	*8027*	8584	*8039*	8596	*8051*	8608	*8062*	8619	*8074*	8631	*8085*	8642	*8097*	8654	*8109*	8665	*8120*	8677	*8132*
38	8545	*7971*	8557	*7983*	8568	*7994*	8580	*8006*	8591	*8018*	8603	*8029*	8614	*8041*	8626	*8052*	8638	*8064*	8649	*8075*
39	8518	*7914*	8529	*7926*	8541	*7937*	8552	*7949*	8564	*7960*	8575	*7972*	8587	*7983*	8598	*7995*	8610	*8006*	8621	*8018*
40	0,8490	*0,7856*	0,8502	*0,7867*	0,8513	*0,7879*	0,8525	*0,7890*	0,8536	*0,7902*	0,8548	*0,7913*	0,8559	*0,7925*	0,8571	*0,7936*	0,8582	*0,7947*	0,8594	*0,7959*
41	8463	*7796*	8475	*7808*	8486	*7819*	8498	*7830*	8509	*7842*	8521	*7853*	8532	*7865*	8543	*7876*	8555	*7888*	8566	*7899*
42	8436	*7735*	8448	*7747*	8459	*7758*	8471	*7770*	8482	*7781*	8493	*7792*	8505	*7804*	8516	*7815*	8528	*7827*	8539	*7838*

Torr	750		751		752		753		754		755		756		757		758		759	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	0,9868	*0,9808*	0,9882	*0,9821*	0,9895	*0,9834*	0,9908	*0,9848*	0,9921	*0,9861*	0,9934	*0,9874*	0,9947	*0,9887*	0,9961	*0,9900*	0,9974	*0,9913*	0,9987	*0,9927*
1	9832	*9768*	9845	*9781*	9859	*9794*	9872	*9807*	9885	*9820*	9898	*9833*	9911	*9846*	9924	*9860*	9937	*9873*	9950	*9886*
2	9797	*9727*	9810	*9740*	9823	*9753*	9836	*9767*	9849	*9780*	9862	*9793*	9875	*9806*	9888	*9819*	9901	*9832*	9914	*9845*
3	9761	*9687*	9774	*9700*	9787	*9713*	9800	*9726*	9813	*9739*	9826	*9752*	9839	*9765*	9852	*9778*	9865	*9791*	9878	*9804*
4	9726	*9647*	9739	*9660*	9752	*9672*	9765	*9685*	9778	*9698*	9790	*9711*	9803	*9724*	9816	*9737*	9829	*9750*	9842	*9763*
5	0,9691	*0,9606*	0,9704	*0,9619*	0,9716	*0,9632*	0,9729	*0,9645*	0,9742	*0,9658*	0,9755	*0,9671*	0,9768	*0,9684*	0,9781	*0,9697*	0,9794	*0,9709*	0,9807	*0,9722*
6	9656	*9566*	9669	*9578*	9682	*9591*	9694	*9604*	9707	*9617*	9720	*9630*	9733	*9643*	9746	*9656*	9759	*9669*	9772	*9681*
7	9621	*9525*	9634	*9538*	9647	*9551*	9660	*9563*	9673	*9576*	9685	*9589*	9698	*9602*	9711	*9615*	9724	*9627*	9737	*9640*
8	9587	*9484*	9600	*9497*	9613	*9510*	9625	*9522*	9638	*9535*	9651	*9548*	9664	*9561*	9676	*9574*	9689	*9586*	9702	*9599*
9	9553	*9443*	9566	*9456*	9578	*9469*	9591	*9481*	9604	*9494*	9617	*9507*	9629	*9520*	9642	*9532*	9655	*9545*	9668	*9558*
10	0,9519	*0,9402*	0,9532	*0,9415*	0,9544	*0,9428*	0,9557	*0,9440*	0,9570	*0,9453*	0,9583	*0,9466*	0,9595	*0,9478*	0,9608	*0,9491*	0,9621	*0,9504*	0,9633	*0,9516*
11	9485	*9361*	9498	*9374*	9511	*9386*	9523	*9399*	9536	*9412*	9549	*9424*	9561	*9437*	9574	*9450*	9587	*9462*	9599	*9475*
12	9452	*9320*	9465	*9332*	9477	*9345*	9490	*9357*	9503	*9370*	9515	*9383*	9528	*9395*	9540	*9408*	9553	*9420*	9566	*9433*
13	9419	*9278*	9432	*9291*	9444	*9303*	9457	*9316*	9469	*9328*	9482	*9341*	9494	*9353*	9507	*9366*	9520	*9378*	9532	*9391*
14	9386	*9236*	9399	*9249*	9411	*9261*	9424	*9274*	9436	*9286*	9449	*9299*	9461	*9311*	9474	*9324*	9486	*9336*	9499	*9349*
15	0,9354	*0,9194*	0,9366	*0,9206*	0,9378	*0,9219*	0,9391	*0,9231*	0,9403	*0,9244*	0,9416	*0,9256*	0,9428	*0,9269*	0,9441	*0,9281*	0,9453	*0,9294*	0,9466	*0,9306*
16	9321	*9152*	9334	*9164*	9346	*9176*	9358	*9189*	9371	*9201*	9383	*9214*	9396	*9226*	9408	*9239*	9421	*9251*	9433	*9263*
17	9289	*9109*	9301	*9121*	9314	*9134*	9326	*9146*	9338	*9158*	9351	*9171*	9363	*9183*	9376	*9196*	9388	*9208*	9400	*9220*
18	9257	*9066*	9269	*9078*	9282	*9091*	9294	*9103*	9306	*9115*	9319	*9128*	9331	*9140*	9343	*9152*	9356	*9165*	9368	*9177*
19	9225	*9022*	9237	*9035*	9250	*9047*	9262	*9059*	9274	*9072*	9287	*9084*	9299	*9096*	9311	*9109*	9324	*9121*	9336	*9133*
20	0,9194	*0,8979*	0,9206	*0,8991*	0,9218	*0,9003*	0,9230	*0,9015*	0,9243	*0,9028*	0,9255	*0,9040*	0,9267	*0,9052*	0,9279	*0,9064*	0,9292	*0,9077*	0,9304	*0,9089*
21	9162	*8934*	9175	*8947*	9187	*8959*	9199	*8971*	9211	*8983*	9223	*8996*	9236	*9008*	9248	*9020*	9260	*9032*	9272	*9044*
22	9131	*8890*	9143	*8902*	9156	*8914*	9168	*8926*	9180	*8938*	9192	*8951*	9204	*8963*	9216	*8975*	9229	*8987*	9241	*8999*
23	9100	*8845*	9112	*8857*	9125	*8869*	9137	*8881*	9149	*8893*	9161	*8905*	9173	*8917*	9185	*8930*	9197	*8942*	9209	*8954*
24	9070	*8799*	9082	*8811*	9094	*8823*	9106	*8835*	9118	*8847*	9130	*8859*	9142	*8872*	9154	*8884*	9166	*8896*	9178	*8908*
25	0,9039	*0,8753*	0,9051	*0,8765*	0,9063	*0,8777*	0,9075	*0,8789*	0,9087	*0,8801*	0,9099	*0,8813*	0,9111	*0,8825*	0,9123	*0,8837*	0,9136	*0,8849*	0,9148	*0,8861*
26	9009	*8706*	9021	*8718*	9033	*8730*	9045	*8742*	9057	*8754*	9069	*8766*	9081	*8778*	9093	*8790*	9105	*8802*	9117	*8814*
27	8979	*8659*	8991	*8671*	9003	*8683*	9015	*8695*	9027	*8706*	9039	*8718*	9051	*8730*	9063	*8742*	9074	*8754*	9086	*8766*
28	8949	*8611*	8961	*8623*	8973	*8634*	8985	*8646*	8997	*8658*	9008	*8670*	9020	*8682*	9032	*8694*	9044	*8706*	9056	*8718*
29	8919	*8562*	8931	*8574*	8943	*8586*	8955	*8598*	8967	*8609*	8979	*8621*	8991	*8633*	9002	*8645*	9014	*8657*	9026	*8669*
30	0,8890	*0,8512*	0,8902	*0,8524*	0,8913	*0,8536*	0,8925	*0,8548*	0,8937	*0,8560*	0,8949	*0,8572*	0,8961	*0,8584*	0,8973	*0,8595*	0,8984	*0,8607*	0,8996	*0,8619*
31	8860	*8462*	8872	*8474*	8884	*8486*	8896	*8498*	8908	*8510*	8919	*8521*	8931	*8533*	8943	*8545*	8955	*8557*	8967	*8569*
32	8831	*8411*	8843	*8423*	8855	*8435*	8867	*8447*	8878	*8458*	8890	*8470*	8902	*8482*	8914	*8494*	8925	*8506*	8937	*8517*
33	8802	*8360*	8814	*8371*	8826	*8383*	8838	*8395*	8849	*8407*	8861	*8418*	8873	*8430*	8885	*8442*	8896	*8453*	8908	*8465*
34	8774	*8307*	8785	*8319*	8797	*8330*	8809	*8342*	8820	*8354*	8832	*8365*	8844	*8377*	8856	*8389*	8867	*8400*	8879	*8412*
35	0,8745	*0,8253*	0,8757	*0,8265*	0,8768	*0,8277*	0,8780	*0,8288*	0,8792	*0,8300*	0,8803	*0,8312*	0,8815	*0,8323*	0,8827	*0,8335*	0,8838	*0,8347*	0,8850	*0,8358*
36	8717	*8199*	8728	*8210*	8740	*8222*	8752	*8234*	8763	*8245*	8775	*8257*	8786	*8269*	8798	*8280*	8810	*8292*	8821	*8303*
37	8689	*8143*	8700	*8155*	8712	*8167*	8723	*8178*	8735	*8190*	8747	*8201*	8758	*8213*	8770	*8224*	8781	*8236*	8793	*8248*
38	8661	*8087*	8672	*8098*	8684	*8110*	8695	*8121*	8707	*8133*	8718	*8145*	8730	*8156*	8741	*8168*	8753	*8179*	8765	*8191*
39	8633	*8029*	8644	*8041*	8656	*8052*	8667	*8064*	8679	*8075*	8690	*8087*	8702	*8098*	8713	*8110*	8725	*8121*	8736	*8133*
40	0,8605	*0,7970*	0,8617	*0,7982*	0,8628	*0,7993*	0,8640	*0,8005*	0,8651	*0,8016*	0,8663	*0,8028*	0,8674	*0,8039*	0,8685	*0,8051*	0,8697	*0,8062*	0,8708	*0,8074*
41	8578	*7910*	8589	*7922*	8601	*7933*	8612	*7945*	8623	*7956*	8635	*7968*	8646	*7979*	8658	*7991*	8669	*8002*	8681	*8013*
42	8550	*7849*	8562	*7861*	8573	*7872*	8585	*7884*	8596	*7895*	8607	*7906*	8619	*7918*	8630	*7929*	8642	*7941*	8653	*7952*

	760		761		762		763		764		765		766		767		768		769	
0	1,0000	*0,9940*	1,0013	*0,9953*	1,0026	*0,9966*	1,0039	*0,9979*	1,0053	*0,9992*	1,0066	*1,0006*	1,0079	*1,0019*	1,0092	*1,0032*	1,0105	*1,0045*	1,0118	*1,0058*
1	0,9963	*9899*	0,9977	*9912*	0,9990	*9925*	0003	*9938*	0016	*9951*	0029	*0,9964*	0042	*0,9978*	0055	*0,9991*	0068	*0004*	0081	*0017*
2	9927	*9858*	9940	*9871*	9953	*9884*	0,9966	*9897*	0,9979	*9910*	0,9992	*9923*	0006	*9936*	0019	*9949*	0032	*0,9962*	0045	*0,9976*
3	9891	*9817*	9904	*9830*	9917	*9843*	9930	*9856*	9943	*9869*	9956	*9882*	0,9969	*9895*	0,9982	*9908*	0,9995	*9921*	0008	*9934*
4	9855	*9776*	9868	*9789*	9881	*9802*	9894	*9815*	9907	*9828*	9920	*9841*	9933	*9854*	9946	*9867*	9959	*9880*	0,9972	*9893*
5	0,9820	*0,9735*	0,9833	*0,9748*	0,9846	*0,9761*	0,9859	*0,9774*	0,9871	*0,9787*	0,9884	*0,9800*	0,9897	*0,9813*	0,9910	*0,9826*	0,9923	*0,9839*	0,9936	*0,9852*
6	9785	*9694*	9797	*9707*	9810	*9720*	9823	*9733*	9836	*9746*	9849	*9759*	9862	*9772*	9875	*9784*	9888	*9797*	9900	*9810*
7	9750	*9653*	9762	*9666*	9775	*9679*	9788	*9692*	9801	*9704*	9814	*9717*	9827	*9730*	9839	*9743*	9852	*9756*	9865	*9769*
8	9715	*9612*	9728	*9625*	9740	*9638*	9753	*9650*	9766	*9663*	9779	*9676*	9791	*9689*	9804	*9701*	9817	*9714*	9830	*9727*
9	9680	*9571*	9693	*9583*	9706	*9596*	9718	*9609*	9731	*9622*	9744	*9634*	9757	*9647*	9769	*9660*	9782	*9673*	9795	*9685*
10	0,9646	*0,9529*	0,9659	*0,9542*	0,9671	*0,9554*	0,9684	*0,9567*	0,9697	*0,9580*	0,9709	*0,9593*	0,9722	*0,9605*	0,9735	*0,9618*	0,9748	*0,9631*	0,9760	*0,9643*
11	9612	*9487*	9625	*9500*	9637	*9513*	9650	*9525*	9663	*9538*	9675	*9551*	9688	*9563*	9700	*9576*	9713	*9589*	9726	*9601*
12	9578	*9446*	9591	*9458*	9603	*9471*	9616	*9483*	9629	*9496*	9641	*9509*	9654	*9521*	9666	*9534*	9679	*9546*	9692	*9559*
13	9545	*9404*	9557	*9416*	9570	*9429*	9582	*9441*	9595	*9454*	9607	*9466*	9620	*9479*	9633	*9491*	9645	*9504*	9658	*9517*
14	9511	*9361*	9524	*9374*	9536	*9386*	9549	*9399*	9561	*9411*	9574	*9424*	9586	*9436*	9599	*9449*	9611	*9461*	9624	*9474*
15	0,9478	*0,9319*	0,9491	*0,9331*	0,9503	*0,9344*	0,9516	*0,9356*	0,9528	*0,9369*	0,9541	*0,9381*	0,9553	*0,9394*	0,9566	*0,9406*	0,9578	*0,9419*	0,9590	*0,9431*
16	9445	*9276*	9458	*9288*	9470	*9301*	9483	*9313*	9495	*9326*	9508	*9338*	9520	*9350*	9532	*9363*	9545	*9375*	9557	*9388*
17	9413	*9233*	9425	*9245*	9438	*9258*	9450	*9270*	9462	*9282*	9475	*9295*	9487	*9307*	9499	*9319*	9512	*9332*	9524	*9344*
18	9380	*9189*	9393	*9202*	9405	*9214*	9417	*9226*	9430	*9239*	9442	*9251*	9454	*9263*	9467	*9276*	9479	*9288*	9491	*9300*
19	9348	*9145*	9360	*9158*	9373	*9170*	9385	*9182*	9397	*9195*	9410	*9207*	9422	*9219*	9434	*9232*	9447	*9244*	9459	*9256*
20	0,9316	*0,9101*	0,9328	*0,9114*	0,9341	*0,9126*	0,9353	*0,9138*	0,9365	*0,9150*	0,9377	*0,9163*	0,9390	*0,9175*	0,9402	*0,9187*	0,9414	*0,9199*	0,9427	*0,9212*
21	9284	*9057*	9297	*9069*	9309	*9081*	9321	*9093*	9333	*9105*	9346	*9118*	9358	*9130*	9370	*9142*	9382	*9154*	9394	*9167*
22	9253	*9012*	9265	*9024*	9277	*9036*	9289	*9048*	9302	*9060*	9314	*9072*	9326	*9085*	9338	*9097*	9350	*9109*	9362	*9121*
23	9222	*8966*	9234	*8978*	9246	*8990*	9258	*9002*	9270	*9015*	9282	*9027*	9294	*9039*	9307	*9051*	9319	*9063*	9331	*9075*
24	9191	*8920*	9203	*8932*	9215	*8944*	9227	*8956*	9239	*8968*	9251	*8980*	9263	*8992*	9275	*9005*	9287	*9017*	9299	*9029*
25	0,9160	*0,8873*	0,9172	*0,8885*	0,9184	*0,8897*	0,9196	*0,8909*	0,9208	*0,8922*	0,9220	*0,8934*	0,9232	*0,8946*	0,9244	*0,8958*	0,9256	*0,8970*	0,9268	*0,8982*
26	9129	*8826*	9141	*8838*	9153	*8850*	9165	*8862*	9177	*8874*	9189	*8886*	9201	*8898*	9213	*8910*	9225	*8922*	9237	*8934*
27	9098	*8778*	9110	*8790*	9122	*8802*	9134	*8814*	9146	*8826*	9158	*8838*	9170	*8850*	9182	*8862*	9194	*8874*	9206	*8886*
28	9068	*8730*	9080	*8742*	9092	*8754*	9104	*8766*	9116	*8778*	9128	*8790*	9140	*8801*	9152	*8813*	9164	*8825*	9176	*8837*
29	9038	*8681*	9050	*8693*	9062	*8705*	9074	*8716*	9086	*8728*	9098	*8740*	9109	*8752*	9121	*8764*	9133	*8776*	9145	*8788*
30	0,9008	*0,8631*	0,9020	*0,8643*	0,9032	*0,8655*	0,9044	*0,8667*	0,9056	*0,8678*	0,9067	*0,8690*	0,9079	*0,8702*	0,9091	*0,8714*	0,9103	*0,8726*	0,9115	*0,8738*
31	8979	*8580*	8990	*8592*	9002	*8604*	9014	*8616*	9026	*8628*	9038	*8640*	9049	*8651*	9061	*8663*	9073	*8675*	9085	*8687*
32	8949	*8529*	8961	*8541*	8973	*8553*	8984	*8564*	8996	*8576*	9008	*8588*	9020	*8600*	9031	*8612*	9043	*8623*	9055	*8635*
33	8920	*8477*	8931	*8489*	8943	*8500*	8955	*8512*	8967	*8524*	8978	*8536*	8990	*8547*	9002	*8559*	9014	*8571*	9025	*8583*
34	8891	*8424*	8902	*8436*	8914	*8447*	8926	*8459*	8937	*8471*	8949	*8482*	8961	*8494*	8973	*8506*	8984	*8517*	8996	*8529*
35	0,8862	*0,8370*	0,8873	*0,8382*	0,8885	*0,8393*	0,8897	*0,8405*	0,8908	*0,8417*	0,8920	*0,8428*	0,8932	*0,8440*	0,8943	*0,8452*	0,8955	*0,8463*	0,8967	*0,8475*
36	8833	*8315*	8845	*8327*	8856	*8338*	8868	*8350*	8879	*8362*	8891	*8373*	8903	*8385*	8914	*8396*	8926	*8408*	8938	*8420*
37	8804	*8259*	8816	*8271*	8828	*8282*	8839	*8294*	8851	*8306*	8862	*8317*	8874	*8329*	8886	*8340*	8897	*8352*	8909	*8363*
38	8776	*8202*	8788	*8214*	8799	*8225*	8811	*8237*	8822	*8248*	8834	*8260*	8845	*8272*	8857	*8283*	8868	*8295*	8880	*8306*
39	8748	*8144*	8759	*8156*	8771	*8167*	8782	*8179*	8794	*8190*	8805	*8202*	8817	*8213*	8828	*8225*	8840	*8236*	8852	*8248*
40	0,8720	*0,8085*	0,8731	*0,8097*	0,8743	*0,8108*	0,8754	*0,8120*	0,8766	*0,8131*	0,8777	*0,8143*	0,8789	*0,8154*	0,8800	*0,8165*	0,8812	*0,8177*	0,8823	*0,8188*
41	8692	*8025*	8704	*8036*	8715	*8048*	8726	*8059*	8738	*8071*	8749	*8082*	8761	*8093*	8772	*8105*	8784	*8116*	8795	*8128*
42	8664	*7963*	8676	*7975*	8687	*7986*	8699	*7998*	8710	*8009*	8721	*8020*	8733	*8032*	8744	*8043*	8756	*8055*	8767	*8066*

Torr	770		771		772		773		774		775		776		777		778		779	
°C	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*	trock.	*feucht*
0	1,0132	*1,0071*	1,0145	*1,0084*	1,0158	*1,0098*	1,0171	*1,0111*	1,0184	*1,0124*	1,0197	*1,0137*	1,0211	*1,0150*	1,0224	*1,0163*	1,0237	*1,0177*	1,0250	*1,0190*
1	0095	*0030*	0108	*0043*	0121	*0056*	0134	*0069*	0147	*0082*	0160	*0096*	0173	*0109*	0186	*0122*	0199	*0135*	0213	*0148*
2	0058	*0,9989*	0071	*0002*	0084	*0015*	0097	*0028*	0110	*0041*	0123	*0054*	0136	*0067*	0149	*0080*	0162	*0093*	0175	*0106*
3	0021	*9947*	0034	*0,9960*	0047	*0,9973*	0060	*0,9986*	0073	*0,9999*	0086	*0012*	0099	*0025*	0112	*0038*	0125	*0051*	0138	*0064*
4	0,9985	*9906*	0,9998	*9919*	0011	*9932*	0024	*9945*	0037	*9958*	0050	*0,9971*	0063	*0,9984*	0076	*0,9997*	0089	*0010*	0102	*0023*
5	0,9949	*0,9864*	0,9962	*0,9877*	0,9975	*0,9890*	0,9988	*0,9903*	1,0001	*0,9916*	1,0014	*0,9929*	1,0027	*0,9942*	1,0039	*0,9955*	1,0052	*0,9968*	1,0065	*0,9981*
6	9913	*9823*	9926	*9836*	9939	*9849*	9952	*9862*	0,9965	*9874*	0,9978	*9887*	0,9991	*9900*	0003	*9913*	0016	*9926*	0029	*9939*
7	9878	*9781*	9891	*9794*	9903	*9807*	9916	*9820*	9929	*9833*	9942	*9846*	9955	*9858*	0,9968	*9871*	0,9980	*9884*	0,9993	*9897*
8	9843	*9740*	9855	*9753*	9868	*9765*	9881	*9778*	9894	*9791*	9907	*9804*	9919	*9816*	9932	*9829*	9945	*9842*	9958	*9855*
9	9808	*9698*	9820	*9711*	9833	*9723*	9846	*9736*	9859	*9749*	9871	*9762*	9884	*9774*	9897	*9787*	9910	*9800*	9922	*9813*
10	0,9773	*0,9656*	0,9786	*0,9669*	0,9798	*0,9681*	0,9811	*0,9694*	0,9824	*0,9707*	0,9836	*0,9719*	0,9849	*0,9732*	0,9862	*0,9745*	0,9874	*0,9758*	0,9887	*0,9770*
11	9738	*9614*	9751	*9627*	9764	*9639*	9776	*9652*	9789	*9665*	9802	*9677*	9814	*9690*	9827	*9702*	9840	*9715*	9852	*9728*
12	9704	*9572*	9717	*9584*	9729	*9597*	9742	*9609*	9755	*9622*	9767	*9635*	9780	*9647*	9792	*9660*	9805	*9672*	9818	*9685*
13	9670	*9529*	9683	*9542*	9695	*9554*	9708	*9567*	9720	*9579*	9733	*9592*	9746	*9605*	9758	*9617*	9771	*9630*	9783	*9642*
14	9636	*9486*	9649	*9499*	9661	*9511*	9674	*9524*	9687	*9537*	9699	*9549*	9712	*9562*	9724	*9574*	9737	*9587*	9749	*9599*
15	0,9603	*0,9443*	0,9615	*0,9456*	0,9628	*0,9468*	0,9640	*0,9481*	0,9653	*0,9493*	0,9665	*0,9506*	0,9678	*0,9518*	0,9690	*0,9531*	0,9703	*0,9543*	0,9715	*0,9556*
16	9570	*9400*	9582	*9413*	9595	*9425*	9607	*9437*	9619	*9450*	9632	*9462*	9644	*9475*	9657	*9487*	9669	*9500*	9682	*9512*
17	9537	*9357*	9549	*9369*	9561	*9381*	9574	*9394*	9586	*9406*	9599	*9419*	9611	*9431*	9623	*9443*	9636	*9456*	9648	*9468*
18	9504	*9313*	9516	*9325*	9528	*9337*	9541	*9350*	9553	*9362*	9565	*9374*	9578	*9387*	9590	*9399*	9603	*9411*	9615	*9424*
19	9471	*9268*	9483	*9281*	9496	*9293*	9508	*9305*	9520	*9318*	9533	*9330*	9545	*9342*	9557	*9355*	9570	*9367*	9582	*9379*
20	0,9439	*0,9224*	0,9451	*0,9236*	0,9463	*0,9248*	0,9476	*0,9261*	0,9488	*0,9273*	0,9500	*0,9285*	0,9512	*0,9297*	0,9525	*0,9310*	0,9537	*0,9322*	0,9549	*0,9334*
21	9407	*9179*	9419	*9191*	9431	*9203*	9443	*9215*	9455	*9228*	9468	*9240*	9480	*9252*	9492	*9264*	9504	*9277*	9517	*9289*
22	9375	*9133*	9387	*9145*	9399	*9158*	9411	*9170*	9423	*9182*	9436	*9194*	9448	*9206*	9460	*9219*	9472	*9231*	9484	*9243*
23	9343	*9087*	9355	*9099*	9367	*9112*	9379	*9124*	9391	*9136*	9404	*9148*	9416	*9160*	9428	*9172*	9440	*9184*	9452	*9197*
24	9311	*9041*	9324	*9053*	9336	*9065*	9348	*9077*	9360	*9089*	9372	*9101*	9384	*9113*	9396	*9125*	9408	*9138*	9420	*9150*
25	0,9280	*0,8994*	0,9292	*0,9006*	0,9304	*0,9018*	0,9316	*0,9030*	0,9328	*0,9042*	0,9340	*0,9054*	0,9352	*0,9066*	0,9364	*0,9078*	0,9377	*0,9090*	0,9389	*0,9102*
26	9249	*8946*	9261	*8958*	9273	*8970*	9285	*8982*	9297	*8994*	9309	*9006*	9321	*9018*	9333	*9030*	9345	*9042*	9357	*9054*
27	9218	*8898*	9230	*8910*	9242	*8922*	9254	*8934*	9266	*8946*	9278	*8958*	9290	*8970*	9302	*8982*	9314	*8994*	9326	*9006*
28	9187	*8849*	9199	*8861*	9211	*8873*	9223	*8885*	9235	*8897*	9247	*8909*	9259	*8921*	9271	*8933*	9283	*8945*	9295	*8957*
29	9157	*8800*	9169	*8812*	9181	*8824*	9193	*8835*	9205	*8847*	9216	*8859*	9228	*8871*	9240	*8883*	9252	*8895*	9264	*8907*
30	0,9127	*0,8750*	0,9139	*0,8761*	0,9150	*0,8773*	0,9162	*0,8785*	0,9174	*0,8797*	0,9186	*0,8809*	0,9198	*0,8821*	0,9210	*0,8832*	0,9222	*0,8844*	0,9233	*0,8856*
31	9097	*8699*	9108	*8710*	9120	*8722*	9132	*8734*	9144	*8746*	9156	*8758*	9168	*8769*	9179	*8781*	9191	*8793*	9203	*8805*
32	9067	*8647*	9079	*8659*	9090	*8670*	9102	*8682*	9114	*8694*	9126	*8706*	9137	*8717*	9149	*8729*	9161	*8741*	9173	*8753*
33	9037	*8594*	9049	*8606*	9061	*8618*	9072	*8629*	9084	*8641*	9096	*8653*	9108	*8665*	9119	*8676*	9131	*8688*	9143	*8700*
34	9008	*8541*	9019	*8553*	9031	*8564*	9043	*8576*	9054	*8588*	9066	*8599*	9078	*8611*	9089	*8623*	9101	*8634*	9113	*8646*
35	0,8978	*0,8487*	0,8990	*0,8498*	0,9002	*0,8510*	0,9013	*0,8522*	0,9025	*0,8533*	0,9037	*0,8545*	0,9048	*0,8557*	0,9060	*0,8568*	0,9072	*0,8580*	0,9083	*0,8591*
36	8949	*8431*	8961	*8443*	8972	*8455*	8984	*8466*	8996	*8478*	9007	*8489*	9019	*8501*	9031	*8513*	9042	*8524*	9054	*8536*
37	8920	*8375*	8932	*8387*	8943	*8398*	8955	*8410*	8967	*8421*	8978	*8433*	8990	*8445*	9001	*8456*	9013	*8468*	9025	*8479*
38	8892	*8318*	8903	*8329*	8915	*8341*	8926	*8352*	8938	*8364*	8949	*8375*	8961	*8387*	8972	*8399*	8984	*8410*	8995	*8422*
39	8863	*8259*	8875	*8271*	8886	*8282*	8898	*8294*	8909	*8305*	8921	*8317*	8932	*8328*	8944	*8340*	8955	*8351*	8967	*8363*
40	0,8835	*0,8200*	0,8846	*0,8211*	0,8858	*0,8223*	0,8869	*0,8234*	0,8881	*0,8246*	0,8892	*0,8257*	0,8903	*0,8269*	0,8915	*0,8280*	0,8926	*0,8292*	0,8938	*0,8303*
41	8806	*8139*	8818	*8151*	8829	*8162*	8841	*8174*	8852	*8185*	8864	*8196*	8875	*8208*	8887	*8219*	8898	*8231*	8909	*8242*
42	8778	*8077*	8790	*8089*	8801	*8100*	8813	*8112*	8824	*8123*	8835	*8134*	8847	*8146*	8858	*8157*	8870	*8169*	8881	*8180*

	780		781		782		783		784		785		786		787		788		789	
0	1,0263	*1,0203*	1,0276	*1,0216*	1,0289	*1,0229*	1,0303	*1,0242*	1,0316	*1,0256*	1,0329	*1,0269*	1,0342	*1,0282*	1,0355	*1,0295*	1,0368	*1,0308*	1,0382	*1,0321*
1	0226	*0161*	0239	*0174*	0252	*0187*	0265	*0200*	0278	*0213*	0291	*0227*	0304	*0240*	0317	*0253*	0331	*0266*	0344	*0279*
2	0188	*0119*	0201	*0132*	0214	*0145*	0228	*0158*	0241	*0171*	0254	*0185*	0267	*0198*	0280	*0211*	0293	*0224*	0306	*0237*
3	0151	*0077*	0164	*0090*	0177	*0103*	0190	*0116*	0203	*0129*	0216	*0142*	0229	*0155*	0242	*0169*	0256	*0182*	0269	*0195*
4	0115	*0036*	0128	*0049*	0141	*0061*	0154	*0074*	0167	*0087*	0180	*0100*	0192	*0113*	0205	*0126*	0218	*0139*	0231	*0152*
5	1,0078	*0,9994*	1,0091	*1,0007*	1,0104	*1,0020*	1,0117	*1,0032*	1,0130	*1,0045*	1,0143	*1,0058*	1,0156	*1,0071*	1,0169	*1,0084*	1,0182	*1,0097*	1,0195	*1,0110*
6	0042	*9952*	0055	*0,9965*	0068	*0,9977*	0081	*0,9990*	0094	*0003*	0106	*0016*	0119	*0029*	0132	*0042*	0145	*0055*	0158	*0068*
7	0006	*9910*	0019	*9923*	0032	*9935*	0045	*9948*	0057	*0,9961*	0070	*0,9974*	0083	*0,9987*	0096	*0000*	0109	*0012*	0122	*0025*
8	0,9970	*9868*	0,9983	*9880*	0,9996	*9893*	0009	*9906*	0022	*9919*	0034	*9932*	0047	*9944*	0060	*0,9957*	0073	*0,9970*	0085	*0,9983*
9	9935	*9825*	9948	*9838*	9960	*9851*	0,9973	*9864*	0,9986	*9876*	0,9999	*9889*	0011	*9902*	0024	*9915*	0037	*9927*	0050	*9940*
10	0,9900	*0,9783*	0,9913	*0,9796*	0,9925	*0,9808*	0,9938	*0,9821*	0,9951	*0,9834*	0,9963	*0,9846*	0,9976	*0,9859*	0,9989	*0,9872*	1,0001	*0,9884*	1,0014	*0,9897*
11	9865	*9740*	9878	*9753*	9890	*9766*	9903	*9778*	9916	*9791*	9928	*9804*	9941	*9816*	9953	*9829*	0,9966	*9842*	0,9979	*9854*
12	9830	*9698*	9843	*9710*	9855	*9723*	9868	*9735*	9881	*9748*	9893	*9761*	9906	*9773*	9918	*9786*	9931	*9799*	9944	*9811*
13	9796	*9655*	9808	*9667*	9821	*9680*	9833	*9692*	9846	*9705*	9859	*9718*	9871	*9730*	9884	*9743*	9896	*9755*	9909	*9768*
14	9762	*9612*	9774	*9624*	9787	*9637*	9799	*9649*	9812	*9662*	9824	*9674*	9837	*9687*	9849	*9699*	9862	*9712*	9874	*9724*
15	0,9728	*0,9568*	0,9740	*0,9581*	0,9753	*0,9593*	0,9765	*0,9606*	0,9778	*0,9618*	0,9790	*0,9631*	0,9802	*0,9643*	0,9815	*0,9655*	0,9827	*0,9668*	0,9840	*0,9680*
16	9694	*9524*	9706	*9537*	9719	*9549*	9731	*9562*	9744	*9574*	9756	*9587*	9768	*9599*	9781	*9611*	9793	*9624*	9806	*9636*
17	9660	*9480*	9673	*9493*	9685	*9505*	9698	*9518*	9710	*9530*	9722	*9542*	9735	*9555*	9747	*9567*	9760	*9580*	9772	*9592*
18	9627	*9436*	9640	*9449*	9652	*9461*	9664	*9473*	9677	*9486*	9689	*9498*	9701	*9510*	9714	*9523*	9726	*9535*	9738	*9547*
19	9594	*9391*	9606	*9404*	9619	*9416*	9631	*9428*	9643	*9441*	9656	*9453*	9668	*9465*	9680	*9478*	9693	*9490*	9705	*9502*
20	0,9561	*0,9346*	0,9574	*0,9359*	0,9586	*0,9371*	0,9598	*0,9383*	0,9610	*0,9395*	0,9623	*0,9408*	0,9635	*0,9420*	0,9647	*0,9432*	0,9659	*0,9444*	0,9672	*0,9457*
21	9529	*9301*	9541	*9313*	9553	*9325*	9565	*9338*	9578	*9350*	9590	*9362*	9602	*9374*	9614	*9386*	9627	*9399*	9639	*9411*
22	9496	*9255*	9509	*9267*	9521	*9279*	9533	*9292*	9545	*9304*	9557	*9316*	9569	*9328*	9582	*9340*	9594	*9352*	9606	*9365*
23	9464	*9209*	9476	*9221*	9489	*9233*	9501	*9245*	9513	*9257*	9525	*9269*	9537	*9281*	9549	*9294*	9561	*9306*	9573	*9318*
24	9432	*9162*	9444	*9174*	9457	*9186*	9469	*9198*	9481	*9210*	9493	*9222*	9505	*9234*	9517	*9246*	9529	*9258*	9541	*9271*
25	0,9401	*0,9114*	0,9413	*0,9126*	0,9425	*0,9138*	0,9437	*0,9150*	0,9449	*0,9163*	0,9461	*0,9175*	0,9473	*0,9187*	0,9485	*0,9199*	0,9497	*0,9211*	0,9509	*0,9223*
26	9369	*9066*	9381	*9078*	9393	*9090*	9405	*9102*	9417	*9114*	9429	*9126*	9441	*9138*	9453	*9150*	9465	*9162*	9477	*9174*
27	9338	*9018*	9350	*9030*	9362	*9042*	9374	*9054*	9386	*9066*	9398	*9078*	9410	*9090*	9422	*9102*	9434	*9114*	9446	*9126*
28	9307	*8969*	9319	*8980*	9331	*8992*	9343	*9004*	9355	*9016*	9366	*9028*	9378	*9040*	9390	*9052*	9402	*9064*	9414	*9076*
29	9276	*8919*	9288	*8931*	9300	*8942*	9312	*8954*	9323	*8966*	9335	*8978*	9347	*8990*	9359	*9002*	9371	*9014*	9383	*9026*
30	0,9245	*0,8868*	0,9257	*0,8880*	0,9269	*0,8892*	0,9281	*0,8904*	0,9293	*0,8915*	0,9305	*0,8927*	0,9316	*0,8939*	0,9328	*0,8951*	0,9340	*0,8963*	0,9352	*0,8975*
31	9215	*8817*	9227	*8829*	9238	*8840*	9250	*8852*	9262	*8864*	9274	*8876*	9286	*8888*	9297	*8899*	9309	*8911*	9321	*8923*
32	9185	*8765*	9196	*8776*	9208	*8788*	9220	*8800*	9232	*8812*	9243	*8823*	9255	*8835*	9267	*8847*	9279	*8859*	9291	*8871*
33	9154	*8712*	9166	*8723*	9178	*8735*	9190	*8747*	9201	*8759*	9213	*8770*	9225	*8782*	9237	*8794*	9248	*8806*	9260	*8817*
34	9125	*8658*	9136	*8670*	9148	*8681*	9160	*8693*	9171	*8705*	9183	*8716*	9195	*8728*	9206	*8740*	9218	*8751*	9230	*8763*
35	0,9095	*0,8603*	0,9107	*0,8615*	0,9118	*0,8626*	0,9130	*0,8638*	0,9142	*0,8650*	0,9153	*0,8661*	0,9165	*0,8673*	0,9177	*0,8685*	0,9188	*0,8696*	0,9200	*0,8708*
36	9065	*8548*	9077	*8559*	9089	*8571*	9100	*8582*	9112	*8594*	9124	*8606*	9135	*8617*	9147	*8629*	9158	*8640*	9170	*8652*
37	9036	*8491*	9048	*8502*	9059	*8514*	9071	*8526*	9082	*8537*	9094	*8549*	9106	*8560*	9117	*8572*	9129	*8584*	9140	*8595*
38	9007	*8433*	9019	*8445*	9030	*8456*	9042	*8468*	9053	*8479*	9065	*8491*	9076	*8503*	9088	*8514*	9099	*8526*	9111	*8537*
39	8978	*8374*	8990	*8386*	9001	*8398*	9013	*8409*	9024	*8421*	9036	*8432*	9047	*8444*	9059	*8455*	9070	*8467*	9082	*8478*
40	0,8949	*0,8315*	0,8961	*0,8326*	0,8972	*0,8338*	0,8984	*0,8349*	0,8995	*0,8361*	0,9007	*0,8372*	0,9018	*0,8383*	0,9030	*0,8395*	0,9041	*0,8406*	0,9053	*0,8418*
41	8921	*8254*	8932	*8265*	8944	*8276*	8955	*8288*	8967	*8299*	8978	*8311*	8989	*8322*	9001	*8334*	9012	*8345*	9024	*8357*
42	8892	*8191*	8904	*8203*	8915	*8214*	8927	*8226*	8938	*8237*	8949	*8248*	8961	*8260*	8972	*8271*	8984	*8283*	8995	*8294*

Vielfache von Atomgewichten der biologisch-medizinisch wichtigsten Elemente (und Gruppen)

Diese Tabelle basiert auf den 1957 international festgelegten Atomgewichten. Bei der Berechnung der Vielfachen wurden diese als exakte Zahlen behandelt.

Ordnungszahl *Z*	Symbol		Einer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Zehner										
1	H	Wasserstoff Hydrogenium	0	0,000	1,008	2,016	3,024	4,032	5,040	6,048	7,056	8,064	9,072
			10	10,080	11,088	12,096	13,104	14,112	15,120	16,128	17,136	18,144	19,152
			20	20,160	21,168	22,176	23,184	24,192	25,200	26,208	27,216	28,224	29,232
			30	30,240	31,248	32,256	33,264	34,272	35,280	36,288	37,296	38,304	39,312
			40	40,320	41,328	42,336	43,344	44,352	45,360	46,368	47,376	48,384	49,392
			50	50,400	51,408	52,416	53,424	54,432	55,440	56,448	57,456	58,464	59,472
			60	60,480	61,488	62,496	63,504	64,512	65,520	66,528	67,536	68,544	69,552
			70	70,560	71,568	72,576	73,584	74,592	75,600	76,608	77,616	78,624	79,632
			80	80,640	81,648	82,656	83,664	84,672	85,680	86,688	87,696	88,704	89,712
			90	90,720	91,728	92,736	93,744	94,752	95,760	96,768	97,776	98,784	99,792
			100	100,800	101,808	102,816	103,824	104,832	105,840	106,848	107,856	108,864	109,872
			110	110,880	111,888	112,896	113,904	114,912	115,920	116,928	117,936	118,944	119,952
			120	120,960	121,968	122,976	123,984	124,992	126,000	127,008	128,016	129,024	130,032
			130	131,040	132,048	133,056	134,064	135,072	136,080	137,088	138,096	139,104	140,112
			140	141,120	142,128	143,136	144,144	145,152	146,160	147,168	148,176	149,184	150,192
			150	151,200	152,208	153,216	154,224	155,232	156,240	157,248	158,256	159,264	160,272
			160	161,280	162,288	163,296	164,304	165,312	166,320	167,328	168,336	169,344	170,352
			170	171,360	172,368	173,376	174,384	175,392	176,400	177,408	178,416	179,424	180,432
			180	181,440	182,448	183,456	184,464	185,472	186,480	187,488	188,496	189,504	190,512
			190	191,520	192,528	193,536	194,544	195,552	196,560	197,568	198,576	199,584	200,592
6	C	Kohlenstoff Carboneum	0	00,000	12,011	24,022	36,033	48,044	60,055	72,066	84,077	96,088	108,099
			10	120,110	132,121	144,132	156,143	168,154	180,165	192,176	204,187	216,198	228,209
			20	240,220	252,231	264,242	276,253	288,264	300,275	312,286	324,297	336,308	348,319
			30	360,330	372,341	384,352	396,363	408,374	420,385	432,396	444,407	456,418	468,429
			40	480,440	492,451	504,462	516,473	528,484	540,495	552,506	564,517	576,528	588,539
			50	600,550	612,561	624,572	636,583	648,594	660,605	672,616	684,627	696,638	708,649
			60	720,660	732,671	744,682	756,693	768,704	780,715	792,726	804,737	816,748	828,759
			70	840,770	852,781	864,792	876,803	888,814	900,825	912,836	924,847	936,858	948,869
			80	960,880	972,891	984,902	996,913	1008,924	1020,935	1032,946	1044,957	1056,968	1068,979
			90	1080,990	1093,001	1105,012	1117,023	1129,034	1141,045	1153,056	1165,067	1177,078	1189,089
7	N	Stickstoff Nitrogenium	0	00,000	14,008	28,016	42,024	56,032	70,040	84,048	98,056	112,064	126,072
			10	140,080	154,088	168,096	182,104	196,112	210,120	224,128	238,136	252,144	266,152
			20	280,160	294,168	308,176	322,184	336,192	350,200	364,208	378,216	392,224	406,232
			30	420,240	434,248	448,256	462,264	476,272	490,280	504,288	518,296	532,304	546,312
			40	560,320	574,328	588,336	602,344	616,352	630,360	644,368	658,376	672,384	686,392
8	O	Sauerstoff Oxygenium	0	00,0	16,**0**	32,**0**	48,**0**	64,**0**	80,**0**	96,**0**	112,**0**	128,**0**	144,**0**
			10	160,**0**	176,**0**	192,**0**	208,**0**	224,**0**	240,**0**	256,**0**	272,**0**	288,**0**	304,**0**
			20	320,**0**	336,**0**	352,**0**	368,**0**	384,**0**	400,**0**	416,**0**	432,**0**	448,**0**	464,**0**
			30	480,**0**	496,**0**	512,**0**	528,**0**	544,**0**	560,**0**	576,**0**	592,**0**	608,**0**	624,**0**
			40	640,**0**	656,**0**	672,**0**	688,**0**	704,**0**	720,**0**	736,**0**	752,**0**	768,**0**	784,**0**
9	F	Fluor	0	00,00	19,00	38,00	57,00	76,00	95,00	114,00	133,00	152,00	171,00
11	Na	Natrium, Sodium	0	00,000	22,991	45,982	68,973	91,964	114,955	137,946	160,937	183,928	206,919
12	Mg	Magnesium	0	00,00	24,32	48,64	72,96	97,28	121,60	145,92	170,24	194,56	218,88
13	Al	Aluminium	0	00,00	26,98	53,96	80,94	107,92	134,90	161,88	188,86	215,84	242,82
14	Si	Silicium	0	00,00	28,09	56,18	84,27	112,36	140,45	168,54	196,63	224,72	252,81
15	P	Phosphor	0	00,000	30,975	61,950	92,925	123,900	154,875	185,850	216,825	247,800	278,775
			10	309,750	340,725	371,700	402,675	433,650	464,625	495,600	526,575	557,550	588,525
16	S	Schwefel, Sulfur	0	00,000	32,066	64,132	96,198	128,264	160,330	192,396	224,462	256,528	288,594
			10	320,660	352,726	384,792	416,858	448,924	480,990	513,056	545,122	577,188	609,254
17	Cl	Chlor	0	00,000	35,457	70,914	106,371	141,828	177,285	212,742	248,199	283,656	319,113
19	K	Kalium, Potassium	0	00,000	39,100	78,200	117,300	156,400	195,500	234,600	273,700	312,800	351,900
20	Ca	Calcium	0	00,00	40,08	80,16	120,24	160,32	200,40	240,48	280,56	320,64	360,72
25	Mn	Mangan	0	00,00	54,94	109,88	164,82	219,76	274,70	329,64	384,58	439,52	494,46
26	Fe	Eisen, Ferrum	0	00,00	55,85	111,70	167,55	223,40	279,25	335,10	390,95	446,80	502,65
27	Co	Cobalt	0	00,00	58,94	117,88	176,82	235,76	294,70	353,64	412,58	471,52	530,46
29	Cu	Kupfer, Cuprum	0	00,00	63,54	127,08	190,62	254,16	317,70	381,24	444,78	508,32	571,86
30	Zn	Zink	0	00,00	65,38	130,76	196,14	261,52	326,90	392,28	457,66	523,04	588,42
33	As	Arsen	0	00,00	74,91	149,82	224,73	299,64	374,55	449,46	524,37	599,28	674,19
35	Br	Brom	0	00,000	79,916	159,832	239,748	319,664	399,580	479,496	559,412	639,328	719,244
53	I	Jod	0	000,00	126,91	253,82	380,73	507,64	634,55	761,46	888,37	1015,28	1142,19
56	Ba	Barium	0	000,00	137,36	274,72	412,08	549,44	686,80	824,16	961,52	1098,88	1236,24
80	Hg	Quecksilber	0	000,00	200,61	401,22	601,83	802,44	1003,05	1203,66	1404,27	1604,88	1805,49
	H_2O	Wasser ($\frac{1}{2}H_2O$ = 9,008)	0	00,000	18,016	36,032	54,048	72,064	90,080	108,096	126,112	144,128	162,144
			10	180,160	198,176	216,192	234,208	252,224	270,240	288,256	306,272	324,288	342,304
	CH_2	Methylen	0	00,000	14,027	28,054	42,081	56,108	70,135	84,162	98,189	112,216	126,243
			10	140,270	154,297	168,324	182,351	196,378	210,405	224,432	238,459	252,486	266,513
			20	280,540	294,567	308,594	322,621	336,648	350,675	364,702	378,729	392,756	406,783
			30	420,810	434,837	448,864	462,891	476,918	490,945	504,972	518,999	533,026	547,053
			40	561,080	575,107	589,134	603,161	617,188	631,215	645,242	659,269	673,296	687,323
	CH_3	Methyl	0	00,000	15,035	30,070	45,105	60,140	75,175	90,210	105,245	120,280	135,315
			10	150,350	165,385	180,420	195,455	210,490	225,525	240,560	255,595	270,630	285,665
			20	300,700	315,735	330,770	345,805	360,840	375,875	390,910	405,945	420,980	436,015

Acetanilid (Antifebrin)	$C_6H_5NHCOCH_3$	135,17
Acetylcholinchlorid	$[CH_3COOCH_2CH_2N(CH_3)_3]Cl$	181,67
Acetylphenetidin (Phenacetin)	$C_6H_4(NHCOCH_3)(OC_2H_5)$-1,4	179,22
Acetylsalicylsäure	$C_6H_4(COOH)(OCOCH_3)$-1,2	180,16
Aconitin	$C_{34}H_{49}O_{11}N$	647,77
Adrenalin-(Epinephrin-) hydrochlorid	$C_6H_3[CH(OH)CH_2NHCH_3][OH]_2 . HCl$-1,3,4	219,68
Allylisothiocyanat (Nitrogen Mustard)	$CH_2:CHCH_2NCS$	99,16
Aminophyllin	$[N(CH_3)CON(CH_3)C:CCO\ N:CHNH]_2 . [H_2NCH_2CH_2NH_2] + 2H_2O$	456,48
Aminopyrin (Dimethyl-aminoantipyrin, Aminophenazon)	$N(C_6H_5)N(CH_3)C(CH_3):C[N(CH_3)_2]CO$	231,30
Amphetamin	$C_6H_5CH_2CH(NH_2)CH_3$	135,21
Amylnitrit	$(CH_3)_2CHCH_2CH_2ONO$	117,15
Antifebrin siehe Acetanilid		
Antimon-Kalium-Tartrat (Brechweinstein)	$[KOOC(CHOH)_2COOSbO] + \frac{1}{2}H_2O$	333,94
Antipyrin	$N(C_6H_5)N(CH_3)C(CH_3):CHCO$	188,23
Apomorphinhydrochlorid	$[C_{17}H_{17}O_2N \cdot HCl] + \frac{1}{2}H_2O$	312,80
Äther	$(C_2H_5)_2O$	74,12
Äthylalkohol	C_2H_5OH	46,07
Äthylmorphinhydrochlorid	$[C_{19}H_{23}O_3N] . HCl + 2H_2O$	385,90
N-Äthylpiperidin	$CH_2CH_2CH_2CH_2NC_2H_5$	113,21
Atropin	$C_{17}H_{23}O_3N$	289,38
Barbital (Diäthyl-barbitursäure)	$NHCONHCOC(C_2H_5)_2CO$	184,20
Barbital-Natrium	$NHC(ONa):NCOC(C_2H_5)_2CO$	206,18
Bromoform	$CHBr_3$	252,77
Butacainsulfat	$[H_2NC_6H_4COO(CH_2)_3N(C_4H_9)_2$-1,4$]_2 . H_2SO_4$	710,99
Calciumgluconat	$[[CH_2OH(CHOH)_4COO]_2Ca] + H_2O$	448,40
-glycerophosphat	$[C_3H_5(OH)_2OPO_3Ca] + H_2O$	228,16
-lactat	$[[CH_3CH(OH)COO]_2Ca] + 5H_2O$	308,31
-mandelat	$[C_6H_5CH(OH)COO]_2Ca$	342,37
Campher	$C(CH_3)CH_2CH_2CHC(CH_3)_2\ CH_2CO$	152,24
N-Carbamylarsanilsäure	$C_6H_4[AsO(OH)_2][NHCONH_2]$-1,4	260,08
Carbromal	$(C_2H_5)_2CBrCONHCONH_2$	237,11
Chinacrin (Quinacrine)	$C_{23}H_{30}ClON_3$	399,97
Chinidin	$C_{20}H_{24}O_2N_2$	324,43
Chinin	$[C_{20}H_{24}O_2N_2] + 3H_2O$	378,48
Chloralhydrat (Chloral)	$CCl_3CH(OH)_2$	165,42
Chloramphenicol	$CH(OH)(C_6H_4$-p-$NO_2)\cdot CH(NHCOCHCl_2)\cdot CH_2OH$	323,15
Chlorochin (Chloro-quine)	$C_9H_5N[Cl][NHCH(CH_3)\cdot(CH_2)_3\cdot N(C_2H_5)_2]$-7,4	319,89
Chloroform	$CHCl_3$	119,39
Cholesterin	$C_{27}H_{45}OH$	386,67
Cinchophen	$CH:CH\cdot CH:CH\cdot C:C\cdot C(COOH):CH\cdot C(C_6H_5):N$	249,27
Cocain	$C_{17}H_{21}O_4N$	303,36
Codein	$[C_{18}H_{21}O_3N] + H_2O$	317,39
Coffein	$[N(CH_3)CON(CH_3)C:CCO\ N:CHN(CH_3)] + H_2O$	212,22
Colchicin	$C_{22}H_{25}O_6N$	399,45
Creatinin	$CH_3NC(:NH)NHCOCH_2$	113,12
Cresol	$CH_3C_6H_4OH$	108,14
Cumarin	$CH:CHCH:CHC:C\cdot O\cdot CO\cdot CH:CH$	146,15
Cyclopropan	$CH_2CH_2CH_2$	42,08
Dextrose (D-Glucose)	$[CH_2(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot (HO)CH\cdot CH(OH)\cdot CHO] + H_2O$	198,18
Diäthylbarbitursäure (Diäthylmalonylharnstoff) siehe Barbital		
Diäthylstilböstrol siehe Stilböstrol		
Digitonin	$C_{56}H_{90}O_{29}$	1215,33
Digitoxin	$C_{41}H_{64}O_{13}$	764,96
Dihydromorphinon	$C_{17}H_{19}O_3N$	285,35
Dihydrostreptomycinhydrochlorid -sulfat	$C_{21}H_{41}O_{12}N_7 . 3HCl$ $(C_{21}H_{41}O_{12}N_7)_2 . 3H_2SO_4$	693,01 1461,48
Dijodoxychinolin	$CI:CHCI:C(OH)C:CCH:CHCH:N$	396,97
Dimercaptopropanol (BAL)	$CH_2(SH)CH(SH)CH_2OH$	124,23
m-Dinitrobenzol	$C_6H_4(NO_2)_2$-1,3	168,11
Dioxan	$OCH_2CH_2OCH_2CH_2$	88,11
Diphenylhydantoin	$(C_6H_5)_2CNHCONHCO$	252,28
Emetinhydrochlorid	$C_{29}H_{40}O_4N_2 . 2HCl$	553,59
Ephedrinhydrochlorid	$C_6H_5CH(OH)CH(NHCH_3)CH_3 . HCl$	201,70
Ergonovin	$C_{19}H_{23}O_2N_3$	325,42
Ergotamin	$C_{33}H_{35}N_5O_5$	581,68
-tartrat	$(C_{33}H_{35}N_5O_5)_2 . H_2C_4H_4O_6$	1313,46
Ergotoxin	$C_{35}H_{41}O_6N_5$	627,75
Eucalyptol	$(CH_3)_2CCHCH_2CH_2C(O)(CH_3)\cdot CH_2CH_2$	154,25
Eucatropin	$C_6H_5CH(OH)COOCHCH_2C(CH_3)_2N(CH_3)CH(CH_3)CH_2$	291,40
Formaldehyd	$HCHO$	30,03
Girards Reagens	$[(CH_3)_3NCH_2CONHNH_2]Cl$	167,65
Glycerin	$HOCH_2CH(OH)CH_2OH$	92,10
Harnsäure	$NH\cdot CO\cdot NH\cdot C:C\cdot CO\ NH\cdot CO\cdot NH$	168,12
Harnstoff	$CO(NH_2)_2$	60,06
Histamin	$N:CHNHCH:CCH_2CH_2NH_2$	111,15
Homatropin	$C_{16}H_{21}O_3N$	275,35
Hyoscyamin	$C_{17}H_{23}O_3N$	289,38
Jodoform	CHI_3	393,75
Lanatosid C	$C_{49}H_{76}O_{20}$	985,15
Mandelsäure	$C_6H_5CH(OH)COOH$	152,15
Menthol	$(CH_3)_2CHCHCH(OH)CH_2CH(CH_3)CH_2CH_2$	156,27
Meperidin	$C_6H_5\cdot C(COOC_2H_5)\cdot CH_2CH_2N(CH_3)CH_2CH_2$	247,34
Methylalkohol	CH_3OH	32,04
Methylenblau	$[C_{16}H_{18}ClN_3S] + 3H_2O$	373,92
Milchsäure	$CH_3CH(OH)COOH$	90,08
Morphium	$[C_{17}H_{19}O_3N] + H_2O$	303,36
Natriumlactat	$CH_3CH(OH)COONa$	112,06
Neostigminbromid	$C_6H_4[N(CH_3)_3Br][OCON(CH_3)_2]$-1,3	303,22
Nicäthamid	$CH:CHCH:NCH:CCON(C_2H_5)_2$	178,24
Ouabain (Strophanthin-g)	$[C_{29}H_{44}O_{12}] + 8H_2O$	728,80
Papaverin	$C_{20}H_{21}O_4N$	339,40
Penicillin-G-Natrium	$C_{16}H_{17}N_2NaO_4S$	356,39
Pentobarbital	$NHCONHCOC[CH(CH_3)C_3H_7][C_2H_5]CO$	226,28
Phenacetin siehe Acetylphenetidin		
Phenobarbital	$NHCONHCOC(C_6H_5)(C_2H_5)CO$	232,24
-Natrium	$NHC(ONa):NCOC(C_6H_5)(C_2H_5)CO$	254,23
Physostigmin	$C_{15}H_{21}O_2N_3$	275,36
Picrotoxin	$C_{30}H_{34}O_{13}$	602,60
Pilocarpin	$C_{11}H_{16}O_2N_2$	208,27
Piperocain	$C_6H_5COO(CH_2)_3N\cdot(CH_2)_4\cdot CH(CH_3)$	261,37
Procainhydrochlorid	$C_6H_4[COOCH_2CH_2N(C_2H_5)_2][NH_2]\cdot HCl$-1,4	272,78
Resorcin	$C_6H_4(OH)_2$-1,3	110,11
Rochellesalz (Kalium-Natrium-Tartrat)	$[CH(OH)(COOK)\cdot CH(OH)(COONa)] + 4H_2O$	282,23
Rutin	$[C_{27}H_{30}O_{16}] + 3H_2O$	664,59
Salicylsäure	$C_6H_4(COOH)(OH)$-1,2	138,13
Santo-nin	$CH:CH\cdot CO\cdot C(CH_3):C\cdot C(CH_3)\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH\cdot CH\cdot O\cdot CO\cdot CH\cdot CH_3$	246,31
Scopolamin	$C_{17}H_{21}O_4N$	303,36
Stilböstrol	p-$HOC_6H_4(C_2H_5)C:C(C_2H_5)C_6H_4OH$-$p'$	268,36
Streptomycinhydrochlorid	$C_{21}H_{39}O_{12}N_7 . 3HCl$	690,99
-sulfat	$(C_{21}H_{39}O_{12}N_7)_2 . 3H_2SO_4$	1457,44
Strophanthin-g siehe Ouabain		
Strychnin	$C_{21}H_{22}O_2N_2$	334,42
Sulfadiazin	p-$NH_2\cdot C_6H_4\cdot SO_2NHC:N\cdot CH:CH\cdot CH:N$	250,29
Sulfamerazin	p-$NH_2\cdot C_6H_4\cdot SO_2NHC:N\cdot CH:CH\cdot C(CH_3):N$	264,32
Sulfanilamid	p-$NH_2\cdot C_6H_4\cdot SO_2NH_2$	172,21
Sulfapyridin	p-$NH_2\cdot C_6H_4\cdot SO_2NHC:N\cdot CH:CH\cdot CH:CH$	249,30
Sulfathiazol	p-$NH_2\cdot C_6H_4\cdot SO_2NHC:N\cdot CH:CH\cdot S$	255,33
Theobromin	$NH\cdot CO\cdot N(CH_3)\cdot C:C:CO\ N:CH\cdot NCH_3$	180,17
Theophyllin	$N(CH_3)\cdot CO\cdot N(CH_3)\cdot C:C\cdot CO\ N:CH\cdot NH\cdot H_2O$	198,19
Tryparsamid	$[p$-$NH_2COCH_2NH\cdot C_6H_4\cdot AsO(OH)ONa] + \frac{1}{2}H_2O$	305,09
Tubocurarinchlorid	$[C_{38}H_{44}O_6N_2]Cl_2 + 5H_2O$	785,78
Undecylensäure	$CH_2:CH\cdot(CH_2)_8\cdot COOH$	184,28
Urethan	$H_2NCOOC_2H_5$	89,10

Umrechnungsfaktoren zwischen Gramm, Mol, Grammäquivalent usw. verschiedener Verbindungen siehe auch S. 287–294

1. Umrechnungsfaktoren für Verbindungen

Umzurechnen			Faktor	$\log_{10}$	Umzurechnen			Faktor	$\log_{10}$
Aceton		in Acetessigsäure	1,76	0,2455	Acetessigsäure		in Aceton	0,57	0,7559–1
Aceton		in β-Hydroxybuttersäure	1,79	0,2529	β-Hydroxybuttersäure		in Aceton	0,56	0,7482–1
	Ca	in CaO	1,4	0,1461		CaO	in Ca	0,71	0,8513–1
	Cl	in NaCl	1,65	0,2175		NaCl	in Cl	0,607	0,7832–1
	K	in K_2O	1,21	0,0828		K_2O	in K	0,83	0,9191–1
	Mg	in MgO	1,66	0,2201		MgO	in Mg	0,603	0,7803–1
	Na	in NaCl	2,54	0,4048		NaCl	in Na	0,39	0,5911–1
	Na	in Na_2O	1,35	0,1303		Na_2O	in Na	0,74	0,8692–1
	P	in P_2O_5	2,29	0,3598		P_2O_5	in P	0,44	0,6435–1
	P	in H_3PO_4	3,16	0,4997		H_3PO_4	in P	0,316	0,4997–1
	S	in SO_3	2,55	0,4065		SO_3	in S	0,40	0,6021–1
	S	in H_2SO_4	3,06	0,4857		H_2SO_4	in S	0,33	0,5185–1
Stickstoff									
Protein-N		in Protein	6,25	0,7959	Protein		in Protein-N	0,16	0,2041–1
Ammoniak-N		in Ammoniak	1,21	0,0828	Ammoniak		in Ammoniak-N ...	0,82	0,9138–1
Creatin-N		in Creatin	3,12	0,4942	Creatin		in Creatin-N	0,32	0,5051–1
Creatinin-N		in Creatinin	2,7	0,4314	Creatinin		in Creatinin-N	0,37	0,5682–1
Harnstoff-N		in Harnstoff	2,14	0,3304	Harnstoff		in Harnstoff-N	0,47	0,6721–1
Harnsäure-N		in Harnsäure	3,0	0,4771	Harnsäure		in Harnsäure-N	0,33	0,5185–1
Lipoide									
Total-Lipoidphosphor*		in Phosphatide .	23,5	1,3711					
Neutralfett-C		in Neutralfett	1,32	0,1206	Neutralfett		in Neutralfett-C	0,757	0,8791–1
Total-Lipoid-C*		in Total-Lipoide	1,3	0,1139	Total-Lipoide*		in Total-Lipoid-C ..	0,769	0,8859–1
Lipoid-P*		in Lecithin	2,6	0,4150	Lecithin*		in Lipoid-P	0,384	0,5843–1

2. Umrechnung von mg/100 ml in Millimol und umgekehrt

$$\text{mmol/l} = \frac{10 \times \text{mg/100 ml}}{\text{Molekulargewicht}} = \frac{10\,000 \times \text{g/100 ml}}{\text{Molekulargewicht}}$$

$$\text{mg/100 ml} = \frac{\text{mmol} \times \text{Molekulargewicht}}{10}$$

3. Umrechnung von ml-Gase/100 ml in Millimol je Liter

$$\text{mmol/l} = \frac{\text{ml/100 ml}}{2{,}24} \qquad (2{,}24 = \text{Millimolar-Volumen})$$

$$\text{ml/100 ml} = 2{,}24 \times \text{mmol/l}$$

4. Umrechnung von mg/100 ml in Millival je Liter und umgekehrt

$$\text{mval/l} = \frac{10 \times \text{mg/100 ml} \times \text{Wertigkeit}}{\text{Molekulargewicht}}$$

$$\text{mg/100 ml} = \frac{\text{mval/l} \times \text{Molekulargewicht}}{10 \times \text{Wertigkeit}}$$

5. n/1000 = 0,001 n = 1 ml 0,1 n je 100 ml = 1 ml n je Liter = 1 mval je Liter = 1 mmol je Liter/Wertigkeit = Äquivalentgewicht in Milligramm je Liter

* Lipoide = Phospholipide (Phosphatide) + Steroide. Vgl. S. 350–354.

Name	Molekulargewicht	Wasserstoffäquivalent	Gramm in 1 ml 0,1 n-Lösung	Mantisse des Äquivalentgewichtes[1] $\log_{10}$
Ammoniak	17,03	NH_3	0,001703	2311
Ammoniumchlorid	53,50	NH_4Cl	0,005350	7284
Ammoniumhydroxyd	35,05	NH_4OH	0,003505	5447
Ammoniumnitrat	80,05	NH_4NO_3	0,008005	9034
Ammoniumsulfat	132,15	$^1/_2(NH_4)_2SO_4$	0,006607	8200
Ammoniumthiocyanat	76,13	NH_4CNS	0,007613	8816
Äpfelsäure	134,09	$^1/_2C_4H_6O_5$	0,006705	8264
Bariumcarbonat	197,37	$^1/_2BaCO_3$	0,009869	9943
Bariumchlorid	244,31	$^1/_2[BaCl_2+2H_2O]$	0,012215	0869
Bariumhydroxyd	315,50	$^1/_2[Ba(OH)_2+8H_2O]$	0,015775	1980
Bariumoxyd	153,36	$^1/_2BaO$	0,007668	8847
Bernsteinsäure	118,09	$^1/_2C_4H_6O_4$	0,005905	7713
Bleicarbonat	267,22	$^1/_2PbCO_3$	0,013361	1258
Bleioxyd	223,21	$^1/_2PbO$	0,011161	0477
Borax siehe Natriumtetraboratdekahydrat				
Borsäure, Ortho-	61,84	$^1/_3H_3BO_3$	0,002061	3141
Brom	159,83	$^1/_2Br_2$	0,007992	9026
Bromwasserstoff	80,92	HBr	0,008092	9080
Calciumcarbonat	100,09	$^1/_2CaCO_3$	0,005005	6994
Calciumchlorid	110,99	$^1/_2CaCl_2$	0,005550	7443
Calciumchloridhexahydrat	219,09	$^1/_2[CaCl_2+6H_2O]$	0,010955	0396
Calciumhydroxyd	74,10	$^1/_2Ca(OH)_2$	0,003705	5688
Calciumoxyd	56,08	$^1/_2CaO$	0,002804	4478
Chlor	70,91	$^1/_2Cl_2$	0,003546	5497
Citronensäure	210,15	$^1/_3[C_6H_8O_7+H_2O]$	0,007005	8454
Cyanwasserstoff	27,03	HCN	0,002703	4319
Essigsäure	60,05	CH_3COOH	0,006005	7786
Jod	253,82	$^1/_2I_2$	0,012691	1035
Jodwasserstoff	127,92	HI	0,012792	1070
Kaliumbicarbonat	100,12	$KHCO_3$	0,010012	0005_{208}
Kaliumbichromat	294,22	$^1/_6K_2Cr_2O_7$	0,004904	6906
Kaliumbitartrat	188,18	$C_4H_5O_6K$	0,018818	2746
Kaliumcarbonat	138,21	$^1/_2K_2CO_3$	0,006911	8396
Kaliumchlorid	74,56	KCl	0,007456	8726
Kaliumcyanid	65,12	KCN	0,006512	8137
Kaliumhydroxyd	56,11	KOH	0,005611	7491
Kaliumoxyd	94,20	$^1/_2K_2O$	0,004710	6730
Kaliumpermanganat für CO-Bestimmung	158,04	$^1/_5KMnO_4$	0,003161	4998
Kaliumpermanganat für Mn-Bestimmung	158,04	$^1/_3KMnO_4$	0,005268	7217
Kaliumtartrat	226,28	$^1/_2C_4H_4O_6K_2$	0,011314	0536
Kaliumtetroxalat	254,20	$^1/_3[KH_3(C_2O_4)_2+2H_2O]$	0,008473	9281
Kohlenstoffdioxyd	44,01	$^1/_2CO_2$	0,002201	3426
Kupferoxyd	79,54	$^1/_2CuO$	0,003977	5996
Kupfersulfat	249,69	$^1/_2[CuSO_4+5H_2O]$	0,012484	0964
Magnesiumcarbonat	84,33	$^1/_2MgCO_3$	0,004217	6250
Magnesiumchlorid	95,23	$^1/_2MgCl_2$	0,004762	6778
Magnesiumchloridhexahydrat	203,33	$^1/_2[MgCl_2+6H_2O]$	0,010167	0071_{928}
Magnesiumoxyd	40,32	$^1/_2MgO$	0,002016	3045
Mangansulfat	151,01	$^1/_2MnSO_4$	0,007550	8779
Milchsäure	90,08	$CH_3{\cdot}CHOH{\cdot}COOH$	0,009008	9546
Natriumbicarbonat	84,01	$NaHCO_3$	0,008401	9244
Natriumcarbonat	105,99	$^1/_2Na_2CO_3$	0,005300	7243
Natriumchlorid	58,45	$NaCl$	0,005845	7668
Natriumhydroxyd	40,00	$NaOH$	0,004000	6021
Natriumoxyd	61,98	$^1/_2Na_2O$	0,003099	4913
Natriumphosphat, sec. (Dinatriumphosphat)	178,00	$^1/_2[Na_2HPO_4+2H_2O]$	0,008900	9494
Natriumphosphat, tert. (Trinatriumphosphat)	380,14	$^1/_3[Na_3PO_4+12H_2O]$	0,012671	1028
Natriumsulfid	78,05	$^1/_2Na_2S$	0,003902	5913
Natriumtetraborat	201,26	$^1/_2Na_2B_4O_7$	0,010063	0027_{275}
Natriumtetraboratdekahydrat (Borax)	381,42	$^1/_2[Na_2B_4O_7+10H_2O]$	0,019071	2804
Oxalsäure	90,04	$^1/_2HOOC{\cdot}COOH$	0,004502	6534
Oxalsäuredihydrat	126,07	$^1/_2[HOOC{\cdot}COOH+2H_2O]$	0,006304	7996
Phosphorsäure	98,00	$^1/_3H_3PO_4$	0,003267	5141
Quecksilber(II)chlorid (Sublimat)	271,52	$^1/_2HgCl_2$	0,013576	1328
Salpetersäure	63,02	HNO_3	0,006302	7994
Salpetrige Säure	47,02	HNO_2	0,004702	6723
Salzsäure	36,47	HCl	0,003647	5619
Silbernitrat	169,89	$AgNO_3$	0,016989	2302
Schwefelsäure	98,08	$^1/_2H_2SO_4$	0,004904	6906
Schwefeltrioxyd	80,07	$^1/_2SO_3$	0,004003	6024
Weinsäure	150,09	$^1/_2C_4H_6O_6$	0,007505	8754
Zinksulfat	287,56	$^1/_2[ZnSO_4+7H_2O]$	0,014378	1577

1) Logarithmen siehe S. 10.

Wenn nicht anders vermerkt, sind Stamm- und Pufferlösungen mit destilliertem und CO_2-freiem Wasser anzusetzen. Es sollten nur Standardreagenzien gebraucht werden. Die Molarität einer Lösung, die mit Reagenzien von zweifelhafter Reinheit oder zweifelhaftem Hydrationsgrad bereitet würde, muß durch Titrierung geprüft werden. Die Mengen x und y der Stammlösungen, die genommen werden müssen, um verschiedene pH-Werte zu erhalten, sind in der Tabelle auf S. 278 angegeben.

Nr.	Name	pH-Bereich	Stammlösungen		Zusammensetzung der Pufferlösung
			A	B	
1	Aconitinsäure[1] (Gomori)	2,5–5,7	0,5 mol Aconitinsäure (87,1 g/l)	0,2 n-NaOH	10 ml A + x ml B auf 100 ml
2	Barbital-Natrium[2] (Michaelis)	6,8–9,6	0,1 mol Barbital-Natrium (20,6 g/l)	0,1 n-HCl	x ml A + (100 — x) ml B
3	Barbital-Natrium-Acetat[3] (Michaelis)	2,6–9,4	$^1/_7$ mol Natriumacetat in $^1/_7$ mol Barbital-Natrium (19,43 g $C_2H_3O_2 \cdot 3\,H_2O$ + 29,43 g Barbital-Natrium in 1 Liter)	0,1 n-HCl	50 ml A + x ml B + 20 ml 8,5%-NaCl-Lösung, auf 250 ml
4	Bernsteinsäure[1] (Gomori)	3,8–6,0	0,2 mol Bernsteinsäure (23,62 g/l)	0,2 n-NaOH	25 ml A + x ml B auf 100 ml
5	Borax-Bernsteinsäure[4] (Kolthoff)	3,0–5,8	0,05 mol Borax (19,1 g/l)	0,05 mol Bernsteinsäure (5,9 g/l)	x ml A + (100 — x) ml B
6	Boraxphosphat[4, 5] (Kolthoff)	5,8–9,2	0,05 mol Borax (19,1 g/l)	0,1 mol Monokaliumphosphat (13,6 g KH_2PO_4 pro Liter)	x ml A + (100 — x) ml B
7	Borsäure[6] (Clark und Lubs)	7,8–10,0	0,1 mol Borsäure in 0,1 mol KCl (6,2 g H_3BO_3 + 7,46 g KCl pro Liter)	0,1 n-NaOH	50 ml A + x ml B auf 100 ml
8	Cacodylat[1, 7] (Plumel)	5,0–7,4	0,2 mol Natriumcacodylat [42,8 g $Na(CH_3)_2AsO_2 \cdot 3\,H_2O$ pro Liter]	0,2 n-HCl	25 ml A + x ml B auf 100 ml
9	Carbonat-Bicarbonat[1, 8] (Delory und King)	9,2–10,7	0,2 mol wasserfreies Natriumcarbonat (21,2 g/l)	0,2 mol Natriumbicarbonat (16,8 g/l)	x ml A + y ml B auf 100 ml
10	Citrat I[9, 10] (Sørensen)	2,2–4,8	0,1 mol Dinatriumcitrat (21,0 g Citronensäure [$1H_2O$] in 200 ml 1 n-NaOH gelöst und auf 1 Liter aufgefüllt)	0,1 n-HCl	x ml A + (100 — x) ml B
11	Citrat II[9, 10] (Sørensen)	5,0–6,8	Wie Nr. 10	0,1 n-NaOH	x ml A + (100 — x) ml B
12	Citrat-Phosphat-Borat[11] (Teorell und Stenhagen)	2,0–12,0	Citronensäure- und Phosphorsäurelösungen (etwa 100 ml, die je 100 ml 1 n-NaOH entsprechen, werden mit 3,54 g Borsäure krist. und 343 ml 1 n-NaOH versetzt und auf 1 Liter aufgefüllt)	0,1 n-HCl	20 ml A + x ml B auf 100 ml
13	Citronensäure-Phosphat[12] (McIlvaine)	2,2–8,0	0,1 mol Citronensäure (21,0 g $C_6H_8O_7 \cdot 1H_2O$ pro Liter)	0,2 mol Dinatriumphosphat (35,6 g $Na_2HPO_4 \cdot 2\,H_2O$ pro Liter)	x ml A + (100 — x) ml B
14	Dimethylglutarat[13] (Stafford, Watson und Rand)	3,2–7,6	0,1 mol ββ-Dimethylglutarsäure (16,02 g/l)	0,2 n-NaOH	a) 100 ml A + x ml B auf 1000 ml b) 100 ml A + x ml B + 5,845 g NaCl auf 1000 ml (≙ 0,1 mol NaCl)
15	Essigsäure[1, 14] (Walpole)	3,6–5,6	0,2 mol Essigsäure (12,0 g/l)	0,2 mol Natriumacetat (16,4 g $C_2H_3O_2Na$ oder 27,2 g $C_2H_3O_2Na \cdot 3\,H_2O$ pro Liter)	x ml A + y ml B auf 100 ml
16	Glycin I[9, 10] (Sørensen)	1,2–3,6	0,1 mol Glycin in 0,1 n-NaCl (7,5 g Glycin + 5,85 g NaCl in 1 Liter)	0,1 n-HCl	x ml A + (100 — x) ml B
17	Glycin II[9, 10] (Sørensen)	8,4–13,0	Wie Nr. 16	0,1 n-NaOH	x ml A + (100 — x) ml B
18	Kaliumchlorid-Salzsäure[6] (Clark und Lubs)	1,0–2,2	0,2 n-KCl (14,9 g/l)	0,2 n-HCl	25 ml A + x ml B auf 100 ml
19	Phosphat[10, 15] (Sørensen)	5,0–8,2	$^1/_{15}$ mol Monokaliumphosphat (9,08 g KH_2PO_4 pro Liter)	$^1/_{15}$ mol Dinatriumphosphat (11,88 g $Na_2HPO_4 \cdot 2\,H_2O$ pro Liter)	x ml A + (100 — x) ml B
20	Phthalat I[6] (Clark und Lubs)	2,2–3,8	0,1 mol Kaliumbiphthalat (20,4 g $KHC_8H_4O_4$ pro Liter)	0,1 n-HCl	50 ml A + x ml B auf 100 ml
21	Phthalat II[6] (Clark und Lubs)	4,0–6,2	Wie Nr. 20	0,1 n-NaOH	50 ml A + x ml B auf 100 ml
22	Piperazin[16] (Smith und Smith)	4,8–7,0 8,8–11,0	1 mol Piperazindihydrochlorid (159,1 g/l)	1 n-NaOH	1000 ml A + x ml B
23	Piperazin (Meerwasser)[16] (Smith und Smith)	5,4–9,8	0,01 mol Piperazindihydrochlorid in filtriertem Meerwasser (pH 8,0) (1,591 g/l)	1 n-NaOH	1000 ml A + x ml B
24	Piperazin-Glycylglycin[16] (Smith und Smith)	4,4–10,8	0,01 mol Piperazindihydrochlorid in 0,01 mol Glycylglycin (1,591 g Piperazin · 2 HCl + 1,321 g Glycylglycin in 1 Liter)	1 n-NaOH	1000 ml A + x ml B
25	Tris[1, 17] (Gomori)	7,2–9,0	0,2 mol Tris [24,2 g Tris-(hydroxymethyl)aminomethan pro Liter]	0,2 n-HCl	25 ml A + x ml B auf 100 ml
26	Trismaleat[1, 17] (Gomori)	5,2–8,6	0,2 mol Trismaleat [24,2 g Tris(hydroxymethyl)aminomethan + 23,2 g Maleinsäure oder 19,6 g Maleinanhydrid in 1 Liter]	0,2 n-NaOH	25 ml A + x ml B auf 100 ml

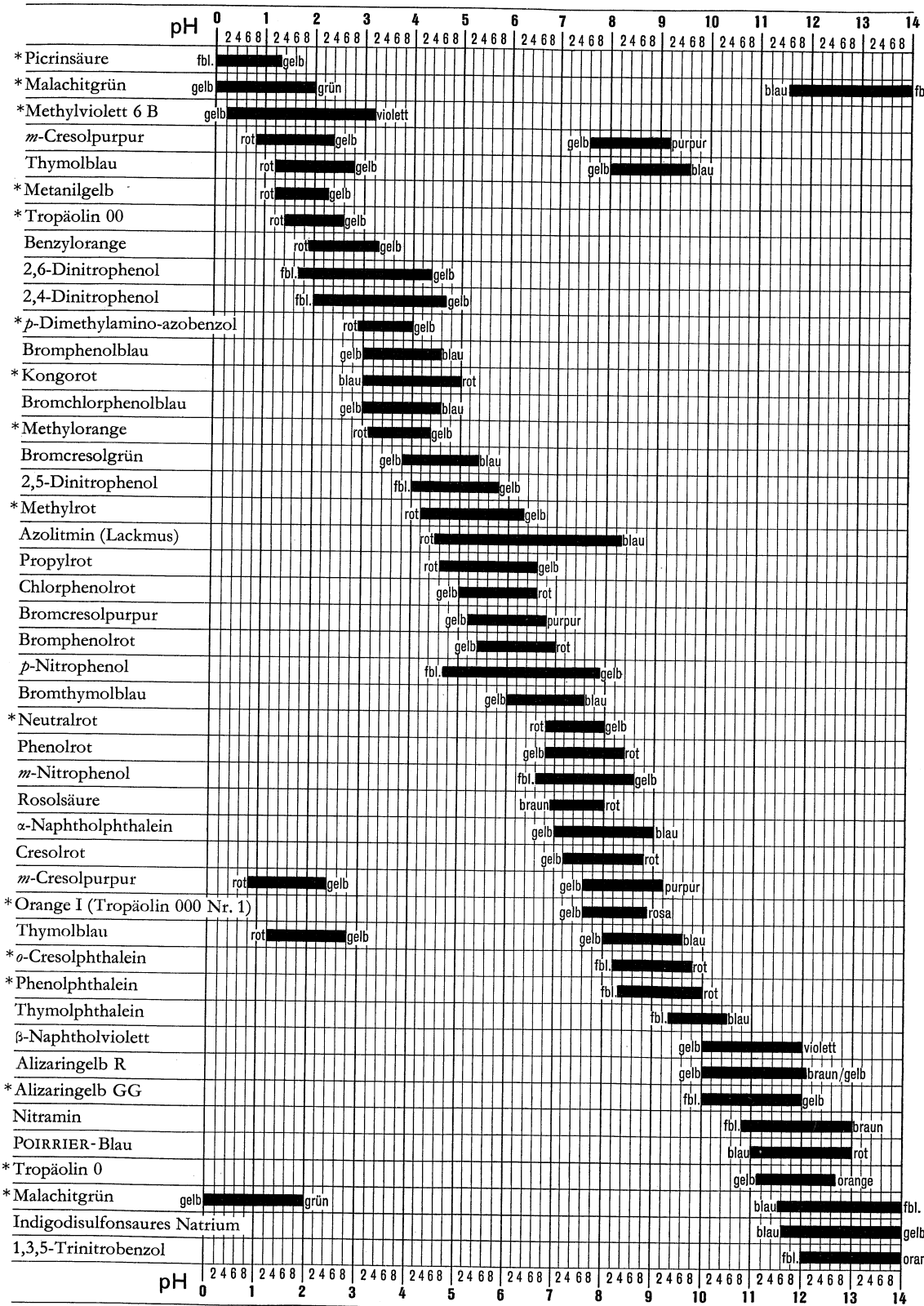
Literatur. *1)* Gomori, G., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. I, New York (1955), S. 138. *2)* Michaelis, L., *J. biol. Chem.*, **87**, 33 (1930). *3)* Michaelis, L., *Biochem. Z.*, **234**, 139 (1931). *4)* Kolthoff, I. M., *J. biol. Chem.*, **63**, 135 (1925). *5)* Kolthoff, I. M., *Säure-Basen-Indicatoren*, Berlin (1932), S. 257. *6)* Clark und Lubs, *J. Bact.*, **2**, 1 (1917). *7)* Plumel, M., *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **30**, 129 (1948). *8)* Delory und King, *Biochem. J.*, **39**, 245 (1945). *9)* Sørensen, S. P. L., *Biochem. Z.*, **21**, 131 (1909). *10)* Sørensen, S. P. L., *Ergebn. Physiol.*, **12**, 393 (1912). *11)* Teorell und Stenhagen, *Biochem. Z.*, **299**, 416 (1938). *12)* McIlvaine, T. C., *J. biol. Chem.*, **49**, 183 (1921). *13)* Stafford et al., *Biochim. biophys. Acta*, **18**, 319 (1955); Krebs, H. A., unveröffentlicht (1957). *14)* Walpole, G. S., *J. chem. Soc.*, **105**, 2501 (1914). *15)* Sørensen, S. P. L., *Biochem. Z.*, **22**, 352 (1909). *16)* Smith und Smith, *Biol. Bull.*, **96**, 233 (1949). *17)* Gomori, G., *Proc. Soc. exp. Biol. (N. Y.)*, **68**, 354 (1948).

Angegeben sind die Milliliter der Stammlösungen, die gemäß den Angaben auf S. 277 nötig sind, um eine Lösung mit dem gewünschten pH zu erhalten

pH	1 (23° C)	3 (23° C)	4 (23° C)	5 (18° C)	6 (18° C)	7 (20° C)	8 (23° C)	10 (*)	11 (18° C)	12 (20° C)	13 (21° C)	14/a (21° C)	14/b (21° C)	15 (23° C)	16 (18° C)	18 (20° C)	20 (20° C)	21 (20° C)	22 (25° C)	23 (25° C)	24 (25° C)	25 (23° C)	26 (23° C)	pH
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48,50	—	—	—	—	—	—	—	1,0
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,0	32,25	—	—	—	—	—	—	—	2
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,7	20,75	—	—	—	—	—	—	—	4
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,2	13,15	—	—	—	—	—	—	—	6
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,7	8,40	—	—	—	—	—	—	—	8
2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73,30	—	—	—	—	52,3	5,30	—	—	—	—	—	—	—	2,0
2	—	—	—	—	—	—	—	33,0	—	67,85	98,00	—	—	—	58,3	3,35	46,70	—	—	—	—	—	—	2
4	—	—	—	—	—	—	—	34,6	—	63,85	93,80	—	—	—	64,5	—	39,60	—	—	—	—	—	—	4
6	9,0	160,5	—	—	—	—	—	36,4	—	60,80	89,10	—	—	—	70,2	—	32,95	—	—	—	—	—	—	6
8	12,3	157,5	—	—	—	—	—	38,4	—	58,45	84,15	—	—	—	75,6	—	26,42	—	—	—	—	—	—	8
3,0	16,0	154,0	—	1,4	—	—	—	40,5	—	56,50	79,45	—	—	—	80,8	—	20,32	—	—	—	—	—	—	3,0
2	20,0	150,0	—	3,5	—	—	—	42,8	—	54,95	75,30	8,3	15,7		85,6	—	14,70	—	—	—	—	—	—	2
4	24,0	146,0	—	6,0	—	—	—	46,0	—	53,70	71,50	14,7	22,1	*x* *y*	90,3	—	9,90	—	—	—	—	—	—	4
6	28,0	140,0	—	9,5	—	—	—	48,5	—	52,65	67,80	22,0	27,9	46,3 3,7	94,5	—	5,97	—	—	—	—	—	—	6
8	32,0	133,5	7,5	13,7	—	—	—	52,0	—	51,55	64,50	27,4	33,3	44,0 6,0	—	—	2,63	—	—	—	—	—	—	8
4,0	36,0	125,5	10,0	17,8	—	—	—	55,8	—	50,50	61,45	33,3	37,4	41,0 9,0	—	—	—	0,40	—	—	—	—	—	4,0
2	39,8	117,5	13,3	22,2	—	—	—	61,2	—	49,45	58,60	36,8	40,9	36,8 13,2	—		—	3,70	—	—	—	—	—	2
4	43,3	109,5	16,7	26,2	—	—	—	67,8	—	48,35	55,90	39,8	43,6	30,5 19,5	—	**19**	—	7,50	—	—	0,07	—	—	4
6	46,8	101,5	20,0	30,0	—	—	—	76,6	—	47,26	53,25	41,7	46,2	25,5 24,5	—	(18° C)	—	12,15	—	—	0,54	—	—	6
8	50,0	94,5	23,5	33,5	—	—	—	88,2	—	46,22	50,70	43,9	48,9	20,0 30,0	—		—	17,70	70,0	—	1,20	—	—	8
5,0	52,8	88,0	26,7	36,8	—	—	23,5	—	96,3	45,18	48,50	46,2	52,0	14,8 35,2	—	98,8	—	23,85	111,0	—	2,20	—	—	5,0
2	55,3	82,5	30,3	39,5	—	—	22,5	—	85,0	44,05	46,40	49,0	54,3	10,5 39,5	—	98,0	—	29,95	174,0	—	3,20	—	3,5	2
4	58,0	78,0	34,2	42,1	—	—	21,5	—	76,5	42,94	44,25	52,0	59,2	8,8 41,2	—	96,7	—	35,45	258,0	0,88	4,19	—	5,4	4
6	61,3	75,0	37,5	44,3	—	—	19,6	—	69,3	41,80	42,00	55,8	64,6	4,8 45,2	—	94,8	—	39,85	355,0	2,00	5,38	—	7,8	6
8	—	72,5	40,7	46,0	7,9	—	17,4	—	63,3	40,61	39,55	59,7	69,7	—	—	91,9	—	43,00	466,0	3,53	6,51	—	10,3	8
6,0	**2**	71,0	43,5	—	12,3	—	14,8	—	59,5	39,42	36,85	65,0	74,6	—	—	87,7	—	45,45	581,0	4,93	7,45	—	13,0	6,0
2	(23° C)	69,5	—	—	17,0	—	11,9	—	56,7	38,09	33,90	70,5	79,5	—	—	81,5	—	47,00	690,0	6,15	8,27	—	15,8	2
4		68,5	—	—	23,0	—	9,2	—	54,5	36,74	30,75	75,5	84,2	—	—	73,2	—	—	780,0	7,18	8,99	—	18,5	4
6		66,5	—	—	28,8	—	6,7	—	53,0	35,36	27,25	84,7	88,1	—	—	62,7	—	—	850,0	7,97	9,53	—	21,3	6
8	52,2	64,0	—	—	34,2	—	4,7	—	51,8	33,92	22,75	88,0	91,5	—	—	50,8	—	—	900,0	8,54	9,99	—	22,5	8
7,0	53,6	60,5	—	—	39,0	—	3,2	—	—	32,65	18,15	90,4	93,6	—	—	39,2	—	—	936,0	8,95	10,45	—	24,0	7,0
2	55,4	56,5	—	—	43,4	—	2,1	—	—	31,45	13,05	92,1	95,1	—	—	28,5	—	—	936,0	9,23	10,91	22,1	25,5	2
4	58,1	50,5	—	—	46,4	—	1,4	—	—	30,35	9,15	93,2	96,0	—	—	19,6	—	—	936,0	9,47	11,52	20,7	27,0	4
6	61,5	43,0	—	—	49,2	—	—	—	—	29,43	6,35	94,0	97,0	—	—	13,2	—	—	936,0	9,65	12,31	19,2	29,0	6
8	66,2	34,5	—	—	52,0	2,61	—	—	—	28,68	4,30	—	—	—	**17**	8,6	—	—	936,0	9,83	13,29	16,3	31,8	8
8,0	71,6	26,0	—	—	55,0	3,97	—	—	—	28,02	2,75	—	—	—	(18° C)	5,5	—	—	936,0	10,01	14,45	13,4	34,5	8,0
2	76,9	18,5	—	—	57,6	5,90		—	—	27,45	—	—	—	—		3,3	—	—	936,0	10,27	15,71	11,0	37,5	2
4	82,3	13,0	—	—	62,0	8,50	**9**	—	—	26,90	—	—	—	—	96,5	—	—	—	936,0	10,65	16,97	8,3	40,5	4
6	87,1	9,0	—	—	68,0	12,00	(23° C)	—	—	26,10	—	—	—	—	94,8	—	—	—	936,0	11,13	18,25	6,1	43,3	6
8	90,8	6,0	—	—	75,2	16,30		—	—	24,90	—	—	—	—	92,1	—	—	—	1079,0	11,76	19,50	4,1	—	8
9,0	93,6	4,0	—	—	86,8	21,30	*x* *y*	—	—	23,75	—	—	—	—	88,5	—	—	—	1121,0	12,62	20,64	2,5	—	9,0
2	95,2	2,0	—	—	100,0	26,70	2,0 23,0	—	—	22,38	—	—	—	—	84,2	—	—	—	1179,0	13,62	21,85	—	—	2
4	97,4	1,0	—	—	—	32,00	4,8 20,3	—	—	21,12	—	—	—	—	79,0	—	—	—	1252,0	14,88	23,13	—	—	4
6	98,5	—	—	—	—	36,85	8,0 17,0	—	—	19,94	—	—	—	—	73,2	—	—	—	1346,0	16,42	24,51	—	—	6
8	—	—	—	—	—	40,80	11,0 14,0	—	—	18,81	—	—	—	—	67,7	—	—	—	1456,0	18,65	25,87	—	—	8
10,0	—	—	—	—	—	43,90	13,8 11,3	—	—	17,92	—	—	—	—	63,0	—	—	—	1566,0	—	27,17	—	—	10,0
2	—	—	—	—	—	—	16,5 8,5	—	—	16,97	—	—	—	—	59,0	—	—	—	1666,0	—	28,32	—	—	2
4	—	—	—	—	—	—	19,3 5,8	—	—	16,36	—	—	—	—	56,1	—	—	—	1762,0	—	29,37	—	—	4
6	—	—	—	—	—	—	21,3 3,8	—	—	15,95	—	—	—	—	53,7	—	—	—	1844,0	—	30,42	—	—	6
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,40	—	—	—	—	52,2	—	—	—	1905,0	—	31,53	—	—	8
11,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,52	—	—	—	—	51,0	—	—	—	1952,0	—	—	—	—	11,0
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,20	—	—	—	—	50,3	—	—	—	—	—	—	—	—	2
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,23	—	—	—	—	49,7	—	—	—	—	—	—	—	—	4
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,40	—	—	—	—	48,8	—	—	—	—	—	—	—	—	6
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,70	—	—	—	—	47,8	—	—	—	—	—	—	—	—	8
12,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,40	—	—	—	—	46,2	—	—	—	—	—	—	—	—	12,0
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43,6	—	—	—	—	—	—	—	—	2
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40,0	—	—	—	—	—	—	—	—	4
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,4	—	—	—	—	—	—	—	—	6
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,2	—	—	—	—	—	—	—	—	8
13,0	* pH-Änderung mit Temperatur kann vernachlässigt werden.							—	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	13,0

Farbstoffindikatoren

Nach einer Zusammenstellung der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, St. Gallen (Prof. Dr. A. ENGELER)



* Erhältlich bei J. R. Geigy A.G., Basel 16.

Spezifische Gewichte $\left(\frac{20°}{4°}\text{C}\right)$ von wässerigen Lösungen[1]

Salpetersäure

Spez. Gew.	°Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% HNO_3	n
1,0036	0,5	10,04	1	0,159
1,0091	1,3	20,18	2	0,320
1,0146	2,1	30,44	3	0,483
1,0201	2,9	40,80	4	0,647
1,0256	3,6	51,28	5	0,814
1,0312	4,4	61,87	6	0,982
1,0369	5,2	72,58	7	1,15
1,0427	5,9	83,42	8	1,32
1,0485	6,7	94,37	9	1,50
1,0543	7,5	105,4	10	1,67
1,0602	8,2	116,6	11	1,85
1,0661	9,0	127,9	12	2,03
1,0721	9,8	139,4	13	2,21
1,0781	10,5	150,9	14	2,39
1,0842	11,3	162,6	15	2,58
1,0903	12,0	174,4	16	2,77
1,0964	12,8	186,4	17	2,96
1,1026	13,5	198,5	18	3,15
1,1088	14,2	210,7	19	3,34
1,1150	15,0	223,0	20	3,54
1,1213	15,7	235,5	21	3,74
1,1276	16,4	248,1	22	3,94
1,1340	17,1	260,8	23	4,13
1,1404	17,9	273,7	24	4,34
1,1469	18,6	286,7	25	4,55
1,1534	19,4	299,9	26	4,76
1,1600	20,0	313,2	27	4,97
1,1666	20,7	326,6	28	5,18
1,1733	21,4	340,3	29	5,40
1,1800	22,1	354,0	30	5,62
1,1867	22,8	367,9	31	5,84
1,1934	23,5	381,9	32	6,06
1,2002	24,2	396,1	33	6,29
1,2071	24,9	410,4	34	6,51
1,2140	25,6	424,9	35	6,74
1,2205	26,2	439,4	36	6,97
1,2270	26,8	454,0	37	7,20
1,2335	27,5	468,7	38	7,44
1,2399	28,1	483,6	39	7,67
1,2463	28,7	498,5	40	7,91
1,2527	29,3	513,6	41	8,15
1,2591	29,8	528,8	42	8,39
1,2655	30,4	544,2	43	8,64
1,2719	31,0	559,6	44	8,88
1,2783	31,6	575,2	45	9,13
1,2847	32,1	591,0	46	9,38
1,2911	32,7	606,8	47	9,63
1,2975	33,2	622,8	48	9,88
1,3040	33,8	639,0	49	10,1
1,3100	34,3	655,0	50	10,4
1,3160	34,8	671,2	51	10,7
1,3219	35,3	687,4	52	10,9
1,3278	35,8	703,7	53	11,1
1,3336	36,3	720,1	54	11,4
1,3393	36,7	736,6	55	11,7
1,3449	37,2	753,1	56	12,0
1,3505	37,6	769,8	57	12,2
1,3560	38,1	786,5	58	12,5
1,3614	38,5	803,2	59	12,7
1,3667	38,9	820,0	60	13,0
1,3719	39,3	836,9	61	13,3
1,3769	39,7	853,7	62	13,5
1,3818	40,1	870,5	63	13,8
1,3866	40,4	887,4	64	14,1
1,3913	40,8	904,3	65	14,4
1,3959	41,1	921,3	66	14,6
1,4004	41,5	938,3	67	14,9
1,4048	41,8	955,3	68	15,2
1,4091	42,1	972,3	69	15,4
1,4134	42,4	989,4	70	15,7
1,4176	42,7	1006	71	16,0
1,4218	43,0	1024	72	16,3
1,4258	43,3	1041	73	16,5
1,4298	43,6	1058	74	16,8
1,4337	43,9	1075	75	17,1
1,4375	44,1	1093	76	17,3
1,4413	44,4	1110	77	17,6
1,4450	44,7	1127	78	17,9
1,4486	44,9	1144	79	18,2
1,4521	45,1	1162	80	18,4
1,4555	45,4	1179	81	18,7
1,4589	45,6	1196	82	19,0
1,4622	45,8	1214	83	19,3
1,4655	46,1	1231	84	19,5
1,4686	46,3	1248	85	19,8
1,4716	46,5	1266	86	20,1
1,4745	46,7	1283	87	20,4
1,4773	46,8	1300	88	20,6
1,4800	47,0	1317	89	20,9
1,4826	47,2	1334	90	21,2
1,4850	47,4	1351	91	21,4
1,4873	47,5	1368	92	21,7
1,4892	47,6	1385	93	22,0
1,4912	47,8	1402	94	22,3
1,4932	47,9	1419	95	22,5
1,4952	48,0	1435	96	22,8
1,4974	48,2	1452	97	23,0
1,5008	48,4	1471	98	23,3
1,5056	48,7	1491	99	23,7
1,5129	49,2	1513	100	24,0

Schwefelsäure

Spez. Gew.	°Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% H_2SO_4	n
1,0051	0,7	10,05	1	0,205
1,0118	1,7	20,24	2	0,413
1,0184	2,6	30,55	3	0,623
1,0250	3,5	41,00	4	0,836
1,0317	4,5	51,59	5	1,05
1,0385	5,4	62,31	6	1,27
1,0453	6,3	73,17	7	1,49
1,0522	7,2	84,18	8	1,72
1,0591	8,1	95,32	9	1,94
1,0661	9,0	106,6	10	2,17
1,0731	9,9	118,0	11	2,41
1,0802	10,8	129,6	12	2,64
1,0874	11,7	141,4	13	2,88
1,0947	12,5	153,3	14	3,13
1,1020	13,4	165,3	15	3,37
1,1094	14,3	177,5	16	3,62
1,1168	15,2	189,9	17	3,87
1,1243	16,0	202,4	18	4,13
1,1318	16,9	215,0	19	4,38
1,1394	17,7	227,9	20	4,65
1,1471	18,6	240,9	21	4,91
1,1548	19,4	254,1	22	5,18
1,1626	20,3	267,4	23	5,45
1,1704	21,1	280,9	24	5,73
1,1783	21,9	294,6	25	6,01
1,1862	22,8	308,4	26	6,29
1,1942	23,6	322,4	27	6,57
1,2023	24,4	336,6	28	6,86
1,2104	25,2	351,0	29	7,16
1,2185	26,0	365,6	30	7,46
1,2267	26,8	380,3	31	7,76
1,2349	27,6	395,2	32	8,06
1,2432	28,4	410,3	33	8,37
1,2515	29,1	425,5	34	8,68
1,2599	29,9	441,0	35	8,99
1,2684	30,7	456,6	36	9,31
1,2769	31,4	472,5	37	9,64
1,2855	32,2	488,5	38	9,96
1,2941	33,0	504,7	39	10,3
1,3028	33,7	521,1	40	10,6
1,3116	34,5	537,8	41	11,0
1,3205	35,2	554,6	42	11,3
1,3294	35,9	571,6	43	11,7
1,3384	36,7	588,9	44	12,0
1,3476	37,4	606,4	45	12,4
1,3569	38,1	624,2	46	12,7
1,3663	38,9	642,2	47	13,1
1,3758	39,6	660,4	48	13,5
1,3854	40,3	678,8	49	13,8
1,3951	41,1	697,6	50	14,2
1,4049	41,8	716,5	51	14,6
1,4148	42,5	735,7	52	15,0
1,4248	43,2	755,1	53	15,4
1,4350	44,0	774,9	54	15,8
1,4453	44,7	794,9	55	16,2
1,4557	45,4	815,2	56	16,6
1,4662	46,1	835,7	57	17,0
1,4768	46,8	856,5	58	17,5
1,4875	47,5	877,6	59	17,9
1,4983	48,2	899,0	60	18,3
1,5091	48,9	920,6	61	18,8
1,5200	49,6	942,4	62	19,2
1,5310	50,3	964,5	63	19,7
1,5421	51,0	986,9	64	20,1
1,5533	51,7	1010	65	20,6
1,5646	52,3	1033	66	21,1
1,5760	53,0	1056	67	21,5
1,5874	53,7	1079	68	22,0
1,5989	54,3	1103	69	22,5
1,6105	55,0	1127	70	23,0
1,6221	55,6	1152	71	23,5
1,6338	56,3	1176	72	24,0
1,6456	56,9	1201	73	24,5
1,6574	57,5	1226	74	25,0
1,6692	58,1	1252	75	25,5
1,6810	58,7	1278	76	26,1
1,6927	59,3	1303	77	26,6
1,7043	59,9	1329	78	27,1
1,7158	60,5	1355	79	27,6
1,7272	61,1	1382	80	28,2
1,7383	61,6	1408	81	28,7
1,7491	62,1	1434	82	29,2
1,7594	62,6	1460	83	29,8
1,7693	63,0	1486	84	30,3
1,7786	63,5	1512	85	30,8
1,7872	63,9	1537	86	31,3
1,7951	64,2	1562	87	31,9
1,8022	64,5	1586	88	32,3
1,8087	64,8	1610	89	32,8
1,8144	65,1	1633	90	33,3
1,8195	65,3	1656	91	33,8
1,8240	65,5	1678	92	34,2
1,8279	65,7	1700	93	34,7
1,8312	65,8	1721	94	35,1
1,8337	65,9	1742	95	35,5
1,8355	66,0	1762	96	35,9
1,8364	66,0	1781	97	36,3
1,8361	66,0	1799	98	36,7
1,8342	65,9	1816	99	37,0
1,8305	65,8	1831	100	37,3

1) Nach LANGE, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Spezifische Gewichte $\left(\frac{20°}{4°}\mathrm{C}\right)$ von wässerigen Lösungen[1]

Essigsäure

Spez. Gew.	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm p. Liter	% $C_2H_4O_2$
0,9982	...	....	0
0,9996	...	9,996	1
1,0012	0,2	20,02	2
1,0025	0,4	30,08	3
1,0040	0,6	40,16	4
1,0055	0,8	50,28	5
1,0069	1,0	60,41	6
1,0083	1,2	70,58	7
1,0097	1,4	80,78	8
1,0111	1,6	91,00	9
1,0125	1,8	101,3	10
1,0139	2,0	111,5	11
1,0154	2,2	121,8	12
1,0168	2,4	132,2	13
1,0182	2,6	142,5	14
1,0195	2,8	152,9	15
1,0209	3,0	163,3	16
1,0223	3,2	173,8	17
1,0236	3,3	184,2	18
1,0250	3,5	194,8	19
1,0263	3,7	205,3	20
1,0276	3,9	215,8	21
1,0288	4,1	226,3	22
1,0301	4,2	236,9	23
1,0313	4,4	247,5	24
1,0326	4,6	258,2	25
1,0338	4,7	268,8	26
1,0349	4,9	279,4	27
1,0361	5,1	290,1	28
1,0372	5,2	300,8	29
1,0384	5,4	311,5	30
1,0395	5,5	322,2	31
1,0406	5,7	333,0	32
1,0417	5,8	343,8	33
1,0428	6,0	354,6	34
1,0438	6,1	365,3	35
1,0449	6,2	376,2	36
1,0459	6,4	387,0	37
1,0469	6,5	397,8	38
1,0479	6,6	408,7	39
1,0488	6,8	419,5	40
1,0498	6,9	430,4	41
1,0507	7,0	441,3	42
1,0516	7,1	452,2	43
1,0525	7,2	463,1	44
1,0534	7,4	474,0	45
1,0542	7,5	484,9	46
1,0551	7,6	495,9	47
1,0559	7,7	506,8	48
1,0567	7,8	517,8	49
1,0575	7,9	528,8	50
1,0582	8,0	539,7	51
1,0590	8,1	550,7	52
1,0597	8,2	561,6	53
1,0604	8,3	572,6	54
1,0611	8,4	583,6	55
1,0618	8,4	594,6	56
1,0624	8,5	605,6	57
1,0631	8,6	616,6	58
1,0637	8,7	627,6	59
1,0642	8,8	638,5	60
1,0648	8,8	649,5	61
1,0653	8,9	660,5	62
1,0658	9,0	671,5	63
1,0662	9,0	682,4	64
1,0666	9,1	693,3	65
1,0671	9,1	704,3	66
1,0675	9,2	715,2	67
1,0678	9,2	726,1	68
1,0682	9,3	737,1	69
1,0685	9,3	748,0	70
1,0687	9,3	758,8	71
1,0690	9,4	769,7	72
1,0693	9,4	780,6	73
1,0694	9,4	791,4	74
1,0696	9,4	802,2	75
1,0698	9,5	813,0	76
1,0699	9,5	823,8	77
1,0700	9,5	834,6	78
1,0700	9,5	845,3	79
1,0700	9,5	856,0	80
1,0699	9,5	866,6	81
1,0698	9,5	877,2	82
1,0696	9,4	887,8	83
1,0693	9,4	898,2	84
1,0689	9,4	908,6	85
1,0685	9,3	918,9	86
1,0680	9,2	929,2	87
1,0675	9,2	939,4	88
1,0668	9,1	949,5	89
1,0661	9,0	959,5	90
1,0652	8,9	969,3	91
1,0643	8,8	979,2	92
1,0632	8,6	988,8	93
1,0619	8,5	998,2	94
1,0605	8,3	1007	95
1,0588	8,1	1016	96
1,0570	7,8	1025	97
1,0549	7,6	1034	98
1,0524	7,2	1042	99
1,0498	6,9	1050	100

Salzsäure

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% HCl	n
1,0032	0,5	10,03	1	0,275
1,0082	1,2	20,16	2	0,553
1,0181	2,6	40,72	4	1,12
1,0279	3,9	61,67	6	1,69
1,0376	5,3	83,01	8	2,28
1,0474	6,6	104,7	10	2,87
1,0574	7,9	126,9	12	3,48
1,0675	9,2	149,5	14	4,10
1,0776	10,4	172,4	16	4,73
1,0878	11,7	195,8	18	5,37
1,0980	12,9	219,6	20	6,02
1,1083	14,2	243,8	22	6,69
1,1187	15,4	268,5	24	7,36
1,1290	16,6	293,5	26	8,05
1,1392	17,7	319,0	28	8,75
1,1493	18,8	344,8	30	9,46
1,1593	19,9	371,0	32	10,2
1,1691	21,0	397,5	34	10,9
1,1789	22,0	424,4	36	11,6
1,1885	23,0	451,6	38	12,4
1,1980	24,0	479,2	40	13,1

Phosphorsäure

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% H_3PO_4	Gramm pro Liter	% P_2O_5
1,0038	0,6	10,04	1	7,271	0,7244
1,0092	1,3	20,18	2	14,62	1,449
1,0200	2,8	40,80	4	29,56	2,898
1,0309	4,3	61,85	6	44,81	4,346
1,0420	5,8	83,36	8	60,39	5,795
1,0532	7,3	105,3	10	76,29	7,244
1,0647	8,8	127,8	12	92,55	8,693
1,0764	10,3	150,7	14	109,2	10,14
1,0884	11,8	174,1	16	126,1	11,59
1,1008	13,3	198,1	18	143,5	13,04
1,1134	14,8	222,7	20	161,3	14,49
1,1263	16,3	247,8	22	179,5	15,94
1,1395	17,8	273,5	24	198,1	17,39
1,1529	19,2	299,8	26	217,1	18,83
1,1665	20,7	326,6	28	236,6	20,28
1,1805	22,2	354,2	30	256,5	21,73
1,216	25,8	425,6	35	308,3	25,35
1,254	29,4	501,6	40	363,4	28,98
1,293	32,9	581,9	45	421,5	32,60
1,335	36,4	667,5	50	483,5	36,22
1,379	39,9	758,5	55	549,4	39,84
1,426	43,3	855,6	60	619,8	43,46
1,475	46,7	958,8	65	694,5	47,09
1,526	50,0	1068	70	773,8	50,71
1,579	53,2	1184	75	857,9	54,33
1,633	56,2	1306	80	946,4	57,95
1,689	59,2	1436	85	1040	61,57
1,746	62,0	1571	90	1138	65,20
1,770	63,1	1628	92	1180	66,64
1,794	64,2	1686	94	1222	68,09
1,819	65,3	1746	96	1265	69,54
1,844	66,4	1807	98	1309	70,99
1,870	67,5	1870	100	1355	72,44

Natriumthiosulfat

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% $Na_2S_2O_3$	Gramm pro Liter	% $Na_2S_2O_3+5H_2O$
1,0065	0,9	10,07	1	15,80	1,570
1,0148	2,1	20,30	2	31,86	3,139
1,0315	4,4	41,26	4	64,77	6,279
1,0483	6,7	62,90	6	98,73	9,418
1,0654	8,9	85,23	8	133,8	12,56
1,0827	11,1	108,3	10	170,0	15,70
1,1003	13,2	132,0	12	207,3	18,84
1,1182	15,3	156,5	14	245,7	21,98
1,1365	17,4	181,8	16	285,4	25,12
1,1551	19,5	207,9	18	326,4	28,25
1,1740	21,5	234,8	20	368,6	31,39
1,1932	23,5	262,5	22	412,1	34,53
1,2128	25,4	291,1	24	456,9	37,67
1,2328	27,4	320,5	26	503,1	40,81
1,2532	29,3	350,9	28	550,8	43,95
1,2739	31,2	382,2	30	599,9	47,09
1,3273	35,8	464,6	35	729,2	54,94
1,3827	40,1	553,1	40	868,2	62,79

Eisen(III)chlorid

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% $FeCl_3$
1,007	1,0	10,07	1
1,015	2,1	20,30	2
1,032	4,5	41,28	4
1,049	6,8	62,94	6
1,067	9,1	85,36	8
1,085	11,4	108,5	10
1,104	13,7	132,5	12
1,123	15,9	157,2	14
1,142	18,0	182,7	16
1,162	20,2	209,2	18
1,182	22,3	236,4	20
1,234	27,5	308,5	25
1,291	32,7	387,3	30
1,353	37,8	473,6	35
1,418	42,7	567,2	40
1,485	47,4	668,3	45
1,551	51,5	775,5	50

1) Nach LANGE, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Spezifische Gewichte $\left(\frac{20°}{4°}\,\mathrm{C}\right)$ von wässerigen Lösungen[1]

Bariumchlorid

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% $BaCl_2$	Gramm pro Liter	% $BaCl_2 . 2\,H_2O$
1,0159	2,3	20,32	2	23,83	2,346
1,0341	4,8	41,36	4	48,52	4,692
1,0528	7,3	63,17	6	74,10	7,038
1,0721	9,8	85,77	8	100,6	9,384
1,0921	12,2	109,2	10	128,1	11,73
1,1128	14,7	133,5	12	156,6	14,08
1,1342	17,2	158,8	14	186,3	16,42
1,1564	19,6	185,0	16	217,0	18,77
1,1793	22,0	212,3	18	249,0	21,11
1,2031	24,5	240,6	20	282,2	23,46
1,2277	26,9	270,1	22	316,8	25,81
1,2531	29,3	300,7	24	352,8	28,15
1,2793	31,7	332,6	26	390,2	30,50

Calciumchlorid

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% $CaCl_2$	Gramm pro Liter	% $CaCl_2 . 6\,H_2O$
1,0148	2,1	20,30	2	40,06	3,948
1,0316	4,4	41,26	4	81,46	7,896
1,0486	6,7	62,92	6	124,2	11,84
1,0659	9,0	85,27	8	168,3	15,79
1,0835	11,2	108,4	10	213,9	19,74
1,1015	13,4	132,2	12	260,9	23,69
1,1198	15,5	156,8	14	309,5	27,64
1,1386	17,7	182,2	16	359,6	31,58
1,1578	19,8	208,4	18	411,4	35,53
1,1775	21,9	235,5	20	465,9	39,48
1,2284	27,0	307,1	25	606,2	49,35
1,2816	31,9	384,5	30	759,0	59,22
1,3373	36,6	468,1	35	923,9	69,09
1,3957	41,1	558,3	40	1102,0	78,96

Natriumchlorid

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% NaCl
1,0053	0,8	10,05	1
1,0125	1,8	20,25	2
1,0268	3,8	41,07	4
1,0413	5,8	62,48	6
1,0559	7,7	84,47	8
1,0707	9,6	107,1	10
1,0857	11,5	130,3	12
1,1009	13,3	154,1	14
1,1162	15,1	178,6	16
1,1319	16,9	203,7	18
1,1478	18,7	229,6	20
1,1640	20,4	256,1	22
1,1804	22,2	283,3	24
1,1972	23,9	311,3	26

Natriumsulfat

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% Na_2SO_4	Gramm pro Liter	% $Na_2SO_4 . 10\,H_2O$
1,0073	1,1	10,07	1	22,85	2,268
1,0164	2,3	20,33	2	46,11	4,536
1,0348	4,9	41,39	4	93,88	9,073
1,0535	7,4	63,21	6	143,4	13,61
1,0724	9,8	85,79	8	194,6	18,15
1,0915	12,2	109,2	10	247,6	22,68
1,1109	14,5	133,3	12	302,4	27,22
1,1306	16,8	158,3	14	359,0	31,75
1,1506	19,0	184,1	16	417,6	36,29
1,1709	21,2	210,8	18	478,1	40,83
1,1915	23,3	238,3	20	540,5	45,36
1,2124	25,4	266,7	22	605,0	49,90
1,2336	27,5	296,1	24	671,5	54,44

Umrechnung von Aräometer- (Hydrometer-) Skalen[1]

m = Dichtegrad der Aräometerskalen
ϱ = Dichte
T = Normaltemperatur der Aräometerskalen

Skala	T °C	$\varrho > 1$	$\varrho < 1$
Balling	17,5	$\varrho = \frac{200}{200-m}$	$\varrho = \frac{200}{200+m}$
Baumé (rationell) (in Deutschland gebräuchlich)	15	$\varrho = \frac{144{,}3}{144{,}3-m}$	$\varrho = \frac{144{,}3}{144{,}3+m}$
Baumé (National Bureau of Standards)[2] (in Amerika gebräuchlich)	15,56 (60 °F)	$\varrho = \frac{145}{145-m}$	$\varrho = \frac{140}{130+m}$
Baumé (Holland)	12,5	$\varrho = \frac{144}{144-m}$	$\varrho = \frac{144}{145+m}$
Baumé (Gerlach)	17,5	$\varrho = \frac{146{,}3}{146{,}3-m}$	$\varrho = \frac{146{,}3}{146{,}3+m}$
Beck	12,5	$\varrho = \frac{170}{170-m}$	$\varrho = \frac{170}{170+m}$
Brix	15,625	$\varrho = \frac{400}{400-m}$	$\varrho = \frac{400}{400+m}$
Cartier	12,5	$\varrho = \frac{136{,}8}{126{,}1-m}$	$\varrho = \frac{136{,}8}{126{,}1+m}$
Stoppani	15,625	$\varrho = \frac{166}{166-m}$	$\varrho = \frac{166}{166+m}$
Twaddell[2] (England)	15,56 (60 °F)	$\varrho = 1 + \frac{m}{200}$	nicht gebräuchlich

Dichte größer als 1

Dichte	° Baumé (NBS-Skala)	Twaddell	Dichte	° Baumé (NBS-Skala)	Twaddell	Dichte	° Baumé (NBS-Skala)	Twaddell
1,00	0,00	0	1,35	37,59	70	1,70	59,71	140
1,01	1,44	2	1,36	38,38	72	1,71	60,20	142
1,02	2,84	4	1,37	39,16	74	1,72	60,70	144
1,03	4,22	6	1,38	39,93	76	1,73	61,18	146
1,04	5,58	8	1,39	40,68	78	1,74	61,67	148
1,05	6,91	10	1,40	41,43	80	1,75	62,14	150
1,06	8,21	12	1,41	42,16	82	1,76	62,61	152
1,07	9,49	14	1,42	42,89	84	1,77	63,08	154
1,08	10,74	16	1,43	43,60	86	1,78	63,54	156
1,09	11,97	18	1,44	44,31	88	1,79	63,99	158
1,10	13,18	20	1,45	45,00	90	1,80	64,44	160
1,11	14,37	22	1,46	45,68	92	1,81	64,89	162
1,12	15,54	24	1,47	46,36	94	1,82	65,31	164
1,13	16,68	26	1,48	47,03	96	1,83	65,77	166
1,14	17,81	28	1,49	47,68	98	1,84	66,20	168
1,15	18,91	30	1,50	48,33	100	1,85	66,62	170
1,16	20,00	32	1,51	48,97	102	1,86	67,04	172
1,17	21,07	34	1,52	49,60	104	1,87	67,46	174
1,18	22,12	36	1,53	50,23	106	1,88	67,87	176
1,19	23,15	38	1,54	50,84	108	1,89	68,28	178
1,20	24,17	40	1,55	51,45	110	1,90	68,68	180
1,21	25,16	42	1,56	52,05	112	1,91	69,08	182
1,22	26,15	44	1,57	52,64	114	1,92	69,48	184
1,23	27,11	46	1,58	53,23	116	1,93	69,87	186
1,24	28,06	48	1,59	53,80	118	1,94	70,26	188
1,25	29,00	50	1,60	54,38	120	1,95	70,64	190
1,26	29,92	52	1,61	54,94	122	1,96	71,02	192
1,27	30,83	54	1,62	55,49	124	1,97	71,40	194
1,28	31,72	56	1,63	56,04	126	1,98	71,77	196
1,29	32,60	58	1,64	56,58	128	1,99	72,14	198
1,30	33,46	60	1,65	57,12	130	2,00	72,50	200
1,31	34,31	62	1,66	57,65	132			
1,32	35,15	64	1,67	58,17	134			
1,33	35,98	66	1,68	58,69	136			
1,34	36,79	68	1,69	59,20	138			

1) Nach Lange, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und Hodgman et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958). 2) Siehe nebenstehende Tabelle.

Natriumhydroxyd $\left(\frac{20°}{4°}\text{C}\right)$

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% NaOH
1,0095	1,4	10,10	1
1,0207	2,9	20,41	2
1,0318	4,5	30,95	3
1,0428	6,0	41,71	4
1,0538	7,4	52,69	5
1,0648	8,8	63,89	6
1,0758	10,2	75,31	7
1,0869	11,6	86,95	8
1,0979	12,9	98,81	9
1,1089	14,2	110,9	10
1,1309	16,8	135,7	12
1,1530	19,2	161,4	14
1,1751	21,6	188,0	16
1,1972	23,9	215,5	18
1,2191	26,1	243,8	20
1,2411	28,2	273,0	22
1,2629	30,2	303,1	24
1,2848	32,1	334,0	26
1,3064	34,0	365,8	28
1,3279	35,8	398,4	30
1,3490	37,5	431,7	32
1,3696	39,1	465,7	34
1,3900	40,7	500,4	36
1,4101	42,2	535,8	38
1,4300	43,6	572,0	40
1,4494	45,0	608,7	42
1,4685	46,3	646,1	44
1,4873	47,5	684,2	46
1,5065	48,8	723,1	48
1,5253	49,9	762,7	50

Ammoniak $\left(\frac{20°}{4°}\text{C}\right)$

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% NH_3
0,9939	10,9	9,939	1
0,9895	11,5	19,79	2
0,9811	12,7	39,24	4
0,9730	13,9	58,38	6
0,9651	15,1	77,21	8
0,9575	16,2	95,75	10
0,9501	17,3	114,0	12
0,9430	18,5	132,0	14
0,9362	19,5	149,8	16
0,9295	20,6	167,3	18
0,9229	21,7	184,6	20
0,9164	22,8	201,6	22
0,9101	23,8	218,4	24
0,9040	24,9	235,0	26
0,8980	25,9	251,4	28
0,8920	27,0	267,6	30

Kaliumhydroxyd $\left(\frac{15°}{4°}\text{C}\right)$

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% KOH
1,0083	1,2	10,08	1
1,0175	2,5	20,35	2
1,0267	3,8	30,80	3
1,0359	5,0	41,44	4
1,0452	6,3	52,26	5
1,0544	7,5	63,26	6
1,0637	8,7	74,46	7
1,0730	9,9	85,84	8
1,0824	11,0	97,42	9
1,0918	12,2	109,2	10
1,1013	13,3	121,1	11
1,1108	14,5	133,3	12
1,1203	15,6	145,6	13
1,1299	16,7	158,2	14
1,1396	17,8	170,9	15
1,1493	18,8	183,9	16
1,1590	19,9	197,0	17
1,1688	20,9	210,4	18
1,1786	22,0	223,9	19
1,1884	23,0	237,7	20
1,1984	24,0	251,7	21
1,2083	25,0	265,8	22
1,2184	26,0	280,2	23
1,2285	27,0	294,8	24
1,2387	27,9	309,7	25
1,2489	28,9	324,7	26
1,2592	29,8	340,0	27
1,2695	30,8	355,5	28
1,2800	31,7	371,2	29
1,2905	32,6	387,2	30
1,3010	33,6	403,3	31
1,3117	34,5	419,7	32
1,3224	35,4	436,4	33
1,3331	36,2	453,3	34
1,3440	37,1	470,4	35
1,3549	38,0	487,8	36
1,3659	38,8	505,4	37
1,3769	39,7	523,2	38
1,3879	40,5	541,3	39
1,3991	41,4	559,6	40
1,4103	42,2	578,2	41
1,4215	43,0	597,0	42
1,4329	43,8	616,1	43
1,4443	44,6	635,5	44
1,4558	45,4	655,1	45
1,4673	46,2	675,0	46
1,4790	47,0	695,1	47
1,4907	47,7	715,5	48
1,5025	48,5	736,2	49
1,5143	49,2	757,2	50
1,5262	50,0	778,4	51
1,5382	50,7	799,9	52

Saccharose (Rohrzucker) $\left(\frac{20°}{4°}\text{C}\right)$

Spez. Gewicht	° Baumé (NBS-Skala)	Gramm pro Liter	% $C_{12}H_{22}O_{11}$
0,9982	...	.....	0
1,0021	0,3	10,02	1
1,0060	0,9	20,12	2
1,0099	1,4	30,30	3
1,0139	2,0	40,56	4
1,0179	2,5	50,89	5
1,0219	3,1	61,31	6
1,0259	3,6	71,81	7
1,0299	4,1	82,40	8
1,0340	4,7	93,06	9
1,0381	5,3	103,8	10
1,0423	5,8	114,7	11
1,0465	6,4	125,6	12
1,0507	7,0	136,6	13
1,0549	7,5	147,7	14
1,0592	8,1	158,9	15
1,0635	8,7	170,2	16
1,0678	9,2	181,5	17
1,0721	9,8	193,0	18
1,0765	10,3	204,5	19
1,0810	10,8	216,2	20
1,0854	11,4	227,9	21
1,0899	12,0	239,8	22
1,0944	12,5	251,7	23
1,0990	13,1	263,8	24
1,1036	13,6	275,9	25
1,1082	14,2	288,1	26
1,1128	14,7	300,5	27
1,1175	15,3	312,9	28
1,1222	15,8	325,4	29
1,1270	16,3	338,1	30
1,1318	16,9	350,8	31
1,1366	17,5	363,7	32
1,1415	18,0	376,7	33
1,1463	18,6	389,8	34
1,1513	19,1	402,9	35
1,1562	19,6	416,2	36
1,1612	20,1	429,7	37
1,1663	20,7	443,2	38
1,1713	21,2	456,8	39
1,1764	21,7	470,6	40
1,1816	22,3	484,5	41
1,1868	22,8	498,4	42
1,1920	23,3	512,6	43
1,1972	23,9	526,8	44
1,2025	24,4	541,1	45
1,2079	25,0	555,6	46
1,2132	25,5	570,2	47
1,2186	26,0	584,9	48
1,2241	26,5	599,8	49
1,2296	27,1	614,8	50
1,2351	27,6	629,9	51
1,2406	28,1	645,1	52
1,2462	28,7	660,5	53
1,2519	29,2	676,0	54
1,2575	29,7	691,6	55
1,2632	30,3	707,4	56
1,2690	30,8	723,3	57
1,2748	31,3	739,4	58
1,2806	31,8	755,6	59
1,2865	32,3	771,9	60
1,2924	32,8	788,3	61
1,2983	33,3	804,9	62
1,3043	33,8	821,7	63
1,3103	34,3	838,6	64
1,3163	34,8	855,6	65
1,3224	35,4	872,8	66
1,3286	35,9	890,1	67
1,3347	36,4	907,6	68
1,3409	36,9	925,2	69
1,3472	37,4	943,0	70
1,3535	37,9	961,0	71
1,3598	38,4	979,0	72
1,3661	38,9	997,3	73
1,3725	39,4	1016	74
1,3790	39,9	1034	75
1,3854	40,4	1053	76
1,3920	40,9	1072	77
1,3985	41,4	1091	78
1,4051	41,8	1110	79
1,4117	42,2	1129	80
1,4184	42,7	1149	81
1,4251	43,2	1169	82
1,4318	43,7	1188	83
1,4386	44,2	1208	84
1,4454	44,7	1229	85
1,4522	45,2	1249	86
1,4591	45,6	1269	87
1,4660	46,1	1290	88
1,4730	46,6	1311	89

1) Nach LANGE, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Spezifische Gewichte von wässerigen Lösungen[1]

Glycerin $\left(\frac{20°}{4°}\mathrm{C}\right)$

Spez. Gewicht	°Baumé	Gramm pro Liter	% $C_3H_8O_3$	Spez. Gewicht	°Baumé	Gramm pro Liter	% $C_3H_8O_3$	Spez. Gewicht	°Baumé	Gramm pro Liter	% $C_3H_8O_3$
				1,08600	11,5	380,1	35	1,18125	22,2	826,6	70
1,00060	0,1	10,01	1	1,08865	11,8	391,9	36	1,18395	22,5	840,4	71
1,00300	0,4	20,06	2	1,09135	12,1	403,8	37	1,18670	22,8	854,1	72
1,00540	0,8	30,16	3	1,09400	12,5	415,8	38	1,18940	23,1	868,0	73
1,00780	1,1	40,31	4	1,09665	12,8	427,8	39	1,19215	23,3	881,9	74
1,01015	1,5	50,51	5	1,09930	13,1	439,8	40	1,19485	23,6	895,8	75
1,01255	1,8	60,75	6	1,10200	13,4	451,9	41	1,19760	23,9	909,8	76
1,01495	2,1	71,04	7	1,10470	13,8	464,1	42	1,20030	24,2	923,8	77
1,01730	2,5	81,38	8	1,10740	14,1	476,2	43	1,20305	24,4	938,0	78
1,01970	2,8	91,77	9	1,11010	14,4	488,5	44	1,20575	24,7	952,1	79
1,02210	3,1	102,2	10	1,11280	14,7	500,8	45	1,20850	25,0	966,3	80
1,02455	3,5	112,7	11	1,11550	15,0	513,1	46	1,21115	25,2	980,6	81
1,02705	3,8	123,3	12	1,11820	15,3	525,6	47	1,21380	25,5	994,9	82
1,02955	4,1	133,8	13	1,12090	15,6	538,0	48	1,21650	25,8	1009	83
1,03200	4,5	144,5	14	1,12360	16,0	550,6	49	1,21915	26,0	1024	84
1,03450	4,8	155,2	15	1,12630	16,3	563,2	50	1,22180	26,3	1038	85
1,03695	5,2	165,9	16	1,12905	16,6	575,8	51	1,22445	26,5	1053	86
1,03945	5,5	176,7	17	1,13180	16,9	588,5	52	1,22710	26,8	1067	87
1,04195	5,8	187,6	18	1,13455	17,2	601,2	53	1,22975	27,1	1082	88
1,04440	6,2	198,5	19	1,13730	17,5	614,0	54	1,23245	27,3	1096	89
1,04690	6,5	209,4	20	1,14005	17,8	626,9	55	1,23510	27,6	1111	90
1,04950	6,8	220,4	21	1,14280	18,1	639,8	56	1,23770	27,8	1126	91
1,05205	7,2	231,4	22	1,14555	18,4	652,8	57	1,24035	28,1	1141	92
1,05465	7,5	242,5	23	1,14830	18,7	665,8	58	1,24300	28,3	1156	93
1,05720	7,8	253,7	24	1,15105	19,0	678,9	59	1,24560	28,6	1171	94
1,05980	8,2	264,9	25	1,15380	19,3	692,0	60	1,24825	28,8	1186	95
1,06240	8,5	276,2	26	1,15655	19,6	705,2	61	1,25080	29,1	1201	96
1,06495	8,8	287,5	27	1,15930	19,9	718,4	62	1,25335	29,3	1216	97
1,06755	9,2	298,9	28	1,16205	20,2	731,7	63	1,25590	29,5	1231	98
1,07010	9,5	310,3	29	1,16475	20,5	745,1	64	1,25850	29,8	1246	99
1,07270	9,8	321,8	30	1,16750	20,8	758,6	65	1,26108	30,0	1261	100
1,07535	10,2	333,3	31	1,17025	21,0	772,0	66				
1,07800	10,5	345,0	32	1,17300	21,3	785,5	67				
1,08070	10,8	356,6	33	1,17575	21,6	799,1	68				
1,08335	11,2	368,3	34	1,17850	21,9	812,8	69				

Äthylalkohol $\left(\frac{15{,}56°}{15{,}56°}\mathrm{C}\right)$

Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml	Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml	Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml
1,00000	0,00	0,00	0,00	0,99487	3,50	2,80	2,78	0,99021	7,00	5,61	5,56
0,99984	0,10	0,08	0,08	0,99473	3,60	2,88	2,86	0,99009	7,10	5,69	5,64
0,99968	0,20	0,16	0,16	0,99459	3,70	2,96	2,94	0,98996	7,20	5,77	5,72
0,99953	0,30	0,24	0,24	0,99445	3,80	3,04	3,02	0,98984	7,30	5,86	5,80
0,99937	0,40	0,32	0,32	0,99431	3,90	3,12	3,10	0,98971	7,40	5,94	5,88
0,99923	0,50	0,40	0,40	0,99417	4,00	3,20	3,18	0,98959	7,50	6,02	5,96
0,99907	0,60	0,48	0,48	0,99403	4,10	3,28	3,26	0,98947	7,60	6,10	6,04
0,99892	0,70	0,56	0,56	0,99390	4,20	3,36	3,34	0,98934	7,70	6,18	6,11
0,99877	0,80	0,64	0,64	0,99376	4,30	3,44	3,42	0,98922	7,80	6,26	6,19
0,99861	0,90	0,71	0,71	0,99363	4,40	3,52	3,50	0,98909	7,90	6,34	6,27
0,99849	1,00	0,79	0,79	0,99349	4,50	3,60	3,58	0,98897	8,00	6,42	6,35
0,99834	1,10	0,87	0,87	0,99335	4,60	3,68	3,66	0,98885	8,10	6,50	6,43
0,99819	1,20	0,95	0,95	0,99322	4,70	3,76	3,74	0,98873	8,20	6,58	6,51
0,99805	1,30	1,03	1,03	0,99308	4,80	3,84	3,81	0,98861	8,30	6,67	6,59
0,99790	1,40	1,11	1,11	0,99295	4,90	3,92	3,89	0,98849	8,40	6,75	6,67
0,99775	1,50	1,19	1,19	0,99281	5,00	4,00	3,97	0,98837	8,50	6,83	6,75
0,99760	1,60	1,27	1,27	0,99268	5,10	4,08	4,05	0,98825	8,60	6,91	6,83
0,99745	1,70	1,35	1,35	0,99255	5,20	4,16	4,13	0,98813	8,70	6,99	6,91
0,99731	1,80	1,43	1,43	0,99241	5,30	4,24	4,21	0,98801	8,80	7,07	6,99
0,99716	1,90	1,51	1,51	0,99228	5,40	4,32	4,29	0,98789	8,90	7,15	7,07
0,99701	2,00	1,59	1,59	0,99215	5,50	4,40	4,37	0,98777	9,00	7,23	7,14
0,99687	2,10	1,67	1,66	0,99202	5,60	4,48	4,44	0,98765	9,10	7,31	7,22
0,99672	2,20	1,75	1,74	0,99189	5,70	4,56	4,52	0,98754	9,20	7,39	7,30
0,99658	2,30	1,83	1,82	0,99175	5,80	4,64	4,60	0,98742	9,30	7,48	7,38
0,99643	2,40	1,91	1,90	0,99162	5,90	4,72	4,68	0,98730	9,40	7,56	7,46
0,99629	2,50	1,99	1,98	0,99149	6,00	4,80	4,76	0,98719	9,50	7,64	7,54
0,99615	2,60	2,07	2,06	0,99136	6,10	4,88	4,84	0,98707	9,60	7,72	7,62
0,99600	2,70	2,15	2,14	0,99123	6,20	4,96	4,92	0,98695	9,70	7,80	7,70
0,99586	2,80	2,23	2,22	0,99111	6,30	5,05	5,00	0,98683	9,80	7,88	7,78
0,99571	2,90	2,31	2,30	0,99098	6,40	5,13	5,08	0,98672	9,90	7,96	7,85
0,99557	3,00	2,39	2,38	0,99085	6,50	5,21	5,16	0,98660	10,00	8,04	7,93
0,99543	3,10	2,47	2,46	0,99072	6,60	5,29	5,24	0,98649	10,10	8,12	8,01
0,99529	3,20	2,55	2,54	0,99059	6,70	5,37	5,32	0,98637	10,20	8,20	8,09
0,99515	3,30	2,64	2,62	0,99047	6,80	5,45	5,40	0,98626	10,30	8,29	8,17
0,99501	3,40	2,72	2,70	0,99034	6,90	5,53	5,48	0,98614	10,40	8,37	8,25

1) Nach LANGE, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Äthylalkohol $\left(\frac{15{,}56°}{15{,}56°}\mathrm{C}\right)$ (Fortsetzung)

Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml	Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml	Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml
0,98603	10,50	8,45	8,33	0,97808	18,00	14,60	14,28	0,97044	25,50	20,85	20,24
0,98592	10,60	8,53	8,41	0,97798	18,10	14,68	14,36	0,97033	25,60	20,93	20,32
0,98580	10,70	8,61	8,49	0,97788	18,20	14,77	14,44	0,97023	25,70	21,02	20,40
0,98569	10,80	8,70	8,57	0,97778	18,30	14,85	14,52	0,97012	25,80	21,10	20,47
0,98557	10,90	8,78	8,65	0,97768	18,40	14,94	14,60	0,97001	25,90	21,19	20,55
0,98546	11,00	8,86	8,73	0,97758	18,50	15,02	14,68	0,96991	26,00	21,27	20,63
0,98535	11,10	8,94	8,81	0,97748	18,60	15,10	14,76	0,96980	26,10	21,35	20,71
0,98524	11,20	9,02	8,89	0,97738	18,70	15,18	14,84	0,96969	26,20	21,44	20,79
0,98513	11,30	9,11	8,97	0,97728	18,80	15,27	14,92	0,96959	26,30	21,52	20,87
0,98502	11,40	9,19	9,05	0,97718	18,90	15,38	15,00	0,96949	26,40	21,61	20,95
0,98491	11,50	9,27	9,13	0,97708	19,00	15,43	15,08	0,96937	26,50	21,69	21,03
0,98479	11,60	9,35	9,21	0,97698	19,10	15,51	15,15	0,96926	26,60	21,77	21,11
0,98468	11,70	9,43	9,29	0,97688	19,20	15,59	15,23	0,96915	26,70	21,86	21,19
0,98457	11,80	9,51	9,36	0,97678	19,30	15,68	15,31	0,96905	26,80	21,94	21,27
0,98446	11,90	9,59	9,44	0,97668	19,40	15,76	15,39	0,96894	26,90	22,03	21,35
0,98435	12,00	9,67	9,52	0,97658	19,50	15,84	15,47	0,96883	27,00	22,11	21,43
0,98424	12,10	9,75	9,60	0,97648	19,60	15,93	15,55	0,96872	27,10	22,20	21,51
0,98413	12,20	9,83	9,68	0,97638	19,70	16,01	15,63	0,96861	27,20	22,28	21,59
0,98402	12,30	9,92	9,76	0,97628	19,80	16,09	15,71	0,96850	27,30	22,37	21,67
0,98391	12,40	10,00	9,84	0,97618	19,90	16,18	15,79	0,96839	27,40	22,45	21,75
0,98381	12,50	10,08	9,92	0,97608	20,00	16,26	15,87	0,96828	27,50	22,54	21,83
0,98370	12,60	10,16	10,00	0,97598	20,10	16,34	15,95	0,96816	27,60	22,62	21,90
0,98359	12,70	10,24	10,07	0,97588	20,20	16,42	16,03	0,96805	27,70	22,71	21,98
0,98348	12,80	10,33	10,15	0,97578	20,30	16,51	16,10	0,96794	27,80	22,79	22,06
0,98337	12,90	10,41	10,23	0,97568	20,40	16,59	16,18	0,96783	27,90	22,88	22,14
0,98326	13,00	10,49	10,31	0,97558	20,50	16,67	16,26	0,96772	28,00	22,96	22,22
0,98315	13,10	10,57	10,39	0,97547	20,60	16,75	16,34	0,96761	28,10	23,04	22,30
0,98305	13,20	10,65	10,47	0,97537	20,70	16,84	16,42	0,96749	28,20	23,13	22,38
0,98294	13,30	10,74	10,55	0,97527	20,80	16,92	16,50	0,96738	28,30	23,21	22,45
0,98283	13,40	10,82	10,63	0,97517	20,90	17,01	16,58	0,96726	28,40	23,30	22,53
0,98273	13,50	10,90	10,71	0,97507	21,00	17,09	16,66	0,96715	28,50	23,38	22,61
0,98262	13,60	10,98	10,79	0,97497	21,10	17,17	16,74	0,96704	28,60	23,47	22,69
0,98251	13,70	11,06	10,87	0,97487	21,20	17,26	16,82	0,96692	28,70	23,55	22,77
0,98240	13,80	11,15	10,95	0,97477	21,30	17,34	16,90	0,96681	28,80	23,64	22,85
0,98230	13,90	11,23	11,03	0,97467	21,40	17,43	16,98	0,96669	28,90	23,72	22,93
0,98219	14,00	11,31	11,11	0,97457	21,50	17,51	17,06	0,96658	29,00	23,81	23,01
0,98209	14,10	11,39	11,19	0,97446	21,60	17,59	17,14	0,96646	29,10	23,89	23,09
0,98198	14,20	11,47	11,27	0,97436	21,70	17,67	17,22	0,96635	29,20	23,98	23,17
0,98188	14,30	11,56	11,35	0,97426	21,80	17,76	17,30	0,96623	29,30	24,06	23,25
0,98177	14,40	11,64	11,43	0,97416	21,90	17,84	17,38	0,96611	29,40	24,15	23,33
0,98167	14,50	11,72	11,51	0,97406	22,00	17,92	17,46	0,96600	29,50	24,23	23,41
0,98156	14,60	11,80	11,59	0,97396	22,10	18,00	17,54	0,96587	29,60	24,32	23,49
0,98146	14,70	11,88	11,67	0,97386	22,20	18,09	17,62	0,96576	29,70	24,40	23,57
0,98135	14,80	11,97	11,75	0,97375	22,30	18,17	17,70	0,96564	29,80	24,49	23,65
0,98125	14,90	12,05	11,82	0,97365	22,40	18,26	17,78	0,96553	29,90	24,57	23,73
0,98114	15,00	12,13	11,90	0,97355	22,50	18,34	17,86	0,96541	30,00	24,66	23,81
0,98104	15,10	12,21	11,98	0,97345	22,60	18,42	17,94	0,96529	30,10	24,74	23,89
0,98093	15,20	12,29	12,06	0,97335	22,70	18,51	18,02	0,96517	30,20	24,83	23,97
0,98083	15,30	12,38	12,14	0,97324	22,80	18,59	18,10	0,96505	30,30	24,91	24,04
0,98073	15,40	12,46	12,22	0,97314	22,90	18,68	18,18	0,96493	30,40	25,00	24,12
0,98063	15,50	12,54	12,30	0,97304	23,00	18,76	18,26	0,96481	30,50	25,08	24,20
0,98052	15,60	12,62	12,37	0,97294	23,10	18,84	18,33	0,96469	30,60	25,17	24,28
0,98042	15,70	12,70	12,45	0,97283	23,20	18,92	18,41	0,96457	30,70	25,25	24,36
0,98032	15,80	12,79	12,53	0,97273	23,30	19,01	18,49	0,96445	30,80	25,34	24,44
0,98021	15,90	12,87	12,61	0,97263	23,40	19,09	18,57	0,96433	30,90	25,42	24,52
0,98011	16,00	12,95	12,69	0,97253	23,50	19,17	18,65	0,96421	31,00	25,51	24,60
0,98001	16,10	13,03	12,77	0,97242	23,60	19,25	18,73	0,96409	31,10	25,60	24,68
0,97991	16,20	13,12	12,85	0,97232	23,70	19,34	18,81	0,96396	31,20	25,68	24,76
0,97980	16,30	13,20	12,93	0,97222	23,80	19,42	18,88	0,96384	31,30	25,77	24,84
0,97970	16,40	13,29	13,01	0,97211	23,90	19,51	18,96	0,96372	31,40	25,85	24,92
0,97960	16,50	13,37	13,09	0,97201	24,00	19,59	19,04	0,96360	31,50	25,94	25,00
0,97950	16,60	13,45	13,17	0,97191	24,10	19,67	19,12	0,96347	31,60	26,03	25,08
0,97940	16,70	13,53	13,25	0,97180	24,20	19,76	19,20	0,96335	31,70	26,11	25,16
0,97929	16,80	13,62	13,33	0,97170	24,30	19,84	19,28	0,96323	31,80	26,20	25,24
0,97917	16,90	13,70	13,41	0,97159	24,40	19,93	19,36	0,96310	31,90	26,28	25,32
0,97909	17,00	13,78	13,49	0,97149	24,50	20,01	19,44	0,96298	32,00	26,37	25,40
0,97899	17,10	13,86	13,57	0,97139	24,60	20,09	19,52	0,96285	32,10	26,46	25,48
0,97889	17,20	13,94	13,65	0,97128	24,70	20,18	19,60	0,96273	32,20	26,54	25,56
0,97879	17,30	14,03	13,73	0,97118	24,80	20,26	19,68	0,96260	32,30	26,63	25,64
0,97869	17,40	14,11	13,81	0,97107	24,90	20,35	19,76	0,96248	32,40	26,71	25,71
0,97859	17,50	14,19	13,89	0,97097	25,00	20,43	19,84	0,96235	32,50	26,80	25,79
0,97848	17,60	14,27	13,96	0,97086	25,10	20,51	19,92	0,96222	32,60	26,89	25,87
0,97838	17,70	14,35	14,04	0,97076	25,20	20,60	20,00	0,96210	32,70	26,97	25,95
0,97828	17,80	14,44	14,12	0,97065	25,30	20,68	20,08	0,96197	32,80	27,06	26,03
0,97818	17,90	14,52	14,20	0,97055	25,40	20,77	20,16	0,96185	32,90	27,14	26,11

1) Nach LANGE, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Äthylalkohol $\left(\frac{15{,}56°}{15{,}56°}\mathrm{C}\right)$ (Schluß)

Spez. Gewicht	Vol.%	Gew.%	Gramm pro 100 ml
0,96172	33,00	27,23	26,19
0,96159	33,10	27,32	26,27
0,96146	33,20	27,40	26,35
0,96133	33,30	27,49	26,43
0,96120	33,40	27,57	26,51
0,96108	33,50	27,66	26,59
0,96095	33,60	27,75	26,67
0,96082	33,70	27,83	26,75
0,96069	33,80	27,92	26,82
0,96056	33,90	28,00	26,90
0,96043	34,00	28,09	26,98
0,96030	34,10	28,18	27,06
0,96016	34,20	28,26	27,14
0,96003	34,30	28,35	27,22
0,95990	34,40	28,43	27,30
0,95977	34,50	28,52	27,38
0,95963	34,60	28,61	27,46
0,95950	34,70	28,70	27,54
0,95937	34,80	28,78	27,62
0,95923	34,90	28,87	27,70
0,95910	35,00	28,96	27,78
0,95896	35,10	29,05	27,86
0,95883	35,20	29,13	27,94
0,95869	35,30	29,22	28,02
0,95855	35,40	29,30	28,09
0,95842	35,50	29,38	28,17
0,95828	35,60	29,48	28,25
0,95814	35,70	29,57	28,33
0,95800	35,80	29,65	28,41
0,95787	35,90	29,74	28,49
0,95773	36,00	29,83	28,57
0,95759	36,10	29,92	28,65
0,95745	36,20	30,00	28,73
0,95731	36,30	30,09	28,81
0,95717	36,40	30,17	28,88
0,95703	36,50	30,26	28,96
0,95688	36,60	30,35	29,04
0,95674	36,70	30,44	29,12
0,95660	36,80	30,52	29,20
0,95646	36,90	30,61	29,29
0,95632	37,00	30,70	29,36
0,95618	37,10	30,79	29,44
0,95603	37,20	30,88	29,52
0,95589	37,30	30,96	29,60
0,95574	37,40	31,05	29,68
0,95560	37,50	31,14	29,76
0,95545	37,60	31,23	29,84
0,95531	37,70	31,32	29,92
0,95516	37,80	31,40	30,00
0,95502	37,90	31,49	30,08
0,95487	38,00	31,58	30,16
0,95472	38,10	31,67	30,24
0,95457	38,20	31,76	30,32
0,95442	38,30	31,85	30,40
0,95427	38,40	31,94	30,48
0,95413	38,50	32,03	30,56
0,95398	38,60	32,12	30,64
0,95383	38,70	32,20	30,72
0,95368	38,80	32,29	30,79
0,95353	38,90	32,37	30,87
0,95338	39,00	32,46	30,95
0,95323	39,10	32,55	31,03
0,95307	39,20	32,64	31,11
0,95292	39,30	32,72	31,18
0,95277	39,40	32,81	31,26
0,95262	39,50	32,90	31,34
0,95246	39,60	32,99	31,42
0,95231	39,70	33,08	31,50
0,95216	39,80	33,17	31,58
0,95200	39,90	33,27	31,66
0,95185	40,00	33,35	31,74
0,95169	40,10	33,44	31,82
0,95154	40,20	33,53	31,90
0,95138	40,30	33,61	31,98
0,95122	40,40	33,70	32,06
0,95107	40,50	33,79	32,14
0,95091	40,60	33,88	32,22
0,95075	40,70	33,97	32,30
0,95059	40,80	34,06	32,38
0,95044	40,90	34,15	32,46
0,95028	41,00	34,24	32,54
0,95012	41,10	34,33	32,62
0,94996	41,20	34,42	32,70
0,94980	41,30	34,50	32,78
0,94964	41,40	34,59	32,86
0,94948	41,50	34,68	32,93
0,94932	41,60	34,77	33,01
0,94916	41,70	34,86	33,09
0,94900	41,80	34,95	33,17
0,94884	41,90	35,04	33,25
0,94868	42,00	35,13	33,33
0,94852	42,10	35,22	33,41
0,94835	42,20	35,31	33,49
0,94810	42,30	35,40	33,57
0,94802	42,40	35,49	33,65
0,94786	42,50	35,58	33,73
0,94770	42,60	35,67	33,81
0,94753	42,70	35,76	33,89
0,94737	42,80	35,85	33,97
0,94720	42,90	35,94	34,04
0,94704	43,00	36,03	34,12
0,94687	43,10	36,12	34,20
0,94670	43,20	36,21	34,28
0,94654	43,30	36,30	34,36
0,94637	43,40	36,39	34,44
0,94620	43,50	36,48	34,52
0,94603	43,60	36,57	34,60
0,94586	43,70	36,66	34,68
0,94570	43,80	36,75	34,76
0,94553	43,90	36,84	34,84
0,94536	44,00	36,93	34,91
0,94519	44,10	37,02	34,99
0,94502	44,20	37,11	35,07
0,94484	44,30	37,21	35,15
0,94467	44,40	37,30	35,23
0,94450	44,50	37,39	35,31
0,94433	44,60	37,48	35,39
0,94416	44,70	37,57	35,47
0,94398	44,80	37,66	35,55
0,94381	44,90	37,76	35,63
0,94364	45,00	37,84	35,71
0,94346	45,10	37,93	35,79
0,94329	45,20	38,02	35,87
0,94311	45,30	38,12	35,95
0,94294	45,40	38,21	36,03
0,94276	45,50	38,30	36,11
0,94258	45,60	38,39	36,19
0,94241	45,70	38,48	36,26
0,94223	45,80	38,57	36,34
0,94206	45,90	38,66	36,42
0,94188	46,00	38,75	36,50
0,94170	46,10	38,84	36,58
0,94152	46,20	38,93	36,66
0,94134	46,30	39,03	36,74
0,94116	46,40	39,12	36,82
0,94098	46,50	39,21	36,90
0,94080	46,60	39,30	36,98
0,94062	46,70	39,39	37,06
0,94044	46,80	39,49	37,13
0,94026	46,90	39,58	37,21
0,94008	47,00	39,67	37,29
0,93990	47,10	39,76	37,37
0,93971	47,20	39,85	37,45
0,93953	47,30	39,95	37,53
0,93934	47,40	40,04	37,61
0,93916	47,50	40,13	37,69
0,93898	47,60	40,22	37,77
0,93879	47,70	40,32	37,85
0,93861	47,80	40,41	37,93
0,93842	47,90	40,51	38,01
0,93824	48,00	40,60	38,09
0,93805	48,10	40,69	38,17
0,93786	48,20	40,78	38,25
0,93768	48,30	40,88	38,33
0,93749	48,40	40,97	38,41
0,93730	48,50	41,06	38,49
0,93711	48,60	41,15	38,57
0,93692	48,70	41,24	38,65
0,93679	48,80	41,34	38,72
0,93655	48,90	41,43	38,80
0,93636	49,00	41,52	38,88
0,93617	49,10	41,61	38,96
0,93598	49,20	41,71	39,04
0,93578	49,30	41,80	39,12
0,93559	49,40	41,90	39,20
0,93540	49,50	41,99	39,28
0,93521	49,60	42,08	39,36
0,93502	49,70	42,18	39,44
0,93482	49,80	42,27	39,52
0,93463	49,90	42,37	39,60
0,9344	50,00	42,47	39,69
0,9325	51,00	43,41	40,48
0,9305	52,00	44,35	41,27
0,9285	53,00	45,31	42,07
0,9264	54,00	46,27	42,86
0,9244	55,00	47,23	43,66
0,9222	56,00	48,20	44,45
0,9201	57,00	49,18	45,23
0,9180	58,00	50,16	46,04
0,9158	59,00	51,15	46,83
0,9136	60,00	52,16	47,63
0,9113	61,00	53,15	48,41
0,9091	62,00	54,16	49,21
0,9068	63,00	55,16	50,00
0,9044	64,00	56,18	50,80
0,9021	65,00	57,21	51,59
0,8997	66,00	58,24	52,39
0,8974	67,00	59,28	53,19
0,8949	68,00	60,33	53,98
0,8925	69,00	61,39	54,77
0,8900	70,00	62,45	55,56
0,8876	71,00	63,51	56,36
0,8850	72,00	64,59	57,16
0,8825	73,00	65,67	57,95
0,8799	74,00	66,76	58,74
0,8773	75,00	67,84	59,53
0,8747	76,00	68,99	60,33
0,8721	77,00	70,10	61,12
0,8694	78,00	71,25	61,91
0,8667	79,00	72,38	62,71
0,8639	80,00	73,54	63,51
0,8611	81,00	74,68	64,30
0,8583	82,00	75,82	65,09
0,8554	83,00	77,00	65,89
0,8525	84,00	78,18	66,68
0,8496	85,00	79,40	67,47
0,8465	86,00	80,62	68,27
0,8435	87,00	81,85	69,06
0,8404	88,00	83,11	69,86
0,8372	89,00	84,38	70,65
0,8339	90,00	85,66	71,44
0,8306	91,00	86,97	72,23
0,8272	92,00	88,29	73,03
0,8236	93,00	89,61	73,82
0,8199	94,00	91,00	74,62
0,8161	95,00	92,41	75,41
0,8121	96,00	93,82	76,21
0,8079	97,00	95,29	77,01
0,8035	98,00	96,78	77,79
0,7989	99,00	98,37	78,59
0,7939	100,00	100,00	79,39

1) Nach LANGE, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, Sandusky (1956); und HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958).

Bei den höher entwickelten Organismen sind alle Lebensabläufe an das interne wässerige Milieu gebunden, dessen chemische und physikalische Eigenschaften mit höchster Präzision konstant gehalten werden. Die Kenntnis einiger Eigenschaften wässeriger Lösungen ist deshalb für den Mediziner zum Verständnis des Wasser- und Elektrolythaushaltes und zu dessen klinischer Beeinflussung unter pathologischen Umständen unentbehrlich.

Die physikalische Chemie hat heute einen hohen Stand erreicht, aber gerade auf dem Gebiete der wässerigen Lösungen bestehen noch erhebliche Lücken. Lösungen mit einer molaren Konzentration bis zu etwa 0,01 mol/kg Wasser lassen sich heute mit großer Genauigkeit berechnen. Bei höheren Konzentrationen ist die Zuziehung empirischer Korrekturfaktoren notwendig, um die auf Grund der Theorie durchgeführten Berechnungen auf die Realität abzustimmen. Für die Praxis in Biologie und Medizin ist das aber unerheblich, da die von der Theorie zur Verfügung gestellten Näherungsformeln für die meisten praktischen Belange durchaus genügen.

Die folgenden Ausführungen sind vor allem als Ergänzung zu den Tafeln auf S. 290–299 sowie zum Abschnitt «Wasser- und Elektrolythaushalt» gedacht.

Definition des Moleküls

Eine zentrale Stellung bei der Behandlung der Eigenschaften wässeriger Lösungen kommt dem Begriff des Moleküls und den damit zusammenhängenden chemischen Maßeinheiten zu.

Unter einem Molekül (vom lateinischen *molecula*, kleine Masse) ist der kleinste Teil einer chemisch homogenen Substanz zu verstehen, der noch alle Eigenschaften der Substanz besitzt und in freiem Zustande in der ins Auge gefaßten Phase (Gas, fest, flüssig, in Lösung) existieren kann. Diese Definition ist scharf von jener des Atoms zu unterscheiden, das den kleinsten Teil eines Elementes darstellt, der mit einem anderen Element in Verbindung treten kann.

Der Begriff Molekül umfaßt somit auch Atome einzelner Elemente, nämlich jene, die in freiem Zustande existieren können, zum Beispiel von Edelgasen, aber auch anderer Elemente (wie ein Element sich in freiem Zustande präsentiert, vgl. S. 209–228). Auch die Ionen eines gelösten Salzes, ob ein- oder mehratomig, sind als Moleküle aufzufassen, da sie in dieser Phase weitgehend für sich selbst bestehen. Man kann demnach im korrektesten Sinne von ein- und mehratomigen Molekülen und von molekularen und nichtmolekularen Atomen sprechen.

Maßeinheiten

Das Mol. Die Maßeinheit für Moleküle ist das Mol (internationales Symbol: mol). Es ist definiert als die *Masse* von $6{,}023 \times 10^{23}$ Molekülen*, wird vielfach aber auch in der Definition einer Mengeneinheit verwendet. In diesem Falle ist es die *Anzahl* von $6{,}023 \times 10^{23}$ Molekülen. Die Tendenz in der physikalischen Chemie geht heute dahin, das Mol wie in der Physik als Masseneinheit zu gebrauchen, die Mengeneinheit stellt in diesem Falle die *Molzahl* N dar, zum Beispiel 1 mol, 2 mol, 3 mol, $N = 1, 2, 3$ usw.

Die Verbindung zwischen der individuellen** chemischen Masseneinheit Mol und der allgemeinen physikalischen Masseneinheit Gramm bildet das Molekulargewicht bzw. bei einatomigen Molekülen das Atomgewicht:

$$1\ \text{mol} = \frac{\text{Molekulargewicht}}{(\text{Atomgewicht})} \times \text{Gramm} \qquad (1)$$

Die Molekulargewichte werden auf Grund der Bruttoformel durch Addition der Atomgewichte erhalten (Atomgewichte siehe S. 209–228). Molekulargewichte einiger medizinisch wichtiger Substanzen siehe S. 274 und 292.

Das Grammatom. Für Atome und einatomige Ionen in der obigen Molekulardefinition steht neben dem Mol auch das Grammatom (Symbol: g-atom) im Gebrauch. Es ist identisch mit dem Mol, aber nur für einatomige Moleküle verwendbar. Da in physiologischen Lösungen in der Regel ein- und mehratomige Moleküle nebeneinander vorkommen, ist die einheitliche Verwendung des Mols vorzuziehen.

Das Osmol. Beim Osmol (Symbol: osm) handelt es sich um eine in der biologisch-medizinischen Literatur häufig verwendete, in der physikalischen Chemie hingegen unbekannte und international nicht anerkannte Einheit, weil es sich zwanglos durch das Mol ersetzen läßt. Es stellt die Masse von $6{,}023 \times 10^{23}$ osmotisch wirksamen Molekülen einer Substanz in wässeriger Lösung dar, ist also nichts anderes als ein auf die Lösungsphase bezogenes Mol. Es unterscheidet sich vom Mol nur dann, wenn es auf die undissoziierte Substanz bezogen wird. Da der Dissoziationsgrad, von vielen Faktoren abhängig, keine Konstante darstellt, ist man gezwungen, das auf die undissoziierte Substanz bezogene Osmol unter der Annahme einer vollständigen Dissoziation zu definieren. In dieser Definition ist

$$1\ \text{osm}_{(\text{undiss. Substanz})} = 1\ \text{mol}_{(\text{undiss. Substanz})} / \nu \qquad (2)$$

wobei ν die Anzahl der Ionen darstellt, in die ein Molekül der undissoziierten Substanz bei vollständiger Dissoziation zerfällt.

Da die Dissoziation nie vollständig ist (scheinbar oder tatsächlich), wird die osmolare Konzentration einer Lösung der rechten Seite der Gleichung (**2**) nie ganz entsprechen. Das auf undissoziierte Substanzen bezogene Osmol eignet sich deshalb nur für überschlägige Rechnungen, während die osmolare Konzentration einer Lösung ebensogut durch das Mol ausgedrückt werden kann.

Das Grammäquivalent. Stellt das Mol die Masse von $6{,}023 \times 10^{23}$ Molekülen dar, so verkörpert das Grammäquivalent (internationales Symbol: val)*** eine molekulare Ionenmasse mit gesamthaft $6{,}023 \times 10^{23}$ **Valenzen.** Die Definition ist (vgl. auch S. 203):

$$1\ \text{val} = 1\ \text{mol/Wertigkeit} = \frac{\text{Molekulargewicht}}{(\text{Atomgewicht})} \times \text{Gramm/Wertigkeit} \qquad (3)$$

Da bei verschiedenwertigen Ionen je nach der Reaktion, an der sie teilnehmen, die Wertigkeit wechseln kann, differiert bei solchen Ionen auch das Grammäquivalent je nach Reaktion. Wo Zweifel entstehen könnten, ist deshalb in solchen Fällen auch die Reaktion zu nennen, für die das Grammäquivalent berechnet wurde. Bei Substanzen, die in verschiedenen Stufen dissoziieren, wird man gezwungen, den Äquivalentberechnungen eine «Durchschnittswertigkeit» zu unterlegen (vgl. zum Beispiel Phosphor und Serumproteine, S. 294, rechte Spalte).

Das Grammäquivalent ist überall dort unentbehrlich, wo Säure-Basen-Verhältnisse untersucht werden müssen.

Konzentrationsmaße (Bezugsmaße)

Normalität. Mit Normalität (Symbol: n) wird die Konzentration Grammäquivalent je Liter *Lösung* bezeichnet:

$$\text{Normalität} = \text{n} = N \frac{1000}{V} \qquad (4)$$

N = val-Zahl, zum Beispiel 1 val, 2 val, 3 val, $N = 1, 2, 3$ usw.
V = Volumen der Lösung in Milliliter

Auch die Normalität kann je nach der Reaktion bei einzelnen Ionenarten wechseln (vgl. Grammäquivalent). Eine Anzahl 0,1 n-Normallösungen zu titrimetrischen Zwecken ist auf S. 276 zusammengestellt.

Molarität, Molalität. Mit Molarität bzw. Molalität wird die Konzentration Mol je Liter Lösung bzw. Mol je Kilogramm Wasser bezeichnet:

$$\text{Molarität (je Volumeneinheit)}\ c = N \frac{1000}{V} \qquad (5)$$

$$\text{Molalität (je Gewichtseinheit)}\ m = N \frac{1000}{N_0 M_0} \qquad (6)$$

* $6{,}023 \times 10^{23}$ ist die Loschmidtsche Zahl des deutschen, die Avogadrosche Zahl der anderen Sprachgebiete. Sie differiert ein wenig, je nachdem das Mol in der chemischen oder in der physikalischen Atomgewichtsskala gemessen wird (vgl. S. 203 und 206).
** «Individuell», weil die Masse eines Mols, die von Substanz zu Substanz wechselt, «individuell» ist.
*** In den angelsächsischen Ländern verwendet man als Abkürzung die Anfangsbuchstaben von «Equivalent»: Eq, equ. oder equiv.

wobei N = Molzahl der gelösten (undissoziierten) Substanz (an Stelle von N ist bei Mischlösungen $\Sigma N = N_1 + N_2 + N_3 + \cdots$ einzusetzen; m und c sind dann mit Σm und Σc zu bezeichnen), V = Volumen der Lösung in Milliliter, N_0 und M_0 = Molzahl und Molekulargewicht des Wassers ($N_0 M_0$ = Gewicht des Wassers).

Für stark verdünnte Lösungen können Molarität und Molalität einander gleichgesetzt werden, bei höheren Konzentrationen differieren sie um so mehr, je größer das spezifische Volumen der gelösten Substanz(en) ist. Molarität und Molalität des Serums können deshalb nicht miteinander verglichen werden (großes spezifisches Volumen der Proteine) bzw. die üblichen Konzentrationsangaben, wie mg/100 ml Serum usw., müssen zur Errechnung der Molalität irgendeines Serumbestandteiles auf die Konzentration dieses Stoffes in Serumwasser umgerechnet werden.

Diese Umrechnung kann auf Grund des spezifischen Gewichtes oder des Proteingehaltes des Serums vorgenommen werden. Genauer ist die Umrechnung auf Grund des spezifischen Gewichtes. Die entsprechenden Faktoren findet man im Kapitel «Synopsis des Blutes – Spezifisches Gewicht». Auf Grund des Proteingehaltes erfolgt die Umrechnung nach folgender Formel[1]:

$$\text{Wassergehalt des Serums in g/100 ml Serum} = 98{,}40 \text{ minus } 0{,}718 \times \text{Proteingehalt (in g/100 ml Serum)} \quad (7)$$

(Der Raumbedarf der Mineralien und anderer Serumbestandteile ist in dieser Formel bereits berücksichtigt: 98,4 anstatt 100.)

Für die Betrachtung osmotischer Verhältnisse eignet sich die Molalität weit besser als die Molarität, da in erster Näherung nur das Verhältnis Moleküle der gelösten Substanz zu Molekülen des Wassers eine Rolle spielt. Bestimmt man zum Beispiel die molare Konzentration der osmotisch wirksamen Teilchen einer nicht zu konzentrierten Lösung mittels Gefrierpunktserniedrigung, so erhält man eine Molkonzentration, die mit der Molalität praktisch identisch ist.

Beispiel. Die Gefrierpunktserniedrigung des Serums beträgt 0,56 °C, was einer Molalität von 300 mmol entspricht (300 mmol je 1000 g Wasser). Die Molarität eines normalen Serums ist demnach $300 \times 0{,}940 = 282$ mmol/l Serum (Tafel im Kapitel «Synopsis des Blutes – Spezifisches Gewicht», Faktor der Kolonne 4 dividiert durch 1000, spezifisches Gewicht 1,026).

Im folgenden wird nur die Molalität verwendet. Es sei noch darauf hingewiesen, daß selbst von bedeutenden Autoren die wörtliche Unterscheidung zwischen Molarität und Molalität nicht immer getroffen wird; man vergewissere sich deshalb, was der betreffende Autor unter «Molarität» versteht.

Um Konfusionen zu vermeiden, beziehe man Molarität und Molalität immer auf die *undissoziierte* Substanz oder füge im anderen Falle stets eine Spezifikation bei, wie zum Beispiel «die Molalität aller osmotisch wirksamen Teilchen» usw.

Osmolarität, Osmolalität. Mit Osmolarität und Osmolalität werden die Molkonzentrationen aller in einer Lösung osmotisch wirksamen Moleküle bezeichnet. Diese beiden Konzentrationsmaße stellen einen Parallelfall zum Osmol dar, die dortigen Ausführungen gelten auch für sie.

$$\text{Osmolarität (je Volumeneinheit)} = N \frac{1000}{V} \quad (8)$$

$$\text{Osmolalität (je Gewichtseinheit)} = N \frac{1000}{N_0 M_0} \quad (9)$$

wobei N = Osmol der Substanz in Lösung = Mol der osmotisch wirksamen Teilchen der Substanz in Lösung (an Stelle von N ist bei Mischlösungen $\Sigma N = N_1 + N_2 + N_3 + \cdots$ einzusetzen), N_0 und M_0 = Molzahl und Molekulargewicht des Wassers.

Um Verwechslungen zu vermeiden, wird im folgenden die auf Grund der Strukturformel und unter der Annahme einer vollständigen Dissoziation zu erwartende osmotisch wirksame Konzentration einer Substanz oder Substanzmischung mit *idealer* Osmolarität oder Osmolalität bezeichnet. Sie ist gleich $N \times \nu$, wobei ν die Anzahl der Einzelteilchen darstellt, in die ein Molekül der undissoziierten Substanz bei vollständiger Dissoziation zerfällt, und N die *Mol*zahl (nicht Osmol) der nichtdissoziierten Substanz. An Stelle von νN ist bei Mischlösungen $\Sigma \nu N = \nu_1 N_1 + \nu_2 N_2 + \cdots$ einzusetzen.

Umrechnungen. Um sich vor Kommafehlern zu schützen, rechne man nur mit Einheiten der gleichen Dezimale:

mol → val → g → ° C → atm usw.
oder mmol→ mval→ mg→ m° C→ matm usw.

Man rechne auch nur mit den dimensionslosen Einheitenzahlen N; am Schluß der Rechnung wird dann das Ergebnis durch Anhängen der Einheit wieder in eine dimensionsbehaftete Größe umgewandelt.

Im folgenden bedeuten (um Verwechslungen zu vermeiden) N_{mol}, N_{val}, N_{osm}, N_{g} die Einheitenzahlen von Mol, Grammäquivalent usw. Das bei den Umrechnungen in Betracht gezogene Osmol stellt die auf die undissoziierte Substanz bezogene Einheit dar. ν = Anzahl der Teilchen, in die ein Molekül bei vollständiger Dissoziation zerfällt, z = Wertigkeit eines Ions, M = Molekulargewicht.

Gesucht	Gegeben	Umrechnung	
N_{mol}	N_{g}	$N_{\text{mol}} = N_{\text{g}}/M$	(10)
	N_{osm}	$= N_{\text{osm}}/\nu$	(11)
	N_{val}	$= N_{\text{val}}/z$	(12)
N_{val}	N_{g}	$N_{\text{val}} = N_{\text{g}} \times z/M$	(13)
	N_{mol}	$= N_{\text{mol}} \times z$	(14)
	N_{osm}	$= N_{\text{osm}} \times z/\nu$	(15)
N_{osm}	N_{g}	$N_{\text{osm}} = N_{\text{g}}/\nu \times M$	(16)
	N_{mol}	$= N_{\text{mol}} \times \nu$	(17)
	N_{val}	$= N_{\text{val}} \times \nu/z$	(18)
N_{g}	N_{mol}	$N_{\text{g}} = N_{\text{mol}} \times M$	(19)
	N_{val}	$= N_{\text{val}} \times M/z$	(20)
	N_{osm}	$= N_{\text{osm}} \times \nu \times M$	(21)

Diese Umrechnungen gelten auch für Konzentrationen, sofern eine einheitliche Konzentrationsdefinition während der ganzen Rechnung verwendet wird.

Elektrolyte

Als wässerige Elektrolyte bezeichnet man Lösungen von Salzen, Säuren und Basen, die gegenüber reinem Wasser eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit besitzen (in der «Umgangssprache» bezeichnet man solche Salze, Säuren und Basen selbst schon als Elektrolyte, streng gilt dies nur für deren Lösung). In Lösung zerfallen alle elektrolytbildenden Substanzen, im folgenden Elektrolyte genannt, mehr oder weniger in elektrisch geladene Radikale, Ionen genannt. Die positiv geladenen, im elektrischen Feld zur Kathode wandernden Ionen, die *Kationen*, werden gemäß ihrer Wertigkeit mit Punkten, die zur Anode wandernden, negativ geladenen *Anionen* mit Strichen bezeichnet. Beispiele: Magnesiumion = $Mg^{\cdot\cdot}$, Wasserstoffion = H'. Diese in der physikalischen Chemie gebräuchlichen Symbole werden in unseren *Wissenschaftlichen Tabellen* durch die für sich selbst sprechenden Zeichen + und – ersetzt, um einem weiteren Leserkreis verständlich zu bleiben.

Man unterscheidet starke und schwache Elektrolyte. Starke Elektrolyte sind schon in höheren Konzentrationen zu 50%, in schwächeren praktisch ganz dissoziiert; schwache Elektrolyte zerfallen auch in kleinsten Konzentrationen nie ganz. Zu den starken Elektrolyten zählen die meisten Neutralsalze, starke Säuren, wie Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure. Schwache Elektrolyte sind die meisten organischen Säuren und Basen (auch die Kohlensäure).

Die Dissoziation der Elektrolyte ist stark konzentrationsabhängig; sie ist um so größer, je verdünnter die Lösung ist. Da die Ionen als Moleküle betrachtet werden können, ist die molekulare Konzentration eines Elektrolyten größer als der Molgehalt der entsprechenden undissoziierten Substanz. Unter der Annahme einer vollständigen Dissoziation ist die (ideale) Konzentration aller osmotisch aktiven Teilchen gleich νN (ν = Anzahl der Teilchen, in die ein Molekül bei vollständiger Dissoziation zerfällt,

1) Peters, J. P., Water Balance in Health and Disease, in: Duncan, G. G. (Hrsg.), *Diseases of Metabolism*, Philadelphia (1953).

N = Molzahl der undissoziierten Substanz). Realiter ist die osmotische Konzentration um den Faktor g kleiner:

$$\text{reale} \begin{matrix}\text{Osmolarität}\\ \text{Osmolalität}\end{matrix} = g \times \text{ideale} \begin{matrix}\text{Osmolarität}\\ \text{Osmolalität}\end{matrix}$$

Der Faktor g, *osmotischer Koeffizient* genannt, kann für sehr verdünnte Lösungen nach dem DEBYE-HÜCKELschen Grenzgesetz berechnet werden, ist aber zumeist eine empirisch bestimmte Größe (siehe weiter unten). Er hängt nicht nur von der Konzentration, sondern auch von den Ionenarten ab, die in der Lösung vorkommen, wobei der Einfluß der Ionenqualität mit der Wertigkeit zunimmt.

Diese komplizierten Verhältnisse zwingen bei der Berechnung biologischer Elektrolytlösungen zu Vereinfachungen:

a) man läßt den Faktor g ganz außer Betracht und nimmt vollständige Dissoziation an. Bei starken Elektrolyten entsteht dadurch kein großer Fehler; in diesem Falle rechnet man mit der idealen Osmolarität oder Osmolalität;

b) sofern der Faktor g für die gesuchte Konzentration bekannt ist, nimmt man an, daß er auch in der Mischlösung trotz Dazukommen anderer Ionenarten gleichbleibe;

c) man bestimmt empirisch die osmotisch wirksame Konzentration.

Ideale und reale Lösungen

Die thermodynamische Behandlung wässeriger Lösungen geht von dem Begriff der idealen Lösung aus. Aus Raumgründen kann hier auf deren Definition nicht näher eingetreten werden. Es sei lediglich erwähnt, daß diese Konzeption nur in sehr verdünnten Lösungen einigermaßen verwirklicht ist. Die Eigenschaften einer idealen Lösung verändern sich (bei konstanter Temperatur und konstantem Druck) in erster Näherung proportional zur molekularen Konzentration der Lösung. Infolgedessen ändern sich auch die verschiedenen Eigenschaften proportional zueinander. In der Praxis macht man sich diesen Umstand zunutze, indem man den schwierig zu messenden osmotischen Druck in der Regel aus der leicht zu ermittelnden Gefrierpunktserniedrigung berechnet. Der Begriff «osmotisch wirksame Konzentration» (Osmolarität, Osmolalität) bezieht sich deshalb nicht nur auf den osmotischen Druck, sondern auch auf die Gefrierpunktserniedrigung, die Siedepunktserhöhung usw.

Osmotischer Druck und Gefrierpunktserniedrigung idealer Lösungen werden folgendermaßen berechnet:

Osmotischer Druck (ideal) $= P_{id} = 0{,}08205 \times T \times \nu \times m$ **(22)*** in atm

Gefrierpunktserniedrigung (ideal) $= \Delta T_{id} = 1{,}858 \times \nu \times m$ **(23)*** in °C

wobei 0,08205 = R = Gaskonstante in Literatmosphären, T = absolute Temperatur in Grad Kelvin (°K) = 273,16 + °C, 1,858 = kryoskopische Konstante = molale Gefrierpunktserniedrigung des Wassers, ν = Anzahl der Teilchen, in die ein Molekül bei vollständiger Dissoziation zerfällt, m = Molalität = mol/1000 g Wasser der undissoziierten Substanz*. Umrechnungsfaktoren für Druckeinheiten siehe S. 186, osmotischer Druck und Gefrierpunktserniedrigung für osmotische Konzentrationen von 10 bis 740 mmol/1000 g Wasser siehe S. 290.

Aus **(22)** und **(23)** erhält man:

$$P_{(atm)} = 0{,}0442 \times T \times \Delta T_{(°C)} \quad \textbf{(24)}$$
(T wie in **22**)

$$\text{oder } P_{(\text{atm, bei } 0°C)} = 12{,}06 \times \Delta T_{(°C)} \quad \textbf{(25)}$$

Im Gegensatz zu **(22)** und **(23)** gelten **(24)** und **(25)** über einen viel weiteren Konzentrationsbereich, P und ΔT sind deshalb hier nicht mit $_{id}$ (ideal) bezeichnet.

Reale Lösungen. Die Verbindung zwischen idealer und realer Lösung bildet, wie schon erwähnt, der osmotische Koeffizient g, den wir nun an Hand von **(23)** bestimmen können:

Osmotischer Koeffizient

$$g = \frac{\Delta T}{\Delta T_{id}} = \frac{\Delta T}{1{,}858\,\nu\,m} = \frac{\Delta T/N}{1{,}858\,\nu} \quad \textbf{(26)}$$

wobei ΔT = tatsächliche Gefrierpunktserniedrigung;

N = Molzahl der eingewogenen oder analytisch bestimmten (undissoziierten) Substanz in 1000 g Wasser;

T/N = sogenannte molekulare Gefrierpunktserniedrigung der betreffenden Substanz («molekular» bezogen auf die undissoziierte Substanz). In chemischen Nachschlagewerken (*International Critical Tables*, *Handbook of Chemistry and Physics*, LANDOLT-BÖRNSTEIN) ist meistens diese molekulare Gefrierpunktserniedrigung angegeben. Sie ist nur noch durch $1{,}858 \times \nu$ zu dividieren, um g zu erhalten;

ν = Anzahl der Teilchen, in die ein Molekül der betreffenden Substanz bei vollständiger Dissoziation zerfällt.

Der osmotische Koeffizient g einer Teilsubstanz einer Mischlösung kann nicht bestimmt werden. Man geht deshalb bei der Berechnung der osmotischen Konzentration dieser Teilsubstanz von der realen Osmolalität der Mischlösung aus und nimmt an, g besitze dieselbe Größe, die er bei einer einfachen Lösung mit derselben Osmolalität wie die Mischlösung besäße.

Die reale Osmolalität erhält man aus der realen Gefrierpunktserniedrigung nach der Gleichung **(23)** für ideale Gefrierpunktserniedrigung zu

$$\text{(reale) Osmolalität} = \Delta T/1{,}858 \quad \textbf{(27)}$$

Die ideale Osmolalität erhält man aus der (realen) Osmolalität zu

$$\text{ideale Osmolalität} = \text{reale Osmolalität}/g \quad \textbf{(28)}$$

(28) braucht man nur, wenn man zu einer gegebenen realen Osmolalität das Gewicht der abzuwägenden Substanz sucht. Im andern Falle, bei gegebenem Gewicht, kann die ideale Osmolalität stets stöchiometrisch berechnet werden (νm).

Anwendungen

Berechnung der Osmolalität des Blutserums aus der Gefrierpunktserniedrigung (–0,56°C). Nach **(27)** ist die (reale) Osmolalität des Serums = 0,56/1,858 = 301,4 mmol (ohne großen Fehler 300 mmol gleichzusetzen).

Zur Berechnung von Gefrierpunktserniedrigung und osmotischem Druck aus der Tonizität und umgekehrt dient die Tafel auf S. 290.

Berechnung von NaCl- und Glucoselösungen (Tafel auf S. 291).

a) Das **abzuwägende Gewicht einer idealen Osmolalität** NaCl bzw. Glucose oder Fructose erhält man aus den Kolonnen 1 und 2 sowie 1 und 6. Kolonne 7 gibt gleichzeitig den entsprechenden Kalorienwert für Glucose oder Fructose.

b) Die **ideale Osmolalität eines bestimmten Gewichtes** NaCl bzw. Glucose oder Fructose erhält man aus den Kolonnen 11 und 12 bzw. 11 und 13. Kolonne 14 gibt wiederum den entsprechenden Kalorienwert für Glucose oder Fructose.

c) Die **osmotischen Koeffizienten** g bzw. $1/g$ von NaCl oder Glucose erhält man aus den Kolonnen 1 und 4 bzw. 1 und 5 (NaCl) oder 1 und 9 bzw. 1 und 10 (Glucose), wobei die Werte der Kolonne 1 realen Osmolalitäten entsprechen.

Anwendungsbeispiel 1. Gesucht das abzuwägende Gewicht NaCl, um eine Lösung der (realen) Osmolalität von 500 mmol zu erhalten.

Nach **(28)** ist die ideale Osmolalität = reale Osmolalität/g = 500/0,9170 = 500 × 1,0905 = 545,25 mmol. Das entsprechende Gewicht liegt nach a) in der Mitte zwischen 15,783 und 16,075, bei etwa 15,9 g NaCl. Es sind deshalb 15,9 g NaCl in 1000 g H_2O aufzulösen, um eine Lösung der Osmolalität von 500 mmol zu erhalten.

---

* An Stelle von νm ist bei Mischlösungen $\Sigma \nu m = \Sigma \nu N \frac{1000}{N_0 M_0}$ einzusetzen ($\Sigma \nu N = \nu_1 N_1 + \nu_2 N_2 + \nu_3 N_3 + \cdots$.

Man kann sich den Umweg über die Errechnung der idealen Osmolalität ersparen und das abzuwägende Gewicht direkt aus Kolonne 2 errechnen (bei Glucose aus Kolonne 6). Zu diesem Zweck nimmt man das Gewicht, das sich auf gleicher Höhe befindet wie die (reale) Osmolalität, mit der man in Kolonne 1 eingeht, um den Faktor g zu suchen. Dieses Gewicht wird mit $1/g$ multipliziert. Für obiges Beispiel erhalten wir auf diese Weise $14{,}613 \times 1{,}0905 = 15{,}935$ g NaCl.

Anwendungsbeispiel 2. Die Osmolalität einer Lösung von 400 mmol ist durch Zusatz von NaCl auf 500 mmol zu erhöhen. Hier geht man von der vereinfachenden Annahme aus, der Faktor g verändere sich in Mischlösungen nicht. $1/g$ NaCl für 500 mmol/1000 g H_2O ist 1,0905. Durch NaCl zu ergänzen sind 100 mmol, das abzuwägende Gewicht ist (siehe oben) deshalb $2{,}923 \times 1{,}0905 = 3{,}188$ g NaCl.

d) **Exakte Berechnung isotonischer Lösungen.** Man kann diese, wie in Beispiel 1 und 2 angegeben, berechnen. Einfacher gestaltet sich der Vorgang nach Kolonne 1 und 3 (NaCl) sowie 1 und 8 (Glucose).

Beispiel 1. Um eine isotonische NaCl- bzw. Glucoselösung zu erhalten (= Osmolalität von 300 mmol), müssen 9,448 g NaCl bzw. 53,399 g Glucose in 1000 g Wasser gelöst werden.

Beispiel 2. Eine Lösung einer Osmolalität von 200 mmol soll durch Zusatz von NaCl auf Isotonie zum Serum (auf 300 mmol) gebracht werden. Die zu ergänzende Osmolalität beträgt 100 mmol (Kolonne 1), das entsprechende Gewicht NaCl beträgt 3,150 g (Kolonne 3).

Entsprechend wird bei Glucose verfahren.

Die Umrechnungstafeln auf S. 292–294 sprechen für sich selbst. Die Erläuterungen zu den Tafeln auf S. 298 und 299 finden sich auf S. 295–297.

Berechnung der Gefrierpunktserniedrigung und des osmotischen Druckes

Siehe S. 287–289

Reale Osmolalität Millimol auf 1000 g Wasser	Gefrierpunktserniedrigung ΔT°C	Osmotischer Druck bei 0°C atm	Osmotischer Druck bei 38°C* atm	Gefrierpunktserniedrigung ΔT°C	Reale Osmolalität Millimol auf 1000 g Wasser	Osmotischer Druck bei 0°C atm	Osmotischer Druck bei 38°C* atm	Reale Osmolalität Millimol auf 1000 g Wasser	Gefrierpunktserniedrigung ΔT°C	Osmotischer Druck bei 0°C atm	Osmotischer Druck bei 38°C* atm	Gefrierpunktserniedrigung ΔT°C	Reale Osmolalität Millimol auf 1000 g Wasser	Osmotischer Druck bei 0°C atm	Osmotischer Druck bei 38°C* atm
10	0,01858	0,22	0,26	0,01	5,38	0,12	0,14	**400**	0,74320	8,97	10,22	**0,40**	215,28	4,83	5,50
20	03716	0,45	0,51	02	10,76	0,24	0,28	10	76178	9,19	10,47	41	220,67	4,95	5,64
30	05574	0,67	0,78	03	16,15	0,36	0,41	20	78036	9,41	10,73	42	226,04	5,07	5,78
40	07432	0,90	1,02	04	21,53	0,48	0,55	30	79894	9,64	10,99	43	231,43	5,19	5,91
50	0,09290	1,12	1,28	0,05	26,91	0,60	0,69	40	81752	9,86	11,24	44	236,81	5,31	6,05
60	11148	1,35	1,53	06	32,29	0,72	0,83	50	0,83610	10,09	11,50	0,45	242,20	5,43	6,19
70	13006	1,57	1,79	07	37,68	0,84	0,96	60	85468	10,31	11,75	46	247,58	5,55	6,33
80	14864	1,79	2,04	08	43,01	0,97	1,10	70	87326	10,53	12,01	47	252,96	5,67	6,46
90	16722	2,02	2,30	09	48,44	1,09	1,24	80	89184	10,76	12,26	48	258,34	5,79	6,60
100	0,18580	2,24	2,56	**0,10**	53,82	1,21	1,38	90	91042	10,98	12,52	49	263,72	5,91	6,74
10	20438	2,47	2,81	11	59,20	1,33	1,51	**500**	0,92900	11,21	12,78	**0,50**	269,11	6,03	6,88
20	22296	2,69	3,07	12	64,59	1,45	1,65	10	94758	11,43	13,03	51	274,49	6,15	7,01
30	24154	2,91	3,32	13	69,97	1,57	1,79	20	96616	11,66	13,29	52	279,88	6,27	7,15
40	26012	3,14	3,58	14	75,35	1,69	1,93	30	98474	11,88	13,54	53	285,25	6,39	7,29
50	0,27870	3,36	3,83	0,15	80,73	1,81	2,06	40	1,00332	12,10	13,80	54	290,63	6,51	7,43
60	29728	3,59	4,09	16	86,11	1,93	2,20	50	1,02190	12,33	14,05	0,55	296,02	6,63	7,57
70	31586	3,81	4,34	17	91,50	2,05	2,34	60	04048	12,55	14,31	**56**	**301,40**	**6,76**	**7,70**
80	33444	4,03	4,60	18	96,88	2,17	2,48	70	05906	12,78	14,57	57	306,78	6,88	7,84
90	35302	4,26	4,86	19	102,26	2,29	2,61	80	07764	13,00	14,82	58	312,16	7,00	7,98
200	0,37160	4,48	5,11	**0,20**	107,64	2,41	2,75	90	09622	13,22	15,08	59	317,55	7,12	8,11
10	39018	4,71	5,37	21	113,02	2,53	2,89	**600**	1,11480	13,45	15,33	**0,60**	322,93	7,24	8,25
20	40876	4,93	5,62	22	118,41	2,65	3,03	10	13338	13,67	15,59	61	328,31	7,36	8,39
30	42734	5,16	5,88	23	123,79	2,77	3,16	20	15196	13,90	15,84	62	333,69	7,47	8,53
40	44592	5,38	6,13	24	129,17	2,89	3,30	30	17054	14,12	16,10	63	339,07	7,60	8,66
50	0,46450	5,60	6,39	0,25	134,55	3,02	3,44	40	18912	14,34	16,35	64	344,46	7,72	8,80
60	48308	5,83	6,64	26	139,94	3,14	3,58	50	1,20770	14,57	16,61	0,65	349,84	7,84	8,94
70	50166	6,05	6,90	27	145,32	3,26	3,71	60	22628	14,79	16,87	66	355,22	7,96	9,08
80	52024	6,28	7,15	28	150,70	3,38	3,85	70	24486	15,02	17,12	67	360,60	8,08	9,21
90	53882	6,50	7,41	29	156,08	3,50	3,99	80	26344	15,24	17,38	68	365,98	8,20	9,35
300	**0,55740**	**6,72**	**7,67**	**0,30**	161,46	3,62	4,13	90	28202	15,47	17,63	69	371,37	8,32	9,49
10	57598	6,95	7,92	31	166,85	3,74	4,26	**700**	1,30060	15,69	17,89	**0,70**	376,75	8,44	9,63
20	59456	7,17	8,18	32	172,23	3,86	4,40	10	31918	15,91	18,14	71	382,13	8,56	9,76
30	61314	7,40	8,43	33	177,61	3,98	4,54	20	33776	16,14	18,40	72	387,51	8,68	9,90
40	63172	7,62	8,69	34	182,99	4,10	4,68	30	35634	16,36	18,65	73	392,90	8,81	10,04
50	0,65030	7,84	8,94	0,35	188,38	4,22	4,81	40	37492	16,59	18,91	74	398,28	8,92	10,18
60	66888	8,07	9,20	36	193,76	4,34	4,95								
70	68746	8,29	9,45	37	199,14	4,46	5,09								
80	70604	8,52	9,71	38	204,52	4,58	5,23								
90	72462	8,74	9,97	39	209,90	4,70	5,36								

* Temperatur des Blutes etwa 38°C = 311,16°K.

Siehe S. 287–290

Kolonnen 3, 4, 5, 8, 9 und 10 sind für die betreffenden (realen) osmotischen Konzentrationen (Millimol oder Gramm) je 1000 g Wasser berechnet. Siehe S. 287–289. Osmotische Koeffizienten *g* interpoliert nach Werten aus WASHBURN et al., *Int. crit. Tab.*, **4** (1928).

Osmolalität (ideal)	Kochsalz, NaCl, Mol.-Gew. 58,448				D-Glucose*, $C_6H_{12}O_6$, Mol.-Gew. 180,16					Kochsalz, NaCl	D-Glucose*, $C_6H_{12}O_6$	
	Entspricht einem Gewicht von	Entspricht bei einer Gefrierpunktserniedrigung von 0,56°C (Osmolalität = 300 mmol) einem Gewicht von	Osmotischer Koeffizient für eine reale Osmolalität in der Größe der idealen Osmolalität der Kolonne 1		Entspricht einem Gewicht von	Dieses Gewicht entspricht	Entspricht bei einer Gefrierpunktserniedrigung von 0,56°C (Osmolalität = 300 mmol) einem Gewicht von	Osmotischer Koeffizient für eine reale Osmolalität in der Größe der idealen Osmolalität der Kolonne 1		Entspricht einer (idealen) Osmolalität von	Entspricht einer (idealen) Osmolalität von	Dieses Gewicht entspricht
mmol	Gramm	Gramm	*g*	1/*g*	Gramm	Kalorien**	Gramm	*g*	1/*g*	Gramm	Millimol	Millimol	Kalorien**
10	0,292	0,315	0,9780	1,0225	1,802	7,53	1,780	1,0011	0,9989	1	34,22	5,55	4,18
20	0,585	0,630	9699	0310	3,603	15,07	3,560	0011	9989	2	68,43	11,10	8,36
30	0,877	0,945	9649	0364	5,405	22,60	5,340	0011	9989	3	102,65	16,65	12,55
40	1,169	1,260	9607	0409	7,206	30,14	7,120	0011	9989	4	136,86	22,20	16,73
50	1,461	1,574	0,9574	1,0445	9,008	37,67	8,900	1,0011	0,9989	5	171,08	27,75	20,91
60	1,754	1,890	9546	0476	10,810	45,21	10,680	0011	9989	6	205,29	33,30	25,09
70	2,046	2,205	9522	0502	12,611	52,74	12,460	0011	9989	7	239,51	38,85	29,27
80	2,338	2,519	9500	0526	14,413	60,27	14,240	0011	9989	8	273,72	44,41	33,46
90	2,630	2,834	9480	0549	16,214	67,81	16,020	0011	9989	9	307,93	49,96	37,64
100	2,923	3,150	0,9462	1,0569	18,016	75,34	17,800	1,0011	0,9989	**10**	342,15	55,51	41,82
10	3,215	3,464	9447	0585	19,818	82,88	19,580	0016	9984	11	376,36	61,06	46,00
20	3,507	3,779	9434	0600	21,619	90,41	21,360	0021	9979	12	410,58	66,61	50,18
30	3,800	4,095	9423	0612	23,421	97,95	23,140	0027	9973	13	444,79	72,16	54,37
40	4,092	4,410	9413	0624	25,222	105,48	24,920	0032	9968	14	479,01	77,71	58,55
50	4,384	4,724	0,9404	1,0634	27,024	113,01	26,700	1,0037	0,9963	15	513,22	83,26	62,73
60	4,676	5,039	9395	0644	28,826	120,55	28,480	0042	9958	16	547,44	88,81	66,91
70	4,969	5,355	9386	0654	30,627	128,08	30,260	0048	9952	17	581,65	94,36	71,09
80	5,261	5,669	9377	0664	32,429	135,62	32,040	0054	9946	18	615,87	99,91	75,28
90	5,553	5,984	9368	0675	34,230	143,15	33,820	0059	9941	19	650,08	105,46	79,46
200	5,845	6,299	0,9360	1,0684	36,032	150,68	35,600	1,0065	0,9935	**20**	684,30	111,01	83,64
10	6,138	6,614	9351	0694	37,834	158,22	37,380	0071	9930	21	718,51	116,56	87,82
20	6,430	6,929	9342	0704	39,635	165,75	39,120	0077	9924	22	752,73	122,11	92,00
30	6,722	7,244	9334	0714	41,437	173,29	40,940	0083	9918	23	786,94	127,66	96,19
40	7,015	7,559	9326	0723	43,238	180,82	42,720	0089	9912	24	821,16	133,22	100,37
50	7,307	7,874	0,9318	1,0732	45,040	188,36	44,500	1,0095	0,9906	25	855,37	138,77	104,55
60	7,599	8,189	9310	0741	46,842	195,89	46,280	0101	9900	26	889,59	144,32	108,73
70	7,891	8,503	9302	0750	48,643	203,43	48,060	0106	9895	27	923,80	149,87	112,91
80	8,184	8,819	9295	0759	50,445	210,96	49,840	0112	9889	28	958,02	155,42	117,10
90	8,476	9,124	9287	0768	52,246	218,49	51,619	0117	9884	29	992,45	160,97	121,28
300	8,768	**9,448**	**0,9280**	**1,0776**	54,048	226,03	**53,399**	**1,0122**	**0,9880**	**30**	1026,45	166,52	125,46
10	9,060		9273	0784	55,850	233,56		0126	9876	31	1060,66	172,06	129,64
20	9,353		9266	0792	57,651	241,10		0132	9870	32	1094,88	177,62	133,82
30	9,645		9259	0800	59,453	248,63		0138	9864	33	1129,09	183,17	138,01
40	9,937		9252	0808	61,254	256,17		0143	9859	34	1163,31	188,72	142,19
50	10,230		0,9245	1,0816	63,056	263,70		1,0148	0,9854	35	1197,52	194,27	146,37
60	10,522		9238	0824	64,858	271,23		0153	9849	36	1231,74	199,82	150,55
70	10,814		9232	0832	66,659	278,77		0158	9845	37	1265,95	205,37	154,73
80	11,106		9226	0839	68,461	286,30		0163	9840	38	1300,17	210,92	158,92
90	11,399		9220	0846	70,262	293,84		0167	9836	39	1334,38	216,47	163,10
400	11,691		0,9214	1,0853	72,064	301,37		1,0172	0,9831	**40**	1368,60	222,03	167,28
10	11,983		9209	0859	73,866	308,91		0176	9827	41	1402,81	227,58	171,46
20	12,275		9204	0865	75,667	316,44		0180	9823	42	1437,03	233,13	175,64
30	12,568		9199	0871	77,469	323,98		0184	9819	43	1471,24	238,68	179,82
40	12,860		9194	0877	79,270	331,51		0187	9816	44	1505,46	244,23	184,00
50	13,152		0,9190	1,0881	81,072	339,04		1,0191	0,9813	45	1539,67	249,78	188,19
60	13,444		9186	0886	82,874	346,58		0194	9810	46	1573,89	255,33	192,37
70	13,737		9182	0891	84,675	354,11		0197	9807	47	1608,10	260,88	196,55
80	14,029		9178	0896	86,477	361,64		0200	9804	48	1642,32	266,43	200,74
90	14,321		9174	0900	88,278	369,18		0203	9801	49	1676,53	271,98	204,92
500	14,613		0,9170	1,0905	90,080	376,72		1,0207	0,9797	**50**	1710,74	277,53	209,10
10	14,906		9167	0909	91,882	384,25		0210	9794	51	1744,96	283,08	213,28
20	15,198		9164	0912	93,683	391,78		0213	9791	52	1779,18	288,63	217,46
30	15,490		9161	0916	95,485	399,32		0216	9789	53	1813,39	294,18	221,65
40	15,783		9158	0919	97,286	406,85		0219	9786	54	1847,61	299,73	225,82
50	16,075		0,9155	1,0923	99,088	414,39		1,0222	0,9783	55	1881,82	305,28	230,01
60	16,367		9152	0927	100,890	421,92		0225	9780	56	1916,03	310,84	234,19
70	16,659		9149	0930	102,691	429,45		0228	9777	57	1950,25	316,39	238,37
80	16,952		9146	0934	104,493	436,98		0231	9774	58	1984,47	321,94	242,56
90	17,244		9143	0937	106,294	444,52		0233	9772	59	2018,68	327,49	246,73
600	17,536		0,9140	1,0941	108,096	452,06		1,0236	0,9769	**60**	2052,90	333,04	250,92
10	17,829		9137	0945	109,898	459,59		0238	9767	61	2087,11	338,59	255,10
20	18,121		9134	0948	111,699	467,13		0241	9765	62	2121,33	344,14	259,28
30	18,413		9131	0952	113,501	474,66		0243	9763	63	2155,54	349,69	263,47
40	18,705		9128	0955	115,302	482,19		0246	9760	64	2189,76	355,24	267,65
50	18,998		0,9126	1,0958	117,104	489,73		1,0248	0,9758	65	2223,97	360,79	271,83
60	19,290		9123	0961	118,906	497,26		0250	9756	66	2258,19	366,34	276,01
70	19,582		9121	0964	120,707	504,80		0252	9754	67	2292,40	371,89	280,19
80	19,874		9119	0966	122,509	512,33		0255	9751	68	2326,62	377,44	284,38
90	20,167		9117	0969	124,310	519,87		0257	9749	69	2360,83	382,99	288,56
700	20,459		0,9115	1,0971	126,112	527,40		1,0259	0,9748	**70**	2395,05	388,55	292,74
10	20,751		9113	0973	127,914	534,93		0261	9746	71	2429,26	394,09	296,92
20	21,043		9111	0976	129,715	542,47		0264	9743	72	2463,48	399,65	301,10
30	21,336		9109	0978	131,517	550,00		0266	9741	73	2497,69	405,20	305,29
40	21,628		9107	0981	133,318	557,54		0268	9738	74	2531,91	410,75	309,47

Diese Werte entsprechen jenen der Kolonne 2, dividiert durch 0,9280 bzw. multipliziert mit 1,0776 (= *g* bzw. 1/*g* NaCl bei einer Osmolalität von 300 mmol oder mosm).

Diese Werte entsprechen jenen der Kolonne 6, dividiert durch 1,0122 bzw. multipliziert mit 0,9880 (= *g* bzw. 1/*g* Glucose bei einer Osmolalität von 300 mmol oder mosm).

* a) Da die elementare Zusammensetzung von Glucose und **Fructose** dieselbe ist, können Kolonnen 6, 7, 13 und 14 auch für Fructose angewendet werden. Der osmotische Koeffizient *g* von Fructose ist aber nicht gleich dem Koeffizienten *g* von Glucose.

b) Da das Molekulargewicht des **Wassers** genau $^1/_{10}$ desjenigen der Glucose beträgt, können Kolonnen 6 und 13 auch für Wasser verwendet werden, indem bei Kolonne 6 das Komma um eine Stelle nach links, bei Kolonne 13 um eine Stelle nach rechts verschoben wird.

** Als Kalorienäquivalent für 1 g Kohlenhydrat wurde jenes von LOEWY verwendet (4,182 Kalorien je Gramm).

Wässerige Lösungen – Umrechnungsfaktoren für Elektrolyte I

Vgl. S. 287–290

a) Gegeben: Elektrolyt. **Gesucht:** Molekulargewicht und maximale Löslichkeit in kaltem und warmem Wasser.
b) Gegeben: Gewicht der undissoziierten Substanz. **Gesucht:** Millimol (mmol) der undissoziierten Substanz, Milligrammäquivalente (mval) und Gewicht des Kations und des Anions oder Milliosmol eines aufgelösten Stoffes unter Annahme einer vollständigen Dissoziation.

	1 g enthält bzw. entspricht		Molekulargewicht	Undissoziierte Substanz	Löslichkeit[1] Gramm in 1000 g Wasser		Kation			Anion			Milliosmol***
				mmol	kalt	warm	mval	mg		mval	mg		
1	**Calcium, Ca, Kalzium**		40,08	24,95			49,90						
2	aceticum hydrat. *(acetat)*	$Ca(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$	176,19	5,68	$43\,6^{20}$	$34\,3^{100}$	11,35	228	Ca^{++}	11,35	670	$C_2H_3O_2^-$	17,03
3		$Ca(C_2H_3O_2)_2 + 2\,H_2O$	194,20	5,15	$34\,7^{0}$	$33\,5^{80}$	10,30	206	Ca^{++}	10,30	608	$C_2H_3O_2^-$	15,45
4	chloratum hydrat. *(chlorid)*	$CaCl_2 + 2\,H_2O$	147,03	6,80	$97\,7^{0}$	$326\,0^{60}$	13,60	273	Ca^{++}	13,60	482	Cl^-	20,40
5	crystallisatum	$CaCl_2 + 6\,H_2O$	219,09	4,56	$279\,0^{0}$	$536\,0^{20}$	9,13	183	Ca^{++}	9,13	324	Cl^-	13,69
6	citricum *(citrat)*	$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 + 4\,H_2O$	570,52	1,75	$8,5^{18}$	$9,6^{23}$	10,52	211	Ca^{++}	10,52	663	$C_6H_5O_7^{--}$	8,76
7	glyconicum (D-*gluconat*)	$Ca(C_6H_{11}O_7)_2 + H_2O$	448,40	2,23	33^{15}	–	4,46	89	Ca^{++}	4,46	870	$C_6H_{11}O_7^-$	6,69
8	hyposulfurosum *(thiosulfat)*	$CaS_2O_3 + 6\,H_2O$	260,31	3,84	1000^{3}	d	7,68	154	Ca^{++}	7,68	431/246	$S_2O_3^{--}$ / S	7,68
9	lacticum *(lactat)*	$Ca(C_3H_5O_3)_2 + 5\,H_2O$	308,31	3,24	31^{0}	79^{30}	6,49	130	Ca^{++}	6,49	578	$C_3H_5O_3^-$	9,73
10	laevulicum *(laevulinat)*	$Ca(C_5H_7O_3)_2 + 2\,H_2O$	306,33	3,27	400	–	6,53	131	Ca^{++}	6,53	752	$C_5H_7O_3^-$	9,79
11	oxydatum *	CaO	56,08	17,83	$1,31^{10}$d	$0,7^{80}$d	35,66	715	Ca^{++}				
12	phosphoricum bibasicum *(diorthophosphat)*	$CaHPO_4 + 2\,H_2O$	172,10	5,81	$0,2^{25}$	$0,75^{100}$	11,62	233	Ca^{++}	11,62	558/180	HPO_4^{--} / P	11,62
13	**Chlorinum, Cl, Chlor**		35,457	14,10 (Cl_2)	–	–	28,20						
14	Acidum hydrochloricum dilutum 10% *(10%ige Salzsäure)*	(HCl)											
	1 g	(0,1 g HCl)	36,465	2,74	∞	∞	2,74	2,8	H^+	2,74	97,2	Cl^-	5,48
	1 ml	(0,1047 g HCl)	36,465	2,87	∞	∞	2,87	2,9	H^+	2,87	101,8	Cl^-	5,74
15	Ammonium chloratum *(chlorid)*	NH_4Cl	53,50	18,69	297^{0}	758^{100}	18,69	337	NH_4^+	18,69	663	Cl^-	37,38
	Vgl. auch Calcium (4, 5), Kalium (20), Magnesium (27) und Natrium (36)												
16	**Kalium, K, Potassium**	K	39,10	25,58			25,58						
17	aceticum *(acetat)*	$K(C_2H_3O_2)$	98,15	10,19	$253\,0^{20}$	$492\,0^{62}$	10,19	398	K^+	10,19	602	$C_2H_3O_2^-$	20,38
18	bicarbonicum *(bicarbonat)*	$KHCO_3$	100,12	9,99	224	600^{60}	9,99	391	K^+	9,99	610	HCO_3^-	19,98
19	bromatum *(bromid)*	KBr	119,02	8,40	$534,8^{0}$	1020^{100}	8,40	329	K^+	8,40	672	Br^-	16,81
20	chloratum *(chlorid)*	KCl	74,56	13,41	347^{20}	567^{100}	13,41	525	K^+	13,41	476	Cl^-	26,83
21	citricum tribasicum *(citrat)*	$K_3(C_6H_5O_7) + H_2O$	324,42	3,08	$167\,0^{15}$	$199\,7^{31}$	9,25	362	K^+	9,25	583	$C_6H_5O_7^{--}$	12,33
22	glyconicum (D-*gluconat*)	$K(C_6H_{11}O_7)$	234,25	4,27			4,27	167	K^+	4,27	833	$C_6H_{11}O_7^-$	8,54
23	oxydatum *(monoxyd)* *	K_2O	94,20	10,62	s.g.	s.g.	21,23	830					
24	phosphoricum monobasicum *(monorthophosphat)*	KH_2PO_4	136,09	7,35	330^{25}	s.g.	7,35 } 7,35 }	287 } 7,4 }	K^+ } H^+ }	14,70	705/228	HPO_4^{--} / P	22,04
25	phosphoricum bibasicum sicc. *(diorthophosphat)*	K_2HPO_4	174,18	5,74	$167\,0^{20}$	s.g.	11,48	449	K^+	11,48	551/178	HPO_4^{--} / P	17,22
26	**Magnesium, Mg**	Mg	24,32	41,12			82,24						
27	chloratum *(chlorid)*	$MgCl_2$	95,23	10,50	$542,5^{20}$	727^{100}	21,00	255	Mg^{++}	21,0	745	Cl^-	31,50
28		$MgCl_2 + 6\,H_2O$	203,33	4,92	1670	3670	9,84	120	Mg^{++}	9,84	349	Cl^-	14,75
29	hydricum *(hydroxyd)*	$Mg(OH)_2$	58,34	17,14	$0,009^{18}$	$0,04^{100}$	34,28	417	Mg^{++}				
30	oxydatum *(Magnesia)* *	MgO	40,32	24,80	0,0062	$0,086^{30}$	49,60	603	Mg^{++}				
31	sulfuricum *(sulfat)*	$MgSO_4 + 7\,H_2O$	246,50	4,06	710^{20}	910^{40}	8,11	98,7	Mg^{++}	8,11	390/130	SO_4^{--} / S	8,11
32	**Natrium, Na, Sodium**	Na	22,991	43,48			43,48						
33	aceticum *(acetat)*	$Na(C_2H_3O_2) + 3\,H_2O$	136,09	7,35	762^{0}	1388^{50}	7,35	169	Na^+	7,35	434	$C_2H_3O_2^-$	14,70
34	*bicarbonicum *(bicarbonat)* **	$NaHCO_3$	84,01	11,90	69^{0}	164^{60}	11,90	274	Na^+	11,90	726	HCO_3^-	23,80
35	bromatum *(bromid)*	NaBr	102,91	9,72	795^{0}	1210^{100}	9,72	224	Na^+	9,72	777	Br^-	19,43
36	chloratum *(chlorid, Kochsalz)*	NaCl	58,45	17,11	357^{0}	391^{100}	17,11	393	Na^+	17,11	607	Cl^-	34,22
37	citricum bibasicum *(bicitrat)*	$Na_2H(C_6H_5O_7)$ + 1½ H_2O	263,12	3,80	s.g.	s.g.	7,60	175	Na^+	7,60	723	$H(C_6H_5O_7)^{--}$	11,40
							7,60 } 3,80 }	175 } 3,83 }	Na^+ } H^+ }	11,4	719	$C_6H_5O_7^{--}$	15,20
38	citricum tribasicum *(citrat)*	$Na_3(C_6H_5O_7) + 2\,H_2O$	294,11	3,40	720^{25}	1670^{100}	10,19	235	Na^+	10,19	643	$C_6H_5O_7^{--}$	13,60
39		$Na_3(C_6H_5O_7) + 5½\,H_2O$	357,17	2,80	s.g.	s.g.	8,40	193	Na^+	8,40	529	$C_6H_5O_7^{--}$	11,20
40	hyposulfurosum *(thiosulfat)*	$Na_2S_2O_3$	158,11	6,32	500	2310^{100}	12,65	291	Na^+	12,65	709/406	$S_2O_3^{--}$ / S	18,97
41	*lacticum *(lactat)* **	$Na(C_3H_5O_3)$	112,06	8,92	s.g.		8,92	205	Na^+	8,92	795	$C_3H_5O_3^-$	17,85
42	oxydatum *(oxyd)* *	Na_2O	61,98	16,13	d	d	32,26	742	Na^+				
43	paraaminosalicylicum	$Na(C_7H_6O_3N) + 2\,H_2O$	211,16	4,74	?	?	4,74	109	Na^+	4,74	720	$C_7H_6O_3N^-$	9,47
44	phosphoricum monobasicum *(monorthophosphat)*	$NaH_2PO_4 + H_2O$	138,00	7,25	599^{0}	427^{100}	7,25 } 7,25 }	167 } 7,3 }	Na^+ } H^+ }	14,49	696/224	HPO_4^{--} / P	21,74
45		$NaH_2PO_4 + 2\,H_2O$	156,01	6,41	710^{0}	390^{83}	6,41 } 6,41 }	147 } 6,5 }	Na^+ } H^+ }	12,82	615/199	HPO_4^{--} / P	19,23
46	phosphoricum bibasicum	Na_2HPO_4	141,97	7,04			14,08	324	Na^+	14,08	676/218	HPO_4^{--} / P	21,13
47	sicc. *(diorthophosphat)*	$Na_2HPO_4 + 2\,H_2O$	178,00	5,62	1000^{50}	1170^{80}	11,24	258	Na^+	11,24	539/174	HPO_4^{--} / P	16,85
48		$Na_2HPO_4 + 12\,H_2O$	358,16	2,79	41,5	874^{34}	5,58	128	Na^+	5,58	268/86,5	HPO_4^{--} / P	8,38
49	salicylicum *(salicylat)*	$Na(C_7H_5O_3)$	160,11	6,25	1110^{15}	1250^{25}	6,25	144	Na^+	6,25	856	$C_7H_5O_3^-$	12,49
50	sulfuricum sicc. *(sulfat)*	Na_2SO_4	142,05	7,04	$47,6^{0}$	427^{100}	14,08	324	Na^+	14,08	676/226	SO_4^{--} / S	21,12
51	*(Glaubersalz)*	$Na_2SO_4 + 10\,H_2O$	322,21	3,10	110^{0}	927^{30}	6,21	143	Na^+	6,21	298/100	SO_4^{--} / S	9,31
52	**Phosphorus, P, Phosphor** Vgl. Calcium (12), Kalium (24, 25) u. Natrium (44–48)		30,975	123,92 (P_4)	–	–	vgl. S. 294						
53	**Sulfur, S, Schwefel** Vgl. Calcium (8), Magnesium (31) und Natrium (40, 50, 51)		32,066	256,53 (S_8)	–	–	vgl. S. 294						

* Die Aufnahme von Oxyden erfolgte im Hinblick auf die vielfach noch verwendeten älteren Nahrungsmitteltabellen.
** 1 g Natriumbicarbonat entspricht dem Natriumgehalt von 1,33 g Natriumlactat. 1 g Natriumlactat entspricht dem Natriumgehalt von 0,75 g Natriumbicarbonat.
*** Unter Annahme einer vollständigen Dissoziation.
1) Nach HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958). Die hochgestellten Zahlen geben die Temperatur in °C. – s.g. bedeutet sehr gut löslich, d = Zerfall.

Vgl. S. 287–290

Gegeben: Milliosmol eines aufgelösten Stoffes unter Annahme einer vollständigen Dissoziation.
Gesucht: Gewicht und Millimol (mmol) der undissoziierten Substanz, Milligrammäquivalente (mval) und Gewicht des Kations und des Anions.

	10 mosm Substanz entsprechen		Undissoziierte Substanz		Kation			Anion		
			g	mmol	mval	mg		mval	mg	
	Calcium, Ca, Kalzium									
2	aceticum hydrat.	$Ca(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$	0,587	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	394	$C_2H_3O_2^-$
3		$Ca(C_2H_3O_2)_2 + 2\ H_2O$	0,647	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	394	$C_2H_3O_2^-$
4	chloratum hydrat.	$CaCl_2 + 2\ H_2O$	0,490	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	236	Cl^-
5	crystallisatum	$CaCl_2 + 6\ H_2O$	0,730	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	236	Cl^-
6	citricum	$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 + 4\ H_2O$	1,141	2	12	241	Ca^{++}	12	756	$C_6H_5O_7^{--}$
7	glyconicum	$Ca(C_6H_{11}O_7)_2 + H_2O$	1,495	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	1301	$C_6H_{11}O_7^-$
8	hyposulfurosum	$CaS_2O_3 + 6\ H_2O$	1,302	5	10	200	Ca^{++}	10	561	$S_2O_3^{--}$
									321	S
9	lacticum	$Ca(C_3H_5O_3)_2 + 5\ H_2O$	1,028	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	594	$C_3H_5O_3^-$
10	laevulicum	$Ca(C_5H_7O_3)_2 + 2\ H_2O$	1,021	3⅓	6⅔	134	Ca^{++}	6⅔	767	$C_5H_7O_3^-$
12	phosphoricum bibasicum	$CaHPO_4 + 2\ H_2O$	0,861	5	10	200	Ca^{++}	10	480	HPO_4^{--}
									155	P
	Chlorinum, Cl, Chlor									
14	Acidum hydrochloricum dilutum 10%									
	1 g	(0,1 g HCl/g)	1,823	5	5	5	H^+	5	177	Cl^-
	1 ml	(0,1047 g HCl/ml)	1,741	5	5	5	H^+	5	177	Cl^-
15	Ammonium chloratum	NH_4Cl	0,268	5	5	90	NH_4^+	5	177	Cl^-
	Vgl. auch Calcium (4, 5), Kalium (20), Magnesium (27) und Natrium (36)									
	Kalium, K, Potassium									
17	aceticum	$K(C_2H_3O_2)$	0,491	5	5	196	K^+	5	295	$C_2H_3O_2^-$
18	bicarbonicum	$KHCO_3$	0,501	5	5	196	K^+	5	305	HCO_3^-
19	bromatum	KBr	0,595	5	5	196	K^+	5	400	Br^-
20	chloratum	KCl	0,373	5	5	196	K^+	5	177	Cl^-
21	citricum tribasicum	$K_3(C_6H_5O_7) + H_2O$	0,811	2½	7½	293	K^+	7½	473	$C_6H_5O_7^{--}$
22	glyconicum	$K(C_6H_{11}O_7)$	1,171	5	5	196	K^+	5	976	$C_6H_{11}O_7^-$
24	phosphoricum monobasicum	KH_2PO_4	0,454	3⅓	3⅓	130	K^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
									103	P
25	phosphoricum bibasicum sicc.	K_2HPO_4	0,581	3⅓	6⅔	261	K^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
									103	P
	Magnesium, Mg									
27	chloratum	$MgCl_2$	0,317	3⅓	6⅔	81	Mg^{++}	6⅔	236	Cl^-
28		$MgCl_2 + 6\ H_2O$	0,678	3⅓	6⅔	81	Mg^{++}	6⅔	236	Cl^-
31	sulfuricum	$MgSO_4 + 7\ H_2O$	1,233	5	10	122	Mg^{++}	10	480	SO_4^{--}
									160	S
	Natrium, Na, Sodium									
33	aceticum	$Na(C_2H_3O_2) + 3\ H_2O$	0,681	5	5	115	Na^+	5	295	$C_2H_3O_2^-$
34	bicarbonicum	$NaHCO_3$	0,420	5	5	115	Na^+	5	305	HCO_3^-
35	bromatum	NaBr	0,515	5	5	115	Na^+	5	400	Br^-
36	chloratum	NaCl	0,292	5	5	115	Na^+	5	177	Cl^-
37	citricum bibasicum	$Na_2H(C_6H_5O_7) + 1\frac{1}{4}\ H_2O$	0,658	2½	5	115	Na^+	7½	473	$C_6H_5O_7^{--}$
38	citricum tribasicum	$Na_3(C_6H_5O_7) + 2\ H_2O$	0,735	2½	7½	173	Na^+	7½	473	$C_6H_5O_7^{--}$
39		$Na_3(C_6H_5O_7) + 5½\ H_2O$	0,893	2½	7½	173	Na^+	7½	473	$C_6H_5O_7^{--}$
40	hyposulfurosum	$Na_2S_2O_3$	0,527	3⅓	6⅔	153	Na^+	6⅔	374	$S_2O_3^{--}$
									214	S
41	lacticum	$Na(C_3H_5O_3)$	0,560	5	5	115	Na^+	5	445	$C_3H_5O_3^-$
43	paraaminosalicylicum	$Na(C_7H_6O_3N) + 2\ H_2O$	1,056	5	5	115	Na^+	5	761	$C_7H_6O_3N^-$
44	phosphoricum monobasicum	$NaH_2PO_4 + H_2O$	0,460	3⅓	3⅓	77	Na^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
45		$NaH_2PO_4 + 2\ H_2O$	0,520	3⅓	3⅓	77	Na^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
									103	P
46	phosphoricum bibasicum sicc.	Na_2HPO_4	0,473	3⅓	6⅔	153	Na^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
									103	P
47		$Na_2HPO_4 + 2\ H_2O$	0,593	3⅓	6⅔	153	Na^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
									103	P
48		$Na_2HPO_4 + 12\ H_2O$	1,194	3⅓	6⅔	153	Na^+	6⅔	320	HPO_4^{--}
									103	P
49	salicylicum	$Na(C_7H_5O_3)$	0,801	5	5	115	Na^+	5	686	$C_7H_5O_3^-$
50	sulfuricum sicc.	Na_2SO_4	0,474	3⅓	6⅔	153	Na^+	6⅔	320	SO_4^{--}
									107	S
51		$Na_2SO_4 + 10\ H_2O$	1,074	3⅓	6⅔	153	Na^+	6⅔	320	SO_4^{--}
									107	S
52	**Phosphorus, P, Phosphor** Vgl. Calcium (12), Kalium (24, 25) und Natrium (44–48)									
53	**Sulfur, S, Schwefel** Vgl. Calcium (8), Magnesium (31) und Natrium (40, 50, 51)									

Wässerige Lösungen – Umrechnungsfaktoren für Elektrolyte III

In Zusammenarbeit mit A. F. Essellier und P. Jeanneret, Medizinische Universitätsklinik Zürich (Prof. W. Löffler)

Vgl. S. 287–290

a) **Gegeben:** Gewicht der anorganischen Ionen. **Gesucht:** entsprechendes Gewicht des Salzes. – Linke Spalte.
b) **Gegeben:** Milliäquivalente der Ionen. **Gesucht:** entsprechendes Gewicht des Salzes. – Rechte Spalte.

Anorganische Ionen

	1 g = 49,90 mval Calcium++, Ca++, Kalzium++ entspricht:			**1 mval = 20,04 mg Calcium++, Ca++, Kalzium++ entspricht:**		
2	4,396 g	Calcium aceticum	$Ca(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$	88,09 mg	Calcium aceticum	$Ca(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$
3	4,845 g		$Ca(C_2H_3O_2)_2 + 2\,H_2O$	97,10 mg		$Ca(C_2H_3O_2)_2 + 2\,H_2O$
4	3,668 g	Calcium chloratum hydrat.	$CaCl_2 + 2\,H_2O$	75,51 mg	Calcium chloratum hydrat.	$CaCl_2 + 2\,H_2O$
5	5,466 g	cryst.	$CaCl_2 + 6\,H_2O$	109,55 mg	cryst.	$CaCl_2 + 6\,H_2O$
6	4,745 g	Calcium citricum	$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 + 4\,H_2O$	95,09 mg	Calcium citricum	$Ca_3(C_6H_5O_7)_2 + 4\,H_2O$
7	11,187 g	Calcium glyconicum	$Ca(C_6H_{11}O_7)_2 + H_2O$	224,20 mg	Calcium glyconicum	$Ca(C_6H_{11}O_7)_2 + H_2O$
8	6,495 g	Calcium hyposulfurosum	$CaS_2O_3 + 6\,H_2O$	130,15 mg	Calcium hyposulfurosum	$CaS_2O_3 + 6\,H_2O$
9	7,692 g	Calcium lacticum	$Ca(C_3H_5O_3)_2 + 5\,H_2O$	154,15 mg	Calcium lacticum	$Ca(C_3H_5O_3)_2 + 5\,H_2O$
10	7,463 g	Calcium laevulicum	$Ca(C_5H_7O_3)_2 + 2\,H_2O$	153,17 mg	Calcium laevulicum	$Ca(C_5H_7O_3)_2 + 2\,H_2O$
12	4,294 g	Calcium phosphoricum bibasicum	$CaHPO_4 + 2\,H_2O$	86,05 mg	Calcium phosphoricum bibasicum	$CaHPO_4 + 2\,H_2O$
13	**1 g = 28,20 mval Chlorinum⁻, Cl⁻, Chlor⁻ entspricht:**			**1 mval = 35,457 mg Chlorinum⁻, Cl⁻, Chlor⁻ entspricht:**		
14	10,28 g bzw. 9,551 ml Acidum hydrochloricum dilutum 10%			364,7 mg bzw. 348,28 µl Acidum hydrochloricum dilutum 10%		
15	1,509 g	Ammonium chloratum	NH_4Cl	53,50 mg	Ammonium chloratum	NH_4Cl
4	2,073 g	Calcium chloratum hydrat.	$CaCl_2 + 2\,H_2O$	73,51 mg	Calcium chloratum hydrat.	$CaCl_2 + 2\,H_2O$
5	3,090 g	cryst.	$CaCl_2 + 6\,H_2O$	109,55 mg	cryst.	$CaCl_2 + 6\,H_2O$
20	2,103 g	Kalium chloratum	KCl	74,56 mg	Kalium chloratum	KCl
27	1,343 g	Magnesium chloratum	$MgCl_2$	47,62 mg	Magnesium chloratum	$MgCl_2$
28	2,867 g		$MgCl_2 + 6\,H_2O$	101,67 mg		$MgCl_2 + 6\,H_2O$
36	1,649 g	Natrium chloratum	NaCl	58,45 mg	Natrium chloratum	NaCl
16	**1 g = 25,58 mval Kalium+, K+, Potassium+ entspricht:**			**1 mval = 39,10 mg Kalium+, K+, Potassium+ entspricht:**		
17	2,510 g	Kalium aceticum	$K(C_2H_3O_2)$	98,15 mg	Kalium aceticum	$K(C_2H_3O_2)$
18	2,560 g	Kalium bicarbonicum	$KHCO_3$	100,12 mg	Kalium bicarbonicum	$KHCO_3$
19	3,044 g	Kalium bromatum	KBr	119,02 mg	Kalium bromatum	KBr
20	1,907 g	Kalium chloratum	KCl	74,56 mg	Kalium chloratum	KCl
21	2,766 g	Kalium citricum tribasicum	$K_3(C_6H_5O_7) + H_2O$	108,14 mg	Kalium citricum tribasicum	$K_3(C_6H_5O_7) + H_2O$
22	5,991 g	Kalium glyconicum	$K(C_6H_{11}O_7)$	234,25 mg	Kalium glyconicum	$K(C_6H_{11}O_7)$
24	3,481 g	Kalium phosphoricum monobasicum	KH_2PO_4	136,09 mg	Kalium phosphoricum monobasic.	KH_2PO_4
25	2,227 g	Kalium phosphoricum bibasicum	K_2HPO_4	87,09 mg	Kalium phosphoricum bibasicum	K_2HPO_4
	1 g Kohlendioxyd, CO_2, entspricht 1,387 g = 22,72 mval Bicarbonationen (HCO_3^-)			**1 mval = 61,02 mg Bicarbonationen** (HCO_3^-) entspricht 44,01 mg Kohlendioxyd (CO_2)		
	1 Vol.% Kohlendioxyd, CO_2, entspricht bei 0° C und 760 Torr (mm Hg) 27,40 mg/l = 0,449 mval/l Bicarbonationen (HCO_3^-)*			**1 mval/l = 61,02 mg/l Bicarbonationen** (HCO_3^-) entspricht bei 0° C und 760 Torr (mm Hg) 2,23 Vol.% Kohlendioxyd (CO_2)*		
26	**1 g = 82,24 mval Magnesium++, Mg++ entspricht:**			**1 mval = 12,16 mg Magnesium++, Mg++ entspricht:**		
27	4,707 g	Magnesium chloratum	$MgCl_2$	47,62 mg	Magnesium chloratum	$MgCl_2$
28	8,361 g		$MgCl_2 + 6\,H_2O$	101,67 mg		$MgCl_2 + 6\,H_2O$
31	10,136 g	Magnesium sulfuricum	$MgSO_4 + 7\,H_2O$	123,25 mg	Magnesium sulfuricum	$MgSO_4 + 7\,H_2O$
32	**1 g = 43,48 mval Natrium+, Na+ entspricht:**			**1 mval = 22,991 mg Natrium+, Na+ entspricht:**		
33	5,918 g	Natrium aceticum	$Na(C_2H_3O_2) + 3\,H_2O$	136,09 mg	Natrium aceticum	$Na(C_2H_3O_2) + 3\,H_2O$
34	3,654 g	Natrium bicarbonicum	$NaHCO_3$	84,01 mg	Natrium bicarbonicum	$NaHCO_3$
36	2,542 g	Natrium chloratum	NaCl	58,45 mg	Natrium chloratum	NaCl
37	5,721 g	Natrium citricum bibasicum	$Na_2H(C_6H_5O_7) + 1\frac{1}{2}\,H_2O$	131,56 mg	Natrium citricum bibasicum	$Na_2H(C_6H_5O_7) + 1\frac{1}{2}\,H_2O$
38	4,263 g	Natrium citricum tribasicum	$Na_3(C_6H_5O_7) + 2\,H_2O$	98,04 mg	Natrium citricum tribasicum	$Na_3(C_6H_5O_7) + 2\,H_2O$
39	5,177 g		$Na_3(C_6H_5O_7) + 5\frac{1}{2}\,H_2O$	119,06 mg		$Na_3(C_6H_5O_7) + 5\frac{1}{2}\,H_2O$
40	3,438 g	Natrium hyposulfurosum	$Na_2S_2O_3$	79,06 mg	Natrium hyposulfurosum	$Na_2S_2O_3$
41	4,873 g	Natrium lacticum	$Na(C_3H_5O_3)$	112,06 mg	Natrium lacticum	$Na(C_3H_5O_3)$
43	9,182 g	Natrium paraaminosalicylicum	$Na(C_7H_6O_3N) + 2\,H_2O$	211,16 mg	Natrium paraaminosalicylicum	$Na(C_7H_6O_3N) + 2\,H_2O$
44	6,002 g	Natrium phosphoricum monobasicum	$NaH_2PO_4 + H_2O$	138,00 mg	Natrium phosphoricum monobasic.	$NaH_2PO_4 + H_2O$
45	6,784 g		$NaH_2PO_4 + 2\,H_2O$	156,01 mg		$NaH_2PO_4 + 2\,H_2O$
46	3,087 g	Natrium phosphoricum bibasicum	Na_2HPO_4	70,98 mg	Natrium phosphoricum bibasicum	Na_2HPO_4
47	3,780 g		$Na_2HPO_4 + 2\,H_2O$	89,00 mg		$Na_2HPO_4 + 2\,H_2O$
48	7,788 g		$Na_2HPO_4 + 12\,H_2O$	179,08 mg		$Na_2HPO_4 + 12\,H_2O$
49	6,962 g	Natrium salicylicum	$Na(C_7H_5O_3)$	160,11 mg	Natrium salicylicum	$Na(C_7H_5O_3)$
50	3,089 g	Natrium sulfuricum	Na_2SO_4	71,02 mg	Natrium sulfuricum	Na_2SO_4
51	7,006 g		$Na_2SO_4 + 10\,H_2O$	161,10 mg		$Na_2SO_4 + 10\,H_2O$
52	**1 g Phosphorus, P, Phosphor entspricht:**			Bei pH 4,3 entspricht **1 g Phosphor,** P, 32,28 mval $H_2PO_4^-$-Ionen, und **1 mval $H_2PO_4^-$**-Ionen entspricht 30,98 mg Phosphor**.		
12	5,555 g	Calcium phosphoricum bibasicum	$CaHPO_4 + 2\,H_2O$			
24	4,393 g	Kalium phosphoricum monobasicum	KH_2PO_4			
25	5,622 g	Kalium phosphoricum bibasicum	K_2HPO_4			
44	4,455 g	Natrium phosphoricum monobasicum	$NaH_2PO_4 + H_2O$	Bei pH 9,6 entspricht **1 g Phosphor,** P, 64,56 mval HPO_4^{--}-Ionen, und **1 mval HPO_4^{--}-Ionen** entspricht 15,49 mg Phosphor.		
45	5,036 g		$NaH_2PO_4 + 2\,H_2O$			
46	4,583 g	Natrium phosphoricum bibasicum	Na_2HPO_4	Bei pH 7,4 und 38° C entspricht **1 g anorganischer Phosphor** 58,1 mval Phosphationen, und **1 mval Phosphationen** entspricht 17,21 mg Phosphor (anorganisch)[1].		
47	5,746 g		$Na_2HPO_4 + 2\,H_2O$			
48	11,563 g		$Na_2HPO_4 + 12\,H_2O$			
53	**1 g Sulfur, S, Schwefel entspricht:**			**1 g Sulfur, S, Schwefel** entspricht 62,37 mval SO_4^{--} und **1 mval SO_4^{--}** entspricht 16,03 mg Schwefel.		
8	4,059 g	Calcium hyposulfurosum	$CaS_2O_3 + 6\,H_2O$			
31	7,687 g	Magnesium sulfuricum	$MgSO_4 + 7\,H_2O$			
40	2,466 g	Natrium hyposulfurosum	$Na_2S_2O_3$			
50	4,430 g	Natrium sulfuricum	Na_2SO_4			
51	10,049 g		$Na_2SO_4 + 10\,H_2O$			
				Bei pH 7,4 und 38° C und einem Albumin-Globulin-Quotienten von 1,8 entspricht **1 g Serumproteine** 0,241 Basen-mval ionisierter Serumproteine, und **1 Basen-mval** ionisierter Serumproteine entspricht 4,15 g Serumproteine[2].		

* Die hier angeführten Umrechnungsfaktoren (0,449 bzw. 2,23) von Vol.% CO_2 in mmol CO_2/l oder mval CO_2/l (Bicarbonat-CO_2) und umgekehrt sind vom Molvolumen dieses Gases abgeleitet (22,257 Liter bei 0° C und 760 Torr [mm Hg]). Der in der medizinischen Literatur oft verwendete Umrechnungsfaktor von 2,24 basiert irrtümlicherweise auf dem Molvolumen idealer Gase (22,412 Liter). Der Unterschied zwischen den beiden Faktoren ist für praktische Zwecke unwesentlich. Der gleiche Faktor (festgesetzt auf 2,226) wird im Kapitel «Synopsis des Blutes – Blutgase» verwendet.

** Basenäquivalenz der Phosphate bei pH-Werten zwischen 4,3 und 9,6, also auch bei den physiologischerweise vorhandenen pH-Werten von 4,8–7,4 im Harn.

1) Nach Edlbacher und Leuthardt, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 14. Aufl., Berlin (1959).

2) Nach Van Slyke et al., *J. biol. Chem.*, **79**, 768 (1928).

Von A. F. Essellier und P. Jeanneret, Medizinische Universitätsklinik Zürich (Prof. W. Löffler)[1]

Literatur siehe S. 298

Die Zusammenstellung auf S. 298 und 299 gibt eine Übersicht gebräuchlicher Infusionslösungen mit der Angabe des Natrium-, Kalium- und Chloridgehaltes sowie des Lactat- oder Bicarbonat- bzw. Ammoniumionengehaltes. Die (ideale) Osmolarität* (vgl. S. 287–289) gibt einen überschlägigen Aufschluß über die Abweichungen der Lösungen von der Isotonie. Die einzelnen Lösungen und Gruppen von Lösungen werden anschließend kurz besprochen, mit besonderer Berücksichtigung der parenteralen Kaliumzufuhr. Der Magnesium-, Calcium- und Phosphatersatz, dessen klinische Bedeutung im Rahmen der parenteralen Flüssigkeits- und Elektrolytersatztherapie noch weiterer Abklärung bedarf, wurde in dieser Diskussion nicht speziell berücksichtigt. Auf kommerzielle Infusionslösungen konnte in dieser Übersicht nicht eingegangen werden.

Es handelt sich hier nicht um ein therapeutisches Schema, sondern um eine Übersicht der wichtigsten in der Literatur angeführten Lösungen. Die hier gewählte einheitliche Darstellung des Ionengehaltes und der osmotischen Konzentration ermöglicht einen Vergleich und eine Auswahl der Lösungen. Für die praktische Infusionstherapie müssen einige gutgeeignete Grundlösungen zur Verfügung stehen, die in verschiedenen Kombinationen (mit getrennten Zusatzampullen für die hochdosierte Calcium- und Kaliumtherapie) allen Indikationen der parenteralen Wasser-, Kalorien- und Elektrolytersatztherapie genügen. Die klinisch wichtigen Lösungen zur parenteralen Kalorienzufuhr in Form von Glucose, Fructose, Aminosäuren und Alkohol sowie die Ersatzstoffe für Plasmakolloide (Dextranlösungen usw.), die mit der Elektrolyt- und Wasserzufuhr in engstem praktischem Zusammenhang stehen, sind in dieser Tabelle nicht einbezogen.

Wenn mit den Infusionen eine Kalorienzufuhr durch Kohlenhydrate erwünscht ist, können alle angeführten Lösungen für die intravenöse Zufuhr mit Glucose, Fructose oder Invertzucker bis zu einer Gesamtkonzentration von 900 bis maximal 1200 mmol/l angereichert werden (je 100 g/l Glucose oder Fructose = 555 mmol/l). Vgl. auch S. 291.

Ad. A. Physiologische Lösungen (Tabellen auf S. 298 und 299)

Sogenannte physiologische Lösungen streben die Isotonie mit dem Serum oder eine dem Serum ähnliche Zusammensetzung an. Keine dieser Bedingungen ist für die intravenöse Elektrolyttherapie von Belang.

Isotonie. Eine *strenge* Isotonie ist nur in der experimentellen Medizin zur Perfusion isolierter Organe notwendig. In der Klinik ist sie für subkutane Infusionen erwünscht, um Gewebereizungen zu vermeiden. Bei intravenöser Verabreichung kommt es aber zu einer raschen Verdünnung der Infusionslösungen, so daß bedeutende Abweichungen von der Isotonie ohne Reizung der Venenwand möglich sind. Gut toleriert werden zum Beispiel 20%ige Invertzuckerlösungen (etwa 1110 mosm/l), 2–2½%ige Kochsalzlösung (513–769 mosm/l), Mischungen zum Beispiel von 10%iger Glucoselösung mit 3 g Kaliumchlorid und 4 g Kochsalz (772 mosm/l).

Eine Infusionslösung ist definitionsgemäß mit dem Serum isotonisch, wenn sie die gleiche Gefrierpunktserniedrigung wie die Blutflüssigkeit aufweist (Δt, 0,56°, vgl. Diskussion dieses Wertes in Michaels und Münzel[1]). Auf S. 287–289 findet der Leser Definition und Anleitung zur Berechnung der osmotischen Konzentration. Isotonische osmotische Konzentrationen für einige Elektrolyte sind hier zusammengestellt.

	Osmotische Konzentration*			
	in 1000 g Wasser		in 1 Liter Lösung	
	mmol	g	mmol	g
Natriumchlorid**	325	9,5	325	9,5 (0,95%ig)
Ammoniumchlorid	327	8,75	325	8,7 (0,87%ig)
Natriumbicarbonat	314	13,2	312	13,1 (1,31%ig)
Glucose**	298	53,8	289	52,0 (5,20%ig)

In der Tabelle auf S. 298 und 299 sind für Natriumchlorid (0,95%), Natriumbicarbonat (1,40%) und Glucose (5,25%) die Werte nach Michaels und Münzel[1] eingesetzt. Die Werte für die isotonische Natriumlactat- (1,75%) und die Ammoniumchloridlösung (0,83%) basieren auf Messungen von Jeanneret et al.[2]. Die Vorschrift der *Pharm. Dan. IX* für die isotonische Natriumlactatlösung ist 1,72% (siehe Waldoe[3]).

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die üblichen Elektrolytinfusionslösungen bei einer Osmolarität* von etwa 310–330 mmol/l isotonisch sind, die Glucoselösung bei rund 290 mmol/l. Die in der letzten Spalte der folgenden Tabelle (S. 298 und 299) angegebenen Osmolaritäten* erlauben eine rasche, wenn auch nur angenäherte Beurteilung der osmotischen Verhältnisse.

Wenn Elektrolyte mit einer Glucoselösung kombiniert werden, um eine zusätzliche Kalorienzufuhr zu ermöglichen, so muß die Osmolarität* der Elektrolyte zu derjenigen der Glucose addiert werden. Eine 5,25%ige (isotonische) Glucoselösung entspricht 291 mmol/l, eine 10%ige Glucoselösung 555 mmol/l.

Ionische Zusammensetzung. Eine isotonische Infusionslösung ist eigentlich nur dann «physiologisch», wenn sie die gleiche Zusammensetzung wie das Blutserum aufweist. Aus der Tabelle S. 298 ist ersichtlich, daß die unter A angeführten Lösungen in ihrer Zusammensetzung von derjenigen des Blutserums (vgl. «Wasser- und Elektrolythaushalt») zum Teil stark abweichen. Bei der Infusionstherapie an nierengesunden Patienten ist dies belanglos, weil die Niere die überschüssigen Ionen ausscheidet und damit Verschiebungen in der ionischen Zusammensetzung der extrazellulären Flüssigkeit verhindert. Oft ist es im Gegenteil angezeigt, Lösungen, die in ihrer Zusammensetzung vom Blutserum abweichen, zu infundieren, um eine genügende Zufuhr der erwünschten Mineralbestandteile zu ermöglichen. Für die experimentelle Perfusion isolierter Organe hingegen ist das gegenseitige Verhältnis der Kationen Na+, K+ und Ca++ sehr wesentlich.

— *Ad A 1.* Die sogenannte physiologische Kochsalzlösung enthält die Na- und Cl-Ionen im Verhältnis von 1:1, während diese Ionen im Serumwasser ungefähr im Verhältnis von 3:2 vorliegen (vgl. «Wasser- und Elektrolythaushalt»). Bei großen Infusionsmengen sowie bei beeinträchtigter Nierenfunktion wirkt diese Lösung deshalb ansäuernd[4].

— *Ad A 2.* Die isotonische Natriumlactat-Kochsalz-Lösung (modifiziert nach Butler und Darrow[5, 6]) ist «physiologisch» sowohl in bezug auf die Isotonie als auf das Verhältnis der Na- und Cl-Ionen.

— *Ad A 3.* a) Die sehr gebräuchliche Traubenzucker-Kochsalz-Lösung ist nicht nur für die Deckung des Natrium- und Chlorbedarfs, sondern auch *teilweise* des Wasserbedarfs zu verwenden, der sich mit isotonischer Kochsalzlösung nur zum Teil decken läßt.

Die Glucose bzw. Fructose der Glucose-, Fructose- oder Invertzuckerlösungen wird im Stoffwechsel verbraucht und das Lösungswasser somit für die Bedürfnisse des Wasserhaushaltes freigegeben.

b) Die Lösung a) kann dadurch verbessert werden, daß an Stelle von 1 Volumen isotonische Kochsalzlösung 1 Volumen isotonische Natriumlactat-Kochsalz-Lösung (Nr. 2) verwendet wird.

Die Infusionslösungen 3a und b können auch mit Glucose, Fructose oder Invertzucker 10–20%ig statt 5,25%ig zubereitet werden, wenn man eine größere Kalorienzufuhr wünscht, was praktisch immer der Fall ist. Diese Infusionslösungen sind dann aber hypertonisch und eignen sich deshalb nicht für die subkutane Zufuhr. An Stelle von Glucoselösung werden heute in zunehmendem Maße Fructoselösungen verwendet, da Fructose besser und schneller verwertet wird als Glucose (auch vom Diabetiker!).

Wenn die Glucosezufuhr unerwünscht ist, wird die Kochsalzlösung statt mit Glucose mit destilliertem Wasser verdünnt. Diese hypotonische Lösung eignet sich dann allerdings nicht für die subkutane Verabreichung.

— *Ad A 4.* In der Ringerschen Lösung ist das Verhältnis von Na- und Cl-Ionen dasselbe wie in der gewöhnlichen Kochsalzlösung; ihr Kaliumgehalt ist zu gering, um den täglichen Bedarf zu decken; für die Kaliumersatztherapie kommt diese Lösung daher gar nicht in Betracht. Diese und ähnliche Lösungen (Tyrode, Ringer-Locke usw., siehe Zusammenstellung in Michaels und Münzel[1] und Hartmann[7], sowie Lösungen mit Magnesium und Phosphatzusatz[7–10]) sind für physiologisch-experimentelle Zwecke, das heißt für die Perfusion isolierter Organe, ferner für cytologische Arbeiten notwendig. Der klinische Wert dieser Gruppe von Infusionslösungen, welche in ihrer Zusammensetzung das Blutserum nachahmen, steht nicht fest, da die Rolle der Calcium-, Phosphat- und Magnesiumionen im Rahmen der parenteralen Wasser- und Elektrolytersatztherapie noch nicht genügend abgeklärt ist und die Zufuhr dieser Ionen mit Infusionsflüssigkeiten zur Zeit noch vorwiegend auf theoretischen Erwägungen beruht.

— *Ad A 5.* In der Ringer-Lactat-Lösung[7] ist das Verhältnis der Na- und Cl-Ionen-Konzentration physiologisch. Sie ist deshalb bei großen Infusionen, besonders bei acidotischer Stoffwechsellage, der gewöhnlichen Ringerschen oder Kochsalzlösung vorzuziehen.

* Osmotische Konzentration (ideal), unter Annahme einer vollständigen Dissoziation der Elektrolyte. Vgl. S. 287–289.

** Vgl. auch S. 291.

Bemerkungen zur Tabelle auf S. 298 und 299 (Fortsetzung)

— *Ad A 6.* Diese Lösung enthält Natrium und Chlorid im «physiologischen» Verhältnis von etwa 14:10 und Calciumionen in der Serumkonzentration. Kalium und Magnesium sind in doppelt so hoher Konzentration als im Serum enthalten. Die Kaliumkonzentration dieser Lösung ist knapp genügend, um den normalen Bedarf mit Infusionslösungen zu decken (siehe weiter unten). Wegen ihres höheren Kaliumgehaltes bedeutet diese Lösung für den klinischen Gebrauch aber doch einen Fortschritt gegenüber den RINGERschen Lösungen. Die Lösung nach Fox enthält aber kein Phosphat.

Ad B. Lösungen zur Therapie der metabolischen Acidose und Alkalose

Die ansäuernde bzw. alkalisierende Wirkung eines Salzes beruht auf der metabolischen Verwertung des Kations oder Anions, wobei das gegensinnig geladene Ion zurückbleibt. Das Lactation wird zur Hauptsache in der Leber zu Glycogen, das Ammoniumion zu Harnstoff umgewandelt.

— *Ad B 1. Natriumlactat*lösungen werden heute für die Zubereitung von Infusionslösungen an Stelle von Natriumbicarbonat viel verwendet, da sie haltbar und leicht zu sterilisieren sind. Im Gegensatz dazu lassen sich *Natriumbicarbonat*lösungen nicht sterilisieren; zur Herstellung von sterilen Lösungen muß man von Natriumbicarbonat in Trockenampullen ausgehen. Diese werden erst unmittelbar vor Gebrauch in der auf Körpertemperatur vorgewärmten Infusionsflüssigkeit durch leichtes Schütteln aufgelöst. 1 g Natriumbicarbonat entspricht 1,33 g Natriumlactat, und 1 g Natriumlactat entspricht 0,75 g Natriumbicarbonat. Die Bicarbonat- oder Lactatlösungen werden in der Regel mit Glucoselösung oder mit destilliertem Wasser verdünnt verabfolgt. Die Kombination mit Glucoselösung kommt besonders bei renaler Acidose in Betracht. Die alkalinisierende Wirkung des Natriumlactats ist bei fortgeschrittenem Leberschaden beeinträchtigt, wenn der Abbau des Lactations verzögert ist[11].

— *Ad B 2.* Die intravenöse Ammoniumchloridbehandlung von alkalotischen Zuständen wurde von BODANSKY[12] eingehend besprochen. Theoretisch könnte die intravenöse Ammoniumchloridverabreichung bei bestehender Lebererkrankung wegen des verzögerten Abbaus des Ammoniumions[11] zu vorübergehenden toxischen Erscheinungen führen. Praktisch müßte es sich um eine fortgeschrittene Leberparenchymschädigung handeln, da die Umwandlung von Ammoniumsalzen in Harnstoff sogar in der durchströmten isolierten Leber weitergeht (LÖFFLER[13]).

Da weder eine plötzliche Alkalinisierung noch Ansäuerung erwünscht ist, werden diese Lösungen praktisch nie als solche, sondern in Mischung mit anderen Lösungen verabreicht.

Die *praktische Berechnung* der Menge der theoretisch zu verabreichenden ansäuernden bzw. alkalinisierenden Infusionslösungen[12, 14] basiert beim Erwachsenen auf einem durchschnittlichen Körperwassergehalt von 50% (vgl. «Wasser- und Elektrolythaushalt») sowie auf einer gleichmäßigen intra- und extrazellulären Verteilung des Bicarbonations[15]. Solche Berechnungen geben naturgemäß nur ein grob angenähertes Bild der Infusionsmengen, besonders da die Frage der intrazellulären Konzentration des Bicarbonats noch nicht abgeklärt ist[16] (HASTINGS, zitiert in [11], S. 24) und weil Chlorionen sich nicht auf das ganze Körperwasser verteilen[17].

Um diese Berechnungen zu erleichtern, rechnet man in Millival (vgl. S. 287–289).

Bei einem durchschnittlichen Wassergehalt von 50% (siehe «Wasser- und Elektrolythaushalt») erhöhen bzw. erniedrigen 0,5 mval alkalinisierender bzw. ansäuernder Ionen je Kilogramm Körpergewicht theoretisch die «Alkalireserve» um 1 mval/l = 2,23 Vol.%. In der elften Spalte der Tabelle ist für jede Infusionslösung der Gehalt an Lactat- oder Bicarbonat- bzw. Ammoniumionen angegeben, so daß die erforderliche Infusionsmenge zur Erreichung der erwünschten Veränderung der «Alkalireserve» größenordnungsmäßig ermittelt werden kann. Beispielsweise sollten demnach bei einem 70 kg schweren Patienten zur Erhöhung bzw. Senkung der «Alkalireserve» um 6 mval/l: $70 \times 6 \times 0{,}5 = 210$ mval Lactat- oder Bicarbonat- bzw. Ammoniumionen verabreicht werden. Um zu verhindern, daß eine Acidose in eine Alkalose übergeht, ist davon abzuraten, mit einer alkalinisierenden Lösung eine völlige Normalisierung der «Alkalireserve» zu erstreben[16]. Alkalinisierende Lösungen sollen nicht ohne Kaliumsalz verabfolgt werden.

Da beim Kind mit einem höheren Wassergehalt von 66% gerechnet wird, ergibt die Berechnung in der Pädiatrie etwas höhere Infusionsmengen[18, 19]. Die Abweichungen zwischen der berechneten und gefundenen Wirkung alkalinisierender[18, 19] und ansäuernder Verbindungen[17] können erheblich sein, da die obige Annäherungsrechnung verschiedene wesentliche Faktoren nicht berücksichtigt.

Bei *diabetischer Acidose* sind die Ansichten über die Zweckmäßigkeit einer intensiven Alkalitherapie geteilt. Nach BLAND[20], BUTLER[8, 9], JOSLIN et al.[21] und andern ist Zurückhaltung angezeigt; namentlich sollten keine größeren Mengen von Natriumsalzen ohne Kaliumsalze verabfolgt werden. HARTMANN et al.[22] berichten dagegen über ausgezeichnete Resultate bei der intensiven Lactatbehandlung des diabetischen Comas. Es besteht kein Zweifel, daß bei diabetischer Ketose mit stark erniedrigter Alkalireserve eine mäßige Alkalitherapie angezeigt ist, da der Nachweis erbracht wurde, daß die Insulinwirkung durch die Acidose gehemmt wird[23–25] und die Acidose blutzuckersteigernd wirkt[62].

Ad C. Lösungen für die Kaliumersatztherapie

Kaliumzufuhr und *-ausscheidung.* Die durchschnittliche tägliche Kaliumzufuhr und -ausscheidung beträgt bei normaler Kost 77 bis 102 mval (3–4 g), bei kaliumreicher Kost kann sie auf mehr als das Doppelte ansteigen. Bei völlig fehlender Kaliumzufuhr kann dessen Konzentration im Harn beim gesunden Erwachsenen bis auf 1,6 mval/l (6,3 mg%) absinken (nach FOURMAN[27]). Schwerkranke zeigen aber im Harn selten tiefere Kaliumwerte als im Serum[28]; es ist nachgewiesen, daß die tubuläre Rückresorption des Kaliums durch Stoffwechselstörungen, insbesondere acidotische Zustände und Streß, beeinträchtigt werden kann[27]. Diese mangelhafte Regulation erklärt die Häufigkeit der Kaliumverarmung bei kaliumloser Infusionstherapie, sofern nicht genügend Kalium per os mit der Nahrung oder in medikamentöser Form[21] zugeführt wird. Kaliumdefizite entstehen auch beim Verlust von Flüssigkeiten des Verdauungstraktes (Drainagen, Durchfall, Erbrechen). Bei der Infusionsbehandlung des Coma diabeticum sind hochgradige Defizite möglich, die für den Erwachsenen 300–400 mval (11,8–15,7 g) Kalium betragen können. Weitere wichtige Ursachen von hypokaliämischen Zuständen sind die Zufuhr von alkalinisierenden Natriumsalzen und die Behandlung mit hochdosierten Nebennierenrindenhormonen (vgl. Corticotropin).

Prophylaxe des Kaliummangels. Bei reiner parenteraler Ernährung sollten *intravenös* wenigstens 30–40 mval (1,2–1,6 g) Kalium je Tag verabreicht werden, vorausgesetzt, daß es nur mit dem Harn ausgeschieden wird und keine anderen Kaliumverluste durch Erbrechen, Durchfall usw. bestehen und keine alkalinisierenden Natriumsalze oder Nebennierenrindenhormone gegeben werden. Wenn keine perorale Zufuhr von Kaliumsalzen möglich ist, läßt sich der Bedarf auf einfache Weise durch Zugabe von etwa 15–30 mval (0,6–1,2 g) Kaliumionen je Liter Infusionslösung decken. Diese Lösung soll nicht rascher als im Verlaufe von 4 Stunden verabreicht werden (etwa 83 Tropfen je Minute). Bei dieser Tropfenzahl und Konzentration ist die Kaliumverabreichung völlig gefahrlos[29].

Behandlung des Kaliummangels. Für die Behandlung eines schon bestehenden Kaliummangels muß zwischen *akuter* und *chronischer* Verarmung unterschieden werden. Bilanzstudien ergeben, daß der Kaliummangel bei einem akuten Defizit größenordnungsmäßig 1,5–5 g (38–130 mval) beträgt, bei chronischem Kaliummangel kann er 10–20 g (260–520 mval)[30], in Ausnahmefällen bis 39 g (1000 mval)[31] betragen. Zur Behebung der Kaliumdefizite müssen jedoch größere Mengen verabreicht werden, um der täglichen Ausscheidung Rechnung zu tragen. Bei einer täglichen Kaliumzufuhr von maximal 8–10 g, in Fällen mit erhaltener Diurese, dauert es stets mehrere Tage, bis das Defizit ausgeglichen ist. Im schweren diabetischen Coma sollten nach MARTIN[30] während der ersten 2 Tage 6–8 g Kalium (153–205 mval) verabreicht werden, anfangs intravenös, dann so bald als möglich peroral. Nach TARAIL und ELKINTON[28] können in Fällen von ausgesprochenem Mangel bei erhaltener Diurese täglich bis zu 3,7 mval Kalium (145 mg) je Kilogramm Körpergewicht, nach DARROW und PRATT[6] bis zu 3 mval (117 mg) je Kilogramm infundiert werden.

Infusionsvorschriften. Bei erhaltener Diurese, und wenn keine Nebennierenrindeninsuffizienz besteht, beruht eine mögliche Toxizität nicht auf der im Verlaufe von 24 Stunden verabreichten Gesamtmenge, sondern liegt an der Schnelligkeit der intravenösen Zufuhr.

Beim Erwachsenen sollten nach TARAIL und ELKINTON[28, 31] nicht mehr als 20 mval Kalium (782 mg) je Stunde infundiert werden; eine Konzentration von 80 mval Kalium (3,12 g) je Liter Infusionslösung wird von diesen Autoren als ungefährlich betrachtet. KÜHLMAYER[32] hat gezeigt, daß bis 1 g (25,6 mval) Kalium je Stunde intravenös verabreicht werden kann, ohne daß es zu einem bedeutenden Anstieg des Serumkaliumspiegels kommt. Nach Bo-

Bemerkungen zur Tabelle auf S. 298 und 299 (Fortsetzung)

DANSKY[12] ist bei langsamer Verabreichung eine Konzentration von 40–90 mval Kalium (1,6–3,5 g) je Liter Infusionsflüssigkeit zulässig. DARROW und PRATT[6] betrachten eine Kaliumkonzentration von 36 mval (1,4 g) je Liter Infusionslösung als ungefährlich. Diese Autoren verdünnen die von ihnen angegebenen Lösungen in der pädiatrischen Praxis auf 12 mval/l. Mit den anfänglichen Infusionen bei der Behandlung des Coma diabeticum[6, 9, 33], während des ersten postoperativen Tages[34, 35], bei ausgesprochener Oligurie oder Anurie im traumatischen Schock oder nach größeren Muskelverletzungen[33] ist eine Kaliumzufuhr nicht angezeigt.

Wir empfehlen, für die Therapie von Kaliummangelzuständen je Liter Infusionslösung routinemäßig 30 mval (etwa 1,2 g) Kalium im Verlaufe von 4 Stunden zu verabfolgen (83 Tropfen je Minute*). Der Vergleich mit den obenerwähnten Autoren zeigt, daß man sich mit dieser Dosierung weit außerhalb der Toxizitätsgrenze befindet. Bei ausgesprochener Hypokaliämie kann ohne weiteres die doppelte Dosis gegeben werden.

Wahl des Kaliumsalzes. Mit Ausnahme von Zuständen mit renaler hyperchlorämischer Acidose bestehen keine Kontraindikationen für die Zufuhr von Kaliumchlorid, dem gebräuchlichsten Kaliumsalz. Als alkalinisierende Kaliumsalze kommen Kaliumlactat[8], -acetat[36–38] und -gluconat[39] in Betracht.

Weil der intrazelluläre Kaliumverlust auch mit einem Phosphatverlust verbunden ist, wird in neueren Arbeiten eine gepufferte Kaliumphosphatmischung im Verhältnis monobasisches zu bibasischem Phosphat 1:4,5 empfohlen[31, 40]. Da aber Infusionslösungen nicht mehr als 0,2 g Phosphor je Liter enthalten sollten[9], müssen Mischungen von Phosphaten mit andern Kaliumsalzen verwendet werden.

DAVIDSEN, KJERULF-JENSEN et al.[41, 42] haben auf Grund ihrer Beobachtungen bei der Verabreichung von Kaliumphosphatlösungen die Regel aufgestellt, daß nicht mehr als 1 mval Phosphat je 3 mval Kalium gegeben werden soll. Bei zu hoher Phosphatzufuhr haben diese Autoren das Auftreten von Hyperphosphatämie und Hypocalcämie mit tetanischen Anfällen beobachtet[41].

Lösungen mit hohem Phosphatgehalt sind nur für die Behandlung von ausgeprägten Kaliummangelzuständen indiziert, bei welchen die Wahrscheinlichkeit eines intrazellulären Phosphatverlustes besteht. Es ist nicht abgeklärt, ob diese vorwiegend auf theoretischer Basis begründete Phosphatzufuhr auch klinisch wichtig ist.

* Um die Anzahl Normaltropfen je Minute zu berechnen, die zur Verabreichung von *A* Litern Infusionslösungen je 24 Stunden notwendig sind, wird *A* mit 13,9 multipliziert. Die Formel gilt annähernd für einfache Elektrolyt- sowie Glucoselösungen bis zu 20%iger Konzentration.

Ad C 1 und 5. Mit den Kaliumlösungen nach DARROW[6] ist es möglich, die oben angegebene Kaliumtherapie beim Erwachsenen ohne allzu große Flüssigkeitsbelastung durchzuführen.

Ad C 2a. Bei der früheren *pädiatrischen* Lösung nach BUTLER[43] handelt es sich um eine hypertonische Glucoselösung (10%) mit sehr geringem Kalium-, Natrium- und Chlorgehalt. Beim Coma diabeticum ist diese Lösung kontraindiziert, solange eine nichtnormalisierte Glycämie besteht. Die Lösung enthält so wenig Kalium, daß bei Erwachsenen eine wirksame Kaliumersatztherapie nicht möglich ist, da sie nicht einmal den täglichen Kaliumbedarf zu decken vermag; sie enthält 0,04 g Phosphor je Liter als Phosphat.

Ad C 2b. Die neue pädiatrische Lösung nach BUTLER[9] eignet sich auch für die Behandlung des Erwachsenen. Nach BUTLER ist es beim Coma diabeticum in den ersten Behandlungsstunden nicht indiziert, diese magnesium-, kalium- und phosphatreiche Lösung zu verabreichen; der Autor empfiehlt als erstes die Zufuhr von etwa 1 Liter (beim Erwachsenen) einer zur Hälfte verdünnten Lactat-Kochsalz-Lösung (Lösung A2). Diese Lösung enthält 5,3 mval Magnesium je Liter und 0,21 g Phosphor je Liter.

Ad C 3 und 6, siehe oben, Bemerkungen über die Phosphatzufuhr. Beide Lösungen figurieren auch in der *Pharm. Dan. IX* (siehe in [3, 44]).

Ad C 4 und 7. Diese Lösungen enthalten zuviel Phosphat (1,03 g Phosphor je Liter); in Lösung Nr. 4 liegt Kalium ausschließlich als Kaliumphosphat vor; dies führt bei hoher Kaliumdosierung zu einer übertriebenen Phosphatzufuhr[41]. In Lösung 7 liegen von insgesamt 82,1 mval Kalium 41,8 als Phosphat vor, während nicht mehr als 1 von 3 mval Kalium als Kaliumphosphat gegeben werden sollten[41]. Der Kaliumgehalt der Lösung 7 ist an der oberen Grenze der zulässigen Konzentration.

Ampullenlösungen. Für die Prophylaxe sowie für die Therapie von Kaliummangelzuständen können Ampullenlösungen zu 30–40 mval Kalium je Liter verwendet werden. Als übliche Dosierung empfehlen wir, eine Ampulle auf 1 Liter Tropfinfusion in 4 Stunden zu verabreichen (83 Tropfen je Minute). (Wahl des Kaliumsalzes, siehe oben.)

Ad D. Elektrolytersatz bei Verlust von Sekreten des Verdauungstraktes

Die Lösungen D 1 und D 2 sind dem durchschnittlichen Gehalt an Natrium-, Kalium- und Chlorionen in den Sekreten des Verdauungstraktes angenähert (vgl. auch «Wasser- und Elektrolythaushalt»). Die gleichen Elektrolytmengen können auch in 5- bis 10%iger Glucoselösung verabfolgt werden, wenn eine zusätzliche Kalorienzufuhr erwünscht ist.

Anhang: Natrium-, Kalium- und Chloridgehalt von konserviertem Blut und Plasma

	Na^+		K^+		Cl^-	
	mval	mg	mval	mg	mval	mg
Anfänglicher Gehalt des Plasmas einer *frischen Blutkonserve*:						
Mit Anticoagulanslösung 1 (Natrium citricum tribasicum [$5\frac{1}{2}$ H_2O] 258,5 g, Acidum citricum 76,1 g, Glycosum 333,3 g, Aqua dest. ad 10 000 ml):						
je 400 ml Konserve etwa	43	990	0,850	30	17,5	620
je Liter Konservenplasma etwa	165	3800	3,300	130	67,5	2400
Mit Anticoagulanslösung 2 (Natrium citricum tribasicum [$5\frac{1}{2}$ H_2O] 160 g, Acidum citricum 47 g, Glycosum 250 g, Aqua dest. ad 10 000 ml):						
je 400 ml Konserve etwa	36	830	0,850	30	17,5	620
je Liter Konservenplasma etwa	138	3180	3,30	130	67,5	2400
Gehalt einer *Trockenplasmakonserve* zu rund 250 ml wiederhergestelltes Citratplasma:						
je Konserve etwa	34	780	0,9	40	18	640
je Liter Plasma der Plasmakonserve etwa	137	3150	3,5	140	72	2560

Wiederhergestelltes Trockenplasma sowie das Plasma frischer Blutkonserven enthalten die Elektrolyte des Spenderplasmas, zu welchen der Elektrolytgehalt der Anticoagulanslösung hinzukommt. Da der Elektrolytspiegel und der Hämatokritwert des Spenderblutes nicht bekannt sind, kann der Elektrolytgehalt von konserviertem Blut und Plasma nur annähernd angegeben werden. Die in der Tabelle errechneten Werte von Blut- und Plasmakonserven des *Blutspendedienstes des Schweizerischen Roten Kreuzes* basieren auf den durchschnittlichen Normalwerten für Natrium, Kalium und Chlorid im Serum (vgl. «Wasser- und Elektrolythaushalt»), einem Hämatokrit von 45% und einem Mischungsverhältnis von etwa 310 ml Blut mit 90 ml Anticoagulanslösung für Blut zur Gewinnung von Trockenplasma.

Nach 10 Tagen zweckmäßiger Konservierung oder schon nach kürzerer Zeit kann sich der Kaliumgehalt des Plasmas der Blutkonserve durch Austritt von Zellkalium auf das Doppelte, nach 20 Tagen auf das Vierfache erhöhen oder noch höhere Werte erreichen[45, 46].

Auch in frischen Blutkonserven ist die Kaliumkonzentration im Plasma sehr unterschiedlich. Untersuchungen haben gezeigt, daß

in gelöstem Trockenplasma hingegen die Kaliumkonzentration weitgehend mit dem aus dem Mischungsverhältnis von Anticoagulanslösung und Blut errechneten Wert übereinstimmt, weil Trockenplasma meist rasch nach Entnahme aus dem Spenderblut gewonnen wird, so daß kein nennenswerter Austritt von Zellkalium stattfinden kann.

Literatur: *1)* MICHAELS und MÜNZEL, *Pharm. Acta Helvet.*, **24**, 58, 199 (1949). *2)* JEANNERET et al., *Helv. med. Acta*, **21**, 191 (1954). *3)* WALDOE, M., *Svensk farm. T.*, **55**, 332 (1951), Referat LAUBER und MÜNZEL, in: *Schweiz. ApothZtg*, **91**, 833 (1953). *4)* BLACK, D. A. K., *Lancet*, **1**, 353 (1953). *5)* BUTLER und TALBOT, *New. Engl. J. Med.*, **231**, 585, 621 (1944). *6)* DARROW und PRATT, *J. Amer. med. Ass.*, **143**, 365, 432 (1950). *7)* HARTMANN, A. F., *J. Amer. med. Ass.*, **103**, 1349 (1934). *8)* BUTLER, A. M., *Acta paediat. (Uppsala)*, **38**, 59 (1949). *9)* BUTLER, A. M., *New Engl. J. Med.*, **243**, 648 (1950). *10)* COOKE und CROWLEY, *New Engl. J. Med.*, **246**, 637 (1952). *11)* PETERS und VAN SLYKE, *Quantitative Clinical Chemistry*, Bd. 1, *Interpretations*, 2. Aufl., Baltimore (1946). *12)* BODANSKY, O., *Amer. J. med. Sci.*, **218**, 567 (1949). *13)* LÖFFLER, W., *Biochem. Z.*, **85**, 230 (1918). *14)* MADDOCK, W. G., *Ohio St. med. J.*, **45**, 462 (1949). *15)* PETERS, J. P., *Body Water. The Exchange of Fluids in Man*, Springfield (1935). *16)* DARROW und PRATT, *J. Pediat.*, **41**, 688 (1952). *17)* GOLDFINCH und HOLT, *Lancet*, **2**, 801 (1953). *18)* HARTMANN und SENN, *J. clin. Invest.*, **11**, 327 (1932). *19)* HARTMANN et al., *J. Pediat.*, **13**, 692 (1938). *20)* BLAND, J. H., *The Clinical Use of Fluid and Electrolyte*, Philadelphia (1952). *21)* JOSLIN et al., *The Treatment of Diabetes Mellitus*, 9. Aufl., Philadelphia (1952). *22)* HARTMANN und ERGANIAN, *J. Pediat.*, **31**, 274 (1947). *23)* GUEST, G. M., *Amer. J. Med.*, **7**, 630 (1949). *24)* GUEST et al., *Diabetes*, **1**, 276 (1952). *25)* FRANÇOIS und RUITON-UGLIENGO, *Presse méd.*, **62**, 867 (1954). *26)* MARKEES und MENCZER, *Schweiz. med. Wschr.*, **75**, 255 (1945). *27)* FOURMAN, P., *Lancet*, **1**, 1042 (1952). *28)* TARAIL und ELKINTON, *J. clin. Invest.*, **28**, 99 (1949). *29)* LANS et al., *Surg. Gynec. Obstet.*, **95**, 321 (1952). *30)* MARTIN et al., *J. Amer. med. Ass.*, **147**, 24 (1951). *31)* ELKINTON und TARAIL, *Amer. J. Med.*, **9**, 200 (1950). *32)* KÜHLMAYER, R., *Arch. klin. Chir. (Langenbecks)*, **271**, 475 (1952). *33)* PLATTNER, C. H., *Le métabolisme du potassium et ses perturbations*, Paris (1954). *34)* ELIEL et al., *New Engl. J. Med.*, **243**, 471 (1950). *35)* RANDALL et al., *Surgery*, **26**, 341 (1949). *36)* MUDGE et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **71**, 136 (1949). *37)* WINFIELD et al., *Ann. Surg.*, **134**, 626 (1951). *38)* FOX et al., *J. Amer. med. Ass.*, **148**, 827 (1952). *39)* BERNARD, A., *Science*, **113**, 751 (1951). *40)* ELMAN und WEICHSELBAUM, *Ann. Surg.*, **135**, 164 (1952). *41)* DAVIDSEN et al., *Lancet*, **1**, 375 (1951). *42)* DAVIDSEN und KJERULF-JENSEN, *Lancet*, **2**, 17 (1951). *43)* BUTLER et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **72**, 481 (1946). *44)* KOEFOED, H., Referat MÜNZEL, K., in *Schweiz. ApothZtg*, **92**, 93 (1954). *45)* BEST und TAYLOR, *Physiological Basis of Medical Practice*, 6. Aufl., Baltimore (1950). *46)* WEISBERG, H. F., *Water, Electrolyte and Acid-Base Balance*, Baltimore (1953).

Übersicht gebräuchlicher Infusionslösungen zur parenteralen Wasser- und Elektrolyttherapie †

Vgl. Bemerkungen auf S. 295–297, Literatur siehe oben

Lösung*	Na+		K+		Ca++		Mg++		Cl−		Lactat⁻- oder Bicarbonat⁻- bzw. Ammonium⁺-ionen	Phosphor	Osmolarität (ideal) ***
	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mmol/l
A. «Physiologische» Lösungen													
1. Isotonische Kochsalzlösung (0,95%)	162,5	3733							162,5	5767	0		325
2. Isotonische Natriumlactat**-Kochsalz-Lösung: 1 Volumen Natriumlactatlösung (1,75%) + 2 Volumen Kochsalzlösung (0,95%) (Natrium lacticum 5,83 g, Natrium chloratum 6,33 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	160,3	3683							108,3	3842	— 52,0		321
3. a) Glucose-Kochsalz-Lösung: 2 Volumen isotonische Glucoselösung (5,25%) + 1 Volumen isotonische Kochsalzlösung (0,95%) (Glycosum 35,0 g, Natrium chloratum 3,16 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	54,1	1242							54,1	1918	0		302
b) Glucose-Natriumlactat-Kochsalz-Lösung: 2 Volumen isotonische Glucoselösung (5,25% + 1 Volumen isotonische Natriumlactat-Kochsalz-Lösung (Glycosum 35,0 g, Natrium lacticum 1,94 g, Natrium chloratum 2,11 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	53,4	1227							36,1	1290	— 17,3		301
4. RINGERsche Lösung nach BEST und TAYLOR[45] (Natrium chloratum 9,00 g, Kalium chloratum 0,40 g, Calcium chloratum crystallisatum 0,25 g, Natrium bicarbonicum 0,20 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	156,4	3592	5,4	210	2,3	46			161,7	5738	— 2,4		324
5. RINGER-Lactat-Lösung nach HARTMANN[7] (Natrium chloratum 6,00 g, Natrium lacticum 3,05 g, Kalium chloratum 0,40 g, Calcium chloratum crystallisatum [6 H_2O] 0,20 g, Magnesium chloratum [6 H_2O] 0,20 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	129,8	2983	5,4	210	1,8	37	2,0	24,0	111,8	3967	— 27,2		276
6. Lösung nach FOX et al.[37, 38]. Vorschrift nicht angegeben. Organische Anionen als Lactat und Acetat, insgesamt 55 mval/l	140	3220	10	390	5	100,2	3	36,5	103	3660	— 55		316
B. Lösungen zur Behebung acidotischer bzw. alkalotischer Zustände													
Acidosebehandlung													
1. Isotonische Natriumlactatlösung** (1,75%) (Natrium lacticum 17,5 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	156,1	3587									—156,1		312

*, **, *** siehe Fußnoten auf nächster Seite.

† Zusammengestellt von A. F. ESSELLIER und P. JEANNERET, Medizinische Universitätsklinik Zürich (Prof. W. LÖFFLER).

Lösung*	Na+		K+		Ca++		Mg++		Cl−		Lactat−- oder Bicarbonat−- bzw. Ammonium+-ionen	Phosphor	Osmolarität (ideal) ***
	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mmol/l
Alkalosebehandlung													
2. Isotonische Ammoniumchloridlösung (0,83%) (Ammonium chloratum 8,30 g, Aqua dest. ad 1000 ml)									155,1	5503	+ 155,1		310
C. Lösungen für die Kaliumersatztherapie													
Bei Acidose sowie bei normaler Alkalireserve zu verabreichen													
1. Lösung nach DARROW[6, 12, 31] (Kalium chloratum 2,70 g, Natrium lacticum** 5,80 g, Natrium chloratum 4,00 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	120,2	2761	36,2	1417					104,7	3713	— 51,7		313
Beim Kleinkind wird nach DARROW 1 Volumen dieser Lösung mit 2 Volumen isotonischer Glucoselösung infundiert	40,7	920	12,1	472					34,9	1238	— 17,2		mit Glucose 5,25%: 299
2. a) Pädiatrische Lösung nach BUTLER[43] (Kalium chloratum 0,89 g, Kalium phosphoricum bibasicum siccum 0,25 g, Natrium lacticum** 2,24 g, Natrium chloratum 0,58 g, Sol. glycosi 10% ad 1000 ml)	29,9	687	14,8	580					21,9	775	— 20,0	44,5	643
b) Neue pädiatrische Lösung nach BUTLER[9] (Kalium chloratum 1,0 g, Kalium phosphoricum bibasicum siccum 1,0 g, Natrium lacticum 2,8 g, Natrium chloratum 1,8 g, Natrium phosphoricum monobascium [NaH_2PO_4 + 1 H_2O] 0,14 g, $MgCl_2$ 0,25 g, Sol. glycosi 2–10% ad 1000 ml). (Das $MgCl_2$ muß getrennt sterilisiert werden)	56,8	1304	24,9	974			5,3	63,8	49,5	1755	— 25,0	209,4	ohne Glucose 167
3. Lösung nach DAVIDSEN und KJERULF-JENSEN[42] (Kalium chloratum 3,8 g, Natrium phosphoricum monobasicum [NaH_2PO_4 + 2 H_2O)] 0,3 g, Natrium phosphoricum bibasicum [Na_2HPO_4 + 2 H_2O] 1,2 g, Natrium chloratum 5,4 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	107,8	2476	51,0	1995					143,4	5087	0	269	313
4. Lösung nach ELKINTON und TARAIL[31] (Kalium phosphoricum bibasicum siccum 4,5 g, Kalium phosphoricum monobasicum 1,0 g, Natrium chloratum 5,5 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	94,1	2162	59,0	2307					94,1	3339	0	1029	288
Bei Alkalose sowie bei normaler Alkalireserve zu verabreichen													
5. Lösung nach DARROW[6] (Kalium chloratum 2,70 g, Natrium chloratum 6,00 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	102,6	2358	36,2	1418					138,8	4927	0		278
Beim Kleinkind wird nach DARROW 1 Volumen dieser Lösung mit 2 Volumen isotonischer Glucoselösung verdünnt	34,2	786	12,0	473					46,3	1642	0		mit Glucose 5,25%: 287
6. Lösung nach DAVIDSEN und KJERULF-JENSEN[42] (Kalium chloratum 3,8 g, Natrium phosphoricum monobasicum [NaH_2PO_4 + 2 H_2O] 0,3 g, Natrium phosphoricum bibasicum [Na_2HPO_4 + 2 H_2O] 1,2 g, Natrium lacticum 10,3 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	107,3	2465	51,0	1995					51,0	1809	— 91,9	269	312
7. Lösung nach ELKINTON und TARAIL[31] (Kalium chloratum 3,0 g, Natrium chloratum 4,2 g, Kalium phosphoricum bibasicum siccum 3,2 g, Kalium phosphoricum monobasicum 0,7 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	71,9	1651	82,1	3213					112,1	3977	0	729,2	295
D. Lösungen zum Ersatz von Sekretflüssigkeiten des Verdauungstraktes													
1. Lösung zum Ersatz von Magensaft[10] (Natrium chloratum 3,70 g, Kalium chloratum 1,30 g, Ammonium chloratum 3,74 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	63,3	1454	17,4	683					150,6	5344	+ 69,9		301
2. Lösung zum Ersatz von alkalischen Sekreten (Galle, Pancreas- und Dünndarmsekret)[10] (Natrium lacticum** 5,60 g, Natrium chloratum 5,10 g, Kalium chloratum 0,90 g, Aqua dest. ad 1000 ml)	137,2	3152	12,1	473					99,4	3524	— 50,0		299

* Alle Prozentangaben der Tabelle beziehen sich auf Gramm Substanz in 100 ml Lösung.

** Wenn kein Natriumlactat zur Verfügung steht oder die Verabreichung von Lactat kontraindiziert ist, kann eine frisch zubereitete Natriumbicarbonatlösung verwendet werden: 1 *Trocken*ampulle zu 14 g Natriumbicarbonat, in 1 Liter sterilem destilliertem Wasser frisch gelöst, ergibt eine isotonische Natriumbicarbonatlösung (14 g Natrium bicarbonicum = 167 mval Na, 333 mmol Gesamtkonzentration) (siehe Bemerkungen zu B, S. 296). Für die Zubereitung von Lactatlösungen siehe WALDOE[3].

*** Konzentration aller osmotisch wirksamen Teilchen unter Annahme einer vollständigen Dissoziation der Elektrolyte. (Vgl. S. 287–289.)

Bestandteile der lebenden Materie

Kohlenhydrate ... 301
Monosaccharide ... 301
Die Stereochemie der Zucker ... 301
Zuckerphosphate ... 305
Mehrwertige Alkohole ... 305
Die primären Oxydationsprodukte von Kohlenhydraten ... 305
Oligosaccharide ... 305
Polysaccharide ... 305

Aminosäuren ... 319
Aminosäuren, die als Proteinbausteine vorkommen ... 320
Freie Aminosäuren ... 324

Nucleotide und verwandte Verbindungen ... 326
Nucleoside und Nucleotide ... 326
Nucleinsäuren ... 326

Porphyrine ... 341
Eisenporphyrine (Hämderivate) ... 341
Porphyrinkomplexe als prosthetische Gruppen ... 344
Gallenfarbstoffe ... 344
Chlorophyll ... 347
Cyanocobalamin (Vitamin B_{12}) ... 347
Abbauprodukte des Bilirubins und verwandte Verbindungen ... 348

Lipide ... 350
Fettsäuren ... 350
Fette (Triglyceride) ... 350
Resorption und Speicherung der Fette ... 351
Unverseifbare Anteile der Fette ... 351
Alkoxydiglyceride ... 351
Phospholipide ... 351
Glycerophosphatide ... 351
Sphingolipide ... 353
Lipidosen ... 353
Wachse ... 354
Aliphatische Carbonsäuren ... 355

Enzyme ... 361
Nomenklatur der Enzyme ... 361
Enzymspezifität ... 361
Mechanismus der Enzymwirkung ... 361
Enzymkinetik ... 361

Stoffwechsel ... 365

Allgemeine Betrachtungen ... 365
Energiestoffwechsel ... 365
Zellstoffwechsel ... 366
Energieliefernde Reaktionen ... 367
Zwischenstufen des Kohlenhydratabbaus ... 367
Der oxydative Fettabbau ... 369
Die Zwischenstufen des Aminosäureabbaus ... 371
Der Abbau einzelner Aminosäuren ... 373
Der Abbau anderer Nahrungsmittelbestandteile als Kohlenhydrate, Fettsäuren und Proteine ... 377
Übersicht über den Abbau der wichtigsten Nahrungsstoffe 379
Der Mechanismus biologischer Oxydationen ... 380
Die Schlüsselstellung des Adenosintriphosphats (ATP) bei biologischen Energieumwandlungen ... 381

Verdauungsenzyme ... 382
Proteolytische Enzyme (Proteasen) ... 382
Glycosidasen ... 382
Lipasen und Esterasen ... 382
Ribonucleasen und Desoxyribonucleasen ... 382

Synthese von Zellbestandteilen ... 395

Bildung von Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten aus Glucose ... 395
Der Pentosephosphat-Zyklus ... 395
Bildung von Glucuronsäure ... 397
Verlängerung von Kohlenstoffketten durch Anlagerung von Kohlendioxyd ... 398
Bildung von Lecithin und Cephalin ... 398
Bildung von Neutralfetten ... 398
Bildung von Cholesterin ... 399
Synthese und Metabolismus der Nebennierenrindensteroide ... 399
Synthese und Metabolismus der Östrogene ... 403
Bildung von Glutaminsäure ... 403
Bildung von Serin und Glycin aus Kohlenhydraten ... 403
Bildung von Prolin und Hydroxyprolin ... 403

Synthese von Zellbestandteilen aus Aminosäuren ... 404
Bildung von Purinen ... 405
Bildung der Porphyrine ... 407
Bildung von Creatin aus Glycin, Arginin und Methionin ... 407
Bildung von Glutathion ... 408
Bildung von Gallensäurekonjugaten ... 408
Bildung von Taurin ... 408
Bildung von Pyrimidinen ... 409
Bildung von Adrenalin und Noradrenalin aus Tyrosin ... 409
Bildung von Schilddrüsenhormonen ... 410
Bildung von Melaninen aus Tyrosin ... 410
Bildung und Abbau von 5-Hydroxytryptamin (Serotonin) 410
Synthese der Kohlenhydrate aus Aminosäuren und anderen, nicht aus Kohlenhydraten bestehenden Vorstufen (Gluconeogenese) ... 410

Entgiftungsmechanismen ... 412

Synthese von Harnstoff ... 412
Acetylierung von Aminen ... 414
Bildung von Glycinkonjugaten ... 415
Bildung von Schwefelsäureestern ... 415
Bildung von Phenacetylglutamin ... 415
Bildung von Mercaptursäuren ... 415

Dieser Abschnitt, «Bestandteile der lebenden Materie», entstand in Zusammenarbeit mit Professor Sir H. A. KREBS, Dr. K. BURTON, Dr. D. B. KEECH, Dr. H. L. KORNBERG, Dr. J. M. LOWENSTEIN und Dr. J. R. QUAYLE, Institut für Biochemie der Universität Oxford, England, und ist eine Übersetzung aus dem Englischen.

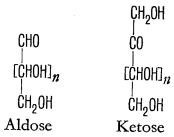
1. Kohlenhydrate[1]

Die Kohlenhydrate sind organische Verbindungen von der allgemeinen Formel $C_x(H_2O)_y$*, enthalten also Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis 2:1. Die Bezeichnung wird aber auch auf Reduktions- und Oxydationsprodukte der eigentlichen Kohlenhydrate sowie auf deren einfache Derivate, wie Amino- und phosphorylierte Zucker, angewandt.

Kohlenhydrate werden oft auch «Zucker» (Saccharide) genannt, da viele derselben einen süßen Geschmack aufweisen**. Dieser Ausdruck, der jedoch nur ungenau definiert ist und eine Vielfalt von Kohlenhydratverbindungen umfaßt, wird vom Zuckerchemiker nur zur Bezeichnung von Mono- und Oligosacchariden, nicht aber von Polysacchariden angewandt (siehe unten). Mono- und Oligosaccharide erhalten Eigennamen mit der Endung «-ose», zum Beispiel Glucose, Fructose, Lactose.

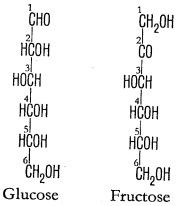
Monosaccharide (siehe auch S. 306–308)

Kohlenhydrate, die sich durch Hydrolyse nicht weiter spalten lassen, werden einfache Zucker oder Monosaccharide genannt und in Aldehydalkohole (Aldosen) und Ketonalkohole (Ketosen) eingeteilt. Sie haben die empirische Formel $[C(H_2O)]_n$.



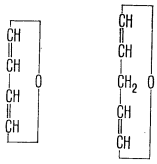
Aldose Ketose

Zucker mit einer Kettenlänge von 3, 4, 5, 6 usw. Kohlenstoffatomen nennt man Triosen, Tetrosen, Pentosen, Hexosen usw.*** Die Numerierung wird am Beispiel der Strukturen von Glucose und Fructose veranschaulicht.



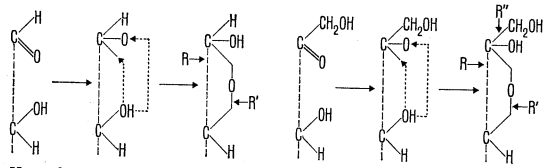
Glucose Fructose

Die offene Kettenstruktur der Zucker (Aldehyd- oder Ketonform) kommt normalerweise nur in wäßriger Lösung vor, wo sie eine Übergangsform im Gleichgewicht mit der Ringstruktur darstellt. Kohlenhydrate mit längeren Ketten haben in der Regel Ringstruktur, wobei der Ring mit wenigen Ausnahmen 5- oder 6gliedrig ist. In Analogie zu den ähnlichen heterozyklischen Verbindungen† Furan und Pyran werden diese Ringstrukturen als *Furanosen* und *Pyranosen* bezeichnet:



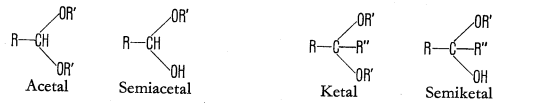
Furan Pyran

Der Ringschluß geschieht durch Reaktion der Hydroxylgruppe in 4- oder 5-Stellung mit der Carbonylgruppe, wobei Furanosen oder Pyranosen entstehen. Dabei bildet sich eine Sauerstoffbrücke zwischen den entsprechenden Kohlenstoffatomen und eine Hydroxylgruppe an der ursprünglichen Carbonylgruppe:



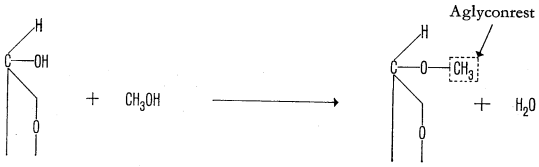
Kettenform (Aldose) Ringform Kettenform (Ketose) Ringform

Als Zwischenprodukt entsteht ein intramolekulares Semiacetal (bei Aldosen) oder Semiketal (bei Ketosen).



Acetal Semiacetal Ketal Semiketal

Die Hydroxylgruppe am Semiacetal- oder Semiketal-Kohlenstoffatom (C1 bzw. C2) ist besonders aktiv und wird als glycosidisches Hydroxyl bezeichnet. Dieses reagiert leicht mit alkoholischen oder phenolischen Gruppen anderer Moleküle, wobei mit Reaktionspartnern, die keine Zucker sind (Aglycone), die sogenannten *Glycoside* entstehen:



Zucker Aglycon (hier Methanol) Glycosid (Methylglycosid)

Findet die Reaktion mit einem anderen Zuckermolekül statt, so entsteht an Stelle des Glycosids ein Disaccharid (vgl. Oligo- und Polysaccharide, S. 305).

Die Stereochemie der Zucker

Die Stereochemie der Zucker und verwandter Verbindungen ist von besonderer Bedeutung für die Biochemie* und soll deshalb an dieser Stelle etwas genauer behandelt werden. Für genaue Einzelheiten siehe HONEYMAN[2].

Ein Kohlenstoffatom mit vier verschiedenen Substituenten, wie zum Beispiel C2 des Glycerinaldehyds, nennt man *asymmetrisch*. Da diese Anordnung mit ihrem Spiegelbild nicht gedeckt werden kann, entsteht durch diese Asymmetrie eine mit optischer Aktivität einhergehende Isomerie. Die zwei räumlich möglichen Konfigurationen der Substituenten werden leicht anschaulich, wenn man sich das Kohlenstoffatom im Zentrum eines regelmäßigen Tetraeders und die Valenzen auf die Ecken desselben gerichtet vorstellt. Die beiden möglichen Konfigurationen des Glycerinaldehyds in Abbildung 1 können auf keine Art und Weise miteinander gedeckt werden. Sie stehen zueinander in der gleichen Beziehung wie ein Objekt zu seinem Spiegelbild und werden als enantiomorphe Formen bezeichnet. An einem Kohlenstoffatom mit mindestens zwei gleichen Substituenten tritt keine solche Asymmetrie auf.

* Es gibt auch Verbindungen mit dieser Summenformel, die nicht in die Klasse der Kohlenhydrate gehören, wie zum Beispiel Essigsäure, Milchsäure, Phloroglucin.

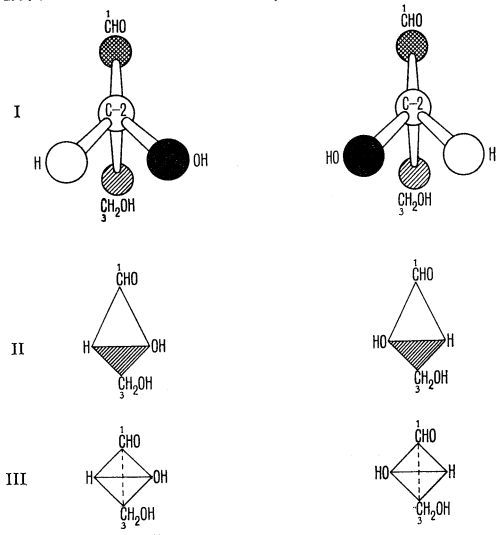
** Fructose ist der süßeste Zucker. Polysaccharide haben keinen Geschmack.

*** Nach BEILSTEIN (1938) werden diese Bezeichnungen von der Anzahl Sauerstoffatome abgeleitet. Für die «gewöhnlichen» Monosaccharide $[C(H_2O)]_n$ sind beide Nomenklaturen identisch, während sie bei substituierten und Desoxyzuckern verschieden sind. Im allgemeinen wird die auf die Anzahl Kohlenstoffatome Bezug nehmende Nomenklatur bevorzugt, da diese ein besseres Verständnis gestattet.

† Heterozyklen sind zyklische Verbindungen, deren Ringe neben Kohlenstoffatomen mindestens ein Atom eines anderen Elementes enthalten.

* Die Stereoisomerie ist in der Natur nicht nur im Fall der Kohlenhydrate, sondern für alle Verbindungen, die als Stereoisomere auftreten können, von Bedeutung. Diese besteht darin, daß die in der Natur vorkommenden Reaktionen meist nur spezifische Stereoisomeren synthetisieren oder abbauen und sich so in charakteristischer Weise von den Laboratoriumssynthesen unterscheiden. Eine Ursache für diese Besonderheit ist die Stereospezifität mancher Enzyme, wobei aber der grundlegende Mechanismus unbekannt ist.

Abb. 1 Die Stereoisomerie des Glycerinaldehyds



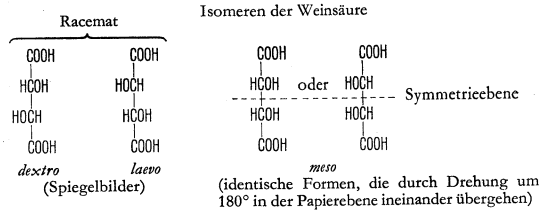
I Atommodelle.

II Tetraederdarstellung von I. Die C 1 und C 3 verbindende Kante des Tetraeders ist unsichtbar (in oder unter der Papierebene verlaufend) wie auch das im Tetraeder liegende, asymmetrische Kohlenstoffatom C 2.

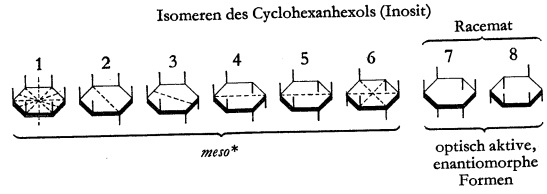
III Übliche Darstellung der Tetraeder. Die zwischen C 1 und C 3 in der Papierebene liegende Kante wird durch eine durchbrochene Linie, alle anderen über der Papierebene verlaufenden Kanten durch ausgezogene Linien dargestellt.

Enantiomorphe Isomere sind optisch aktiv, das heißt, in einer Lösung dreht das eine Isomere die Ebene des polarisierten Lichtes um den gleichen Betrag nach rechts, wie das andere Isomere die Ebene nach links dreht. Das Ausmaß der Drehung ist von der Schichtdicke (Länge des Polarimeterrohrs), der Wellenlänge des verwendeten polarisierten Lichtes, der Art des Lösungsmittels und dessen Temperatur abhängig*. Die Drehrichtung wurde ursprünglich durch die Vorsilben *dextro-* (*d-*) und *laevo-* (*l-*) bezeichnet. Die gleichbedeutenden Zeichen (+) und (−) werden heute bevorzugt**.

Bei Mischung zweier enantiomorpher Isomeren in gleicher Konzentration heben sich die Drehungen gegenseitig auf. Diese Art optisch *inaktiver* Verbindung wird *Racemat* genannt und mit der Bezeichnung *dl-* oder DL- versehen**. Das Racemat darf nicht mit der ebenfalls optisch inaktiven *Meso*form verwechselt werden, die dort vorkommt, wo in einem Molekül mit mehr als einem Asymmetriezentrum dieses als Ganzes ein Symmetriezentrum oder eine Symmetrieebene aufweist. Die verschiedenen Drehrichtungen heben sich in diesem Fall innerhalb des Moleküls auf (intramolekulare Kompensation). Diese racemischen und Mesoformen sind für die Beispiele der Weinsäure und des Cyclohexanhexols dargestellt:



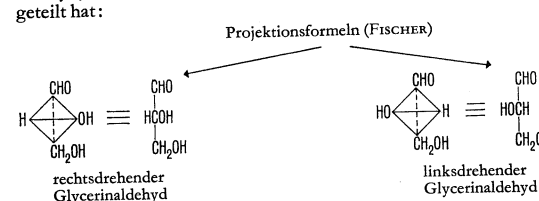
Isomeren des Cyclohexanhexols (Inosit)



(Die senkrechten Linien zeigen die Stellungen der OH-Gruppen, die durchbrochenen die Symmetrieebenen)

Mesoformen kommen bei Zuckern nicht vor, da die Carbonylgruppe auf der einen Seite des Ringes eine Mesosymmetrie verunmöglicht.

Die Einteilung der Kohlenhydratmoleküle geschieht nach deren Beziehungen zum einfachsten, optisch aktiven Zucker Glycerinaldehyd, dem ROSANOFF[3] willkürlich folgende Konfiguration zugeteilt hat:



(Steht die Carbonylgruppe oben, so wird für die rechtsdrehende Verbindung die Hydroxylgruppe am asymmetrischen Kohlenstoffatom rechts, für die linksdrehende Verbindung links geschrieben)

Zucker mit längeren Kohlenstoffketten werden durch wiederholtes Einschieben sekundärer Alkoholgruppen (–CHOH) an der Carbonylgruppe des rechts- oder linksdrehenden Glycerinaldehyds abgeleitet. Mit jedem weiteren Asymmetriezentrum wächst die Zahl der möglichen Isomeren, wobei die optische Drehung in bezug auf die vorangehende Verbindung zu- oder abnehmen, ja sogar die Richtung wechseln kann. Die Bezeichnungen *d-* oder *l-* für die Drehrichtung eines Zuckers zeigen also in keiner Weise an, ob sich dieser vom rechts- oder linksdrehenden Glycerinaldehyd ableitet. Die letztere Verwandtschaftsbeziehung wird durch die von ROSANOFF eingeführten Bezeichnungen D- und L- angegeben. Es werden alle diejenigen Zucker (und verwandte Verbindungen, wie die Weinsäure) der D-Reihe zugeteilt, bei denen die von der Hauptfunktion (das heißt Aldehyd-, Keto-, Carbonylgruppe usw.) am weitesten entfernte sekundäre Alkoholgruppe die gleiche räumliche Konfiguration hat wie der rechtsdrehende Glycerinaldehyd. Hat diese Alkoholgruppe eine dem linksdrehenden Glycerinaldehyd entsprechende Konfiguration, so wird die Verbindung der L-Reihe zugeteilt. Für den Fall der Weinsäure konnte neulich gezeigt werden, daß diese willkürlich angenommene Konfiguration mit der absoluten übereinstimmt, die von BIJVOET[4] mittels physikalischer Methoden bestimmt wurde. Die natürlich vorkommenden Zucker gehören mit wenigen Ausnahmen zur D-Reihe. Die Aldosen und Ketosen der D-Reihe bis zu einer Kettenlänge von 6 sind in den Abbildungen 2 und 3 zusammengestellt.

Da also die D- bzw. L-Bezeichnung keinen Anhaltspunkt für die Drehrichtung gibt, wird nötigenfalls das entsprechende Vorzeichen hinzugefügt, zum Beispiel D-(+)Glycerinaldehyd, D-(−)-Erythrose. Bei der Weinsäure gehört die rechtsdrehende Form zur L-Reihe, die linksdrehende zur D-Reihe, so daß also die entsprechenden Bezeichnungen L-(+)Weinsäure und D-(−)Weinsäure sind. D-Isomere sind zu den L-Isomeren enantiomorph und zeigen entgegengesetzte Drehung, so daß DL-Verbindungen also Racemate darstellen.

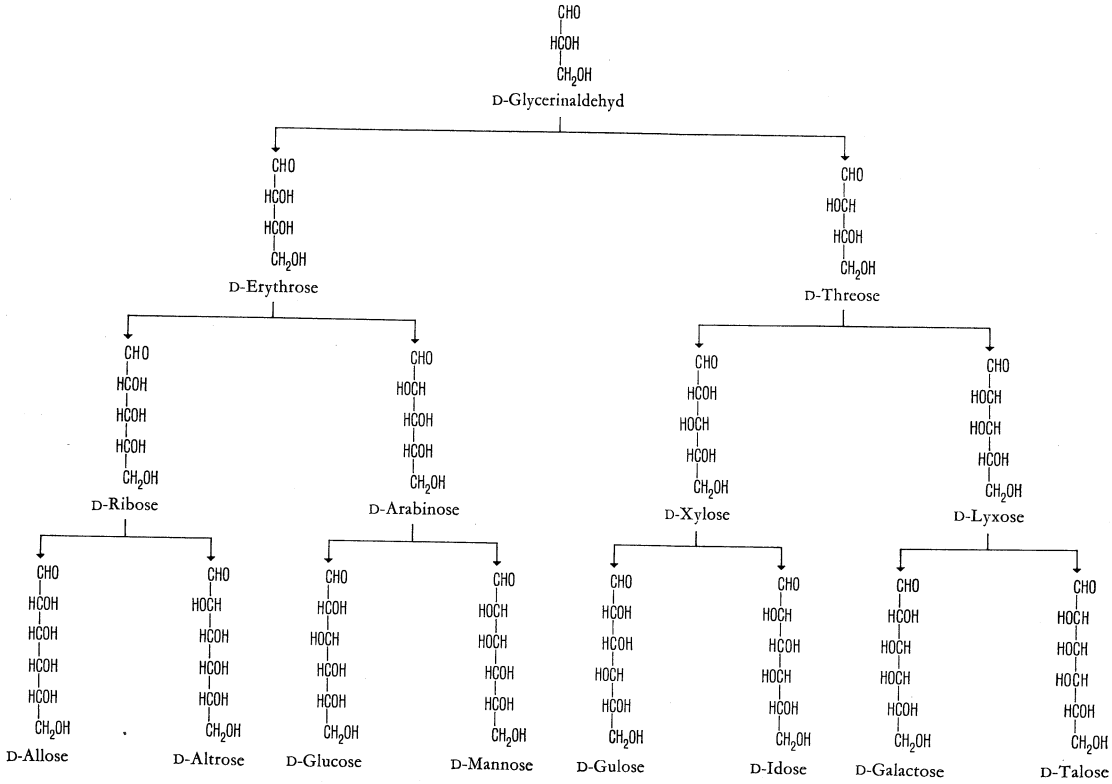
Durch Ringschluß eines kettenförmigen Kohlenhydratmoleküls entsteht aus der ursprünglichen Carbonylgruppe eine sekundäre Alkoholgruppe, wobei ein weiteres Asymmetriezentrum auftritt. Die auf diese Weise entstehenden zyklischen, stereoisomeren Zuckermoleküle werden durch die Zeichen α und β unterschieden (nach HUDSON[5]), wobei dasjenige Isomere, das in der D-Reihe stärker nach *rechts* und in der L-Reihe stärker nach *links* dreht, mit α bezeichnet wird. In der Projektionsformel nach FISCHER wird die OH-Gruppe rechts vom asymmetrischen Kohlenstoffatom

* Die spezifische Drehung [α] ist als die Drehung in Graden definiert, welche 1 g Substanz in 1 ml Lösung in einem Polarimeterrohr von 10 cm Länge bewirkt. Als Lichtquelle wird gewöhnlich die D-Linie des Natriums verwendet. Temperatur, Wellenlänge der Lichtquelle, Lösungsmittel und Konzentration müssen angegeben werden, wenn diese von der Definition abweichen, zum Beispiel $[\alpha]_D^{25°}$, 20% (H_2O) = +12°.

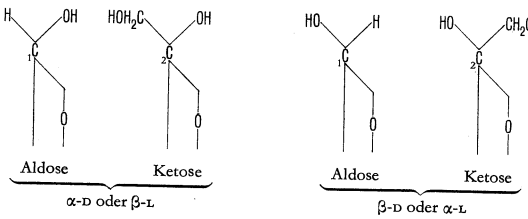
** Von den Bezeichnungen *d* und *l* für optische Drehungen kommt man mehr und mehr ab unter Bevorzugung von *dextro* und *laevo* oder besser noch (+) und (−). So wird auch DL- für Racemate bevorzugt.

* Obwohl alle Strukturen 1–6 optisch inaktive Mesoformen sind, wird der Name Mesoinosit nur auf die Verbindung mit der Struktur 5 angewandt.

Abb. 2 Konfigurationsbeziehungen der D-Aldosen

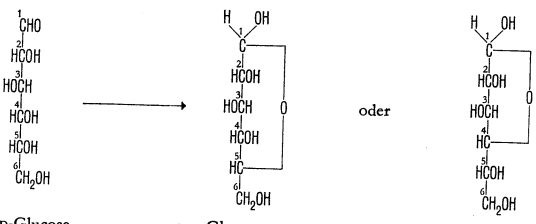


geschrieben, wenn das Isomere stärker nach rechts (α-D- oder β-L-Konfiguration) und links davon, wenn das Isomere stärker nach links dreht (β-D- oder α-L-Konfiguration):



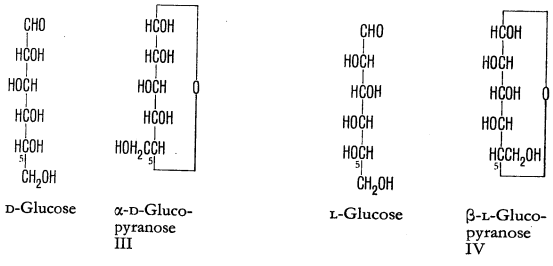
Die α- und β-Isomeren liefern entsprechende α- und β-Glycoside. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil bekanntlich viele Glycosidasen α- oder β-spezifisch sind.

Die Darstellung zyklischer Zucker in der FISCHERschen Projektion kann am besten aus dem Beispiel der Glucose ersehen werden:



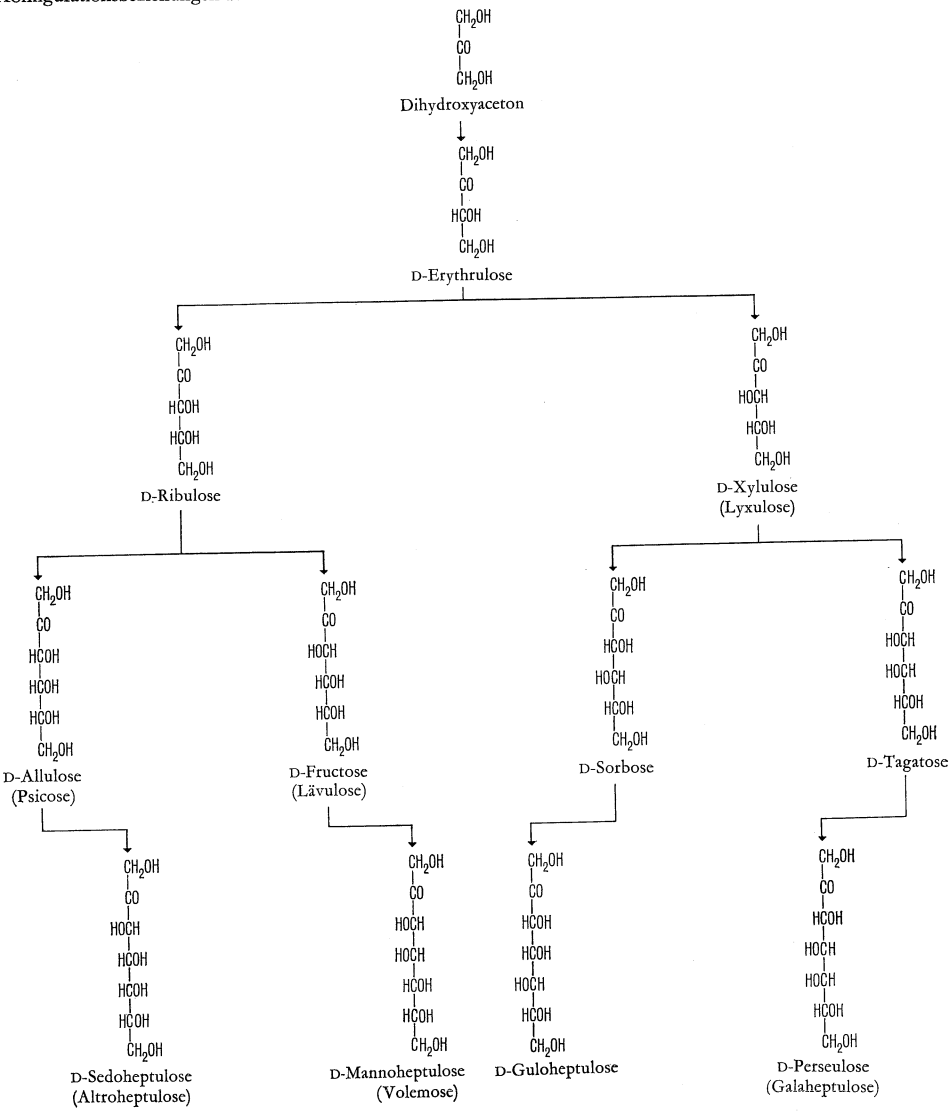
Am meisten werden die Ringformeln vom Typus II verwendet, da deren Beziehung zur offenen Formel I leicht zu ersehen ist. Obwohl dabei die sterischen Beziehungen der den Ring aufbauenden Alkoholgruppen (-CHOH) richtig dargestellt sind, geben diese Formeln doch nicht ein wahres Bild der sterischen Konfiguration der Gruppen um dasjenige C-Atom, das die Sauerstoffbrücke trägt (C5 für Glucopyranose und C4 für Glucofuranose). Dies kommt daher, daß nach der oben beschriebenen Vereinbarung diese Gruppe in Kettenformeln der D-Reihe mit der Hydroxylgruppe nach rechts geschrieben wird.

Im Fall der Pyranosen gibt es eine richtigere Projektion, die für Glucose durch die Formeln III und IV dargestellt ist (durch Rotierung der Bindung zwischen C4 und C5 um 180° vor dem Ringschluß):

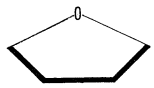


In den Formeln III und IV ist nun aber die D- oder L-Konfiguration von C 5 nicht mehr leicht zu erkennen. Diese Unzulänglichkeiten der FISCHERschen Projektion veranlaßten HAWORTH, eine neue Art Ringformel einzuführen, in welcher die sterischen Beziehungen der Gruppen eindeutig dargestellt werden. Der

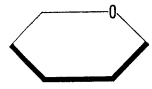
Abb. 3 Konfigurationsbeziehungen der D-Ketosen



Betrachter sieht den Ring von schräg oben, wobei die drei verdickten Kanten ihm zunächst liegen:

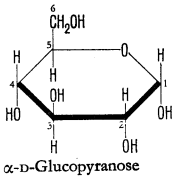


Furanosering

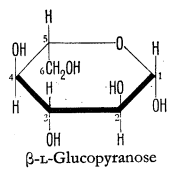


Pyranosering

Die Stellung der Substituenten entspricht derjenigen der Formeln III und IV:

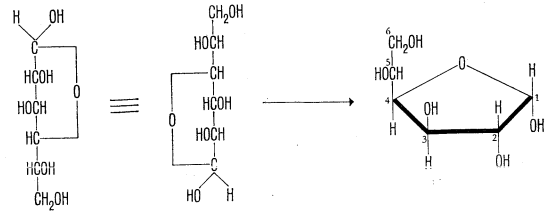


α-D-Glucopyranose

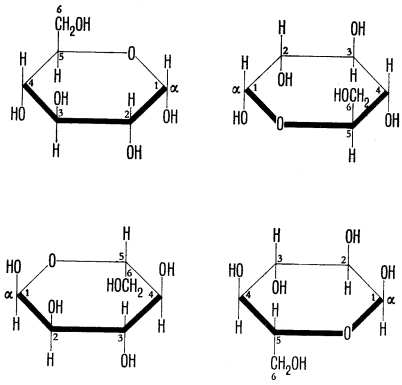


β-L-Glucopyranose

Im Fall der Hexofuranosen entsteht beim Ringschluß eine Seitenkette. Wenn diese, wie zum Beispiel bei der Glucofuranose, ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthält, so muß dessen Konfigurationsdarstellung in der HAWORTHschen Formel entsprechend vereinbart werden. Die Ableitung aus der Projektionsformel wird am besten am Beispiel der α-D-Glucofuranose veranschaulicht:



Manchmal werden bei den HAWORTHschen Ringen zur Darstellung von Polysacchariden und anderen komplexen Zuckerverbindungen aus Gründen der Bequemlichkeit Oben und Unten oder Vorne und Hinten vertauscht. Dies geschieht durch eine Drehung des Ringes von 180° um zwei in der Ringebene liegende Achsen oder um eine vertikal durch das Ringzentrum gehende Achse. Diese weiteren Stellungen sind für α-D-Glucopyranose die folgenden:



Es ist heute bekannt, daß der Pyranosering im Gegensatz zum meist planen Furanosering nicht in einer Ebene liegt. Die meisten seiner Eigenschaften lassen sich durch Annahme der «Sesselform» erklären. Über weitere Einzelheiten siehe MILLS[6].

Die Monosaccharide von Bedeutung für die Säugetiere sind in Tabelle 1 zusammengestellt (S. 306–308). Die neueren Methoden der Chromatographie wurden in ausgedehntem Maße zur Analyse der Zucker[7] angewandt und viele spezifische Farbreaktionen ausgearbeitet[8].

Zuckerphosphate[9]

Phosphorylierte Zucker sind Zwischenprodukte bei der Glycolyse sowie Bestandteile von Nucleotiden und Polysacchariden[10] (siehe Tabelle 2, S. 309–312).

Die Trennung der Zuckerphosphate durch Papierchromatographie[11], Elektrophorese[12] und Chromatographie an Ionenaustauschern[13] wurde in den letzten Jahren weitgehend ausgearbeitet. Die quantitative Bestimmung der Zucker wird gewöhnlich durch spektrophotometrische Messung von Molybdänblau durchgeführt, das als intensiv gefärbtes Reduktionsprodukt der Phosphomolybdänsäure entsteht. Es sind Methoden zur spezifischen Darstellung dieses Komplexes aus verschiedenartigen organischen Phosphaten bekannt[14].

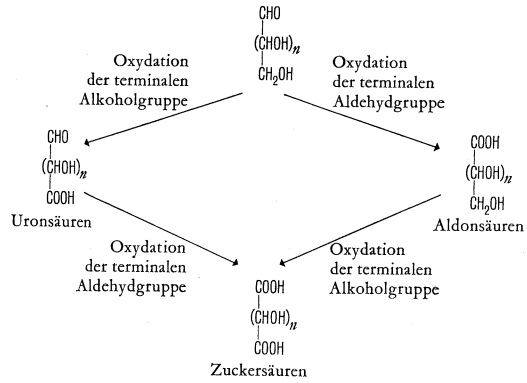
Die Beständigkeit der Phosphatgruppen gegen saure oder alkalische Hydrolyse ist sehr unterschiedlich[15], und es konnte bisher noch keine genaue Beziehung zwischen Hydrolysengeschwindigkeit und Stellung der Gruppen aufgefunden werden. Unter den Reaktionsbedingungen der sauren oder alkalischen Hydrolyse kann es, wie zum Beispiel im Fall der Phosphoglycerinsäure, zu einer Wanderung der Phosphatgruppe kommen[16].

Mehrwertige Alkohole[17]

Diese Verbindungen können als Reduktionsprodukte der Monosaccharide betrachtet werden und kommen weit verbreitet im Pflanzenreich sowie auch in beschränkterem Maße in Säugetiergeweben vor. Es sind meist kristalline Verbindungen von oft süßem Geschmack und ohne reduzierende Eigenschaften. Diejenigen von Bedeutung für die Säugetiere sind in Tabelle 3 (S. 313) zusammengestellt.

Die primären Oxydationsprodukte von Kohlenhydraten

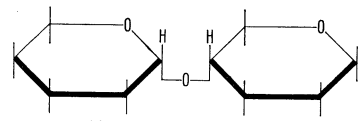
Die Nomenklatur der durch Oxydation der terminalen Gruppen von Aldosen erhaltenen Verbindungen wird wie folgt abgeleitet:

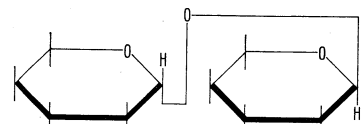


Die für Säugetiere wichtigen Oxydationsprodukte von Kohlenhydraten sind in Tabelle 4 (S. 314) zusammengestellt.

Oligosaccharide

Oligosaccharide setzen sich aus glycosidisch miteinander verbundenen Monosacchariden oder deren Derivaten zusammen. Die Bindungen können ein- oder beidseitig glycosidisch sein. In der Nomenklatur der Oligosaccharide werden Zuckereinheiten in Verbindungen des ersten Typus mit den Endungen «-osido» und «-ose», die Einheiten von Verbindungen des zweiten Typus mit «-osido» und «-osid» versehen. Dies ist im folgenden Schema dargestellt:





Die Bezeichnung Oligosaccharid wird im allgemeinen auf Verbindungen mit zwei bis zehn Monosaccharideinheiten angewandt. Die Oligosaccharide können reduzierend oder nichtreduzierend sein, je nachdem sie freie Semiacetalgruppen enthalten oder nicht. Die ein Oligosaccharid aufbauenden Monosaccharide werden durch saure oder enzymatische Hydrolyse in Freiheit gesetzt.

Die wichtigeren Oligosaccharide von Bedeutung für Säugetiere sind in Tabelle 5 (S. 315) zusammengestellt. Eine Vielfalt von Oligosacchariden wird im Pflanzenreich angetroffen.

Polysaccharide[18]

Polysaccharide sind wie die Oligosaccharide aus Monosaccharideinheiten und deren Derivaten aufgebaut. Sie unterscheiden sich von den Oligosacchariden dadurch, daß ihre Moleküle zehn bis einige tausend Einheiten enthalten. Der am häufigsten vorkommende Baustein ist D-Glucose; es kommen aber auch D-Mannose, D- und L-Galactose, D-Xylose, L-Arabinose, Uronsäuren (D-Glucuronsäure, D-Galacturonsäure und D-Mannuronsäure) und Aminozucker (D-Glucosamin, D-Galactosamin, deren N-Acetylderivate und Schwefelsäureester) vor. Im Gegensatz zu den Oligosacchariden sind viele Polysaccharide unlöslich und nicht reduzierend.

Ihre Struktur konnte durch chemische Methoden[18], das heißt Methylierung und darauffolgende Hydrolyse, Oxydation mit Perjodat, und durch enzymatische Methoden[19] untersucht werden. Die Bestimmung der Molekülgröße von Polysacchariden geschieht auf physikalischem Wege, durch Ultrazentrifugierung, Messung des osmotischen Druckes, der Viskosität und der Lichtstreuung[20].

Fortsetzung des Textes auf S. 313

Tabelle 1 Monosaccharide von Bedeutung für die Säugetiere

Die Tabelle enthält auch einige wichtigere Zucker, die Bestandteile von Verbindungen mit medizinischem Interesse darstellen.

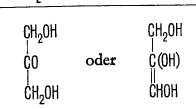
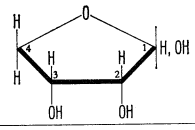
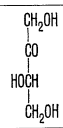
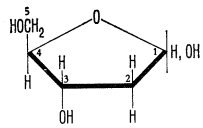
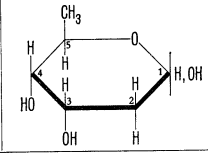
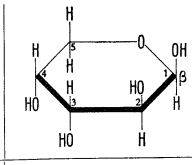
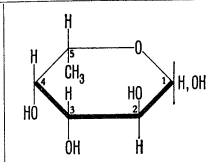
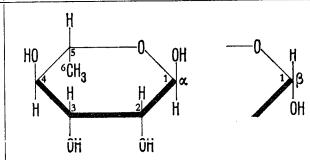
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Vorkommen
		Triosen		
D-Glycerinaldehyd (2,3-Dihydroxy-propanal)	$C_3H_6O_3$ 90,08		$[\alpha]_D^{20} + 13{,}5°$	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 309)
s-Dihydroxyaceton (1,3-Dihydroxy-propan-2-on)	$C_3H_6O_3$ 90,08		(inaktiv)	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 309)
		Tetrosen		
D-Erythrose	$C_4H_8O_4$ 120,11		$[\alpha]_D^{20} - 14{,}8°$	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 309)
L-Erythrulose	$C_4H_8O_4$ 120,11		$[\alpha]_D^{20} + 12°$	Als stoffwechselaktives Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 309)
2-Desoxy-D-ribose (2-Desoxy-D-*erythro*-pentose, Thyminose, Desoxyarabinose)	$C_5H_{10}O_4$ 134,14		$[\alpha]_D^{25} - 50°$	Weit verbreitet als Bestandteil von Nucleosiden, Nucleotiden und Nucleinsäuren. Über Phosphate siehe Tabelle 2, S. 310
D-Digitoxose (2-Desoxy-D-*altro*-methylose)	$C_6H_{12}O_4$ 148,16		$[\alpha]_D^{20} + 46{,}5°$	Bestandteil der Digitalisglycoside
		Pentosen		
β-D-Arabinose	$C_5H_{10}O_5$ 150,14		$[\alpha]_D^{20} - 105°$	In den Glycosiden von Aloe und Tuberkelbazillen
DL-Arabinose	$C_5H_{10}O_5$ 150,14	(äquimolekulare Mischung von D- und L-Arabinose)	(inaktiv)	Aus dem Harn bei Pentosurie isoliert (seltener Fall des Auftretens eines Racemats als Metabolit)
L-Fucose (6-Desoxy-L-galactose)	$C_6H_{12}O_5$ 164,16		$[\alpha]_D^{20} - 153° \rightarrow + 76°$	Bestandteil von Polysacchariden der Frauenmilch, der Blutgruppensubstanzen, der Meeralgen und des Tragants
L-Rhamnose (6-Desoxy-L-mannose, Isodulcit)	$C_6H_{12}O_5$ 164,16		α-Form, 1 H_2O: $[\alpha]_D^{20} - 9°$ β-Form: $[\alpha]_D^{20} + 38°$	Als Glycosid in Pflanzenpigmenten, -gummi und -schleimen. Bestandteil der Herzglycoside

Tabelle 1 Monosaccharide von Bedeutung für die Säugetiere *(Fortsetzung)*

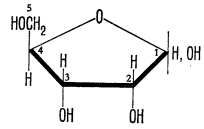
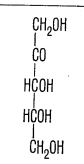
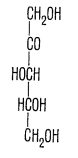
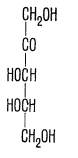
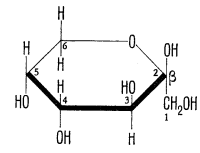
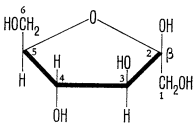
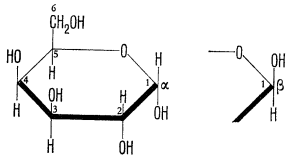
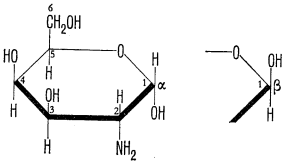
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Vorkommen
D-Ribose (D-Ribofuranose)	$C_5H_{10}O_5$ 150,14		$[\alpha]_D^{20}$ — 23,7° (4%ige Lösung)	Weit verbreitet als Bestandteil von Nucleosiden, Nucleotiden und Nucleinsäuren. Über Phosphate siehe Tabelle 2, S. 309–310
D-Ribulose (D-*erythro*-Pentulose, D-Adonose, D-Arabulose)	$C_5H_{10}O_5$ 150,14			In Form von Phosphaten (siehe Tabelle 2, S. 310). Stoffwechselzwischenprodukt bei der Glucoseoxydation
D-Xylulose (D-*threo*-Pentulose, D-Xyloketose, D-Lyxulose, D-Lyxoketose)	$C_5H_{10}O_5$ 150,14		$[\alpha]_D^{20}$ — 33°	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 310)
L-Xylulose (L-*threo*-Pentulose, L-Xyloketose, L-Lyxulose, L-Lyxoketose)	$C_5H_{10}O_5$ 150,14		$[\alpha]_D^{20}$ + 33°	Im Urin bei Pentosurie
		Hexosen		
D-Fructose (2-Keto-D-arabohexose, Lävulose, Fruchtzucker)	$C_6H_{12}O_6$ 180,16	 β-D-Fructopyranose  β-D-Fructofuranose	β-Form: $[\alpha]_D^{20}$ — 133,5°→ — 92°	In Form von Phosphaten (siehe Tabelle 2, S. 310). Bestandteil vieler Polysaccharide (an Glucose gebunden in der Saccharose). In kristalliner Form Pyranose, in allen natürlichen Produkten hingegen Furanose. Ist der süßeste aller Zucker
D-Galactose	$C_6H_{12}O_6$ 180,16		α-Form: $[\alpha]_D^{20}$ + 144°→ + 80,5° β-Form: $[\alpha]_D^{20}$ + 54°→ + 80,5°	In Säugetiergeweben als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 311). Bestandteil von Cerebrosiden, Gangliosiden und Polysacchariden sowohl als Zucker wie auch als Aminozucker (zum Beispiel Lactose, Raffinose, Stachyose)
D-Galactosamin (D-Chondrosamin, 2-Amino-2-desoxy-D-galactose)	$C_6H_{13}O_5N$ 179,18		α-Form, 1 HCl: $[\alpha]_D^{20}$ + 135°→ + 93° β-Form, 1 HCl: $[\alpha]_D^{20}$ + 39°→ + 93°	In der Natur weit verbreitet als Bestandteil von Mucopolysacchariden, Knorpel, Sehnen (Chondroitin), β-Heparin, Lipoiden, Gehirngangliosiden, Blutgruppensubstanzen

Tabelle 1 Monosaccharide von Bedeutung für die Säugetiere *(Schluß)*

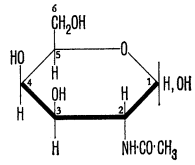
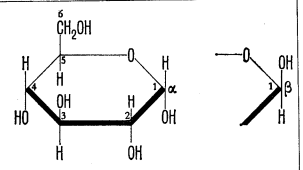
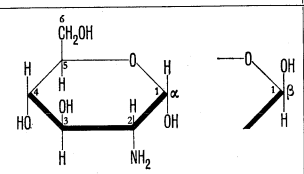
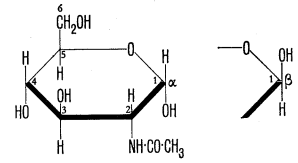
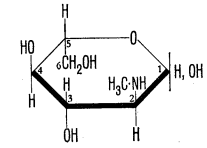
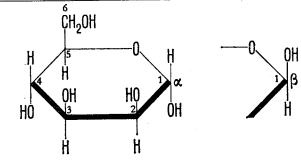
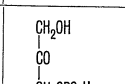
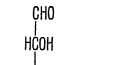
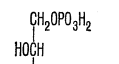
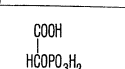
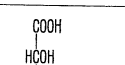
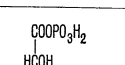
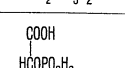
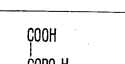
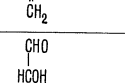
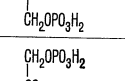
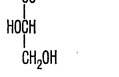
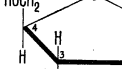
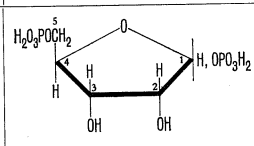
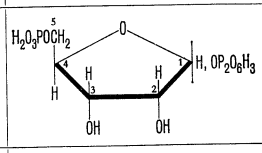
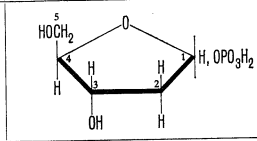
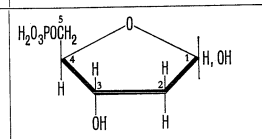
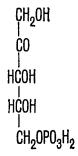
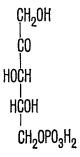
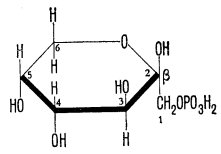
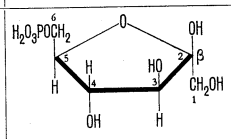
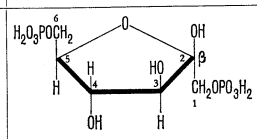
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Vorkommen
N-Acetyl-D-galactosamin	$C_8H_{15}O_6N$ 221,22		$[\alpha]_D^{20}$ + 115° → + 80°	In dieser Form kommt D-Galactosamin als Bestandteil von Chondroitin usw. vor (siehe unten)
D-Glucose (Dextrose, Blutzucker, Traubenzucker)	$C_6H_{12}O_6$ 180,16		α-Form: $[\alpha]_D^{20}$ + 113,4° → + 52,5° β-Form: $[\alpha]_D^{20}$ + 19,3° → + 52,5°	In Form von Phosphaten (siehe Tabelle 2, S. 311). Ist der am weitesten verbreitete Zucker. Frei in vielen Körperflüssigkeiten, wie zum Beispiel Blut, Lymphe, Liquor cerebrospinalis. Als Zucker und Aminozucker Bestandteil von Polysacchariden (siehe Glucosamin, unten)
D-Glucosamin (Chitosamin, 2-Amino-2-desoxy-D-glucose)	$C_6H_{13}O_5N$ 179,18		(α-Form): $[\alpha]_D^{20}$ + 100° → + 47,5° (β-Form): $[\alpha]_D^{20}$ + 14° → + 47,5°	Als N-Acetylglucosamin (siehe unten) Bestandteil von Chitin, Heparin, Hyaluronsäure, Blutgruppenpolysacchariden, Oligosacchariden der Frauenmilch
N-Acetyl-D-glucosamin	$C_8H_{15}O_6N$ 221,22			Alleiniger Baustein des Chitins; Bestandteil von Heparin, Hyaluronsäure, Blutgruppenpolysacchariden, Oligosacchariden der Frauenmilch
N-Methyl-L-glucosamin	$C_7H_{15}O_5N$ 193,21			Bestandteil des Streptomycins
D-Mannose (Seminose)	$C_6H_{12}O_6$ 180,16		α-Form: $[\alpha]_D^{20}$ + 29,9° → + 14,5° β-Form: $[\alpha]_D^{20}$ − 16,3° → + 14,5°	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 311). Weit verbreitet als Bestandteil von Mannanen und Hemizellulosen. Beschränktes Vorkommen als Bestandteil von Glycoproteinen
		Heptosen		
D-Sedoheptulose (D-*altro*-Ketoheptose, D-*altro*-Heptulose)	$C_7H_{14}O_7$ 210,19		$[\alpha]_D^{20}$ + 2–3° Ba-Salz: $[\alpha]_{5461}^{20}$ + 8°	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 312)

Tabelle 2 Kohlenhydratphosphate von Bedeutung für die Säugetiere
(Ohne Nucleotide, die in den Tabellen 10 c, 11 und 12, S. 332–340, zusammengestellt sind)

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung C	H	P	Spezifische Drehung	Biologische Funktion	Literatur*
Dihydroxyaceton-phosphat	$C_3H_7O_6P$ 170,06		21,19	4,15	18,22		Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*1*
D-Glycerinaldehyd-3-phosphat («FISCHER-BAER-Ester»)	$C_3H_7O_6P$ 170,06		21,19	4,15	18,22	$[\alpha]_D^{20} + 14°$	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*2*
L-Glycerin-1-phosphat	$C_3H_9O_6P$ 172,08		20,94	5,27	18,00	$[\alpha]_D^{20} - 1{,}45°$ (Ba-Salz)	Zwischenprodukt des Fettstoffwechsels. Bestandteil der Phospholipide	*3*
D-Glycerinsäure-2-phosphat («KIESSLING-Ester»)	$C_3H_7O_7P$ 186,06		19,36	3,79	16,65	$[\alpha]_D^{20} + 13°$ (1 n-HCl)	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*4*
D-Glycerinsäure-3-phosphat	$C_3H_7O_7P$ 186,06		19,36	3,79	16,65	$[\alpha]_D^{20} - 14{,}5°$ (1 n-HCl)	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*5*
D-Glycerinsäure-1,3-diphosphat	$C_3H_8O_{10}P_2$ 266,05		13,55	3,03	23,30	$[\alpha]_D^{20} - 2{,}3°$	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*6*
D-Glycerinsäure-2,3-diphosphat	$C_3H_8O_{10}P_2$ 266,05		13,55	3,03	23,30	$[\alpha]_D^{20} - 2{,}3°$	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*7*
Phospho-enol-brenztraubensäure	$C_3H_5O_6P$ 168,05		21,44	2,99	18,43		Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*8*
D-Erythrose-4-phosphat	$C_4H_9O_7P$ 200,09		24,01	4,53	15,49		Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus	*9*
L-Erythrulose-1-phosphat	$C_4H_9O_7P$ 200,09		24,01	4,53	15,49		Funktion unbekannt	*10*
α-D-Ribose-1-phosphat (Furanose-Form)	$C_5H_{11}O_8P$ 230,12		26,15	4,83	13,49		Zwischenprodukt des Nucleotidstoffwechsels	*11*
D-Ribose-5-phosphat (Furanose-Form)	$C_5H_{11}O_8P$ 230,12		26,15	4,83	13,49	$[\alpha]_D + 16{,}5°$	Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus und bei der Nucleotidsynthese	*12*

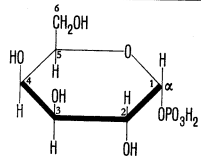
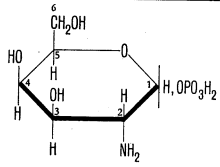
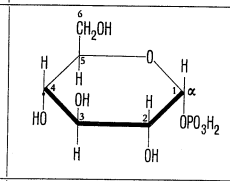
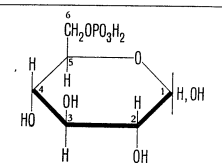
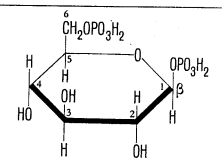
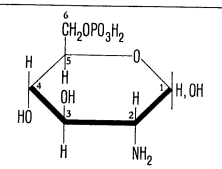
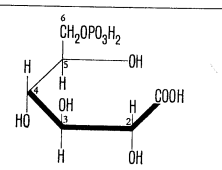
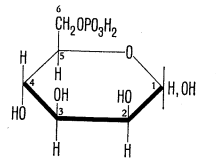
* Siehe Ende der Tabelle, S. 312.

Tabelle 2 Kohlenhydratphosphate von Bedeutung für die Säugetiere *(Fortsetzung)*

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung C	H	P	Spezifische Drehung	Biologische Funktion	Literatur*
D-Ribose-1,5-diphosphat (Furanose-Form)	$C_5H_{12}O_{11}P_2$ 310,10		19,37	3,90	25,15		Zwischenprodukt bei der Umwandlung zwischen Ribose-1-phosphat und Ribose-5-phosphat	*13*
D-Ribose-5-phosphat-1-pyrophosphat (5-Phosphoribosyl-1-pyrophosphat)	$C_5H_{13}O_{14}P_3$ 390,08		15,40	3,36	23,83		Zwischenprodukt bei der Nucleotidsynthese	*14*
Desoxyribose-1-phosphat (Furanose-Form)	$C_5H_{11}O_7P$ 214,12		28,05	5,18	14,47		Abbauprodukt der Nucleoside	*15*
Desoxyribose-5-phosphat (Furanose-Form)	$C_5H_{11}O_7P$ 214,12		28,05	5,18	14,47		Bestandteil der Desoxynucleinsäuren und Desoxynucleotide	
D-Ribulose-5-phosphat	$C_5H_{11}O_8P$ 230,12		26,15	4,83	13,49	$[\alpha]_D^{20} - 40°$	Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus	*16*
D-Xylulose-5-phosphat	$C_5H_{11}O_8P$ 230,12		26,15	4,83	13,49		Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus	*16*
D-Fructose-1-phosphat (Pyranose-Form) («Robison-Tanko-Ester»)	$C_6H_{13}O_9P$ 260,15		27,70	5,04	11,91	$[\alpha]_D^{20} - 56°$	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*17*
D-Fructose-6-phosphat (Furanose-Form) («Neuberg-Ester»)	$C_6H_{13}O_9P$ 260,15		27,70	5,04	11,91	$[\alpha]_D^{19} + 3,58°$ (Ba-Salz)	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*18*
D-Fructose-1,6-diphosphat (Furanose-Form) («Harden-Young-Ester»)	$C_6H_{14}O_{12}P_2$ 340,13		21,19	4,15	18,22	$[\alpha]_D^{17} + 4,1°$	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*18*

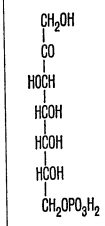
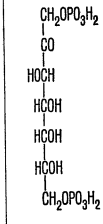
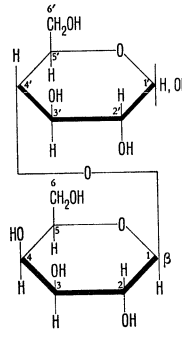
* Siehe Ende der Tabelle, S. 312.

Tabelle 2 Kohlenhydratphosphate von Bedeutung für die Säugetiere *(Fortsetzung)*

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung C	H	P	Spezifische Drehung	Biologische Funktion	Literatur*
α-D-Galactose-1-phosphat (Pyranose-Form)	$C_6H_{13}O_9P$ 260,15		27,70	5,04	11,91	$[\alpha]_D^{18} + 148{,}5°$	Zwischenprodukt des Galactosestoffwechsels	*19*
D-Galactosamin-1-phosphat	$C_6H_{14}O_8NP$ 259,16		27,81	5,45	11,51		Entsteht aus Galactosamin in Gehirngewebe und Extrakten von *Saccharomyces fragilis*	*20*
α-D-Glucose-1-phosphat (Pyranose-Form) («CORI-Ester»)	$C_6H_{13}O_9P$ 260,15		27,70	5,04	11,91	$[\alpha]_D^{25} + 120°$	Zwischenprodukt bei der Umwandlung zwischen Glucose und Glycogen	*21*
D-Glucose-6-phosphat (Pyranose-Form) («ROBISON-Ester»)	$C_6H_{13}O_9P$ 260,15		27,70	5,04	11,91	$[\alpha]_D^{25} + 34{,}2°$	Zwischenprodukt bei der Glycolyse	*22*
β-D-Glucose-1,6-diphosphat (Pyranose-Form)	$C_6H_{14}O_{12}P_2$ 340,13		21,19	4,15	18,22	$[\alpha]_D^{20} - 19°$ (pH 8)	Zwischenprodukt bei der Umwandlung zwischen Glucose und Glycogen	*23*
D-Glucosamin-6-phosphat	$C_6H_{14}O_8NP$ 259,16		27,81	5,45	11,51	$[\alpha]_D^{20} + 48{,}5°$	Entsteht aus Glucosamin durch Hefeenzympräparate und Hexokinase	*24*
D-Gluconsäure-6-phosphat	$C_6H_{13}O_{10}P$ 276,15		26,10	4,74	11,22	$[\alpha]_{5461}^{20} + 0{,}2°$	Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus	*25*
D-Mannose-6-phosphat (Pyranose-Form)	$C_6H_{13}O_9P$ 260,15		27,70	5,04	11,91	$[\alpha]_{5461}^{20} + 15{,}1°$	Zwischenprodukt des Mannosestoffwechsels	*26*

* Siehe Ende der Tabelle, S. 312.

Tabelle 2 Kohlenhydratphosphate von Bedeutung für die Säugetiere *(Schluß)*

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung C	H	P	Spezifische Drehung	Biologische Funktion	Literatur (siehe unten)
D-Sedoheptulose-7-phosphat	$C_7H_{15}O_{10}P$ 290,17		28,97	5,21	10,68		Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus	*27*
D-Sedoheptulose-1,7-diphosphat	$C_7H_{16}O_{13}P_2$ 370,16		22,72	4,36	16,74		Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus	*28*
Lactosephosphat	$C_{12}H_{23}O_{14}P$ 422,29	 (wahrscheinliche Struktur)	34,13	5,49	7,34	$[\alpha]_D^{23} + 99{,}5°$	Mögliches Zwischenprodukt bei der Lactosesynthese	*29*

Literatur

1) Ballou und Fischer, *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 1659 (1956). *2*) Meyerhof, O., *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **20**, 1033, 1345 (1938); Ballou und Fischer, *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 3329 (1955). *3*) Baer und Fischer, *J. biol. Chem.*, **128**, 491 (1939); Baer und Fischer, in: Ball, E. G. (Hrsg.), *Biochemical Preparations*, Bd. 2, New York (1952), S. 31. *4*) Kiessling, W., *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **68**, 243 (1935); Ballou und Fischer, *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 3188 (1954). *5*) Neuberg und Lustig, *Arch. Biochem.*, **1**, 311 (1942); Ballou und Fischer, *Abstr. Amer. chem. Soc. 126th Meeting* (1954), S. 7D. *6*) Negelein und Brömel, *Biochem. Z.*, **301**, 135 (1939). *7*) Baer, E., *J. biol. Chem.*, **185**, 763 (1950). *8*) Lohmann und Meyerhof, *Biochem. Z.*, **273**, 60 (1934); Baer und Fischer, *J. biol. Chem.*, **180**, 145 (1949); Baer und Fischer, in: Ball, E. G. (Hrsg.), *Biochemical Preparations*, Bd. 2, New York (1952), S. 25. *9*) Ballou et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 2658 (1955). *10*) Charalampous, F. C., *J. biol. Chem.*, **211**, 249 (1954). *11*) Kalckar, H. M., *J. biol. Chem.*, **167**, 477 (1947); Wright und Khorana, *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 811 (1956). *12*) Leloir, L. F., in: Zechmeister, L. (Hrsg.), *Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe*, Bd. 8, Wien (1951), S. 70. *13*) Klenow, H., *Arch. Biochem.*, **46**, 186 (1953). *14*) Kornberg et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 389 (1955). *15*) Friedkin, M., *J. biol. Chem.*, **184**, 449 (1950). *16*) Dickens und Williamson, *Nature*, **176**, 400 (1955). *17*) Tanko und Robison, *Biochem. J.*, **29**, 961 (1935); Brigl und Müller, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **72**, 2121 (1939). *18*) Neuberg et al., *Arch. Biochem.*, **3**, 33 (1944); Tanko, B., *Abstracts of the Communications of the 1st International Congress of Biochemistry*, Cambridge (1949), S. 222. *19*) Kosterlitz, H. W., *Biochem. J.*, **37**, 318 (1943). *20*) Cardini und Leloir, *Arch. Biochem. Biophys.*, **45**, 55 (1953). *21*) Cori et al., *J. biol. Chem.*, **121**, 465 (1937); Wolfrom und Pletcher, *J. Amer. chem. Soc.*, **63**, 1050 (1941); Krahl und Cori, in: Carter, H. E. (Hrsg.), *Biochemical Preparations*, Bd. 1, New York (1949), S. 33. *22*) Leloir, L. F., in: Zechmeister, L. (Hrsg.), *Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe*, Bd. 8, Wien (1951), S. 76. *23*) Cardini et al., *Arch. Biochem.*, **22**, 87 (1949); Posternak, T., *J. biol. Chem.*, **180**, 1269 (1949). *24*) Kent und Whitehouse, *Biochemistry of the Aminosugars*, London (1955), S. 31. *25*) Robison und King, *Biochem. J.*, **25**, 323 (1931). *26*) Robison, R., *Biochem. J.*, **26**, 2191 (1932); Slein, M. W., *J. biol. Chem.*, **186**, 753 (1950). *27*) Horecker und Smyrniotis, *J. biol. Chem.*, **212**, 811 (1955). *28*) Horecker et al., *J. biol. Chem.*, **212**, 827 (1955). *29*) McGeown und Malpress, *Biochem. J.*, **52**, 606 (1952); Gander et al., *Arch. Biochem. Biophys.*, **60**, 259 (1956).

Fortsetzung des Textes von S. 305

Die Polysaccharide können folgende Funktionen haben:

a) Aufbaumaterial, zum Beispiel Zellulose (Pflanzen), Chitin (Insekten und Crustaceen), Chondroitinsulfat (Knorpel);

b) Nahrungsdepots, zum Beispiel Glycogen (Tiere), Stärke (Pflanzen);

c) Gleitmittel in Synovialflüssigkeiten, Bestandteile besonderer Gewebe (Glaskörper des Auges, Bindegewebe), Bestandteil des Schleimes, des Heparins und der Blutgruppensubstanzen[21].

Die wichtigsten Polysaccharide von Bedeutung für die Säugetiere sind in Tabelle 6 (S. 316–318) zusammengestellt.

---

1) Für eine Übersicht siehe GILMAN et al. (Hrsg.), *Organic Chemistry: An Advanced Treatise*, Bd. 2, 2. Aufl., New York (1943), S. 1532; PERCIVAL, E. G. V., *Structural Carbohydrate Chemistry*, London (1950); PIGMAN, W. (Hrsg.), *The Carbohydrates*, New York (1957). *2)* HONEYMAN, J., *An Introduction to the Chemistry of Carbohydrates*, Oxford (1948). *3)* ROSANOFF, M. A., *J. Amer. chem. Soc.*, **28**, 114 (1906). *4)* BIJVOET, J. M., *Endeavour*, **14**, 71 (1955). *5)* HUDSON, C. S., *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **3**, 1 (1948). *6)* MILLS, J. A., *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **10**, 1 (1955). *7)* Für eine Übersicht siehe KOWKABANY, G. N., *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **9**, 303 (1954); HOUGH, L., in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 1, New York (1954), S. 205; ISHERWOOD, F. A., *Brit. med. Bull.*, **10**, 202 (1954); BLOCK et al., *A Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis*, New York (1955). *8)* Siehe DISCHE, Z., in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 2, New York (1955), S. 313. *9)* Umfassende Übersicht über die Chemie der Zuckerphosphate in LELOIR, L. F., in: ZECHMEISTER, L. (Hrsg.), *Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe*, Bd. 8, Wien (1951), S. 47; FOSTER und OVEREND, *Quart. Rev. chem. Soc. Lond.*, **11**, 61 (1957). *10)* Für eine allgemeine Übersicht siehe AVISON und HAWKINS, *Quart. Rev. chem. Soc. Lond.*, **5**, 171 (1951). *11)* ISHERWOOD, F. A., *Brit. med. Bull.*, **10**, 202 (1954); BALSTON und TALBOT, *A Guide to Filter Paper and Cellulose Powder Chromatography*, London und Maidstone (1952), S. 60; BLOCK et al., *A Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis*, New York (1955), S. 144. *12)* LEDERER, M., *An Introduction to Paper Electrophoresis and Related Methods*, New York (1955); BLOCK et al., *A Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis*, New York (1955), S. 333. *13)* COHN, W. E., in: CHARGAFF und DAVIDSON (Hrsg.), *The Nucleic Acids*, Bd. 1, New York (1955), S. 211. *14)* LINDBERG und ERNSTER, in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 3, New York (1956), S. 1. *15)* Siehe LELOIR, L. F., in: ZECHMEISTER, L. (Hrsg.), *Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe*, Bd. 8, Wien (1951), S. 47. *16)* Siehe BALLOU und FISCHER, *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 3188 (1954). *17)* Für eine Übersicht siehe LOHMAR, R. L., in: PIGMAN, W. (Hrsg.), *The Carbohydrates*, New York (1957), S. 241. *18)* Für eine Übersicht siehe WHISTLER und SMART, *Polysaccharide Chemistry*, New York (1953); WHISTLER und MCGILVRAY, *Ann. Rev. Biochem.*, **23**, 79 (1954); ASPINALL und SCHWARZ, *Ann. Rep. Progr. Chem.*, **52**, 255 (1955). *19)* MANNERS, D. J., *Quart. Rev. chem. Soc. Lond.*, **9**, 73 (1955). *20)* GREENWOOD, C. T., *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **7**, 289 (1952). *21)* Cf. KENT und WHITEHOUSE, *Biochemistry of the Aminosugars*, London (1955).

Tabelle 3 Mehrwertige Alkohole von Bedeutung für die Säugetiere

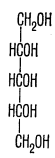
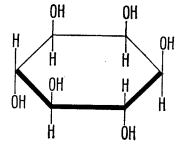
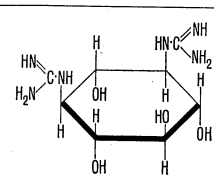
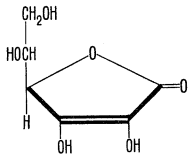
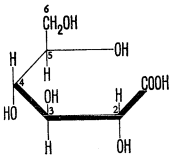
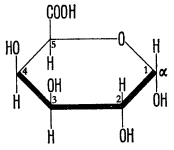
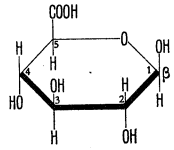
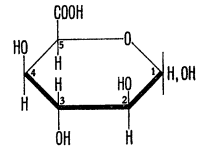
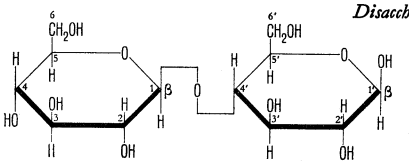
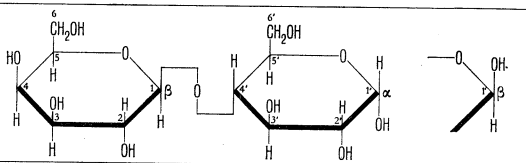
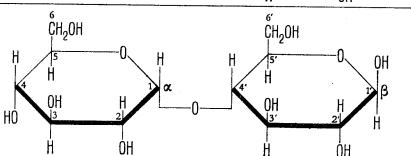
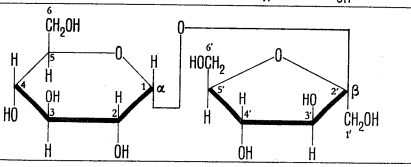
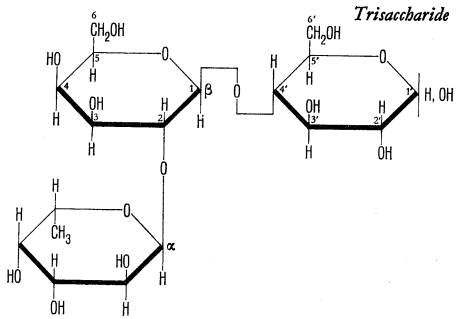
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Vorkommen
Glycerin	$C_3H_8O_3$ 92,10			Weit verbreitet in den Lipiden von Säugetiergeweben. Schmeckt süß
Adonit (englisch Ribitol)	$C_5H_{12}O_5$ 152,15			Bestandteil des Riboflavins (Vitamin B_2, siehe dort). Kommt auch in *Adonis vernalis* vor
Mesoinosit	$C_6H_{12}O_6$ 180,16		(inaktiv)	Weit verbreitet im Pflanzen- und Tierreich. Frei und gebunden in Muskel, Herz, Leber und anderen Geweben. Bestandteil des Gehirncephalins. Das Hexaphosphat (Phytin) ist die organische Depotsubstanz der grünen Pflanzen
Streptidin	$C_8H_{18}O_4N_6$ 262,28			Bestandteil des Streptomycins

Tabelle 4 Oxydationsprodukte der Kohlenhydrate

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Vorkommen
		Aldonsäuren		
D-Glycerinsäure (D-α,β-Dihydroxy-propionsäure)	$C_3H_6O_4$ 106,08			Die Phosphate (siehe Tabelle 2, S. 309) treten als Zwischenprodukte bei der Glycolyse auf
L-Ascorbinsäure (Vitamin C)	$C_6H_8O_6$ 176,13		$[\alpha]_D^{20} + 49°$	Siehe Vitamine
D-Gluconsäure (Dextronsäure)	$C_6H_{12}O_7$ 196,16		$[\alpha]_D^{20} - 6{,}7° \rightarrow + 17{,}5°$	Als Phosphat (siehe Tabelle 2, S. 311) Zwischenprodukt im Pentosephosphat-Zyklus (siehe S. 395)
		Uronsäuren		
α-D-Galacturonsäure	$C_6H_{10}O_7$ 196,16		$[\alpha]_D^{21} + 100° \rightarrow + 68°$	Hauptbestandteil der Pektine. Kommt auch in Pflanzengummi und -schleimen sowie in Bakterienpolysacchariden vor
β-D-Glucuronsäure	$C_6H_{10}O_7$ 196,16		$[\alpha]_D^{20} + 12° \rightarrow + 36°$	Bestandteil der Mucopolysaccharide[1]. Viele aliphatische und aromatische Hydroxyverbindungen und Säuren werden als Glucuronide ausgeschieden[2]. Als Pyranose in natürlichen Produkten (vgl. auch S. 397)
D-Iduronsäure	$C_6H_{10}O_7$ 196,16			Bestandteil des Chondroitinsulfats B[3]

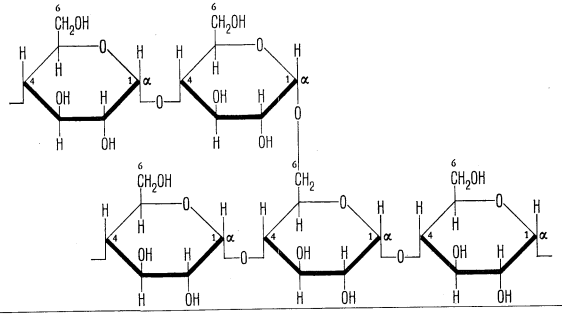
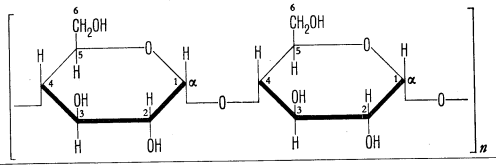
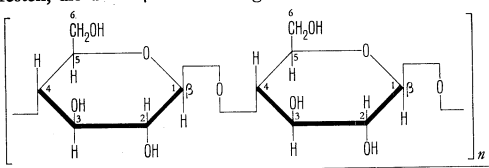
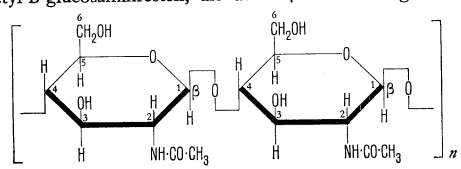
1) Vgl. KENT und WHITEHOUSE, *Biochemistry of the Aminosugars*, London (1955). *2*) TEAGUE, R. S., *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **9**, 185 (1954); WILLIAMS, R. T., *Detoxication Mechanisms*, 2. Aufl., London (1959). *3*) HOFFMAN et al., *Science*, **124**, 1252 (1956).

Tabelle 5 Oligosaccharide von Bedeutung für Säugetiere

Name	Formel, Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Bemerkungen
Cellobiose (4′-[β-D-Glucopyranosido]-β-D-glucopyranose)	$C_{12}H_{22}O_{11}$ 342,31	*Disaccharide* 	$[\alpha]_D^{20}$ + 14,2° → + 34,6°	Entsteht als Abbauprodukt der Zellulose während der Verdauung bei Herbivoren. Auch Bestandteil des Lichenins
Lactose (4′-[β-D-Galactopyranosido]-D-glucopyranose)	$C_{12}H_{22}O_{11}$ 342,31		α-Form, 1 H_2O: $[\alpha]_D^{20}$ + 85° → + 52,6° β-Form: $[\alpha]_D^{20}$ + 34,9° → + 55,4°	Bestandteil der Säugetiermilch (4–8%)*. Nur schwach süß
Maltose (4′-[α-D-Glucopyranosido]-β-D-glucopyranose)	$C_{12}H_{22}O_{11}$ 342,31		β-Form, 1 H_2O: $[\alpha]_D^{20}$ + 111,7° → +130,4°	Abbauprodukt von Stärke und Glycogen bei der Verdauung. Frei in einigen Pflanzen (Hopfen) und im Honig
Saccharose (Sucrose, Rohrzucker, Rübenzucker, α-D-Glucopyranosido-β-D-fructofuranosid)	$C_{12}H_{22}O_{11}$ 342,31		$[\alpha]_D^{20}$ + 66,53°	Beinahe überall im Pflanzenreich
Fucosidolactose (2-[α-L-Fucopyranosido] lactose)	$C_{18}H_{30}O_{15}$ 486,44	*Trisaccharide* 		Spurenweise in der Frauenmilch*

* Über weitere aus Frauenmilch isolierte Oligosaccharide siehe Bell et al., *Ann. Rep. Progr. Chem.*, **52**, 333 (1955); Kuhn, R., *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **40**, 297 (1958).

Tabelle 6 Polysaccharide von Bedeutung für die Säugetiere (Literatur siehe S. 318)

Name	Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Bemerkungen
Amylopektin[1] (α-Amylose, B-Fraktion der Stärke)	Bis zu 52×10^6 für Amylopektin aus Kartoffeln[2]	Hochverzweigtes Molekül aus mehreren Hundert Ketteneinheiten, deren jede aus 20 bis 26 α-1:4-verbundenen Glucoseresten besteht. Die Ketteneinheiten sind unter sich durch Glycosidbindungen verbunden, die von der reduzierenden Gruppe der einen Kette zum C6 des Glucoserestes einer angrenzenden Kette gehen: 	$[\alpha]_D^{20} + 150°$	Hauptbestandteil der Stärke (gewöhnlich etwa 80%). Wurde synthetisiert durch Inkubation von Glucose-1-phosphat mit Q-Enzym aus Kartoffelsaft in Gegenwart von Kartoffelphosphorylase[3]
Amylose[2] (β-Amylose, A-Fraktion der Stärke)	$(323)_n$, bis 1×10^6	Im wesentlichen eine lineare Kette von Glucoseresten, die durch α-1:4-Bindungen miteinander verbunden sind: 	$[\alpha]_D^{20} + 220°$	Bestandteil der Stärke (etwa 20%). Einige Stärkearten, wie zum Beispiel Wachsmais, enthalten keine Amylose. Wurde synthetisiert durch Inkubation von Glucose-1-phosphat mit Kartoffelphosphorylase[4]
Zellulose	$(323)_n$, bis $1{,}7 \times 10^6$	Lineare Kette von Glucoseresten, die durch β-1:4-Bindungen miteinander verbunden sind: 		Hauptsächlichstes Stützpolysaccharid. Kommt auch in Algen, Bakterienmembranen und als Tunicin in einigen niederen Tieren vor. Für den Menschen unverdaulich
Chitin	$(203{,}19)_n$, etwa 4×10^5	Lineare Kette von N-Acetyl-D-glucosaminresten, die durch β-1:4-Bindungen miteinander verbunden sind: 	$[\alpha]_D^{20} - 14{,}7°$ (in HCl)	Skelettsubstanz der Mollusken und Insekten. Kommt auch in niederen Pflanzen und Pilzen vor

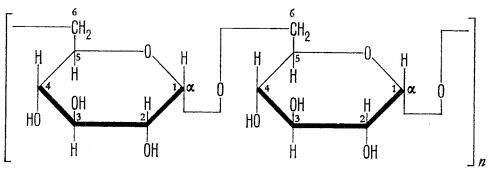
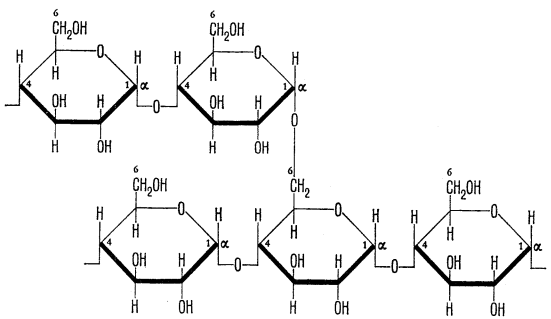
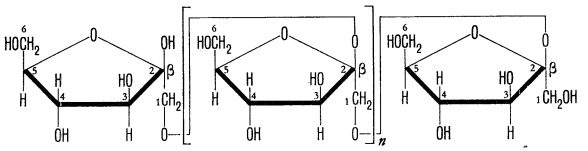
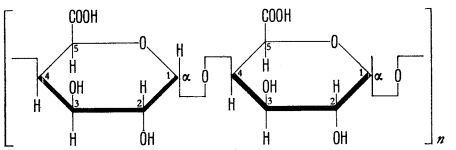
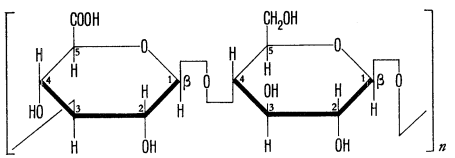
Chondroitinsulfat	Sehr polydispers; im Minimum etwa 26000[6]	Polymere Verbindung aus D-Glucuronsäure, D-Glucosamin, N-Acetyl-D-galactosamin und Sulfatresten. Die genaue Struktur ist noch nicht bekannt[6]		Findet sich in den meisten Knorpelgeweben der Säugetiere
Dextrane[7]	$(323)_n$, etwa 4×10^6	Verzweigte oder lineare Ketten von Glucoseresten, die wahrscheinlich durch α-1:6-Bindungen miteinander verbunden sind, zum Beispiel: 		Können durch Bakterien, wie zum Beispiel *Leuconostoc mesenteroides*, extrazellulär gebildet werden. Partiell abgebaute Dextrane werden als Blutplasmaersatz verwendet[8]
Glycogen (Leberstärke)	Polydispers; für die meisten Glycogene mindestens 2×10^6	Hochverzweigtes Molekül von amylopektinähnlicher Struktur. Ketteneinheiten aus Glucoseresten, die durch α-1:4-Bindungen miteinander verbunden sind. Die Ketten werden durch α-1:6-Glycosidbindungen zusammengehalten[10]: 	$[\alpha]_D^{20} + 191°$	Reservekohlenhydrat der tierischen Gewebe. Geht bei der Glycolyse im Muskel in Milchsäure über (siehe S. 368). Findet sich auch in der Hefe. Wurde durch Einwirkung von Herz- oder Leberphosphorylase auf Glucose-1-phosphat synthetisiert[9]
Heparin	etwa 17000 [11]	Polymere Verbindung aus D-Glucosamin, D-Glucuronsäure, Acetat- und Sulfatresten. Die genaue Struktur ist noch nicht bekannt[6]		Findet sich in tierischen Geweben. Gerinnungshemmende Substanz des Blutes
Hyaluronsäure	etwa 1×10^6 [12]	Polymere Verbindung aus D-Glucosamin, D-Glucuronsäure und Acetatresten. Die genaue Struktur ist noch nicht bekannt[4]		Sehr verbreitet in Geweben und Interzellularflüssigkeiten

Tabelle 6 Polysaccharide von Bedeutung für die Säugetiere *(Schluß)*

Name	Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Bemerkungen
Inulin	$(162{,}14)_n$, etwa 5000	Lineare Kette von ungefähr 30 Fructofuranoseeinheiten, die durch β-1:2-Bindungen miteinander verbunden sind: 	$[\alpha]_D^{20} - 40°$	Reservekohlenhydrat mancher Pflanzen, allein oder mit Stärke zusammen
Pektine	$(346)_n$, bis 5×10^4	Wahrscheinlich lineare Kette von D-Galacturonsäureeinheiten, die durch α-1:4-Bindungen miteinander verbunden sind[19]: 	$[\alpha]_D^{20}$ ca. + 240°	Wichtiger Bestandteil der pflanzlichen Zellwände. Findet sich als Ca-Salz oder Methylester
Pneumokokkenpolysaccharide Typus 3	$1{,}4 \times 10^5$	Kette mit alternierenden Glucose- und Glucuronsäureeinheiten, die möglicherweise durch β-1:3- bzw. 1:4-Bindungen miteinander verbunden sind[14]: 		Ein Beispiel der etwa 40 bekannten Pneumokokkenpolysaccharide, deren Struktur vielfach noch nicht bekannt ist. Verantwortlich für die Typenspezifität der Pneumokokken. Wirkt als Antigen
Stärke	Sehr polydispers	Besteht in der Hauptsache aus Amylose und Amylopektin (siehe oben in dieser Tabelle) im Verhältnis 20:80. Einige Stärkearten enthalten keine Amylose		Reservekohlenhydrate vieler Pflanzen

Literatur

1) Für Übersichten über die Stärkechemie siehe Bourne, E. J., *Chem. and Ind.*, **1951**, 1047; Meyer und Gibbons, *Advanc. Enzymol.*, **12**, 341 (1951). *2*) Witnauer et al., *J. chem. Phys.*, **20**, 1978 (1952). *3*) Bourne und Peat, *J. chem. Soc.*, **1945**, 877; Barker et al., *ibid.*, **1949**, 1705, 1712. *4*) Hanes, C. S., *Proc. roy. Soc. B*, **128**, 421 (1940); **129**, 174 (1940). *5*) Blix und Snellman, *Ark. Kemi Mineral. Geol.*, **19A**, Nr. 32 (1945). *6*) Jeanloz, R. W., *Proceedings of the Third International Congress of Biochemistry, Brussels 1955*, New York (1956), S. 65. *7*) Stacey und Ricketts, in: Zechmeister, L. (Hrsg.), *Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe*, Bd. 8, Wien (1951), S. 28. *8*) Manners, D. J., *Quart. Rev. chem. Soc. Lond.*, **9**, 88 (1955). *9*) Bear und Cori, *J. biol. Chem.*, **140**, 111 (1941). *10*) Bell und Manners, *J. chem. Soc. Lond.*, **1954**, 1891. *11*) Jensen et al., *J. biol. Chem.*, **174**, 265 (1948). *12*) Christiansen und Jensen, *Acta chem. scand.*, **7**, 1247 (1953); Laurent und Gergely, *J. biol. Chem.*, **212**, 325 (1955). *13*) Hirst und Jones, *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **2**, 235 (1946). *14*) Reeves und Goebel, *J. biol. Chem.*, **139**, 511 (1941).

2. Aminosäuren[1]

Eine Verbindung, die mindestens eine Amino- und eine Carboxylgruppe enthält, wird als Aminosäure bezeichnet. Diejenigen von biologischer Bedeutung enthalten im allgemeinen eine Aminogruppe in α-Stellung zu einer Carboxylgruppe und haben also folgende allgemeine Formel:



Durch Asymmetrie am α-Kohlenstoffatom sind die Aminosäuren optisch aktiv, außer wenn R = H, wie im Glycin. Ihre Nomenklatur ist derjenigen ähnlich, welche für die Kohlenhydrate angegeben wurde, wobei auch die Buchstaben D und L für die Konfiguration am α-Kohlenstoffatom verwendet und manchmal die Vorzeichen für die optische Drehung in Klammern beigefügt werden, so zum Beispiel L-(+)Alanin. Bei Aminosäuren mit zwei Asymmetriezentren sind vier Stereoisomere möglich; das in Proteinen vorkommende Isomere wird einfachheitshalber der L-Reihe zugeteilt, was natürlich keine vollständige Beschreibung der Konfiguration dieser bestimmten Säure darstellt (über stereochemische Konfigurationen siehe [2]). Der Wert der spezifischen Drehung für eine bestimmte Aminosäure hängt von Konzentration, Temperatur und Wasserstoffionenkonzentration ab. Um die Identität und Reinheit einer Aminosäure mit Hilfe der spezifischen Drehung anzugeben, müssen daher die Versuchsbedingungen genau eingehalten werden[3].

Die meisten Aminosäuren sind stabile Verbindungen, die oberhalb 200°C unter Zersetzung schmelzen; sie sind in den gewöhnlichen neutralen Lösungsmitteln mit Ausnahme von Wasser unlöslich und können im allgemeinen aus wässerigem Alkohol umkristallisiert werden. Ihr salzartiges Verhalten kann auf die Struktur eines inneren Salzes oder eines Zwitterions zurückgeführt werden:

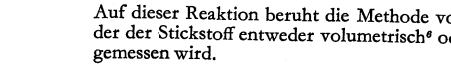


Die Aminosäuren verhalten sich amphoter und haben einen charakteristischen isoelektrischen Punkt, bei dem viele ihrer physikalischen Eigenschaften Maxima oder Minima aufweisen.

Durch die Anwendung neuer Verfahren, wie zum Beispiel durch Adsorptionschromatographie an Stärke, Verteilungschromatographie an Silicagel und Papier, Chromatographie an Ionenaustauschern und Elektrophorese, sind die Methoden zur Auftrennung und quantitativen Bestimmung von Aminosäuren in den letzten Jahren umwälzend erneuert worden. Zur Auftrennung aller bekannten Aminosäuren genügt nunmehr eine einzige Ionenaustauschsäule[4], und zur quantitativen Bestimmung der Aminosäuren steht eine Vielfalt von Methoden zur Verfügung: Isotopenverdünnung, enzymatische, mikrobiologische und chemische Reaktionen[1, 5].

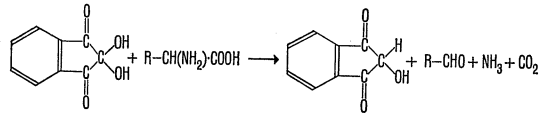
Für die quantitative Bestimmung der meisten Aminosäuren sind vor allem drei Methoden anwendbar:

a) Aminosäuren mit primärer Aminogruppe reagieren mit salpetriger Säure unter Bildung von Stickstoff:



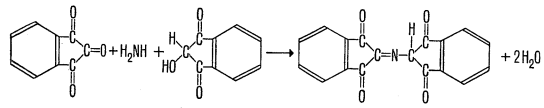
Auf dieser Reaktion beruht die Methode von VAN SLYKE, bei der der Stickstoff entweder volumetrisch[6] oder manometrisch[7] gemessen wird.

b) Aminosäuren mit freier Carboxyl- und primärer α-Aminogruppe werden durch Ninhydrin nach der folgenden Gleichung oxydiert:



Ninhydrin (Triketohydrindenhydrat) — Hydrindantin — Aldehyd

NH_3 oder CO_2 können quantitativ bestimmt werden[8]. Es kann aber auch die oberhalb pH 2 beim Erhitzen der Reaktionsmischung nach der folgenden Reaktion auftretende blaue Farbe zur quantitativen Bestimmung verwendet werden[9]:



Triketohydrinden — Hydrindantin — Diketohydrindylidendiketohydrindamin

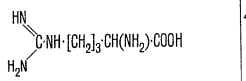
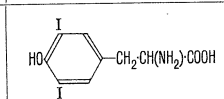
c) Formaldehyd reagiert mit den Aminogruppen einer Aminosäure unter Verminderung der Basizität, was eine direkte Titration der Säure mit Alkali und Phenolphthalein als Indikator gestattet[10].

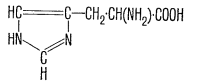
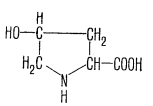
Über zwanzig Aminosäuren konnten als Bausteine der Proteinmoleküle identifiziert werden (Tabelle 7, S. 320–323). Es sind dies durchweg α-Aminosäuren der L-Reihe, und es besteht kein Grund zur Annahme, daß irgendeine andere Klasse von Aminosäuren am Aufbau der Proteine beteiligt ist[2]. D-Aminosäuren wurden jedoch aus Pflanzen und Mikroorganismen isoliert[11]. Die letzteren bilden oft D-Aminosäuren enthaltende Polypeptide (häufig mit antibiotischen Eigenschaften); so bestehen die Kapseln gewisser Bakterien, zum Beispiel diejenigen von *Bacillus anthracis*, beinahe ausschließlich aus Polypeptiden der D-Glutaminsäure. Die in Tabelle 8, S. 324 und 325, aufgeführten Aminosäuren kommen in Proteinen nicht vor, treten aber als Zwischenprodukte des Stoffwechsels oder als Bestandteile physiologisch aktiver Verbindungen auf.

---

1) Übersichten siehe GREENBERG, D. M. (Hrsg.), *Amino Acids and Proteins*, 1. Aufl., Springfield, Ill. (1951); NEURATH und BAILEY (Hrsg.), *The Proteins*, Bd. 1A, New York (1953). *2)* NEUBERGER, A., *Advanc. Protein Chem.*, **4**, 297 (1948). *3)* Über das Verhalten von α-Aminosäuren in Lösung siehe GREENSTEIN, J. P., *Advanc. Protein Chem.*, **9**, 121 (1954). *4)* MOORE und STEIN, *J. biol. Chem.*, **211**, 893 (1954). *5)* Siehe TRISTRAM, G. R., in: NEURATH und BAILEY (Hrsg.), *The Proteins*, Bd. 1A, New York (1953); BLOCK und WEISS, *Amino Acid Handbook*, Springfield, Ill. (1956); BLOCK et al., *A Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis*, New York (1955); BLOCK und BOLLING, *The Amino Acid Composition of Proteins and Foods*, 2. Aufl., Springfield, Ill. (1951). *6)* VAN SLYKE, D. D., *J. biol. Chem.*, **9**, 185 (1911); **12**, 275 (1912). *7)* VAN SLYKE, D. D., *J. biol. Chem.*, **83**, 425 (1929). *8)* VAN SLYKE et al., *J. biol. Chem.*, **141**, 627, 671 (1941); **150**, 251 (1943). *9)* MOORE und STEIN, *J. biol. Chem.*, **176**, 367 (1948). *10)* OLCOTT, H. S., in: GREENBERG, D. M. (Hrsg.), *Amino Acids and Proteins*, 1. Aufl., Springfield, Ill. (1951), S. 80. *11)* THORNE, C. B., *Ann. Rev. Microbiol.*, **10**, 331 (1956).

Tabelle 7 Physikalische und chemische Eigenschaften von Aminosäuren, die als Proteinbausteine vorkommen

Name	Abkürzung*	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung (%) C	H	N	Löslichkeit (Gramm in 100 g Wasser bei 25° C)	Spezifische Drehung: Temperatur (°C)	Konzentration**	Lösungsmittel	$[\alpha]_D$	Besondere Eigenschaften *Organismus für die mikrobiologische Bestimmung*	Spezifisches Vorkommen und biologische Funktion *(Literatur siehe S. 323)*
α-Alanin (α-Amino-propionsäure)	Ala	$C_3H_7O_2N$ 89,10	$CH_3 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	40,44	7,92	15,72	16,72	25 25 20	2,06 10,00 1,78	6 n-HCl Wasser 3 n-NaOH	+ 13,70 + 2,41 + 3,0	*Leuconostoc (Lactobacillus) citrovorum* 8081	
Arginin (α-Amino-δ-guanidyl-*n*-valeriansäure)	Arg	$C_6H_{14}O_2N_4$ 174,21		41,37	8,10	32,16	15	23,3 20 20	1,65 3,48 0,87	6 n-HCl Wasser 0,5 n-NaOH	+ 27,58 + 12,5 + 11,8	Basisch. Gibt die SAKAGUCHI-Farbreaktion mit α-Naphthol und Natriumhypohalogenit *Streptococcus faecalis* 9790; *Leuconostoc citrovorum*	Zwischenprodukt im Ornithin-Zyklus bei der Harnstoffsynthese (siehe S. 412) und bei der Creatinsynthese (siehe S. 407)
Asparagin (Asparaginsäure-β-monoamid; α-Amino-β-carbamyl-propionsäure)	Asp-NH_2	$C_4H_8O_3N_2$ 132,12	$NH_2 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	36,37	6,11	21,21	2,46	20 20 20	2,24 1,41 11,23	3,4 n-HCl Wasser 2,5 n-NaOH	+ 34,26 − 5,30 − 6,35	Wird durch heiße Säure oder spezifische Enzyme zu NH_3 und Asparaginsäure verseift	Kommt frei in vielen Pflanzengeweben vor, besonders in ätiolierten Keimlingen
Asparaginsäure (Amino-bernsteinsäure)	Asp	$C_4H_7O_4N$ 133,11	$HOOC \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	36,09	5,30	10,52	0,50	24 18 18	2,02 1,33 1,33	6 n-HCl Wasser 3 n-NaOH	+ 24,6 + 4,7 − 1,7	Sauer. Gibt bei der Ninhydrinreaktion 2 Mol CO_2 und 1 Mol NH_3 *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	Ist bei der Umwandlung von Citrullin in Arginin (siehe S. 412) und bei der Biosynthese der Purine und Pyrimidine (siehe S. 405 und 409) beteiligt
Cystein (α-Amino-β-thiol-propionsäure)	CySH	$C_3H_7O_2NS$ 121,16	$HS \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	29,73	5,82	11,56 Schwefel 26,46	Sehr leicht löslich	26	12,1	1 n-HCl	+ 7,6	Geht in neutraler oder alkalischer Lösung durch Autoxydation leicht in Cystin über	Geht durch Oxydation reversibel in Cystin über (siehe S. 375). Bestandteil des Glutathions (siehe S. 408). Einige aromatische Verbindungen werden im Harn als Derivate des N-Acetylcysteins (Merkaptursäuren; siehe S. 412 und 415) ausgeschieden
Cystin (Bis-[β-amino-β-carboxy-äthyl]-disulfid)	Cys	$C_6H_{12}O_4N_2S_2$ 240,31	$S \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$ $S \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	29,99	5,03	11,66 Schwefel 26,68	0,011	24 18,5	1,0 0,4	1 n-HCl 0,2 n-NaOH	−214,4 − 70,0	Wird leicht zu Cystein reduziert *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042, *Lactobacillus arabinosus*	Reichlich im Haar, Keratin und Insulin vorhanden. Die Disulfidbrücke verbindet verschiedene Polypeptidketten oder verschiedene Teile einer Polypeptidkette innerhalb eines Proteinmoleküls
3,5-Dijod-tyrosin***		$C_9H_9O_3NI_2$ 433,00		24,97	2,10	3,23 Jod 58,62	0,062	20 20	5,08 4,41	1,1 n-HCl 3,4 n-NH_4OH	+ 2,89 + 2,27		Kommt nur in den Proteinen der Schilddrüse vor (Schilddrüsenhormon[3]; siehe dort und S. 410

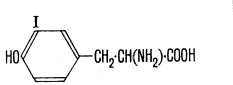
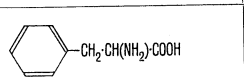
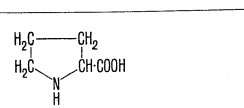
Glutaminsäure (α-Amino-glutarsäure)	Glu	$C_5H_9O_4N$ 147,14	$HOOC{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	40,81	6,17	9,52	0,843	22,4 18 18	1,00 1,47 1,47	6 n-HCl Wasser 1 n-NaOH	+ 31,2 + 11,5 + 10,96	Sauer. Geht beim Kochen in Lösung innerhalb eines weiten pH-Bereichs (4–10) durch Ringschluß in Pyrrolidoncarbonsäure über *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042; *Lactobacillus arabinosus*	Bestandteil des Glutathions (siehe S. 408) und der Vitamine der Folsäuregruppe (siehe dort). Findet sich in hoher Konzentration in Geweben. Wird im tierischen Gewebe leichter dehydriert und ist reaktionsfähiger bei der enzymatischen Transaminierung als alle anderen Aminosäuren
Glutamin (Glutaminsäure-β-monoamid; α-Amino-γ-carbamyl-buttersäure)	Glu-NH_2	$C_5H_{10}O_3N_2$ 146,15	$NH_2{\cdot}CO{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	41,09	6,90	19,17	3,6 (bei 18° C)	22	3,6	Wasser	+ 5,0	Gibt beim Erhitzen auf ungefähr 100° C in beinahe neutraler Lösung durch Ringschluß das Ammoniumsalz der Pyrrolidoncarbonsäure. Die Amidogruppe reagiert in Gegenwart von Essigsäure mit salpetriger Säure unter Abspaltung von Stickstoff. Wird von spezifischen Enzymen zu Ammoniumglutaminat hydrolysiert	Kommt in tierischen Geweben und vielen Pflanzen frei vor, so zum Beispiel in der Zuckerrübe. Phenylessigsäure wird vom Menschen als Phenacetylglutamin ausgeschieden (siehe S. 412 und 415)
Glycin (Amino-essigsäure)	Gly	$C_2H_5O_2N$ 75,07	$NH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$	32,00	6,72	18,66	24,99					Optisch inaktiv. Gibt mit *o*-Phthalaldehyd eine grüne Färbung *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	Viele Tiere scheiden Benzoesäure als Benzoylglycin (Hippursäure) aus (siehe S. 412 und 415). Bestandteil des Glutathions (siehe S. 408). Stoffwechselzwischenprodukt bei der Synthese von Creatin, Porphyrinen, Purinen und Serin (siehe S. 404)
Histidin (α-Amino-β-[4-imidazolyl]-propionsäure)	His	$C_6H_9O_2N_3$ 155,16		46,44	5,85	27,09	4,29	25 25 20	1,00–4,05 0,75–3,77 0,77	6,1 n-HCl Wasser 0,5 n-NaOH	+ 13,34 − 38,95 − 10,9	Basisch. Gibt Biuretreaktion. Kuppelt mit diazotierter Sulfanilsäure unter Bildung einer intensiv roten Färbung (PAULY-Reaktion) *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	Decarboxylierung gibt Histamin. Bestandteil des Carnosins (β-Alanylhistidin), das im Muskel vorkommt
δ-Hydroxylysin (α,ε-Diamino-δ-hydroxy-*n*-capronsäure)		$C_6H_{14}O_3N_2$ 162,19	$NH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH(OH){\cdot}(CH_2)_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	44,43	8,70	17,28		25	2,0	6 n-HCl	+ 14,5	Reagiert mit Perjodat unter Bildung von Formaldehyd und Ammoniak	Wurde nur im Kollagen und in der Gelatine als Proteinbaustein gefunden. Das Phosphat kommt in der Natur vor[4]
Hydroxyprolin (γ-Hydroxy-pyrrolidin-α-carbonsäure)	Hypro	$C_5H_9O_3N$ 131,14		45,80	6,92	10,68	36,11	20 22,5 20	1,31 1,00 0,65	1 n-HCl Wasser 0,5 n-NaOH	− 47,3 − 75,2 − 70,6	Hat keine primäre α-Aminogruppe und unterscheidet sich deshalb in mancher Hinsicht von den primären Aminosäuren; so bildet sich zum Beispiel mit salpetriger Säure kein Stickstoff. Durch Hypochlorit zu Hydroxypyrrolin oxydiert. Ninhydrin bewirkt Decarboxylierung, wobei unterhalb von pH 4,4 eine rötliche und bei höherem pH eine gelbliche Farbe auftritt. Gibt mit Isatin ein intensiv blaues Kondensationsprodukt	Kommt nur im Kollagen und in der Gelatine vor

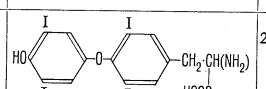
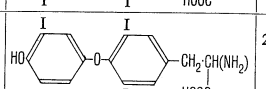
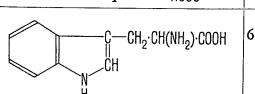
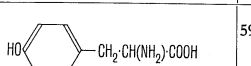
* Zur Beschreibung der Aminosäurenreihenfolge in Polypeptiden und Proteinmolekülen gebräuchlich[1].

** Gramm in 100 ml Lösung, wenn nicht anders angegeben.

*** Über chromatographische Abtrennung von anderen jodierten Aminosäuren und über Bestimmung siehe BLOCK und WEISS[2].

Tabelle 7 Physikalische und chemische Eigenschaften von Aminosäuren, die als Proteinbausteine vorkommen *(Fortsetzung)*

Name	Abkürzung*	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung (%) C	H	N	Löslichkeit (Gramm in 100 g Wasser bei 25° C)	Spezifische Drehung: Temperatur (° C)	Konzentration**	Lösungsmittel	$[\alpha]_D$	Besondere Eigenschaften *Organismus für die mikrobiologische Bestimmung*	Spezifisches Vorkommen und biologische Funktion *(Literatur siehe S. 323)*
Leucin (α-Amino-isocapronsäure)	Leu	$C_6H_{13}O_2N$ 131,18	$(CH_3)_2CH{\cdot}CH_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	54,94	9,99	10,68	2,19	25 25 20	2,00 2,00 1,31	6 n-HCl Wasser 3 n-NaOH	+ 15,20 − 10,57 + 7,6	*Lactobacillus arabinosus* 17–5, 8014; *Lactobacillus helveticus; Streptococcus faecalis; Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	
Isoleucin (α-Amino-β-methyl-*n*-valeriansäure)	Ileu	$C_6H_{13}O_2N$ 131,18	$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	54,94	9,99	10,68	2,93 (bei 20° C)	20 20 20	5,09 3,10 3,34	6,1 n-HCl Wasser 0,33 n-NaOH	+ 40,61 + 11,29 + 11,09	*Lactobacillus arabinosus* 17–5, 8014; *Lactobacillus helveticus; Streptococcus faecalis; Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	
Lysin (α,ε-Diamino-*n*-capronsäure)	Lys	$C_6H_{14}O_2N_2$ 146,19	$NH_2{\cdot}(CH_2)_4{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	49,29	9,65	19,16	Sehr leicht löslich	23 20	2,00 6,50	6 n-HCl Wasser	+ 25,9 + 14,6	Basisch. Kann durch Phosphowolframsäure gefällt werden. Beim trockenen Erhitzen von lysinhaltigen Proteinen tritt deutlicher Verlust an Lysin ein *Streptococcus faecalis* 9790, *Leuconostoc mesenteroides* P-60,8042	
Methionin (α-Amino-γ-methyl-merkapto-*n*-buttersäure)	Met	$C_5H_{11}O_2NS$ 149,22	$CH_3{\cdot}S{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	40,24	7,43	9,39 Schwefel 21,49	3,35 (für die DL-Säure)	20 25	5,00 0,80	3 n-HCl Wasser	+ 23,40 − 8,11	*Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042; *Lactobacillus fermenti* 36 (für die DL-Säure)	Liefert das Schwefelatom bei der Biosynthese von Cystein (siehe Cystathionin, Tabelle 8, S. 325). Ist Träger «aktiver» Methylgruppen
3-Monojod-tyrosin		$C_9H_{10}O_3NI$ 307,10		35,15	3,27	4,57 Jod 41,2		20	5,00	1 n-HCl	− 4,4		Kommt nur in den Proteinen der Schilddrüse vor (Schilddrüsenhormon[9]; siehe dort und S. 410)
Norleucin (α-Amino-capronsäure)		$C_6H_{13}O_2N$ 131,18	$CH_3{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	54,94	9,99	10,68	1,15 (bei 18° C)	20	4,3	6 n-HCl	+ 21,3		Als Proteinbaustein nicht erwiesen[6]
Phenylalanin (α-Amino-β-phenyl-propionsäure)	Phe	$C_9H_{11}O_2N$ 165,20		65,44	6,71	8,48	2,965	20	1,93	Wasser	− 35,14	*Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	Kann im menschlichen Organismus zu Tyrosin umgebaut werden (siehe S. 376)
Prolin (Pyrrolidin-α-carbonsäure)	Pro	$C_5H_9O_2N$ 115,14		52,16	7,88	12,17	162,3	20 23,4 20	0,57 1,00 2,42	0,5 n-HCl Wasser 0,6 n-KOH	− 52,6 − 85,0 − 93,0	Neutral. Löslich in Alkohol. Dem Hydroxyprolin chemisch sehr ähnlich *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042; *Lactobacillus brevis*	

Serin (α-Amino-β-hydroxy-propionsäure)	Ser	$C_3H_7O_3N$ 105,10	$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	34,28	6,71	13,33	5,023 (für die DL-Säure)	25 20	9,34 10,41	1 n-HCl Wasser	+ 14,95 − 6,83	Wird durch Perjodat oder Bleitetraacetat zu Formaldehyd und Glyoxylsäure gespalten. Gibt die Biuretreaktion. Wird bei der sauren Hydrolyse von Proteinen zum Teil zerstört *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042; *Lactobacillus delbrueckii* LD 5; *Lactobacillus helveticus*	Das meiste Serin der Phosphoproteine (Vitellin, Casein) kommt als Phosphoserin vor[6]. Phosphatidylserin ist Bestandteil einiger Phospholipide
Threonin (β-Methylserin; α-Amino-β-hydroxy-buttersäure)	Thr	$C_4H_9O_3N$ 119,12	$CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	40,33	7,62	11,76		26	1,63 (Gramm in 100 g Lösung)	Wasser	− 9,1	In gewissen Eigenschaften dem Serin ähnlich. Wird durch Perjodat zu Acetaldehyd und Glyoxylsäure oxydiert *Streptococcus faecalis* 9790; *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	Phosphothreonin wurde in Caseinhydrolysaten gefunden[7]
Thyroxin (3,5,3′,5′-Tetrajod-thyronin)		$C_{15}H_{11}O_4NI_4$ 776,90		23,17	1,43	1,80	0,001		3 (Gramm in 100 g Lösung)	0,13 n-NaOH in 70% Äthanol	− 4,4		Kommt nur in den Proteinen der Schilddrüse vor (Schilddrüsenhormon[3], siehe dort und S. 410)
				Jod 65,35									
3,5,3′-Trijod-thyronin		$C_{15}H_{12}O_4NI_3$ 651,00		27,6	1,8	2,2		29,5	4,75 (als Hydrochlorid)	1 n-HCl-Äthanol (1:2)	+ 21,5		Kommt nur in den Proteinen der Schilddrüse vor (Schilddrüsenhormon[3], siehe dort und S. 410)
				Jod 58,5									
Tryptophan (α-Amino-β-[3-indolyl]-propionsäure)	Try	$C_{11}H_{12}O_2N_2$ 204,23		64,69	5,93	13,72	1,14	20 22,7 20	1,02 1,00 2,42	0,5 n-HCl Wasser 0,5 n-NaOH	+ 2,4 − 31,5 + 6,17	Zersetzt sich bei längerem Erhitzen in heißer Säure. Gibt die MILLONsche Reaktion (siehe Tyrosin, unten) und die Reaktion nach FOLIN. Gibt Farbreaktion mit *p*-Dimethylaminobenzaldehyd und salpetriger Säure (EHRLICHsche Reaktion) *Lactobacillus arabinosus* 17–5, 8014; *Streptococcus faecalis*	
Tyrosin (α-Amino-β-[*p*-hydroxy-phenyl]-propionsäure)	Tyr	$C_9H_{11}O_3N$ 181,20		59,66	6,12	7,73	0,045	20 18	4,40 0,90	6,3 n-HCl 3,0 n-NaOH	− 8,64 − 13,2	Reagiert mit Quecksilbersalzen und salpetriger Säure unter Bildung einer rotenFärbung (MILLONsche Reaktion). Andere, weniger spezifische Farbreaktionen sind die Reaktionen mit α-Nitroso-β-naphthol und mit dem Phenolreagens nach FOLIN *Leuconostoc mesenteroides* P-60, 8042	Vorstufe des Thyroxins[9] (siehe S. 410), Adrenalins (siehe S. 409) und Melanins (siehe S. 410)
Valin (α-Amino-isovaleriansäure)	Val	$C_5H_{11}O_2N$ 117,15	$(CH_3)_2CH{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	51,26	9,46	11,96	8,85	20 20	3,4 3,58	6 n-HCl Wasser	+ 28,8 + 6,42	*Lactobacillus arabinosus* 17–5, 8014; *Lactobacillus helveticus; Streptococcus faecalis*	

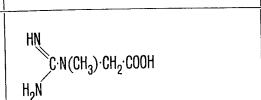
* Zur Beschreibung der Aminosäurenreihenfolge in Polypeptiden und Proteinmolekülen gebräuchlich[1].

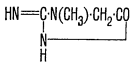
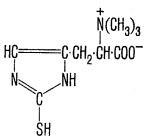
** Gram in 100 ml Lösung, wenn nicht anders angegeben.

Literatur

1) BRAND und EDSALL, *Ann. Rev. Biochem.*, **16**, 223 (1947). *2*) BLOCK und WEISS, *Amino Acid Handbook*, Springfield, Ill. (1956), S. 37; ROCHE et al., in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 1, New York (1954), S. 243. *3*) ROCHE und MICHEL, *Ann. Rev. Biochem.*, **23**, 481 (1954). *4*) ASTRUP et al., *Acta physiol. scand.*, **24**, 202 (1952). *5*) CONSDEN et al., *Biochem. J.*, **39**, 251 (1945). *6*) ÅGREN et al., *Acta chem. scand.*, **5**, 324 (1951). *7*) DE VERDIER, C.-H., *Nature*, **170**, 804 (1952).

Tabelle 8 Physikalische und chemische Eigenschaften einiger Aminosäuren, die nicht in Proteinen, sondern in freier Form vorkommen

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Zusammensetzung (%)			Löslichkeit (Gramm in 100 g Wasser bei 25° C)	Spezifische Drehung				Besondere Eigenschaften	Vorkommen und biologische Funktion *(Literatur siehe S. 325)*
			C	H	N		Temperatur (° C)	Konzentration (g in 100 ml Lösung)	Lösungsmittel	$[\alpha]_D$		
β-Alanin (β-Aminopropionsäure)	$C_3H_7O_2N$ 89,10	$NH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$	40,44	7,92	15,72	Sehr leicht löslich						Abbauprodukt von Pyrimidinen (siehe S. 379). Kommt als Baustein von Pantothensäure, Coenzym A, Carnosin und Anserin vor
α-Aminoadipinsäure	$C_6H_{11}O_4N$ 161,16	$HOOC \cdot (CH_2)_3 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	44,71	6,88	8,69	0,22 (bei 20° C)					Zersetzt sich beim Erhitzen unter Bildung von α-Piperidon-α′-carbonsäure	Zwischenprodukt beim Abbau von Lysin (siehe S. 376)
α-Amino-*n*-buttersäure	$C_4H_9O_2N$ 103,12	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	46,60	8,80	13,59	28 (für die DL-Säure)	20	5,46	Wasser	+ 7,86		Findet sich im Gehirn[1]. Bestandteil des Tripeptids «ophthalmic acid» im Linsengewebe[2]
γ-Amino-*n*-buttersäure	$C_4H_9O_2N$ 103,12	$NH_2 \cdot (CH_2)_3 \cdot COOH$	46,60	8,80	13,59							In Gehirn[3], Lunge und Herz[1]
β-Aminoisobuttersäure	$C_4H_9O_2N$ 103,12	$NH_2 \cdot CH_2 \cdot CH(CH_3) \cdot COOH$	46,60	8,80	13,59							Abbauprodukt des Thymins (siehe S. 379)
δ-Aminolävulinsäure (γ-Keto-δ-amino-*n*-valeriansäure)	$C_5H_9O_3N$ 131,14	$NH_2 \cdot CH_2 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$	45,82	6,90	10,71						Reduziert BENEDICTS Reagens in der Kälte. Wird durch Perjodat zu Formaldehyd und Bernsteinsäure gespalten	Zwischenprodukt bei der Biosynthese der Porphyrine (siehe S. 407)
Carbamylasparaginsäure (Ureidobernsteinsäure)	$C_5H_8O_5N_2$ 176,14	$HOOC \cdot CH_2 \cdot CH(COOH) \cdot NH \cdot CO \cdot NH_2$	34,10	4,58	15,91	0,4 (bei 20° C)	25		Wasser (Ba-Salz)	+ 24,1		Zwischenprodukt bei der Biosynthese der Pyrimidine aus Asparaginsäure bei Säugetieren und Bakterien (siehe S. 409)
Citrullin (α-Amino-δ-ureido-*n*-valeriansäure)	$C_6H_{13}O_3N_3$ 175,19	$NH_2 \cdot CO \cdot NH \cdot (CH_2)_3 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$	41,13	7,47	23,98		21,23 21,23	5,00 5,00	0,3 n-HCl Wasser	+ 17,9 + 3,5	Gibt bei der alkalischen Hydrolyse Ornithin	Zwischenprodukt im Ornithin-Zyklus bei der Harnstoffsynthese (siehe S. 413)
Creatin (Methylglycocyamin)	$C_4H_9O_2N_3$ 131,14		36,64	6,92	32,05	1,35 (bei 18° C)					Schwach basisch. Gibt beim Erhitzen in verdünnten Säuren Creatinin	Zellbestandteil. Creatinphosphat dient als Speicherverbindung «energiereicher» Phosphatbindungen im Muskel der Wirbeltiere (siehe S. 407)

Creatinin (1-Methyl-glycocyamidin)	$C_4H_7ON_3$ 113,12		42,48	6,24	37,15	8,7 (bei 16° C)					Stark basisch	Findet sich im Harn
Cystathionin	$C_7H_{14}O_4N_2S$ 222,27	$HOOC{\cdot}CH(NH_2){\cdot}CH_2{\cdot}S{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	37,82	6,35	12,60		22	1,0	1 n-HCl	+ 23,7		Zwischenprodukt bei der Übertragung von Schwefel auf Methionin mittels Serins (siehe S. 376)
			Schwefel 14,45									
Cysteinsäure	$C_3H_7O_5NS$ 169,16	$HO_3S{\cdot}CH_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	21,27	4,16	8,26		28	6,0	Wasser	+ 7,8		Zwischenprodukt bei der Bildung des Gallenbestandteils Taurin aus Cystein (siehe unten unter Taurin)
			Schwefel 18,90									
Ergothionein (Betain des Thiolhistidins)	$C_9H_{15}O_2N_3S$ 229,31		47,14	6,54	18,35		21	5,0	Wasser	+116,0	Basisch. Alkalibeständig. In saurem Milieu wird die Thiolgruppe leicht zu Sulfat oxydiert. Gibt mit Diazosulfanilsäure und Alkali eine rötliche Purpurfärbung	Kommt in den Erythrocyten, in der Leber, der Niere und anderen Geweben sowie auch im Harn und im Sperma[4] vor. Bestandteil des Mutterkorns
			Schwefel 13,95									
Glycocyamin (Guanidino-essigsäure)	$C_3H_7O_2N_3$ 117,11	$HN{=}C(NH_2){\cdot}NH{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$	30,77	6,02	35,88	Etwas löslich						Im Harn. Bildet sich in der Niere aus Arginin und Glycin. Vorstufe des Creatins und Creatinins (siehe S. 407)
Homoserin (α-Amino-γ-hydroxy-*n*-buttersäure)	$C_4H_9O_3N$ 119,12	$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	40,33	7,62	11,76		24–26	0,25	5 n-HCl	+ 18,3		Zwischenprodukt im Methioninstoffwechsel (siehe S. 375)
Ornithin (2,5-Diamino-*n*-valeriansäure)	$C_5H_{12}O_2N_2$ 132,17	$NH_2{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}CH(NH_2){\cdot}COOH$	45,42	9,15	21,19	Sehr leicht löslich	20	0,84	0,45 n-HCl	+ 14,1	Aus Arginin durch alkalische Hydrolyse	Zwischenprodukt im Ornithin-Zyklus bei der Harnstoffsynthese (siehe S. 412). Benzoesäure wird vom Geflügel als N,N'-Dibenzoylornithin ausgeschieden
Taurin (2-Aminoäthan-sulfonsäure)	$C_2H_7O_3NS$ 125,15	$NH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}SO_3H$	19,19	5,64	11,19	8,78 (bei 20° C)						Im Muskelgewebe von Wirbellosen. Bildet sich in der Leber von Säugetieren aus Cystein (siehe S. 408). Bestandteil der Taurocholsäure (Gallensäure)
			Schwefel 25,62									

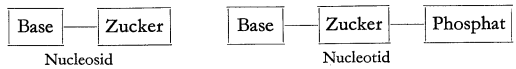
Literatur

1) Walker, D. M., *Biochem. J.*, **52**, 679 (1952). *2*) Waley, S. G., *Biochem. J.*, **64**, 715 (1956). *3*) Udenfriend, S., *J. biol. Chem.*, **187**, 65 (1950). *4*) Zusammenfassung der neueren Arbeiten siehe Bell, D. J., *Ann. Rep. Progr. Chem.*, **52**, 285 (1955).

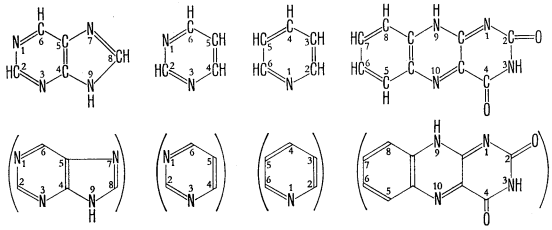
3. Nucleotide und verwandte Verbindungen

Nucleoside und Nucleotide

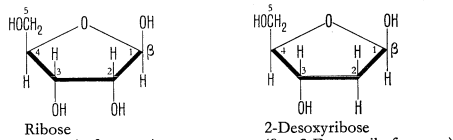
Ein *Nucleosid* ist eine mit einem Zucker verbundene heterozyklische Base, während bei einem *Nucleotid* der Zucker des Nucleosids mit Phosphorsäure verestert ist.



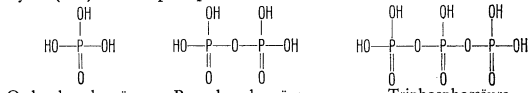
Die Basen der Nucleoside und Nucleotide sind meistens Purine und Pyrimidine, seltener Pyridine und Isoalloxazine. Die Stammverbindungen dieser Basen haben folgende Strukturen:



Die in Nucleosiden und Nucleotiden vorkommenden Zucker sind meist entweder Ribose oder 2-Desoxyribose:



Die Glycosidbindung zwischen Zucker und Base liegt bei Nucleosiden und Nucleotiden in 9-Stellung für die Purine und in 3-Stellung für die Pyrimidine. An der Veresterung der Nucleoside beteiligt sich nicht nur die Orthophosphorsäure, sondern auch Pyro- (Di-) und Triphosphorsäure.



Die Nomenklatur der Nucleoside und Nucleotide geht aus den in Tabelle 9, S. 327, zusammengestellten Beispielen hervor.

Die natürlich vorkommenden Mono-, Di- und Triphosphate der Nucleoside sind in 5′-Stellung des Zuckers phosphoryliert. Ausnahmen bilden die Nucleosid-3′-monophosphate und die Nucleosid-3′,5′-diphosphate, die beim enzymatischen Abbau von Ribonucleinsäuren (RNS) gebildet werden. Gewisse Coenzyme enthalten Nucleosid-2′,5′-diphosphat oder Nucleosid-3′,5′-diphosphat (siehe Tabelle 12, S. 334–340).

Nucleotide und Polynucleotide (siehe unter Nucleinsäuren weiter unten) kommen in allen lebenden Zellen vor. Gewisse natürlich vorkommende Basen, Nucleoside und Nucleotide treten nur als Zwischenprodukte bei der Synthese oder beim Abbau anderer Nucleotide auf und haben keine bekannte Eigenfunktion (siehe Tabellen 10 a, b und c, S. 328–332).

Nucleosiddi- und -triphosphate sind Vorstufen der Nucleinsäuren. Sie sind auch die Träger der freien Energie von Pyrophosphatbindungen, so daß die Nucleotide als Coenzyme der bei manchen Auf- und Abbaureaktionen auftretenden Übertragung freier Energie betrachtet werden können. Nucleosiddiphosphate werden aus den entsprechenden Monophosphaten mit Hilfe der Nucleosidmonophosphatkinase gebildet. Dieses Enzym wirkt analog der Adenylsäurekinase und katalysiert die allgemeine Reaktion[1,2]:

$$\text{Nucleosid-monophosphat} + \text{Adenosin-triphosphat} \rightleftharpoons \text{Nucleosid-diphosphat} + \text{Adenosin-diphosphat}$$

Nucleosidtriphosphate werden darauf aus den entsprechenden Diphosphaten mit Hilfe der Nucleosiddiphosphatkinase gebildet[1,2]:

$$\text{Nucleosid-diphosphat} + \text{Adenosin-triphosphat} \rightleftharpoons \text{Nucleosid-triphosphat} + \text{Adenosin-diphosphat}$$

In Tabelle 11, S. 333, sind Nucleosidmono-, -di- und -triphosphate sowie deren Funktionen zusammengestellt.

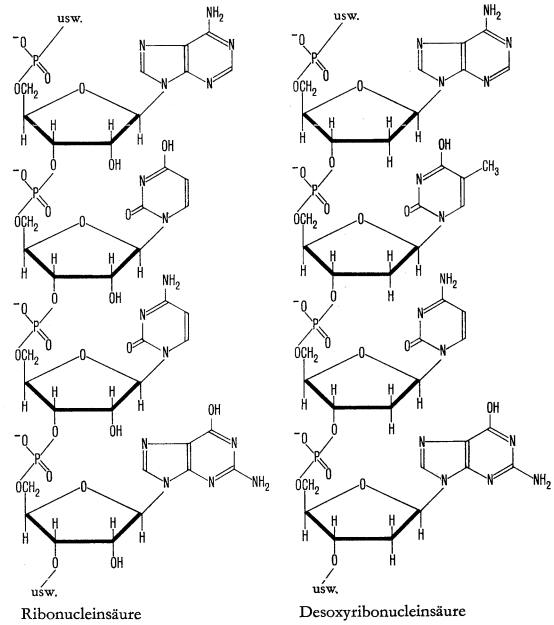
Die Nucleotidcoenzyme dienen als Wasserstoffträger und Träger der aktiven Formen von Zuckern, Aminosäuren, Fettsäuren, Dicarbonsäuren, Kohlendioxyd und Sulfat. Bedeutung und Bildung von Nucleotidcoenzymen finden sich in Tabelle 12, S. 334–340.

Nucleinsäuren

Die Bezeichnung Nucleinsäure wird für eine Gruppe von Verbindungen verwendet, die, chemisch betrachtet, *Polynucleotide* darstellen. Man unterscheidet zwei Arten von Nucleinsäuren: *Ribonucleinsäuren* (RNS), die im Cytoplasma und in kleiner Menge im Zellkern vorkommen, und *Desoxyribonucleinsäuren* (DNS), die Bestandteil des Zellkerns sind. Beide Arten von Verbindungen kommen im allgemeinen an Proteine gebunden vor. Die Polynucleotidstruktur von RNS und DNS bildet sich durch Veresterung der Phosphatgruppe eines 5′-Nucleotids mit dem Substituenten in 3′-Stellung eines anderen Nucleotids. RNS enthält vier Nucleotideinheiten, nämlich Adenylsäure, Guanylsäure, Cytidylsäure und Uridylsäure. Am Aufbau der meisten Arten von DNS beteiligen sich vier Desoxyribonucleotide, nämlich Desoxyadenylsäure, Desoxyguanylsäure, Desoxycytidylsäure und Desoxythymidylsäure. Das letzte Desoxyribonucleotid wird einfachheitshalber meist «Thymidylsäure» genannt, da bis jetzt noch kein natürlich vorkommendes Ribonucleotid mit Thymin als Base gefunden wurde. In gewissen Arten von DNS ist eine dieser Nucleotideinheiten ganz oder teilweise durch eine andere ersetzt. Diese Ausnahmen sind in Tabelle 11 auf S. 333 zusammengestellt. Die Bausteine der RNS- und DNS-Polynucleotide sind in Abbildung 4 wiedergegeben.

Die Reihenfolge der Nucleotide in den verschiedenen Nucleinsäuren ist noch nicht bekannt. Die Nucleotidzusammensetzung der DNS ist artspezifisch. Obwohl die Nucleotidzusammensetzung der RNS in Viren, Hefen und Tieren unterschiedlich ist, konnte eine Artspezifität für Tiere noch nicht sichergestellt werden. Für verschiedene Organe des gleichen Tieres konnte kein wesentlicher quantitativer Unterschied in der Nucleotidzusammensetzung der RNS und DNS aufgefunden werden. Hingegen unterscheidet sich die Nucleotidzusammensetzung der RNS des Cytoplasmas von derjenigen des Zellkerns. DNS enthält gleiche Mengen Desoxyguanylsäure und Desoxycytidylsäure und ebenfalls gleich viel Desoxyadenylsäure wie Desoxythymidylsäure, wobei die Menge der letzteren beiden Verbindungen bei den Tieren etwas größer ist als bei anderen Organismen.

Abb. 4 Ausschnitte aus RNS- und DNS-Polynucleotiden



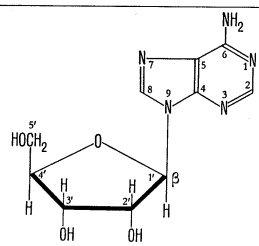
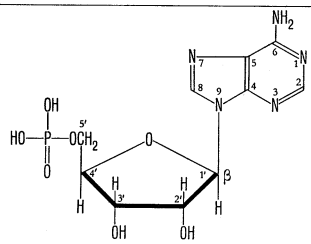
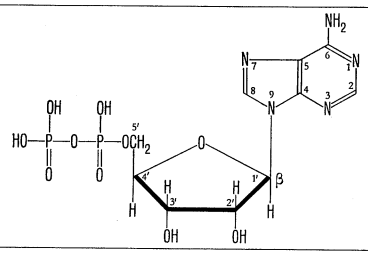
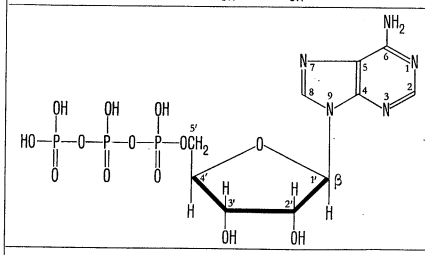
Das DNS-Molekül besteht aus zwei Polynucleotidketten, die in Form einer Doppelschraube angeordnet sind. Die Basen der einen Kette gehen mit denjenigen der anderen Wasserstoffbindungen ein, wobei Adenin mit Thymin und Guanin mit Cytosin verbunden sind. Die Struktur der RNS ist weniger genau abgeklärt, dürfte aber analog zu derjenigen der DNS sein.

Die Molekulargewichte der Nucleinsäuren zeigen je nach Darstellungsmethode beträchtliche Unterschiede, wobei Abbau- und Polymerisationsprodukte als Artefakte auftreten können. Den für RNS bestimmten Molekulargewichten entsprechen Kettenlängen von 30 bis 1000 Mononucleotideinheiten, den für DNS bestimmten solche von 1500 bis 15000 Einheiten.

Die Bedeutung der Nucleinsäuren ist noch nicht völlig abgeklärt. RNS ist in bis jetzt noch nicht genau bekannter Weise bei der Proteinsynthese beteiligt. Das Aufbaumaterial der Chromosomen und Gene besteht ganz oder teilweise aus einem Komplex der DNS und Protein (Desoxyribonucleoprotein)[3]. Gemäß der jetzigen Theorie ist dieser der Träger sowohl der Summe aller vererblichen Eigenschaften als auch des Schablonenvorbildes für die Zellreproduktion. Es wurde berechnet, daß für ein aus 300 Mononucleotideinheiten bestehendes Polynucleotid ungefähr $4 \cdot 10^{87}$ verschiedene Nucleinsäuren möglich sind, vollkommene Freiheit in der Reihenfolge der vier verschiedenen Mononucleotide vorausgesetzt[4]. Auf diese Weise zeigen die Nucleinsäuren große Spezifität, die auf unbekanntem Wege auf Proteine während deren Synthese übertragen werden kann[5]. Es wird angenommen, daß die chemische Grundlage der Vererbung in der Nucleotidreihenfolge der Polynucleotidkette liegt, wobei verschiedene Nucleotidanordnungen spezifischen Eigenschaften entsprechen.

1) Lieberman et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 429 (1955). *2)* Gibson et al., *Biochim. biophys. Acta*, **21**, 86 (1956). *3)* Zusammenfassung siehe Sinsheimer, R. L., *Science*, **125**, 1123 (1957). *4)* Dounce, A. L., *Enzymologia (Amst.)*, **15**, 251 (1951–1953). *5)* Gamow et al., *Advanc. biol. med. Phys.*, **4**, 23 (1956).

Tabelle 9 Nomenklatur der Nucleoside und Nucleotide

Strukturformel	Gruppenbezeichnung*	Alternative Gruppenbezeichnung*	Eigenname**	Alternative Eigennamen**
	Nucleosid	Ribosid	Adenosin	Adeninribosid
	Nucleotid (Nucleosid-monophosphat)	Ribotid (Ribosid-monophosphat)	5′-Adenylsäure (AMP)	Adenosin-5′-monophosphat Adeninnucleotid Adeninribotid
	Nucleosid-diphosphat	Ribosid-diphosphat	Adenosin-diphosphat (ADP)	Adenosin-5′-pyrophosphat
	Nucleosid-triphosphat	Ribosid-triphosphat	Adenosin-triphosphat (ATP)	

* Diese Bezeichnungen können für beliebige Verbindungen der obigen Art gebraucht werden. Im allgemeinen versteht man unter Nucleosiden und Nucleotiden nur Derivate heterozyklischer Basen, während die Bezeichnungen Ribosid und Ribotid für beliebige Basen verwendet werden. Besteht die Möglichkeit von Verwechslungen, so wird die Bezeichnung *Nucleotid* zu *Ribonucleotid* oder *Desoxyribonucleotid* spezifiziert. Anderseits wird sie zwecks Unterscheidung von *Mono-* und *Polynucleotiden* zu *Mononucleotid* präzisiert. Nötigenfalls kann auch die Stellung der Phosphatbindung angegeben werden; so ist zum Beispiel die angeführte Verbindung ein 5′-Nucleotid oder genauer ein 5′-Ribonucleotid. Die Verwendung der eingeklammerten Namen ist zur Unterscheidung von Mono- und Polyphosphaten notwendig.

** Wenn das in Betracht fallende Nucleosid oder Nucleotid statt Ribose Desoxyribose enthält, wird die Verbindung zur näheren Bezeichnung mit der Vorsilbe Desoxy versehen, so zum Beispiel *Desoxyadenosin, Desoxyadenylsäure.*

Tabelle 10a Verbindungen, die bei der Biosynthese und beim Abbau von Purin- und Pyrimidinnucleotiden beteiligt sind: Purine und Pyrimidine

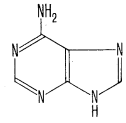
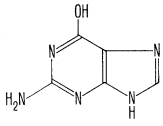
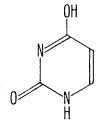
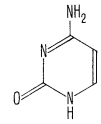
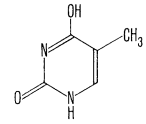
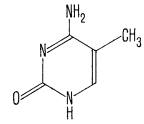
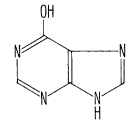
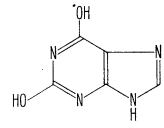
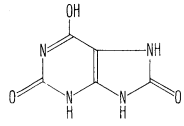
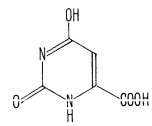
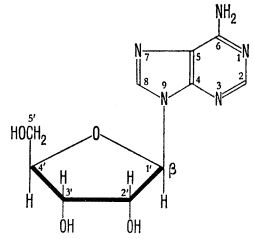
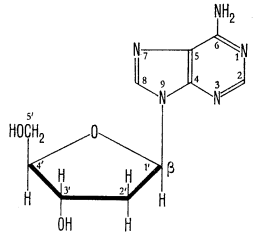
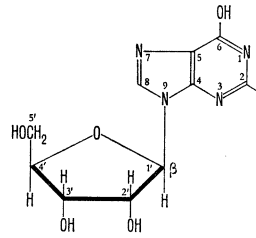
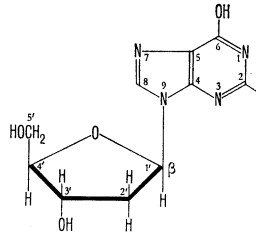
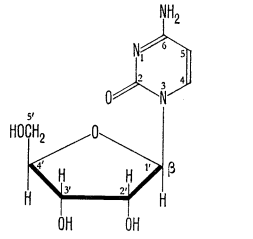
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Eigenschaften	Vorkommen	Funktion
Adenin (6-Amino-purin)	$C_5H_5N_5$ 135,14		Smp. 365°C (Zersetzung) Pikrat 298°C	Tee, Zuckerrübe, Hefe, verschiedene tierische Organe	Diese Basen sind Abbauprodukte der entsprechenden Nucleotide. Sie werden ihrerseits nach den auf den S. 377 bis 380 angegebenen Reaktionsmechanismen weiter abgebaut. Bei den Säugetieren kann normalerweise nur Adenin zum entsprechenden Nucleotid zurückverwandelt werden, wobei aber das Ausmaß dieser Reaktion ungewiß ist
Guanin (2-Amino-6-hydroxy-purin)	$C_5H_5ON_5$ 151,14		Smp. 365°C (Zersetzung) Pikrat 258–260°C	Fleisch und Schuppen von Fischen	
Uracil (2,6-Di-hydroxy-pyrimidin)	$C_4H_4O_2N_2$ 112,09		Smp. 338°C (Zersetzung)		
Cytosin (6-Amino-2-hydroxy-pyrimidin)	$C_4H_5ON_3$ 111,11		Smp. 320–325°C (Zersetzung) Pikrat 333°C		
Thymin (2,6-Di-hydroxy-5-methyl-pyrimidin)	$C_5H_6O_2N_2$ 126,12		Smp. 321–325°C		
5-Methylcytosin (5-Methyl-6-amino-2-hydroxy-pyrimidin)	$C_5H_7ON_3$ 125,14		Smp. 270°C (Zersetzung) Pikrat 290–291°C	Nucleinsäuren des Kalbsthymus und DNS der Weizenkeimlinge	
Hypoxanthin (6-Hydroxy-purin)	$C_5H_4ON_4$ 136,12		Smp. 150°C (Zersetzung) Pikrat 246°C	Muskel, Fleischextrakte, Blut, Harn (im letzteren besonders bei Leucämie)	Desaminierungsprodukt des Adenins; Vorstufe des Xanthins
Xanthin (2,6-Di-hydroxy-purin)	$C_5H_4O_2N_4$ 152,12		Smp. 262–264°C (Perchlorat)	Pflanzen, Blut, Leber, Harn, Hefe in kleinen Mengen. Bestandteil von Schmetterlingspigmenten und seltener Harnsteine	Bildet sich bei der Oxydation von Hypoxanthin oder bei der Desaminierung von Guanin; Vorstufe der Harnsäure
Harnsäure (2,6,8-Tri-hydroxy-purin)	$C_5H_4O_3N_4$ 168,12		Smp. > 400°C (Zersetzung) d^{25} 1,836	Harn, Nieren- und Harnsteine (in Harn und Blut erhöht bei Gicht, Leucämie, Nephritis, Pneumonie). Auch in den Fäces von Vögeln und Reptilien	Bildet sich bei der Oxydation von Xanthin. Hauptausscheidungsprodukt des Stickstoffs bei Reptilien und Vögeln. Bei Säugetieren mit Ausnahme der Primaten weiter zu Allantoin abgebaut (siehe S. 378)
Orotsäure (2,6-Di-hydroxy-pyrimidin-4-carbonsäure)	$C_5H_4O_4N_2$ 156,10		Smp. 345–347°C (Zersetzung) Äthylester 200°C	Milch	Vorstufe der Orotidylsäure (siehe S. 409)

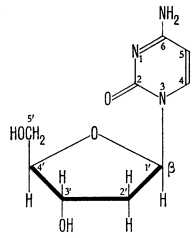
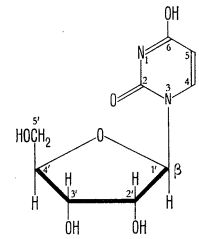
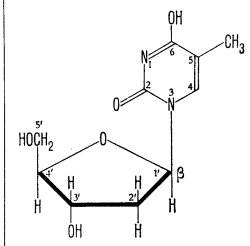
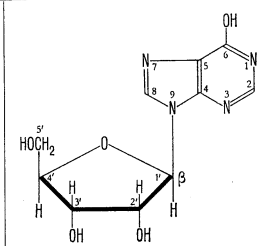
Tabelle 10b Verbindungen, die bei der Biosynthese und beim Abbau von Purin- und Pyrimidinnucleotiden beteiligt sind: Nucleoside

Die in dieser Tabelle zusammengestellten Purinnucleoside enthalten alle eine 9-*n*-β-Ribosid- oder -Desoxyribosidbindung, die Pyrimidinnucleoside eine 3-*n*-β-Ribosid- oder -Desoxyribosidbindung. Erklärung der Nomenklatur siehe Tabelle 9, S. 327.

Name*	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Funktion im Säugetiergewebe
Adenosin (Adeninribosid)	$C_{10}H_{13}O_4N_5$ 267,25		$[\alpha]_D^{20} - 67{,}3°$ (0,1 n-NaOH)	Diese Nucleoside entstehen bei der enzymatischen Hydrolyse der entsprechenden 3′- und 5′-Nucleotide. Die Nucleoside werden ihrerseits durch Phosphorolyse weiter abgebaut, wobei Ribose-1-phosphat und die entsprechende Base entstehen. Nucleosidkinase, die 5′-Nucleotide aus Nucleosiden und ATP bildet, kommt in der Hefe und in einigen tierischen Geweben vor. Ihre Bedeutung für die Säugetiere ist noch nicht abgeklärt
Desoxyadenosin (Adenin-desoxyribosid)	$C_{10}H_{13}O_3N_5$ 251,25		$[\alpha]_D^{21} - 26°$	
Guanosin (Guaninribosid)	$C_{10}H_{13}O_5N_5$ 283,25		$[\alpha]_D^{20} - 60°$ (2%ige Lösung)	
Desoxyguanosin (Guanin-desoxyribosid)	$C_{10}H_{13}O_4N_5$ 267,25		$[\alpha]_D^{19} - 47{,}7°$ (1 n-NaOH)	
Cytidin (Cytosinribosid)	$C_9H_{13}O_5N_3$ 243,23		$[\alpha]_D^{20} + 29{,}6°$	

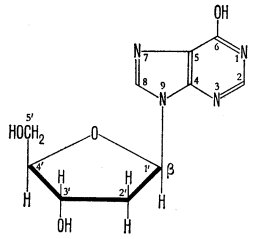
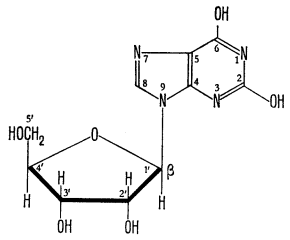
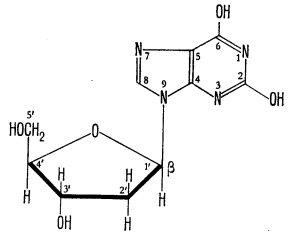
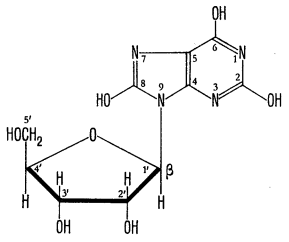
* In Klammern ist der von der «Basenribosid»- bzw. «-desoxyribosid»-Nomenklatur abgeleitete Name angegeben.

Tabelle 10b Verbindungen, die bei der Biosynthese und beim Abbau von Purin- und Pyrimidinnucleotiden beteiligt sind: Nucleoside *(Fortsetzung)*

Name*	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Funktion im Säugetiergewebe
Desoxycytidin (Cytosin-desoxyribosid)	$C_9H_{13}O_4N_3$ 227,23		$[\alpha]_D^{25} + 40°$	Diese Nucleoside entstehen bei der enzymatischen Hydrolyse der entsprechenden 3'- und 5'-Nucleotide. Die Nucleoside werden ihrerseits durch Phosphorolyse weiter abgebaut, wobei Ribose-1-phosphat oder Desoxyribose-1-phosphat und die entsprechende Base entstehen. Nucleosidkinase, die 5'-Nucleotide aus Nucleosiden und ATP bildet, kommt in der Hefe und in einigen tierischen Geweben vor. Ihre Bedeutung für die Säugetiere ist noch nicht abgeklärt
Uridin (Uracilribosid)	$C_9H_{12}O_6N_2$ 244,21		$[\alpha]_D^{16} + 9{,}6°$	
(Desoxy)thymidin (Thymin-desoxyribosid)	$C_{10}H_{14}O_5N_2$ 242,24		$[\alpha]_D^{16} + 32{,}50°$ (1 n-NaOH)	
Inosin (Hypoxanthin-ribosid)	$C_{10}H_{12}O_5N_4$ 268,24		$[\alpha]_D^{18} - 72{,}45°$ (0,1 n-NaOH)	Dieses Nucleosid ist ein Zwischenprodukt bei der Synthese oder beim Abbau von Nucleotiden und hat sonst keine bekannten Funktionen (siehe S. 378)

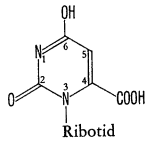
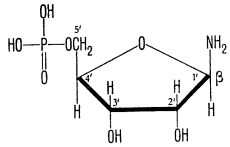
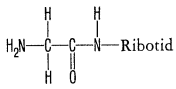
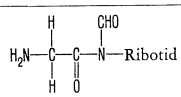
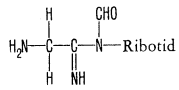
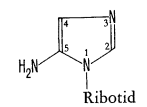
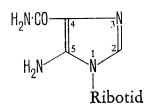
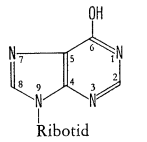
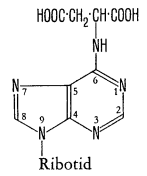
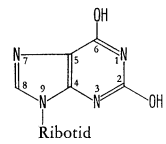
* In Klammern ist der von der «Basenribosid»- bzw. «-desoxyribosid»-Nomenklatur abgeleitete Name angegeben.

Tabelle 10b Verbindungen, die bei der Biosynthese und beim Abbau von Purin- und Pyrimidinnucleotiden beteiligt sind: Nucleoside *(Schluß)*

Name*	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Spezifische Drehung	Funktion im Säugetiergewebe
Desoxyinosin (Hypoxanthin-desoxyribosid)	$C_{10}H_{12}O_4N_4$ 252,24		$[\alpha]_D^{19} - 22{,}9°$ (1 n-NaOH)	Diese Nucleoside sind Zwischenprodukte bei der Synthese und beim Abbau von Nucleotiden und haben sonst keine bekannten Funktionen (siehe S. 378)
Xanthosin (Xanthinribosid)	$C_{10}H_{12}O_6N_4$ 284,24		$[\alpha]_D^{20} - 51{,}21°$	
Desoxyxanthosin (Xanthin-desoxyribosid)	$C_{10}H_{12}O_5N_4$ 268,24			
Harnsäureribosid	$C_{10}H_{12}O_7N_4$ 300,24		$[\alpha]_D^{20} - 40{,}8°$ (0,1 n-NaOH)	

* In Klammern ist der von der «Basenribosid»- bzw. «-desoxyribosid»-Nomenklatur abgeleitete Name angegeben.

Tabelle 10c Verbindungen, die bei der Biosynthese und beim Abbau von Purin- und Pyrimidinnucleotiden beteiligt sind: Nucleotide
Mit Ausnahme der Inosinsäure haben die hier zusammengestellten Verbindungen keine bekannte Coenzymaktivität

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur*	Funktion
Orotidylsäure (OMP) (Orotsäure-ribotid)	$C_{10}H_{13}O_{11}N_2P$ 368,21		Zwischenprodukt bei der Biosynthese von Pyrimidinnucleotiden. Entsteht aus Orotsäure (siehe S. 409)
5-Phospho-ribosylamin (D-Ribosylamin-5-phosphat)	$C_5H_{12}O_7NP$ 229,13		Zwischenprodukte bei der Biosynthese der Inosinsäure (siehe S. 405 und 406)
Glycinamidribotid	$C_7H_{15}O_8N_2P$ 286,19		
Formylglycin-amidribotid	$C_8H_{15}O_9N_2P$ 314,20		
Formylglycin-amidinribotid	$C_8H_{14}O_8N_3P$ 313,22		
5-Aminoimidazol-ribotid	$C_8H_{14}O_7N_3P$ 295,20		
5-Aminoimidazol-4-carboxamid-ribotid	$C_9H_{15}O_8N_4P$ 338,23		
Inosinsäure (IMP) (Inosin-5'-phosphat)	$C_{10}H_{13}O_8N_4P$ 348,22		Vorstufe des Adenosin-5'-phosphats (AMP) und des Guanosin-5'-phosphats (GMP) (siehe Tabelle 11, S. 333). Kann gewisse Coenzymfunktionen anderer Nucleotide teilweise ersetzen
Succinyl-adenylsäure (Succinylade-nosin-5'-phosphat)	$C_{14}H_{18}O_{11}N_5P$ 463,31		Zwischenprodukt bei der Synthese von Adenosin-5'-phosphat (AMP) aus Inosinsäure (siehe S. 406)
Xanthidylsäure (XMP) (Xanthosin-5'-phosphat)	$C_{10}H_{13}O_9N_4P$ 364,22		Zwischenprodukt bei der Synthese von Guanosin-5'-phosphat (GMP) aus Inosinsäure (siehe S. 407)

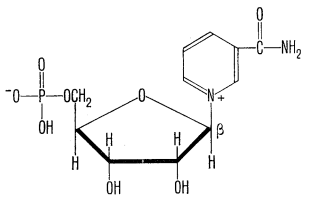
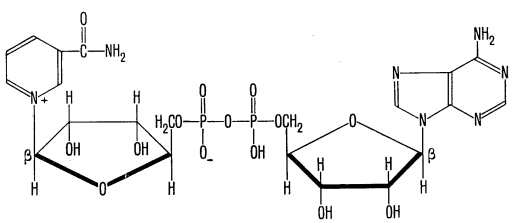
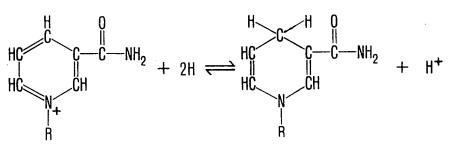
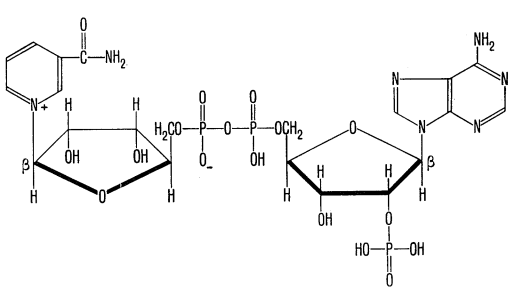
* Über die Struktur des «Ribotid»-Anteils im Molekül siehe Tabelle 9, S. 327.

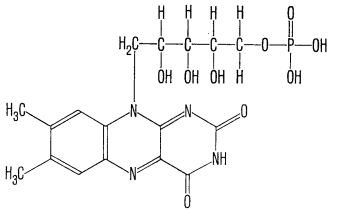
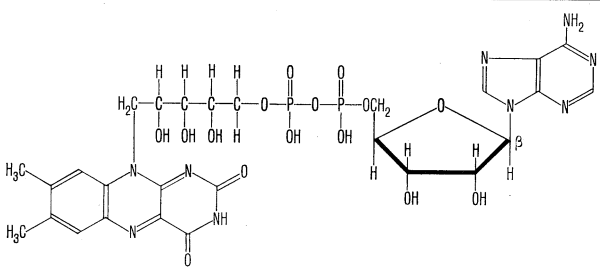
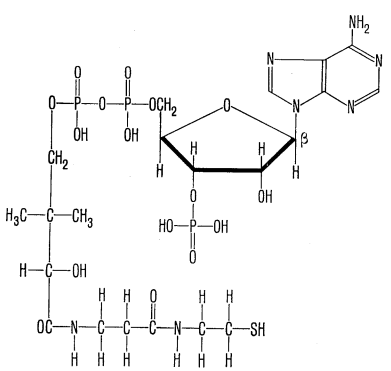
Tabelle 11 Nucleosidmono-, -di- und -triphosphate

Name	Abkürzung	Formel	Mol.-Gew.	Funktion
Adenosin-5′-monophosphat (Adenylsäure)	AMP	$C_{10}H_{14}O_7N_5P$	347,24	Vorstufe von ADP. Aktiviert Phosphorylase b
Adenosindiphosphat	ADP	$C_{10}H_{15}O_{10}N_5P_2$	427,22	Direkte Vorstufe der Polynucleotide. Über andere Funktionen siehe S. 381
Adenosintriphosphat	ATP	$C_{10}H_{16}O_{13}N_5P_3$	507,20	Vorstufe der Adenosincoenzyme (siehe Tabelle 12, S. 334). Über andere Funktionen siehe S. 381
Desoxyadenosinmonophosphat	DAMP	$C_{10}H_{14}O_6N_5P$	331,24	Vorstufe des Desoxyadenosindiphosphats
Desoxyadenosindiphosphat	DADP	$C_{10}H_{15}O_9N_5P_2$	411,22	Vorstufe des Desoxyadenosintriphosphats
Desoxyadenosintriphosphat	DATP	$C_{10}H_{16}O_{12}N_5P_3$	491,20	Direkte Vorstufe der Desoxypolynucleotide
Guanosinmonophosphat (Guanylsäure)	GMP	$C_{10}H_{14}O_8N_5P$	363,24	Vorstufe des Guanosindiphosphats
Guanosindiphosphat	GDP	$C_{10}H_{15}O_{11}N_5P_2$	443,22	Direkte Vorstufe der Polynucleotide. Gibt bei der Spaltung von Succinylcoenzym A Guanosintriphosphat
Guanosintriphosphat	GTP	$C_{10}H_{16}O_{14}N_5P_3$	523,20	Vorstufe der Guanosincoenzyme (siehe Tabelle 12, S. 337). Bildet sich aus Orthophosphat und Guanosindiphosphat bei der Spaltung von Succinylcoenzym A
Desoxyguanosinmonophosphat (Desoxyguanylsäure)	DGMP	$C_{10}H_{14}O_7N_5P$	347,24	Vorstufe des Desoxyguanosindiphosphats
Desoxyguanosindiphosphat	DGDP	$C_{10}H_{15}O_{10}N_5P_2$	427,22	Vorstufe des Desoxyguanosintriphosphats
Desoxyguanosintriphosphat	DGTP	$C_{10}H_{16}O_{13}N_5P_3$	507,20	Direkte Vorstufe der Desoxyribosepolynucleotide
Cytidinmonophosphat (Cytidylsäure)	CMP	$C_9H_{14}O_8N_3P$	323,21	Vorstufe des Cytidindiphosphats
Cytidindiphosphat	CDP	$C_9H_{15}O_{11}N_3P_2$	403,19	Direkte Vorstufe der Polynucleotide. Vorstufe des Cytidintriphosphats
Cytidintriphosphat	CTP	$C_9H_{16}O_{14}N_3P_3$	483,18	Vorstufe der Cytidincoenzyme (siehe Tabelle 12, S. 339 und 340)
Desoxycytidinmonophosphat (Desoxycytidylsäure)	DCMP	$C_9H_{14}O_7N_3P$	307,21	Vorstufe des Desoxycytidindiphosphats
Desoxycytidindiphosphat	DCDP	$C_9H_{15}O_{10}N_3P_2$	387,19	Vorstufe des Desoxycytidintriphosphats
Desoxycytidintriphosphat	DCTP	$C_9H_{16}O_{13}N_3P_3$	467,18	Direkte Vorstufe der Desoxyribosepolynucleotide
Uridinmonophosphat* (Uridylsäure)	UMP	$C_9H_{13}O_9N_2P$	324,19	Vorstufe des Uridindiphosphats
Uridindiphosphat*	UDP	$C_9H_{14}O_{12}N_2P_2$	404,18	Direkte Vorstufe der Polynucleotide. Vorstufe des Uridintriphosphats
Uridintriphosphat*	UTP	$C_9H_{15}O_{15}N_2P_3$	484,16	Vorstufe der Uridincoenzyme (siehe Tabelle 12, S. 337–339)
(Desoxy)thymidinmonophosphat** (Thymidylsäure)	(D)TMP	$C_{10}H_{15}O_8N_2P$	322,22	Vorstufe des Desoxythymidindiphosphats
(Desoxy)thymidindiphosphat**	(D)TDP	$C_{10}H_{16}O_{11}N_2P_2$	402,20	Vorstufe des Desoxythymidintriphosphats
(Desoxy)thymidintriphosphat**	(D)TTP	$C_{10}H_{17}O_{14}N_2P_3$	482,19	Direkte Vorstufe der Desoxyribosepolynucleotide
(Desoxy)-5-hydroxymethylcytidinmonophosphat**	(D)HMCMP	$C_{10}H_{16}O_8N_3P$	337,24	Nucleotidbaustein von DNS aus T_2-, T_4- und T_6-Bakteriophagen von *Escherichia coli*, worin es Desoxycytidinmonophosphat ersetzt
(Desoxy)-5-methylcytidinmonophosphat	(D)MCMP	$C_{10}H_{16}O_7N_3P$	321,24	Baustein der DNS aus Weizenkeimlingen, worin es teilweise Desoxycytidinmonophosphat ersetzt

* Die entsprechenden Desoxyriboseverbindungen sind unbekannt. ** Die entsprechenden Riboseverbindungen sind unbekannt.

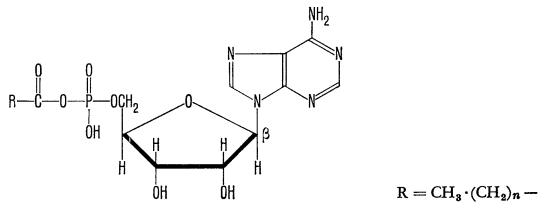
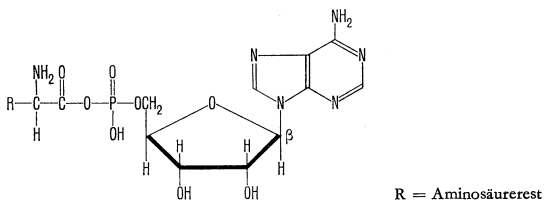
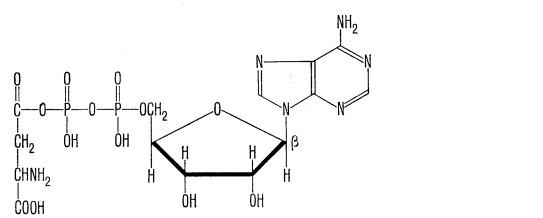
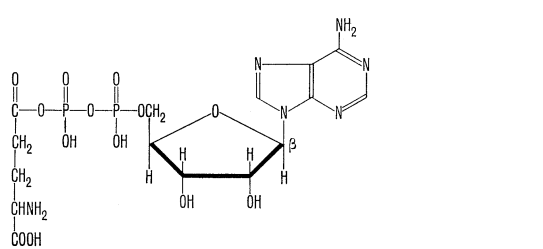
Tabelle 12 Nucleotide mit Coenzymfunktion

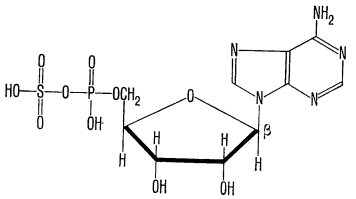
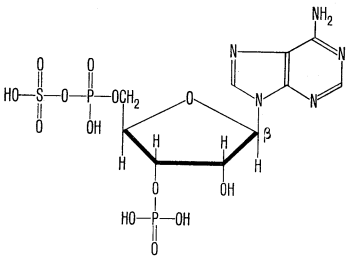
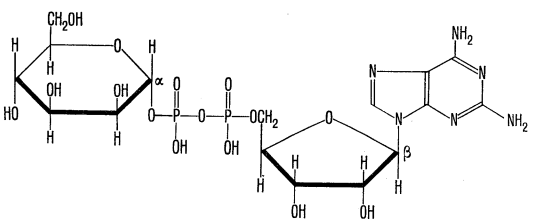
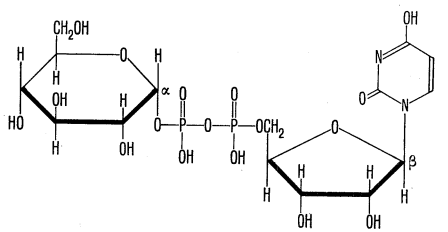
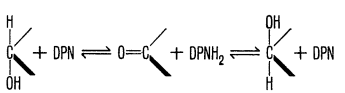
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Funktion	Literatur*
Nicotinamid-mononucleotid (NMN)	$C_{11}H_{15}O_8N_2P$ 334,23		Bestandteil von Di- und Triphosphopyridinnucleotiden (DPN und TPN)	*1*
Diphosphopyridinnucleotid (DPN) (Adenosindiphosphonicotinamidribosid; Codehydrogenase I; Coenzym I; α-DPN)	$C_{21}H_{27}O_{14}N_7P_2$ 663,45		Bildet sich durch folgende Reaktion: Nicotinamidmononucleotid + ATP → DPN + Pyrophosphat. Coenzym vieler Dehydrogenasen, wobei der Pyridinring des Moleküls reversibel reduziert wird: 	*1*
Triphosphopyridinnucleotid (TPN) (2′-Phosphoadenosindiphosphonicotinamidribosid; Codehydrogenase II; Coenzym II)	$C_{21}H_{28}O_{17}N_7P_3$ 743,44		Bildet sich nach folgender Reaktion: DPN + ATP → TPN + ADP. Coenzym vieler Dehydrogenasen, wobei der Pyridinring des Moleküls nach der oben angegebenen Gleichung reversibel reduziert wird	*1*

Flavin-mononucleotid (FMN) (Flavinribityl-phosphat)	$C_{17}H_{21}O_9N_4P$ 456,36		Bestandteil des Flavinadenindinucleotids (siehe unten)	*2*
Flavin-adenindinucleotid (FAD) (Adenosin-diphosphoflavin-adonit)	$C_{27}H_{33}O_{15}N_9P_2$ 785,58		Bildet sich nach folgender Reaktion: Flavinmononucleotid + ATP → Flavinadenindinucleotid + Pyrophosphat. Prostethische Gruppe der Flavinenzyme (zum Beispiel DPN- und TPN-Cytochromreduktasen, D-Aminosäurenoxydasen, Bernsteinsäuredehydrogenase, Xanthinoxydase)	*2*
Coenzym A (CoA)	$C_{21}H_{36}O_{16}N_7P_3S$ 767,57		Coenzym der Acylübertragung. Bildet sich aus Pantothensäure, Cystein und ATP. Acylgruppen verbinden sich mit der Sulfhydrylgruppe des CoA unter Bildung von Thioestern: $AMP-CO\cdot CH_3 + R\cdot SH \rightarrow AMP + R\cdot S\cdot CO\cdot CH_3$ CoA ist bei folgenden Reaktionen beteiligt: Bildung von Citrat aus Oxalacetat und Acetat (S. 368), Oxydation von Pyruvat (S. 369), Oxydation von α-Ketoglutarat (S. 368), Oxydation und Synthese von Fettsäuren (S. 369), Synthese von Neutralfett (S. 398) und Phospholipiden (S. 398), Acetylierung von Aminen (S. 414), Cholin (S. 404) und Glucosamin	*3*

* Literatur siehe S. 340.

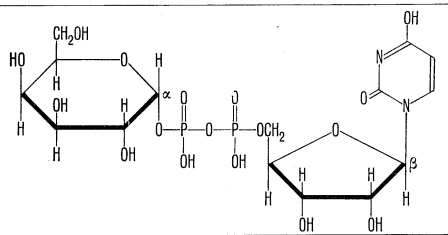
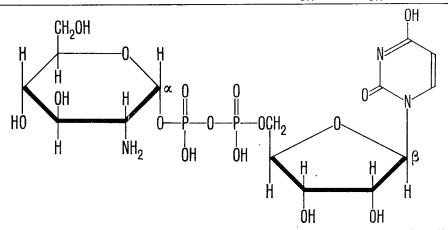
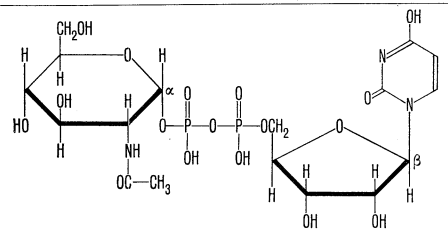
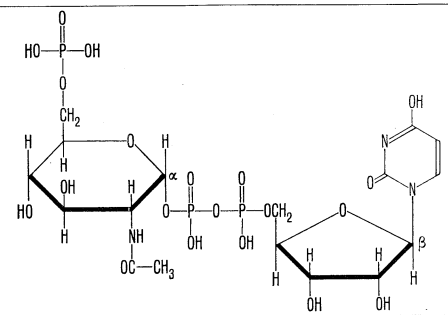
Tabelle 12 Nucleotide mit Coenzymfunktion *(Fortsetzung)*

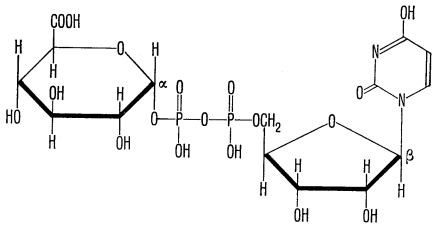
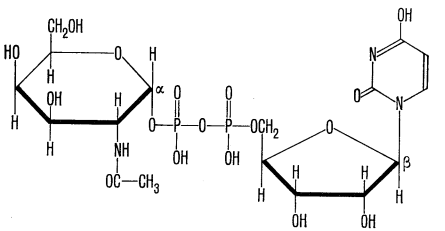
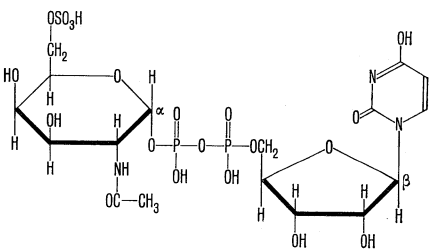
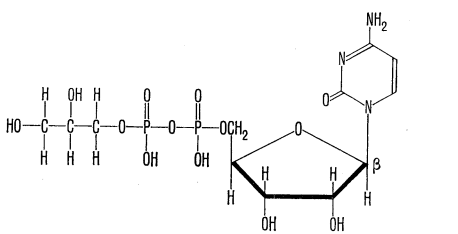
Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Funktion	Literatur*
Acyladenosinmonophosphate	–	 R = $CH_3 \cdot (CH_2)_n$ –	Bildet sich nach folgender Reaktion: Fettsäure + ATP → Acyladenosinmonophosphat + Pyrophosphat. Zwischenprodukte bei der Aktivierung von Essigsäure und andern Fettsäuren (S. 369)	*4*
Aminoacyladenosinmonophosphate	–	 R = Aminosäurerest	Zwischenprodukte bei der Aktivierung von Aminosäuren für die Proteinsynthese	*5*
Adenosindiphosphoasparaginsäure	$C_{14}H_{20}O_{11}N_6P_2$ 510,31		Funktion unbekannt. Möglicherweise Zwischenprodukt bei der Bildung von Asparagin. Die β-Carboxylbindung ist nicht gesichert	*6*
Adenosindiphosphoglutaminsäure	$C_{15}H_{22}O_{13}N_6P_2$ 556,34		Funktion unbekannt. Möglicherweise Zwischenprodukt bei der Bildung von γ-Glutamylpeptiden. Die γ-Carboxylbindung ist nicht gesichert	*6*

Adenosin-5′-phosphosulfat	$C_{10}H_{14}O_{10}N_5PS$ 427,30		Bildet sich aus ATP und anorganischem Sulfat. Zwischenprodukt bei der Synthese von Schwefelsäureestern (siehe S. 415)	*7*
Adenosin-3′-phosphat-5′-phosphosulfat	$C_{10}H_{15}O_{13}N_5P_2S$ 507,29		Bildet sich aus Adenosin-5′-phosphosulfat und ATP. Sulfatgruppendonator bei der Bildung von Schwefelsäureestern (siehe S. 415)	*7*
Guanosindiphosphomannose	$C_{16}H_{26}O_{15}N_5P_2$ 604,38		Möglicherweise Zwischenprodukt bei Umwandlungen, an denen Mannose beteiligt ist. Bildet sich aus Mannose-1-phosphat und Guanosintriphosphat	*8*
Uridindiphosphoglucose	$C_{15}H_{24}O_{17}N_2P_2$ 566,32		Bildet sich nach folgender Reaktion: Glucose-1-phosphat + UTP → Uridindiphosphoglucose + Pyrophosphat. Vorstufe der Uridindiphosphoglucuronsäure (siehe unten). Zwischenprodukt bei der reversiblen Umwandlung von Glucose zu Galactose: Uridindiphosphoglucose $\overset{DPN}{\rightleftharpoons}$ Uridindiphosphogalactose. Bei dieser Reaktion wird DPN zur aufeinanderfolgenden Oxydation und Reduktion in 4-Stellung des Hexoserings benötigt: 	*9*

* Literatur siehe S. 340.

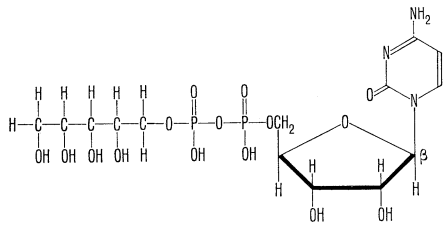
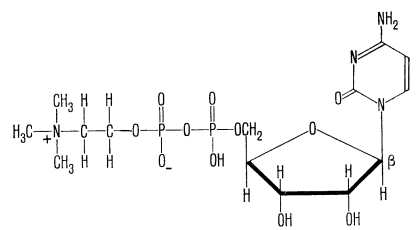
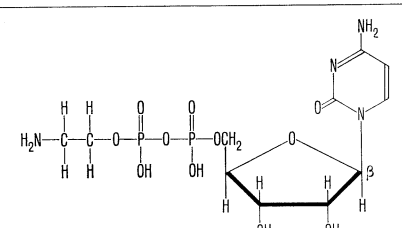
Tabelle 12 Nucleotide mit Coenzymfunktion *(Fortsetzung)*

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Funktion	Literatur*
Uridindiphosphogalactose	$C_{15}H_{24}O_{17}N_2P_2$ 566,32		Zwischenprodukt bei der reversiblen Umwandlung von Galactose zu Glucose (siehe oben). Möglicherweise Zwischenprodukt bei der Bildung von Lactose	*9*
Uridindiphosphoglucosamin	$C_{15}H_{25}O_{16}N_3P_2$ 565,34		Zwischenprodukt bei der Synthese von Mucopolysacchariden. Bildet sich aus Uridintriphosphat und Glucosamin-1-phosphat	*10*
Uridindiphospho-N-acetylglucosamin	$C_{17}H_{27}O_{17}N_3P_2$ 607,38		Zwischenprodukt bei der Synthese von Mucopolysacchariden und Glycoproteinen	*11*
Uridindiphosphoacetylglucosaminphosphat	$C_{17}H_{28}O_{20}N_3P_3$ 687,36		Zwischenprodukt bei der Synthese von Mucopolysacchariden und Glycoproteinen	*12*

Uridindiphospho-glucuronsäure	$C_{15}H_{22}O_{18}N_2P_2$ 580,31		Bildet sich durch eine DPN-abhängige Oxydation aus Uridindiphosphoglucose. Glucuronsäuredonator bei der Bildung von Glucuronid-Entgiftungsprodukten und möglicherweise auch bei der Bildung glucuronsäurehaltiger Polysaccharide (siehe auch S. 398)	*13*
Uridindiphospho-N-acetyl-galactosamin	$C_{17}H_{27}O_{17}N_3P_2$ 607,38		Möglicherweise Zwischenprodukt bei der Synthese von Mucopolysacchariden	*14*
Uridindiphospho-N-acetyl-galactosamin-sulfat	$C_{17}H_{27}O_{20}N_3P_2S$ 687,44		Zwischenprodukt bei der Synthese von Mucopolysacchariden	*15*
Cytidindiphospho-glycerin	$C_{12}H_{21}O_{13}N_3P_2$ 477,27		Funktion unbekannt	*16*

* Literatur siehe S. 340.

Tabelle 12 Nucleotide mit Coenzymfunktion *(Schluß)*

Name	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Funktion	Literatur
Cytidindiphosphoadonit	$C_{14}H_{25}O_{15}N_3P_2$ 537,33		Funktion unbekannt	*16*
Cytidindiphosphocholin	$C_{14}H_{26}O_{11}N_4P_2$ 488,34		Bildet sich aus Cytidintriphosphat und Cholinphosphat. Ist bei der Bildung von Lecithin beteiligt: Cytidindiphosphocholin + α-β-Diglycerid→ Lecithin + Cytidinmonophosphat (siehe auch S. 398)	*17*
Cytidindiphosphoäthanolamin	$C_{11}H_{20}O_{11}N_4P_2$ 446,26		Bildet sich aus Cytidintriphosphat und Äthanolaminphosphat. Ist bei der Bildung von Cephalin (Phosphatidyläthanolamin) beteiligt (siehe auch S. 398)	*17*

Literatur (Tabelle 12)

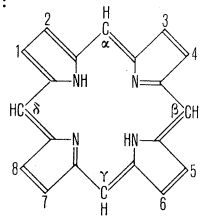
1) Racker, E., *Physiol. Rev.*, **35**, 1 (1955). *2)* White et al., *Principles of Biochemistry*, London (1954). *3)* Lipmann, F., *Bact. Rev.*, **17**, 1 (1953); Ward et al., *J. biol. Chem.*, **213**, 869 (1955); Hoagland und Novelli, *J. biol. Chem.*, **207**, 767 (1954). *4)* Berg, P., *J. biol. Chem.*, **222**, 991, 1015 (1956). *5)* Hoagland et al., *J. biol. Chem.*, **218**, 345 (1956); Keller und Zamecnik, *J. biol. Chem.*, **221**, 45 (1956); Berg, P., *J. biol. Chem.*, **222**, 1025 (1956). *6)* Hansen und Hageman, *Arch. Biochem. Biophys.*, **62**, 511 (1956). *7)* Robbins und Lipmann, *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 2652, 6409 (1956); Bandurski et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 6408 (1956). *8)* Cabib und Leloir, *J. biol. Chem.*, **206**, 779 (1953); Strominger, J. L., *Fed. Proc.*, **13**, 307 (1954); Munch-Petersen, A., *Arch. Biochem. Biophys.*, **55**, 592 (1955). *9)* Caputto et al., *J. biol. Chem.*, **184**, 333 (1950); Maxwell, E. S., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 1074 (1956); Park, J. T., *J. biol. Chem.*, **194**, 885 (1952); Gander et al., *Arch. Biochem. Biophys.*, **60**, 259 (1956). *10)* Maley et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 5303 (1956). *11)* Cabib et al., *J. biol. Chem.*, **203**, 1055 (1953). *12)* Strominger, J. L., *Biochim. biophys. Acta*, **17**, 283 (1955). *13)* Storey und Dutton, *Biochem. J.*, **59**, 279 (1955); Smith und Mills, *Biochim. biophys. Acta*, **13**, 386 (1954); Strominger et al., *J. biol. Chem.*, **224**, 79 (1957). *14)* Pontis, H. G., *J. biol. Chem.*, **216**, 195 (1955). *15)* Strominger, J. L., *Biochim. biophys. Acta*, **17**, 283 (1955). *16)* Baddiley et al., *J. chem. Soc. Lond.*, **1956**, 4186, 4583; *Biochem. J.*, **63**, 15P (1956). *17)* Kennedy, E. P., *J. biol. Chem.*, **222**, 185 (1956); Kennedy und Weiss, *J. biol. Chem.*, **222**, 193 (1956).

Die *Porphyrine* sind Pigmente, die vier Pyrrolringe enthalten und in der Natur manchmal frei, meist aber in Komplexbindung mit zweiwertigen Metallionen und an Proteine gebunden vorkommen. Diese Proteine zeigen oft Enzymcharakter.

Die Grundsubstanz der Porphyrine ist das *Porphin*, in dessen Molekül vier Pyrrolringe in α-Stellung durch Methinbrücken (=CH–) miteinander verbunden sind:



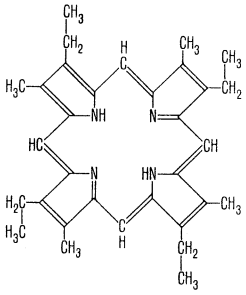
Pyrrol



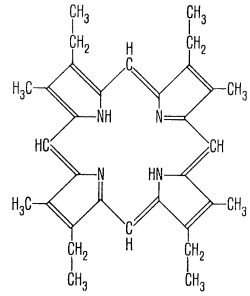
Porphin

Das Porphin hat also eine in einer Ebene liegende zyklische Struktur aus Kohlenstoff- und Stickstoffatomen mit einem zentralen 16gliedrigen Ring aus zwölf Kohlenstoff- und vier Stickstoffatomen.

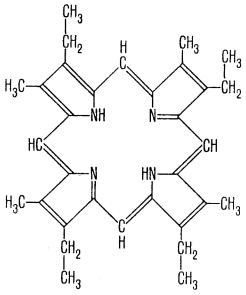
Das Ätioporphyrin ist das einfachste Porphyrin und trägt je vier Methyl- und Äthylgruppen in den Stellungen 1 bis 8 des Porphinrings. Je nach Stellung der Substituenten sind demnach vier isomere Ätioporphyrine möglich[2]:



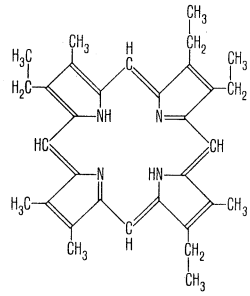
I



II

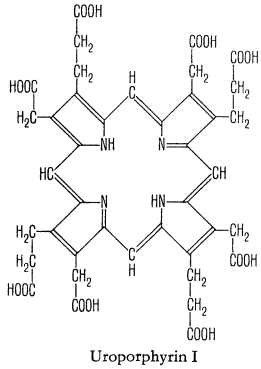


III

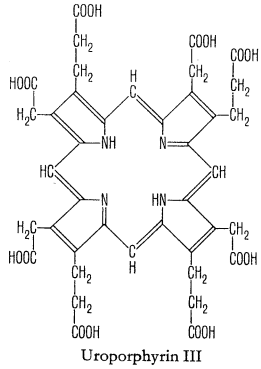


IV

Diese isomeren Porphyrine I–IV bilden die Grundlage für die Einteilung der natürlich vorkommenden Porphyrine. Alle im tierischen Organismus vorhandenen Porphyrine sind Derivate des Porphobilinogens (siehe Tabelle 13, S. 342) und leiten sich strukturell vom *Uroporphyrin I* oder *III* ab, in denen die acht β-Wasserstoffatome durch je vier Essig- und Propionsäuregruppen ersetzt sind.

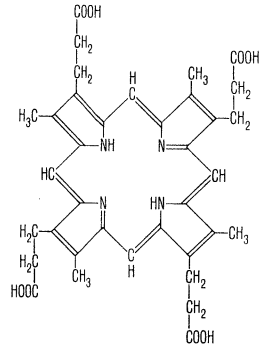


Uroporphyrin I

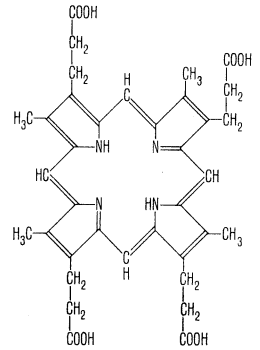


Uroporphyrin III

Bei der Decarboxylierung der vier Essigsäuregruppen entstehen die *Coproporphyrine*, die demnach je vier Methyl- und Propionsäuregruppen enthalten:

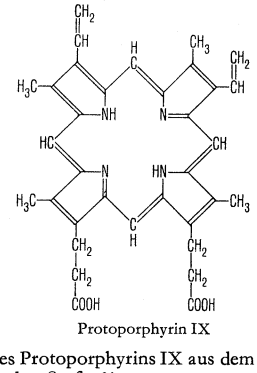


Coproporphyrin I



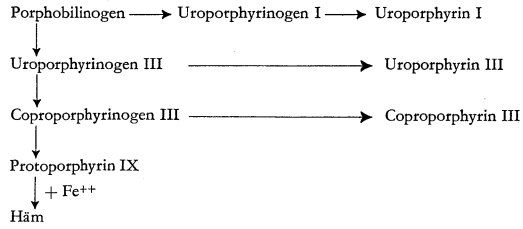
Coproporphyrin III

Durch Decarboxylierung und Dehydrierung zweier Propionsäuregruppen der Coproporphyrine erhält man das Protoporphyrin IX, das vier Methyl-, zwei Vinyl- und zwei Propionsäuregruppen enthält:



Protoporphyrin IX

Die Bildung des Protoporphyrins IX aus dem Porphobilinogen verläuft in folgenden Stufen[2,4]:



Das Protoporphyrin IX ist das einzige der 15 möglichen Isomeren, das bis heute in der Natur gefunden werden konnte. In Form seines Eisenkomplexes (Häm) bildet es die prosthetische Gruppe des Hämoglobins und anderer wichtiger Proteine (siehe unten).

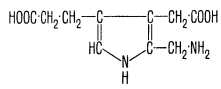
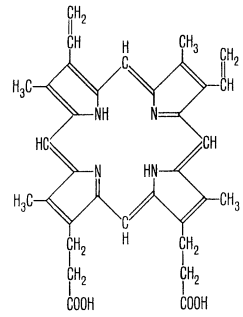
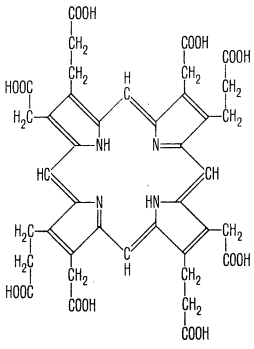
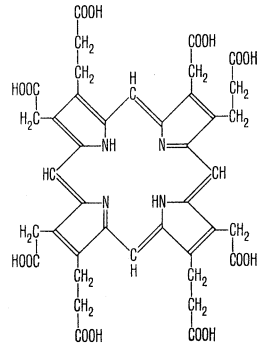
Die natürlich vorkommenden Porphyrine sind in Tabelle 13 auf S. 342–344 zusammengestellt. Über die Biosynthese der Porphyrine siehe S. 407.

Porphyrien[3,4]

Die Porphyrien stellen eine kleine Gruppe von Krankheiten dar, die ihre Ursache in einer primären Störung der Porphyrinsynthese haben. Die kongenitale Porphyrie beruht auf einer genetisch bedingten Anomalität der im Knochenmark stattfindenden enzymatischen Umwandlung von Porphobilinogen in die Porphyrine I und III. Normalerweise entstehen bei dieser Enzymreaktion vorwiegend die bei der Synthese von Hämoproteinen beteiligten Porphyrine vom Typus III, während die sehr kleinen Mengen an Porphyrinen vom Typus I rasch eliminiert werden. Bei der

(Fortsetzung S. 344)

Tabelle 13 Porphyrine von biologischer Wichtigkeit

Porphyrin	Struktur	Vorkommen
Porphobilinogen* $C_{10}H_{14}O_4N_2$		Vorstufe bei der Biosynthese der Porphyrine und des Häms. Im Harn bei hepatischer Porphyrie, Vergiftungen mit Blei und Monoureidsedativa
Protoporphyrin IX $C_{34}H_{34}O_4N_4$		Im Knochenmark, in Erythrocyten und Fäces. Die Eisenkomplexe bilden die prosthetischen Gruppen von Hämoglobin, Myoglobin, Katalase, Peroxydasen, Cytochrom b und c und anderen wichtigen Proteinen. Entsteht auch bei der Fleischfäulnis
Uroporphyrin I $C_{40}H_{38}O_{16}N_4$		In sehr kleinen Mengen im menschlichen Harn, in größeren Mengen bei gewissen Formen von Porphyrie und bei Bleivergiftung
Uroporphyrin III $C_{40}H_{38}O_{16}N_4$		In sehr kleinen Mengen im menschlichen Harn, in größeren Mengen bei gewissen Formen von Porphyrie und bei Bleivergiftung

* Ist kein Porphyrin, wurde aber wegen seiner Beziehung zu den Porphyrinen in die Tabelle aufgenommen.

Tabelle 13 Porphyrine von biologischer Wichtigkeit *(Fortsetzung)*

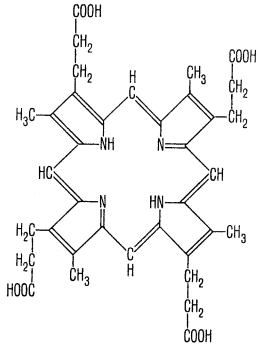
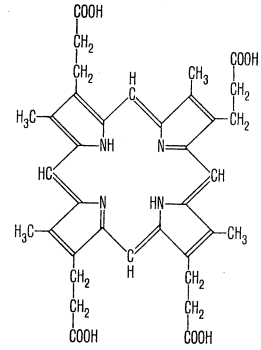
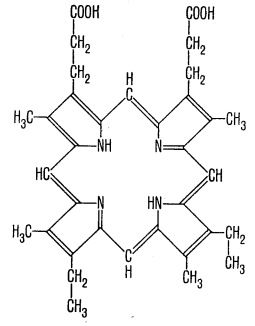
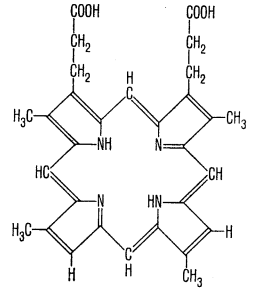
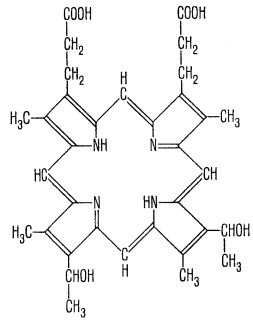
Porphyrin	Struktur	Vorkommen
Coproporphyrin I $C_{36}H_{38}O_8N_4$		Frei in Fäces, Harn, Erythrocyten, Galle, Hefe und Bakterien. Pathologisch vermehrt bei Porphyrinurie und Porphyrie. Bildet sich auch bei der Fleischfäulnis
Coproporphyrin III $C_{36}H_{38}O_8N_4$		Frei in Fäces, Harn, Erythrocyten, Galle, Hefe und Bakterien. Pathologisch vermehrt bei Porphyrinurie und Porphyrie. Bildet sich auch bei der Fleischfäulnis
Mesoporphyrin $C_{34}H_{38}O_4N_4$		Normalerweise in den menschlichen Fäces, möglicherweise auch in Fistelgalle
Deuteroporphyrin $C_{30}H_{30}O_4N_4$		In den menschlichen Fäces nach Aufnahme von Blut mit der Nahrung oder nach gastrointestinalen Blutungen. Entsteht zusammen mit Protoporphyrin und Coproporphyrin bei der Fleischfäulnis

Tabelle 13 Porphyrine von biologischer Wichtigkeit *(Schluß)*

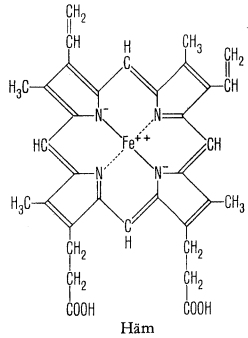
Porphyrin	Struktur	Vorkommen
Hämatoporphyrin $C_{34}H_{38}O_6N_4$		Hat möglicherweise keine biologische Bedeutung. Natürliches Vorkommen nicht sichergestellt; kommt vielleicht in Coproporphyrin- und Deuteroporphyrinfraktionen vor

kongenitalen Porphyrie ist nun die Menge an entstehenden Porphyrinen des Typus I sehr groß. Da diese als prosthetische Gruppe keine Verwendung finden und auch nicht zu Gallenfarbstoffen (siehe unten) abgebaut werden können, werden sie entweder ausgeschieden oder in den Geweben abgelagert, wo sie die für das Krankheitsbild charakteristische, extreme Lichtempfindlichkeit verursachen.

Bei der akuten Porphyrie finden sich freie Porphyrine nur in Spuren im Organismus, während große Mengen Porphobilinogen ausgeschieden werden. Die Ursache hierzu ist entweder eine Blockierung der Umwandlung des Porphobilinogens in die Porphyrine in der Leber oder eine Überproduktion von Porphobilinogen im Organismus.

Eisenporphyrine (Hämderivate)

Eine der charakteristischsten Eigenschaften der Porphyrine ist ihre Tendenz, Komplexe mit zweiwertigen Metallionen zu bilden. In den Eisenporphyrinkomplexen, die auch als Hämderivate oder

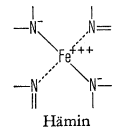


Häm

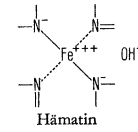
Hämatinverbindungen bezeichnet werden (siehe Tabellen 14 und 15, unten und S. 345), sind die zwei zentralen Wasserstoffatome des Porphyrinrings durch ein Eisenatom ersetzt, mit dem verschiedene Moleküle oder Gruppen in Komplexbindung stehen. Der Name *Häm* selbst wird zur Bezeichnung des Komplexes von Protoporphyrin IX mit einem zweiwertigen Eisenatom (Fe^{++}) und zwei Wassermolekülen in Komplexbindung verwendet (letztere fehlen in der Formel).

Das Häm (auch Protohäm oder Ferrohäm genannt) und andere Ferrokomplexe der Porphyrine reagieren leicht mit Basen, wie primären Aminen, Pyridin, Ammoniak, Imidazolderivaten (zum Beispiel Histidin) und Hydrazin, unter Bildung der sogenannten *Hämochrome*.

Der Komplex des Protoporphyrins mit dreiwertigem Eisen (Fe^{+++}) wird Ferrihäm genannt; er bildet ein Hydrochlorid, das *Hämatin*, und ein Chlorid, das *Hämin:*



Hämin



Hämatin

Porphyrinkomplexe als prosthetische Gruppen

Die Metallionenkomplexe der Porphyrine bilden die prosthetischen Gruppen vieler Proteine und Enzyme. So bestehen zum Beispiel die sich mit molekularem Sauerstoff reversibel verbindenden Substanzen Hämoglobin und Myohämoglobin (Myoglobin) aus Häm und Globin als Proteinanteil. Eine Reihe von Pigmenten mit Enzymfunktionen im Zellstoffwechsel (Oxydase, Katalase, Peroxydasen und Cytochrome) gehören auch zu dieser Gruppe von Verbindungen. Die prosthetische Gruppe der Katalase ist die gleiche wie beim Hämoglobin, während das spezifische Protein und dessen Bindungsart an das Häm verschieden sind.

Das zweiwertige Eisen der Ferrohämverbindungen kann zu dreiwertigem oxydiert werden (bei der Reaktion von Hämoglobin

(Fortsetzung S. 347)

Tabelle 14 Nomenklatur der Eisenporphyrine

Valenz des Eisenatoms	Komplexbindungen (*a*)	Komplexbindungen (*b*)	Autoren: Lemberg und Legge[1]	Autoren: Pauling[6], Barron[6]	Autoren: Anson[7], Keilin[8]
2	H_2O	H_2O	Häm*	Ferrohäm	Häm
3	OH	H_2O	Hämatin**	Ferrihämhydroxyd	Hämatin
3	Cl	—	Hämin	Ferrihämchlorid	Hämin
2	N-Verb.	N-Verb.	Hämochrom	Ferrohämochromogen	Hämochromogen
3	N-Verb.	N-Verb.	Hämichrom	Ferrihämochromogen	Parahämatin
2	Globin	H_2O	Hämoglobin	Hämoglobin	Hämoglobin
2	Globin	O_2	Oxyhämoglobin	Oxyhämoglobin	Oxyhämoglobin
3	Globin	H_2O	Hämiglobin	Ferrihämoglobin	saures Methämoglobin
3	Globin	OH	Hämiglobinhydroxyd	Ferrihämoglobinhydroxyd	alkalisches Methämoglobin
2	Globin	CO	Carboxyhämoglobin	Kohlenmonoxydhämoglobin	

* Von einigen Autoren auch als Ferroprotoporphyrin bezeichnet. ** Von einigen Autoren auch als Ferriprotoporphyrinhydroxyd bezeichnet.

Tabelle 15 Eisenporphyrine und Hämoproteine von biologischer Bedeutung

Verbindung	Allgemeine Charakteristika	Spektraldaten		Bemerkungen
		Lösungsmittel	Maxima in mμ	
Häm $C_{34}H_{32}O_4N_4Fe$	Eisen-II-Komplex des Protoporphyrins IX. Sehr instabil. Wird leicht zu Hämatin oxydiert	Phosphatpuffer pH 7	575 550 415	Prosthetische Gruppe des Hämoglobins. Verbindet sich mit vielen Stickstoffbasen unter Bildung von Hämochromen
Hämatin $C_{34}H_{35}O_7N_4Fe$	Eisen-III-Komplex des Protoporphyrins IX. Ziemlich stabil	Essigsäure 10% NaOH Äther	630–635 540 510 400 580 650	Bildet sich im Blut aus Hämoglobin unter den verschiedensten Bedingungen. Das Pigment des Malariaplasmodiums besteht aus Hämatin[9]
Hämoglobin	Vier an Globin gebundene Hämmoleküle. Das Eisen ist zweiwertig und läßt sich leicht oxydieren		560 430	Sauerstoffträger der Erythrocyten aller Vertebraten. Verbindet sich reversibel mit Sauerstoff unter Bildung von Oxyhämoglobin, mit Kohlenmonoxyd unter Bildung von Carboxyhämoglobin (Affinität zu Kohlenmonoxyd über 100mal größer als zu Sauerstoff). Man kennt über 20 menschliche Hämoglobine[10], die sich in der Aminosäurezusammensetzung und in ihren physiochemischen Eigenschaften unterscheiden
Myohämoglobin (Myoglobin)	Wie für Hämoglobin		555 435	Findet sich in den Muskeln der höheren Vertebraten, von Nematoden und Mollusken, wo es der Sauerstoffspeicherung dient. Bei niedrigem Druck vollständig mit Sauerstoff abgesättigt
Oxyhämoglobin	Verbindung aus Hämoglobin und vier Äquivalenten Sauerstoff, der dem Stoffwechsel zur Verfügung steht. Eisen zweiwertig		577 540 412	Findet sich im Frischblut aller Vertrebraten (vgl. Hämoglobin, oben)
Carboxyhämoglobin	Verbindung, in der vier Moleküle Kohlenmonoxyd an die vier Eisenatome des Hämoglobins gebunden sind		568–572 538 418	Bildet sich rasch im Organismus durch Einatmen von Kohlenmonoxyd; dabei wird der Sauerstofftransport mittels Hämoglobins blockiert
Hämiglobin (Methämoglobin)	Wie für Hämoglobin, nur ist das Eisen dreiwertig	saure Lösung alkalische Lösung	630 500 405 577 540 411	Reversible Bildung aus Hämoglobin durch Oxydation (Ferricyanid, Nitrite, Chlorate usw.). Findet sich in größerer Menge in den Blutzellen bei einigen pathologischen Zuständen[11,12]

Tabelle 15 Eisenporphyrine und Hämoproteine von biologischer Bedeutung *(Schluß)*

Verbindung	Allgemeine Charakteristika	Spektraldaten		Bemerkungen
		Lösungsmittel	Maxima in mμ	
Choleglobin (Verdoglobin A, Verdohämoglobin)	Natives Globin mit einer prosthetischen Gruppe. Die Zusammensetzung dieser Gruppe ist nicht bekannt; sie bildet sich bei der Oxydation von Hämoglobin		Fe^{++}-Verb. 628 629 Fe^{+++}-Verb. 674	Normales Abbauprodukt des Hämoglobins und Zwischenprodukt bei der Bildung von Gallenfarbstoffen
Sulfohämoglobin (Verdoglobin S)	Chemische Struktur unbekannt		620	Bildung durch irreversible Reaktion des Hämoglobins mit Schwefelwasserstoff. Findet sich in den Erythrocyten nach Aufnahme von Schwefel, Sulfonamiden, aromatischen Aminen, gelegentlich auch von Trinitrotoluol; auch bei Septicämie (besonders bei *Cl. welchii*-Bacteriämie) und bei schwerer Konstipation
Katalase	Prosthetische Gruppe gleich wie im Hämoglobin		629 544 506 409 280	Zersetzt Wasserstoffsuperoxyd. Findet sich in atmenden Zellen; hoch aktiv in der Leber, in den Erythrocyten usw. Katalytische Aktivität gehemmt durch Cyanid, Schwefelwasserstoff, Hydroxylamin, Acide, Aminophenole und 2,4-Dichlorphenol
Cytochrome a, a_3, a_1, a_2	Struktur der prosthetischen Gruppe ungewiß		reduziertes $a_3 + a$ 605 445 reduziertes a_1 590 434 reduziertes a_2 635	Cytochrom a_3, wahrscheinlich auch a_1 und a_2, reagieren mit Sauerstoff (Oxydasen), während Cytochrom a wahrscheinlich nur Elektronenüberträger ist; a_3 und a kommen zusammen bei vielen Tieren, Pflanzen und einigen Bakterien vor; a_1 und a_2 in anderen Bakterien
Cytochrome c, c_1	Prosthetische Gruppe mit Protoporphyrin verwandt; diese ist über stabile Schwefelbindungen mit Cysteingruppen des Proteins verbunden		Ferrocytochrom c 550 522 415 345 316 Ferricytochrom c 565 530 407 346	Finden sich in allen tierischen und pflanzlichen Zellen und in den meisten Mikroorganismen; sind spezifische Elektronenüberträger, die mit Cytochrom a reagieren
Cytochrome b	Prosthetische Gruppe ist Häm (diejenige des Cytochroms b_2 ist Häm plus Flavin)		Reduzierte Bande bei 565–555 SORET-Bande bei 430	Wichtige Elektronenüberträger zwischen Flavoproteinen und Cytochrom c bei der Atmung. Finden sich in den lebenden Zellen aller Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen, mit Ausnahme der ausschließlichen Anaerobier
Peroxydasen	Prosthetische Gruppen: 1. Meerrettich- und Cytochrom-c-peroxydasen: Hämin 2. Lactoperoxydase: Häminanalogon 3. Myeloperoxydase: dem Choleglobin ähnliche Gruppe	Dithionitlösung Na-Dithionit: $Na-S(=O)(=O)-S(=O)(=O)-Na$	645 583 548 498 558 594	Finden sich in Pflanzen und Tieren. Biologische Funktionen sind nicht genau bekannt

usw. mit molekularem Sauerstoff bleibt es zweiwertig), wobei aus dem Hämoglobin Methämoglobin (Hämiglobin) entsteht. Diese Oxydation ist reversibel. Bei der weiteren, biologischen Oxydation der Hämoproteine entstehen durch Ringspaltung an einer der Methinbrücken die wegen ihres Vorkommens in der Galle so genannten Gallenfarbstoffe (siehe unten). Die Oxydation von Hämoglobin kann zum Intermediärprodukt Choleglobin führen, in welchem ein Gallenfarbstoff und Eisen mit Globin verbunden sind (vgl. unter Gallenfarbstoffe, unten).

Die physiologisch aktiven Hämoproteine können nach der Wertigkeit des Eisens in drei Gruppen eingeteilt werden:

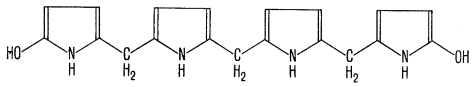
1. Fe bleibt zweiwertig: Hämoglobin, Myohämoglobin
2. Fe als Redoxsystem: Cytochrome
3. Fe bleibt dreiwertig: Katalase und Peroxydasen

Alle diese drei Gruppen enthalten ähnliche Eisenporphyrinkerne als prosthetische Gruppen; die biochemischen Reaktionen dieser Proteine betreffen das Eisenatom.

Dennoch ist die biologische Funktion jeder dieser Gruppen verschieden, so daß man die Selektivität jeder Reaktion der spezifischen Struktur des Proteins und der Bindungsart desselben an die prosthetische Gruppe zuschreiben muß. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften biologisch wichtiger Hämoproteine sind in Tabelle 15 auf S. 345 und 346 zusammengestellt.

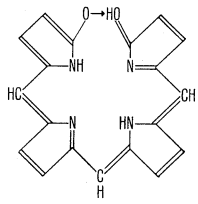
Gallenfarbstoffe[1, 13]

Der Abbau des beim Zerfall der Erythrocyten entstehenden Hämoglobins führt zur Bildung von Gallenfarbstoffen. Dieser Abbau besteht in einer oxydativen Spaltung des Porphyrinrings unter Verlust eines Kohlenstoffatoms und Bildung linearer Tetrapyrrole mit endständigen Hydroxylgruppen:



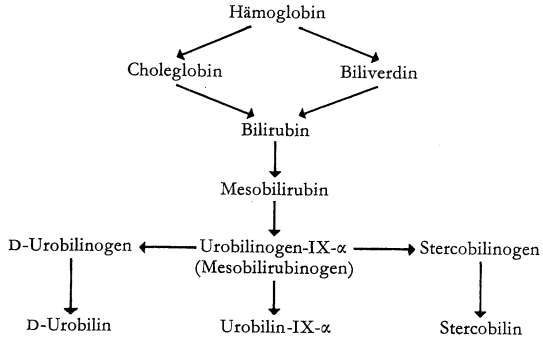
a) Lineare Tetrapyrrolstruktur der Gallenfarbstoffe

Diese Struktur wird besser als «Ring» mit einer Wasserstoffbindung zwischen den Sauerstoffatomen dargestellt:



b) «Ring»-Struktur der Gallenfarbstoffe

Alle in der Natur vorkommenden Gallenfarbstoffe leiten sich durch Spaltung der α-Methinbindung im Protoporphyrin IX ab. Es besteht die Möglichkeit, daß die oxydative Spaltung des Porphyrinrings vor dessen Abtrennung vom Globin erfolgt, wobei das Choleglobin entsteht[14]. Das beim Abbau des Hämoglobins frei werdende Eisen wird größtenteils in Form des Proteins Ferritin im Organismus zurückgehalten, während die Gallenfarbstoffe ausgeschieden werden. Die heute gültige Anschauung über die Bildung der verschiedenen Gallenfarbstoffe (siehe auch Tabelle 16, S. 348 und 349) im Organismus stellt sich wie folgt dar[15]:



Es wird angenommen, daß der Abbau des Häms im Hämoglobin zu Bilirubin und Urobilinogen vor allem im Reticuloendothel der Leber, der Milz und des Knochenmarks abläuft. Der weitere Abbau findet dann hauptsächlich im Darm statt.

Der beim Abbau von Hämoglobin zuerst entstehende Gallenfarbstoff ist das Biliverdin, das jedoch im menschlichen Blut nicht auftritt, da die Leber ein Enzym enthält, das die Reduktion des Biliverdins zu Bilirubin katalysiert, welch letzteres dann mit der Galle ausgeschieden wird. Normales Blutserum enthält nur Spuren von Bilirubin (bis zu 1,1 mg/100 ml). Bei der Gelbsucht hingegen wird das Bilirubin nicht mit der Galle ausgeschieden, sondern sammelt sich an und führt zu einer gelben Pigmentierung der Haut und der Schleimhäute.

Van den Berg und Müller[16] haben als erste beobachtet, daß sich Bilirubin und die bilirubinähnlichen, mit der Galle ausgeschiedenen Gallenfarbstoffe bei der Kupplung mit diazotierter Sulfanilsäure verschieden verhalten, wobei die letzteren direkt reagieren, während das Serumbilirubin die Anwesenheit von Äthanol erfordert (direkte und indirekte Van-den-Bergsche Reaktion). Kürzlich konnte gezeigt werden[17,25], daß Bilirubin in den Leberzellen mit Glucuronsäure (und möglicherweise auch mit anderen Verbindungen) gepaart und in die Galle hauptsächlich als Diglucuronid, in geringerem Maße auch als Monoglucuronid ausgeschieden wird. Dieses gepaarte Bilirubin ist im Gegensatz zum wasserunlöslichen und lipoidlöslichen Bilirubin wasserlöslich. Dieser Löslichkeitsunterschied erklärt nicht nur die verschiedenen Van-den-Bergschen Reaktionen, sondern auch das verschiedene physiologische Verhalten der beiden Pigmenttypen. Es ist demnach verständlich, daß beim Stauungsicterus und bei der Hepatitis, nicht aber beim hämolytischen Icterus, Gallenfarbstoffe im Harn ausgeschieden werden (siehe unten) und daß ein großer Überschuß an Bilirubin im Blut wegen der Affinität der Lipide zu den Gehirngeweben einen Kernicterus zur Folge hat.

Gelbsucht

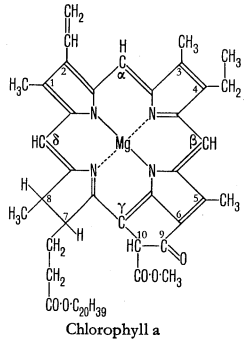
Dieses Krankheitsbild umfaßt drei verschiedene Typen, den hämolytischen, den hepatogenen und den Stauungsicterus. Beim ersteren bewirkt ein erhöhter Abbau des Erythrocytenhämoglobins einen Anstieg des Blutbilirubins, da die Kapazität der Leber zur Glucuronsäurepaarung überschritten wird. Beim hepatogenen Icterus verursacht eine Zerstörung des normalen Lebergewebes den Übertritt von Gallenfarbstoffen in den Kreislauf. Der Stauungsicterus entsteht durch Obstruktion der Gallengänge und Rückstauung der Galle, wodurch die wasserlöslichen Gallenfarbstoffe mit dem Harn ausscheiden. Eine mehr in die Einzelheiten gehende Zusammenfassung über die Gelbsucht findet sich unter Synopsis des Blutes.

Abbauprodukte des Bilirubins

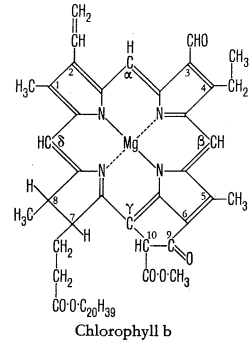
Die verschiedenen Zwischenprodukte des Bilirubinabbaus zu Stercobilin durch die reduzierenden Enzyme der Darmbakterien können teilweise im Intestinaltrakt wieder resorbiert und zur Leber zurückgeführt oder aber mit dem Harn ausgeschieden werden. Eine Zusammenstellung der wichtigsten dieser Verbindungen findet sich in Tabelle 16 auf S. 348 und 349.

Chlorophyll

Das in grünen Pflanzen vorkommende Chlorophyll gehört als Magnesiumporphyrin auch zu den natürlichen Metallporphyrinen. Es besteht in der Hauptsache aus einer Mischung von Chlorophyll a und b, die beide einen mit dem langkettigen, optisch aktiven, aliphatischen Alkohol Phytol veresterten und Magnesium enthaltenden Porphinring enthalten, in dem zusätzlich noch ein isozyklischer Ring vorkommt:

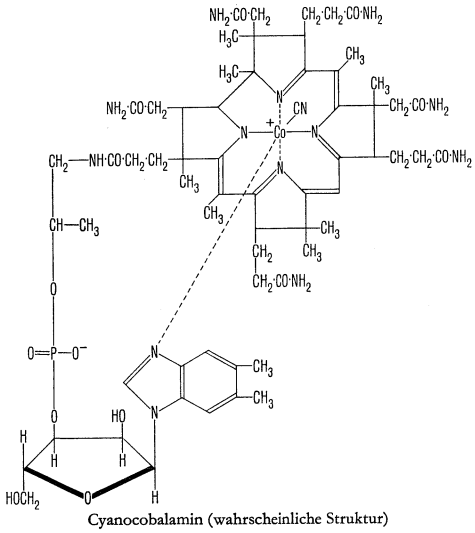


Chlorophyll a



Chlorophyll b

Das Phytol ist auch ein Bestandteil des Vitamins K_1 (siehe dort). Spektralanalysen zeigen das Vorhandensein von zwei weiteren Chlorophyllen, c und d. Das Blattgewebe enthält das Chlorophyll in Form des Proteinkomplexes Chloroplastin, der isoliert werden konnte[19]. Die photosynthetisierenden Purpurbakterien enthalten das Pigment Bacteriochlorophyll, von dem gezeigt werden konnte, daß es sich vom Chlorophyll a nur dadurch unterscheidet, daß es in Stellung 2 statt einer Vinyl- eine Acetylgruppe trägt und in Stellung 3,4 hydriert ist.



Cyanocobalamin (wahrscheinliche Struktur)

Cyanocobalamin (Vitamin B_{12})

Der Cobalt enthaltende Wirkstoff von Leberextrakten, das in der Therapie der perniziösen Anämie verwendete Cyanocobalamin, ist ein vielfach substituiertes, an das Nucleotid 5,6-Dimethyl-1-(α-ribofuranosyl)benzimidazol-3'-phosphat gebundenes, zyklisches Tetrapyrrol. Die sechs Komplexbindungen des Cobalts werden von den vier Stickstoffatomen der Pyrrolringe, einem Stickstoffatom des Nucleotids und einem Cyanion eingenommen[20-23].

1) Lemberg und Legge, *Hematin Compounds and Bile Pigments,* New York (1949); Wyman, J., Jr., *Advanc. Protein Chem.,* **4**, 407 (1948); Theorell, H., *Advanc. Enzymol.,* **7**, 265 (1947); Granick und Gilder, *Advanc. Enzymol.,* **7**, 305 (1947). *2)* Fischer und Orth, *Chemie des Pyrrols,* Bd. I/2, Leipzig (1937), S. 176. *3)* Goldberg, A., *Biochem. Soc. Symposia,* **12**, 27 (1954). *4)* Gray, C. H., in Thompson und King, *Biochemical Disorders in Human Disease,* London (1957), S. 658. *5)* Pauling und Coryell, *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.),* **22**, 159 (1936). *6)* Barron, E. S. G., *J. biol. Chem.,* **121**, 285 (1937). *7)* Anson, M. L., *J. gen. Physiol.,* **23**, 239 (1939). *8)* Keilin, D., *Proc. roy. Soc. B,* **100**, 129 (1926). *9)* Rimington et al., *Biochem. J.,* **41**, 619 (1947). *10)* Annotations, *Brit. med. J.,* **1**, 1113, 1170, 1469 (1958). *11)* Gibson und Harrison, *Lancet,* **2**, 941 (1947). *12)* Gibson, Q. H., *Biochem. J.,* **42**, 13 (1948). *13)* Gray, C. H., *The Bile Pigments,* London, (1953). *14)* Lemberg et al., *Biochem. J.,* **33**, 754 (1939). *15)* Watson et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N. Y.),* **49**, 647 (1942). *16)* Van den Berg und Müller, *Biochem. Z.,* **77**, 90 (1916). *17)* Billing et al., *Biochem. J.,* **65**, 774 (1957). *18)* Schwartz und Watson, *Proc. Soc. exp. Biol. (N. Y.),* **49** 641 (1942); Schwartz et al., *ibid.,* S. 643. *19)* Stoll und Wiedemann, *Fortschr. Chem. org. Naturstoffe,* **1**, 159 (1938); Stoll und Wiedemann, *Schweiz. med. Wschr.,* **77**, 664 (1947). *20)* Armitage et al., *J. chem. Soc.,* **4**, 3849 (1953). *21)* Bonnett et al., *J. chem. Soc.,* **1**, 1158 (1957). *22)* Bonnett et al., *J. chem. Soc.,* **1**, 1168 (1957). *23)* Hodgkin et al., *Nature,* **176**, 325 (1955); **178**, 64 (1956). *24)* Rimington, C., *Brit. med. Bull.,* **15**, 19 (1959). *25)* Schmidt, R., *Helv. med. Acta,* **24**, 273 (1957); Schmidt et al., *Arch. Biochem.,* **70**, 285 (1957); Talafant, E., *Nature,* **178**, 312 (1956).

Tabelle 16 Abbauprodukte des Bilirubins und verwandte Verbindungen

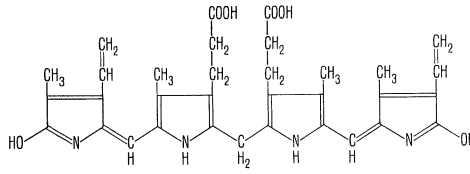
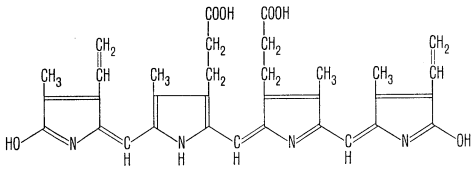
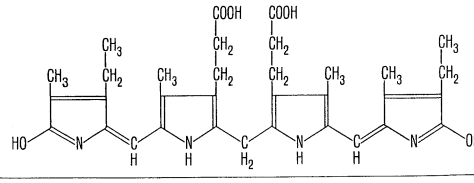
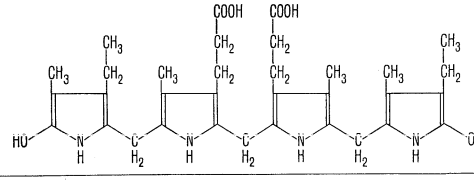
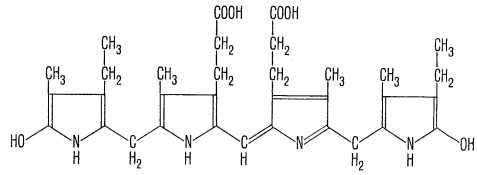
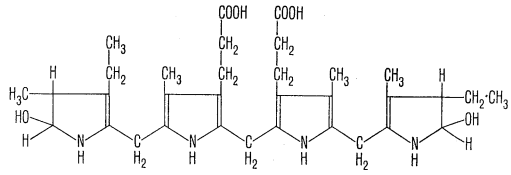
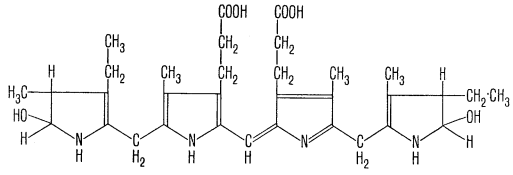
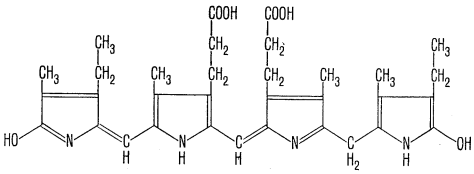
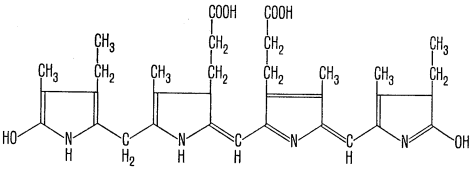
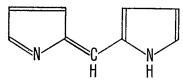
Verbindung	Struktur	Bemerkungen
Bilirubin $C_{33}H_{36}O_6N_4$		Abbauprodukt des Hämoglobins und anderer Hämderivate im RES. In großer Menge im Serum und in den Geweben bei hämolytischem Icterus. Auch im Harn und in den Fäces des Säuglings. Bildet in den Leberzellen durch Paarung mit Glucuronsäure die Gallenfarbstoffe
Biliverdin $C_{33}H_{34}O_6N_4$		Abbauprodukt des Hämoglobins. In der Leber enzymatisch zu Bilirubin reduziert. Findet sich nicht im Blut, aber in der Galle einiger Tiere, in der Placenta einiger Säugetiere (Uteroverdin) und in den Eierschalen vieler Vögel (Oocyan). Auch im Meconium des Fötus und des Säuglings und in der Galle nach dem Tode. Ein Eisenkomplex ist möglicherweise die prosthetische Gruppe der inaktiven Leberkatalase
Mesobilirubin $C_{33}H_{40}O_6N_4$		Findet sich möglicherweise im Dünndarm als Reduktionsprodukt des Bilirubins
Urobilinogen IX-α (Mesobilirubinogen) $C_{33}H_{44}O_6N_4$		Abbauprodukt des Bilirubins in der Leber. Findet sich in der normalen Galle, im Harn und in den Fäces. Unter pathologischen Bedingungen erhöht

Tabelle 16 Abbauprodukte des Bilirubins und verwandte Verbindungen *(Schluß)*

Verbindung	Struktur	Bemerkungen
Urobilin (Urobilin IX-α) $C_{33}H_{42}O_6N_4$		Oxydationsprodukt des Urobilinogens. Findet sich normalerweise im Harn und in den Fäces
Stercobilinogen $C_{33}H_{48}O_6N_4$		Reduktionsprodukt des Urobilinogens. Hauptprodukt der Hämoglobinausscheidung bei den meisten Wirbeltieren
Stercobilin $C_{33}H_{46}O_6N_4$		Oxydationsprodukt des Stercobilinogens. Normaler Bestandteil des Harns und der Fäces
Mesobiliviolin $C_{33}H_{40}O_6N_4$		Findet sich in menschlichen Fäces als mögliches Umwandlungsprodukt des Urobilinogens. Bildet die prosthetische Gruppe der Phycocyanine (Chromoproteine der roten und blauen Algen), die als Photosensibilisatoren bei der Photosynthese der Algen wirken
Mesobilierythrin (Mesobilirhodin) $C_{33}H_{40}O_6N_4$		Prosthetische Gruppe des Phycoerythrins der roten und einiger blauer Algen. Sensibilisator bei der Photosynthese der Algen
Mesobilifuscine Bilifuscine Propentdyopent $C_{16}H_{18-20}O_{4-5}N_2$	Nicht ganz aufgeklärt, enthalten Dipyrrole mit folgendem Gerüst: 	Sekundäre Oxydationsprodukte der Gallenfarbstoffe und Hämderivate. Bei Gelbsucht und Lebererkrankungen im Harn und in den Fäces ausgeschieden; findet sich in Gallensteinen
(+)-Urobilin $C_{33}H_{40}O_6N_4$	Nicht sicher aufgeklärt; ist möglicherweise eine optisch enantiomorphe Form des Stercobilinogens	Aus infizierter Galle isoliert, wahrscheinlich aus Urobilinogen IX-α entstanden. Im Gegensatz zu Stercobilinogen stark rechtsdrehend[16,18]
(+)-Urobilinogen $C_{33}H_{42}O_6N_4$	Nicht sicher aufgeklärt; ist möglicherweise eine optisch enantiomorphe Form des Urobilins IX-α	Aus infizierter Galle isoliert, wahrscheinlich aus Urobilinogen IX-α entstanden. Im Gegensatz zu Urobilin IX-α stark rechtsdrehend[16,18]

5. Lipide[1]

Lipide oder Lipoide sind die Sammelbezeichnung für eine Gruppe natürlich vorkommender Verbindungen, deren Hauptbestandteil Fettsäuren sind (siehe unten). Im allgemeinen sind die Lipide wasserunlösliche, verseifbare Ester von Fettsäuren; sie sind in den sogenannten Fettlösungsmitteln (Äther, Petroläther, Aceton, heißem Alkohol usw.) löslich und finden im Organismus Verwendung. Diese Definition wird jedoch nicht genau eingehalten. Durch Verseifung (alkalische Hydrolyse) gehen die Lipide in wasserlösliche Verbindungen über. Tabelle 17 enthält eine Zusammenstellung der verseifbaren Lipide und deren Bestandteile.

Tabelle 17 Einteilung und Bestandteile der verseifbaren Lipide

Einteilung der Lipide*		Strukturkomponenten (mit Ausnahme der Fettsäuren)**		
		Alkohol	Stickstoffbase	Andere Komponenten
Triglyceride	(I) Fette	Glycerin	—	—
	(II) Öle	Glycerin	—	(Anteil der ungesättigten Fettsäuren größer als bei den Fetten)
Glycerophosphatide	(I) Phosphatidsäuren	Glycerin	—	Phosphorsäure
	(II) Phosphatidsäureester: a) Phosphatidylcholine	Glycerin	Cholin	Phosphorsäure
	(II) Phosphatidsäureester: b) Phosphatidyläthanolamine	Glycerin	Äthanolamin	Phosphorsäure
	(II) Phosphatidsäureester: c) Phosphatidylserine	Glycerin	Serin	Phosphorsäure
	(III) Lysophosphatide	Glycerin	Cholin / Äthanolamin / Serin	Phosphorsäure
	(IV) Inositphosphatide: mono-	Glycerin	—	Phosphorsäure, Inosit
	(IV) Inositphosphatide: di-	Glycerin	—	Phosphorsäure, Inosit
	(V) Acetalphosphatide	Glycerin	(wie Lysophosphatide)	Phosphorsäure, langkettige Alkylgruppe unbekannter Länge
Sphingolipide	(I) Sphingomyeline	Sphingosin	Cholin	Phosphorsäure
	(II) Cerebroside	Sphingosin	—	Hexose, Sulfat
	(III) Ganglioside	Sphingosin	—	Hexose, Neuraminsäure
Wachse	(I) Echte Wachse	Langkettige aliphatische Alkohole	—	—
	(II) Sterinester, Vitamin-A- und -D_3-Ester	Komplizierte zyklische Alkohole	—	—

* In der Einteilung von Bloor[3] bilden die Triglyceride (Neutralfette) zusammen mit den Wachsen die Gruppe der «simple lipids», während die übrigen Klassen (Phospholipide, Cerebroside, Ganglioside) in der Gruppe der «compound lipids» zusammengefaßt werden. Die Gruppe der Phospholipide oder Phosphatide umfaßt die Glycerophosphatide und die Sphingomyeline, die wegen ihrer Phosphatgruppe als einzigem gemeinsamem Bestandteil hier eingeteilt wurden. Es ist jedoch sinnvoller, die Sphingomyeline der Gruppe der Sphingolipide (Derivate des Sphingosins) zuzuteilen.

** Mit möglicher Ausnahme einiger Acetalphosphatide geben alle Verbindungen bei der Hydrolyse Fettsäuren.

Fettsäuren

Die Zahl der in tierischen und pflanzlichen Lipiden vorkommenden Fettsäuren (aliphatische Monocarbonsäure, R · COOH) beträgt nicht mehr als etwa 50, wobei gesättigte und ungesättigte, verzweigte und in der Hauptsache aber unverzweigte vorkommen. Es ist bemerkenswert, daß die natürlich vorkommenden Fettsäuren beinahe ausschließlich eine gerade Anzahl Kohlenstoffatome enthalten, eine Tatsache, die mit der Annahme übereinstimmt, daß die Biosynthese der Fettsäuren eine Kondensation von C_2-Bausteinen (Acetat) oder größeren, aus C_2-Bausteinen entstandenen Einheiten[2] darstellt. Die einzige Ausnahme von Wichtigkeit ist die im Depotfett von Delphinen und Tümmlern vorkommende Isovaleriansäure. Die Eigenschaften der wichtigsten in Lipiden auftretenden Fettsäuren sind in Tabelle 18 auf S. 355 zusammengestellt.

Die natürlich vorkommenden, ungesättigten Fettsäuren haben die Konfiguration der Cis-Isomere, obwohl in Spuren auch Trans-Isomere nachgewiesen werden konnten, so zum Beispiel Elaidinsäure (Trans-Isomeres der Ölsäure) und Vaccensäure (Trans-11-Octadecensäure). Die Cis-Trans-Isomerie ist für das Beispiel von Öl- und Elaidinsäure dargestellt:



Ölsäure (cis) — Elaidinsäure (trans)

Ungesättigte Fettsäuren mit mehr als einer Doppelbindung (Polyensäuren) spielen bei der tierischen Ernährung eine wichtige Rolle, da einige derselben offenbar nicht mit der den Wachstumsanforderungen entsprechenden Geschwindigkeit synthetisiert werden können und deshalb mit der Nahrung aufgenommen werden müssen. Die wichtigsten dieser sogenannten «essentiellen Fettsäuren» sind Linol-, Linolen- und Arachidonsäure, die alle drei imstande sind, das durch fettsäurefreie Diät verursachte Fettmangelsyndrom entweder zu heilen oder am Entstehen zu verhindern.

Als Bestandteile von Lipiden kommen auch Fettsäuren mit Hydroxyl- und Ketogruppen, mit zyklischen Gruppierungen wie auch solche mit dreifachen Bindungen (Acetylencarbonsäuren) vor.

Fette (Triglyceride)[3]

Als *Fette* werden die aus den Triestern des Glycerins mit Fettsäuren (Triglyceride) bestehenden Lipide bezeichnet. Diese sind bei Zimmertemperatur feste oder flüssige Verbindungen, wobei die letzteren oft auch (tierische oder pflanzliche) *Öle* genannt werden. Die meisten natürlich vorkommenden Fette enthalten wenigstens 5 und bis zu 12 und mehr verschiedene Fettsäuren. Chemisch gesehen, bestehen sie aus komplexen Mischungen gemischter Triglyceride von untenstehender Struktur, die sich durch alkalische Hydrolyse (Verseifung) in die Alkalisalze der Fettsäuren (Seifen) und Glycerin spalten lassen:



Gemischtes Triglycerid — Glycerin — Salz der Fettsäuren

Die natürlichen Fette zeigen die Tendenz, in der Zusammensetzung der sie aufbauenden Triglyceride eine größtmögliche Heterogenität auszubilden.

Die Fettsäuren der meisten natürlich vorkommenden Fette und Wachse bestehen aus Mischungen von gesättigten und ungesättigten Säuren. Im allgemeinen steigt der Schmelzpunkt eines Fettes mit dem Anteil an gesättigten Säuren. Die wichtigsten Bausteine sind in der ungesättigten Reihe die Ölsäure (C_{18}) und die Linolsäure (C_{18}), in der gesättigten Reihe die Palmitinsäure (C_{16}) und die Stearinsäure (C_{18}). Mit Ausnahme der Stearinsäure kommen diese Säuren in der Natur sehr weit verbreitet vor, wobei die Öl- und die Palmitinsäure, die praktisch in jedem bekannten natürlichen Fett vorhanden sind, mengenmäßig vorherrschen.

In ihrer Fettsäurezusammensetzung zeigen die Fette von Landsäugetieren ein Vorherrschen von Öl- und Palmitinsäure und in einigen wichtigen Fällen der Stearinsäure (zum Beispiel bei Ochsen und Schafen). Im Milchfett der Landsäugetiere verschiebt sich dieses Verhältnis entsprechend dem Auftreten niedrigerer, gesättigter Fettsäuren mit C_{12} bis C_4 (Buttersäure). Die Fette von Wassertieren enthalten in der Hauptsache höhere, ungesättigte Fettsäuren von C_{16} bis C_{22}, gewöhnlich zusammen mit 10–18% Palmitinsäure.

In ein und demselben Gewebe der gleichen Tierart zeigen sich Unterschiede in der Fettzusammensetzung, von denen bekannt ist, daß sie wenigstens teilweise von der Ernährung abhängig sind. Ein Beispiel dafür ist das weiche Schweineschmalz der mit Sojabohnenöl gemästeten Schweine.

Resorption und Speicherung der Fette

Die in den tierischen Organismus aufgenommenen Fette werden im Darm durch die Darm- und Pancreaslipasen hydrolysiert, nachdem sie zuvor durch Gallensäuren emulgiert worden sind. Die entstehenden Fettsäuren und das Glycerin werden von der Darmschleimhaut resorbiert und dort wieder zu Triglyceriden verbunden. Ungefähr 60% dieses neugebildeten Fettes gelangen durch die Lymphe in den venösen Kreislauf und werden in verschiedenen Geweben gespeichert (Depotfette). Der Rest wird zur Hauptsache dem Leberstoffwechsel zugeführt (vgl. Oxydativen Abbau der Fette, S. 369). Da das Fett eines bestimmten Gewebes gewöhnlich eine typische Triglyceridzusammensetzung aufweist, müssen die Fettsäuren der aufgenommenen Fette vor der Resynthese der Triglyceride umgewandelt werden. Wie oben erwähnt, können jedoch Wechsel im Nahrungsfett so drastisch sein, daß sie die Adaptationsfähigkeit des Organismus übersteigen und zu Veränderungen in der Depotfettzusammensetzung führen.

Die Hauptdepots für Fett im Körper liegen subkutan, intramuskulär, im Omentum und im Verband mit Hohlorganen, wie Herz, Nieren, Mesenterium, Ovarien usw. Die Hauptfunktion der Depotfette ist die eines Energiespeichers, wozu sie besser geeignet sind als die Kohlenhydrate oder Proteine. Bei Warmblütern dient das subkutane Fett oft auch als lebenswichtige Isolation gegen Wärmeverluste. Fettgewebe schützt als Polster wichtige Organe gegen mechanische Insulte. Bei gewissen Arten, besonders bei einigen marinen Tieren, sind die Triglyceride in den Energiespeichern beinahe vollständig durch andere Lipide, zum Beispiel durch Wachse, ersetzt. Beim einzelnen Tier hängt die Menge des angelagerten Depotfetts vom Ernährungszustand und von anderen Faktoren ab; es wird auch ununterbrochen verwendet und wieder ersetzt.

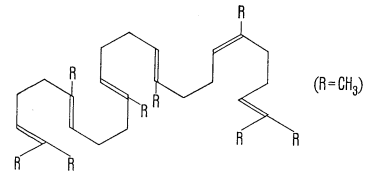
Neben dem Nahrungsfett werden auch im Organismus selbst gebildete Triglyceride gespeichert, deren Fettsäuren aus Kohlenhydraten, indirekt also aus Proteinen entstehen. Das Glycerin stammt in der Hauptsache aus der Glucose des Blutes.

Fette des Blutes. Die Fette werden in Form kleinster Tröpfchen von 1 µm oder weniger Durchmesser im Kreislauf transportiert. Diese sind durch einen Proteinfilm (α- und β-Globuline) stabilisiert, von dem sie durch Zentrifugieren abgetrennt werden können. Der Gehalt an Fett (und anderen Lipiden) im Blut (siehe dort) steigt nach einer fettreichen Mahlzeit an. Eine Hyperlipämie entsteht auch nach mehrtägigem Fasten, verursacht durch eine wegen Erschöpfung der Glycogenreserven erhöhte Mobilisierung der Depotfette. Alkoholgenuß wie auch die Aufnahme verschiedener Narcotica haben ein deutliches Ansteigen der Fette im Blut zur Folge. Im allgemeinen wird der Fett- und Lipidblutspiegel von der Schilddrüse aus gesteuert. In seltenen Fällen tritt ein kongenital bedingter hoher Fettgehalt des Blutes auf (idiopathische, hereditäre Hyperlipämie), ein Krankheitsbild, das meist mit Leber- und Milzhypertrophie und Xanthom einhergeht.

Unverseifbare Anteile der Fette

Natürliche Fette enthalten *unverseifbare Bestandteile* in Konzentrationen von 0,1 bis 5%. Zum größten Teil bestehen diese aus Cholesterin und anderen Sterinen, Carotinoiden (mit Carotin verwandte Kohlenwasserstoffe) und den fettlöslichen Vitaminen (siehe dort). Wahrscheinlich kommen diese Verbindungen wegen ihrer Fettlöslichkeit und Wasserunlöslichkeit in den natürlichen Fetten vor. Viele Fette enthalten neben freien Sterinen auch Sterinester von Fettsäuren (siehe unter Wachse, S. 354).

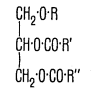
Squalen. Ein wichtiger, unverseifbarer Bestandteil der tierischen Fette ist der Kohlenwasserstoff Squalen, $C_{30}H_{50}$:



Es kommt in den Lebertranen vieler Elasmobranchier, besonders der Haie (bis zu 57%), wie auch im Hefefett und in der menschlichen Haut vor. Seine Rolle als Vorstufe des Cholesterins in der Leber ist sichergestellt (siehe S. 399).

Alkoxydiglyceride

In den Lebertranen von Elasmobranchiern finden sich erhebliche Mengen verschiedener Verbindungen, die sich durch eine Ätherverbindung von den Triglyceriden unterscheiden. Es sind dies Triglyceride, bei denen die dritte Hydroxylgruppe mit einem höheren Alkohol einen Äther bildet, so daß diese Verbindungen als Alkoxydiglyceride oder als Fettsäureester von Glyceryläthern bezeichnet werden können:



Alkoxydiglycerid

Der Lebertran von Rochen besteht beinahe ausschließlich aus solchen Verbindungen und enthält praktisch keine Triglyceride.

Phospholipide

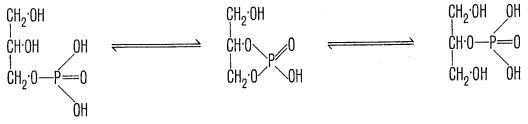
Allgemein ausgedrückt, sind die Phospholipide (Phosphatide) Fettsäureester, deren Alkoholkomponente eine Phosphatgruppe als wichtigen Bestandteil enthält. In diese Gruppe gehören die Glycerin enthaltenden Glycerophosphatide und die Cholin enthaltenden Sphingomyeline. Sie kommen in allen Organen, besonders aber in aktiven Geweben, wie Gehirn und Nerven, vor, fehlen aber bemerkenswerterweise in den Depotfetten. Sie beteiligen sich an sehr vielen Stoffwechselprozessen und können als eine Form der Fette angesehen werden, in welcher diese im Metabolismus umgesetzt oder durch den Organismus transportiert werden. Es steht fest, daß sie bei der Fettresorption im Darm, beim Transport und bei der Oxydation der Fettsäuren und bei der Verfettung der Leber beteiligt sind. Auch spielen sie als strukturelle Organbestandteile und bei der Blutkoagulation eine Rolle. Die Phospholipide werden im Organismus, besonders in der Leber und im Dünndarm, mit Leichtigkeit synthetisiert.

Glycerophosphatide

Die Glycerophosphatide kommen überall vor und bestehen aus α-Glycerophosphorsäure, die mit Fettsäuren oder anderen Komponenten oder mit beiden verestert ist.

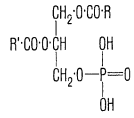
Sowohl α- wie β-Glycerophosphorsäuren sind bekannt; es ist aber im Gegensatz zu den in den meisten Handbüchern vorhandenen Ausführungen heute zweifelhaft, daß β-Glycerophosphorsäure, β-Glycerophosphatide oder andere β-Derivate in der Natur vorkommen. Es konnte nämlich gezeigt werden[4], daß bei der Hydrolyse von Lecithinen (siehe unten) eine reversible Wanderung der Phosphatgruppe stattfindet, wobei Mischungen von α- und β-Glycerophosphorsäuren entstehen. Eine ähnliche Umwandlung geschieht wahrscheinlich auch während der Isolierung als Folge

der chemischen Eingriffe. Man stellt sich die Wanderung der Phosphatgruppe wie folgt vor[5]:



α-Glycerophosphorsäure — 1,2-Glycerophosphorsäure — β-Glycerophosphorsäure

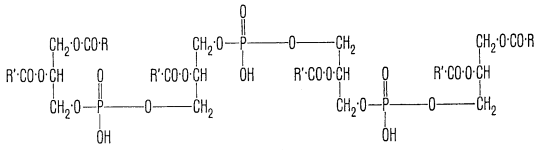
a) *Phosphatidsäuren.* Die Phosphatidsäuren sind die einfachsten, chemisch den Triglyceriden am nächsten stehenden Glycerophosphatide; sie leiten sich von der α-Glycerophosphorsäure durch Veresterung der zwei Hydroxylgruppen mit Fettsäuren ab. Anderseits können sie auch als Triglyceride betrachtet werden, in denen ein Fettsäurerest durch Phosphorsäure ersetzt ist:



α-Phosphatidsäuren
(worin R·CO und R′·CO Fettsäurereste darstellen)

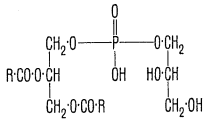
Phosphatidsäuren sind aus einer großen Anzahl von Geweben isoliert worden, und ihr Vorkommen in tierischen Geweben ist nachgewiesen[6]. Es konnte gezeigt werden, daß sie im Organismus aus Fettsäuren, Glycerin und Adenosintriphosphat (ATP) entstehen[7].

Das wichtige Phosphatidsäurederivat Cardiolipin spielt bei der WASSERMANNschen Reaktion eine Rolle und besteht möglicherweise aus einer Kette von 2 Monoglyceriden und 2 Diglyceriden, die durch Phosphorsäureresten verbunden sind[8]:



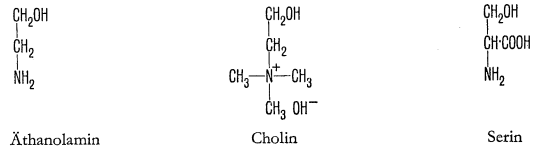
Cardiolipin

Die Fettsäuren des Cardiolipins sind beinahe ausschließlich Ölsäure und Linolsäure im Verhältnis 1 : 5. Andere Phosphatidsäurederivate sind das im *Lactobacillus arabinosus* vorkommende Cytidindiphosphoglycerin[9] (siehe S. 339) und die aus Algen isolierte α-Glycero-α′-phosphatidsäure[10]. Letztere Verbindung enthält zwei freie Hydroxylgruppen:



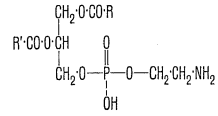
α-Glycero-α′-phosphatidsäure

b) *Phosphatidsäureester.* Diese Verbindungen sind Ester der Phosphatidsäuren mit den Alkoholen Äthanolamin, Cholin oder Serin:

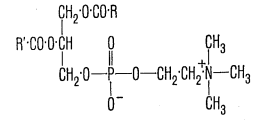


Äthanolamin — Cholin — Serin

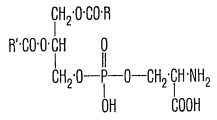
Auf diese Weise entstehen drei Typen von Phosphatidylestern:



α-Phosphatidyläthanolamine (Cephaline)



α-Phosphatidylcholine (Lecithine)



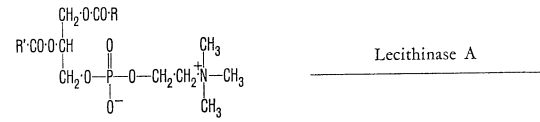
α-Phosphatidylserine

Die Bezeichnung «Cephalin» wurde ursprünglich für eine sowohl α-Phosphatidyläthanolamine als auch α-Phosphatidyl-L-serine enthaltende, aus Gehirn isolierte Lipidfraktion geprägt. Die Fettsäurereste der Cephaline sind vorwiegend solche der Öl- und Stearinsäure[11].

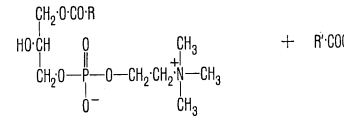
Von Lecithinen verschiedenster Herkunft konnte gezeigt werden, daß sie alle ein L-α-Glycerophosphorylcholingerüst haben, worin die Fettsäurereste die alleinigen Variablen darstellen[4]. Die langkettigen Fettsäuren (R · COOH und R′ · COOH) sind die gleichen, die bei den Triglyceriden vorherrschen (Öl-, Palmitin-, Stearin- und Linolsäure). Auch die Arachidonsäure (eine Tetraensäure) konnte in einigen Lecithinen nachgewiesen werden.

Die Lecithine des Gehirns unterscheiden sich von denjenigen der anderen Organe durch ihren höheren Gehalt an stark ungesättigten Fettsäuren mit einer Kettenlänge von über C_{20}. Die meisten Lecithine enthalten gesättigte und ungesättigte, manche aber auch entweder zwei gesättigte oder zwei ungesättigte Fettsäurereste[12, 13].

c) *Lysophosphatide.* Die Lysophosphatide bestehen aus partiell hydrolysierten Glycerophosphatiden (siehe S. 393). Schlangengifte enthalten ein Enzym, das selektiv nur eine der zwei Fettsäuren aus Lecithinen abspaltet, wobei die Lysolecithine entstehen:

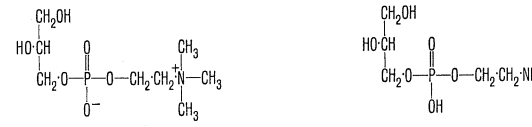


α-Phosphatidylcholine (Lecithine)



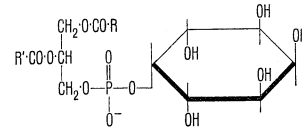
Lysolecithine — Fettsäure

d) *α-Glycerophosphorylverbindungen* ohne Fettsäurereste kommen in Geweben und Körperflüssigkeiten von Säugetieren vor[14]. Es sind dies α-Glycerophosphoryläthanolamin und α-Glycerophosphorylcholin:



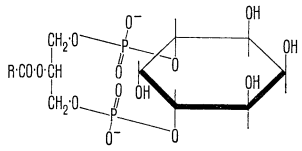
α-Glycerophosphorylcholin — α-Glycerophosphoryläthanolamin

e) *Phosphatidylinositide*[15]. Es konnten mindestens drei verschiedene Inositide identifiziert werden. Die Unterscheidung war auf Grund der bei der Hydrolyse erhaltenen Inositderivate möglich. Der eine Typus, die den Glycerophosphatiden entsprechenden Phosphatidylinosite[16], kommen in Leber, Herz, Weizenkeimlingen, Sojabohnen vor und haben folgende Struktur:



α-Phosphatidylinosite

Zum zweiten Typus gehören die Di-α-phosphatidylinosite, in denen die zwei Phosphatgruppen mit den meta-ständigen Hydroxylgruppen des Inositrings verestert sind[17]:



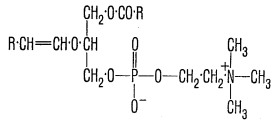
Di-α-phosphatidylinosite (wahrscheinliche Struktur)

Diese Verbindungen können auch in Form von noch komplexeren Copolymeren auftreten.

f) *Acetalphosphatide* (Plasmalogene). Diese Verbindungen sind den Phosphatidylestern nahe verwandt. Äthanolamin enthaltende Plasmalogene sind in der Natur vorherrschend; anderseits sind aber auch Verbindungen beschrieben worden, in denen das Äthanolamin entweder durch Serin oder Cholin ersetzt ist.

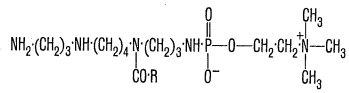
Plasmalogene geben eine positive Aldehydreaktion, und die der Stearin- und Palmitinsäure entsprechenden Aldehyde konnten aus kristallisiertem Acetalphosphatid des Gehirns isoliert werden.

Neuere Untersuchungen[18] haben gezeigt, daß jedes Plasmalogenmolekül zwei langkettige Alkylgruppen enthält, wovon eines in Esterverbindung und das andere als Vinyläther (III) vorliegt:



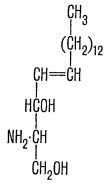
Plasmalogene

Neulich wurde ein in malignen Tumoren vorkommendes Phospholipid beschrieben, das eine ausgesprochene Affinität zu Protoporphyrin III zeigt und aus Spermin, Phosphorsäure und Fettsäure aufgebaut ist. Für dieses Phospholipid ist folgende Struktur angenommen worden[19]:



Sphingolipide

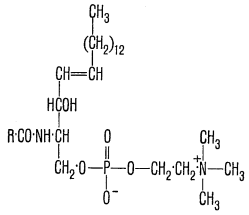
In der Gruppe der Sphingolipide ersetzt die Base Sphingosin (1,3-Dihydroxy-2-aminooctadecen-[4]) das Glycerin. Einige Sphingolipide sind Phosphatide, andere hingegen enthalten keinen Phosphor.



Sphingosin

Bei einigen wenigen Vertretern der Sphingolipidgruppe tritt an Stelle von Sphingosin Dihydrosphingosin (in welchem die Doppelbindung des Sphingosins hydriert ist) oder das 4-Hydroxyderivat des Dihydrosphingosins (1,3,4-Trihydroxy-2-aminooctadecan) Phytosphingosin. Nervengewebe ist besonders reich an Sphingolipiden.

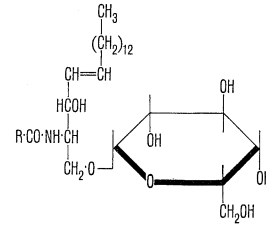
a) *Sphingomyeline.* Die einzigen, den Glycerophosphatiden nahestehenden Sphingolipide sind die Sphingomyeline:



Sphingomyeline

In den Sphingomyelinen kommt als Hauptbestandteil die C_{24}-Fettsäure, die Lignocerinsäure, $CH_3 \cdot (CH_2)_{22} \cdot COOH$, vor. Die für die Glycerophosphatide typischen, stark ungesättigten Fettsäuren der C_{20}- und C_{22}-Reihe fehlen in dieser Gruppe von Verbindungen vollständig.

b) *Cerebroside.* Die Cerebroside kommen vor allem im Gehirn vor. Die normalerweise geringe Konzentration in den anderen Geweben ist bei der GAUCHERschen Krankheit beträchtlich erhöht (siehe unten). Die meisten Cerebroside enthalten Sphingosin (oder Dihydrosphingosin), eine Fettsäure und eine Hexose.



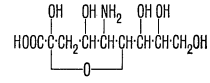
Wahrscheinliche Struktur der Cerebroside

Im typischen Fall ist die Hexose D-Galactose, manchmal aber auch D-Glucose. Die Cerebroside sind frei von Phosphor. Bei einem aus Gehirn isolierten Cerebrosid ist die L-Stellung der Galactose mit Schwefelsäure verestert.

Die Konfiguration der Glycosidbindung bei den Cerebrosiden ist nicht sichergestellt. Die einzelnen Cerebroside unterscheiden sich durch die verschiedenen sie aufbauenden Fettsäuren:

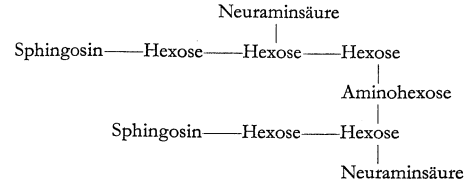
Cerebrosid	*Fettsäurebestandteil*
Kerasin	Lignocerinsäure $CH_3 \cdot (CH_2)_{22} \cdot COOH$
Phrenosin	Cerebronsäure $CH_3 \cdot (CH_2)_{21} \cdot CH(OH) \cdot COOH$
Nervon	Nervonsäure $CH_3 \cdot (CH_2)_7 \cdot CH{=}CH \cdot (CH_2)_{13} \cdot COOH$
Hydroxynervon	Hydroxynervonsäure $CH_3 \cdot (CH_2)_7 \cdot CH{=}CH \cdot (CH_2)_{12} \cdot CH(OH) \cdot COOH$

c) *Ganglioside.* Diese Verbindungen finden sich im Nervengewebe und in den meisten parenchymatösen Geweben. Es sind komplexe, mit den Cerebrosiden verwandte Substanzen, die bei der Hydrolyse Sphingosin, langkettige Fettsäuren, Hexosen (größtenteils Galactose, aber auch etwas Glucose) und die Polyhydroxyaminosäure Neuraminsäure liefern:



Neuraminsäure

Folgendes Schema gibt eine mögliche Struktur für ein Ganglioside:



Lipidosen[20]

Eine Reihe pathologischer Zustände, die im allgemeinen unter dem Begriff der «Lipidosen» zusammengefaßt werden, sind entweder durch eine Störung des Fettstoffwechsels bedingt oder haben eine solche zur Folge. Bei den Lipidosen sammeln sich charakteristischerweise große Mengen eines bestimmten Lipids in einem oder mehreren Geweben an, oft vorzugsweise in der Leber oder in der Milz. Bei der NIEMANN-PICKschen Krankheit findet man große Zellen mit erhöhter Konzentration an Lipiden, vor allem Sphingomyelinen. Diese im ganzen Organismus verteilten Zellen häufen sich in der Milz an, deren Sphingomyelingehalt

enorm hoch werden kann. Obwohl der Gehalt an Sphingomyelin in Gehirn und Blut normal bleibt, zeigen histologische Untersuchungen eine deutliche Degeneration des Gehirns. Die Krankheit befällt Säuglinge im ersten Lebensjahr und verläuft tödlich.

Die amaurotische kongenitale Idiotie des Neugeborenen, die TAY-SACHSsche Krankheit, verläuft wie die NIEMANN-PICKsche Krankheit meist tödlich. Diese Störung besteht in einer Erhöhung des Gangliosidgehalts im Gehirn von der Norm 0,3% auf 4–8% mit entsprechender Abnahme der Gehirncerebroside.

Eine nicht zum Tod führende Lipidstoffwechselerkrankung, die GAUCHERsche Krankheit, stellt eine Störung des Cerebrosidmetabolismus beim Erwachsenen dar. Diese Störung kann generalisiert sein, macht sich aber besonders in der Milz bemerkbar, die durch Ansammlung von GAUCHER-Zellen enorm vergrößert sein kann. Diese enthalten große Mengen eines Cerebrosids, in welchem als Bestandteil an Stelle der die normalen menschlichen Milzcerebroside hauptsächlich aufbauenden Galactose ausschließlich Glucose vorkommt. Die Gehirncerebroside bleiben bei der GAUCHERschen Krankheit normal und enthalten ausschließlich Galactose.

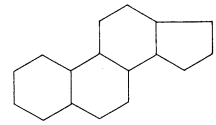
Wachse

Die verseifbaren Wachse (im Unterschied zu den Kohlenwasserstoffen) werden in die *echten Wachse*, Ester langkettiger Fettsäuren mit langkettigen, aliphatischen Alkoholen, und die *Sterinester*, Ester langkettiger Fettsäuren mit Hydroxysterinen (komplizierte, zyklische Alkohole), eingeteilt. In die letzte Gruppe gehören auch die natürlich vorkommenden, langkettigen Fettsäureester der Vitamine A und D_3 (siehe dort).

Die echten Wachse sind meist tierische oder pflanzliche Exkrete der Epidermis, die dazu dienen, eine Schutzschicht gegen Wasserverlust und Benetzung zu liefern. Dem ersten Zweck dienen beispielsweise die Oberflächenwachse von Pflanzen in ariden Klimaten, dem zweiten das auf der Haut und im Haar beinahe aller Pelztiere vorkommende Lanolin und das Oberflächenwachs der Früchte in feuchtem Klima (zum Beispiel Äpfel). Bei gewissen Tieren, besonders beim Pottwal, sind die Triglyceride des Depotmaterials beinahe vollständig durch Wachse ersetzt.

Echte Wachse. Diese bestehen aus Estermischungen von Fettsäuren mit aliphatischen, unverzweigten, einwertigen Alkoholen, gewöhnlich Cetylalkohol (Hexadecanol, $CH_3 \cdot [CH_2]_{14} \cdot CH_2OH$), oft aber auch höheren Alkoholen bis zu C_{36}. Unter den meist gesättigten Fettsäuren kommt am häufigsten Cerotinsäure (Hexacosansäure, $CH_3 \cdot [CH_2]_{24} \cdot COOH$) vor; gelegentlich werden auch Hydroxysäuren gefunden. In vielen natürlichen Wachsen haben die Fettsäure und der Alkohol die gleiche Kettenlänge.

Hydroxysterine. Diese in den unverseifbaren Anteilen der Fette frei vorkommenden Verbindungen sind Alkohole, die einen 17gliedrigen Cyclopentanoperhydrophenanthrenring enthalten:



Zu den in der Natur sehr weit verbreiteten Sterinen gehören viele natürliche und synthetische Hormone sowie auch die Gallensäuren.

Das wichtigste Hydroxysterin ist das Cholesterin, ein Zellbestandteil der meisten Warmblüter. Es findet sich als Vorstufe der Nebennierenrindenhormone in relativ hoher Konzentration im Adrenocortex.

---

1) Für eingehende Ausführungen siehe LOVERN, J. A., *The Chemistry of Lipids of Biochemical Significance*, London (1955); DEUEL, H. J., Jr., *The Lipids*, Bd. 1, New York (1951); HILDITCH, T. P., *The Chemical Constitution of Natural Fats*, 3. Aufl., London (1956); DAWSON, R. M. C., *Biol. Rev.*, **32**, 188 (1957). *2)* CHAIKOFF und BROWN, Jr., in: GREENBERG, D. M. (Hrsg.), *Chemical Pathways of Metabolism*, Bd. 1, New York (1954), S. 324. *3)* BLOOR, W. R., *Chem. Rev.*, **2**, 243 (1925/26). *4)* BAER und KATES, *J. biol. Chem.*, **185**, 615 (1950); BAER et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 232 (1956). *5)* BAILLY, M.-C., *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, **206**, 1902 (1938); *ibid.*, **208**, 443, 1820 (1939); CHARGAFF, E., *J. biol. Chem.*, **144**, 455 (1942); VERKADE et al., *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, **59**, 886 (1940). *6)* HOKIN und HOKIN, *J. biol. Chem.*, **233**, 800 (1958). *7)* BUBLITZ und KENNEDY, *J. biol. Chem.*, **211**, 951 (1954); KORNBERG und PRICER, Jr., *J. biol. Chem.*, **204**, 345 (1953). *8)* PANGBORN, M. C., *J. biol. Chem.*, **168**, 351 (1947). *9)* BADDILEY et al., *Biochem. J.*, **64**, 599 (1956). *10)* BENSON und MARUO, *Biochim. biophys. Acta*, **27**, 189 (1958). *11)* FOLCH, J., *J. biol. Chem.*, **174**, 439 (1948). *12)* HANAHAN, D. J., *J. biol. Chem.*, **211**, 313 (1954). *13)* HANAHAN und JAYKO, *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 5070 (1952). *14)* DAWSON, R. M. C., *Biochem. J.*, **65**, 627 (1957). *15)* FOLCH und LEBARON, *Canad. J. Biochem.*, **34**, 305 (1956). *16)* HAWTHORNE, J. N., *Biochem. J.*, **59**, II (1955). *17)* FOLCH, J., *J. biol. Chem.*, **177**, 505 (1949). *18)* GRAY, G. M., *Biochem. J.*, **70**, 425 (1958). *19)* KOSAKI et al., *Science*, **127**, 1176 (1958). *20)* THANNHAUSER, S. J., *Lipidoses – Diseases of the Cellular Lipid Metabolism*, 2. Aufl., Oxford (1950).

Tabelle 18 Fettsäuren

Name der Säure	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Physikalische Eigenschaften	Bemerkungen
		Gesättigte, unverzweigte Monocarbonsäuren		
Ameisensäure (Methansäure)	CH_2O_2 46,03	$H{\cdot}COOH$	Smp. 8,6° C Sdp. 100,8° C d^{20} 1,220 n_D^{20} 1,3714	Im menschlichen Harn und vielen pflanzlichen Stoffen
Essigsäure (Äthansäure)	$C_2H_4O_2$ 60,05	$CH_3{\cdot}COOH$	Smp. 16,5° C Sdp. 118,1° C d^{20} 1,0492 n_D^{25} 1,36976	In den meisten biologischen Stoffen. Entsteht bei vielen aeroben Bakterien aus Äthanol und bei manchen anaeroben aus Pentosen
Propionsäure (Propansäure)	$C_3H_6O_2$ 74,08	$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$	Smp. – 22° C Sdp. 140,9° C d^{20} 0,992 $n_D^{19,9}$ 1,38736	Entsteht bei bakterieller Kohlenhydratzerlegung
n-Buttersäure (Butansäure)	$C_4H_8O_2$ 88,11	$CH_3{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}COOH$	Smp. – 7,9° C Sdp. 163° C d^{20} 0,9587 n_D^{20} 1,39906	Spurenweise in vielen Fetten
n-Valeriansäure (Pentansäure)	$C_5H_{10}O_2$ 102,14	$CH_3{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}COOH$	Smp. – 34,5° C Sdp. 186,4° C d^{20} 0,9387 n_D^{20} 1,4086	
Capronsäure (Hexansäure)	$C_6H_{12}O_2$ 116,16	$CH_3{\cdot}(CH_2)_4{\cdot}COOH$	Smp. – 4° C Sdp. 205° C d^{20} 0,929 n_D^{20} 1,41635	Spurenweise in vielen Fetten
Önanthsäure (Heptansäure)	$C_7H_{14}O_2$ 130,19	$CH_3{\cdot}(CH_2)_5{\cdot}COOH$	Smp. – 7,46° C Sdp. 223° C d^{14} 0,9216 $n_D^{19,8}$ 1,42162	
Caprylsäure (Octansäure)	$C_8H_{16}O_2$ 144,22	$CH_3{\cdot}(CH_2)_6{\cdot}COOH$	Smp. 16° C Sdp. 239° C d^{20} 0,9088 n_D^{20} 1,4285	Grundteil vieler Fette
Pelargonsäure (Nonansäure)	$C_9H_{18}O_2$ 158,24	$CH_3{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH$	Smp. 12,3° C Sdp. 254° C d^{20} 0,9055 n_D^{20} 1,4330	In Rautenöl, Japanwachs, Fuselölen und den Blättern von *Pelargonium roseum*
Caprinsäure (Decansäure)	$C_{10}H_{20}O_2$ 172,27	$CH_3{\cdot}(CH_2)_8{\cdot}COOH$	Smp. 31,3° C Sdp. 269° C d^{40} 0,8858 n_D^{40} 1,42855	Bestandteil vieler Tier- und Pflanzenfette
Undecylsäure (Undecansäure)	$C_{11}H_{22}O_2$ 186,30	$CH_3{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}COOH$	Smp. 28,5° C Sdp. 284° C d^{20} 0,8905 $n_D^{45,8}$ 1,4294	Im *Pseudomonas*
Laurinsäure (Dodecansäure)	$C_{12}H_{24}O_2$ 200,32	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{10}{\cdot}COOH$	Smp. 43,5° C Sdp. 225° C/100 d^{20} 0,883 $n_D^{53,1}$ 1,4183	Hauptbestandteil der Pflanzenfette (besonders Lorbeer). In kleinen Mengen im Depotfett der Tiere, in Milchfetten und Fischtranen
Tridecylsäure (Tridecansäure)	$C_{13}H_{26}O_2$ 214,35	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{11}{\cdot}COOH$	Smp. 51° C Sdp. 312,4° C n_D^{70} 1,4249	Spurenweise in Tierfetten
Myristinsäure (Tetradecansäure)	$C_{14}H_{28}O_2$ 228,38	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{12}{\cdot}COOH$	Smp. 54,4° C Sdp. 250,5° C/100 d^{54} 0,8622 n_D^{60} 1,4308	Bestandteil fast aller Tierfette (1–5%) und Pflanzenfette, besonders Milchfett, Fischöle, Palmöl, Muskatnuß

Tabelle 18 Fettsäuren *(Fortsetzung)*

Name der Säure	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Physikalische Eigenschaften	Bemerkungen
Pentadecylsäure (Pentadecansäure)	$C_{15}H_{30}O_2$ 242,41	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{13}{\cdot}COOH$	Smp. 52,1° C Sdp. 257° C/100 d^{80} 0,8423 n_D^{70} 1,4270	Spurenweise in Tierfetten, besonders Leberfetten
Palmitinsäure (Hexadecansäure)	$C_{16}H_{32}O_2$ 256,43	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{14}{\cdot}COOH$	Smp. 62,85° C Sdp. 268,5° C/100 d^{70} 0,8487 $n_D^{79,8}$ 1,4273	Weit verbreitet in der Natur. Bestandteil fast aller Fette
Margarinsäure (Heptadecansäure)	$C_{17}H_{34}O_2$ 270,46	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{15}{\cdot}COOH$	Smp. 62° C Sdp. 227° C/100 d^{60} 0,8579 n_D^{70} 1,4319	Spurenweise im Hammelfett
Stearinsäure (Octadecansäure)	$C_{18}H_{36}O_2$ 284,49	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{16}{\cdot}COOH$	Smp. 69,6° C Sdp. 298° C/100 d^{20} 0,9408 $n_D^{80,2}$ 1,4299	Reichlich in den wichtigen eßbaren Fetten. Vorhanden auch in Pflanzenfetten
Nondecylsäure (Nonadecansäure)	$C_{19}H_{38}O_2$ 298,51	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{17}{\cdot}COOH$	Smp. 68–69° C Sdp. 298° C/100	
Arachidinsäure (Eicosansäure)	$C_{20}H_{40}O_2$ 312,54	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{18}{\cdot}COOH$	Smp. 75,4° C Sdp. 328° C d^{100} 0,824 n_D^{100} 1,4250	Spurenweise in vielen Samen- und Tierfetten
Heneicosansäure	$C_{21}H_{42}O_2$ 326,57	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{19}{\cdot}COOH$	Smp. 75,1° C	
Behensäure (Docosansäure)	$C_{22}H_{44}O_2$ 340,59	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{20}{\cdot}COOH$	Smp. 80° C Sdp. 306° C/60 d^{100} 0,8221 n_D^{100} 1,4270	Spurenweise in Samen- und Tierfetten. Beteiligt sich mit 50% an den Fettsäuren, die bei Morbus GAUCHER die Milzcerebroside aufbauen
Tricosansäure	$C_{23}H_{46}O_2$ 354,62	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{21}{\cdot}COOH$	Smp. 79,1° C	
Lignocerinsäure (Tetracosansäure)	$C_{24}H_{48}O_2$ 368,65	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{22}{\cdot}COOH$	Smp. 84,2° C d^{20} 0,8207 n_D^{100} 1,4287	Bestandteil der Sphingomyeline und des Kerasins (Milzcerebrosid bei Morbus GAUCHER). Auch in einigen Pflanzenfetten, Bakterien- und Insektenwachsen
Pentacosansäure	$C_{25}H_{50}O_2$ 382,68	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{23}{\cdot}COOH$	Smp. 83° C	
Cerotinsäure (Hexacosansäure)	$C_{26}H_{52}O_2$ 396,70	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{24}{\cdot}COOH$	Smp. 87,7° C d^{100} 0,8198 n_D^{100} 1,4301	Kommt frei und gebunden vor. Im chinesischen Wachs (als Cetylester), Bienenwachs, Wollfett
Heptacosansäure	$C_{27}H_{54}O_2$ 410,73	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{25}{\cdot}COOH$	Smp. 87,6° C	
Montansäure (Octacosansäure)	$C_{28}H_{56}O_2$ 424,76	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{26}{\cdot}COOH$	Smp. 90,9° C d^{100} 0,8191 n_D^{100} 1,4313	Bestandteil des Montanwachses, Bienenwachses und chinesischen Wachses
Nonacosansäure	$C_{29}H_{58}O_2$ 438,78	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{27}{\cdot}COOH$	Smp. 90,3° C	
Melissinsäure (Triacontansäure)	$C_{30}H_{60}O_2$ 452,81	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{28}{\cdot}COOH$	Smp. 93,6° C n_D^{100} 1,4323	Im Bienenwachs

Tabelle 18 Fettsäuren *(Fortsetzung)*

Name der Säure	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Physikalische Eigenschaften	Bemerkungen
«Lacceroic acid» (Dotriacontansäure)	$C_{32}H_{64}O_2$ 480,86	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{30}{\cdot}COOH$	Smp. 96,2° C	Im «stick-lac»-Wachs (aus *Tachardia lacca)* und anderen Naturwachsen
		Einfache ungesättigte, unverzweigte Monocarbonsäuren		
Acrylsäure (Propensäure)	$C_3H_4O_2$ 72,07	$CH_2{=}CH{\cdot}COOH$	Smp. 13° C Sdp. 141° C d^{16} 1,062 n_D^{20} 1,4224	
Crotonsäure (α-Crotonsäure, Trans-Butensäure)	$C_4H_6O_2$ 86,09	$CH_3{\cdot}CH$ $\|\|$ $HC{\cdot}COOH$	Smp. 72° C Sdp. 189° C d^{72} 0,973 $n_D^{72,7}$ 1,4228	Bestandteil des Crotonöls (aus den Samen von *Croton tiglium)*
Isocrotonsäure (β-Crotonsäure, Cis-Butensäure)	$C_4H_6O_2$ 86,09	$HC{\cdot}CH_3$ $\|\|$ $HC{\cdot}COOH$	Smp. 15,5° C Sdp. 169° C d^{15} 1,0312 n_D^{20} 1,4457	Isomerisiert rasch zu Trans-Crotonsäure
Δ^2-Hexensäure	$C_6H_{10}O_2$ 114,15	$CH_3{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}CH{=}CH{\cdot}COOH$	Smp. 32° C Sdp. 217° C d^{40} 0,9627 n_D^{40} 1,4601	Im japanischen Pfefferminzöl
Obtusilsäure (Δ^4-Decensäure)	$C_{10}H_{18}O_2$ 170,25	$CH_3{\cdot}(CH_2)_4{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}COOH$	Sdp. 148–150° C/13 d^{20} 0,9197 n_D^{20} 1,4497	Im Samenfett von *Lindera obtusiloba*
Δ^9-Decensäure	$C_{10}H_{18}O_2$ 170,25	$CH_2{=}CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH$	Sdp. 143–148° C/15 d^{15} 0,9238 n_D^{20} 1,4488	In Butter und Milchfetten und im Walratöl des Pottwals
Lindersäure (Δ^4-Dodecensäure)	$C_{12}H_{22}O_2$ 198,31	$CH_3{\cdot}(CH_2)_6{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}COOH$	Smp. 1–1,3° C Sdp. 170–172° C/13 d^{20} 0,9081 n_D^{20} 1,4529	In verschiedenen Samenölen, zum Beispiel in *Lindera obtusiloba*
Lauroleinsäure (Δ^5-Dodecensäure)	$C_{12}H_{22}O_2$ 198,31	$CH_3{\cdot}(CH_2)_5{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}COOH$	d^{15} 0,9130 n_D^{15} 1,4535	Im Fett und Walratöl des Pottwals
Δ^9-Dodecensäure	$C_{12}H_{22}O_2$ 198,31	$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH$		Im Milchfett des Rindes
Tsuzusäure (Δ^4-Tetradecensäure)	$C_{14}H_{26}O_2$ 226,36	$CH_3{\cdot}(CH_2)_8{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_2{\cdot}COOH$	Smp. 18–18,5° C Sdp. 185–188° C/13 d^{20} 0,9024 n_D^{20} 1,4557	In verschiedenen tropischen Pflanzenölen, besonders im Tsuzuöl
Physetersäure (Δ^5-Tetradecensäure)	$C_{14}H_{26}O_2$ 226,36	$CH_3{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}COOH$	d^{20} 0,9046 n_D^{20} 1,4552	Im Walfett und Sardinenöl
Myristoleinsäure (Δ^9-Tetradecensäure)	$C_{14}H_{26}O_2$ 226,36	$CH_3{\cdot}(CH_2)_3{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH$	d^{20} 0,9018 n_D^{20} 1,4549	Im Milch-, Depot- und Leberfett vieler Tiere
Palmitoleinsäure (Δ^9-Hexadecensäure)	$C_{16}H_{30}O_2$ 254,42	$CH_3{\cdot}(CH_2)_5{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH$	Smp. 1° C Sdp. 218–220° C d^{15} 0,9003	Weit verbreitet. In Fischtranen (15–20% der Gesamtfettsäuren), im Depot- und Milchfett der Tiere, in Pflanzenölen und -fetten

Tabelle 18 Fettsäuren *(Fortsetzung)*

Name der Säure	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Physikalische Eigenschaften	Bemerkungen
Petroselinsäure (Cis-Δ^6-Octadecensäure)	$C_{18}H_{34}O_2$ 282,47	$CH_3{\cdot}(CH_2)_{10}{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_4{\cdot}COOH$	Smp. 32–33° C Sdp. 208–210° C/10 d^{35} 0,8824 n_D^{47} 1,4535	In den Samen vieler Gewürzpflanzen (Petersilie, Sellerie usw.) und in den Fetten einiger Umbelliferen
Ölsäure (Cis-Δ^9-Octadecensäure)	$C_{18}H_{34}O_2$ 282,47	$\begin{matrix}CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH_3\end{matrix}$	Smp. 13° C Sdp. 286° C/100 d^{20} 0,895 n_D^{20} 1,45823	Am weitesten verbreitete ungesättigte Fettsäure. In fast allen natürlichen Fetten (ein Drittel der Fettsäuren von Kuhmilch; Phosphatiden). Spurenweise im menschlichen Harn
Elaidinsäure (Trans-Δ^9-Octadecensäure)	$C_{18}H_{34}O_2$ 282,47	$\begin{matrix}CH_3{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH\end{matrix}$	Smp. 44–45° C Sdp. 288° C/100 d^{70} 0,851 n_D^{70} 1,4405	Durch Isomerisierung von Ölsäure
Trans-Vaccensäure (Trans-Δ^{11}-Octadecensäure)	$C_{18}H_{34}O_2$ 282,47	$\begin{matrix}CH_3{\cdot}(CH_2)_5{\cdot}CH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}COOH\end{matrix}$	Smp. 42,5° C d^{70} 0,8560 n_D^{60} 1,4439	In vielen Tierfetten und Pflanzenölen
Cis-Vaccensäure (Cis-Δ^{11}-Octadecensäure)	$C_{18}H_{34}O_2$ 282,47	$\begin{matrix}CH{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}COOH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_5{\cdot}CH_3\end{matrix}$	Smp. 12,4–13° C	Ist mit der in Plasma und verschiedenen tierischen Geweben gefundenen hämolytischen Säure identisch[1]. Vorhanden auch in *Lactobacillus*-Gattungen[2]
Δ^{12}-Octadecensäure	$C_{18}H_{34}O_2$ 282,47	$CH_3{\cdot}(CH_2)_4{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_{10}{\cdot}COOH$		Im teilweise hydrierten Erdnußöl
Gadoleinsäure (Δ^9-Eicosensäure)	$C_{20}H_{38}O_2$ 310,52	$CH_3{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}COOH$	Smp. 24,5° C	In der Cis- und Trans-Form. In vielen Fisch- und Meertierölen, in Pflanzenölen und Gehirnphosphatiden
Δ^{11}-Eicosensäure	$C_{20}H_{38}O_2$ 310,52	$CH_3{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}COOH$	Smp. *cis* 22° C *trans* 52–53° C	Grundsäure der «Jojoba-Nüsse», im Samenöl der *Conringia orientalis*, in Rüb- und Senfsamenölen und Fischölen
Cetoleinsäure (Δ^{11}-Docosensäure)	$C_{22}H_{42}O_2$ 338,58	$CH_3{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_9{\cdot}COOH$	Smp. 32–33° C	In verschiedenen Fischtranen
Erucasäure (Cis-Δ^{13}-Docosensäure)	$C_{22}H_{42}O_2$ 338,58	$\begin{matrix}CH{\cdot}(CH_2)_{11}{\cdot}COOH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH_3\end{matrix}$	Smp. 33,5° C Sdp. 281° C/30 d^{55} 0,860 n_D^{64} 1,4480	In Samenölen, besonders im Rapsöl
Brassidinsäure (Trans-Δ^{13}-Docosensäure)	$C_{22}H_{42}O_2$ 338,58	$\begin{matrix}CH_3{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_{11}{\cdot}COOH\end{matrix}$	Smp. 61,5° C Sdp. 282° C/30 d^{57} 0,8585 n_D^{100} 1,4347	Durch Isomerisierung von Erucasäure
Selacholeinsäure (Nervonsäure, Cis-Δ^{15}-Tetracosensäure)	$C_{24}H_{46}O_2$ 366,63	$\begin{matrix}CH{\cdot}(CH_2)_{13}{\cdot}COOH\\ \|\\ CH{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH_3\end{matrix}$	Smp. 40,5–41° C n_D^{46} 1,4535	In den Leberölen der Selachier, Gehirncerebrosiden (Nervon) und Sphingomyelinen[3]
«Ximenic acid» (Δ^{17}-Hexacosensäure)	$C_{26}H_{50}O_2$ 394,69	$CH_3{\cdot}(CH_2)_7{\cdot}CH{=}CH{\cdot}(CH_2)_{15}{\cdot}COOH$	Smp. 45° C	Im *Ximenia americana* (tallow-wood). Eine Hexacosensäure wurde mit Nervonsäure in den Gehirncerebrosiden gefunden

Tabelle 18 Fettsäuren *(Fortsetzung)*

Name der Säure	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Physikalische Eigenschaften	Bemerkungen
		Mehrfach ungesättigte, unverzweigte Monocarbonsäuren		
Sorbinsäure ($\Delta^{2,4}$-Hexadiensäure)	$C_6H_8O_2$ 112,13	$CH_3{\cdot}CH{=}CH{\cdot}CH{=}CH{\cdot}COOH$	Smp. 134,5° C Sdp. 228° C (Zersetzung)	Als Lacton im Öl unreifer Vogelbeeren
Linolsäure (Cis-cis-$\Delta^{9,12}$-Octadecadiensäure)	$C_{18}H_{32}O_2$ 280,45	$CH_3{\cdot}(CH_2)_4{\cdot}CH$ $\quad\quad\quad

Tabelle 18 Fettsäuren *(Schluß)*

Name der Säure	Formel Mol.-Gew.	Struktur	Physikalische Eigenschaften	Bemerkungen
		Unverzweigte Monocarbonsäuren mit einer Dreifachbindung		
Taririnsäure 6-Stearolsäure (Octadecin-[6]-säure)	$C_{18}H_{32}O_2$ 280,45	$CH_3\cdot(CH_2)_{10}\cdot C\equiv C\cdot(CH_2)_4\cdot COOH$	Smp. 50,5° C	Im Fett von *Picramnia*-Arten (Tariri) («bitterbush oil»)
Stearolsäure (Octadecin-[9]-säure)	$C_{18}H_{32}O_2$ 280,45	$CH_3\cdot(CH_2)_7\cdot C\equiv C\cdot(CH_2)_7\cdot COOH$	Smp. 48,5° C Sdp. 260° C	Durch Oxydation von Öl- oder Elaidinsäure
Behenolsäure (Docosin-[13]-säure)	$C_{22}H_{40}O_2$ 336,56	$CH_3\cdot(CH_2)_7\cdot C\equiv C\cdot(CH_2)_{11}\cdot COOH$	Smp. 57,5° C	Durch Oxydation von Eruca- oder Brassidinsäure
		Verzweigte Monocarbonsäuren		
Isobuttersäure (2-Methylpropansäure)	$C_4H_8O_2$ 88,11	$(CH_3)_2CH\cdot COOH$	Smp. — 47° C Sdp. 154,4° C d^{20} 0,949 n_D^{20} 1,393	Frei im Johannisbrot *(Ceratonia siliqua)*, als Äthylester im Crotonöl. Auch in Fäces und als Endprodukt des enzymatischen Abbaus von Proteinen
Isovaleriansäure (3-Methylbutansäure)	$C_5H_{10}O_2$ 102,14	$(CH_3)_2CH\cdot CH_2\cdot COOH$	Smp. — 51° C Sdp. 176,7° C d^{15} 0,937 $n_D^{22,4}$ 1,40178	In Baldrianwurzel, Tabakblättern, ätherischen Ölen, im Depotfett der Delphine und Tümmler, als Glycerid in den Fäces des Menschen. Entsteht aus Leucin beim bakterialen Abbau von Proteinen
Tiglinsäure (Cis-2-Methyl-Δ^2-butensäure)	$C_5H_8O_2$ 100,12	$CH_3\cdot CH=C(CH_3)\cdot COOH$	Smp. 64,5° C Sdp. 198,5° C d^{76} 0,964 n_D^{21} 1,4342	Im Crotonöl (Glycerid), im Römisch-Kamillenöl (Ester) und in Geraniumölen. Zwischenprodukt im Stoffwechsel des Isoleucins (siehe S. 374)
Tuberculostearinsäure (D-[—]10-Methyloctadecansäure)	$C_{19}H_{38}O_2$ 298,51	$CH_3\cdot(CH_2)_7\cdot CH(CH_3)\cdot(CH_2)_8\cdot COOH$	Smp. 12,5–12,9 (23,5–25,8)° C Sdp. 180°C/0,1 d^{24} 0,8771 n_D^{25} 1,4512 $[\alpha]_D^{19}$ — 0,08°	Frei in den Lipiden der Tuberkelbazillen und im *Mycobacterium leprae*[4]
Mycolipensäure ([+]-2,4,6-Trimethyltetracosen-2-säure)	$C_{27}H_{52}O_2$ 408,71	$CH_3\cdot(CH_2)_{17}\cdot CH(CH_3)\cdot CH_2\cdot CH(CH_3)\cdot CH=C(CH_3)\cdot COOH$		Die sogenannte «Phthionsäure» der Tuberkelbazillen ist eine Mischung dieser beiden Säuren und einem dritten Säurebestandteil[5]
Mycoceransäure	$C_{31}H_{62}O_2$ 466,84	$CH_3\cdot(CH_2)_{21}\cdot CH(CH_3)\cdot CH_2\cdot CH(CH_3)\cdot CH_2\cdot CH(CH_3)\cdot COOH$		
		Hydroxysäuren		
Ricinolsäure (Cis-12-Hydroxy-Δ^9-octadecensäure)	$C_{18}H_{34}O_3$ 298,47	$CH_3\cdot(CH_2)_5\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CH=CH\cdot(CH_2)_7\cdot COOH$	Smp. 5; 7,7; 16° C (3 Formen) Sdp. 250° C/15 n_D^{20} 1,4711 $[\alpha]_D^{20}$ + 7,8°	Als Glycerid Hauptbestandteil des Ricinusöls
Cerebronsäure (2-Hydroxytetracosansäure)	$C_{24}H_{48}O_3$ 384,65	$CH_3\cdot(CH_2)_{21}\cdot CH(OH)\cdot COOH$	Smp. 90–93 (102)° C $[\alpha]_D^{22}$ + 3,33°	Bestandteil des Cerebrosids Cerebron. Das natürliche Produkt enthält 15% der entsprechenden Hexacosansäure[6]
2-Hydroxynervonsäure (2-Hydroxy-Δ^{15}-tetracosensäure)	$C_{24}H_{46}O_3$ 382,63	$CH_3\cdot(CH_2)_7\cdot CH=CH\cdot(CH_2)_{12}\cdot CH(OH)\cdot COOH$	Smp. 65° C $[\alpha]_D^{20}$ + 2,87°	Bestandteil des Cerebrosids Oxynervon, an dessen Aufbau auch die isomere Δ^{17}-Säure beteiligt ist

Literatur

1) Laser, H., *J. Physiol. (Lond.)*, **110**, 338 (1949); Morton und Todd, *Biochem. J.*, **47**, 327 (1950). *2)* Bounds et al., *J. chem. Soc.*, **1954**, 448. *3)* Hofmann und Sax, *J. biol. Chem.*, **205**, 55 (1953). *4)* Schmidt und Shirley, *J. Amer. chem. Soc.*, **71**, 3804 (1949); Linstead et al., *J. chem. Soc.*, **1951**, 1130. *5)* Asselineau et al., *Acta chem. scand.*, **11**, 196 (1957). *6)* Chibnall et al., *Biochem. J.*, **55**, 707 (1953); Mislow und Bleicher, *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 2825 (1954).

4. Enzyme

Enzyme sind Katalysatoren von Proteincharakter, deren Molekulargewicht im Bereich von ungefähr 13000 (Lysozym, Ribonuclease) und 840000 (Myosin) liegt. Sie werden mittels der bei der Fraktionierung von Proteinen verwendeten Methoden gereinigt und isoliert[1]. Ihre allgemeinen Eigenschaften werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Die einzelnen Verdauungsenzyme sind auf S. 382–394 zusammengestellt.

Nomenklatur der Enzyme

Der Name eines Enzyms gibt gewöhnlich sowohl das Hauptsubstrat als auch die katalysierte Reaktion an (zum Beispiel Äpfelsäuredehydrogenase). Viele Enzyme haben jedoch Trivialnamen erhalten, die oft zu Verwechslungen führen.

Der Begriff «Enzym» bezeichnet im allgemeinen die Verbindung eines katalytischen Proteins mit irgendeiner Komponente, die nicht ohne weiteres daraus entfernt werden kann, ohne das Protein zu denaturieren. Diese Definition wird jedoch nicht sehr streng eingehalten, da in einigen Abhandlungen der Begriff «Enzym» auch abdissoziierbare Cofaktoren mit einschließen, in anderen wieder nur das katalytische Protein allein bezeichnen soll. Bei der Gefahr einer Verwechslung wird das katalytische Protein als *«Apoenzym»* und das mit den Cofaktoren verbundene als *«Holoenzym»* bezeichnet.

Coenzyme oder *prosthetische Gruppen* sind nicht zu den Proteinen gehörende organische Verbindungen, die zusammen mit den Apoenzymen bei der enzymatischen Katalyse eine ausschlaggebende Rolle spielen. Coenzyme und prosthetische Gruppen werden begrifflich nicht streng getrennt, doch wird die letztere Bezeichnung gewöhnlich nur auf Gruppen angewandt, die relativ fest an das Protein gebunden sind. Von den Coenzymen unterscheidet man meistens die *«Aktivatoren»*, die kleine Ionen darstellen und von einigen Enzymen zur Entfaltung ihrer vollen katalytischen Aktivität benötigt werden. Gewisse Enzyme scheinen weder eine prosthetische Gruppe oder ein Coenzym zu enthalten noch einen Aktivator zu benötigen.

Enzymspezifität[2]

Obwohl beinahe alle Einzelreaktionen des Intermediärstoffwechsels durch eigene Enzyme katalysiert werden (siehe S. 367 bis 381), sind nur wenige dieser Enzyme absolut für die Struktur ihrer Substrate spezifisch. Die meisten Enzyme können, allerdings unter beträchtlicher Verringerung der Reaktionsgeschwindigkeit, auch auf strukturell nah verwandte Analoga ihrer physiologischen Substrate einwirken. Daneben gibt es auch einige wenige Enzyme, die eine relativ große Gruppe von Substraten angreifen können. Ähnlich wie jeder andere Katalysator beeinflußt auch das Enzym eine Reaktion in beiden Richtungen, wobei das Ausmaß der Umkehrbarkeit durch das Gleichgewicht der katalysierten Reaktion und durch die Verfügbarkeit der Reaktionskomponenten bestimmt wird.

Es gibt keine vollgültigen Allgemeingesetze für die Enzymspezifität, weil für verschiedene Enzymsysteme verschiedene Teile des Substratmoleküls von Wichtigkeit zu sein scheinen. So erfordern die Lipasen das Vorhandensein einer Esterbindung in den Substraten, wobei aber in der Struktur der diese Bindung aufbauenden Gruppen beträchtliche Unterschiede vorkommen können. Im Gegensatz hierzu verlangen Chymotrypsin und Trypsin bestimmte Konfigurationen in der Nachbarschaft der anzugreifenden Bindung, die in ihrer Art selbst aber verschieden sein darf. Diese Enzyme hydrolysieren zum Beispiel Peptidbindungen in Proteinsubstraten, anderseits aber auch Esterbindungen gewisser synthetischer Substrate (zum Beispiel Zimtsäuremethylester).

Eine weitere Komplikation besteht darin, daß hydrolytische Enzyme, die imstande sind, auf mehrere Substrate einzuwirken, gewöhnlich auch eine Übertragungsreaktion katalysieren können, bei der ein Alkohol oder ein Amin die Stelle von Wasser einnimmt. Vielen dieser Übertragungsreaktionen kommt wahrscheinlich keine physiologische Bedeutung zu, da unter physiologischen Bedingungen Wassermoleküle im Überschuß vorhanden sind.

Viele Enzyme zeigen stereochemische Spezifität und sind unfähig, geometrische oder optische Isomere ihrer Substrate anzugreifen. Unspezifischere Enzyme, wie zum Beispiel die Esterasen, können jedoch stereochemische Isomere angreifen, wobei sich aber die Reaktionsgeschwindigkeit verringert.

Mechanismus der Enzymwirkung

Enzyme verbinden sich mit ihren Substraten an mindestens drei Punkten[3]. Hat sich die Enzym-Substrat-Verbindung gebildet, so wird nach einer interessanten Hypothese das Substrat von zwei Gruppen des Enzyms gleichzeitig angegriffen, wobei die eine ein Elektron anzieht und die zweite ein Elektron an ein anderes Atom des Substrats übergibt, so daß auf diese Weise die Substratreaktion in Gang kommt[4]. Ein solcher bifunktioneller Angriff entspräche der katalytischen Hydrolyse von Glycosiden mittels 2-Hydroxypyridins[5] und könnte die Ursache für die größere katalytische Wirksamkeit der Enzyme im Vergleich zu den monofunktionellen Katalysatoren (Säuren und Basen) sein.

Es wurde festgestellt, daß einige Enzyme auch nach erheblichen chemisch-selektiven Eingriffen in das Molekül oder nach enzymatischem Abbau ihre Aktivität beibehalten[6]. Es kann demnach nur ein Teil des Enzymproteins für die katalytische Aktivität von Bedeutung sein.

Gleichgewicht. Ein Enzym kann eine Reaktion induzieren, die ohne seine Anwesenheit nicht deutlich beobachtet werden kann; es ist jedoch ohne Einfluß auf die Gleichgewichtslage.

Enzymkinetik[7]

Fügt man einer geeigneten Reaktionsmischung ein Enzym hinzu, so wird nach sehr kurzer Anlaufzeit eine konstante Reaktionsgeschwindigkeit erreicht[8]. Diese Anlaufzeit ist so kurz, daß sie nicht bestimmt werden kann, wenn die Messungen in Intervallen von einer Minute oder mehr durchgeführt werden. Nachdem die Reaktionsgeschwindigkeit erreicht ist, bleibt diese manchmal über mehrere Stunden hin, in anderen Fällen aber auch nur während einiger Minuten, konstant. Nach dieser Periode tritt Verlangsamung ein, da die Substratkonzentration abnimmt oder sich Endprodukte ansammeln. Da dieser Rückgang der Reaktionsgeschwindigkeit mathematisch schwierig zu analysieren ist, wird gewöhnlich nur die konstante Reaktionsgeschwindigkeit untersucht.

Wird ein Enzym durch Substratüberschuß gehemmt (siehe unten), so kann zu Beginn ein Anstieg der Reaktionsgeschwindigkeit dadurch eintreten, daß der Substratverbrauch die Hemmung aufhebt.

Enzymkonzentration. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist gewöhnlich proportional der Enzymkonzentration. Es ist experimentell nicht immer möglich, strenge Linearität zu erreichen, da zum Beispiel das Enzympräparat einen bei niedriger Konzentration instabilen, abdissoziierbaren Aktivator oder Inhibitor enthalten kann. Andererseits kann die Reaktion bereits so weit fortgeschritten sein, daß deren Geschwindigkeit bei den höchsten Enzymkonzentrationen bereits wieder zu fallen beginnt.

Wasserstoffionenkonzentration. Die meisten Enzyme besitzen gut definierte pH-Optima und einen 2–3 pH-Einheiten nicht überschreitenden Aktivitätsbereich. Einige Enzyme werden von gewissen gebräuchlichen Puffersubstanzen gehemmt. Es ist deshalb meist angezeigt, die mit einem Puffer gewonnenen Resultate mit denjenigen in einem anderen von gleichem pH-Bereich zu vergleichen.

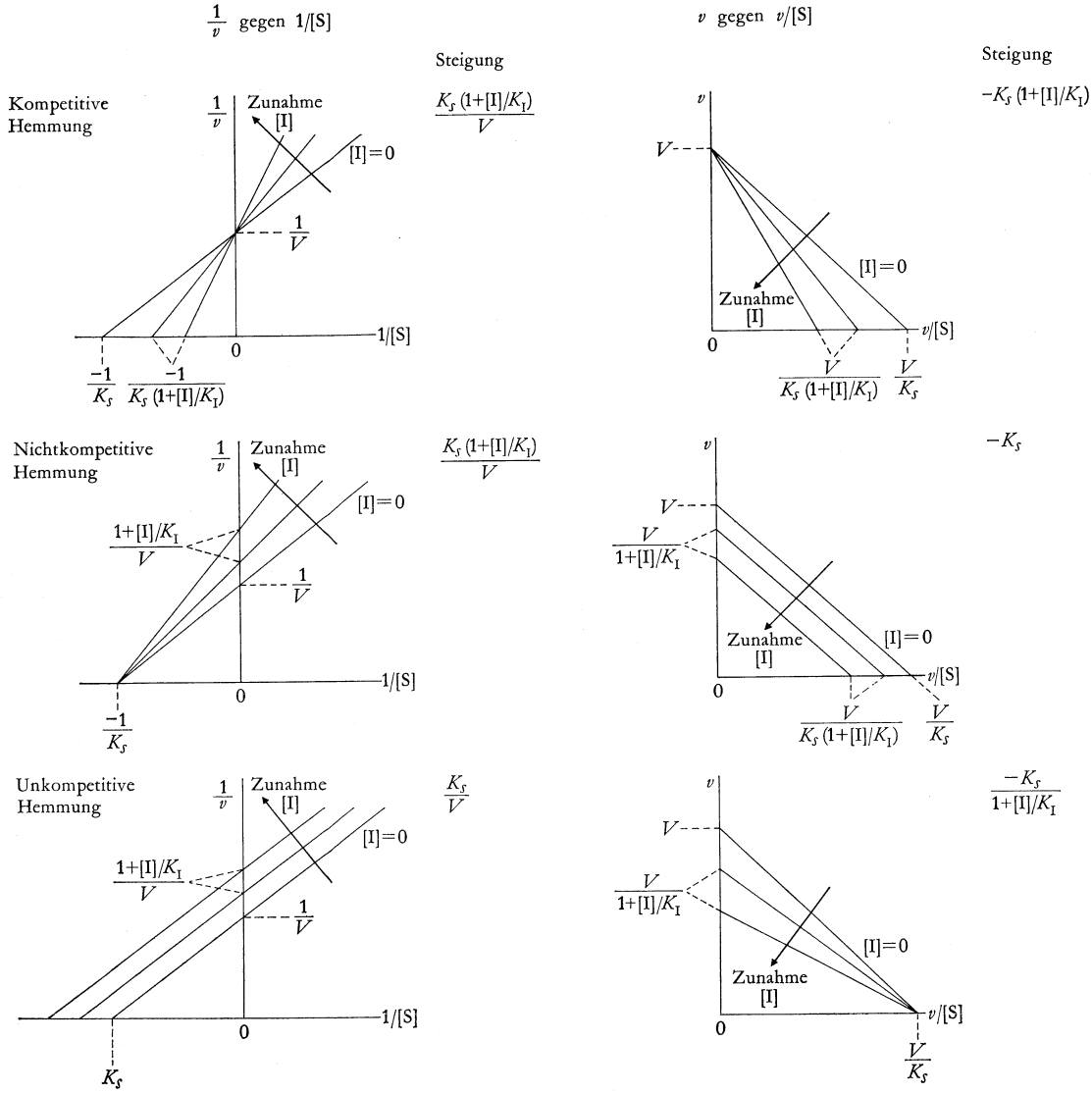
Die Untersuchung der kinetischen Daten einer bestimmten Substanz bei verschiedenen pH-Werten in verschiedenen Substraten und Konzentrationen gibt Aufschluß über Einzelheiten der Enzymmechanismen[9,10]. Für andere Zwecke ist die Abhängigkeit der pH-Kurve von Substrat und Substratkonzentration gewöhnlich nicht von Wichtigkeit.

Temperatur. Die Geschwindigkeit einer enzymkatalysierten Reaktion steigt mit einem Faktor von gewöhnlich 1,5–3 pro 10° C Temperaturanstieg. Es wird jedoch eine optimale Temperatur erreicht, bei deren Überschreitung durch Enzyminaktivierung eine Verminderung des reagierenden Substrats eintritt. Die optimale Temperatur für kurzdauernde Experimente (zum Beispiel eine Stunde) liegt in vielen Fällen bei 50° C. Da die meisten Enzyme von Säugetieren in Gegenwart ihrer Cofaktoren und Substrate bei 37° C wenig Inaktivierung zeigen, ist diese Temperatur zur Untersuchung der Reaktionen besonders günstig. Es ist nicht angezeigt, die Temperatur auf das Optimum zu erhöhen, da hierbei in vielen Fällen die Inaktivierungsgeschwindigkeit des Enzyms und damit auch das Temperaturoptimum durch kleine Veränderungen der Versuchsbedingungen in starkem Maße beeinflußt werden.

Substratkonzentration. Bei Erhöhung der ursprünglichen Substratkonzentration ist die Reaktionsgeschwindigkeit zunächst dieser Konzentration proportional, wird aber gewöhnlich bei höheren Werten davon praktisch unabhängig. Dieses Verhalten kann durch Annahme des folgenden Mechanismus theoretisch begründet werden:

Abb. 5 Graphische Darstellung der nach Tabelle 13 ermittelten Hemmwerte

Jede Gerade enthält die Werte für eine Reihe von Substratkonzentrationen. Eine Gerade jeder Darstellung bezieht sich auf die ungehemmte Reaktion, die beiden anderen auf zwei verschiedene Inhibitorkonzentrationen



$$E + S \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \xrightarrow{k_3} E + P \qquad (1)$$

dabei sind E das Enzym, S das Substrat, ES die Enzym-Substrat-Verbindung, P die Reaktionsprodukte, k_1, k_2 und k_3 die Geschwindigkeitskonstanten der drei Reaktionen. Die bei gleichbleibenden Bedingungen konstante Geschwindigkeit v ist durch

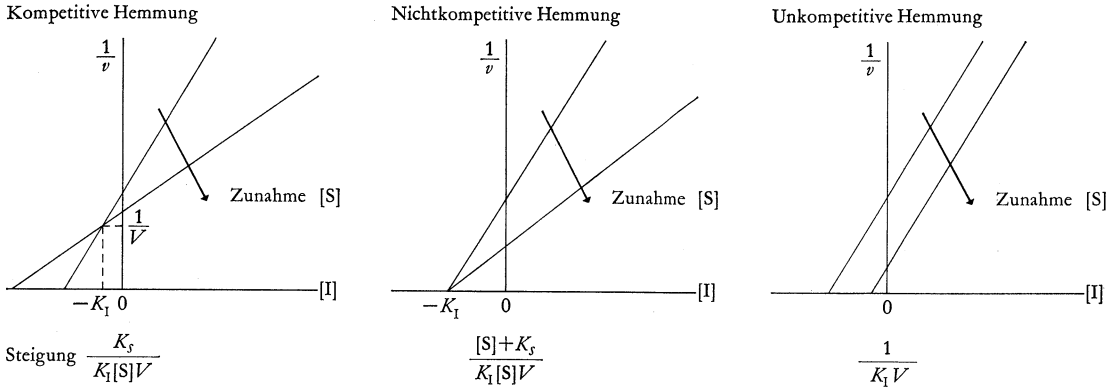
$$v = \frac{V\,[S]}{K_s + [S]} \qquad (2)$$

gegeben, worin V die maximale Geschwindigkeit bei hohen Substratkonzentrationen, [S] die Substratkonzentration und K_s eine Größe darstellt, die als «MICHAELIS-Konstante» bezeichnet wird. Strenggenommen ist [S] nur die Konzentration des nicht an Enzym gebundenen Substrats. Die Enzymmenge ist gewöhnlich aber so gering, daß zwischen den Konzentrationen für freies und gebundenes Substrat praktisch kein Unterschied besteht. Mathematisch gesehen, ist V durch $k_3 e$ gegeben, worin e die totale Enzymkonzentration angibt. K_s entspricht $(k_2 + k_3)/k_1$ und hat die Dimension einer Konzentration. K_s ist von [S] wie auch von e unabhängig, ändert sich aber gewöhnlich mit dem pH, der Temperatur, der Cofaktorkonzentration und in verschiedenen Substraten. K_s kann sich manchmal auch mit der Ionenstärke, bei Verwendung verschiedener Puffer oder, wie auch andere Enzymcharakteristica, bei gleichen Enzymen aus verschiedenen Quellen verändern.

Gleichung (**2**) wurde zuerst von MICHAELIS und MENTEN[11] auf theoretischem Wege erhalten, wobei angenommen wurde, daß die zweite Reaktion des Mechanismus (**1**) die geschwindigkeitbestimmende Stufe darstelle. Unter diesen Bedingungen ist k_2 viel größer als k_3, und K_s wird zu k_2/k_1, der Dissoziationskonstante der Enzym-Substrat-Verbindung. Man weiß, daß diese Annahme für gewisse Enzyme Gültigkeit hat, für andere hingegen wieder nicht[4].

Bestimmung der MICHAELIS-*Konstante K_s und der maximalen Geschwindigkeit V.* K_s kann als die der halben maximalen Geschwindigkeit entsprechende Substratkonzentration bestimmt werden, wozu in

Abb. 6 Hemmwerte bei Auftragung von $1/v$ gegen [I][16]
Jede Gerade enthält die Werte für eine Reihe von Inhibitorkonzentrationen [I] bei einer bestimmten Substratkonzentration [S]



einem Koordinatensystem v gegen [S] aufgetragen wird. Die Versuchsresultate können jedoch befriedigender ausgewertet werden, wenn man gewisse Funktionen von v und [S], die in Tabelle 13 zusammengestellt sind[12], gegeneinander aufträgt. In diesen Darstellungen erhält man bei Gültigkeit der Gleichung (**2**) Geraden. Die graphische Auswertung von $1/v$ gegen $1/[S]$ hat den Vorteil, daß die Berechnungen für die Darstellung wegen der separaten Aufzeichnung der Variablen rascher durchzuführen sind. Leider sind die Punkte nicht gleichmäßig verteilt, wodurch sich Fehler bei niedrigen Werten von v sehr stark auswirken. Diese Methode gibt genaue Werte für V, weniger genaue jedoch für K_s. Zur Auswertung von V und K_s ist die zweite Methode (Tabelle 13) am geeignetsten.

Tabelle 13 Lineare Beziehungen zur Auswertung der MICHAELIS-Konstante K_s und der maximalen Geschwindigkeit V
Die günstigste Darstellung ist gewöhnlich v gegen $v/[S]$

Zuordnung		Steigung	Achsenabschnitt	
Ordinate	Abszisse		Ordinate	Abszisse
$1/v$	$1/[S]$	K_s/V	$1/V$	$-1/K_s$
v	$v/[S]$	$-K_s$	V	V/K_s
$[S]/v$	$[S]$	$1/V$	K_s/V	$-K_s$

Zum Vergleich verschiedener Substrate beispielsweise ist es manchmal von Vorteil, v gegen $\log[S]$ aufzutragen, wobei man an Stelle einer Geraden eine S-förmige Kurve erhält, deren Wendepunkt bei $\log[S] = \log K_s$ liegt.

Hemmung durch Substratüberschuß. Diese Erscheinung tritt bei einigen Enzymen auf und wird gewöhnlich dadurch erklärt, daß sich die Enzym-Substrat-Verbindung (ES) mit einem zweiten Substratmolekül verbinden soll, wobei ein inaktiver Komplex entsteht, der sich ohne Rückbildung der ursprünglichen ES-Form nur langsam oder gar nicht zu den Endprodukten spalten läßt. Kann die Reaktionsgeschwindigkeit durch hohe Substratkonzentrationen auf Null gebracht werden, so müßte nach diesem Mechanismus beim Auftragen von v gegen $\log[S]$ eine Glockenkurve entstehen[13]. Dies stimmt mit den experimentellen Resultaten überein[14].

Ein anderer Mechanismus der Substrathemmung kann dadurch entstehen, daß sich ein abdissoziierbarer Cofaktor, wie zum Beispiel Mg^{++}, mit dem Substrat verbinden kann. In diesem Fall tritt bei Erhöhung der Substratkonzentration Hemmung durch die Entfernung des Cofaktors ein.

Inhibitoren. Es kommen im allgemeinen zwei Arten von Hemmungen vor, die kompetitive und die nichtkompetitive. Die kompetitive Hemmung wird durch steigende Substratkonzentration verringert. Da viele kompetitive Hemmstoffe Strukturanaloga des Substrats sind, kann angenommen werden, daß der Hemmstoff und das Substrat an der gleichen Stelle des Enzymmoleküls angreifen. Unter der Annahme einer reversiblen Reaktion zwischen Inhibitor und Enzym, die letzteres an einer Verbindung mit dem Substrat verhindert, kann auf Grund von Mechanismus (**1**) die folgende Gleichung abgeleitet werden:

$$v = \frac{V[S]}{K_s(1 + [I]/K_I) + [S]} \qquad (3)$$

worin [I] die Inhibitorkonzentration und K_I die Dissoziationskonstante der Enzym-Inhibitor-Verbindung darstellen. V und K_s sind die in Abwesenheit des Inhibitors erhaltenen Werte.

Bei der nichtkompetitiven Hemmung ist der Hemmungsgrad von der Substratkonzentration unabhängig und ändert nur mit der Inhibitorkonzentration. Unter der Annahme, daß der Inhibitor reversibel und in gleichem Maße sowohl mit dem Enzym als auch mit der Enzym-Substrat-Verbindung reagiere, kann dementsprechend folgende Gleichung aufgestellt werden:

$$v = \frac{V[S]}{([S] + K_s)\ (1 + [I]/K_I)} \qquad (4)$$

Dieser Mechanismus läßt darauf schließen, daß ein nichtkompetitiver Inhibitor nicht das aktive Zentrum desjenigen Enzyms angreift, das bei der Reaktion mit dem Substrat von Wichtigkeit ist.

Es ist erwähnenswert, daß ein kompetitiver Inhibitor die MICHAELIS-Konstante vergrößert, ohne die maximale Geschwindigkeit zu verändern, während ein nichtkompetitiver Inhibitor bei gleichbleibender MICHAELIS-Konstante eine Verminderung der maximalen Geschwindigkeit bewirkt.

Bei einem dritten, seltener vorkommenden Hemmtypus werden sowohl die maximale Geschwindigkeit als auch die MICHAELIS-Konstante in gleichem Maße herabgesetzt, so daß das nach Tabelle 13 ermittelte Verhältnis K_s/V konstant bleibt. Dieses Verhalten wird als unkompetitive Hemmung bezeichnet und am Beispiel der Einwirkung von Acid auf die oxydierte Form der Cytochromoxydase praktisch erläutert[15]. Unter der Annahme, daß der Inhibitor sich nur mit der Enzym-Substrat-Verbindung vereinige, erhält man folgende Gleichung:

$$v = \frac{V[S]}{K_s + [S](1 + [I]/K_I)} \qquad (5)$$

Graphische Darstellung von Hemmwerten. Durch Auswertung des Inhibitoreinflusses auf K_s oder V in irgendeiner graphischen Darstellung aus Tabelle 13 lassen sich die verschiedenen Hemmtypen klar voneinander unterscheiden. Beispiele hierfür sind in Abbildung 5 (S. 362) zusammengestellt. K_I kann aus der Größe dieses Einflusses berechnet werden. Zum Gültigkeitsbeweis der entsprechenden Gleichungen ist es nötig, entweder für mehr als eine Hemmstoffkonzentration den gleichen K_I-Wert zu erhalten oder die Werte für eine Reihe von Hemmstoffkonzentrationen in eine der Abbildung 6 entsprechende graphische Darstellung zu bringen. Erhält man hierbei eine Gerade und stimmt der K_I-Wert mit demjenigen aus der graphischen Darstellung in Abbildung 5 zu erwartenden überein, so kann angenommen werden, daß die entsprechende Gleichung befriedigend erfüllt ist. In Fällen kompeti-

tiver Hemmung ist es angezeigt, nachzusehen, ob bei Rückwärtsverlängerung der Geraden der Ordinate $1/v = 1/V$ die Abszisse $[I] = -K_I$ entspricht.

Die Schnittpunkte der Geraden für verschiedene [S]-Werte können zur Bestimmung von K_s verwendet werden. Auch bei Anwendung dieser Methode ist es nötig, durch ein Verfahren aus der Tabelle 13 zu überprüfen, ob Gleichung (**2**) Gültigkeit hat. Hierzu genügen die Werte für die ungehemmte Reaktion oder diejenigen für eine einzige Inhibitorkonzentration.

Übergänge zwischen den einzelnen Hemmtypen sind theoretisch zu erwarten und auch tatsächlich in sorgfältigen Arbeiten beschrieben worden. Zwischentypen sind da zu gewärtigen, wo sich der Inhibitor sowohl mit dem freien Enzym als auch mit der Enzym-Substrat-Verbindung vereinigt, wobei er aber im Gegensatz zur streng nichtkompetitiven Hemmung den zwei Enzymformen gegenüber verschiedene Affinitäten aufweist. Die beiden Dissoziationskonstanten für den Hemmstoff (K_I für die EI-Verbindung und K_I' für die EIS-Verbindung) können aus der graphischen Darstellung von $1/v$ gegen [I] ermittelt werden. Die für verschiedene [S]-Werte erhaltenen Geraden schneiden sich bei Rückwärtsverlängerung in einem Punkt mit den Koordinaten $[I] = -K_I$ und $1/v = 1/V(1 - K_I/K_I')$. Die Hemmung nähert sich dem kompetitiven Typus, wenn beim Schnittpunkt $1/v > 0$, dem unkompetitiven Typus, wenn $1/v < 0$ ist. Entsprechend umgekehrte Beziehungen erhält man beim Auftragen von $[S]/v$ gegen [I], wobei der Schnittpunkt bei den Koordinaten $[I] = -K_I'$ und $[S]/v = K_s/V(1 - K_I'/K_I)$ liegt.

Aktivatoren und Coenzyme. Bei Veränderung der Konzentration eines abdissoziierbaren Cofaktors verhält sich die Reaktionsgeschwindigkeit gemäß Gleichung (**2**), worin [S] dann aber die Cofaktorkonzentration an Stelle der Substratkonzentration angibt. Ist jedoch der Cofaktor etwas fest an das Enzym gebunden, so kann eine zwei Geraden entsprechende Beziehung zwischen Aktivität und Konzentration entstehen[17]. Es sind einige Fälle bekannt, bei denen Coenzymanaloga als Hemmstoffe wirken, indem sie mit dem Coenzym konkurrieren[18].

Werden zwei- oder dreiwertige Metallionen als Aktivatoren benötigt, so vereinigt sich gewöhnlich ein Substrat oder Cofaktor, manchmal auch mehrere, spontan mit dem Aktivator, was zu komplizierten Verhältnissen der kinetischen Beziehungen führen kann.

---

1) SCHWIMMER und PARDEE, *Advanc. Enzymol.*, **14**, 375 (1953). *2*) Übersicht siehe HELFERICH, B., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 79. *3*) OGSTON, A. G., *Nature*, **162**, 963 (1948). *4*) LAIDLER, K. J., *Disc. Faraday Soc.*, **20**, 83 (1955). *5*) SWAIN und BROWN, *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 2538 (1952). *6*) ROGERS und KALNITSKY, *Biochim. biophys. Acta*, **23**, 525 (1957). *7*) Über Einzelheiten siehe WILSON, P. W., in: LARDY, H. A. (Hrsg.), *Respiratory Enzymes*, Minneapolis (1949); FRIEDENWALD und MAENGWYN-DAVIES, in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *The Mechanism of Enzyme Action*, Baltimore (1954), S. 154, 180, 191; ALBERTY, R. A., *Advanc. Enzymol.*, **17**, 1 (1956). *8*) GUTFREUND, H., *Disc. Faraday Soc.*, **20**, 167 (1955). *9*) ALBERTY, R. A., *Advanc. Enzymol.*, **17**, 1 (1956). *10*) LAIDLER, K. J., *Trans. Faraday Soc.*, **51**, 528, 540, 550 (1955). *11*) MICHAELIS und MENTEN, *Biochem. Z.*, **49**, 333 (1913); vgl. HENRI, V., *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, **135**, 916 (1902). *12*) HOFSTEE, B. H. J., *Enzymologia (Amst.)*, **17**, 273 (1956); HALDANE und STERN, *Allgemeine Chemie der Enzyme*, Dresden und Leipzig (1932). *13*) FRIEDENWALD und MAENGWYN-DAVIES, in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *The Mechanism of Enzyme Action*, Baltimore (1954), S. 180. *14*) Beispiele siehe bei MARCUS und TALALAY, *Proc. roy. Soc. B*, **144**, 116 (1955). *15*) WINZLER, R. J., *J. cell. comp. Physiol.*, **21**, 229 (1943). *16*) DIXON, M., *Biochem. J.*, **55**, 170 (1953). *17*) THEORELL, H., *Biochem. Z.*, **278**, 263 (1935). *18*) Beispiele siehe bei WALAAS und WALAAS, *Acta chem. scand.*, **10**, 122 (1956).

Die folgende Übersicht über den Stoffwechsel ist ein Beitrag von Professor Sir H. A. KREBS, Dr. R. B. CLAYTON, Dr. H. L. KORNBERG, Dr. J. M. LOWENSTEIN und Dr. J. R. QUAYLE vom Department of Biochemistry der Universität Oxford, England, und ist eine Übersetzung aus dem Englischen. Der Inhalt wurde in folgende Hauptkapitel eingeteilt:

Allgemeine Betrachtungen über den Stoffwechsel (S. 365 und 366)
Energieliefernde Reaktionen (S. 367–381)
Verdauungsenzyme (S. 382–394)
Synthese von Zellbestandteilen (S. 395–411)

Diese Übersicht sollte im Zusammenhang mit dem Abschnitt über die Bestandteile der lebenden Materie, S. 301–364, gelesen werden.

Allgemeine Betrachtungen über den Stoffwechsel

Als *Stoffwechsel* werden allgemein die sich in lebenden Organismen abspielenden chemischen Reaktionen bezeichnet. Weitaus der größte Teil der Stoffwechselvorgänge wird durch den Bedarf der lebenden Zellen an Energie hervorgerufen. Ein kleinerer Anteil ist durch den Aufbau neuer Gewebe im wachsenden Organismus, durch die Synthese spezieller Verbindungen, wie Hormone, Antikörper, Verdauungsfermente und Harnstoff, durch die Entgiftung von Arzneimitteln und anderen Fremdkörpern sowie durch den Ersatz von abgenutzten und verlorengegangenen Geweben (zum Beispiel Oberflächenepithelien oder rote und weiße Blutkörperchen) bedingt.

Da alle Lebensäußerungen von Stoffwechselvorgängen begleitet sind, ist die Untersuchung des Metabolismus von grundlegender Wichtigkeit für alle Zweige der Biologie. Es muß zweifellos angenommen werden, daß auch alle pathologischen Erscheinungen mit qualitativen oder quantitativen Stoffwechselveränderungen in Beziehung stehen, so daß die Untersuchung der pathologischen Biologie für die Medizin von größter Wichtigkeit ist. Es gilt schon seit langem als gesichert, daß die Mehrzahl der Erkrankungen, die sogenannten organischen, eine anatomische Basis haben. Anderseits beruht jede anatomische Veränderung auf materieller, also chemischer Grundlage, und so gibt es jenseits des von der pathologischen Anatomie bearbeiteten Gebietes eine «molekulare Pathologie», von der aus pathologische Veränderungen als chemische Verbindungen und Reaktionen betrachtet werden. Ein pathologisches Gewebe kann sowohl abnorme chemische Zusammensetzung wie auch abnorme chemische Reaktionen zeigen, und die Untersuchung dieser Alterationen liefert einen tieferen Einblick in die Natur der Störung. Es ist auf diese Weise auch möglich, Kenntnisse über «funktionelle» Erkrankungen zu gewinnen, bei denen deshalb keine morphologischen Veränderungen zu erkennen sind, weil nicht alle chemischen Störungen unbedingt von solchen begleitet sein müssen. Bei molekularer Betrachtung wird in der Tat die Einteilung in organische und funktionelle Erkrankungen auf quantitative Unterschiede zurückgeführt, wobei die organischen Krankheiten jene Störungen darstellen, deren molekulare Veränderungen in den Bereich der optischen Untersuchungsmittel fallen.

Die biochemische Analyse von Krankheiten hat bis heute kaum das Anfangsstadium überschritten. Die auf den folgenden Seiten zusammengestellten Erkenntnisse bilden die Grundlage, auf der sich die molekulare Pathologie entwickeln wird.

Energiestoffwechsel

Der Bedarf an Energie hat seine Ursache darin, daß die lebende Substanz thermodynamisch ein labiles System darstellt, das nicht ohne ununterbrochene Energiezufuhr aufrechterhalten werden kann. Darüber hinaus leistet die lebende Materie andauernd Arbeit verschiedener Art, wie Bewegung, chemische Synthesen und Substanztransport gegen Konzentrationsgefälle. Diese Arten von Tätigkeiten können nicht ohne Versorgung mit Energie stattfinden. Der Organismus von Warmblütern benötigt weitere Energie zur Aufrechterhaltung der Bluttemperatur.

Die Energie wird durch den Abbau der Nahrungsmittel geliefert. Bei höheren Organismen ist das Endergebnis dieses Abbaus im wesentlichen eine Oxydation der organischen Substanz zu Kohlendioxyd und Wasser. Dieses Resultat ist die Summe vieler Hundert einzelner chemischer Reaktionen, von denen manche weitgehend bis in die Einzelheiten bekannt sind.

Energie kann auch anaerob durch besondere Abbaureaktionen aus Glucose und anderen Hexosen erhalten werden. Solche Reaktionen werden gewöhnlich als «Gärungen» oder «Glycolysen» bezeichnet. Die einzige in tierischen Geweben vorkommende

Tabelle 1 Atmungsgeschwindigkeiten (Q_{O_2}) tierischer Gewebe*

Charakteristische Werte, gemessen an isolierten Geweben, gewöhnlich Schnitte in Glucose-Salz-Lösung bei 38–40° C. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die Angaben auf Rattengewebe[1]

Gewebe	Q_{O_2}	*Gewebe*	Q_{O_2}
Nierenrinde	— 25	ROUS-Sarkom (Huhn)	— 5
Nierenmark (Meerschweinchen)	— 8	FLEXNER-Karzinom	— 8
Leber	— 13	Erythrocyten	— 0,6
Gehirnrinde	— 12	Leucocyten	— 9
Gehirn, Substantia alba	— 6	Thrombocyten	— 7
Retina	— 30	Knochenmark, rot	— 10
Milz	— 12	Fettgewebe**	— 0,5
Lunge	— 8	Bindegewebe (Nierenkapsel, Ziege)	— 1
Glandula submaxillaris	— 12	Knorpel (Rippe)	— 0,5
Pancreas	— 4	Haut (neugeborene Ratte)	— 1
Mucosa, Darm	— 12	Quergestreifte Muskulatur:	
Mucosa, Colon	— 10	Diaphragma	— 7
Nebenniere	— 10	M. gastrocnemius	— 3
Hypophyse	— 12	M. pectoralis (Taube, zerkleinert)	— 40
Thymus	— 5	Glatte Muskulatur (Muskelmagen, Taube)	— 4
Schilddrüse (Meerschweinchen)	— 8	Herzmuskel (Schaf, zerkleinert)	— 18
Testis	— 10		
Mäusekrebs (JENSEN)	— 11		

* Die Größen für Atmung und Gärung werden gewöhnlich durch die «metabolischen Quotienten» ausgedrückt, die wie folgt definiert sind:

$$Q_{O_2} = \frac{\text{Mikroliter } O_2 \text{ verbraucht}}{\text{Milligramm Trockengewicht} \times \text{Stunden}}$$

$$Q_{CO_2} = \frac{\text{Mikroliter } CO_2 \text{ verbraucht oder entstanden}}{\text{Milligramm Trockengewicht} \times \text{Stunden}}$$

$$Q_{\text{Milchsäure}} \text{ oder } Q_L = \frac{\text{Mikroliter Milchsäure entstanden}}{\text{Milligramm Trockengewicht} \times \text{Stunden}}$$

Der Verbrauch einer Substanz wird gewöhnlich durch ein Minuszeichen, die Bildung durch ein Pluszeichen ausgedrückt. Anaerobe und aerobe Bedingungen werden durch die Indices N_2 und O_2 angegeben, zum Beispiel $Q_L^{N_2}$, $Q_L^{O_2}$.

Eine nichtgasförmige Substanz, wie Milchsäure, wird unter der Annahme als Gas behandelt, daß 1 mmol zu 22400 µl äquivalent ist. Der Grund zu dieser etwas ungewöhnlichen Bezeichnung liegt darin, daß viele Messungen, auch die der nichtgasförmigen Milchsäure, nach gasometrischen Methoden durchgeführt wurden. So wird die Milchsäurebildung gewöhnlich in Anwesenheit von Natriumbicarbonat gemessen, wobei die entstehende Säure eine äquivalente Menge Kohlendioxyd austreibt. Einige Autoren ziehen es vor, die umgesetzten Mengen in Mikromol anzugeben. Um Mikromol in Mikroliter umzurechnen, multipliziere man Mikromol mit 22,4.

In den folgenden Berechnungen werden die Q-Werte in leichtverständliche Maßeinheiten umgerechnet, wodurch die große Intensität mancher Zellen veranschaulicht wird. Da 1 mg Milchsäure zu 250 µl CO_2 äquivalent ist, bedeutet ein Q_L-Wert von 25, daß das Substrat in der Stunde 10% seines eigenen Trockengewichtes an Milchsäure produziert. Da 1 µl ungefähr dem Volumen von 1 mg Gewebe entspricht und das Verhältnis von Trocken- zu Naßgewicht in der Größenordnung von 5 ist, bedeutet ein Q_{O_2}-Wert von 5, daß das Gewebe pro Stunde ungefähr sein eigenes Volumen an Sauerstoff verbraucht.

** Als Trockengewicht minus ätherlösliche Substanz berechnet.

1) Für weitere Daten siehe: KREBS und JOHNSON, *Tab. biol. (Amst.)*, **19**, 100 (1948), und ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Nutrition and Metabolism*, Philadelphia (1954).

Tabelle 2 Geschwindigkeiten der anaeroben Milchsäuregärung ($Q^{N_2}_{Milchsäure}$) tierischer Gewebe*

Charakteristische Werte, gemessen an isolierten Geweben, gewöhnlich Schnitte in Glucose-Salz-Lösung bei 38–40° C. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die Angaben auf Rattengewebe[1]

Gewebe	$Q^{N_2}_L$	*Gewebe*	$Q^{N_2}_L$
Nierenrinde	3	Mäusekrebs (JENSEN)	32
Nierenmark (Meerschweinchen)	28	ROUS-Sarkom (Huhn)	30
Leber	3	FLEXNER-Karzinom	30
Gehirnrinde	18	Erythrocyten	0,35
Retina	88	Leucocyten (polymorphkernig, Kaninchen)	22
Retina (Taube)	180	Leucocyten (stabkernig, Kaninchen)	22
Milz	8	Thrombocyten	26
Lunge (Rattenembryo)	10	Knochenmark, rot	21
Glandula submaxillaris	5	Fettgewebe**	0,7
Pancreas (Kaninchen)	3,5	Knorpel (Rippe)	1,5
Mucosa, Darm	14	Haut (neugeborene Ratte)	7
Nebenniere	4	Embryo	12
Hypophyse	13		
Thymus	8		
Testis	8		

* Vgl. die Fußnote * in Tabelle 1.

** Als Trockengewicht minus ätherlösliche Substanz berechnet.

1) Für weitere Daten siehe: KREBS und JOHNSON, *Tab. biol. (Amst.)*, **19**, 100 (1948), und ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Nutrition and Metabolism*, Philadelphia (1954).

Gärungsart ist die Milchsäuregärung, bei der ein Molekül Glucose in zwei Moleküle Milchsäure gespalten wird:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH$$

Mikroorganismen zeigen viele Arten der Gärung, unter welchen die alkoholische die wichtigste Rolle spielt:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ CH_3{\cdot}CH_2OH + 2\ CO_2$$

Die durch Gärungen gelieferte Energie stellt nur einen kleinen Teil derjenigen dar, die durch die Oxydation von Zucker in Freiheit gesetzt wird. Die totale Oxydation eines Moleküls Glucose liefert 686 kcal freie Energie, während durch Gärung der gleichen Menge Glucose zu Milchsäure nur ungefähr 45 kcal gewonnen werden. Um die gleiche Energie durch Gärung zu erhalten, muß also die 15fache Menge Zucker abgebaut werden.

Die Milchsäuregärung ist in den meisten Geweben höherer Organismen in Anwesenheit von Sauerstoff gering, kann aber beim Fehlen von Sauerstoff sehr stark werden. Die Unterdrückung der Gärung durch Sauerstoff wurde von PASTEUR zuerst beobachtet und ist als PASTEUR-Effekt bekannt.

Zellstoffwechsel

Der Stoffwechsel des Gesamtorganismus ist das Ergebnis der metabolischen Tätigkeiten der ihn aufbauenden Gewebe. In den letzten dreißig Jahren sind Methoden zur Untersuchung des Stoffwechsels isolierter Gewebe erarbeitet worden, mit denen im besonderen die Geschwindigkeiten der Atmung und der Milchsäuregärung vieler Zellarten gemessen wurden. Einige charakteristische Daten für tierische Gewebe sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Die metabolische Aktivität verschiedener Materialien ist sehr unterschiedlich, wobei die größten Atmungs- und Gärungsgeschwindigkeiten bei Mikroorganismen gefunden werden. So kann zum Beispiel *Azotobacter* bei 38° C Q_{O_2}-Werte von über 8000 aufweisen, während die Normalgeschwindigkeiten für Bakterien bei 100–200 liegen. Bei anaerober Gärung werden von Mikroorganismen Werte bis zu 400 erreicht. Im Muskel können wahrscheinlich über kurze Perioden $Q^{N_2}_L$-Maximalwerte von weit über 100 auftreten. Die Retina von Vögeln weist unter den tierischen Geweben die größte kontinuierliche Milchsäureproduktion auf ($Q^{N_2}_L = 180$ für Taubenretina).

Gewebe mit verhältnismäßig kleiner physiologischer Aktivität zeigen im allgemeinen niedrige metabolische Werte. Dies gilt für inaktive Drüsen oder Muskeln und besonders für Gewebe, die wie das Bindegewebe und der Knochen zur Hauptsache Stützfunktionen ausüben, oder auch für solche, die wie das Fettgewebe als Speicher für metabolisch inertes Material dienen.

Wie bei der Mehrzahl der chemischen Reaktionen werden die Atmungs- und Gärungsgeschwindigkeiten bei wachsender Temperatur größer. Bei einer kritischen Temperatur, die für Warmblüter bei ungefähr 40° C und für Kaltblüter etwas darunter liegt, bewirkt ein weiterer Temperaturanstieg die Verlangsamung des Stoffwechsels. In außergewöhnlichen Fällen, wie bei den thermophilen Bakterien, kann die kritische Temperatur sogar bei 80° C liegen.

Unter den die Energieproduktion im Warmblüter beeinflussenden Faktoren wurde der Körpergröße schon seit langem größte Wichtigkeit beigemessen. Der Unterschied im Sauerstoffverbrauch lebender Tiere verschiedener Größe wird durch die Atmungswerte der einzelnen Gewebe nicht genau entsprechend wiedergegeben. Im allgemeinen haben die Gewebe größerer Arten einen etwas niedrigeren Stoffwechsel, wobei aber die Unterschiede zwischen den Q_{O_2}-Werten von beispielsweise Gehirn, Niere, Milz und Lunge relativ klein sind. Der charakteristische Unterschied im Grundumsatz von Tieren verschiedener Größe scheint seine Ursache vorwiegend im unterschiedlichen Ruhestoffwechsel der Muskulatur zu haben.

Energieliefernde Reaktionen

Die erste Stufe zur Nutzbarmachung von Nahrungsmitteln, sowohl für die Energieproduktion als auch für andere Zwecke, besteht in einer hydrolytischen Spaltung der Makromoleküle des Nahrungsmittels zu kleinen Bausteinen. Proteine werden zu Aminosäuren, Kohlenhydrate zu Hexosen, Fette zu Glycerin und Fettsäure, Nucleinsäuren zu den entsprechenden Basen, Pentosen und Phosphat abgebaut. Diese hydrolytische Spaltung wird gewöhnlich als *Verdauung* bezeichnet. Biologisch ausgedrückt, werden die Nahrungsmittel durch die Verdauung löslich gemacht, eine Vorbedingung für die Resorption durch den Darm. Prozesse, die der Verdauung im Darm sehr ähnlich sind, kommen auch in den meisten Geweben vor, wenn Reservestoffe zur Energieproduktion mobilisiert werden oder wenn beschädigte Gewebe der «Autolyse» unterliegen.

Die Verdauung wird durch die kombinierte Tätigkeit vieler spezifischer Enzyme bewirkt, von denen jedes einzelne die Hydrolyse einer Verbindung oder einer Anzahl engverwandter Verbindungen besorgt. Die grundlegenden Eigenschaften dieser Enzyme sind auf S. 382–394 beschrieben.

1. Zwischenstufen des Kohlenhydratabbaus

Die durch Verdauung im Intestinaltrakt entstandenen Hexosen erreichen die verschiedenen Gewebe über den Blutkreislauf. Die hauptsächliche Abbaureaktion für Hexosen besteht in ihrer anaeroben Vergärung zu Milchsäure und darauffolgender Oxydation der Gärungsprodukte. Es gibt noch einen anderen Abbau, durch den Glucose oxydiert wird, ohne vorher eine Spaltung in C_3-Bruchstücke zu erleiden. Dieser «Pentosephosphat-Zyklus» (siehe S. 395) stellt keine wichtige Energiequelle dar und mag hauptsächlich dazu dienen, Pentosen zu liefern.

Tabelle 3 Zwischenstufen der Milchsäuregärung (Glycolyse) in tierischen Geweben (Formeln der Zwischenprodukte siehe Abb. 1)
Diese Reaktionen kommen in allen tierischen Geweben und vielen Mikroorganismen vor

Nr.	Zwischenstufe			Enzym, das die Reaktion katalysiert
1	Glucose + Adenosintriphosphat (ATP)	→	Glucose-6-phosphat + Adenosindiphosphat (ADP)	Hexokinase
2	Glucose-6-phosphat	→	Fructose-6-phosphat	Phosphohexose-isomerase
3	Fructose-6-phosphat + ATP	→	Fructose-1,6-diphosphat + ADP	Phosphofructokinase
4	Fructose-1,6-diphosphat	→	Dihydroxyacetonphosphat + Glycerinaldehyd-3-phosphat	Aldolase (Zymohexase)
5	Dihydroxyacetonphosphat	→	Glycerinaldehyd-3-phosphat	Phosphotriose-isomerase
6	2 [Glycerinaldehyd-3-phosphat + Diphosphopyridinnucleotid (DPN) + Phosphat	→	1,3-Diphosphoglycerinsäure + $DPNH_2$]	Phosphoglycerinaldehyd-dehydrogenase
7	2 [1,3-Diphosphoglycerinsäure + ADP	→	3-Phosphoglycerinsäure + ATP]	Phosphoglycerinsäurekinase
8	2 [3-Phosphoglycerinsäure	→	2-Phosphoglycerinsäure]	Phosphoglycerinsäuremutase
9	2 [2-Phosphoglycerinsäure	→	Phospho-enol-brenztraubensäure + H_2O]	Enolase
10	2 [Phospho-enol-brenztraubensäure + ADP	→	Brenztraubensäure + ATP]	Pyruvatkinase
11	2 [Brenztraubensäure + $DPNH_2$	→	Milchsäure + DPN]	Milchsäuredehydrogenase
	Bilanz: Glucose + 2 ADP + 2 Phosphat	→	2 Milchsäure + 2 ATP + $2H_2O$	

Abb. 1 Die bei der Glycolyse von Glucose gebildeten Zwischenprodukte

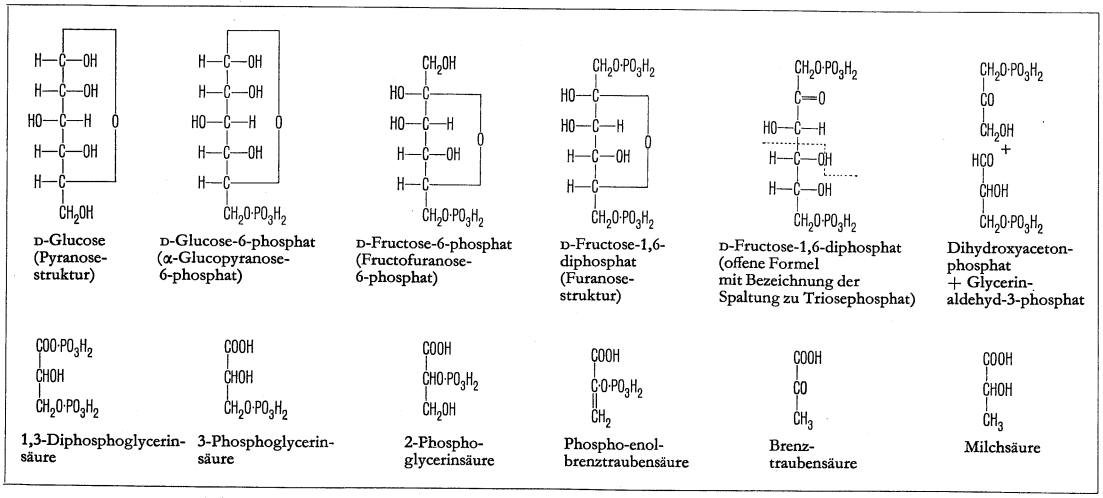


Tabelle 4 Hilfsreaktionen zur Milchsäuregärung in tierischen Geweben

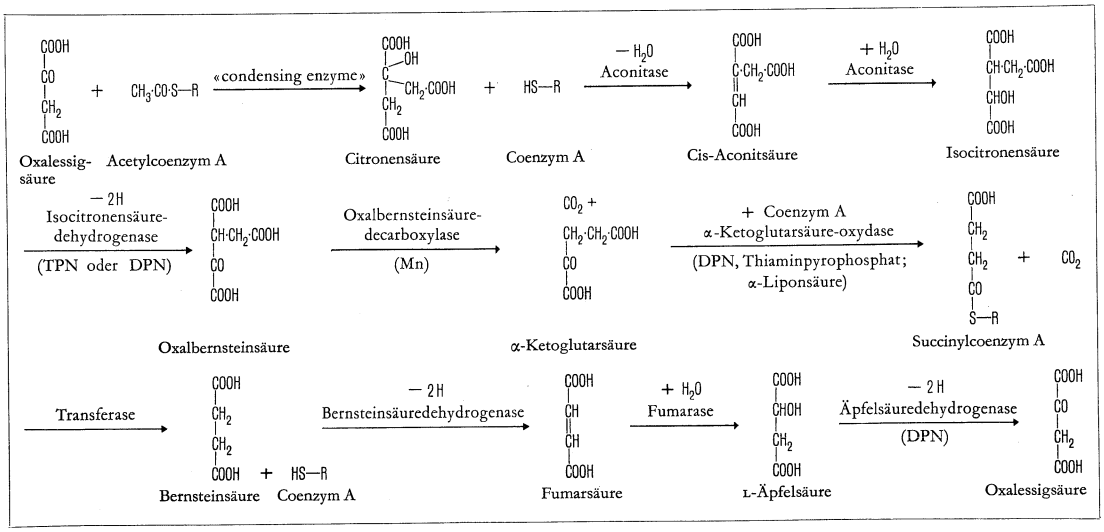
Nr.	Zwischenstufe			Enzym, das die Reaktion katalysiert
1	Glycogen + Phosphat	⇌	Glucose-1-phosphat	Phosphorylase
2	Glucose-1-phosphat	⇌	Glucose-6-phosphat	Phosphoglucomutase
3	Fructose + ATP	→	Fructose-6-phosphat + ADP	Hexokinase*
4	Galactose + ATP	→	Galactose-1-phosphat + ADP	Galactokinase[2]
5	Galactose-1-phosphat + Uridindiphosphoglucose	⇌	Glucose-1-phosphat + Uridindiphosphogalactose	Uridyltransferase[3]
6	Uridindiphosphogalactose	⇌	Uridindiphosphoglucose	Galactowaldenase[3]
7	Uridindiphosphoglucose + Pyrophosphat	⇌	Uridintriphosphat (UTP) + Glucose-1-phosphat	Pyrophosphorylase[4]
8	Fructose + ATP	→	Fructose-1-phosphat + ADP	Fructokinase (Ketohexokinase)[5]
9	Fructose-1-phosphat	⇌	Dihydroxyacetonphosphat + Glycerinaldehyd	Aldolase[5]
10	Glycerinaldehyd + ATP	→	Glycerinaldehyd-3-phosphat	Triokinase[5]

* Hexokinase reagiert in ähnlicher Weise mit vielen anderen Hexosen, wie Mannose oder 2-Desoxyglucose[1].

1) Vgl. Sols und Crane, *J. biol. Chem.*, **210**, 581 (1954). *2)* Trucco et al., *Arch. Biochem.*, **18**, 137 (1948). *3)* Leloir, L. F., *Arch. Biochem. Biophys.*, **33**, 186 (1951); Kalckar et al., *Nature*, **172**, 1038 (1953); Kalckar und Maxwell, *Biochim. biophys. Acta*, **22**, 588 (1956). *4)* Munch-Petersen et al., *Nature*, **172**, 1036 (1953). *5)* Leuthardt et al., *Helv. chim. Acta*, **36**, 227 (1953); Hers und Kusaka, *Biochim. biophys. Acta*, **11**, 427 (1953).

Abb. 2 Die einzelnen Stufen des Tricarbonsäure-Zyklus

Die Namen der Enzyme sind über den Pfeilen, diejenigen der benötigten Coenzyme darunter angegeben



Anaerobe Milchsäuregärung (Glycolyse). Die Zwischenstufen der Milchsäuregärung sind in Tabelle 3, die Veränderungen im Kohlenstoffgerüst in Abbildung 1 zusammengestellt. Die alkoholische Gärung von Hefen, Schimmelpilzen, anderen Mikroorganismen und Pflanzen folgt im wesentlichen dem gleichen Schema, mit Ausnahme von Reaktion 11 (Tabelle 3), die durch die folgenden ersetzt wird:

Brenztraubensäure → Acetaldehyd + CO_2
Acetaldehyd + $DPNH_2$ → Äthylalkohol + DPN

Die Bilanz der alkoholischen Gärung (Reaktionen 1–10 der Tabelle 3; dazu die obigen zwei, jede doppelt) ergibt:

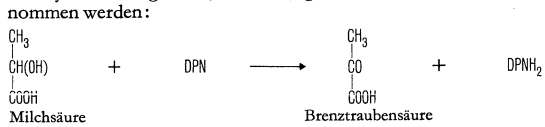
Glucose + 2 ADP + 2 Phosphat
→ 2 Äthylalkohol + CO_2 + 2 ATP + 2 H_2O

Tabelle 4 zeigt die mit der Milchsäuregärung in Beziehung stehenden Reaktionen. Einige derselben treten auch bei der Gärung anderer Ausgangsprodukte, wie Glycogen, Fructose oder Galactose, auf. Die Bilanz für Glycogen (oder Stärke) als Ausgangsmaterial stellt sich wie folgt:

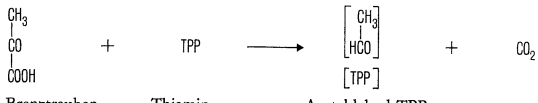
Glycogen (1 Glucoseäquivalent) + 3 ADP + 3 Phosphat
→ 2 Milchsäure + 3 ATP + 3 H_2O

Oxydation der Kohlenhydrate. In der Regel werden Kohlenhydrate nicht als solche, sondern erst nach Vergärung zu Milchsäure oder Triosephosphat oxydiert. Wie oben erwähnt (S. 367), scheint der andere Weg der Glucoseoxydation, der Pentosephosphat-Zyklus (S. 395), als Energiequelle nur beschränkte Bedeutung zu haben.

Die Milchsäure wird zuerst über Brenztraubensäure in Acetylcoenzym A übergeführt, wobei folgende Zwischenstufen angenommen werden:

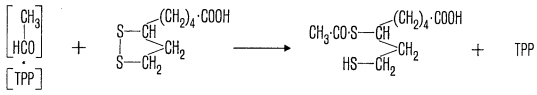


Als zweiter Schritt wird eine Umsetzung der Brenztraubensäure mit Thiaminpyrophosphat (TPP) angenommen, bei der ein Acetaldehyd-TPP-Komplex und CO_2 entstehen:



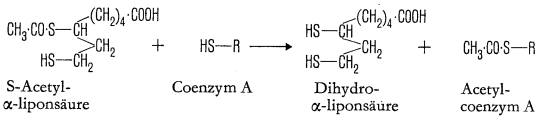
Brenztraubensäure — Thiaminpyrophosphat — Acetaldehyd-TPP-Komplex

In der folgenden Reaktion reduziert der Acetaldehyd-TPP-Komplex die Disulfidform der α-Liponsäure zum Dithiol, wobei die Aldehydgruppe des Komplexes zu Carboxyl oxydiert wird. Dabei reagieren Carboxyl und Thiol in statu nascendi miteinander, wodurch S-Acetyl-α-liponsäure gebildet wird:

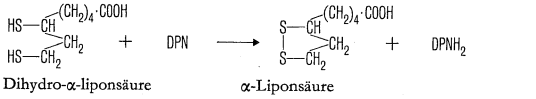


Acetaldehyd-TPP-Komplex — Disulfidform der α-Liponsäure — S-Acetyl-α-liponsäure

In der nächsten Stufe wird nun die Acetylgruppe von der α-Liponsäure auf das Coenzym A übertragen, so daß Dihydro-α-liponsäure und Acetylcoenzym A entstehen. Durch Umsetzen mit DPN und Mitwirkung von Liponsäuredehydrogenase wird darauf die Dihydroliponsäure wieder aufoxydiert:



S-Acetyl-α-liponsäure — Coenzym A — Dihydro-α-liponsäure — Acetylcoenzym A



Dihydro-α-liponsäure — α-Liponsäure

Die Summe der letzten vier Reaktionen ist:

Brenztraubensäure + DPN + Coenzym A
→ Acetylcoenzym A + $DPNH_2$ + CO_2

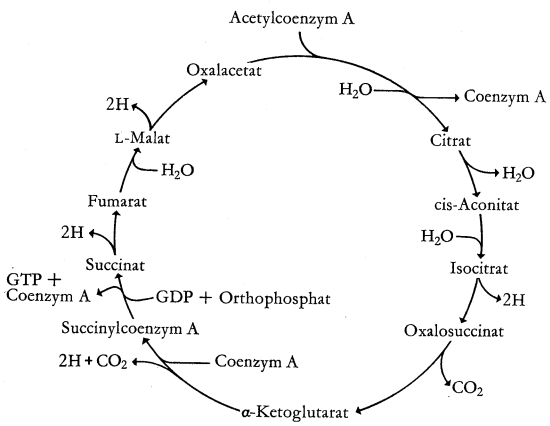


Abb. 3 Der Tricarbonsäure-Zyklus

Verbindungen, die nach der ersten Kondensation von je einem Molekül Acetylcoenzym A und Oxalacetat in den Zyklus eintreten (Coenzym A, H_2O) stehen im Kreis, gebildete Verbindungen außerhalb. Während eines Umlaufs des Zyklus wird ein Äquivalent Essigsäure vollständig oxydiert. Die vier gebildeten Paare von Wasserstoffatomen verbinden sich sofort mit O_2, um Wasser zu bilden. Für weitere Einzelheiten siehe KREBS, H. A., *Harvey Lect.*, **44**, 165 (1949/50), und KREBS, H. A., in: GREENBERG, D. M. (Hrsg.), *Chemical Pathways of Metabolism*, Bd. 1, New York (1954), S. 109.

Wahrscheinlich reagieren alle α-Ketosäuren analog bei der Oxydation. Sie entstehen im besonderen aus α-Aminosäuren; α-Ketoglutarsäure erscheint im Tricarbonsäure-Zyklus.

Acetylcoenzym A wird im Tricarbonsäure-Zyklus (in der Literatur auch als «Citronensäure-» oder «KREBS-Zyklus» bezeichnet) vollständig oxydiert. Dieser Zyklus wird durch eine Kondensation von Acetylcoenzym A mit Oxalacetat zu Citrat eingeleitet. Dieses unterliegt dann einer Reihe von Reaktionen, die teils oxydativ sind, teils andere Tri- und Dicarbonsäuren bilden. Die Umsetzungen führen schließlich zur Regeneration von Oxalacetat, das somit für den nächsten Umlauf des Zyklus wieder zur Verfügung steht; es reagiert also in der Art eines Katalysators. Die im Zyklus entstehenden Wasserstoffatome verbinden sich sofort mit molekularem Sauerstoff unter Bildung von Wasser. Die Bilanz eines Umlaufs des Zyklus ergibt sich wie folgt:

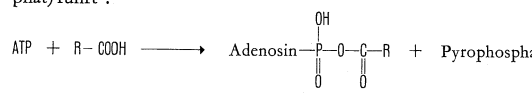
$$CH_3 \cdot COOH + 2\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + 2\,H_2O$$

Die einzelnen Stufen des Zyklus sind in Abbildung 2 zusammengestellt. Der Zyklus selbst ist in Abbildung 3 graphisch dargestellt.

2. Der oxydative Fettabbau[1]

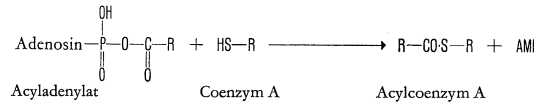
Die Fette werden nicht in Form der Ester oxydiert, als welche sie in den Geweben gespeichert und in den Nahrungsmitteln vorkommen. Vor der Oxydation werden die Fette zu freien Fettsäuren und Glycerin gespalten, wobei diese Hydrolyse durch Lipasen und Esterasen katalysiert wird.

Die Oxydation der freien Fettsäuren wird durch die Verbindung eines Fettsäurerestes mit dem Schwefelatom von Coenzym A eingeleitet. Diese Reaktion erfordert die Mitbeteiligung von ATP und spezifischer Enzymsysteme, der sogenannten «Thiokinasen». Es konnten zwei Zwischenstufen ermittelt werden, von denen die erste zur Bildung einer Adenylfettsäure (Acyladenosinmonophosphat) führt[2]:



Fettsäure — Acyladenylat

Der zweite Schritt besteht in einer Übertragung der Acylgruppe von der Adenylsäure auf das Coenzym A:



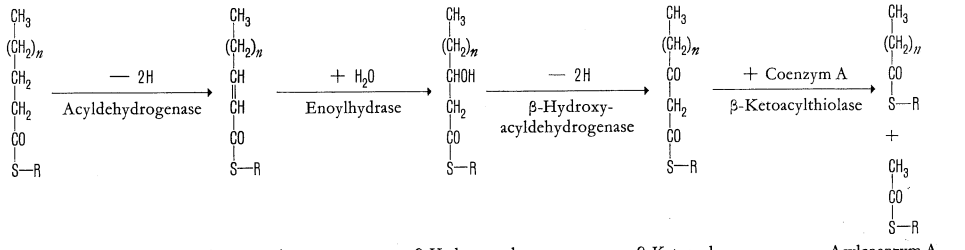
Acyladenylat — Coenzym A — Acylcoenzym A

Von einigen Fettsäuren, unter anderem Essigsäure, Propionsäure und höhere Fettsäuren, konnte gezeigt werden, daß sie auf diese Art reagieren[3]. Die so gebildeten Acylcoenzyme stellen die «aktive» Form der Fettsäuren dar, die dann in Gegenwart weiterer, spezifischer Enzyme eine Reihe von Reaktionen durchläuft, die zusammenfassend als β-Oxydation bezeichnet werden, da die Oxydation am β-Atom der Kohlenstoffkette angreift und so schrittweise zur Abspaltung von Essigsäureäquivalenten führt. Die enzymatischen Zwischenstufen dieses Mechanismus sind in Abbildung 4 dargestellt. Wie daraus hervorgeht, besteht die β-Oxydation aus vier Schritten. Der erste ist eine Dehydrierung in α-β-Stellung, der zweite eine Wasseranlagerung an die Doppelbindung unter Bildung einer β-Hydroxysäure, die dann in einem dritten Schritt zur β-Ketosäure dehydriert wird. Der letzte Schritt besteht in einer «Thiolyse», das heißt einer durch die Thiolgruppe des Coenzyms A bewirkten Spaltung der Kohlenstoffkette. Hierbei entstehen je ein Molekül Acetylcoenzym A und ein Molekül Acylcoenzym A, dessen Fettsäurerest um zwei Kohlenstoffatome kürzer ist als die Kette des Ausgangsmaterials. Die verkürzte Kette geht nun wiederholt durch die gleiche Reihe von Reaktionen, bis die Fettsäurekette zu einem aus weniger als vier Kohlenstoffatomen bestehenden Fragment abgebaut ist. Im Falle geradzahliger Ketten ist das Endprodukt Acetylcoenzym A, bei ungeraden Ketten Propionylcoenzym A.

Da die Mehrzahl der natürlich vorkommenden Fettsäuren eine gerade Anzahl Kohlenstoffatome aufweisen, ist ihr alleiniges Abbauprodukt Acetylcoenzym A. Das aus ungeraden Ketten entstehende Propionylcoenzym A kann durch CO_2-Aufnahme Bernsteinsäure bilden (siehe S. 398).

Abb. 4 β-Oxydation der Fettsäuren

Die Nomenklatur der Enzyme wurde als international geltend vorgeschlagen[4]. Acyldehydrogenase ist ein Flavoprotein, β-Hydroxyacyldehydrogenase benötigt DPN. Alle vier Reaktionen sind reversibel. Die β-Hydroxyacylcoenzym-A-Derivate sind optisch aktiv und gehören in die D-Reihe; im Gegensatz hierzu hat freie β-Hydroxybuttersäure aus Blut und Urin L-Konfiguration. Die β-Hydroxybuttersäure entsteht bei der Reduktion von freiem Acetoacetat[5]



Die Reaktionsfolge, in der die Fettsäuren der Oxydation unterliegen, wurde als «Fettsäure-Zyklus» bezeichnet. Im eigentlichen Sinne kann der Mechanismus nicht als Zyklus angesehen werden, da das Ausgangsmaterial nach einem Umlauf nicht als solches regeneriert wird. Es wiederholt sich nur der gleiche Reaktionstypus, nicht die gleiche Reaktion. Dies ist in Abbildung 5 graphisch dargestellt, aus der ersichtlich ist, daß der Mechanismus eher einer «Spirale» als einem «Zyklus» gleicht.

Über den Enzymmechanismus der Bildung und des Abbaus ungesättigter Fettsäuren sind noch keine Einzelheiten bekannt. Es ist möglich, daß ungesättigte Fettsäuren (unter ihnen die Ölsäure als Hauptvertreter) vor dem Abbau zu gesättigten Fettsäuren hydriert werden.

Glycerin als zweiter Bestandteil der Neutralfette kann in der Leber von Säugetieren in Kohlenhydrat umgewandelt werden, wobei nach den Untersuchungsresultaten die Bildung von Triosephosphat aus Glycerin wahrscheinlich ist[6]. Triosephosphat kann auf zwei Wegen aus Glycerin entstehen, wobei der erste aus folgenden zwei Reaktionen besteht:

$$\text{Glycerin} + \text{DPN} \longrightarrow \text{Glycerinaldehyd} + \text{DPNH}_2$$

$$\text{Glycerinaldehyd} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{«Triokinase»}} \text{Glycerinaldehydphosphat} + \text{ADP}$$

Das Vorkommen beider Reaktionen konnte nachgewiesen werden[7].

Ein weiterer Reaktionsweg besteht in einer Phosphorylierung des Glycerins[8]:

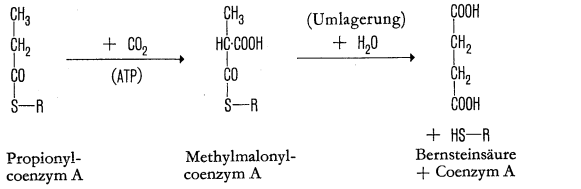
$$\text{Glycerin} + \text{ATP} \rightarrow \text{L-}\alpha\text{-Glycerophosphat} + \text{ADP}$$

gefolgt von der Oxydation:

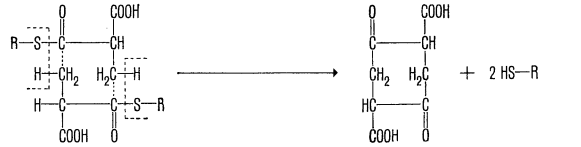
$$\text{L-}\alpha\text{-Glycerophosphat} + \text{DPN} \rightarrow \text{Dihydroxyacetonphosphat} + \text{DPNH}_2$$

Das aus Glycerin gebildete Triosephosphat geht nun den gleichen Weg wie das aus Kohlenhydraten entstandene.

Die Bildung von Bernsteinsäure aus Propionylcoenzym A. Wie schon erwähnt, wird das aus Fettsäuren mit ungerader Kohlenstoffzahl entstehende Propionylcoenzym A in Bernsteinsäure umgewandelt. Dies geschieht durch eine kürzlich von OCHOA und Mitarbeitern[9] entdeckte Anlagerung von CO_2:



Es ist schwierig, sich die Umwandlung von Methylmalonylcoenzym A in Bernsteinsäure durch gewöhnliche intramolekulare Umlagerung vorzustellen. Nach einem Vorschlag von FESSLER[10] sollen sich zwei Moleküle wie folgt kondensieren:



Wird dieses Kondensationsprodukt nun hydrolytisch gespalten, so werden nach dem folgenden Schema zwei Moleküle Bernsteinsäure gebildet:

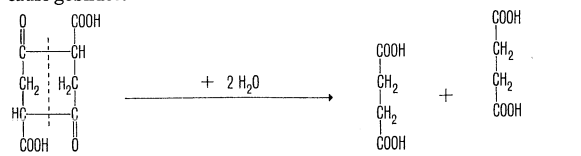
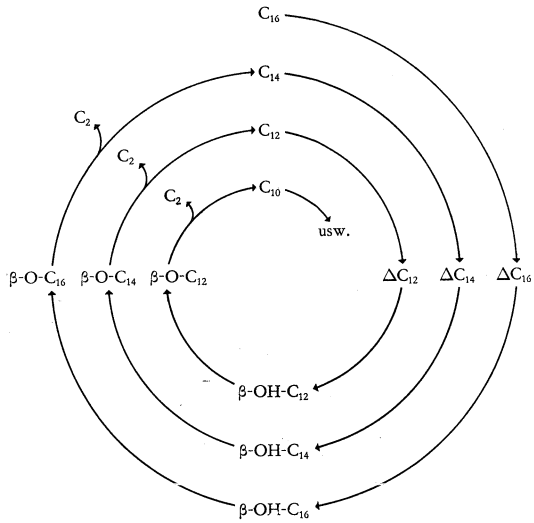


Abb. 5 «Spiraldiagramm» der Fettsäureoxydation

Abkürzungen:

C_{16}, C_{14} usw.	=	Acylcoenzym A
ΔC_{16}, ΔC_{14} usw.	=	ungesättigtes Acylcoenzym A
β-OH-C_{16}, β-OH-C_{14} usw.	=	β-Hydroxyacylcoenzym A
β-O-C_{16}, β-O-C_{14} usw.	=	β-Ketoacylcoenzym A
C_2	=	Acetylcoenzym A

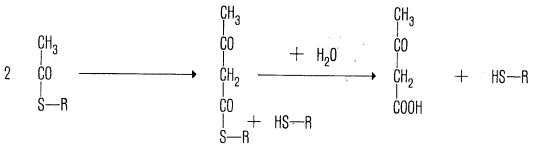
Die Indices bezeichnen die Länge der Kohlenstoffkette



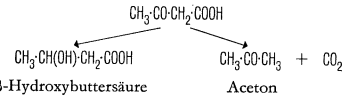
Schlußoxydation der Fette. Der bis jetzt betrachtete Fettabbau ist eine unvollständige Oxydation der Fettsäuren und des Glycerins, wobei als Hauptprodukt Essigsäure in Form von Acetylcoenzym A entsteht. Als einzige weitere Verbindung tritt Bernsteinsäure auf, die aus dem beim Abbau von ungeradzahligen Fettsäuren übrigbleibenden C_3-Baustein gebildet wird. Da Fettsäuren mit ungerader Kohlenstoffzahl selten sind, ist die Menge produzierter Bernsteinsäure gering. Solche Fettsäuren kommen deshalb selten vor, weil Fettsäuren allgemein aus Bausteinen mit zwei Kohlenstoffatomen aufgebaut werden.

Acetylcoenzym A wie auch Bernsteinsäure werden durch die auf S. 370 beschriebenen Reaktionen des Tricarbonsäure-Zyklus vollständig aufoxydiert.

Ketosis. Bei der durch Hunger, Diabetes und andere Störungen verursachten Ketosis sammeln sich Ketonkörper, nämlich Acetessigsäure ($CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$), β-Hydroxybuttersäure ($CH_3{\cdot}CHOH{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$) und Aceton ($CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3$) in den Geweben und Körperflüssigkeiten an. Bei Ketosis wird aus noch nicht vollständig erkannten Ursachen hauptsächlich aus Fettsäuren mehr Acetylcoenzym A gebildet, als durch den Tricarbonsäure-Zyklus oxydiert werden kann. Die überschüssigen Moleküle Acetylcoenzym A kondensieren dann paarweise unter Bildung von Acetoacetylcoenzym A, das der Hydrolyse zu Acetessigsäure und Coenzym A unterliegt (in der Leber wird freie Acetessigsäure nicht rasch verwendet):



Acetessigsäure ist der zuerst entstehende Ketonkörper, β-Hydroxybuttersäure wird daraus durch Reduktion, Aceton durch Decarboxylierung gebildet. Die letztere Reaktion ist in der Hauptsache nicht enzymatisch und durch die Instabilität der Acetessigsäure bedingt:



Die ältere Ansicht, nach der Acetessigsäure direkt aus den vier endständigen Kohlenstoffatomen der Fettsäureketten entstehen soll, kann nicht länger aufrechterhalten werden, da Untersuchungen mit Isotopen eindeutig erwiesen haben, daß die meiste Acetessigsäure durch Kondensation zweier Moleküle Acetylcoenzym A entsteht.

Folglich kommen alle zur Bildung von Acetylcoenzym A befähigten Verbindungen, einschließlich Kohlenhydrate und viele Aminosäuren, als Ausgangsmaterial für Ketonkörper in Frage. Es ist nicht abgeklärt, weshalb nur die Bildung von Acetylcoenzym A aus Fettsäuren und aus den drei ketogenen Aminosäuren, nicht aber diejenige aus Kohlenhydraten und anderen Aminosäuren zur Ansammlung von Ketonkörpern führt.

Da die Oxydation von Acetylcoenzym A im Tricarbonsäure-Zyklus Oxalacetat benötigt, ist letzteres wahrscheinlich eine Schlüsselsubstanz zur Regulierung der Ketosis. Es wurde angenommen, daß eine für die optimale Funktion des Tricarbonsäure-Zyklus ausreichende Konzentration an Oxalacetat im Blut nicht aufrechterhalten werden kann, wenn keine Kohlenhydrate oxydiert werden, doch beruhen die Gründe zu dieser Annahme noch auf Vermutungen.

Hilfsreaktionen des Fettsäureabbaus. Im folgenden sind einige im Zusammenhang mit dem Fettsäureabbau stehenden Reaktionen dargestellt.

a) Acetoacetyldesacylase setzt aus dem Acetoacetylcoenzym A Acetessigsäure in Freiheit:

Acetoacetylcoenzym A + H_2O
→ Acetessigsäure + Coenzym A

Von dieser Reaktion wird angenommen, daß sie eine Rolle beim Auftreten von Ketonkörpern im Blut und in den Geweben bei Ketosis spielt[11].

b) β-Hydroxybuttersäuredehydrogenase katalysiert die reversible Umwandlung von Acetoacetat in β-Hydroxybutyrat:

β-Hydroxybutyrat + DPN ⇌ Acetoacetat + $DPNH_2$

und ist so für die Bildung und Eliminierung von β-Hydroxybutyrat verantwortlich.

c) Ein das Coenzym A zwischen Acetoacetat und Succinat reversibel übertragendes Enzym («Thiopherase») dürfte den Abbau freien Acetoacetats einleiten:

Acetoacetat + Succinylcoenzym A
⇌ Acetoacetylcoenzym A + Succinat[12]

d) Der Abbau von Acetoacetat kann auch durch folgende Reaktion eingeleitet werden:

Acetoacetat + Coenzym A + ATP
→ Acetoacetylcoenzym A + Adenylsäure
(Adenosinmonophosphat, AMP) + Pyrophosphat[13]

Dies ist eine analoge Reaktion zu derjenigen, die den Fettsäureabbau einleitet, und dürfte über die gleichen Zwischenstufen, das heißt über Acetoacetyladenylat, gehen (siehe S. 374).

---

1) Vgl. Lynen, F., *Harvey Lect.*, **48**, 210 (1952/53); Green, D. E., *Biol. Rev.*, **29**, 330 (1954); Popják und Le Breton (Hrsg.), *Biochemical Problems of Lipids*, London (1956); Beinert et al., *Biochem. J.*, **64**, 782 (1956). *2)* Berg, P., *J. biol. Chem.*, **222**, 991, 1015, 1025 (1956). *3)* Peng, C. H. L., *Biochim. biophys. Acta*, **22**, 42 (1956); Jencks und Lipmann, *J. biol. Chem.*, **225**, 207 (1957); Whitehouse et al., *J. biol. Chem.*, **226**, 813 (1957). *4)* Siehe *Biochem. J.*, **64**, 782 (1956). *5)* Lehninger und Greville, *Biochim. biophys. Acta*, **12**, 188 (1953). *6)* Ashmore et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 153 (1955). *7)* Hers und Kusaka, *Biochim. biophys. Acta*, **11**, 427 (1953); Wolf und Leuthardt, *Helv. chim. Acta*, **36**, 1463 (1953). *8)* Bublitz und Kennedy, *J. biol. Chem.*, **211**, 951 (1954). *9)* Flavin et al., *Nature*, **176**, 823 (1955). *10)* Fessler, J. H. (1956), nicht publiziert. *11)* Green, D. E., *Biol. Rev.*, **29**, 330 (1954). *12)* Stern et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 1517 (1953). *13)* Stern und Ochoa, *J. biol. Chem.*, **191**, 161 (1951).

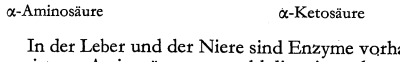
---

3. Die Zwischenstufen des Aminosäureabbaus

Die Aminosäuren werden, wie die Kohlenhydrate und die Fette, in zwei Stufen abgebaut, wobei in der ersten aus den Aminosäuren Produkte entstehen, die im Tricarbonsäure-Zyklus oxydiert werden können. Dieser stellt dann die zweite und letzte Abbaustufe dar. Die folgende Übersicht betrifft nur die erste Stufe:

Allgemeine Abbaureaktionen. Einige Abbaureaktionen, wie a) die oxydative Desaminierung, b) die Transaminierung und c) die anoxydative Decarboxylierung, sind allen oder mehreren Aminosäuren gemein.

Oxydative Desaminierung. Das allgemeine Reaktionsschema für die oxydative Desaminierung ist:



In der Leber und der Niere sind Enzyme vorhanden, welche die meisten α-Aminosäuren, sowohl die mit D- als auch die mit L-Konfiguration, in dieser Weise angreifen. Im allgemeinen ist die Aktivität der D-Aminosäure-oxydasen größer als die der L-Aminosäure-oxydasen, obwohl D-Aminosäuren in der Natur nur selten vorkommen. Eine L-Aminosäure hingegen, nämlich L-Glutaminsäure, reagiert mit bedeutend größerer Geschwindigkeit als alle anderen L-Aminosäuren und wird von einer spezifischen L-Glutaminsäuredehydrogenase angegriffen.

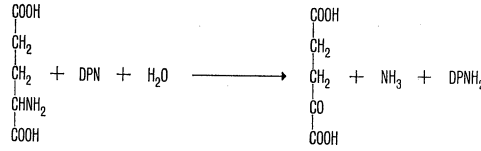


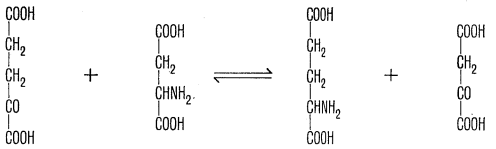
Tabelle 5 Einige Transaminierungen in tierischen Geweben[1]

Reaktionen			Bemerkungen
α-Ketoglutarat + L-α-Aminosäure	⇌	L-Glutaminat + α-Ketosäure	Die meisten α-Aminosäuren zeigen diese Reaktion in der Leber und vielen anderen Geweben
α-Ketoglutarat + L-Ornithin	⇌	L-Glutaminat + L-Glutaminsäure-γ-semialdehyd	Unter Übertragung von ω-Aminogruppen; kommt in der Leber vor[2, 3]
Glyoxylat + L-Ornithin	⇌	Glycin + L-Glutaminsäure-γ-semialdehyd	
Pyruvat + L-Ornithin	⇌	L-Alanin + L-Glutaminsäure-γ-semialdehyd	
L-Glutamin + α-Keto-γ-guanidinovaleriansäure	⇌	α-Ketoglutarat + L-Arginin + NH_3	Kommt in der Leber vor[2]
L-Alanin + Hydroxypyruvat	⇌	Pyruvat + L-Serin	Kommt in Leber und Niere vor[4]
α-Ketoglutarat + γ-Aminobutyrat	⇌	L-Glutaminat + Bernsteinsäuresemialdehyd	Kommt im Gehirn vor[5]
α-Ketoglutarat + β-Alanin	⇌	L-Glutaminat + Malonsäuresemialdehyd	Kommt im Gehirn vor[6]

1) Meister, A., in: McElroy und Glass (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 3; Meister, A., *Advanc. Enzymol.*, **16**, 185 (1955). *2)* Meister, A., *J. biol. Chem.*, **206**, 587 (1954). *3)* Quastel und Witty, *Nature*, **167**, 556 (1951). *4)* Sallach, H. J., in: McElroy und Glass (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S.782. *5)* Bessman et al., *J. biol. Chem.*, **201**, 385 (1953). *6)* Roberts und Bregoff, *J. biol. Chem.*, **201**, 393 (1953).

Dieses Enzym unterscheidet sich von allen anderen dadurch, daß es bei der oxydativen Desaminierung in tierischen Geweben den Wasserstoff auf Diphosphopyridinnucleotid (DPN) überträgt. Bei den durch andere Enzyme katalysierten oxydativen Desaminierungen ist der Wasserstoffakzeptor ein Flavoprotein. Die L-Aminosäure-oxydasen tierischer Gewebe sind verhältnismäßig schwach, und es ist wahrscheinlich, daß die Desaminierung über eine Transaminierung von α-Aminosäuren mit α-Ketoglutarat (siehe unten) verläuft, worauf dann das gebildete Glutaminat der obigen Reaktion entsprechend dehydriert wird.

Transaminierung. Die Transaminierung ist eine reversible Reaktion zwischen Amino- und α-Ketosäuren, bei der die Amino- und Ketogruppen ausgetauscht werden:



α-Ketoglutarsäure — L-Asparaginsäure — L-Glutaminsäure — Oxalessigsäure

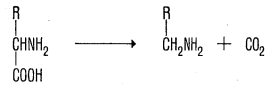
In dieser Reaktion kann die Asparaginsäure nach folgendem Schema durch die meisten α-Aminosäuren ersetzt werden:

α-Ketoglutarat + α-Aminosäure
⇌ L-Glutaminat + α-Ketosäure

Die Reaktionsgeschwindigkeit ist jedoch mit Asparaginsäure als Aminogruppendonator weitaus am größten. Transaminasen kommen in den meisten tierischen Geweben sowie auch in Mikroorganismen und Pflanzen vor. Manche Gewebe enthalten spezielle Transaminasen; einige dieser Gewebe sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Aus beschädigten Geweben diffundieren die Transaminasen rasch ins Blut. Dies bildet die Grundlage eines klinischen Tests, der Bestimmung von Transaminase im Plasma, die bei Herzinfarkt erhöht ist. Transaminasen enthalten Pyridoxalphosphat als prosthetische Gruppe.

Decarboxylierung. Die Decarboxylierung vieler Aminosäuren geschieht nach folgendem Schema:



α-Aminosäure — Primäres Amin

Tabelle 6 Decarboxylierung von α-Aminosäuren[1]

Die meisten dieser bakteriellen Reaktionen kommen auch in den Mikroorganismen des Verdauungstraktes vor, wie zum Beispiel in *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* oder *Clostridium*-Arten

Aminosäure	Amin gebildet	Vorkommen des Enzyms
Histidin	Histamin	Tierische Gewebe, Bakterien
Cysteinsäure	Taurin	Leber
Glutaminsäure	γ-Aminobuttersäure	Gehirn, Bakterien
5-Hydroxytryptophan	5-Hydroxytryptamin, Serotonin	Tierische Gewebe
3,4-Dihydroxyphenylalanin	3,4-Dihydroxyphenyläthylamin	Tierische Gewebe
Serin	Äthanolamin	Tierische Gewebe[2]
Lysin	Cadaverin	Bakterien
Ornithin	Putrescin	Bakterien
Tyrosin	Tyramin	Bakterien
Phenylalanin	Phenyläthylamin	Bakterien
Asparaginsäure	β-Alanin	Bakterien
α-ε-Diaminopimelinsäure	Lysin	Bakterien[3]

1) Blaschko, H., *Advanc. Enzymol.*, **5**, 67 (1945); Gale, E. F., *Advanc. Enzymol.*, **6**, 1 (1946); Schales, O., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 2, 1. Teil, New York (1951), S. 216. *2)* Arnstein, H. R. V., *Biochem. J.*, **48**, 27 (1951). *3)* Dewey und Work, *Nature*, **169**, 533 (1952).

Decarboxylasen kommen in tierischen Geweben und in vielen Mikroorganismen vor, anderseits kann nicht jede Aminosäure decarboxylieren. Die bekannten Decarboxylierungen sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die Bedeutung einiger in tierischen Geweben vorkommender Decarboxylierungen liegt in der Bildung wichtiger Stoffwechselprodukte, wie zum Beispiel Taurin (für die Synthese der Gallensäuren notwendig), Histamin und Serotonin (für die Funktionen des Nervengewebes notwendig) oder Äthanolamin (für die Synthesen von Cholin, Acetylcholin und der Cephaline notwendig).

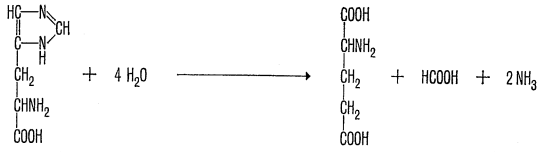
Bei den meisten Decarboxylierungen wirkt Pyridoxalphosphat als Coenzym, wobei die Decarboxylierung von Histidin eine bemerkenswerte Ausnahme darstellt.

4. Der Abbau einzelner Aminosäuren[1]

L-*Glutaminsäure*, L-*Asparaginsäure*, L-*Alanin*. Diese drei Aminosäuren geben bei der oxydativen Desaminierung α-Ketosäuren, die auch im Kohlenhydratstoffwechsel als Zwischenprodukte auftreten, nämlich α-Ketoglutarat, Oxalacetat und Pyruvat.

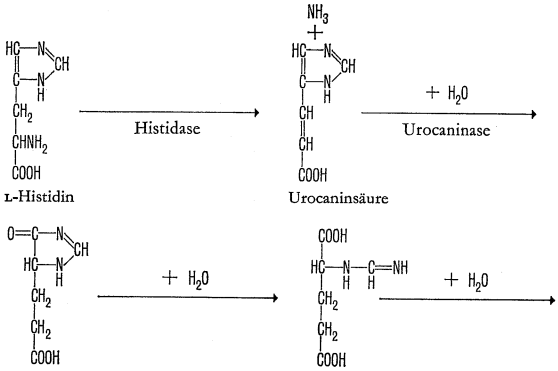
Aus den sechs Aminosäuren L-*Histidin*, L-*Arginin*, L-*Citrullin*, L-*Ornithin*, L-*Prolin* und L-*Hydroxyprolin* entsteht beim Abbau in allen Fällen Glutaminsäure und schließlich α-Ketoglutarat.

L-*Histidin* wird von einem Enzymkomplex der Leber, der früher als Histidase bezeichnet wurde, in Glutaminsäure verwandelt, wobei die Bilanz eine Hydrolyse darstellt:



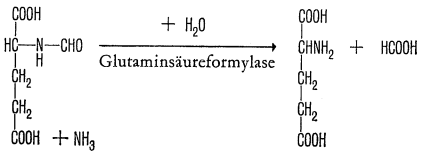
L-Histidin — L-Glutaminsäure — Ameisensäure

Die Reaktion verläuft wahrscheinlich über fünf Zwischenstufen, deren erste eine Abspaltung von Ammoniak unter Bildung eines ungesättigten Histidinderivates darstellt. Die anderen vier sind Hydrolysen, wobei stufenweise je ein Molekül Wasser aufgenommen wird:



L-Histidin — Urocaninsäure

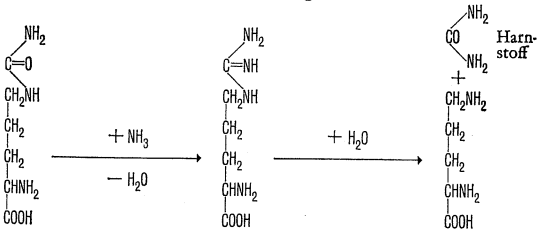
Imidazolonpropionsäure (hypothetisches Zwischenprodukt) — L-α-Formamidinoglutarsäure



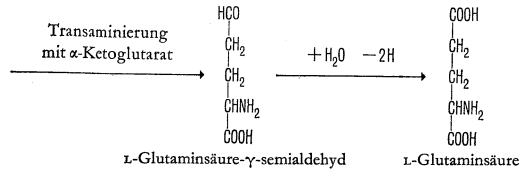
L-Formylglutaminsäure — L-Glutaminsäure — Ameisensäure

Die Stufen bis zur L-α-Formamidinoglutarsäure konnten auch in den Bakterien *Pseudomonas fluorescens* und *Aerobacter aerogenes* nachgewiesen werden.

L-*Citrullin* und L-*Arginin* werden in Lebergewebe durch die Reaktionen des Ornithin-Zyklus (siehe S. 412) zu Ornithin umgebaut. Es ist bekannt, daß L-*Ornithin* durch Transaminierung Glutaminsäure-γ-semialdehyd liefert (siehe S. 372), der durch Dehydrierung in Glutaminsäure übergeht:

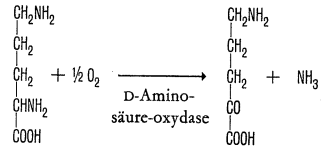


L-Citrullin — L-Arginin — L-Ornithin



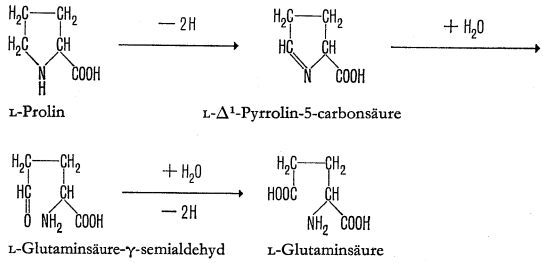
L-Glutaminsäure-γ-semialdehyd — L-Glutaminsäure

D-*Ornithin* geht unter der Einwirkung von D-Aminosäure-oxydase einen anderen Weg, wobei als erstes die α-Aminogruppe eliminiert wird:



D-Ornithin — α-Keto-δ-aminovaleriansäure

L-*Prolin* bildet über die folgenden drei Zwischenstufen[2], worunter zwei Dehydrierungen auftreten, Glutaminsäure:



L-Prolin — L-Δ¹-Pyrrolin-5-carbonsäure

L-Glutaminsäure-γ-semialdehyd — L-Glutaminsäure

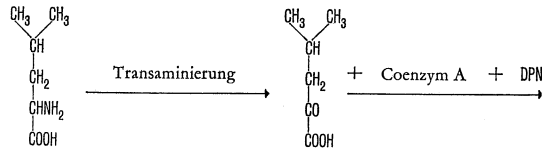
Diese Reaktionen konnten sowohl in der Leber als auch in Bakterien nachgewiesen werden.

D-*Prolin* reagiert anders als die L-Form und gibt in der Leber oder Niere von Säugetieren die gleichen α-Ketosäuren wie Ornithin. Dies kann erwartet werden, da der Angriffspunkt der D-Aminosäure-oxydase immer das α-Kohlenstoffatom ist.

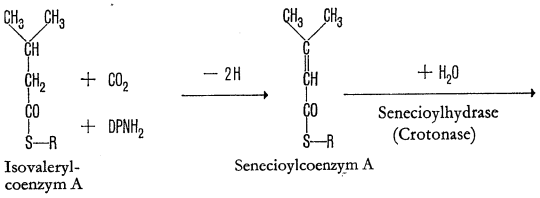
L-*Hydroxyprolin* wird in Leber und Niere zu Glutaminsäure umgebaut, wobei jedoch die Zwischenstufen noch nicht feststehen. Es ist möglich, daß Hydroxyprolin zuerst in Prolin oder Pyrrolincarbonsäure verwandelt wird, um nachher die gleichen Abbaureaktionen wie Prolin einzugehen.

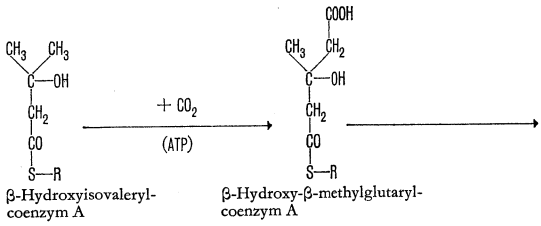
Der Abbau der *Leucine* und *Valine* folgt am Anfang dem gewohnten Schema. In jedem Fall führt eine Transaminierung oder oxydative Desaminierung zu der entsprechenden α-Ketosäure. Diese unterliegt nachher den gleichen für Brenztraubensäure beschriebenen Reaktionen (S. 369), wobei ein Acylcoenzym-A-Derivat und CO_2 entstehen. Das Acylcoenzym-A-Derivat reagiert dann analog den aus langkettigen Fettsäuren entstehenden Acylcoenzym-A-Derivaten. Im Falle von Leucin folgen nun als besondere Reaktionen eine CO_2-Aufnahme und eine Aldolspaltung, und als Endprodukte erscheinen Acetyl- und Propionylcoenzym A, beim Abbau von Valin vielleicht auch Methylmalonylcoenzym A. Wie schon erwähnt (S. 370), gehen sowohl Propionyl- als auch Methylmalonylcoenzym A schließlich in Bernsteinsäure über.

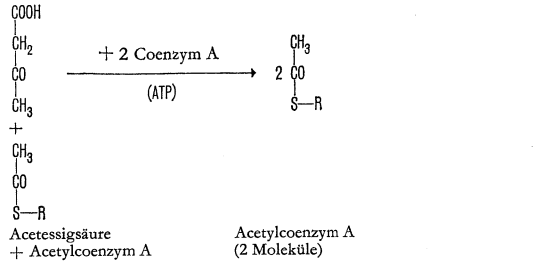
Leucin liefert über folgende Zwischenstufen drei Moleküle Acetylcoenzym A[3]:



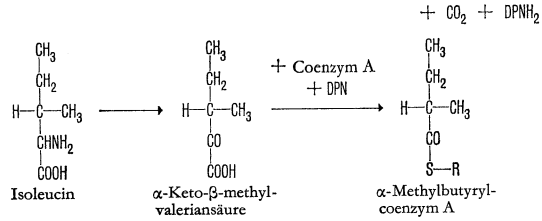
Leucin — α-Ketoisovaleriansäure

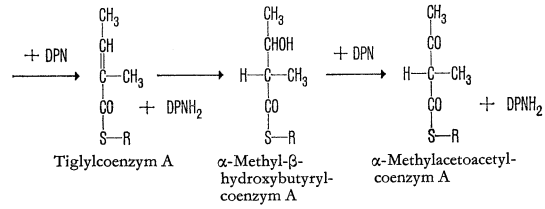


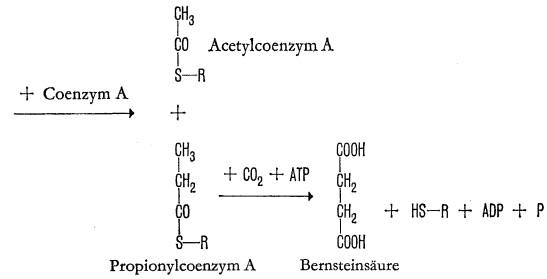




Isoleucin liefert ein Molekül Acetylcoenzym A und ein Molekül Propionylcoenzym A[4]:

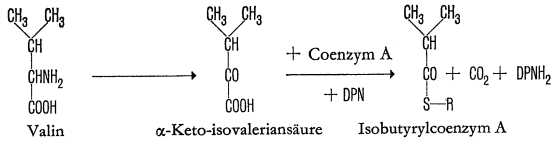


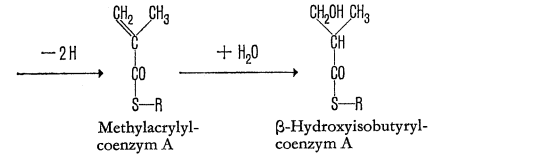


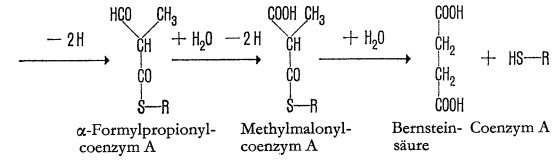


Der Mechanismus dieser letzten Reaktionsstufe wird auf S. 370 besprochen.

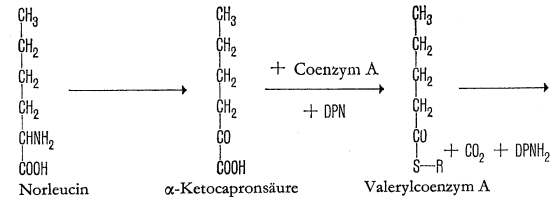
Valin wird durch analoge, im nächsten Schema dargestellte Reaktionen abgebaut. Bis zum β-Hydroxy-isobutyrylcoenzym A sind experimentelle Resultate vorhanden[6]; die folgenden Stufen sind, wenn auch nicht bewiesen, so doch sehr wahrscheinlich gemacht. Sie entsprechen genau den Abbaureaktionen der Leucine und führen zu Methylmalonylcoenzym A und schließlich zu Bernsteinsäure. Sicher nachgewiesen wurde die Umwandlung eines Teils des Valinmoleküls zu Glucose. Da nun Bernsteinsäure zur Glucosebildung befähigt ist, stimmt das vorgeschlagene Reaktionsschema mit den Tatsachen überein.

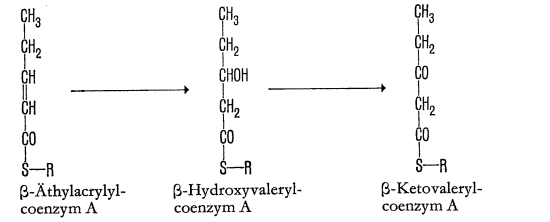


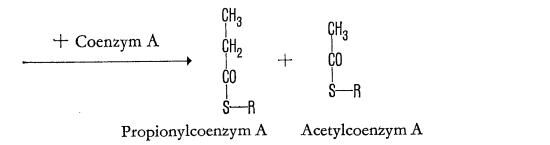




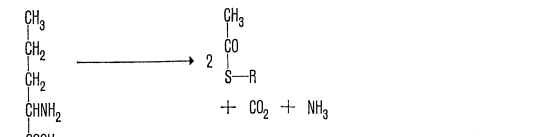
Norleucin (kein Proteinbestandteil) wurde noch nicht in den Einzelheiten untersucht. In Analogie kann aber angenommen werden, daß es die folgende Reaktionsreihe durchlaufen wird, wobei Acetyl- und Propionylcoenzym A entstehen:







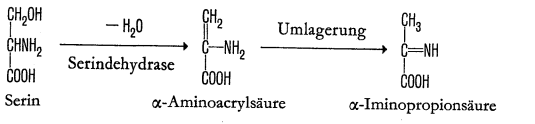
Norvalin bildet auf dem gleichen Wege zwei Moleküle Acetylcoenzym A:

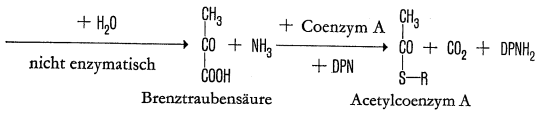


α-*Aminobuttersäure* liefert auf dieselbe Art Propionylcoenzym A und daraus Succinat.

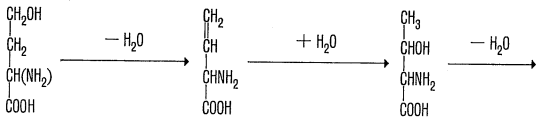
Die *Hydroxyaminosäuren* (Serin, Homoserin, Threonin) und *Glycin* reagieren insofern atypisch, als ihre erste Abbaustufe nicht durch oxydative Desaminierung erfolgt.

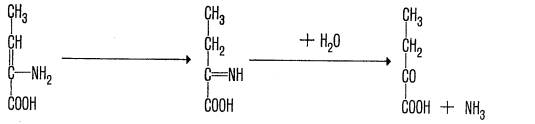
Aus *Serin* entsteht anaerob Ammoniak und Brenztraubensäure, sowohl in tierischen Geweben als auch in Mikroorganismen. Die Zwischenstufen werden wie folgt angenommen[6]:

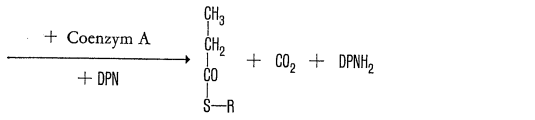




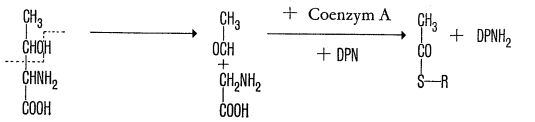
Homoserin (ein Zwischenprodukt des Methioninstoffwechsels) unterliegt bei Inkubation mit Leberextrakt einer analogen, anoxydativen Desaminierung zu α-Ketobuttersäure und Ammoniak[7–9]:





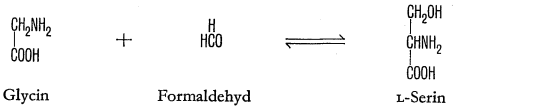


L-*Threonin* wird in tierischen Geweben mittels einer durch eine Aldolase («Hydroxyaminosäure-aldolase») katalysierten anaeroben Spaltreaktion abgebaut[10–12]:



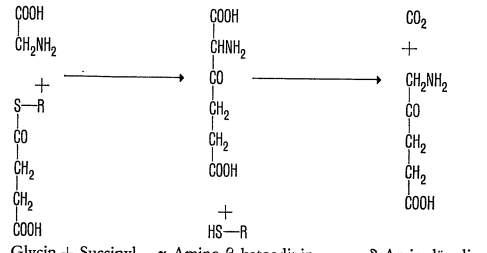
Der gebildete Acetaldehyd kann in Acetylcoenzym A verwandelt werden, während das Glycin nach dem weiter unten beschriebenen Schema abgebaut wird. Bakterien und Schimmelpilze enthalten Enzyme, die Threonin mittels Reaktionen abbauen, die denen für Serin angegebenen analog sind. Dabei entstehen α-Aminocrotonsäure, α-Ketobuttersäure und Propionsäure.

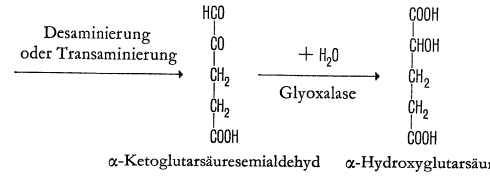
Glycin. Der Abbaumechanismus für Glycin ist noch nicht ganz abgeklärt. Ein möglicher Abbauweg besteht in der Aldolkondensation mit «aktivem» Formaldehyd zu Serin:

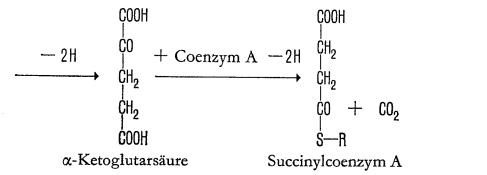


Die leichte reversible Umwandlung von Glycin in Serin wurde für tierisches Gewebe mit Sicherheit nachgewiesen. Die Verhältnisse des Bedarfs an Cofaktoren für den Metabolismus des «aktiven» Formaldehyds sind sehr komplex[13]. Es ist möglich, daß ein großer Teil des Glycins über Serin abgebaut wird und so Acetylcoenzym A liefert.

Eine weitere mögliche Abbaureaktion für Glycin wird durch die Kondensation desselben mit Succinylcoenzym A eingeleitet[14,15]:

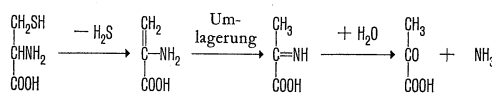






Die folgenden Reaktionen bis zur Stufe der δ-Aminolävulinsäure sind erwiesen[15–17], während der weitere, schließlich bis zum Succinylcoenzym A führende Verlauf hypothetisch ist und auf Analogieschlüssen beruht.

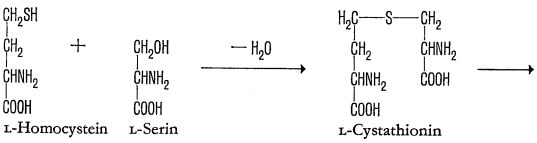
L-*Cystein* kann unter Einwirkung des Enzyms Desulfurase entschwefelt werden, wobei Pyruvat, NH_3 und H_2S entstehen[18,19]. Die Zwischenstufen sind folgendermaßen formuliert worden:

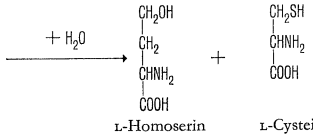


Diese Reaktionsfolge ist der für Serin beschriebenen analog (siehe oben).

Cystin wird von Lebergewebe zu den gleichen wie aus Cystein erhaltenen Produkten abgebaut[18]. Es wird angenommen, daß es vor dem Abbau zu Cystein reduziert wird.

L-*Homocystein* bildet in Leberextrakten auch H_2S, zusammen mit α-Ketobutyrat und Ammoniak. Über die Zwischenstufen besteht keine Sicherheit, doch ist es möglich, daß durch Entschwefelung α-Amino-α-vinylessigsäure entsteht, deren weiteres Schicksal als Zwischenprodukt des Homoserinmetabolismus schon beschrieben wurde (siehe oben). Das Endprodukt wäre Propionylcoenzym A. Ein anderer Weg besteht in einer Übertragung der SH-Gruppe auf Serin (Transsulfurierung), mit Cystathionin als Zwischenprodukt, worauf das Endprodukt wieder mit demjenigen von Homoserin identisch ist:





L-Homoserin L-Cystein

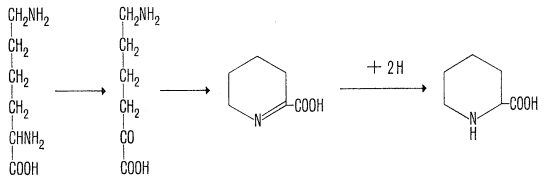
Als Beweis für diesen Reaktionsablauf gelten die folgenden experimentellen Tatsachen: Homocystein und Serin bilden in Lebergewebe Cystathionin, und letzteres wird, gleich wie Homocystein, zu α-Ketobutyrat und NH_3 abgebaut[7, 20].

L-*Methionin.* Der erste Schritt beim Abbau von L-Methionin ist die Abspaltung der Methylgruppe vom Schwefelatom, was durch Übertragung auf Glycocyamin, Äthanolamin oder andere Methylakzeptoren geschieht. Die Entmethylierung führt zu Homocystein, dessen Abbau schon beschrieben wurde:

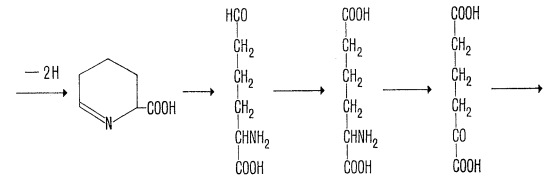


L-Methionin L-Homocystein

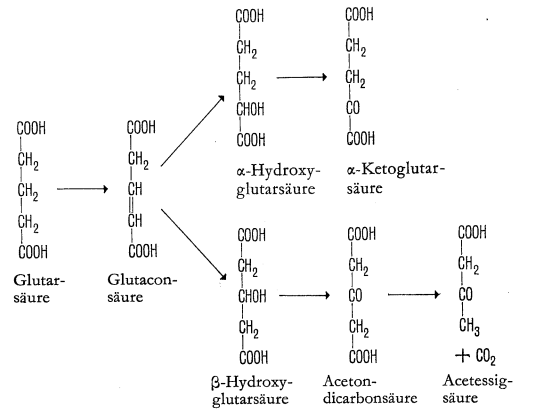
L-*Lysin.* Der folgende Abbaumechanismus wurde im wesentlichen auf Grund von Isotopenuntersuchungen und der Isolierung der meisten Zwischenprodukte aufgestellt[21, 22]:



L-Lysin α-Keto-ε-aminoadipinsäure Δ^1-Piperidein-2-carbonsäure Pipecolinsäure



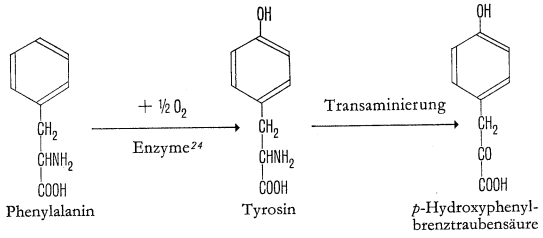
Δ^6-Piperidein-2-carbonsäure α-Aminoadipinsäuresemialdehyd α-Aminoadipinsäure α-Ketoadipinsäure



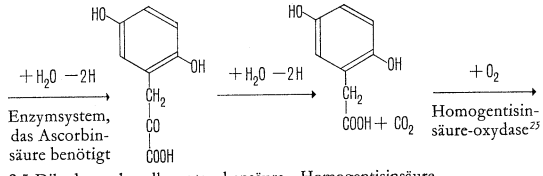
Glutarsäure Glutaconsäure α-Hydroxyglutarsäure α-Ketoglutarsäure β-Hydroxyglutarsäure Acetondicarbonsäure Acetessigsäure

Die Zwischenprodukte Glutaconsäure, β-Hydroxyglutarsäure, Acetondicarbonsäure und die beiden Piperideincarbonsäuren wurden nicht isoliert. Es ist beachtenswert, daß die ε-Aminogruppe des Lysins zur α-Aminogruppe der Aminoadipinsäure wird. α-Ketoglutarat und Acetoacetat (oder Acetat) wurden als Endprodukte identifiziert. Es wird angenommen, daß sich die Reaktionswege auf der Stufe der Glutaconsäure trennen und so zu zwei verschiedenen Produkten führen. Die Bildung von sowohl α- als auch β-Hydroxyglutarat aus Glutaconat ist analog der durch Aconitase katalysierten Reaktion. Bei dieser ist die Art der Anlagerung von H und OH an die Doppelbindung von Cis-Aconitsäure unbestimmt[23], und es entstehen zwei verschiedene Hydroxysäuren: Isocitronensäure und Citronensäure. Analog würde Glutaconsäure bei der Wasseranlagerung α- und β-Hydroxyglutarsäure liefern.

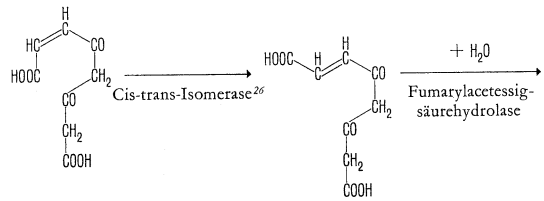
Phenylalanin und *Tyrosin* werden in tierischen Geweben durch folgende Reaktionen abgebaut, wobei mehrere außergewöhnliche Enzyme beteiligt sind. Als Endprodukte treten Oxalessigsäure und Acetylcoenzym A auf:



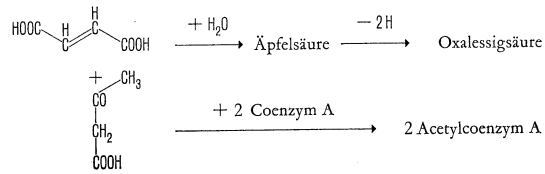
Phenylalanin Tyrosin *p*-Hydroxyphenylbrenztraubensäure



Enzymsystem, das Ascorbinsäure benötigt 2,5-Dihydroxyphenylbrenztraubensäure Homogentisinsäure Homogentisinsäure-oxydase[25]



Maleoylacetessigsäure Fumaroylacetessigsäure Fumarylacetessigsäurehydrolase



Fumarsäure + Acetessigsäure

Es gibt drei Krankheitsbilder von angeborenen metabolischen Störungen, die durch ungenügende oder fehlende Bildung der obigen Enzymsysteme bedingt sind. Bei der Phenylketonurie ist die Umwandlung von Phenylalanin in Tyrosin blockiert. Infolgedessen wird Phenylalanin auf anderem Wege zu Phenylbrenztraubensäure abgebaut, die sich ansammelt, da sie nicht genügend rasch umgesetzt werden kann. Bei der Tyrosinosis wird eine Blockierung der Stufe zwischen *p*-Hydroxyphenylpyruvat und 2,5-Dihydroxyphenylpyruvat angenommen. Bei der Alkaptonurie ist die Bildung von Homogentisinsäure-oxydase ungenügend.

Tryptophan wird im Menschen und in den meisten Tieren nur unvollständig oxydiert. Die im Harn ausgeschiedenen Produkte dieser Oxydation sind Anthranilsäure, Kynurenin, Hydroxykynurenin, Kynurensäure und 8-Hydroxykynurensäure (Xanthurensäure). In einigen Tieren können Tryptophan und 3-Hydroxyanthranilsäure (nicht aber Anthranilsäure) in beschränkter Menge zu Nicotinsäure umgebaut werden. Dies geschieht über

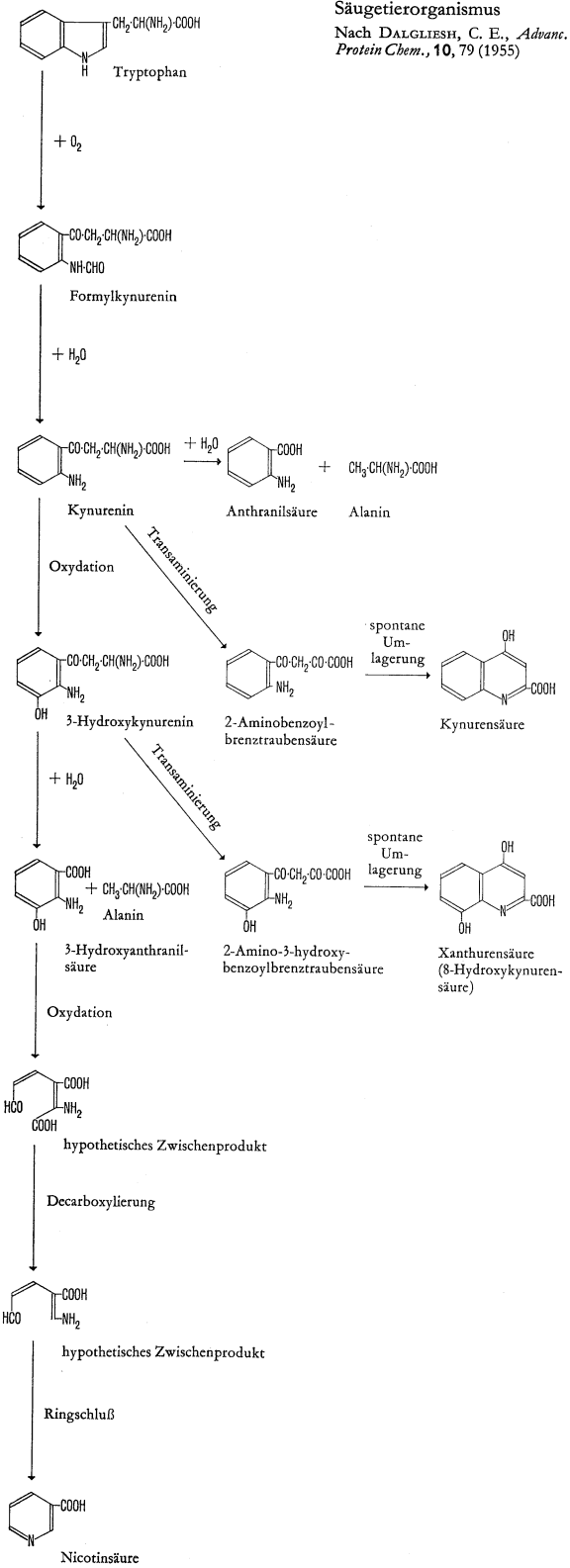


Abb. 6 Abbau von Tryptophan im Säugetierorganismus
Nach DALGLIESH, C. E., *Advanc. Protein Chem.*, **10**, 79 (1955)

eine Spaltung des Benzolrings der 3-Hydroxyanthranilsäure und Bildung eines Pyridinrings, dessen Stickstoffatom von der Aminogruppe der Anthranilsäure stammt. Die Seitenkette des Tryptophans kann in Form von Alanin auftreten. Eine Darstellung der möglichen Reaktionswege zu den verschiedenen Produkten ist in Abbildung 6 gegeben. Viele Einzelheiten sind noch unbekannt.

---

1) Für Zusammenfassungen siehe GREENBERG, D. M. (Hrsg.), *Chemical Pathways of Metabolism*, Bd. 2, New York (1954); MCELROY und GLASS (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955); MEISTER, A., *Biochemistry of the Amino Acids*, New York (1957). *2)* STRECKER und MELA, *Biochim. biophys. Acta*, **17**, 580 (1955). *3)* BACHHAWAT et al., *J. biol. Chem.*, **216**, 727 (1955); COON et al., in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 431. *4)* COON et al., *J. biol. Chem.*, **199**, 75 (1954); ROBINSON et al., *J. biol. Chem.*, **218**, 391 (1956). *5)* COON et al., in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 431; KINNORY et al., *J. biol. Chem.*, **212**, 385 (1955); ROBINSON et al., *J. biol. Chem.*, **224**, 1 (1957). *6)* CHARGAFF und SPRINSON, *J. biol. Chem.*, **151**, 273 (1943). *7)* CARROLL et al., *J. biol. Chem.*, **180**, 375 (1949). *8)* MATSUO und GREENBERG, *J. biol. Chem.*, **215**, 547 (1955). *9)* BINKLEY und OLSON, *J. biol. Chem.*, **185**, 881 (1950). *10)* GREENBERG, D. M., *Chemical Pathways of Metabolism*, Bd. 2, NewYork (1954), S. 57. *11)* BRAUNSHTEIN und WILENKINA, *C. R. Acad. Sci. U.S.S.R.*, **66**, 243 (1949). *12)* MELTZER und SPRINSON, *J. biol. Chem.*, **197**, 461 (1952). *13)* Vgl. ARNSTEIN, H. R. V., *Advanc. Protein Chem.*, **9**, 1 (1954); HUENNEKENS et al., *J. biol. Chem.*, **224**, 435 (1957). *14)* SHEMIN und RUSSELL, *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 4873 (1953). *15)* SHEMIN, D., *Harvey Lect.*, **50**, 258 (1954/55). *16)* NEUBERGER und SCOTT, *Nature*, **172**, 1093 (1953). *17)* RIMINGTON, C., *Brit. med. J.*, **2**, 189 (1956). *18)* SMYTHE, C. V., *J. biol. Chem.*, **142**, 387 (1942). *19)* FROMAGEOT, C., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 2. Teil, New York (1951), S. 1237. *20)* BINKLEY, F., *J. biol. Chem.*, **191**, 531 (1951). *21)* BORSOOK et al., *J. biol. Chem.*, **176**, 1383 (1948). *22)* ROTHSTEIN und MILLER, *J. biol. Chem.*, **206**, 243 (1954); **211**, 851 und 859 (1954). *23)* OGSTON, A. G., *Nature*, **167**, 693 (1951). *24)* UDENFRIEND und MITOMA, in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 876; MITOMA, C., *Arch. Biochem. Biophys.*, **60**, 476 (1956); KAUFMAN, S., *Biochim. biophys. Acta*, **23**, 445 (1957); KAUFMAN, S., *J. biol. Chem.*, **226**, 511 (1957). *25)* SUDA und TAKEDA, *J. Biochem. (Tokyo)*, **37**, 381 (1950); CRANDALL, D. I., *J. biol. Chem.*, **212**, 565 (1955). *26)* KNOX, W. E., in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 836; KNOX und EDWARDS, *J. biol. Chem.*, **216**, 479, 489 (1955).

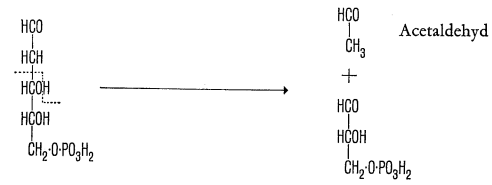
---

5. Der Abbau anderer Nahrungsmittelbestandteile als Kohlenhydrate, Fettsäuren und Proteine

Die Nahrungsmittel enthalten eine Reihe von Substanzen, die weder aus Hexosen noch aus Fettsäuren oder Aminosäuren aufgebaut sind. Einige dieser Verbindungen werden im Körper abgebaut, andere nicht. Die Bestandteile der Nucleinsäuren und Nucleotide (Pentosen, Desoxypentosen, Purin- und Pyrimidinbasen) und ein Teil des Cholesterinmoleküls werden abgebaut. Diese Verbindungen kommen in der Nahrung in so kleiner Menge vor, daß ihr Beitrag zur Energieproduktion beinahe vernachlässigt werden kann.

Pentosen, die als Ribose-5-phosphat vorkommen, können im Pentosephosphat-Zyklus (Reaktionen **3** bis **8** der Tabelle 19 auf S. 397) in Glucose-6-phosphat und Triosephosphat umgewandelt werden. Dabei liefern drei Moleküle Ribose-5-phosphat zwei Moleküle Glucose-6-phosphat und ein Molekül Glycerinaldehydphosphat.

2-Desoxyribose-5-phosphat kann durch Aldolase in Acetaldehyd und Glycerinaldehydphosphat gespalten werden[1]:



2-Desoxyribose-5-phosphat — Glycerinaldehyd-3-phosphat

Aus Acetaldehyd kann Acetylcoenzym A entstehen.

Purinbasen werden im Menschen zu Harnsäure und in den meisten Säugetieren zu Allantoin abgebaut (siehe unten). Die *Pyrimidine* zerfallen in Ammoniak, CO_2 und β-Alanin oder

(Fortsetzung auf S. 379)

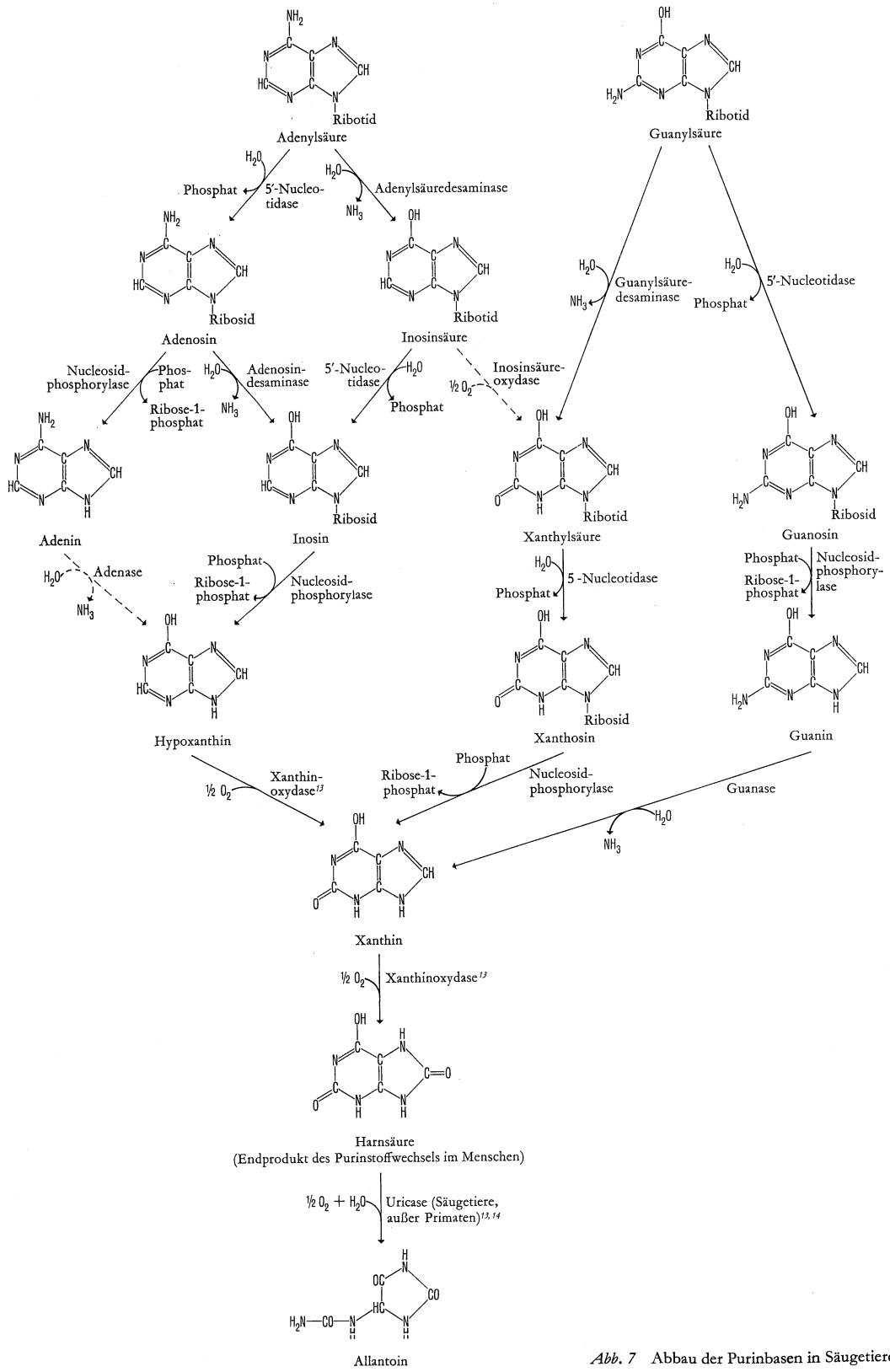
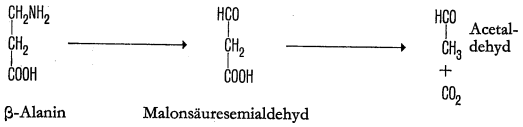


Abb. 7 Abbau der Purinbasen in Säugetieren

(Fortsetzung von S. 377)

α-Methyl-β-alanin (β-Aminoisobuttersäure) in einer weiter unten dargestellten Reihe von Reaktionen. Sowohl β-Alanin als auch α-Methyl-β-alanin können weiter oxydiert werden[2]. β-Alanin kann mit α-Ketoglutarat eine Transaminierung eingehen, wobei Malonsäuresemialdehyd entsteht, der wahrscheinlich zu Acetaldehyd oxydiert und auf diesem Wege in Acetylcoenzym A übergeführt wird[3]:



β-Alanin Malonsäuresemialdehyd

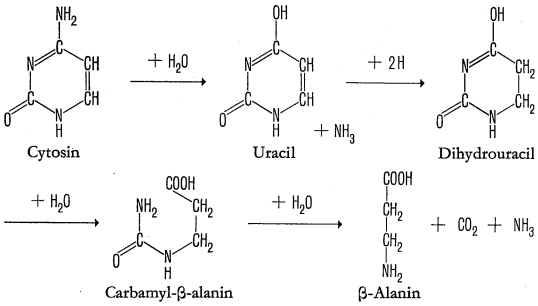
Mit α-Methyl-β-alanin als Ausgangsmaterial würde die Reaktion zu Propionaldehyd führen, der Propionylcoenzym A und schließlich Bernsteinsäure liefert.

Ungefähr 5–10% der Menschen scheiden im Harn täglich Mengen bis zu 300 mg α-Methyl-β-alanin aus[4]. Es wird angenommen, daß dies auf einem angeborenen Fehler im Metabolismus beruht. Es ist möglich, daß die Störung nicht durch das Fehlen der Abbauenzyme, sondern durch ein Versagen der Resorption in den Nierentubuli verursacht wird[5].

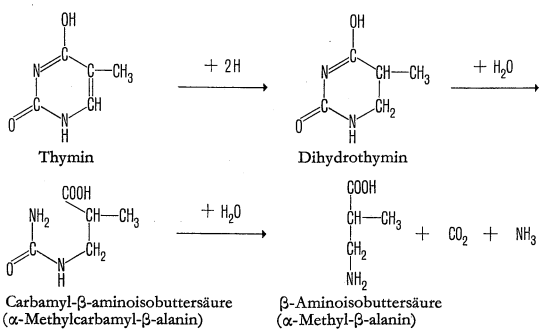
Vom *Cholesterin* wird nur die Seitenkette vollständig aufoxydiert, wobei ein spezifisches Enzym die Seitenkette unter Bildung von Isocapronsäure und Pregnenolon abspaltet[6]. Die Isocapronsäure wird darauf zu Propionsäure und Acetylcoenzym A abgebaut[7]. Das Ringgerüst des Cholesterins und der Steroide wird nicht zu CO_2 oxydiert[6].

Zu weiteren Zellbestandteilen, die im Körper nicht zu CO_2 oxydiert werden, gehören die aus Hämoglobin und Cytochromen stammenden *Eisenporphyrine,* die in Form der Gallensäuren und ihrer Derivate ausgeschieden werden, und die *Uronsäuren,* welche in den Mucinen, in der Hyaluronsäure und in der Chondroitinschwefelsäure der Knorpel und Sehnen enthalten sind.

Der Abbau der Pyrimidine. Cytosin und Uracil werden in der Leber über die folgenden Stufen zu β-Alanin abgebaut. Die Beweise für die vorgeschlagenen Reaktionen liegen noch nicht alle vor[8]:



Aus Thymin entsteht in Lebergewebe auf analogem Wege α-Methyl-β-alanin[9]. In Bakterien kommen andere Reaktionen vor[10].



Abbau der Purinbasen im Menschen und in Säugetieren[11]. Der Abbau der Purinbasen Adenin und Guanin geschieht durch hydrolytische Desaminierung und Oxydation. Durch diese beiden Reaktionstypen können sowohl die entsprechenden Nucleotide und Nucleoside wie auch die freien Purinbasen angegriffen werden. Die Desaminierung geht der Oxydation voran, doch resultieren verschiedene Abbauwege, je nachdem Desaminierung und Oxydation vor oder nach der Spaltung der Nucleotide oder Nucleoside erfolgen. Unabhängig vom Weg sind die Endprodukte des Purinabbaus immer Harnsäure im Menschen und den Primaten oder Allantoin in anderen Säugetieren. Amphibien und Fische bauen das Allantoin noch weiter zu Allantoinsäure, Harnstoff und Glyoxylsäure ab. Einige niedrigere Arten, wie die Crustaceen, können Harnstoff noch weiter in Ammoniak und Kohlensäure spalten.

Die verschiedenen Reaktionswege sind in Abbildung 7 (S. 378) zusammengestellt. Die Bedeutung der alternativen Reaktionen ist noch nicht bekannt. Rasch ablaufende und im Säugetierorganismus häufig vorkommende Reaktionen wurden durch ausgezogene, relativ langsame und seltenere durch gestrichelte Pfeile wiedergegeben.

Purindesaminasen. Adenin, Adenosin und Adenylsäure werden durch die drei Enzyme Adenase, Adenosindesaminase und Adenylsäuredesaminase zu den entsprechenden Hypoxanthinderivaten und Ammoniak hydrolytisch gespalten. Das Vorhandensein von Adenase (Adenindesaminase) in Säugetieren ist nicht gesichert. Adenosindesaminase hingegen kommt in den meisten Geweben höherer Tiere vor. Die quergestreifte Muskulatur enthält sehr viel Adenylsäuredesaminase, andere Gewebe dagegen, einschließlich der Herzmuskulatur, nur relativ wenig[12].

Drei weitere Enzyme – Guanase, Guanosindesaminase und Guanylsäuredesaminase – hydrolysieren Guanin, Guanosin und Guanylsäure zu den entsprechenden Xanthinderivaten und Ammoniak. Alle diese Enzyme kommen in vielen Geweben höherer Tiere vor.

Purinoxydasen. Purine können als Ribotide oder in Form der freien Basen oxydiert werden. Die Oxydation von Inosinsäure zu Xanthylsäure ist eine Zwischenstufe bei der Guanylsäuresynthese (siehe S. 407), spielt aber beim Purinabbau wahrscheinlich nur eine kleine Rolle, da die Hauptmenge über eine Oxydation der freien Purinbasen abgebaut wird.

Xanthinoxydase katalysiert die Oxydation von Hypoxanthin zu Xanthin und von letzterem zu Harnsäure. Das Enzym ist in der Milch und manchen Geweben vorhanden[13].

Uricase oxydiert Harnsäure zu Allantoin[13, 14] und kommt in der Leber und der Niere von Säugetieren vor, jedoch nicht beim Menschen und den Primaten.

Nucleotidhydrolasen und Nucleosidphosphorylasen. Die Spaltung der Nucleotide geschieht hydrolytisch, wobei Nucleoside und anorganisches Phosphat entstehen. In Tieren werden die Nucleoside phosphorolytisch unter Bildung von freier Purinbase und Ribose-1-phosphat gespalten. Mikroorganismen enthalten auch Nucleosidhydrolasen, die aber in höheren Tieren bis anhin noch nicht nachgewiesen werden konnten.

---

1) Racker, E., *J. biol. Chem.*, **196**, 347 (1952). *2)* Roberts und Bregoff, *J. biol. Chem.*, **201**, 393 (1953). *3)* Piehl und Fritzson, *J. biol. Chem.*, **215**, 345 (1955). *4)* Crumpler et al., *Nature*, **167**, 307 (1951). *5)* Harris, H., *An Introduction to Human Biochemical Genetics*, London (1954). *6)* Siperstein und Chaikoff, *J. biol. Chem.*, **198**, 93 (1952); Staple et al., *J. biol. Chem.*, **219**, 845 (1956). *7)* Atchley, W. A., *J. biol. Chem.*, **176**, 123 (1948). *8)* Fink et al., *J. biol. Chem.*, **197**, 441 (1952); Fink et al., *J. biol. Chem.*, **201**, 349 (1953); Fink und McGaughey, *Fed. Proc.*, **13**, 207 (1954). *9)* Fink et al., *Fed. Proc.*, **15**, 251 (1956). *10)* Hayaishi und Kornberg, *J. biol. Chem.*, **197**, 717 (1952). *11)* Für Zusammenfassungen siehe Schmidt, G., in: Chargaff und Davidson (Hrsg.), *The Nucleic Acids*, Bd. **1**, New York (1955), S. 555; Baldwin, E., *Dynamic Aspects of Biochemistry*, London (1952), S. 347. *12)* Conway und Cooke, *Biochem. J.*, **33**, 479 (1939). *13)* Mahler, H. R., *Advanc. Enzymol.*, **17**, 233 (1956). *14)* Mahler et al., *Science*, **124**, 705 (1956).

6. Übersicht über den Abbau der wichtigsten Nahrungsstoffe

Betrachtet man die Reaktionen, durch welche die Nahrungsmittelbestandteile abgebaut werden, so kann man ersehen, daß dieser Abbau in zwei Hauptstufen erfolgt. In der ersten Stufe wird das Ausgangsmaterial – die durch den Verdauungsprozeß entstandenen niedrigmolekularen Verbindungen, bestehend aus einigen Hexosen, Glycerin, etwa zwanzig Aminosäuren und einer Anzahl Fettsäuren – nur unvollständig oxydiert. Die Endprodukte dieser Oxydation sind in Tabelle 7 zusammengestellt und bestehen, unter Weglassung von Kohlendioxyd und Wasser, aus Essigsäure in Form von Acetylcoenzym A und Zwischenprodukten des Tricarbonsäure-Zyklus, wie α-Ketoglutarat, Succinat, Fumarat oder Oxalacetat. Essigsäure ist das Hauptprodukt: Zwei Drittel des Kohlenstoffs der Kohlenhydrate und des Glycerins, der ganze

Tabelle 7 Übersicht über die Produkte, die durch den ersten oxydativen Abbau der Nahrungsmittelbestandteile entstehen

Diese Reaktionen führen alle zu Acetylcoenzym A und Zwischenprodukten des Tricarbonsäure-Zyklus oder nur zu letzteren

Ausgangsmaterial	Produkte der ersten Oxydationsstufe (CO_2 weggelassen)
Glucose, andere Hexosen	2 Acetylcoenzym A
Fettsäuren (geradzahlige C-Kette mit *n* Kohlenstoffatomen)	½ *n* Acetylcoenzym A
Fettsäuren (ungeradzahlige C-Kette mit *n* Kohlenstoffatomen)	½ (*n*−3) Acetylcoenzym A 1 Succinat (über Propionylcoenzym A)
Glycerin, Alanin, Cystein, Cystin, Serin	1 Acetylcoenzym A
Glutaminsäure, Histidin, Arginin, Ornithin, Citrullin, Prolin, Hydroxyprolin	1 α-Ketoglutarat
Asparaginsäure	1 Oxalacetat
Leucin	3 Acetylcoenzym A
Isoleucin	1 Acetylcoenzym A 1 Succinat (über Propionylcoenzym A)
Valin	1 Succinat (über Methylmalonylcoenzym A)
Norleucin	1 Acetylcoenzym A
Norvalin	2 Acetylcoenzym A 1 Succinat (über Propionylcoenzym A)
α-Aminobuttersäure, Homoserin, Homocystein, Methionin	1 Succinat (über Propionylcoenzym A)
Glycin*	1 Acetylcoenzym A (über Serin)
Threonin	2 Acetylcoenzym A (eines über Glycin–Serin)
Lysin	α-Ketoglutarat, Acetylcoenzym A
Phenylalanin, Tyrosin	1 Fumarat 2 Acetylcoenzym A
Tryptophan	1 Acetylcoenzym A (über Alanin)**

* Glycin kann auch über einen besonderen Zyklus oxydiert werden (siehe S. 375).

** Es werden noch andere Produkte gebildet, die nicht oxydierbar sind (siehe S. 376).

Kohlenstoff der üblichen Fettsäuren und etwa die Hälfte des Kohlenstoffs der Aminosäuren liefern Acetylcoenzym A. Das α-Ketoglutarat entsteht aus Glutaminsäure, Histidin, Arginin, Citrullin, Ornithin, Prolin und Hydroxyprolin; das Oxalacetat aus Asparaginsäure; das Fumarat aus einem Teil des Benzolringes von Tyrosin und Phenylalanin und das Succinat aus Isoleucin, Valin, Methionin, α-Aminobuttersäure, Propionsäure und den drei endständigen Kohlenstoffatomen der Fettsäuren mit ungeradzahliger Kohlenstoffkette.

Die Endprodukte der ersten oxydativen Abbaustufe werden dann in einer zweiten Stufe vollständig aufoxydiert, was im Tricarbonsäure-Zyklus geschieht, der also den allen Nahrungsstoffen gemeinsamen letzten Oxydationsweg darstellt. Beinahe zwei Drittel der gesamten Verbrennungsenergie der Nahrungsstoffe wird während dieses Zyklus in Freiheit gesetzt.

Jeder Überschuß an Oxalacetat, der nicht als Katalysator für den Zyklus verwendet wird, kann zu Pyruvat decarboxyliert und darauf in Acetylcoenzym A übergeführt werden, welches dann der vollständigen Oxydation unterliegt.

Andere Substanzen als Kohlenhydrate, Fette oder Aminosäuren werden, sofern sie Energie liefern können, auf dem gleichen Wege wie diese abgebaut und geben Acetylcoenzym A und Zwischenprodukte des Tricarbonsäure-Zyklus oder nur die letzteren.

7. Der Mechanismus biologischer Oxydationen

Allgemeines. Die bis hier behandelten Abbaureaktionen stellen solche dar, bei denen Nahrungsmittelmoleküle durch molekularen Sauerstoff «verbrannt» werden. Diese «Verbrennung» ist jedoch nicht eine direkte Reaktion zwischen Substrat und molekularem Sauerstoff, sondern eine Elektronenverschiebung, die durch mehrere komplexe Enzymsysteme vermittelt wird und wobei Sauerstoff den letzten Elektronenakzeptor darstellt. Um die Wirkungsweise dieser Katalysatoren zu verstehen, muß daran gedacht werden, daß biologische Oxydationen in drei Typen auftreten, die im Grunde genommen ein und dieselbe Reaktion darstellen, obwohl sie auf den ersten Blick verschieden aussehen. Die drei Typen sollen durch folgende Fälle veranschaulicht werden:

Fall 1. Anlagerung von Sauerstoffatomen, zum Beispiel:

$$\underset{\text{Acetaldehyd}}{CH_3\cdot CHO} \xrightarrow{+O} \underset{\text{Essigsäure}}{CH_3\cdot COOH}$$

Fall 2. Abspaltung von Wasserstoffatomen, zum Beispiel:

$$\underset{\text{Milchsäure}}{CH_3\cdot CHOH\cdot COOH} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{Brenztraubensäure}}{CH_3\cdot CO\cdot COOH}$$

Fall 3. Überführung eines Metallions von einer niedrigeren auf eine höhere Valenzstufe unter Abspaltung von Elektronen, wie:

$$Fe^{++} \longrightarrow Fe^{+++} + e^-$$

Unter Berücksichtigung der Beteiligung von Wasser sind alle diese Fälle im Grunde identisch und bestehen in einer Abspaltung von H-Atomen:

Fall 1 kann dann wie folgt formuliert werden:

$$\underset{\text{Acetaldehyd}}{CH_3\cdot CHO} + H_2O \longrightarrow \underset{\substack{\text{Acetaldehyd-}\\\text{hydrat}}}{CH_3\cdot CH(OH)_2} \xrightarrow{-2H} \underset{\text{Essigsäure}}{CH_3\cdot COOH}$$

Fall 3 wie folgt:

$$2Fe^{++} + 2H_2O \xrightarrow{-2H} 2Fe^{+++} + 2OH^-$$

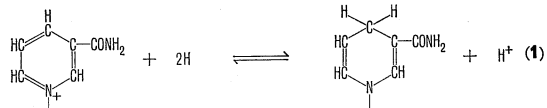
Das Gemeinsame bei allen Typen biologischer Oxydationen ist die Abspaltung von Elektronen, obwohl diese oft entweder als Abspaltung von H- (das heißt Elektron und Proton) oder als Anlagerung von O-Atomen formuliert wird. In Fällen wie bei der Oxydation eines Schwermetallkatalysators durch einen andern sind weder H- noch O-Atome beteiligt:

$$R\cdot Fe^{++} + R'\cdot Fe^{+++} \longrightarrow R\cdot Fe^{+++} + R'\cdot Fe^{++}$$

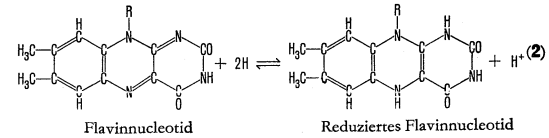
Solche Reaktionen kommen in lebenden Zellen zwischen Eisenporphyrinen (Cytochromen) vor, bei welchen die Elektronen mehr oder weniger frei von einem Fe-Atom auf das andere übertragen werden. Da es Fälle gibt, bei denen die Elektronenübertragung der einzige Vorgang ist, gilt die Formulierung der Oxydation als Übertragungsreaktion von Elektronen als allgemeinste und grundlegendste Beschreibung dieses Prozesses.

Die biologischen Oxydationen können demnach in Form der Elektronenübertragung formuliert werden; die Reaktionen, bei denen Elektronen von Substraten auf Molekularsauerstoff übergehen, werden gewöhnlich als Elektronentransportreaktionen bezeichnet.

Die Katalysatoren der biologischen Oxydationen[1]. Drei Hauptarten von Katalysatoren beteiligen sich an biologischen Oxydationen. Es sind Enzyme, die als prosthetische Gruppen Pyridinnucleotide, Flavinnucleotide oder Eisenporphyrine tragen. Diese prosthetischen Gruppen gehen reversible Oxydationen und Reduktionen ein, so daß die Katalysatoren also in mindestens zwei Formen, einer oxydierten und einer reduzierten, auftreten. Der Reduktionsmechanismus wird durch Reaktion (**1**) für ein Pyridin-, durch Reaktion (**2**) für ein Flavinnucleotid wiedergegeben:



Pyridinnucleotid — Reduziertes Pyridinnucleotid



Flavinnucleotid — Reduziertes Flavinnucleotid

Diese Reaktionen sind in Form des oben beschriebenen Falles 2 formuliert. Die Eisenatome der Eisenporphyrinenzyme werden wie im Fall 3 reversibel oxydiert und reduziert.

Während der Vermittlungsreaktionen zwischen Substrat und molekularem Sauerstoff, das heißt, wenn Elektronen (oder H-Atome) übertragen werden, reagieren diese Katalysatoren in charakteristischer Reihenfolge. Diese ist durch ihre thermodynamischen Eigenschaften bestimmt, wobei die letzteren durch die Redoxpotentiale der Katalysatoren ausgedrückt werden:

Katalysator	E_0' *(Volt)*
Sauerstoffelektrode ($H_2O \rightleftharpoons \frac{1}{2} O_2 + 2H + 2e^-$)	+ 0,81
Cytochrom C	+ 0,25[2]
Flavinnucleotide (frei)	− 0,20[2]
Pyridinnucleotide (frei)	− 0,32[2]
Wasserstoffelektrode ($H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$)	− 0,42

Wie aus den Potentialen dieser Aufstellung hervorgeht, kann reduziertes Pyridinnucleotid Reduktionsmittel für Flavinnucleotid und dessen reduzierte Form wiederum Reduktionsmittel für oxydierte Cytochrome sein. Die Reihenfolge, in welcher Elektronen vom Substrat auf molekularen Sauerstoff übertragen werden, kann durch folgende Reihe von Reaktionen ausgedrückt werden:

a) Substrat + Pyridinnucleotid → oxydiertes Substrat + reduziertes Pyridinnucleotid

b) Reduziertes Pyridinnucleotid + Flavinnucleotid → Pyridinnucleotid + reduziertes Flavinnucleotid

c) Reduziertes Flavinnucleotid + $2Fe^{+++}$-Porphyrin → Flavinnucleotid + $2Fe^{++}$-Porphyrin + $2H^+$

d) $2Fe^{++}$-Porphyrin + $2H^+ + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow 2Fe^{+++}$-Porphyrin + H_2O

Bilanz: Substrat + $\frac{1}{2} O_2$ → oxydiertes Substrat + H_2O

Von diesem Grundschema gibt es viele Varianten, weil es erstens zwei Pyridinnucleotide, viele Flavoproteine (einige davon Eisen oder Molybdän enthaltend) und viele Eisenporphyrine gibt, weil zweitens andere Reaktionstypen, wie

Flavoprotein 1 + reduziertes Flavoprotein 2 → reduziertes Flavoprotein 1 + Flavoprotein 2

oder

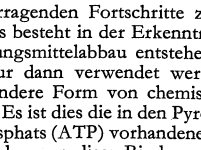
Ferroporphyrin 1 + Ferriporphyrin 2 → Ferriporphyrin 1 + Ferroporphyrin 2

in die obige Folge eingeschaltet sein können und weil schließlich drittens noch weitere Katalysatoren beteiligt sein können. Man hat Anhaltspunkte, daß sowohl Vitamin E als auch Vitamin K Anteil am Wasserstofftransport haben[3].

1) Zusammenfassungen siehe Ball, E. G., *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **45**, 363 (1944); Herbert, D., *Ann. Rep. Progr. Chem.*, **47**, 335 (1951); Slater, E. C., *Proceedings of the Third International Congress of Biochemistry, Brussels 1955*, New York (1956), S. 264; Mahler und Green, *Science*, **120**, 7 (1954); Mahler, H. R., *Proceedings of the Third International Congress of Biochemistry, Brussels 1955*, New York (1956), S. 252. *2)* Werte von Burton, K., in: Krebs und Kornberg, *Ergebn. Physiol.*, **49**, 212 (1957). *3)* Martius, C., *Biochem. Z.*, **326**, 26 (1954); Martius und Nitz-Litzow, *Biochem. Z.*, **327**, 1 (1955); Martius, C., *Proceedings of the Third International Congress of Biochemistry, Brussels 1955*, New York (1956), S. 1.

8. Die Schlüsselstellung des Adenosintriphosphats (ATP) bei biologischen Energieumwandlungen[1]

Einer der hervorragenden Fortschritte zum Verständnis des Energiestoffwechsels besteht in der Erkenntnis der Tatsache, daß die aus dem Nahrungsmittelabbau entstehende Energie für die meisten Zwecke nur dann verwendet werden kann, wenn sie zuerst in eine besondere Form von chemischer Energie umgewandelt worden ist. Es ist dies die in den Pyrophosphatbindungen des Adenosintriphosphats (ATP) vorhandene Energie, die dann in Freiheit gesetzt wird, wenn diese Bindungen zu anorganischem Orthophosphat (P) und Pyrophosphat (PP), Adenosindiphosphat (ADP) und Adenosinmonophosphat (Adenylsäure, AMP) hydrolysiert werden:



Pyrophosphatbindungen liefern bei der Hydrolyse mehr freie Energie (11–13 kcal je nach den Bedingungen) als Phosphatesterbindungen (2–4 kcal), weshalb die ersteren auch als «energiereich» bezeichnet werden. Die Hydrolyse der Pyrophosphatbindungen von ATP liefert die notwendige Energie für die verschiedenen Aktivitäten der lebenden Zellen, wie Muskelkontraktion, Sekretion, Nerventätigkeit und Synthese von Zellbestandteilen.

Die während der Zelltätigkeit aufgelösten Pyrophosphatbindungen werden mittels der aus den Nahrungsstoffen erhaltenen Energie wiederhergestellt. Die Synthese des Pyrophosphats kann eigentlich als das erste wichtige Ziel der biologischen Energieumwandlungen betrachtet werden. Als Vermittler zwischen dem Aufbau der Pyrophosphatbindungen und dem Abbau der Nahrungsstoffe werden besondere chemische Reaktionsmechanismen benötigt. Während offensichtlich der Nahrungsmittelabbau über viele hundert Stufen verläuft, sind bei der Vermittlung zwischen diesem Abbau und dem Aufbau der Pyrophosphatbindungen dank einer besonderen Kombination der Stoffwechselprozesse nur einige wenige Zwischenstufen beteiligt. Im gesamten kennt man sechs Typen von Reaktionen, durch welche Energie für die ATP-Synthese geliefert wird. Zwei derselben kommen bei der anaeroben Glycolyse vor: Durch die Umwandlung eines Moleküls Glucose in zwei Moleküle Milchsäure werden zwei Moleküle ATP aus ADP und anorganischem Phosphat aufgebaut (siehe Tabelle 3, S. 367). Unter allen Oxydationen gibt es nur vier Stufen, bei denen ATP synthetisiert wird. Der oxydative Abbau des Substrates selbst, das heißt die Abspaltung zweier H-Atome und ihre Übertragung auf Pyridinnucleotid, liefert gewöhnlich keine Energie. Freie Energie tritt erst auf, wenn Wasserstoffatome oder Elektronen von Pyridinnucleotiden durch die nebenstehend beschriebenen Reaktionen b, c und d auf molekularen Sauerstoff übertragen werden. Jede dieser drei Stufen liefert eine Pyrophosphatbindung («oxydative Phosphorylierung»). Die vierte, von einer Phosphorylierung begleitete Zwischenstufe des oxydativen Stoffwechsels besteht aus Reaktionen vom Typus a mit einer α-Ketosäure als Substrat. Ist bei Reaktionen dieses Typus a das Substrat keine α-Ketosäure, so liefern sie keine nennenswerten Energiemengen und kommen also für die Synthese von Pyrophosphatbindungen nicht in Frage.

Der Chemismus für die Vermittlung zwischen der Synthese der Pyrophosphatbindungen und den Reaktionen b, c und d ist nicht bekannt. Man hat einige Anhaltspunkte über den Mechanismus zwischen der ATP-Synthese und den Reaktionen vom Typus a mit α-Ketosäuren als Substraten. Es wird in diesem Fall aus der α-Ketosäure über die für Pyruvat auf S. 369 beschriebene Reaktionsreihe ein Acylcoenzym-A-Derivat gebildet. Aus α-Ketoglutarat entsteht also Succinylcoenzym A, das dann wie folgt weiterreagiert:

Succinylcoenzym A + Guanosindiphosphat + P → Succinat + Coenzym A + Guanosintriphosphat

Bei dieser Reaktion kann vielleicht Phosphorylsuccinat oder Phosphorylcoenzym A als Zwischenprodukt auftreten. Keines von beiden konnte jedoch bis jetzt identifiziert werden[2]. Guanosintriphosphat kann Phosphat auf ADP übertragen:

Guanosintriphosphat + ADP → Guanosindiphosphat + ATP

Adenosintriphosphat enthält zwei «energiereiche» Pyrophosphatbindungen. Es ist möglich, daß nur die endständige Bindung als unmittelbare Energiequelle dient oder direkt resynthetisiert werden kann. Die zweite Pyrophosphatbindung wird zur Rephosphorylierung von Adenosindiphosphat benützt:

$2\,ADP \rightleftharpoons AMP + ATP$

Diese Reaktion wird durch das in allen Geweben vorhandene Enzym Adenylsäurekinase (auch Myokinase genannt) katalysiert. Die Bilanz dieser Reaktion plus eine Hydrolyse von ATP zu ADP + P kommt einer Hydrolyse von ADP zu AMP + P gleich. Umgekehrt stellt diese Reaktion einen Mechanismus für die Rephosphorylierung von AMP dar.

1) Für Zitate siehe Krebs und Kornberg, *Ergebn. Physiol.*, **49**, 212 (1957). *2)* Sanadi et al., *Biochim. biophys. Acta*, **13**, 146 (1954); **14**, 434 (1954); Kaufman, S., *J. biol. Chem.*, **216**, 153 (1955); Cohn, M., *Biochim. biophys. Acta*, **20**, 92 (1956).

Verdauungsenzyme

In diesem Kapitel sind diejenigen spezifischen Enzyme beschrieben, deren gemeinsame Aktivität den Verdauungsprozeß bewirkt. Jedes dieser Enzyme katalysiert die Hydrolyse einer Verbindung oder einer Reihe nahe verwandter Substanzen. (Für eine allgemeine Übersicht über Enzyme und Enzymaktivität siehe S. 361–364.)

1. Proteolytische Enzyme (Proteasen)

Diese Enzyme katalysieren die hydrolytische Spaltung von Peptidbindungen:



Man kann sie in zwei Klassen einteilen:

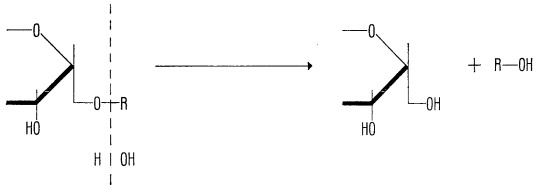
a) *Endopeptidasen.* Diese reagieren mit Proteinen oder Peptiden unter hydrolytischer Spaltung «innerer» Peptidbindungen, das heißt solchen, die sich von den Enden der Peptidketten entfernt befinden.

b) *Exopeptidasen.* Diese katalysieren die Hydrolyse endständiger Peptidbindungen, wobei sie auf Peptide spezifisch sind, die eine oder mehrere freie, endständige α-Amino- oder α-Carboxylgruppen tragen.

Vertreter beider Klassen von Proteasen kommen in den Geweben von Säugetieren weit verbreitet vor. Diejenigen des Verdauungstraktes sind in den Tabellen 10 und 11 (S. 383–387), jene der anderen Gewebe in Tabelle 12 (S. 387 und 388) zusammengestellt.

2. Glycosidasen

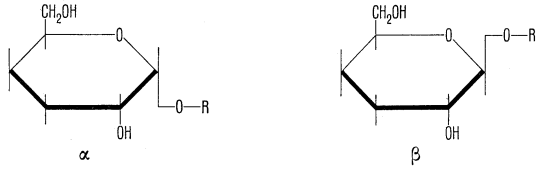
Diese Enzyme verdauen Kohlenhydrate, wobei sie die Hydrolyse der Glycosidbindungen katalysieren:



Einige Glycosidasen greifen nur die Bindungen von Polysacchariden an (Polysaccharidasen), andere nur diejenigen von Kohlenhydraten mit niedrigerem Molekulargewicht (Oligosaccharidasen). Es hängt von einer Reihe von Faktoren ab, ob eine Glycosidase mit einer bestimmten Bindung reagiert. Die wichtigsten dieser Faktoren sind:

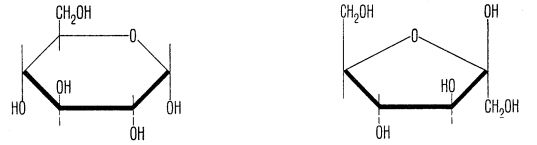
a) Die Art des Monosaccharids, das die reduzierende Gruppe für die Glycosidbindung liefert. So reagieren zum Beispiel verschiedene Enzyme mit Glucosiden oder Galactosiden.

b) Die Konfiguration (α oder β) des die reduzierende Gruppe tragenden Kohlenstoffatoms:



c) Die Konfiguration (D- oder L-) des die reduzierende Gruppe tragenden Monosaccharids. Im allgemeinen spalten Glycosidasen von Säugetieren nur Bindungen der D-Gruppe.

d) Die Größe des heterozyklischen Zuckerringes. Gewöhnlich reagieren die Glycosidasen der Aldohexoside auf Bindungen mit der Aldose als Pyranose, während die Glycosidasen der Ketohexoside das Substrat nur in Form der Furanose angreifen:



Pyranosering (zum Beispiel Glucose) Furanosering (zum Beispiel Fructose)

Die allgemeinen Eigenschaften der Glycosidasen von Säugetieren sind in der Tabelle 13 (S. 388–390) beschrieben.

3. Lipasen und Esterasen

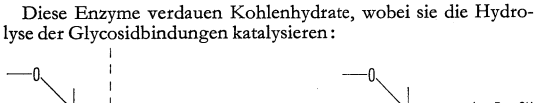
Fette und andere Ester werden durch Enzyme hydrolysiert, die sich in *Lipasen* und *Esterasen* unterteilen lassen, wobei erstere die Ester kurz- und langkettiger Fettsäuren mit Glycerin, also auch Fette, spalten, während die letzteren auf Fette nur langsam einwirken, dafür aber Ester anderer Säuren und Alkohole hydrolysieren. Das allgemeine Reaktionsschema für diese Enzyme kann wie folgt dargestellt werden:

Ester Fettsäure Alkohol

Die Lipasen des Gastrointestinaltraktes sind in Tabelle 14 (S. 390) zusammengestellt. Serum, Leucocyten, Erythrocyten, Liquor cerebrospinalis, Milch, Pleuraexsudate, Lymphe, Leber, Gehirn, Muskeln, Testes usw. enthalten andere Lipasen, die ähnlich wie diejenigen des Verdauungstraktes Fette und Ester kurzkettiger Fettsäuren spalten[1].

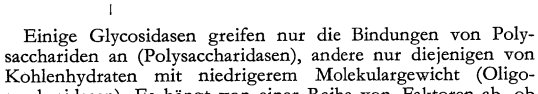
Phosphatasen. Die Gewebe von Säugetieren enthalten eine Anzahl unspezifischer Esterasen, die noch nicht in reiner Form isoliert werden konnten. Einige dieser Enzyme katalysieren die Hydrolyse von Estern kurzkettiger Fettsäuren, andere die Ester vom Typus R·OR′, wobei R kein Carbonsäurerest ist. Die größte Anzahl dieser letzteren gehört in die Gruppe der *Phosphatasen*[2], die wie folgt eingeteilt werden können:

a) *Phosphomonoesterasen* hydrolysieren Monoester der Phosphorsäure:

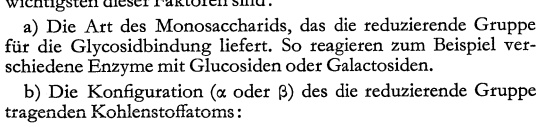


Auf diese Art wird zum Beispiel Glucose-6-phosphat zu Glucose und Phosphat hydrolysiert.

b) *Phosphodiesterasen* hydrolysieren Substrate, wie Nucleinsäuren oder synthetisches Diphenylphosphat, unter Spaltung von nur einer Esterbindung:



c) *Pyrophosphatasen* spalten die Pyrophosphatbindungen von Salzen und Estern der Pyrophosphorsäure:

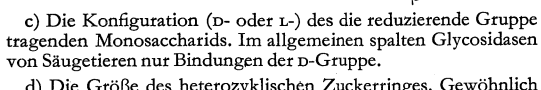


d) *Metaphosphatasen* hydratisieren Metaphosphat zu Orthophosphat:

$$(HPO_3)_n + nH_2O \rightarrow nH_3PO_4$$

Ihr Vorkommen im Organismus von Säugetieren ist nicht erwiesen.

Sulfatasen[3]. Diese Enzyme katalysieren die Hydrolyse der Schwefelsäureester:



Diese können nach der Art der von ihnen gespaltenen Schwefelsäureester weiter unterteilt werden.

Die allgemeinen Esterasen sind in der Tabelle 15 (S. 391 und 392), die auf Phospholipide und deren Stoffwechselprodukte wirkenden in der Tabelle 16 (S. 393) zusammengestellt.

4. Ribonucleasen und Desoxyribonucleasen

Ribonucleasen (RNSasen) und Desoxyribonucleasen (DNSasen) katalysieren die Spaltung von Ribonucleinsäure (RNS) und Desoxyribonucleinsäure (DNS) (Tabelle 17, S. 394). Sie kommen in beinahe, wenn nicht sogar allen Geweben vor[4].

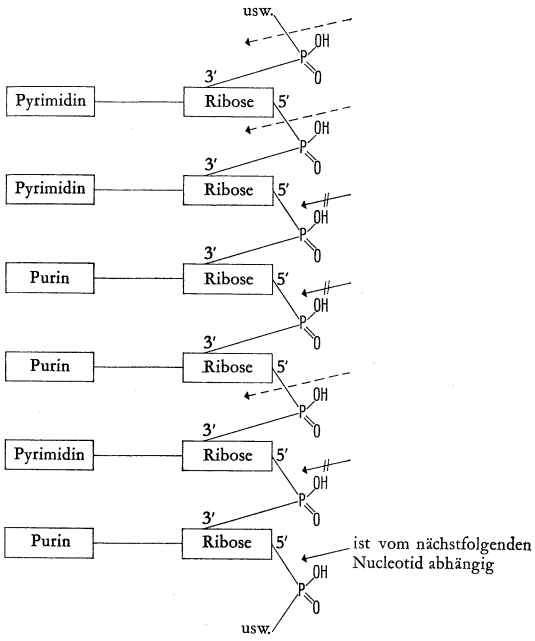


Abb. 8 Die Spezifität von Pancreas-RNSase

5'-Esterbindungen, die gespalten werden, sind mit - - - →, nichtgespaltene mit —//→ bezeichnet. Das Enzym greift 3'-Esterbindungen nicht an

Von den RNSasen ist nur die Pancreas-RNSase eingehend untersucht worden. Das Enzym ist eine spezifische Phosphodiesterase und hydrolysiert bestimmte Phosphoresterbindungen der RNS, nicht aber diejenigen der DNS. Die Endprodukte nach längerer Einwirkung von Pancreas-RNSase sind 3'-Uridylsäure, 3'-Cytidylsäure und eine große Anzahl dialysierbarer Polynucleotide von verschiedenem Polymerisationsgrad. Die endständigen Glieder dieser Polynucleotide sind durchweg entweder 3'-Uridylsäure oder 3'-Cytidylsäure. Dies und weitere Anhaltspunkte weisen darauf hin, daß RNSase Pyrimidinnucleosid-3'-phosphodiester spezifisch hydrolysiert, wobei das entsprechende Pyrimidinnucleosid-3'-phosphat (Phosphomonoester) entsteht. Der Angriffsmodus dieses Enzyms auf einen hypothetischen Teil eines RNS-Moleküls ist in Abbildung 8 dargestellt. Daten über die Spezifität von RNSasen anderer Gewebe als Pancreas sind nicht bekannt.

In verschiedenen Geweben kommen mehrere Arten von DNSasen vor, von denen die Pancreas-DNSase am gründlichsten untersucht worden ist. Das Enzym ist eine spezifische Phosphodiesterase, die gewisse Phosphoresterbindungen der DNS hydrolysiert, RNS aber nicht angreift. Die Endprodukte nach längerer Einwirkung von DNSase auf DNS sind in der Hauptsache Tri- und Dinucleotide, neben kleineren Mengen von Mononucleotiden und anderen Polynucleotiden. Die Endglieder der Polynucleotide und alle Mononucleotide sind durchweg 5'-Nucleotide. Dies zeigt, daß Pancreas-DNSase Nucleosid-5'-phosphodiester spezifisch unter Bildung der entsprechenden Nucleosid-5'-phosphate hydrolysiert (Abb. 9). Das Enzym zeigt auch Purin- und Pyrimidinselektivität, wobei aber weder Art noch Grad dieser Spezifität zur Zeit bekannt sind.

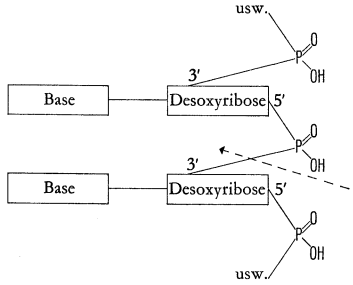


Abb. 9 Die Spezifität von Pancreas-DNSase

Die vom Enzym gespaltenen Esterbindungen sind mit - - - → bezeichnet

Die Reaktionsprodukte der RNSase- und DNSase-Einwirkung werden im folgenden durch Phosphodiesterasen und Phosphatasen (siehe Tabelle 17, S. 394) weiter zu Nucleotiden und Nucleosiden abgebaut. Diese liefern durch Phosphorolyse Purine, Pyrimidine und Pentose-1-phosphat, durch Hydrolyse Purine, Pyrimidine, Pentose und anorganisches Phosphat.

---

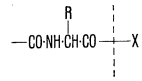
1) Zusammenfassung siehe AMMON und JAARMA, in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 390. *2*) Zusammenfassung siehe ROCHE, J., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. I, 1. Teil, New York (1950), S. 473. *3*) Zusammenfassung siehe FROMAGEOT, C., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 517. *4*) Siehe SCHMIDT, G., in: CHARGAFF und DAVIDSON (Hrsg.), *The Nucleic Acids*, Bd. 1, New York (1955), S. 555; DAVIDSON, J. N., *The Biochemistry of the Nucleic Acids*, 2. Aufl., London (1954); LASKOWSKI, M., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. I, 2. Teil, New York (1951), S. 956; MCDONALD, M. R., in: COLOWICK und KAPLAN (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 427.

Tabelle 10 Proteasen und Proteasenvorstufen des Gastrointestinaltraktes (Literatur siehe S. 385)

Enzym	Vorkommen	Approx. Mol.-Gew.	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Pepsinogen	Hauptzellen der Magenschleimhaut	42000	–	–	Nichtenzymatische Vorstufe des Pepsins, in welches es autokatalytisch durch Pepsin bei pH < 6 unter Verlust eines «Pepsininhibitors» vom ungefähren Mol.-Gew. 5000[2] übergeht
Pepsin	Im Magensaft	36000	1,8–3,8 Hängt von der Art des Substrats und des Säureanions ab[3]	—CO·NH·CH·CO—NH·CH·CO— (R, R') wobei R' = *p*-Hydroxybenzyl oder Benzyl (aus L-Tyrosin oder L-Phenylalanin)	Greift die meisten Proteine an, ausgenommen einige Protamine und Keratine. Denaturierte Proteine werden rascher angegriffen als native, auch ist der pH-Bereich für die ersteren weiter. Es wird angenommen, daß der erste Schritt zur Peptidhydrolyse in einer Streckung der Peptidkette besteht

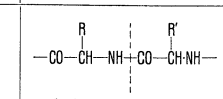
* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Peptiden untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[4].

Tabelle 10 Proteasen und Proteasenvorstufen des Gastrointestinaltraktes *(Fortsetzung)* (Literatur siehe S. 385)

Enzym	Vorkommen	Approx. Mol.-Gew.	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Chymosin (Rennin)	Im Magen junger Tiere	40000	Milchgerinnung: etwa 5 Proteolyse (Hämoglobin): 3,7	Dürfte die Phosphoamidbindungen von Phosphoserin und Phosphothreonin hydrolysieren. Kristallisiertes Chymosin zeigt Phosphoamidase- und Phosphataseaktivität[4]	Bewirkt Milchgerinnung und setzt Peptone aus dem in der Milch enthaltenen α-Casein frei
Trypsinogen	Im Pancreas	23700[5]	–	–	Nichtenzymatische Vorstufe des Trypsins, in welches es durch Enterokinase und autokatalytisch durch Trypsin umgewandelt wird. Während dieser Umwandlung wird ein Fragment, das wahrscheinlich die Struktur eines Valyl-(Asparaginyl)$_4$-Lysins hat, vom N-Ende des Trypsinogens durch Spaltung einer Lysyl-isoleucyl-Bindung abgetrennt[6]
Enterokinase	Im Dünndarm	–	etwa 6	Verwandelt Trypsinogen in Trypsin + ein kleines Fragment + ein inertes Protein	Die Bildung des inerten Proteins wird durch Ca^{++} unterdrückt; die gebildete Menge hängt vom pH ab[7]
Trypsin	Im Dünndarm	23800	7–8	 wobei R = δ-Guanidino-*n*-propyl oder ε-Amino-*n*-butyl (aus L-Arginin oder L-Lysin). Kann auch Ester des Arginins oder Lysins hydrolysieren[8]	Kann auf vielerlei Arten von Proteinen einwirken, reagiert aber schneller mit denaturierten als mit nativen Proteinen. Keine Milchgerinnung, hingegen Verkürzung der Blutgerinnungszeit. Ca^{++} steigern die Aktivität
α-Chymotrypsinogen	Im Pancreas	22500	–	–	Nichtenzymatische Vorstufe der Chymotrypsine, in welche es durch Trypsin und autokatalytisch durch Chymotrypsine umgewandelt wird. Es wird angenommen[9], daß die Verwandlung von α-Chymotrypsinogen in δ-Chymotrypsin unter aufeinanderfolgender Einwirkung von Trypsin und Chymotrypsin auf die in den zyklischen α-Chymotrypsinogenmolekülen enthaltene Peptidfolge [–Leucin–Serin–Arginin–Isoleucin–] erfolgt. Trypsin greift die Arginyl-isoleucyl-Bindung unter Bildung von π-Chymotrypsin an, worauf durch Autolyse der Leucyl-seryl-Bindung δ-Chymotrypsin gebildet wird. Bei dieser Reaktion entsteht Serylarginin. Autolytische Spaltung einer Tyrosyl-alanyl-Bindung des δ-Chymotrypsins liefert dann α-Chymotrypsin, welches das normalerweise vorherrschende Enzym des Pancreassaftes darstellt
Chymotrypsinogen B	Im Pancreas	22500	–		Liefert bei Aktivierung mit Trypsin Chymotrypsin B. Unterscheidet sich von α-Chymotrypsinogen durch verschiedene elektrophoretische Wanderungsgeschwindigkeit und Affinität zu Kunstharzen[10]

* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Peptiden untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[4].

Tabelle 10 Proteasen und Proteasenvorstufen des Gastrointestinaltraktes *(Schluß)*

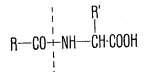
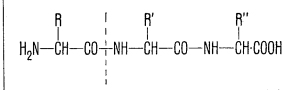
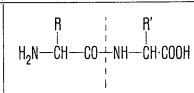
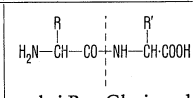
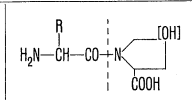
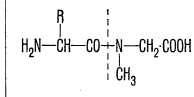
Enzym	Vorkommen	Approx. Mol.-Gew.	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Chymotrypsine: π	Im Pancreas	–	–	In seiner Wirkung ähnlich wie α-Chymotrypsin	Erstes Produkt der tryptischen Verdauung von α-Chymotrypsinogen. Sehr unstabil und nur bei niedriger Temperatur zu isolieren. Geht rasch in δ- und α-Chymotrypsin über. 2–2½fache Aktivität von α-Chymotrypsin
δ	Im Pancreas	–	–	In seiner Wirkung ähnlich wie α-Chymotrypsin	Aus π-Chymotrypsin durch Abspaltung von Serylarginin. Instabil. Ungefähr 1½fache Aktivität von α-Chymotrypsin
α	Im Pancreas	21500	etwa 8	 wobei R′ = *p*-Hydroxyphenyl aus Tyrosin. Ist die R′·CH·(NH)·CO-Gruppe ein Phenylalanin-, Tryptophan- oder Methioninrest, besteht verminderte Aktivität. Spaltung von C–C-Bindungen wurde auch beobachtet[11]	Vorherrschendes Chymotrypsin im Pancreassekret. Bewirkt im Unterschied zu Trypsin Milch-, aber nicht Blutgerinnung
β	Im Pancreas	30000 (wahrscheinlich als Dimeres)	etwa 8	In seiner Wirkung ähnlich wie α-Chymotrypsin	Entsteht durch partielle Autolyse von α-Chymotrypsin. Unterscheidet sich von α-Chymotrypsin durch Kristallform, Löslichkeit und Inaktivierungsgeschwindigkeit durch Säuren, Alkalien und Harnstoff[12]
γ	Im Pancreas	27000 (wahrscheinlich als Dimeres)	etwa 8	In seiner Wirkung ähnlich wie α-Chymotrypsin	Wahrscheinlich ein Produkt weiterer Autolyse von β-Chymotrypsin
B	Im Pancreas	22500	etwa 8	In seiner Wirkung ähnlich wie α-Chymotrypsin	Unterscheidet sich vom α-Enzym durch Kristallform und elektrophoretische Beweglichkeit. Zeigt gegenüber Casein geringere Aktivität als α-Chymotrypsin

* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Peptiden untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[1].

1) Siehe Bergmann, M., *Advanc. Enzymol.*, **2**, 49 (1942); Fruton, J.S., *Ann. Rev. Biochem.*, **16**, 35 (1947). *2)* Herriott, R. M., *J. gen. Physiol.*, **24**, 325 (1940/41). *3)* Masch und Huchting, *Hoppe-Seyl. Z. physiol. Chem.*, **301**, 49 (1955). *4)* Holter und Li, *Acta chem. scand.*, **4**, 1321 (1950); Mattenheimer et al., *Helv. chim. Acta*, **35**, 1970 (1952). *5)* Tietze, F., *J. biol. Chem.*, **204**, 1 (1953). *6)* Davie und Neurath, *J. biol. Chem.*, **212**, 515 (1955); Desnuelle und Fabre, *Biochim. biophys. Acta*, **18**, 49 (1955). *7)* McDonald und Kunitz, *J. gen. Physiol.*, **25**, 53 (1941/42). *8)* Neurath und Schwert, *Chem. Rev.*, **46**, 69 (1950). *9)* Fruton und Mycek, *Ann. Rev. Biochem.*, **25**, 57 (1956). *10)* Laskowski, M., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 8. *11)* Doherty, D. G., *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 4887 (1955). *12)* Smith, E. L., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 2. Teil, New York (1951), S. 793.

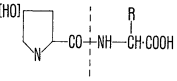
Tabelle 11 Exopeptidasen und Exopeptidasenvorstufen des Gastrointestinaltraktes[1] (Literatur siehe S. 387)

Im Gastrointestinaltrakt konnte eine große Anzahl verschiedener Exopeptidasen aufgefunden werden. Sie unterscheiden sich untereinander hauptsächlich durch verschiedene Spezifität synthetischen Peptiden gegenüber. Nur wenige davon konnten weitgehend gereinigt werden, und die hier gegebene Aufstellung von Exopeptidasen ist nicht vollständig. Zweifellos gibt es noch viele, die zu isolieren und zu untersuchen sein werden

Enzym	Vorkommen	Approx. Mol.-Gew.	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Procarboxypeptidase	Im Pancreas	96000	–	–	Nichtenzymatische Vorstufe der Carboxypeptidase. Ist saurer als diese und wird durch Trypsin in Carboxypeptidase und Fragmente gespalten. Die ganze latente Carboxypeptidaseaktivität der Procarboxypeptidase findet sich in dem kleineren Carboxypeptidasefragment, während das größere Fragment enzymatisch inaktiv ist[2]
Carboxypeptidase	Im Pancreas	34000[2–4]	7,5–8,5	 Nicht sehr spezifisch, aber am aktivsten, wenn R′ = Benzyl aus Phenylalanin. Reagiert auch, wenn R′ aus Tyrosin > Tryptophan > Leucin > Methionin > Isoleucin > Alanin > Glycin stammt. Endständiges Carboxyl muß frei sein; kann auch die Anwesenheit ungeladener Aminogruppen voraussetzen	Enthält Zn^{++} als wichtigen Bestandteil[4]. Stark gehemmt durch Sulfid, Cyanid und Jodacetat. Sulfhydrylgruppen in Protein notwendig für Aktivität. Wird auch gehemmt durch aromatische D-Aminosäuren, heterozyklische Carbonsäuren und am wirksamsten durch β-Phenylpropionsäure
Aminotripeptidase (Tripeptidase)	Im Dünndarm[5]	–	7,5–8,5	 Hydrolysiert verschiedenste Tripeptide. Freie Aminogruppe Voraussetzung	Hydrolysiert Tripeptide an der der freien Aminogruppe benachbarten Bindung unter Bildung einer freien Aminosäure und eines Dipeptids. Reagiert kaum oder gar nicht mit Tetra- und Dipeptiden
L-Leucinaminodipeptidase	Im Dünndarm	–	Wahrscheinlich etwa 8	 Nicht sehr spezifisch, aber am aktivsten, wenn R = L-Leucin-Rest. Greift auch Polypeptide an, diese aber langsamer	Durch Mg^{++} oder Mn^{++} aktiviert, gehemmt durch Anionen, die Mg^{++} oder Mn^{++} binden, wie Citrat, Äthylendiamintetraacetat oder Pyrophosphat. Von Reagenzien nicht beeinflußt, die mit Sulfhydrylgruppen reagieren
Glycyl-glycin-dipeptidase[6]	Im Dünndarm	–	etwa 8	 wobei R = Glycin- oder Sarkosinrest, R′ = Glycinrest	Wahrscheinlich ein Metallenzym, enthält Co^{++} als wichtigen Bestandteil. Das Co^{++} soll unter Bildung von Chelatkomplexen die Brücke zwischen dem Enzym und seinen Substraten bilden
Glycyl-L-leucin-dipeptidase[7]	Im Dünndarm	–	etwa 8	Optimal spezifisch für L-Leucin. Hydrolysiert auch Sarkosyl-L-leucin	Aktiviert durch Mn^{++}
Imidodipeptidase (Prolidase)	Im Dünndarm	–	etwa 8	 oder 	Hydrolysiert nur Peptidbindungen mit sekundären Aminen. Aktiviert durch Mn^{++}. Durch Jodacetamid und *p*-Chloromerkuribenzoat nur bei Abwesenheit von Mn^{++} stark gehemmt. Dies deutet darauf hin, daß das Mn^{++} an eine Sulfhydrylgruppe des Proteins gebunden ist[8]

* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Peptiden untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[2].

Tabelle 11 Exopeptidasen und Exopeptidasenvorstufen des Gastrointestinaltraktes[1] *(Schluß)*

Enzym	Vorkommen	Approx. Mol.-Gew.	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Imino-dipeptidase (Prolinase)	Im Dünndarm	–	etwa 8	 wobei R = beliebiger Aminosäurerest außer Glutamin- oder Asparaginsäure	Hydrolysiert Dipeptide, die am endständigen N Prolin- oder Hydroxyprolinreste tragen. Aktiviert durch Mn^{++}

* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Peptiden untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[2].

1) Für eine Übersicht siehe SMITH, E. L., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 2. Teil, New York (1951), S. 793. 2) BERGMANN, M., *Advanc. Enzymol.*, **2**, 49 (1942); FRUTON, J. S., *Ann. Rev. Biochem.*, **16**, 35 (1947). 3) SMITH et al., *J. biol. Chem.*, **180**, 33 (1949). 4) VALLEE und NEURATH, *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 5006 (1954). 5) ÅGREN, G., *Acta physiol. scand.*, **9**, 248, 255, 269 (1945). 6) SMITH, E. L., in: COLOWICK und KAPLAN (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 107. 7) SMITH, E. L., in: COLOWICK und KAPLAN (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 105. 8) SMITH et al., in: MCELROY und GLASS (Hrsg.), *The Mechanism of Enzyme Action*, Baltimore (1954), S. 291.

Tabelle 12 Proteasen anderer Gewebe, mit Ausnahme des Gastrointestinaltraktes (Literatur siehe S. 388)

Es ist seit langem bekannt, daß außer dem Gastrointestinaltrakt auch andere Gewebe proteolytische Enzyme enthalten, da beim Tod der Tiere weitgehender Abbau der Gewebeproteine eintritt. Die Gewebeproteinasen werden als Kathepsine bezeichnet und kommen in den meisten Geweben vor, in Leber, Milz und Niere aber besonders angereichert. Außer diesen Proteasen, die erst teilweise gereinigt werden konnten, enthalten die Gewebe noch Exopeptidasen, welche ähnlich oder gleich wie diejenigen des Gastrointestinaltraktes aufgebaut sind. Die Zusammenstellung der Endo- und Exopeptidasen enthält nur die gut charakterisierbaren Enzyme, auch fehlen diejenigen der Dehydropeptide und der Acylpeptide (Acylase I und II)

Enzym	Vorkommen	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Kathepsin A	In den meisten tierischen Geweben, besonders in Leber, Milz und Niere. Haut, Uterus, Lunge, Muskeln und Gehirn zeigen geringe Aktivität[1]	5,6	In seiner Wirkung wie Pepsin	Alter Name: Kathepsin I. Benötigt keinen Aktivator
Kathepsin B		etwa 5	In seiner Wirkung wie Trypsin	Alter Name: Kathepsin II. Aktiviert durch Verbindungen mit Sulfhydrylgruppen
Kathepsin C		etwa 5 für Proteolyse; etwa 7 für Transamidierungen	In seiner Wirkung wie Chymotrypsine	Aktiviert durch Verbindungen mit Sulfhydrylgruppen. Wirkt bei pH 7 als Transamidase: Reagiert das Enzym mit einem Peptidamid, so kann die durch Wasser abgespaltene NH_2-Gruppe nicht nur auf H^+ (wobei unter normaler Hydrolyse Ammoniak entsteht), sondern auch auf andere NH_2-Akzeptoren, wie das H-Atom einer anderen NH_2-Gruppe, übertragen werden. Auf diese Weise entstehen zum Beispiel aus Glycyl-L-phenylalaninamid $NH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CO{\cdot}NH{\cdot}CH(CH_2{\cdot}C_6H_5){\cdot}CO{\cdot}NH_2$ über sukzessive Transamidierungen[2] unlösliche Polypeptide: $NH_2{\cdot}R{\cdot}CO{\cdot}NH_2 + NH_2{\cdot}R{\cdot}CO{\cdot}NH_2 \rightarrow NH_2{\cdot}R{\cdot}CO{\cdot}NH{\cdot}R{\cdot}CO{\cdot}NH_2 + NH_3$
Carboxy-peptidase	In den meisten tierischen Geweben	etwa 7	Gleiche Spezifität wie Pancreascarboxypeptidase	Alter Name: Kathepsin IV
Amino-tripeptidase (Tripeptidase)	In den meisten tierischen Geweben; wurde aus Kalbsthymus[3] und Pferdeerythrocyten[4] gereinigt gewonnen	8,0	Reagiert wie intestinale Tripeptidase	Hemmung durch Cystein, Cd^{++}, Hg^{++}. In saurem Milieu rasch inaktiviert
L-Leucinamino-dipeptidase	In vielen Geweben; in der Niere besonders angereichert	8–9	Reagiert wie das intestinale Enzym	Alter Name: Kathepsin III. Das aus Schweineniere isolierte Enzymprotein[5] ist besonders reich an Leucin (8,8%). Erfordert Aktivierung durch Mg^{++} oder Mn^{++}

* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Substraten untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[7].

Tabelle 12 Proteasen anderer Gewebe, mit Ausnahme des Gastrointestinaltraktes *(Schluß)*

Enzym	Vorkommen	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion*	Bemerkungen
Glycylglycin-dipeptidase	In vielen Geweben; aus Rattenmuskulatur, menschlichem Uterus und Schweineniere partiell gereinigt gewonnen[6]	7,6	Reagiert wie das intestinale Enzym	Vergrößerte Aktivität auf Zusatz von Co^{++} oder, in geringerem Maß, Mn^{++}. Präparate dieses Enzyms aus Rattenmuskulatur sind äußerst instabil, solche aus menschlichem Uterus weniger[6]
Glycyl-L-leucin-dipeptidase	In manchen Geweben; aus Uterus partiell gereinigt gewonnen[6]	etwa 8	Reagiert wie das intestinale Enzym	Vergrößerte Aktivität durch Zn^{++} und Phosphat
Imido-dipeptidase (Prolidase)	In vielen Geweben; quergestreifte und glatte Muskulatur, Erythrocyten, Serum, Hypophyse, Lunge und Niere enthalten das Enzym. Partiell gereinigt erhalten aus Pferdeerythrocyten und Schweineniere[6]	7,8–8,0	Reagiert wie das intestinale Enzym	Vergrößerte Aktivität durch Mn^{++}
Imino-dipeptidase (Prolinase)	In vielen Geweben; aus Schweineniere partiell gereinigt erhalten[6]	etwa 8	Reagiert wie das intestinale Enzym	Vergrößerte Aktivität durch Mn^{++} und Cd^{++}
Carnosinase	In manchen Geweben; aus Milz, Leber und Schweineniere partiell gereinigt erhalten[6]	8,0–8,4 in Anwesenheit von Mn^{++}; 7,8 bis 7,9 in Anwesenheit von Zn^{++}; 7,4 bis 7,5 bei Abwesenheit von Metallen	Hydrolysiert als Dipeptidase L-Alanyl-L-histidin > Glycyl-L-histidin > β-Alanyl-L-histidin > D-Alanyl-L-histidin	Vergrößerte Aktivität durch Zn^{++} und Mn^{++}

* Diese Spezifitätsbeziehungen wurden an synthetischen Substraten untersucht; sie müssen deshalb für die Reaktionen der Enzyme mit Proteinen nicht unbedingt dieselben sein[7].

1) Smith, E. L., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 2. Teil, New York (1951), S. 793. *2)* de la Haba et al., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 64. *3)* Ellis und Fruton, *J. biol. Chem.*, **191**, 153 (1951). *4)* Adams et al., *J. biol. Chem.*, **199**, 845 (1952). *5)* Spackman et al., *J. biol. Chem.*, **212**, 255 (1955). *6)* Smith, E. L., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 93. *7)* Bergmann, M., *Advanc. Enzymol.*, **2**, 49 (1942); Fruton, J. S., *Ann. Rev. Biochem.*, **16**, 35 (1947).

Tabelle 13 Glycosidasen (Literatur siehe S. 390)

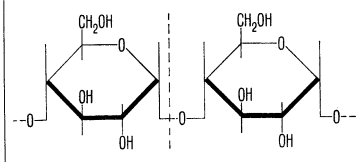
Enzym	Vorkommen	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
α-Amylase	In Speichel, Pancreassaft, Blut	6,9		Hydrolysiert α-1,4-Glucosidbindungen in Polyglucosanen, wie Amylose, Amylopektin, Glycogen und Dextrinen. Das Anfangsstadium der Enzymwirkung ist durch einen raschen Molekulargewichtsabfall charakterisiert, der einen rapiden Wechsel der Jodfärbung zur Folge hat. Mit Stärkebrei als Substrat fällt die Viskosität rasch ab (Verflüssigung). Das Enzym greift vorzugsweise die zweite Bindung vom reduzierenden Ende des Polyglucosanmoleküls an, wobei Maltose, Dextrine und eine kleine Menge Glucose entstehen[1]. Vergrößerung der Aktivität durch $Cl^- > Br^- > NO_3^- > I^-$. Die α-Amylasen aus menschlichem Speichel und aus Pancreas sind identisch[2]

Tabelle 13 Glycosidasen *(Fortsetzung)* (Literatur siehe S. 390)

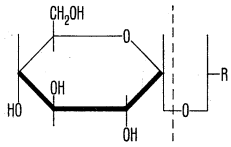
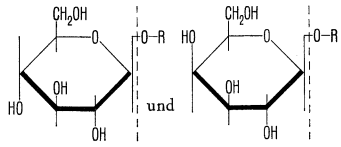
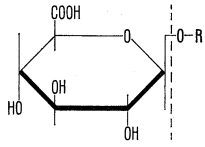
Enzym	Vorkommen	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
Maltase	In Dünndarm, Pancreassaft, Blut, Leber[3]	6,6	 wobei R = Glucose (in diesem Fall ist die obige Verbindung Maltose, 4-α-D-Glucopyranosyl-D-glucose), substituierte Hexosen, Phenole, Terpene usw.[4]. Die Spaltung der Glucose-O-Bindung wurde mittels Isotopen bewiesen[5]	Ist eine α-Glucosidase: Die bei der Stärkeverdauung durch α-Amylase entstehende Maltase wird von diesem Enzym zu Glucose hydrolysiert. Hemmung durch die entstehende Glucose. Ist ohne Wirkung auf Saccharose. Angaben über das Vorkommen tierischer Saccharasen und die angenommene Identität derselben mit Maltase sind umstritten[4, 6]
Oligo-1,6-glucosidase	Im Dünndarm	etwa 7	Hydrolysiert die 1,6-Glucosidbindungen von Isomaltose, Panose und α-Amylase-Dextrinen[7]	Von diesem Enzym wird angenommen, daß es die Stärkeverdauung zu Ende führt, wobei es die durch α-Amylase gebildeten Dextrine zu kleineren, unverzweigten Molekülen hydrolysiert, welche dann durch die α-Amylase und Maltase des Pancreassaftes weiter abgebaut werden können
Amylo-1,6-glucosidase	Im Muskel	etwa 6,8	Phosphorylase-Grenzdextrin (Glycogen)→ Glucose + Polysaccharid, in welchem die vorletzten Seitenketten zu Endgliedern geworden sind[8]	Spaltet die α-1,6-Glucosidbindungen der verzweigten Polysaccharide Glycogen und Amylopektin. Greift erst an, wenn eine Phosphorylase die äußeren Glieder unter Bildung eines Grenzdextrins weitgehend abgebaut hat. Durch Hydrolyse setzt dann die Amylo-1,6-glucosidase Glucose unter Bildung eines Polysaccharids frei, das darauf durch Phosphorylase weiter abgebaut werden kann. Sukzessive Wiederholungen dieser Reaktionen führen schließlich zum vollständigen Abbau der Polysaccharide, wobei Glucose und Glucose-1-phosphat entstehen. Dieses Enzym unterscheidet sich von Oligo-1,6-glucosidase dadurch, daß es Isomaltose, Panose und α-Amylase-Dextrin nicht angreift
β-Glucosidase und β-Galactosidase	In Niere[9], Leber[9], Dünndarm[10], Blut	Verschieden je nach dem Substrat	 Hydrolysiert β-Glucoside und β-Galactoside; greift α-Glucoside nicht an	β-Glucosidase hydrolysiert Gentiobiose, Cellobiose, Amygdalin, Salicin, Prunasin und Arbutin. Von HCN, H_2S oder Glutathion nicht beeinflußt, hingegen durch Oxydationsmittel inaktiviert. Das Enzym ist weit verbreitet in Rosaceen, Schimmelpilzen, Hefen und Bakterien; sein Vorkommen in Säugetieren wie auch seine eventuelle Identität mit β-Galactosidase sind noch unsicher. β-Galactosidase kann Galactosereste auf eine Anzahl Akzeptoren (Lactose, Galactose und Glucose) wie auch auf Wasser übertragen
β-Glucuronidase	In den meisten tierischen Geweben, besonders in Milz, Leber und endokrinem Drüsengewebe[11]	etwa 5	 Hydrolysiert viele Glucuronide, greift weder α- noch β-Glucoside an	Verdünnte Lösungen des Enzyms zeigen vergrößerte Aktivität in Gegenwart von Desoxyribonucleinsäure. Die physiologische Bedeutung dieses Enzyms liegt wahrscheinlich in der umgekehrten Reaktion, das heißt in der Bildung von Glucuroniden. Auf diese Weise spielt es eine Rolle bei der Entgiftung toxischen Materials aus dem Steroidmetabolismus[11]

Tabelle 13 Glycosidasen *(Schluß)*

Enzym	Vorkommen	Optimaler pH-Bereich	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
Hyaluronidasen[12]	In Testes, Samen, Milz, Iris, Cornea	etwa 7,5	Hydrolysieren diejenigen Glycosidbindungen der Hyaluronsäure, bei denen N-Acetylglucosamin als reduzierende Gruppe beteiligt ist. Reagieren auch mit einigen Chondroitinsulfaten	Hydrolysieren das Mucopolysaccharid Hyaluronsäure zu Disacchariden aus N-Acetylglucosamin und Glucuronsäure und Oligosacchariden, die durch β-Glucuronidase weiter hydrolysiert werden. Erhöhen die Diffusionsgeschwindigkeit intrakutan injizierten Materials
Sulfomucasen[12]	In Testes, Leber	etwa 7,5	Reagieren in erster Linie mit Chondroitinschwefelsäure unter Hydrolyse der Glycosidbindungen von N-Acetylgalactosamin	Könnte Teil des Hyaluronidase-Enzymkomplexes sein
Heparinase[13]	In Leber, Niere	5,3–6,8	Hydrolysiert das Anticoagulans und Mucopolysaccharid Heparin	Greift wahrscheinlich die Kohlenhydratkomponente des Heparins an[13]
Lysozym[12]	In Schleim, Tränensekret, Milz[14]	5,3	Hydrolysiert Glycosidgruppen in Bakterien-Mucopolysacchariden, besonders in jenen von *Micrococcus lysodeikticus*	Mag bei der Abwehr der Schleimhautoberflächen gegen bakterielle Invasion eine Rolle spielen
α- und β-Glucosaminidasen[15]	In Milz, Leber, Niere, Lunge, Blut, Herz, Gehirn, Testes	Nicht bekannt für die tierischen Enzyme	Hydrolysieren N-Acetyl-α- und N-Acetyl-β-glucosaminide zu N-Acetyl-α- bzw. N-Acetyl-β-glucosamin	Vom β-Enzym konnte gezeigt werden, daß es mit den Blutgruppe-A- und -O(H)-Substanzen des Magenschleims von Schweinen unter Freisetzung von Methylpentose-Bestandteilen reagiert[16]. N-Acetylglucosaminreste werden durch das Enzym nur aus A, nicht aber aus O(H) gebildet

1) Bird und Hopkins, *Biochem. J.*, **56**, 86 (1954). *2)* Bernfeld et al., *Helv. chim. Acta*, **33**, 1064 (1950). *3)* Glock, G. E., *Biochem. J.*, **30**, 2313 (1936). *4)* Gottschalk, A., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 551. *5)* Springhorn und Koshland, *Abstr. Amer. chem. Soc. 128th Meeting* (1955), S. 37C. *6)* Neuberg und Mandl, in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 527. *7)* Larner und McNickle, *J. biol. Chem.*, **215**, 723 (1955). *8)* Cori, G. T., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 1, New York (1955), S. 211. *9)* Neuberg und Hofmann, *Biochem. Z.*, **281**, 431 (1935). *10)* Steensholt und Veibel, *Acta physiol. scand.*, **6**, 62 (1943); Clarke et al., *J. biol. Chem.*, **131**, 135 (1939); Wallenfels et al., *Justus Liebigs Ann. Chem.*, **584**, 63 (1953). *11)* Fishman, W. H., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 635. *12)* Fishman, W. H., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 2. Teil, New York (1951), S. 769. *13)* Jaques, L. B., *J. biol. Chem.*, **133**, 445 (1940); Jaques und Cho, *Biochem. J.*, **58**, XXV (1954). *14)* Jollès und Fromageot, *Biochim. biophys. Acta*, **11**, 95 (1953); **14**, 219 (1954). *15)* Kent und Whitehouse, *Biochemistry of the Aminosugars*, London (1955), S. 20. *16)* Howe und Kabat, *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 5542 (1953).

Tabelle 14 Lipasen des Gastrointestinaltraktes

Die Lipasen katalysieren die Reaktion $(R{\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}R')_3 + 3\,H_2O \rightleftharpoons 3\,R{\cdot}CO{\cdot}OH + 3\,HO{\cdot}R'$, wobei R·CO·O einen langkettigen Fettsäurerest und HO·R′ eine der drei Hydroxylgruppen von Glycerin darstellen

Vorkommen	Optimaler pH-Bereich	Bemerkungen
Im Speichel	7,5–7,7	Das Sekret der Glandula parotis ist am aktivsten[1]. Das Enzym kann in Säuglingen schon während des ersten Monats gefunden werden[2]
In Magen, Magensaft	Verschieden, je nach Substrat: 5,5 für niedrige Triglyceride, 7,5 für höhere[3]	In saurem Milieu beständig. In Embryonen vom siebten bis achten Monat vorhanden[4]
Im Pancreas	etwa 7,8	Die Pancreaslipase wurde früher *Steapsin* genannt. Vergrößerte Aktivität durch Anwesenheit von Gallensäuresalzen, Proteinen und Seifen, wobei wahrscheinlich die Einwirkung des Enzyms auf das Substrat durch Emulgierung des wasserunlöslichen Substrats erleichtert wird. Lösungen des Enzyms in Wasser sind relativ instabil, in Glycerin stabiler[6]. Greift Tri- > Di- > Monoglyceride an
Im Darm		Im Jejunum konnte schwache Lipaseaktivität gefunden werden[6]. Das Ileum scheint keine Lipase zu enthalten[7]. Die Hydrolyse von Tributyrin durch Colonpräparate ist auf bakterielle Tätigkeit zurückzuführen; das auf diese Art hydrolysierte Fett wird resorbiert

1) Koldajew und Pikul, *Biochem. Z.*, **212**, 53 (1929). *2)* Scheer, K., *Klin. Wschr.*, **7**, 163 (1928). *3)* Schønheyder und Volqvartz, *Acta physiol. scand.*, **11**, 349 (1946). *4)* Iyoh und Kamisasanuki, *J. Biochem. (Tokyo)*, **33**, 269 (1941). *5)* Deuel, H. J., *The Lipids*, Bd. 2, London (1955), S. 9. *6)* Frazer, A. C., *Physiol. Rev.*, **26**, 103 (1946). *7)* Bickel und Kanitz, *Biochem. Z.*, **270**, 378 (1934).

Tabelle 15 Esterasen (Literatur siehe S. 392)

Einige dieser Enzyme katalysieren wie Lipasen die Reaktion $R{\cdot}CO{\cdot}O{\cdot}R' + H_2O \rightleftharpoons R{\cdot}CO{\cdot}OH + HO{\cdot}R'$, wobei aber $R{\cdot}CO{\cdot}O$ kein langkettiger Fettsäurerest ist. Andere Esterasen spalten Ester von Säuren, die keine Carbonsäuren sind

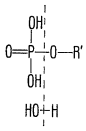
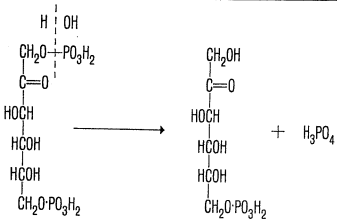
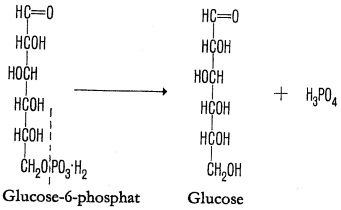
Enzym	Vorkommen	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
Gewebeesterasen (unspezifisch)	In den meisten Geweben, größte Aktivität in der Leber	Rasche Spaltung der meisten einfachen Ester: zum Beispiel Äthylbutyrat ⇌ Äthanol + Buttersäure. Fette werden nur langsam hydrolysiert	Reagieren rascher auf einfache Ester als auf Acetylcholin. Gehemmt durch das Hydrochlorid des *m*-Dimethylaminophenylesters der Methylcarbaminsäure[1]
Cholinesterasen[2] a) Unspezifisch oder pseudo	In den meisten Geweben, besonders in Blut, Pancreas, Leber, Ovarien, Placenta, Herz, Darmschleimhaut, Haut. In Skelettmuskulatur nicht vorhanden	Spaltung einfacher Ester, Cholinester rascher als andere. Die Hydrolysengeschwindigkeit steigt mit wachsender Acylkette von 2 auf 4 C-Atome. Greift Acetyl-β-methylcholin nicht an	Gehemmt durch Eserin, Prostigmin, Organophosphorverbindungen. Einige der letzteren Inhibitoren wirken in extrem niedrigen Konzentrationen, zum Beispiel hemmt Tetraäthylpyrophosphat wirksam noch in einer molaren Konzentration von 10^{-10}; die Blockierung scheint irreversibel zu sein[3]
b) Spezifische, echte oder Acetylcholinesterase	In den meisten Geweben, besonders in leitenden (zum Beispiel Gehirn, Nerven), Erythrocyten, Skelettmuskulatur, Nebennieren, Lunge, Leber, Magen, Speicheldrüsen	Hydrolysiert Acetylcholin → Acetat + Cholin. Spaltet auch andere Cholinester, wobei aber die Verlängerung der Acylkette von 2 auf 3 C-Atome keinen Einfluß auf die Hydrolysengeschwindigkeit hat; Butyrylcholin wird nur langsam angegriffen. Acetyl-β-methylcholin wird rasch gespalten. Reagiert außer mit Cholinestern auch mit anderen Estern, dabei aber langsamer und erst bei höheren Konzentrationen	Kann mittels der Reaktion mit Acetyl-β-methylcholin von den unspezifischen Cholinesterasen unterschieden werden[4]. Die optimale Substratkonzentration für Acetylcholin ist 4 bis 7 µmol/ml. Bei höheren Konzentrationen sinkt die Aktivität. Durch Auftragen der Aktivität gegen pS (negativer Logarithmus der Substratkonzentration) erhält man eine glokkenförmige Kurve
Phosphomonoesterasen a) Phosphomonoesterase I (alkalische Phosphatase)	In den meisten Zellen, besonders in den Wachstumszonen der Knochen; Darmschleimhaut, Nierenrinde, Mamma, Milch, Leber, Gehirn, Leucocyten, lymphatisches Gewebe, Plasma		Optimale Aktivität bei pH 9,2–9,6. Vergrößerte Aktivität durch bivalente Kationen, zum Beispiel Mg^{++}; gehemmt durch CN^-, PO_4^{---} und Thiole (zum Beispiel Cystein). Greift weder Pyrophosphate noch Ribonucleinsäure an. Das Enzym katalysiert auch Übertragungsreaktionen, zum Beispiel: Creatinphosphat + Glucose → Glucose-6-phosphat + Creatin. Die Enzyme der Milch, Mamma, Niere, Leber und des Knochens sollen identisch, aber verschieden von demjenigen der Darmschleimhaut sein[5]
b) Fructose-1,6-diphosphatase[6,7]	In der Leber	 Fructose-1,6-diphosphat Fructose-6-phosphat Bewirkt auch langsame Hydrolyse von Fructose-1-phosphat und L-Sorbose-1,6-diphosphat	Optimale Aktivität bei pH 9,3–9,5. Vergrößerte Aktivität durch Mg^{++} oder Mn^{++}; durch F^- gehemmt[6]. Hydrolysiert Glucose-1-phosphat, Fructose-6-phosphat, Glucose-6-phosphat, Phosphoglycerinsäure, L-Sorbose-1-phosphat nicht. Spielt eine Rolle beim Glycogenaufbau aus Nichtkohlenhydraten (siehe Abb. 14, S. 411)
c) Glucose-6-phosphatase[8]	In der Leber	 Glucose-6-phosphat Glucose	Spielt bei der Bildung von Glucose aus Glycogen oder Nichtkohlenhydraten eine Rolle (siehe Abb. 14, S. 411). Fehlt oder zeigt sehr schwache Aktivität in der Leber bei Glycogenose[8]
d) Phosphomonoesterase II (saure Phosphatase)	In einigen Geweben, besonders in Prostata[10], Milz, Leber, Niere und Plasma	Wie Phosphomonoesterase I, siehe oben	Optimale Aktivität bei pH 5,3–5,6. Stark gehemmt durch F^-. Die Prostataphosphatase wird auch durch Äthanol gehemmt, die Erythrocytenphosphatase nicht[11]

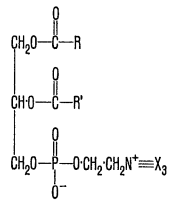
Tabelle 15 Esterasen *(Schluß)*

Enzym	Vorkommen	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
e) Acylphosphatase	In den verschiedensten Geweben, Bakterien[12]	$R{-}CO{\cdot}O{\cdot}PO_3H_2 \longrightarrow R{-}COOH + H_3PO_4$ wobei R–CO· = Acetyl, Propionyl, Butyryl, Succinyl, Octanoyl, Palmitoyl oder eine andere Acylgruppe[13]	Reagiert spezifisch auf Acylphosphate, greift zum Beispiel α-Glycerophosphate nicht an. Wird wegen ihrer Löslichkeit in Säuren und Unlöslichkeit in Alkalien als basisches Protein betrachtet. Gegen heiße Säuren (pH 3) und kalte Trichloressigsäure beständig. Stark gehemmt durch Pyrophosphat, Phosphat, Hexosephosphate, Nucleinsäure und Hyaluronsäure; schwache Hemmung durch F^-
Phosphodiesterasen Siehe auch Tabelle 17, Nucleasen, S. 394	In verschiedenen Geweben, besonders in Darm und Milz[14]. Kommt auch in Schlangengiften vor	$R{-}O{-}P(=O)(OH){-}O{-}R' \longrightarrow R{-}O{\cdot}PO_3H_2 + R'{-}OH$ Im Organismus sind Nucleinsäuren die hauptsächlichen Substrate für Phosphodiesterasen (siehe Abb. 4, S. 326). Einige der Phospholipasen gehören eigentlich eher in diese Klasse von Enzymen (Tabelle 16, S. 393)	Die Enzyme von Säugetieren[14] haben das pH-Optimum bei etwa 7, diejenigen der Gifte von Klapperschlangen, Vipern und Wassermoccasinschlangen *(Agkistrodon piscivorus)*[15] bei pH 9,3
Anorganische Pyrophosphatase	In den meisten Geweben, besonders in der Leber	$HO{-}P(=O)(OH){-}O{-}P(=O)(OH){-}OH + H{\cdot}OH \longrightarrow 2\,H_3PO_4$	
Pyrophosphatasen	In den meisten Geweben	$R{-}O{-}P(=O)(OH){-}O{-}P(=O)(OH){-}O{-}R' + H{\cdot}OH \longrightarrow R{-}O{\cdot}PO_3H_2 + R'{-}O{\cdot}PO_3H_2$ Substrate sind zum Beispiel Flavinadenindinucleotid (FAD) und Diphosphopyridinnucleotid (DPN+) (siehe Tabelle 12, S. 334 und 335)	
Phenolsulfatasen	In den meisten Geweben	Hydrolysieren Schwefelsäureester aromatischer Hydroxyverbindungen (zum Beispiel $C_6H_5{\cdot}O{\cdot}SO_3H$)	Reagiert nur mit Arylestern, deren Bindungspartner eine phenolische Hydroxygruppe und Schwefelsäure sind. Optimale Aktivität bei pH 6,1

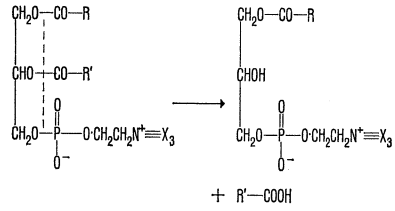
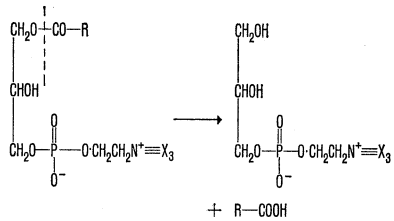
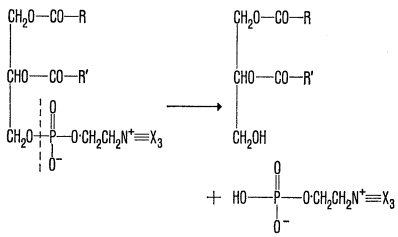
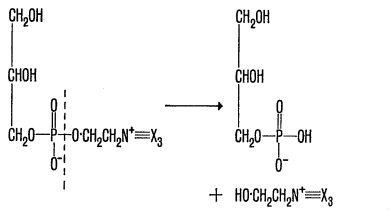
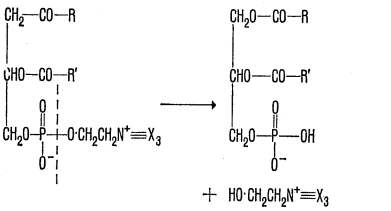
1) Stedman und Stedman, *Biochem. J.*, **25**, 1147 (1931). *2)* Für Übersichten siehe Nachmansohn und Wilson, *Advanc. Enzymol.*, **12**, 259 (1951); Thompson, R. H. S., *Brit. med. Bull.*, **9**, 138 (1953); Augustinsson, K.-B., in: Sumner und Myrbäck (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 1. Teil, New York (1950), S. 443. *3)* Mackworth und Webb, *Biochem. J.*, **42**, 91 (1948). *4)* Nachmansohn und Wilson, in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 1, New York (1955), S. 642. *5)* Morton, R. K., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 533. *6)* Gomori, G., *J. biol. Chem.*, **148**, 139 (1943). *7)* McGilvery, R. W., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 543; Pogell und McGilvery, *J. biol. Chem.*, **208**, 149 (1954). *8)* Cori und Cori, *J. biol. Chem.*, **199**, 661 (1952). *9)* Fantl und Rome, *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.*, **23**, 21 (1945). *10)* Schmidt, G., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 523. *11)* Herbert, F. K., *Quart. J. Med.*, **15**, 221 (1946). *12)* Lipmann, F., *Advanc. Enzymol.*, **6**, 231 (1946); Shapiro und Wertheimer, *Nature*, **156**, 690 (1945). *13)* Lehninger, A. L., *J. biol. Chem.*, **162**, 333 (1946). *14)* Heppel und Hilmoe, in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 565. *15)* Butler, G. C., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 561.

Tabelle 16 Phospholipasen[1]

Typische Phosphatide, wie Lecithine oder Kephaline, können durch die folgende allgemeine Formel dargestellt werden:



wobei R–C(=O)–O– ein gesättigter, R′–C(=O)–O– ein ungesättigter Fettsäurerest ist; X = CH_3 für Lecithine, H für Cephaline.

Enzym	Vorkommen	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
Phospholipase A (Lecithinase A)	In Pancreas, Muskeln, Herz, Leber, Niere, Nebenniere, anderen Geweben[2]		Hydrolysiert Phosphatide zu Lysolecithinen, die eine rapide Hämolyse verursachen können. Eine der meistverbreiteten Komponenten tierischer Gifte; kommt in den giftigen Sekreten von Schlangen, Echinodermen, Skorpionen, Bienen und Wespen vor. Reagiert weder mit Lipiden, Sphingomyelinen, Acetalphosphatiden oder Cerebrosiden noch mit synthetischen Phosphatiden, wenn diese keine ungesättigte Fettsäure enthalten. Vergrößerung der Aktivität durch Ca^{++}. Sehr thermostabil: Kann bei pH 5,9 während 5 Minuten auf 100°C erwärmt werden, ohne an Aktivität zu verlieren[2]
Phospholipase B (Lecithinase B)	In Pancreas[1], anderen Geweben[2]		Katalysiert die hydrolytische Abspaltung gesättigter Fettsäuren aus Lysolecithinen. Bei der Einwirkung auf Lecithin bildet sich Glycerophosphorylcholin, das keine hämolytischen Eigenschaften hat. Weniger thermostabil als Phospholipase A
Phospholipase C (Lecithinase C)	In Toxinen von *Clostridium welchii, Cl. oedematiens, Cl. sordelli*. In Geweben von Säugetieren nicht vorhanden		Spaltet Phosphatide an einer O–P-Bindung. Reagiert mit Lecithin unter Bildung eines Diglycerids + Cholinphosphat. Greift Lecithine und Sphingomyeline (die zu Acylsphingosin + Cholinphosphat hydrolysiert werden), nicht aber Cephaline an. Vergrößerte Aktivität durch Ca^{++} und in geringerem Maße auch durch Mg^{++}, Mn^{++}, Co^{++}, Zn^{++}. Ziemlich thermostabil: Behält 50% der Aktivität nach 10 Minuten auf 100°C
Glycerophosphorylcholindiesterase	In tierischen Geweben nicht vorhanden, kommt aber in gewissen Bakterien vor, zum Beispiel in *Serratia*[4]		Hydrolysiert Glycerophosphorylcholin zu Glycerophosphat und Cholin. Reagiert auch mit Glycerophosphoryläthanolamin. Optimale Aktivität bei pH 8–9. Gehemmt durch Mg^{++}, Mn^{++}, Zn^{++}, Äthylendiamintetraacetat
Phospholipase D[5]	In tierischen Geweben nicht vorhanden, wurde in gelben Rüben und Kohl gefunden		Hydrolysiert die Bindung zwischen Base und Phosphorsäure unter Bildung von Phosphatidsäure und, im Falle des Lecithins, Cholin. Thermostabil: Behält 30 bis 40% der Aktivität nach 15 Minuten auf 100°C

1) Für eine Übersicht siehe ZELLER, E. A., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 1, 2. Teil, New York (1951), S. 986. *2*) FRANCIOLI, M., *Fermentforschung*, **14**, 241 (1935). *3*) HUGHES, A., *Biochem. J.*, **29**, 437 (1935). *4*) HAYAISHI, O., in: COLOWICK und KAPLAN (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 1, New York (1955), S. 668. *5*) HANAHAN und CHAIKOFF, *J. biol. Chem.*, **172**, 191 (1948).

Tabelle 17 Nucleasen

Enzym	Vorkommen	Katalysierte Reaktion	Bemerkungen
Ribonucleasen[1]	In den meisten Geweben, maximale Aktivität im Pancreas	Hydrolyse von Ribonucleinsäuren	Spezifische Phosphodiesterasen, die Ribonucleinsäuren, nicht aber Desoxyribonucleinsäuren hydrolysieren. Nur die Pancreasribonuclease wurde eingehend untersucht. Diese ist ein Verdauungsenzym mit einem pH-Optimum von 7,7. Die Spezifität ist auf S. 383 behandelt. Untersuchungen an Ribonucleasen verschiedener Herkunft zeigen, daß beträchtliche Unterschiede in den Eigenschaften, zum Beispiel im pH-Optimum, bestehen
Desoxyribonucleasen[2]	In Pancreas, Thymus, Milz und in verschiedenen anderen Geweben. Größte Aktivität im Pancreas	Hydrolyse von Desoxyribonucleinsäuren	Es werden einige voneinander verschiedene Desoxyribonucleinsäuren hydrolysierende Enzyme beschrieben, von denen aber nur die Pancreasdesoxyribonuclease eingehend untersucht wurde. Das Enzym hydrolysiert Desoxyribonucleinsäuren, nicht aber Ribonucleinsäuren. Die Spezifität ist auf S. 383 behandelt
Phosphodiesterasen	In Darm, Milz und in anderen Geweben	Hydrolyse von Nucleinsäurefragmenten	Wurde bei den Esterasen behandelt (Tabelle 15, S. 392)
5′-Nucleotidase[3]	Im Samenplasma	Hydrolyse von Adenylsäure, Inosinsäure, Uridylsäure, Cytidylsäure und Nicotinsäureamidmononucleotid zu den entsprechenden Nucleosiden und Orthophosphat	Desoxyribonucleotide werden von diesem Enzym auch angegriffen
Nucleosidphosphorylase[4]	In Leber, Muskel, Milz	Nucleosid + Orthophosphat → Pentose-1-phosphat + Purin oder Pyrimidin	Desoxyribonucleoside werden von diesem Enzym auch angegriffen[5]
Adenylsäuredesaminase[6, 7]	Im Muskel und in viel geringerem Maße auch in anderen Geweben	Desaminiert Adenylsäure zu Inosinsäure und Ammoniak	Spezifisch auf 5′-Adenylsäure (Adenosin-5′-monophosphat). pH-Optimum bei 5,9. Aktiviert durch Citrat, Chlorid und andere Anionen
Guanylsäuredesaminase[8]	In der Leber	Desaminiert Guanylsäure zu Xanthylsäure und Ammoniak	
Adenosindesaminase[6, 7, 9]	In Muskel, Leber, Darmschleimhaut und in anderen Geweben	Desaminiert Adenosin zu Inosin und Ammoniak	Desoxyadenosin wird von diesem Enzym auch desaminiert. Weiter pH-Bereich zwischen 6 und 9
Guanosindesaminase[8, 10]	In der Leber	Desaminiert Guanosin zu Xanthosin und Ammoniak	
Guanase[6, 8]	In Leber, Muskel	Desaminiert Guanin zu Xanthin und Ammoniak	Guanosin und Guanylsäure werden von diesem Enzym nicht angegriffen. Optimaler pH-Bereich zwischen 6 und 10
Xanthinoxydase[11]	In Milch, Leber, Milz, Niere, Lunge	Das gereinigte Enzym oxydiert Hypoxanthin zu Xanthin, Xanthin zu Harnsäure und Aldehyde zu Säuren	Enthält Flavinadenindinucleotid, Eisen und Molybdän
Uricase[12]	In Leber und Niere von Säugetieren. Fehlt den Menschen und Primaten	Oxydiert Harnsäure zu Allantoin. Bilanz: Harnsäure + O_2 + $2\,H_2O$ → Allantoin + H_2O_2 + CO_2	Enthält Kupfer

1) McDonald, M. R., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 427. *2)* McDonald, M. R., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 437. *3)* Heppel und Hilmoe, in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 546. *4)* Price et al., in: Colowick und Kaplan (Hrsg.), *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York (1955), S. 448. *5)* Friedkin und Kalckar, *J. biol. Chem.*, **184**, 437 (1950). *6)* Kalckar, H. M., *J. biol. Chem.*, **167**, 461 (1947). *7)* Schmidt, G., *Hoppe-Seyl. Z. physiol. Chem.*, **179**, 243 (1928). *8)* Schmidt, G., *Hoppe-Seyl. Z. physiol. Chem.*, **208**, 185 (1932). *9)* Kornberg und Pricer, Jr., *J. biol. Chem.*, **193**, 481 (1951). *10)* Wakabayasi, Y., *J. Biochem. (Tokyo)*, **28**, 185 (1938). *11)* Mahler, H. R., *Advanc. Enzymol.*, **17**, 233 (1956). *12)* Mahler et al., *Science*, **124**, 705 (1956).

Die Verdauungsprodukte dienen außer zur Energieproduktion auch als Vorstufen vieler Zellbestandteile. Aus den folgenden Verbindungen kann der Säugetierorganismus alle seine Zellbestandteile aufbauen:

1. Die essentiellen Aminosäuren
2. Die Vitamine
3. Die essentiellen (stark ungesättigten) Fettsäuren
4. Mineralsalze
5. Eine Hauptquelle für Kohlenstoff (gewöhnlich Kohlenhydrate)
6. Eine Stickstoffquelle in Form von Ammoniak, das aus überschüssigen Aminosäuren entsteht; kleine Mengen werden auch von Purinbasen, Pyrimidinen und Aminozuckern geliefert.

Die Kohlenhydrate als Hauptquelle für Kohlenstoff können, hauptsächlich bei Fleischfressern, weitgehend durch Proteine und Fette ersetzt werden.

Die Abklärung der Reaktionswege, auf denen die Komponenten der Nahrungsstoffe in Zellbestandteile umgewandelt werden, hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht, wobei aber dennoch viele Einzelheiten zu untersuchen sein werden. Das folgende Kapitel enthält eine Übersicht über die bis jetzt vorhandenen Untersuchungen.

1. Bildung von Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten aus Glucose

Die Hauptprodukte, deren Bildungswege und physiologische Funktionen sind in Tabelle 18 (siehe unten) zusammengestellt.

Der Pentosephosphat-Zyklus

Glucose-6-phosphat (aus Glucose durch Hexokinase gebildet) kann in der Leber und einigen anderen tierischen Geweben am

Tabelle 18 Bildung von Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten aus Glucose (Diese Aufstellung ist nicht umfassend)

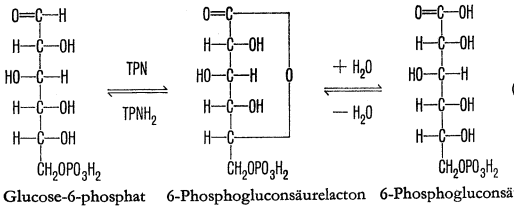
Gebildetes Produkt	Bildungsweg	Physiologische Funktion
Glycogen	Umkehrung zweier Glycolysestufen (der durch Phosphorylase und Phosphoglucomutase katalysierten Reaktionen; siehe Tabelle 4, S. 368, Reaktionen 1 und 2)	Speicherung von Energie
Galactose	Umkehrung der Reaktionen 4 und 5, Tabelle 4, S. 368	Bestandteil der Lactose und Cerebroside
Lactose	Möglicherweise aus Uridindiphosphogalactose und Glucose-1-phosphat über Lactose-1-phosphat[1]	Bestandteil der Milch
Ribose-5-phosphat	Reaktionen des Pentosephosphat-Zyklus (S. 396)	Bestandteil der Nucleinsäure und der Nucleotide
Desoxyribose-5-phosphat	Möglicherweise durch Aldolkondensation von Glycerinaldehydphosphat mit Acetaldehyd (Umkehrung der Reaktion auf S. 377)	Bestandteil der Nucleinsäuren
Glucuronsäure	Über Uridindiphosphoglucose gebildet (siehe S. 397)	Bestandteil der Mucine (Hyaluronsäure und Chondroitinsulfat) und des Heparins; Detoxicans
Fructose	Reaktionen bei der Glycolyse und Hydrolyse von Fructose-6-phosphat durch Phospharase	Bestandteil des Samens
Citronensäure	Carboxylierung von Pyruvat (siehe S. 398) und Reaktionen des Tricarbonsäure-Zyklus (siehe S. 369)	Bestandteil von Knochen, Milch und Samen
Fettsäuren	Aus Acetylcoenzym A (über Pyruvat gebildet) durch Umkehrung der Abbaureaktionen für Fettsäuren (siehe S. 369)*	Bestandteile der Fette und Phospholipide
Glycerophosphate	Durch Glycerophosphatdehydrogenase katalysierte Reduktion von Dihydroxyacetonphosphat	Bestandteil der Phospholipide
Phospholipide	Siehe S. 398	Zellbestandteile
Glyceridfette	Siehe S. 399	Zellbestandteile
Steroide	Siehe S. 399–403	Zellbestandteile, Hormone
Nichtessentielle Aminosäuren:		
Glutaminsäure	Glutaminsäuredehydrogenase-Reaktion (siehe S. 403)	Bestandteil von Proteinen und besonderen Peptiden (Glutathion, Folsäure)
Asparaginsäure	Carboxylierung von Pyruvat (siehe S. 398) und Transaminierung zwischen Glutaminat und Oxalacetat	Bestandteil von Proteinen
Alanin	Transaminierung zwischen Pyruvat und Glutaminat	Bestandteil von Proteinen
Glycin	Durch die auf S. 403 dargestellten Reaktionen aus 3-Phosphoglycerinsäure	Bestandteil von Proteinen
Serin		Bestandteil von Proteinen
Cystein	Aus Serin durch Transsulfurierung mit aus Methionin gebildetem Homocystein (siehe S. 375)	Bestandteil von Proteinen
Prolin	Aus Glutaminsäure oder Ornithin (siehe S. 403)	Bestandteil von Proteinen
Hydroxyprolin	Möglicherweise durch Oxydation von Prolin (siehe S. 403)	Bestandteil von Proteinen

* Obgleich die Zwischenstufen in der Fettsäuresynthese aus Acetylcoenzym A die gleichen sind wie diejenigen des umgekehrten Prozesses, ist der enzymatische Mechanismus von Synthese und Abbau verschieden. (Siehe WAKIL et al., *Biochem. biophys. Acta*, **34**, 227 (1959).

1) GANDER et al., *Arch. Biochem. Biophys.*, **60**, 259 (1956); PAZUR und TIPTON, *J. biol. Chem.*, **224**, 381 (1957).

Kohlenstoff 1 oxydiert werden, wobei 6-Phosphogluconat entsteht. Dies leitet eine Reaktionsreihe ein, in der verschiedene Pentosephosphate und andere Zuckerphosphate gebildet werden. Im Verlaufe dieser Reaktionsfolge wird ein Teil des Glucose-6-phosphats regeneriert, was auf einen zyklischen Ablauf hindeutet. Die Reaktionen dieses Zyklus stellen eine partielle Oxydation von Glucose-6-phosphat dar.

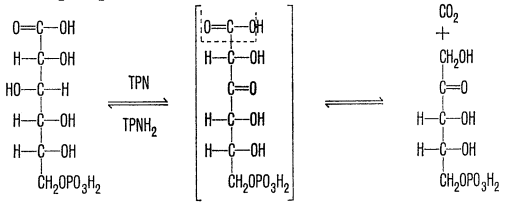
Die Hauptstufen dieses Zyklus bestehen aus acht verschiedenen Reaktionen. In der ersten Stufe (**1**) wird Glucose-6-phosphat zu 6-Phosphogluconsäurelacton oxydiert, welches darauf durch eine «Lactonase» zu 6-Phosphogluconsäure hydrolysiert wird[1]. Während dieser Reaktion wird TPN reduziert:



(**1**)

Glucose-6-phosphat — 6-Phosphogluconsäurelacton — 6-Phosphogluconsäure

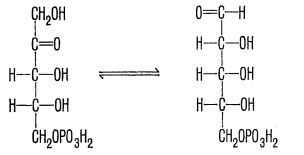
Das gebildete 6-Phosphogluconat wird unter Reduktion eines weiteren Moleküls TPN oxydativ decarboxyliert (**2**), wobei Ribulose-5-phosphat entsteht[2]:



(**2**)

6-Phosphogluconsäure — Hypothetisches Zwischenprodukt (3-Keto-6-phosphogluconsäure) — Ribulose-5-phosphat

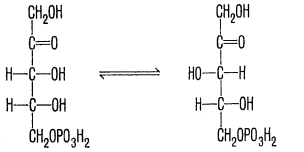
Ribulose-5-phosphat isomerisiert nun auf zwei Arten, einerseits unter dem Einfluß von Pentosephosphatisomerase[3] zu Ribose-5-phosphat (**3**):



(**3**)

Ribulose-5-phosphat — Ribose-5-phosphat

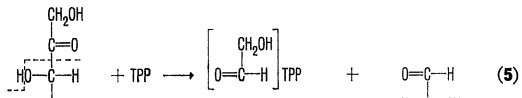
und anderseits (**4**) zu Xylulose-5-phosphat[4,5]:



(**4**)

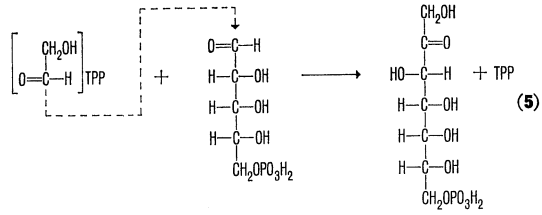
Ribulose-5-phosphat — Xylulose-5-phosphat

Je ein Molekül Xylulose-5-phosphat und Ribose-5-phosphat, die durch die Reaktionen (**3**) und (**4**) entstanden sind, reagieren nun unter Bildung von Sedoheptulose-7-phosphat und Glycerinaldehyd-3-phosphat miteinander (**5**)[4,6]. Diese Reaktion wird durch Transketolase[7] katalysiert, die Thiaminpyrophosphat (TPP) als Cofaktor benötigt. Es wird angenommen, daß bei dieser Reaktion «aktiver Glycolaldehyd» auftritt, was wie folgt dargestellt werden kann:



(**5**)

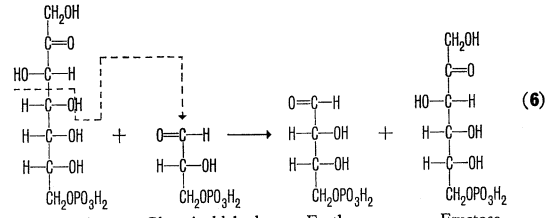
Xylulose-5-phosphat — «Aktiver Glycolaldehyd» — Glycerinaldehyd-3-phosphat



(**5**)

«Aktiver Glycolaldehyd» — Ribose-5-phosphat — Sedoheptulose-7-phosphat

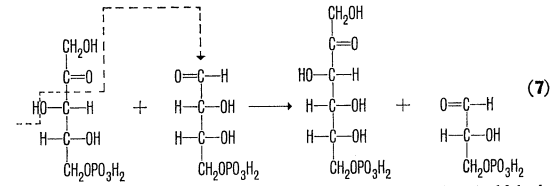
Glycerinaldehyd-3-phosphat und Sedoheptulose-7-phosphat gehen nun unter dem Einfluß von Transaldolase eine Übertragungsreaktion ein. Die Wirkung dieses Enzyms ist analog derjenigen von Transketolase, nur wird statt «aktivem Glycolaldehyd» «aktives Dihydroxyaceton» übertragen, wobei Fructose-6-phosphat und Erythrose-4-phosphat gebildet werden (**6**)[8]:



(**6**)

Sedoheptulose-7-phosphat — Glycerinaldehyd-3-phosphat — Erythrose-4-phosphat — Fructose-6-phosphat

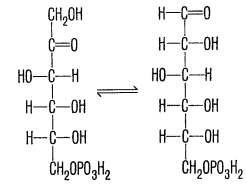
Das in (**6**) gebildete Erythrose-4-phosphat geht mit einem Molekül Xylulose-5-phosphat eine Transketolasereaktion (**7**) ein, die analog zu Reaktion (**5**) ist und zur Bildung von Fructose-6-phosphat und Glycerinaldehyd-3-phosphat führt[9]:



(**7**)

Xylulose-5-phosphat — Erythrose-4-phosphat — Fructose-6-phosphat — Glycerinaldehyd-3-phosphat

Das in den Reaktionen (**6**) und (**7**) gebildete Fructose-6-phosphat wird in der durch Hexosephosphatisomerase katalysierten Reaktion (**8**) in Glucose-6-phosphat umgewandelt:



(**8**)

Fructose-6-phosphat — Glucose-6-phosphat

Diese Reaktion beendet den Zyklus unter teilweiser Regenerierung des Ausgangsmaterials, Glucose-6-phosphat. Das etwas komplexe Wechselspiel der Komponenten dieses Zyklus ist in Abbildung 10 und Tabelle 19 (S. 397) graphisch dargestellt.

In diesem Schema sind die durch Transketolase und Transaldolase katalysierten Reaktionen (**5**), (**6**) und (**7**) durch sich überkreuzende Pfeile angegeben. Von den für jeden Umlauf des Zyklus benötigten drei Glucose-6-phosphatmolekülen werden zwei regeneriert. An den Reaktionen (**1**) und (**2**) beteiligen sich je drei, an den Reaktionen (**4**) und (**8**) je zwei Moleküle und an den restlichen je eines.

Die Bilanz eines Umlaufs des Zyklus ist also, wie Tabelle 19 zeigt:

$$\text{Glucose-6-phosphat} \rightarrow \text{Glycerinaldehyd-3-phosphat} + 3\ CO_2$$

Das so gebildete Glycerinaldehyd-3-phosphat reichert sich aber im Organismus nicht an. Es kann in Pyruvat und Acetylcoenzym A verwandelt und vollständig oxydiert werden. Anderseits kann bei Anwesenheit von Triosephosphatisomerase, Aldolase, Fructose-1,6-diphosphatase und Hexosephosphatisomerase der folgende Reaktionsverlauf stattfinden:

Tabelle 19 Die Einzelreaktionen des Pentosephosphat-Zyklus und ihre quantitativen Beziehungen

(**1**)	3 Glucose-6-phosphat + 3 TPN	(Glucose-6-phosphatdehydrogenase) →	3 6-Phosphogluconat + 3 $TPNH_2$
(**2**)	3 6-Phosphogluconat + 3 TPN	(6-Phosphogluconsäuredehydrogenase) →	3 Ribulose-5-phosphat + 3 CO_2 + 3 $TPNH_2$
(**3**)	Ribulose-5-phosphat	(Pentosephosphatisomerase) →	Ribose-5-phosphat
(**4**)	2 Ribulose-5-phosphat	(Xylulowaldenase) →	2 Xylulose-5-phosphat
(**5**)	Ribose-5-phosphat + Xylulose-5-phosphat	(Transketolase) →	Sedoheptulose-7-phosphat + Glycerinaldehyd-3-phosphat
(**6**)	Sedoheptulose-7-phosphat + Glycerinaldehyd-3-phosphat	(Transaldolase) →	Fructose-6-phosphat + Erythrose-4-phosphat
(**7**)	Xylulose-5-phosphat + Erythrose-4-phosphat	(Transketolase) →	Fructose-6-phosphat + Glycerinaldehyd-3-phosphat
(**8**)	2 Fructose-6-phosphat	(Hexosephosphatisomerase) →	2 Glucose-6-phosphat
Bilanz	Glucose-6-phosphat + 6 TPN	→	3 CO_2 + Glycerinaldehyd-3-phosphat + 6 $TPNH_2$

Abb. 10 Diagramm des Pentosephosphat-Zyklus

Ausgangsmaterialien und Endprodukte sind eingerahmt. P = phosphat. Die sich kreuzenden Pfeile stellen Übertragungsreaktionen dar. Für Einzelheiten siehe Tabelle 19 und Text

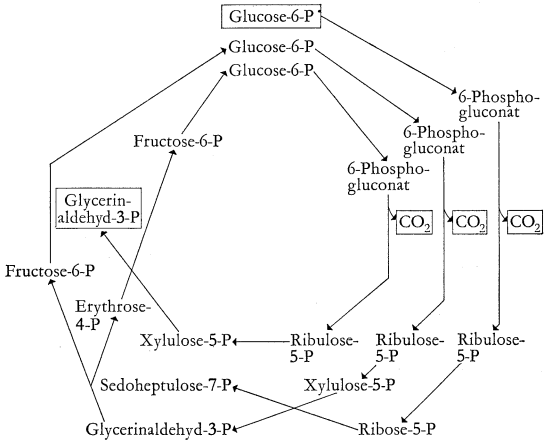
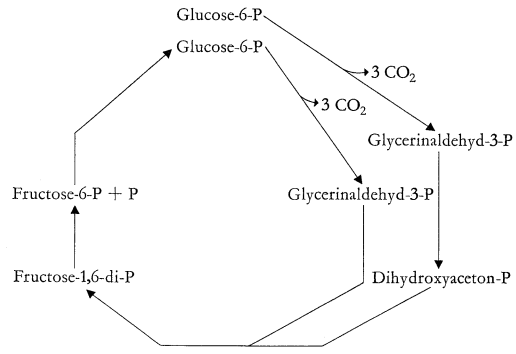


Abb. 11 Vollständige Oxydation von Glucose-6-phosphat über den Pentosephosphat-Zyklus und zusätzliche Reaktionen, die durch Triosephosphatisomerase, Aldolase, Fructose-1,6-diphosphatase und Hexosephosphatisomerase katalysiert werden

Der erste Schritt in diesem Diagramm (Umwandlung von Glucose-6-phosphat in Glycerinaldehyd-3-phosphat + 3 CO_2) ist die Summe der in Tabelle 19 und Abbildung 10 dargestellten Reaktionen. P = phosphat



Glycerinaldehyd-3-phosphat → Dihydroxyacetonphosphat (**9**)

Glycerinaldehyd-3-phosphat + Dihydroxyacetonphosphat → Fructose-1,6-diphosphat (**10**)

Fructose-1,6-diphosphat + H_2O → Fructose-6-phosphat + H_3PO_4 (**11**)

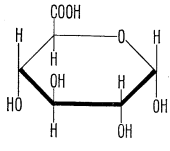
Fructose-6-phosphat → Glucose-6-phosphat (**8**)

Auf diese Weise würde aus zwei Molekülen Glycerinaldehyd-3-phosphat ein Molekül Glucose-6-phosphat entstehen, das wieder in den Pentosephosphat-Zyklus eingeführt und darin oxydiert werden könnte. Mehrmalige Wiederholungen der Reaktionen (**1**) bis (**11**) kämen also dann einer vollständigen Verbrennung von Glucose-6-phosphat gleich. Diese Auffassung, die auf dem Nachweis sämtlicher benötigten Enzyme in der Leber beruht[10], ist in Abbildung 11 bildlich dargestellt.

1) Warburg und Christian, *Biochem. Z.*, **287**, 440 (1936); Cori und Lipmann, *J. biol. Chem.*, **194**, 417 (1952). *2*) Warburg und Christian, *Biochem. Z.*, **292**, 287 (1937); Horecker et al., *J. biol. Chem.*, **193**, 383 (1951). *3*) Axelrod et al., *J. biol. Chem.*, **202**, 619 (1953). *4*) Srere et al., *Arch. Biochem. Biophys.*, **59**, 535 (1955). *5*) Dickens und Williamson, *Nature*, **176**, 400 (1955). *6*) Horecker et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 692 (1956). *7*) Racker et al., *J. Amer chem. Soc.*, **75**, 1010 (1953); de la Haba et al., *J. biol. Chem.*, **214**, 409 (1955). *8*) Horecker und Smyrniotis, *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 2021 (1953); Horecker et al., *J. biol. Chem.*, **212**, 827 (1955); Srere et al., *Fed. Proc.*, **14**, 285 (1955). *9*) Kornberg und Racker, *Biochem. J.*, **61**, iii (1955). *10*) Horecker et al., *J. biol. Chem.*, **207**, 393 (1954); Gibbs und Horecker, *J. biol. Chem.*, **208**, 813 (1954).

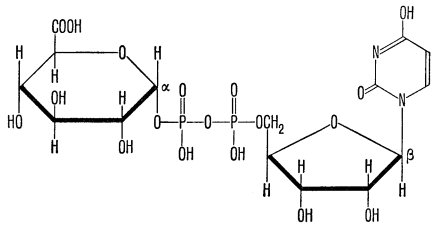
Bildung von Glucuronsäure

Diese Säure:



ist ein Baustein der Mucopolysaccharide, wie auch ein Paarungspartner bei Entgiftungsreaktionen. Sie verbindet sich mit vielen Hydroxylverbindungen, wie Alkoholen und Substanzen, die im Organismus in Alkohole umgewandelt werden (Salicylsäure, Kampfer, Menthol, Chloralhydrat, Pregnandiol) oder in Phenole (Phenol, Indoxyl). Sie paart sich auch mit dem Carboxyl aromatischer Carbonsäuren (Benzoesäure, Phenylessigsäure)[1] und mit Gallenfarbstoffen[2].

Die aktive Form der Glucuronsäure bei Paarungsreaktionen und möglicherweise auch bei der Synthese von Mucopolysacchariden ist Uridindiphosphoglucuronsäure:



Diese entsteht aus Glucose über die folgenden Reaktionen[2]:

Glucose + ATP	→ Glucose-6-phosphat + ADP
Glucose-6-phosphat	→ Glucose-1-phosphat
Glucose-1-phosphat + Uridintriphosphat	→ Uridindiphosphoglucose + Pyrophosphat
Uridindiphosphoglucose + DPN	→ Uridindiphosphoglucuronsäure + $DPNH_2$

Die Synthese gepaarter Glucuronide kann wie folgt formuliert werden[4]:

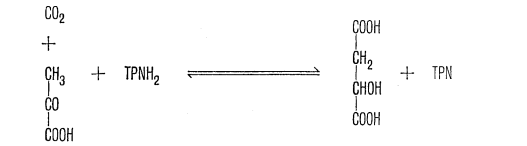
Uridindiphospho-glucuronat + ROH $\xrightarrow[\text{Umkehrung}]{\text{Waldensche}}$ Glucuronosyl-OR + Uridindiphosphat

wobei ROH ein Alkohol, ein Phenol oder eine aromatische Carbonsäure ist.

1) Williams, R. T., *Detoxication Mechanisms*, 2. Aufl. London (1959). *2*) Billing und Lathe, *Biochem. J.*, **63**, 6P (1956). *3*) Strominger et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 6411 (1954). *4*) Storey und Dutton, *Biochem. J.*, **59**, 279 (1955); Smith und Mills, *Biochim. biophys. Acta*, **13**, 386 (1954).

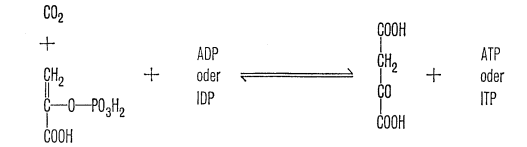
Verlängerung von Kohlenstoffketten durch Anlagerung von Kohlendioxyd

Eine wichtige Zwischenstufe beim Aufbau der Kohlenstoffgerüste von Zellbestandteilen ist die Anlagerung von CO_2 an Pyruvat. Es gibt in tierischen Geweben mindestens zwei Carboxylierungsreaktionen, über welche Kohlenstoffketten mit vier C-Atomen aus Pyruvat entstehen. Die erste[1] wird durch «malic enzyme» katalysiert; sie erfordert reduziertes Triphosphopyridinnucleotid und führt zu L-Äpfelsäure:



Brenztraubensäure | Reduziertes Triphosphopyridinnucleotid | L-Äpfelsäure | Triphosphopyridinnucleotid

Die zweite Reaktion[2] benötigt Adenosin- oder Inosindiphosphat und besteht in einer Anlagerung von CO_2 an Phosphopyruvat (Reaktion nach Utter und Kurahashi); sie führt zu Oxalacetat:



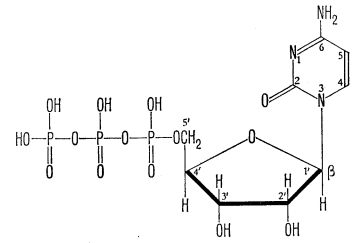
Phosphobrenztraubensäure | Adenosin- oder Inosindiphosphat | Oxalessigsäure | Adenosin- oder Inosintriphosphat

Beide Reaktionen sind reversibel und laufen in Lebergewebe und anderswo mit Leichtigkeit ab. Äpfelsäure und Oxalessigsäure können in den Tricarbonsäure-Zyklus eingeführt werden, wodurch sie Citrat und α-Ketoglutarat liefern.

1) Ochoa et al., *J. biol. Chem.*, **174**, 979 (1948); Veiga Salles und Ochoa, *J. biol. Chem.*, **187**, 849 (1950); Harary et al., *J. biol. Chem.*, **203**, 595 (1953). *2*) Utter und Kurahashi, *J. biol. Chem.*, **207**, 821 (1954).

Bildung von Lecithin und Cephalin

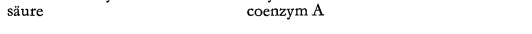
Die Synthese von Lecithin aus Fettsäuren, Glycerophosphat und Cholin in tierischen Geweben erfordert die Beteiligung von ATP, Coenzym A und Cytidintriphosphat als Cofaktoren.



Cytidintriphosphat

Die Zwischenstufen der Synthese sind die folgenden:

a) «Aktivierung» der Fettsäuren[1]:



Fettsäure | Coenzym A | Acylcoenzym A

b) «Aktivierung» von Cholin durch Cholinphosphokinase[2]:



Cholin | Phosphocholin

c) «Aktivierung» von Phosphocholin[3]:

Cytidintriphosphat + Phosphocholin ⇌ Cytidindiphosphocholin + Pyrophosphat

d) Synthese von Phosphatidsäure[3]:



α-Glycerophosphat | 2 Acylcoenzym A | Phosphatidsäure | 2 Coenzym A

e) Dephosphorylierung der Phosphatidsäure[3]:

Phosphatidsäure → D-α-β-Diglycerid + Phosphat

f) Synthese von Lecithin[3]:

Cytidindiphosphocholin + D-α-β-Diglycerid → Lecithin + Cytidinmonophosphat

g) Rephosphorylierung von Cytidinmonophosphat[4]:

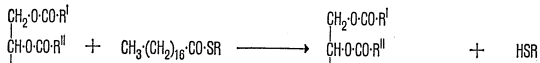
Cytidinmonophosphat + 2 ATP → Cytidintriphosphat + 2 ADP

Cephalin wird durch analoge Reaktionen mit Äthanolamin ($HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}NH_2$) an Stelle von Cholin aufgebaut.

1) Kornberg und Pricer, Jr., *J. biol. Chem.*, **204**, 329 (1953). *2*) Wittenberg und Kornberg, *J. biol. Chem.*, **202**, 431 (1953). *3*) Weiss et al., *Nature*, **178**, 594 (1956); Kennedy und Weiss, *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 250 (1955); Kennedy und Weiss, *J. biol. Chem.*, **222**, 193 (1956); Kennedy, E. P., *J. biol. Chem.*, **222**, 185 (1956). *4*) Berg und Joklik, *J. biol. Chem.*, **210**, 657 (1954); Krebs und Hems, *Biochim. biophys. Acta*, **12**, 172 (1953); Krebs und Hems, *Biochem. J.*, **61**, 435 (1955); Lieberman et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 429 (1955); Brumm et al., *J. biol. Chem.*, **220**, 713 (1956).

Bildung von Neutralfetten

Untersuchungen von Weiss und Kennedy[1] weisen darauf hin, daß der Glycerinanteil der Neutralfette aus α-Glycerophosphat stammt und daß die Reaktionen d) und e) des vorigen Abschnittes (die Synthese von Phosphatidsäure und deren Dephosphorylierung) Zwischenstufen der Neutralfettsynthese darstellen. Die Autoren konnten zeigen, daß Leberpräparate die folgende Reaktion katalysieren:

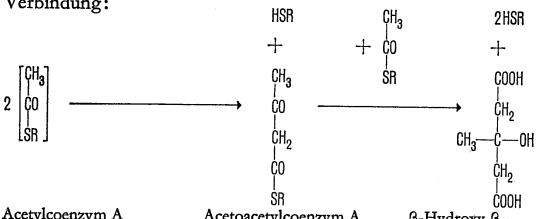


D-α-β-Diglycerid Palmitoylcoenzym A Neutralfett Coenzym A

1) Weiss und Kennedy, *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 3550 (1956).

Bildung von Cholesterin

Das ganze Kohlenstoffgerüst des Cholesterins kann im tierischen Organismus, besonders in der Leber, aus Acetat aufgebaut werden. Während viele Einzelheiten über die Zwischenstufen noch unbekannt sind, hat sich doch der Reaktionsweg in großen Zügen kürzlich abklären lassen[1]. Der erste Schritt ist wahrscheinlich die Bildung von Acetoacetylcoenzym A aus zwei Molekülen Acetylcoenzym A. Darauf bildet sich durch Kondensation des Acetoacetylcoenzyms A mit einem weiteren Molekül Acetylcoenzym A β-Hydroxy-β-methylglutarsäure oder eine ihr nahe verwandte C_6-Verbindung:



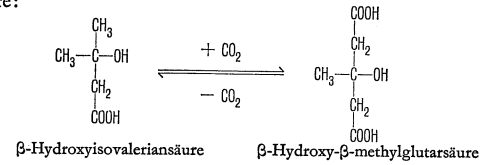
Acetylcoenzym A Acetoacetylcoenzym A β-Hydroxy-β-methylglutarsäure

Auf noch unbekannte Weise entsteht aus dieser C_6-Verbindung der dem Isopentantypus entsprechende C_5-Baustein des Cholesterinkohlenstoffgerüstes, der als «Isopren»-Einheit auch in einer Anzahl von Zwischenprodukten mit «Isopren»-Struktur auftritt.

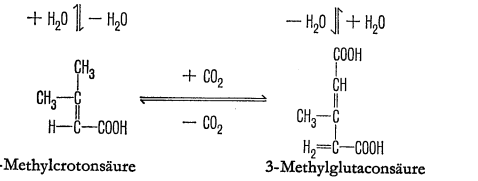


Isopentan Isopren

Die obigen, zu β-Hydroxy-β-methylglutarsäure führenden Kondensationsreaktionen sind reversibel, und diese Säure befindet sich in den meisten Systemen auch im Gleichgewicht mit 3-Methylglutaconsäure, 3-Hydroxyisovaleriansäure und 3-Methylcrotonsäure:



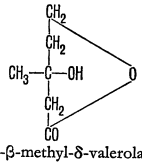
β-Hydroxyisovaleriansäure β-Hydroxy-β-methylglutarsäure



3-Methylcrotonsäure 3-Methylglutaconsäure

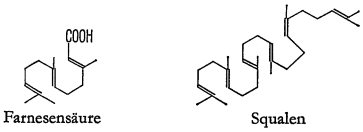
Das rasche Ineinanderübergehen dieser Verbindungen erschwert ihre Untersuchung als Vorstufen des Cholesterins erheblich, und es ist noch unsicher, ob sie überhaupt Zwischenprodukte darstellen.

Die C_6-Verbindung β-Hydroxy-β-methyl-δ-valerolacton ist mit β-Hydroxy-β-methylglutarsäure strukturell nahe verwandt und steht von allen untersuchten Verbindungen dem C_5-Isopentanbaustein am nächsten, weil es unter allen erwähnten Verbindungen die aktivste und direkteste Vorstufe für Cholesterin darstellt[2,3].



β-Hydroxy-β-methyl-δ-valerolacton

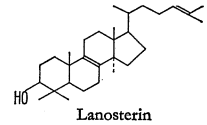
Wenn das Cholesteringerüst aus «Isopren»-Einheiten aufgebaut ist, so müssen Zwischenprodukte mit einer Kohlenstoffzahl eines Vielfachen von fünf erwartet werden*. Von der C_{15}-Verbindung Farnesensäure und von der C_{30}-Verbindung Squalen konnte gezeigt werden, daß sie als Zwischenprodukte in Frage kommen.



Farnesensäure Squalen

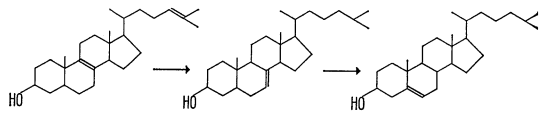
Für die Annahme, daß Isopren selbst der Baustein für die Bildung dieser «Isopren»-Strukturen sei, liegen keinerlei experimentellen Unterlagen vor. Die C_6-Verbindung δ-Valerolacton liefert über einen Mechanismus Squalen, in dem offensichtlich kein Isopren als Zwischenprodukt auftritt[3].

Sowohl Farnesensäure als auch Squalen entstehen in Leberhomogenaten aus Acetat, und Squalen kann in der Leber Cholesterin bilden. Das Kohlenstoffgerüst der Farnesensäure stellt die eine Hälfte der symmetrischen Struktur des Squalens dar. Enzyme des Lebergewebes bewirken einen Ringschluß des Squalens unter Bildung eines C_{30}-Trimethylsterins, des Lanosterins[4]:



Lanosterin

das seinerseits in die C_{27}-Verbindung Cholesterin übergehen kann; die Reaktion geht wahrscheinlich über Zymosterin und Δ^7-Cholestenol-(3β):



Zymosterin Δ^7-Cholestenol-(3β) Cholesterin

* Die Synthese vieler anderer, in Pflanzen und Mikroorganismen vorkommenden Verbindungen kann durch die Annahme einer Polymerisation von C_5-Bausteinen erklärt werden. Verbindungen, die aus 2, 3, 4 und 6 solchen C_5-Einheiten bestehen, werden als Mono-, Sesqui-, Di- und Triterpene bezeichnet. Beispiele sind die ätherischen Öle (Citral, Limonen), Pigmente (Carotin, Lycopin), Vitamin A, Kampfer und Kautschuk.

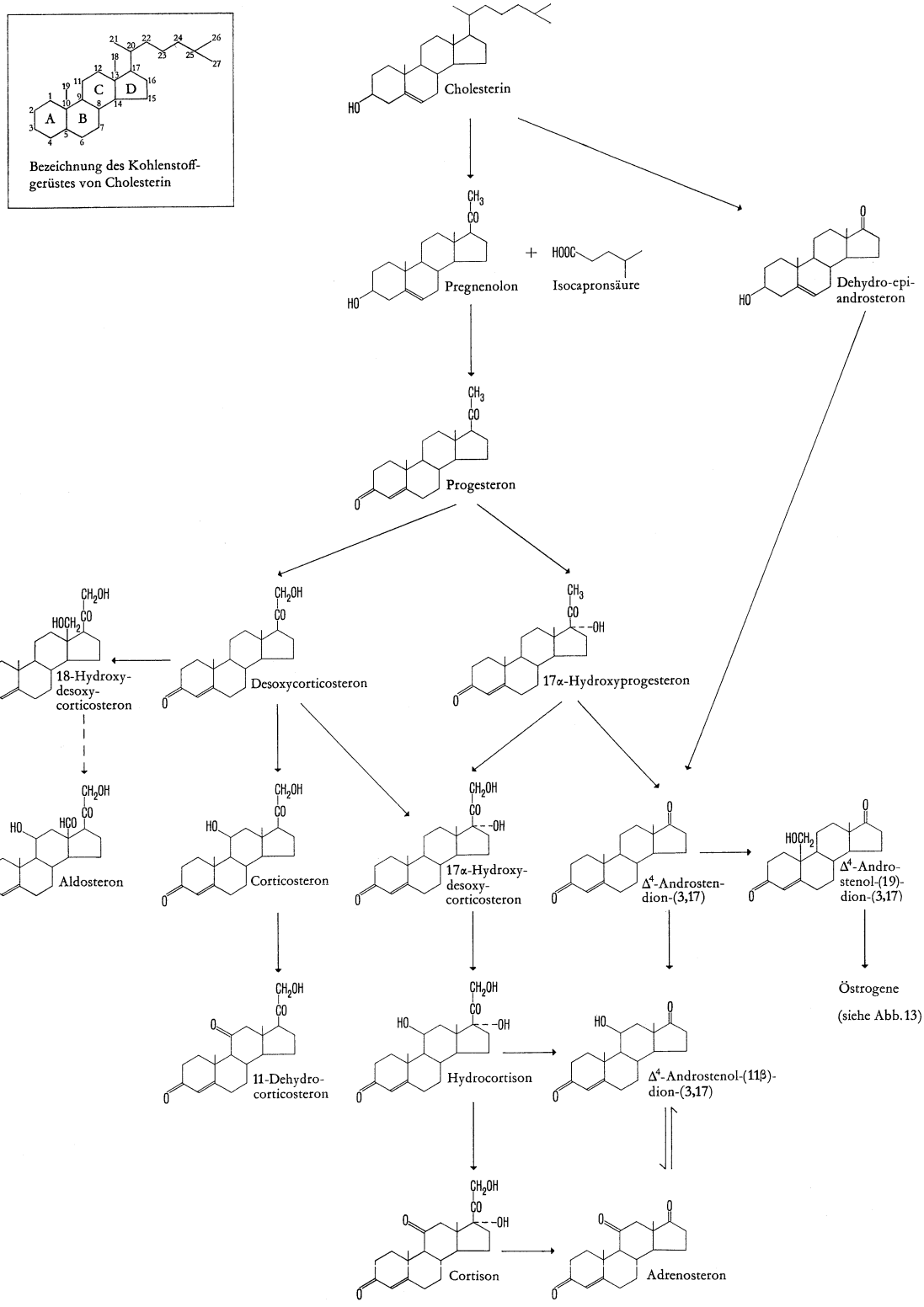
1) Friedman et al., *Ann. Rev. Biochem.*, **25**, 613 (1956). *2*) Tavormina et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 4498 (1956). *3*) Cornforth et al., *Biochem. J.*, **69**, 146 (1958). *4*) Tchen und Bloch, *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 6085 (1955).

Synthese und Metabolismus der Nebennierenrindensteroide

Die Nebennierenrinde ist wie kein anderes Gewebe befähigt, Steroidhormone zu synthetisieren. Außer der Produktion von acht C_{21}-Steroiden bekannter Struktur und nachgewiesener «corticoider» Aktivität produziert die Rinde mindestens fünfzehn weitere bekannte C_{21}-Steroide, deren physiologische Bedeutung nicht bekannt ist, dazu noch Progesteron, die Östrogene und die Androgene der $C_{19}O_2$- und $C_{19}O_3$-Reihe.

Die C_{21}-Corticosteroide beeinflussen in hohem Maße den Kohlenhydratstoffwechsel (glucocorticoide Aktivität) sowie den Natrium- und Kaliummetabolismus (mineralocorticoide Aktivität). Die meisten dieser Verbindungen zeigen beide Arten von Aktivitäten, wobei je nach ihrer chemischen Struktur die eine oder andere vorherrscht[1]. Die aktiveren Glucocorticoide sind jene mit Sauerstoffsubstituenten sowohl in 11- wie auch in 17-Stellung. Es wird angenommen, daß beinahe die ganze glucocorticoide Aktivität der Nebenniere auf das von ihr produzierte Cortisol (Hydrocortison) zurückzuführen ist, da dieses sowohl die größte glucocorticoide Aktivität aller natürlichen Steroide zeigt, als auch mengenmäßig in der Nebennierenrinde vorherrschend ist. Das quantitativ an zweiter Stelle stehende Corticosteron zeigt geringere glucocorticoide Wirkung. Das den Mineralsalzhaushalt am aktivsten regulierende Hormon, Aldosteron, kommt nur in kleiner Menge vor. Desoxy-

Abb. 12 Synthese der Steroidhormone der Nebennierenrinde aus Cholesterin



corticosteron hat einen viel geringeren, aber noch nachweisbaren Einfluß auf den Salzmetabolismus. Über weitere Einzelheiten der adrenocorticoiden Steroide siehe unter Nebennierenrindenhormone.

Abbildung 12 (S. 400) zeigt den wahrscheinlichsten Mechanismus[2–4] für die Biosynthese der biologisch aktiven C_{21}-Steroide der Nebenniere und ihrer vier wichtigsten C_{19}-Androgene. Er beruht hauptsächlich auf Untersuchungen in vitro mit bovinem Nebennierengewebe, wobei aber auch Versuche in vivo am Menschen im Einklang mit dem dargestellten Reaktionsschema stehen[5].

Es ist erwiesen[3, 4], daß alle C_{21}-Steroidhormone aus Cholesterin entstehen können, wobei die erste nachweisbare C_{21}-Verbindung Pregnenolon ist, das darauf in Progesteron übergeht. Nach Progesteron scheint es zwei divergente Reaktionswege zu geben, je nachdem die Hydroxylierung zuerst in 17α-Stellung (zu 17α-Hydroxyprogesteron) oder in 21-Stellung (zu Desoxycorticosteron) stattfindet. Die meisten Daten deuten darauf hin, daß die Hydroxylierung in 17-Stellung bei Abwesenheit einer 21-Hydroxylgruppe leichter stattfindet, obwohl auch 17α-Hydroxylierungen von 21-Hydroxyverbindungen beobachtet wurden. Desoxycorticosteron wie auch 17α-Hydroxydesoxycorticosteron können in 11β-Stellung hydroxyliert werden, wobei Corticosteron bzw. Cortisol entstehen, die durch Oxydation in 11-Stellung kleine Mengen von zwei weiteren physiologisch aktiven Substanzen, 11-Dehydrocorticosteron und Cortison, liefern. Der Reaktionsverlauf für die Bildung von Aldosteron ist noch unklar, seine Entstehung aus Desoxycorticosteron konnte aber nachgewiesen werden[6]. Es konnte auch gezeigt werden, daß durch Hydroxylierung von Desoxycorticosteron das hypothetische Zwischenprodukt 18-Hydroxydesoxycorticosteron entsteht[7], das durch 11β-Hydroxylierung und darauffolgende Oxydation in 18-Stellung Aldosteron bilden könnte. Die Herkunft der Androgene ist im weiter unten folgenden Abschnitt über den oxydativen Abbau behandelt.

Es liegen Beweise für einen weiteren Synthesenweg vor, der Cholesterin umgeht[3, 4], wahrscheinlich aber über eine dem Cholesterin und den Hormonen gemeinsame Vorstufe verläuft. Von diesem Weg sind jedoch bis jetzt keine Einzelheiten bekannt, anderseits aber Beweise vorhanden, daß er von der ACTH-Steuerung unabhängig ist (siehe unten).

Hypophysäre Steuerung. Die Nebennierenrinde wird durch ACTH aus der Hypophyse in normaler Funktion gehalten. Außer dieser allgemeinen Steuerung des Nebennierenrindenmetabolismus hat ACTH auch einen direkten Einfluß auf die Biosynthese der Corticosteroide. Der Angriffspunkt (oder deren mehrere), bei dem ACTH eingreift, ist noch nicht sichergestellt. Ein wichtiger Punkt wird im Anfangsstadium angenommen, möglicherweise bei der Bildung von Pregnenolon aus Cholesterin[3]. Es wurde auch beobachtet, daß ACTH das Verhältnis der Cortisol- zur Corticosteronsekretion verändern kann[8, 9], was aber nicht unbedingt einen Eingriff von ACTH in den späteren Stadien der Biosynthese beweist. Cortisol selbst ist nämlich ein hochaktiver Hemmstoff über die ACTH-Sekretion, so daß auf diese Weise zwischen Hypophyse und Nebennierenrinde eine gegenseitige Steuerung zu bestehen scheint.

Aldosteron. Das Aldosteron, wegen seiner Aldehydgruppe in 18-Stellung so genannt[10], hat einen Einfluß auf den Salzmetabolismus, der im Vergleich mit anderen Mineralocorticoiden enorm ist. Bei Natriumretentionsversuchen hat sich gezeigt, daß Aldosteron die 25–100fache Wirkung von Desoxycorticosteron[11] ohne eine Wasserverlust-Nebenwirkung zeigt. Aldosteron beeinflußt auch den Kohlenhydratstoffwechsel, wobei es in der Glycogenspeicherungsreaktion 30mal aktiver als Desoxycorticosteron[12] und in der Lebenserhaltungsaktivität bei Hund und Ratte in der gleichen Größenordnung ist wie dieses[10, 13]. Dosen von 3 μg je Kilogramm Körpergewicht täglich vermögen die klinischen Symptome der Addisonschen Krankheit zu beheben[14]. Der Einfluß auf den Stickstoffmetabolismus kann bei den bis jetzt verabreichten Dosen vernachlässigt werden. Klinische Zustände von primärem Hyperaldosteronismus[15] und primärem Hypoaldosteronismus[16] sind beschrieben worden.

Da nach Hypophysektomie die Aldosteronproduktion nur um 30% abfällt[18], scheint ACTH auf die Aldosteronsekretion nur einen geringen Einfluß auszuüben[17]. Wichtiger und direkter ist wahrscheinlich die Steuerung durch die Natrium- und Kaliumkonzentrationen und das extrazelluläre Flüssigkeitsvolumen des Organismus. Die Ausscheidung von Aldosteron im Harn steht in einem gut definierbaren, umgekehrten Verhältnis zur Natriumkonzentration im Harn[17]. Auf Grund von Versuchen mit partiell dekapitierten Hunden[18], bei denen man die Blutzirkulation des Kopfes unabhängig von derjenigen des Rumpfes künstlich auf rechterhielt, kann angenommen werden, daß sich im Gehirn ein Zentrum befindet, das für Veränderungen des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens verantwortlich ist, welches seinerseits die Konstanz der Aldosteronproduktion steuert. Aldosteron wird im Harn teils in freier Form, teils als Glucuronid ausgeschieden[19].

Abbau der Nebennierenrindensteroide

Die in Abbildung 12 aufgeführten, physiologisch aktiven Corticosteroide unterliegen einer Vielfalt weiterer Umwandlungen[2, 20], sowohl in der Nebenniere selbst als auch in anderen Geweben, vor allem in der Leber und den Gonaden. Man weiß noch nicht, ob diese Umwandlungen mit den hormonalen Funktionen dieser Verbindungen in Zusammenhang stehen. Die Dissimilationsreaktionen können in drei Hauptgruppen eingeteilt werden: oxydativer Abbau, Hydroxylierung und Reduktion.

Oxydativer Abbau. Die Abspaltung der Seitenkette aus C_{21}-Steroiden mit 17α-Hydroxy-20-keto-Konfiguration ist wahrscheinlich der hauptsächliche Entstehungsweg für die adrenalen Androgene und kann sehr wohl auch die Schlüsselreaktion für die Synthese der Androgene in den Testes[21] wie auch der Östrogene in den Ovarien[22] darstellen. Auf Grund dieser Spaltungsreaktion kann man die Ausscheidung von 17-Ketosteroiden im Harn als ungefähren Maßstab für die adrenocorticoide Aktivität betrachten (siehe 17-Ketosteroide, bei den Steroidhormonen). Hier kann auch die Oxydation der 17β-Hydroxylgruppe des Testosterons zum 17-Keton (Δ^4-Androstendion[3,17]) angeführt werden. Diese Reaktion bringt das den Testes zugeordnete Testosteron mit der Gruppe von C_{19}-Metaboliten in Verbindung, die in Abbildung 12, S. 400, als Derivate der adrenalen Androgene angeführt sind.

Hydroxylierung. Außer der zur Bildung aktiver C_{21}-Corticosteroide führenden Hydroxylierung in 11-, 17- und 21-Stellung ist die Nebennierenrinde auch zu Hydroxylierungen von Steroiden der C_{19}- und C_{21}-Reihe in 6α-, 6β- und 19-Stellung befähigt[2, 3]. Es ist bekannt, daß 6-Hydroxylierungen auch in Rattenleber vorkommen und daß die Nebennierenrinde vom Meerschweinchen Cortisol in 2α-Hydroxyhydrocortison verwandelt[23]. Aus dem Harn konnten auch C_{19}- und C_{21}-Steroide mit einer 16α-Hydroxylgruppe isoliert werden[24]; Nebennierengewebe des Schweins kann in dieser Stellung Hydroxylierungen bewirken[25].

Reduktion. Im allgemeinen versucht der Organismus, Steroidhormone in Form von Metaboliten mit vollständig hydrierter Δ^4-3-Keto-Gruppe im Ring A zu eliminieren (siehe Abb. 12). Theoretisch kann diese Reduktion zu Produkten führen, die 3α- oder 3β-Hydroxylgruppen und das 5-Wasserstoffatom entweder in 5α- oder 5β-Konfiguration tragen. Praktisch haben beinahe alle vom Menschen ausgeschiedenen Metaboliten 3α-Hydroxy-5β-Konfiguration (C_{21}: Pregnan; C_{19}: Ätiocholan). Kleine Mengen von 3α-Hydroxy-5α-Steroiden (C_{21}: Allopregnan, C_{19}: Androsteron) werden auch ausgeschieden. Der Stoffwechsel von Steroidhormonen in Geweben anderer Arten, im besonderen Rattenleber (in vitro), liefert hauptsächlich, aber nicht ausschließlich, 5α-Reduktionsprodukte[26], die sowohl 3α- als auch 3β-Hydroxylgruppen tragen. Die Reduktion der Δ^4-3-Keto-Gruppierung verläuft offenbar schrittweise, wobei die Δ^4-Doppelbindung zuerst hydriert wird[27].

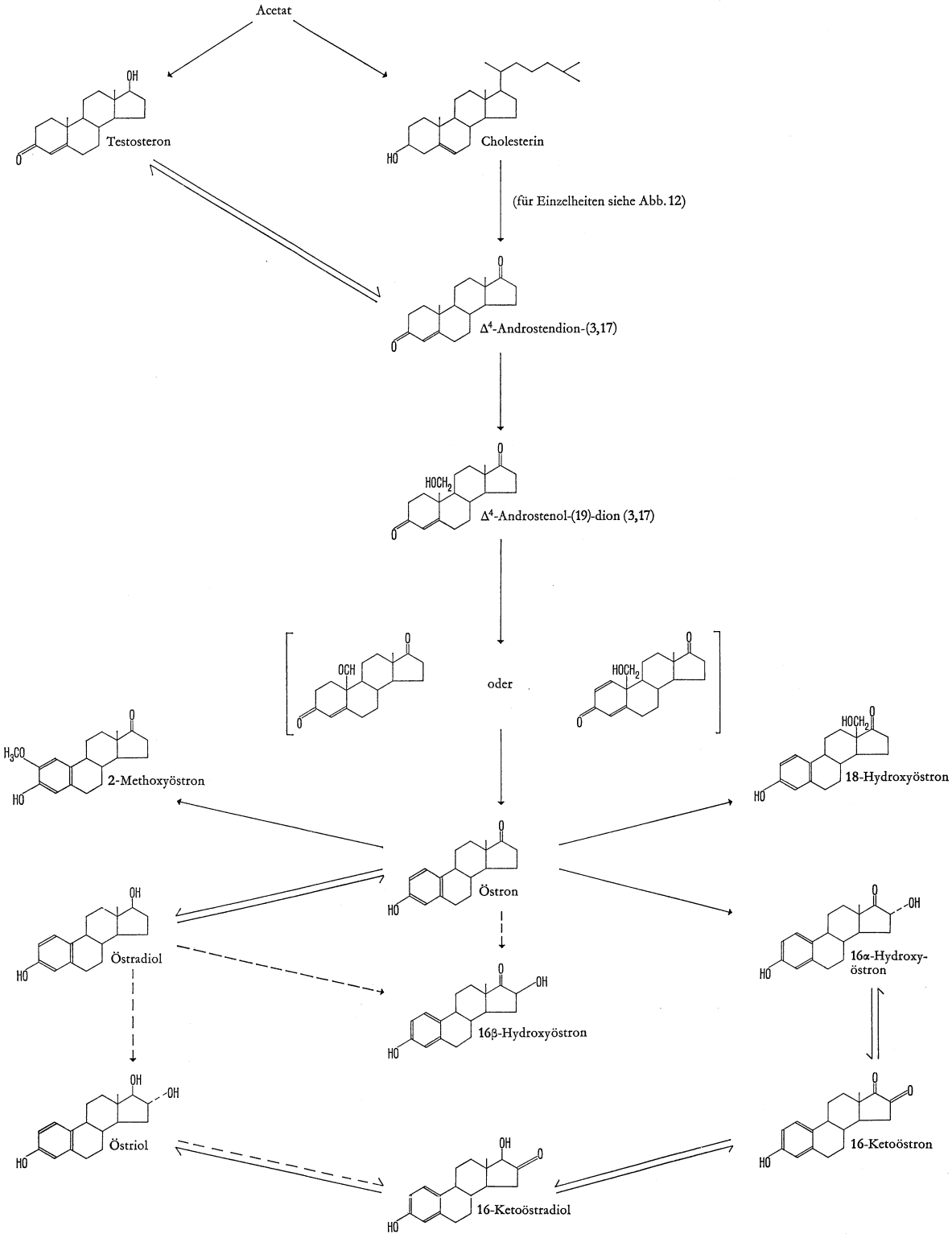
Die Reduktion der 20-Keto- zur 20-Hydroxylgruppe ist eine weitere wichtige Abbaureaktion der C_{21}-Steroide und verläuft in den meisten Gewebepräparationen[28] in vitro sterisch anders als im Menschen[29]. Während in vitro gewöhnlich ein 20β-Hydroxyderivat entsteht, wird vom Menschen ausschließlich ein 20α-Hydroxyderivat ausgeschieden.

Paarung und Ausscheidung. Die Ausscheidung der Steroide im Harn geschieht vorwiegend durch Paarung mit Glucuronsäure oder Schwefelsäure[29]. Die Mehrzahl der C_{21}-Steroide werden als β-Glucuronide ausgeschieden. Dehydroepiandrosteron und Androsteron sind im Harn zum größten Teil als Schwefelsäureester vorhanden. Cortison und Cortisol werden offenbar weitgehend in freier Form durch den Harn eliminiert. Es ist erwiesen, daß die Glucuronidbildung in der Leber für den Steroidmetabolismus von allgemeiner Bedeutung ist[29].

---

1) Noble, R. L., in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 685. *2)* Dorfman, R. I., in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 589. *3)* Hayano et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 79 (1956). *4)* Heard et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 45 (1956). *5)* Dorfman, R. I., *Ciba Foundation Colloquia on Endocrinology*, **8**, 112 (1955); Cornforth et al., *Proc. chem. Soc. Lond.*, **1958**, 112. *6)* Kahnt et al., *Experientia (Basel)*, **11**, 446 (1955). *7)* Kahnt et al., *Helv. chim. Acta*, **38**, 1237 (1955). *8)* Kass et al., *Proc. Soc. exp. Biol.*, **85**, 583

Abb. 13 Synthese und Metabolismus der Östrogene



(1954). *9)* Rosenfeld und Bascom, *Endocrinology,* **59,** 497 (1956). *10)* Simpson et al., *Experientia (Basel),* **10,** 132 (1954). *11)* Desaulles et al., *Schweiz. med. Wschr.,* **83,** 1088 (1953). *12)* Schuler et al., *Experientia (Basel),* **10,** 142 (1954). *13)* Gross und Gysel, *Acta endocr. (Kbh.),* **15,** 199 (1954). *14)* Mach et al., *Schweiz. med. Wschr.,* **84,** 407 (1954). *15)* Eales und Linder, *Quart. J. Med.,* **25,** 539 (1956). *16)* Skanse und Hökfelt, *Acta endocr. (Kbh.),* **28,** 29 (1958). *17)* Luetscher, J. A., *Recent Progr. Hormone Res.,* **12,** 175 (1956). *18)* Farrell, G., *Recent Progr. Hormone Res.,* **12,** 192 (1956). *19)* Axelrad et al., *Brit. med. J.,* **1,** 196 (1955). *20)* Roberts und Szego, *Ann. Rev. Biochem.,* **24,** 543 (1955). *21)* Slaunwhite und Samuels, *J. biol. Chem.,* **220,** 341 (1956); Lynn, W. S., *Fed. Proc.,* **15,** 305 (1956). *22)* Solomon et al., *J. Amer. chem. Soc.,* **78,** 5453 (1956). *23)* Burstein, S., *J. Amer. chem. Soc.,* **78,** 1769 (1956). *24)* Lieberman et al., *J. biol. Chem.,* **204,** 491 (1953). *25)* Rao und Heard, *Arch. Biochem.,* **66,** 504 (1957). *26)* Forchielli und Dorfman, *J. biol. Chem.,* **223,** 443 (1956); Burstein et al., *Endocrinology,* **56,** 267 (1955). *27)* Tomkins, G. M., *J. biol. Chem.,* **225,** 13 (1957). *28)* Caspi und Hechter, *Arch. Biochem. Biophys.,* **61,** 299 (1956); de Courcy und Schneider, *J. biol. Chem.,* **223,** 865 (1956). *29)* Sie und Fishman, *J. biol. Chem.,* **225,** 453 (1957).

Synthese und Metabolismus der Östrogene

Die wichtigsten menschlichen östrogenen Steroide sind Östron, Östradiol und Östriol. Es sind C_{18}-Verbindungen mit aromatischem Ring A. Die Hauptlokalisationen ihrer Synthese sind die Ovarien und die Placenta, obwohl auch die Testes und die Nebennierenrinde zu ihrer Bildung befähigt sind. Von allen Steroidhormongruppen ist am wenigsten über die Reaktionswege der Östrogensynthese bekannt[1,2]. Die derzeitigen Kenntnisse stammen von Untersuchungen der Harnausscheidung am Menschen und am Pferd und von Versuchen in vitro mit verschiedenen Säugetiergeweben. Eine Übersicht ist in Abbildung 13, S. 402, gegeben.

Es konnte gezeigt werden, daß Cholesterin Androgene bildet, die ihrerseits in Östrogene übergehen[2,3]. Ein direkter Übergang von Cholesterin zu den Östrogenen konnte bei Schwangerschaft festgestellt werden[9]. Die Östrogene entstehen wahrscheinlich aus Androgenen über Δ^4-Androstenol-(19)-dion, da die Bildung des 19-Hydroxyderivates aus Δ^4-Androstendion nachgewiesen werden konnte und Östron leichter aus dem 19-Hydroxyderivat als aus Δ^4-Androstendion selbst entsteht. In Analogie zur chemischen Reaktivität anderer Verbindungen mit ähnlicher Struktur nimmt man an, daß die Aromatisierung des 19-Hydroxyderivates entweder über 19-Aldo-Δ^4-androstendion oder $\Delta^{1,4}$-Androstadienol-(19)-dion verläuft, aus welchen Östron durch Abspaltung von Formaldehyd entstehen könnte.

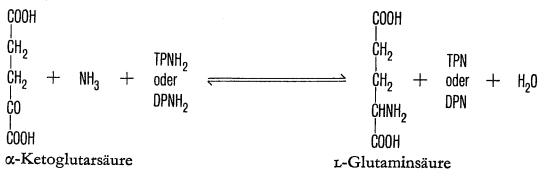
Bei der Umwandlung von Östron zu Östriol treten wahrscheinlich 16-Ketoöstron und 16-Ketoöstradiol als Zwischenprodukte auf[1]. 16-Ketoöstron bildet sich in vivo aus Östron[4] und wird in 16-Ketoöstradiol verwandelt, aus dem dann Östriol entsteht[5]. Zwei 16-Hydroxyöstrone wurden aus Schwangerenharn isoliert[6], und etwas Östron wird als 18-Hydroxyderivat ausgeschieden, das sich wahrscheinlich in der Nebenniere bildet[7]. 2-Methoxyöstron konnte im Harn identifiziert werden und ist möglicherweise auch ein normales Stoffwechselprodukt[8].

Die direkte Umwandlung von Östradiol zu Östriol wurde nicht beobachtet und bleibt hypothetisch. Weiteres über den Metabolismus der Östrogene siehe unter Steroidhormonen.

1) Dorfman, R. I., in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones,* Bd. 3, New York (1955), S. 593. *2)* Heard et al., *Recent Progr. Hormone Res.,* **12,** 45 (1956). *3)* Baggett et al., *J. biol. Chem.,* **221,** 931 (1956). *4)* Slaunwhite und Sandberg, *Arch. Biochem. Biophys.,* **63,** 478 (1956). *5)* Levitz et al., *J. biol. Chem.,* **222,** 981 (1956). *6)* Marrian et al., *Biochem. J.,* **66,** 60 (1957); Layne und Marrian, *Nature,* **182,** 50 (1958); Brown et al., *Nature,* **182,** 50 (1958). *7)* Loke et al., *Biochim. biophys. Acta,* **28,** 214 (1958). *8)* Kraychy und Gallagher, *J. biol. Chem.,* **229,** 519 (1957). *9)* Werbin et al., *J. Amer. chem. Soc.,* **79,** 1012 (1957).

Bildung von Glutaminsäure

Stehen α-Ketoglutarsäure, Ammoniak und reduziertes DPN oder TPN zur Verfügung, so wird in Lebergewebe und anderen tierischen Geweben Glutaminsäure mit Leichtigkeit synthetisiert. Die Reaktion wird durch Glutaminsäuredehydrogenase katalysiert:

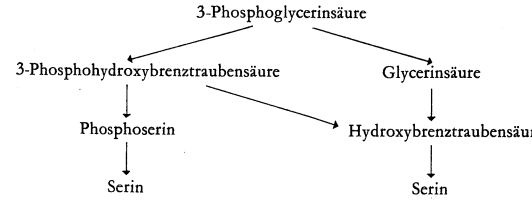


α-Ketoglutarsäure — L-Glutaminsäure

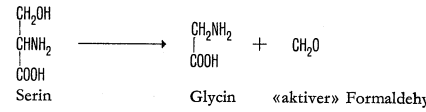
Die Glutaminsäure ist die einzige Aminosäure, die in tierischen Geweben aus Ammoniak und dem entsprechenden Kohlenstoffgerüst (in Form der α-Ketosäure) aufgebaut werden kann. Alle anderen nichtessentiellen Aminosäuren werden aus der entsprechenden α-Ketosäure durch Transaminierung mit Glutaminat gebildet. Deshalb stellt die reduktive Aminierung von α-Ketoglutarsäure für den tierischen Organismus die wichtigste Reaktion für die Aufnahme von Ammoniak dar.

Bildung von Serin und Glycin aus Kohlenhydraten

Serin kann aus Glucose über Phosphoglycerinsäure entstehen. Es ist unsicher, auf welcher Stufe der Phosphorsäureester gespalten wird, und die Versuchsergebnisse stimmen mit mehreren Möglichkeiten überein[1]:



Es ist sicher, daß sich Glycin im Organismus aus Serin bildet:



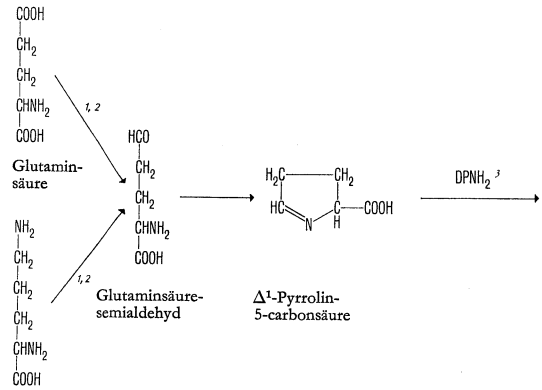
Serin — Glycin — «aktiver» Formaldehyd

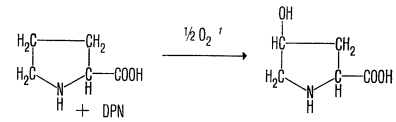
Der Enzymmechanismus ist hingegen unbekannt[2].

1) Korkes, S., *Ann. Rev. Biochem.,* **25,** 732 (1956). *2)* Arnstein, H. R. V., *Advanc. Protein Chem.,* **9,** 1 (1954) (besonders S. 36).

Bildung von Prolin und Hydroxyprolin

Es wird angenommen, daß diese Aminosäuren entweder aus Ornithin oder aus Glutaminsäuresemialdehyd nach folgendem Reaktionsschema entstehen:





Prolin — Hydroxyprolin

1) Stetten, M. R., in: McElroy und Glass (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism,* Baltimore (1955), S. 277; Vogel, H. J., *ibid.,* S. 335. *2)* Strecker und Mela, *Biochim. biophys. Acta,* **17,** 580 (1955). *3)* Yura und Vogel, *Biochim. biophys. Acta,* **17,** 582 (1955); Smith und Greenberg, *Nature,* **177,** 1130 (1956).

Tabelle 20 Bildung von Zellbestandteilen und Metaboliten aus Aminosäuren
Diese Aufstellung ist nicht umfassend; über Kohlenhydratsynthese aus Aminosäuren siehe S. 410

Aminosäure als Ausgangsmaterial	Gebildetes Produkt	Bildungsweg	Physiologische Funktion
Glycin	Purinbasen	Siehe S. 405	Bestandteil der Nucleinsäuren und Nucleotide
	Porphyrine	Siehe S. 407	Bestandteil des Hämoglobins und der Cytochrome
	Creatin	Siehe S. 407	Vorstufe des Creatinphosphats. Energiespeicherung im Muskel und in anderen Geweben
	Glutathion	Siehe S. 408	Prosthetische Gruppe der Glyoxalase, Triosephosphatdehydrogenase und wahrscheinlich auch anderer Enzyme
	Hippursäure und verwandte Verbindungen	Siehe S. 415	Endprodukt der Entgiftung von Benzoesäure
	Gallensäuren	Siehe S. 408	Für die Fettresorption benötigt
Serin	Äthanolamin	Decarboxylierung (siehe Tabelle 6, S. 372)	Bestandteil der Phospholipide
	Cholin	Methylierung von Äthanolamin mit Methionin als Methyldonator	Bestandteil der Phospholipide
	Acetylcholin	Acetylierung von Cholin durch Coenzym A[1]	Überträgersubstanz an den Nervenendigungen
Cystein	Taurin	Siehe S. 408	Bestandteil der Gallensäuren
	Glutathion	Siehe S. 408	Siehe oben unter Glycin
Glutaminsäure	Glutamin	Aus Glutaminsäure und Ammoniak in Gegenwart von ATP[2]	Zellbestandteil. Überträger von Aminogruppen bei Aminierungen und Amidierungen
	γ-Aminobuttersäure	Decarboxylierung (siehe Tabelle 6, S. 372)	Zellbestandteil, besonders des Gehirns
	Glutathion	Siehe S. 408	Siehe oben unter Glycin
	Prolin	Siehe S. 403	Proteinbestandteil
	Hydroxyprolin	Siehe S. 403	Proteinbestandteil
Arginin	Creatin	Siehe S. 407	Siehe oben unter Glycin
Methionin	Creatin	Siehe S. 407	Siehe oben unter Glycin
	Cholin	Decarboxylierung (siehe Tabelle 6, S. 372)	Siehe oben unter Serin
Histidin	Histamin	Siehe S. 372	Überträgersubstanz an den Nervenendigungen
Asparaginsäure	Pyrimidinbasen	Siehe S. 409	Bestandteil der Nucleinsäuren und Nucleotide
	β-Alanin	Wahrscheinlich durch α-Decarboxylierung	Bestandteil besonderer Peptide (Anserin, Carnosin, Pantothensäure)
Tyrosin	Adrenalin	Siehe S. 409	Hormon
	Noradrenalin	Siehe S. 409	Hormon und Überträgersubstanz an den Nervenendigungen
	Thyroxin	Siehe S. 410	Hormon
	Melanine	Siehe S. 410	Haar- und Hautpigmente
Tryptophan	5-Hydroxytryptamin (Serotonin)	Siehe S. 410	Überträgersubstanz an den Nervenendigungen
	Nicotinsäure	Siehe S. 377	Bestandteil der Pyridinnucleotide
Glucogene Aminosäuren	Kohlenhydrate	Siehe S. 411	

1) Korkes et al., *J. biol. Chem.*, **198**, 215 (1952). 2) Elliott, W. H., *J. biol. Chem.*, **201**, 661 (1953).

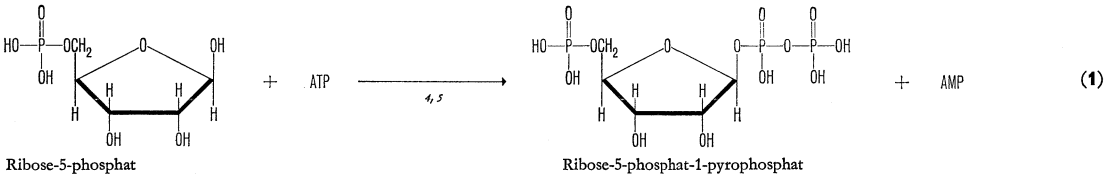
2. Bildung von Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten aus Aminosäuren

Die hauptsächlichen Produkte, ihre Bildungswege und physiologischen Funktionen sind in Tabelle 20 auf S. 404 zusammengestellt.

Bildung von Purinen

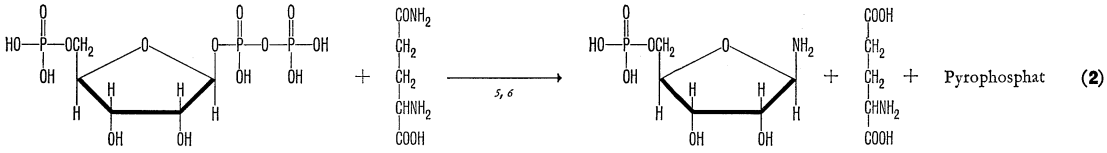
Die Versuche zur Abklärung der unten dargestellten Reaktionswege (S. 405–407) wurden in der Hauptsache mit Taubenleber durchgeführt. Es ist jedoch kein Grund vorhanden, für Säugetiere einen anderen Mechanismus anzunehmen. Das Puringerüst baut sich auf dem Stickstoff von Ribosylamin-5-phosphat auf. Als Substrate werden Glutamin, Glycin, Asparaginsäure, Kohlendioxyd und ein zu Formaldehyd äquivalentes C_1-Fragment benötigt, das in Form der Formyltetrahydrofolsäure geliefert wird[1]. Als erstes Purinderivat wird Inosinsäure (Reaktionen **1–11**) gebildet. Aus dieser entsteht dann Adenylsäure (Reaktionen **12** und **13**) oder Xanthylsäure (Reaktion **14**) und Guanylsäure (Reaktion **15**). Bei der Resorption freier, natürlicher Purinbasen findet nur das Adenin direkte Verwertung. Es wird wahrscheinlich in einer zur Umwandlung von Orotsäure in Orotidylsäure analogen Reaktion zu AMP umgebaut (siehe S. 409)[2]. Andere Purinbasen, wie Guanin, Hypoxanthin und Xanthin, werden nur ganz beschränkt oder gar nicht verwendet.

Bildung von Inosinsäure (IMP)



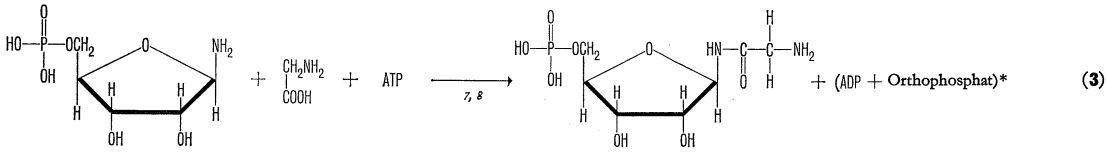
(1)

Ribose-5-phosphat — Ribose-5-phosphat-1-pyrophosphat



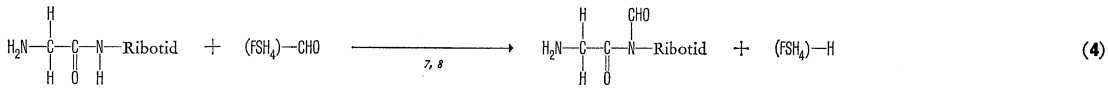
(2)

Ribose-5-phosphat-1-pyrophosphat — Glutamin — Ribosylamin-5-phosphat («Aminoribotid») — Glutaminsäure



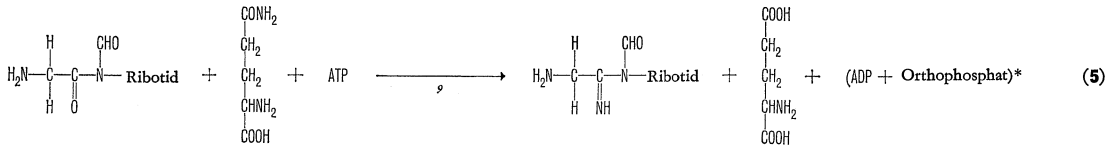
(3)

Ribosylamin-5-phosphat — Glycin — Glycinamidribotid



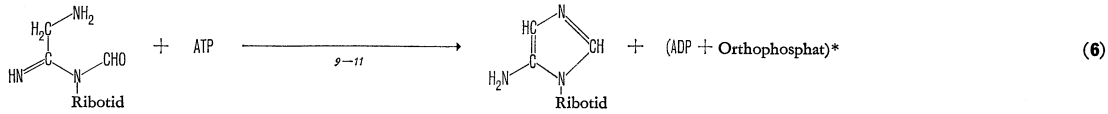
(4)

Glycinamidribotid — Formyltetrahydrofolsäure — Formylglycinamidribotid — Tetrahydrofolsäure



(5)

Formylglycinamidribotid — Glutamin — Formylglycinamidinribotid — Glutaminsäure

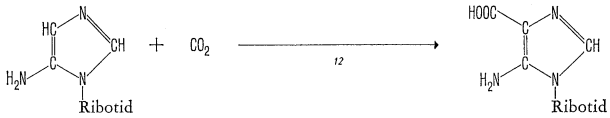


(6)

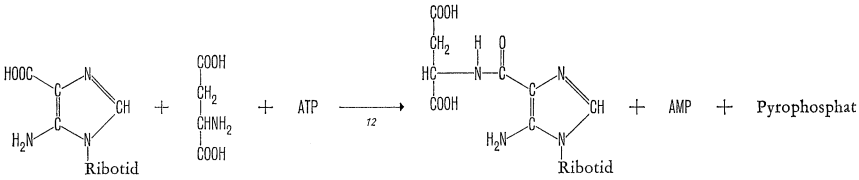
Formylglycinamidinribotid — 5-Aminoimidazolribotid

---

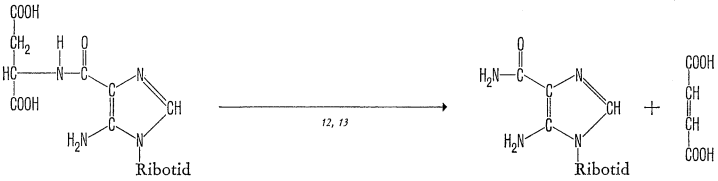
* Die eingeklammerten Produkte sind nicht sichergestellt.



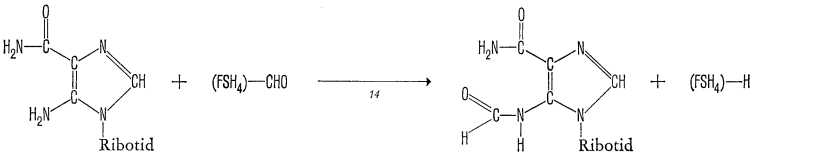
5-Aminoimidazol-ribotid — 5-Amino-4-carboxyimidazolribotid **(7)**



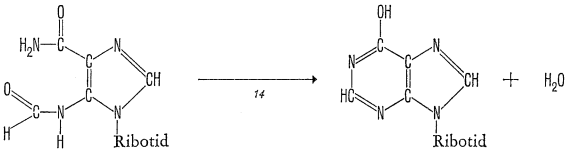
5-Amino-4-carboxy-imidazolribotid — Asparaginsäure — 5-Amino-4-succino-carboxamidoimidazolribotid **(8)**



5-Amino-4-succino-carboxamidoimidazolribotid — 5-Amino-4-carboxamido-imidazolribotid — Furmarsäure **(9)**

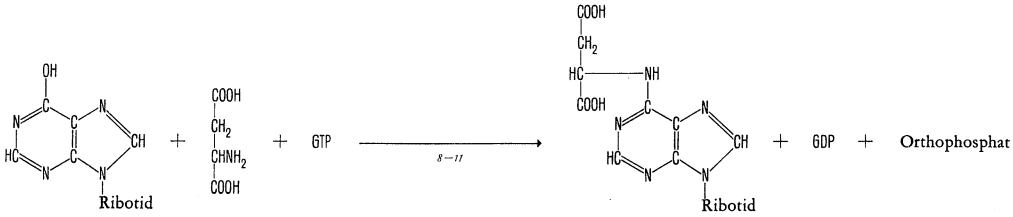


5-Amino-4-carboxamido-imidazolribotid — Formyltetra-hydrofolsäure — 5-Formamido-4-carbox-amidoimidazolribotid — Tetrahydrofolsäure **(10)**

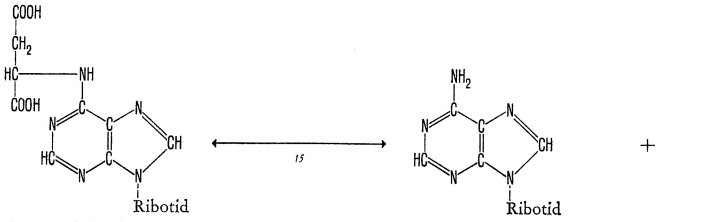


5-Formamido-4-carbox-amidoimidazolribotid — Inosinsäure **(11)**

Bildung von Adenylsäure (Adenosinmonophosphat, AMP)

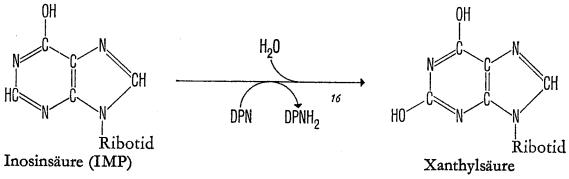


Inosinsäure (IMP) — Asparaginsäure — N-Succinyladenylsäure **(12)**



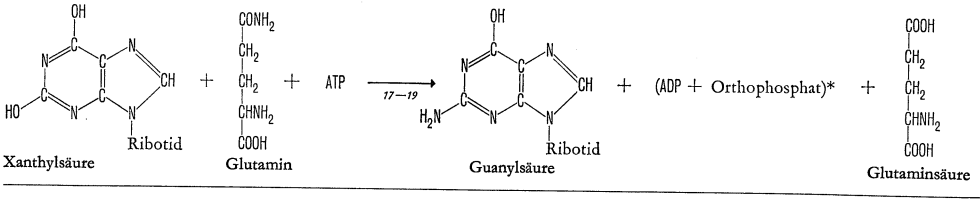
N-Succinyladenylsäure — Adenylsäure — Fumarsäure **(13)**

Bildung von Xanthylsäure (XMP)



Inosinsäure (IMP) — Xanthylsäure **(14)**

Bildung von Guanylsäure (GMP)



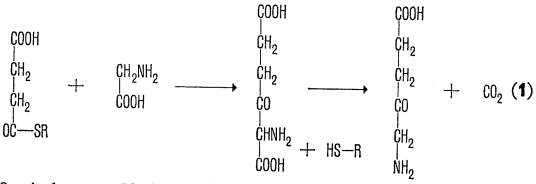
Xanthylsäure — Glutamin — Guanylsäure — Glutaminsäure **(15)**

* Nicht sichergestellt.

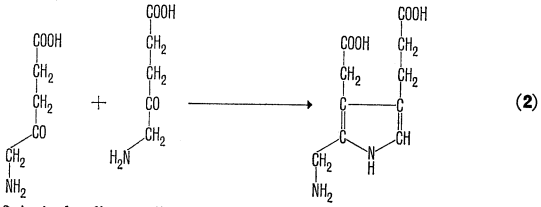
1) Carter, C. E., *Ann. Rev. Biochem.*, **25**, 123 (1956). *2*) Kornberg et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 417 (1955). *3*) Christman, A. A., *Physiol. Rev.*, **32**, 303 (1952). *4*) Kornberg et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 389 (1955). *5*) Goldthwait et al., *Biochim. biophys. Acta*, **18**, 148 (1955). *6*) Goldthwait, D. A., *J. biol. Chem.*, **222**, 1051 (1956). *7*) Goldthwait et al., *J. biol. Chem.*, **221**, 569 (1956); Warren und Buchanan, *J. biol. Chem.*, **229**, 613 (1957). *8*) Hartman et al., *J. biol. Chem.*, **221**, 1057 (1956). *9*) Levenberg und Buchanan, *J. biol. Chem.*, **224**, 1005 und 1019 (1957); Melnick und Buchanan, *J. biol. Chem.*, **225**, 157 (1957). *10*) Goldthwait et al., in: McElroy und Glass (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 765. *11*) Buchanan et al., in: McElroy und Glass (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 743. *12*) Lukens, L. N., *Abstr. Amer. chem. Soc. 131st Meeting* (1957), S. 14C. *13*) Miller et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **79**, 1513 (1957). *14*) Flaks et al., *J. biol. Chem.*, **229**, 603 (1957). *15*) Lieberman, I., *J. biol. Chem.*, **223**, 327 (1956). *16*) Carter und Cohen, *J. biol. Chem.*, **222**, 17 (1956). *17*) Abrams und Bentley, *Arch. Biochem. Biophys.*, **58**, 109 (1955). *18*) Lagerkvist, U., *Acta chem. scand.*, **9**, 1028 (1955). *19*) Gehring und Magasanik, *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 4685 (1955).

Bildung der Porphyrine

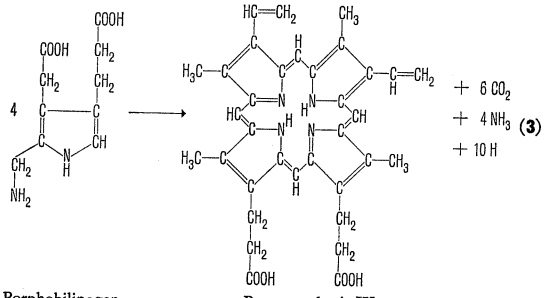
Acht der Kohlenstoffatome des Porphyrins stammen von α-Kohlenstoffatomen des Glycins, die übrigen sechsundzwanzig aus Bernsteinsäure. Die Aminogruppe des Glycins liefert die vier Stickstoffatome des Moleküls[1]. Es konnte gezeigt werden, daß die Synthese dieses komplexen Moleküls über δ-Aminolävulinsäure und Porphobilinogen[2] verläuft:



Succinyl-coenzym A (siehe S. 368) — Glycin — α-Amino-β-ketoadipin-säure (hypothetisches Zwischenprodukt) — δ-Amino-lävulinsäure



δ-Aminolävulinsäure (2 Moleküle) — Porphobilinogen

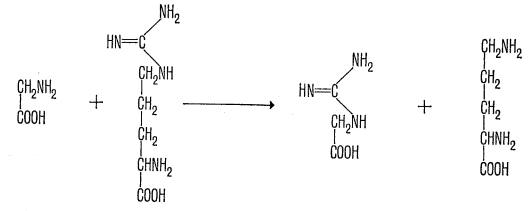


Porphobilinogen — Protoporphyrin IX

1) Shemin, D., in: McElroy und Glass (Hrsg.), *A Symposium on Amino Acid Metabolism*, Baltimore (1955), S. 727; Shemin, D., *Ergebn. Physiol.*, **49**, 299 (1957). *2*) Berlin et al., *Biochem. J.*, **64**, 80 (1956); Wriston et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 603 (1955); Falk et al., *Nature*, **172**, 292 (1953); Nemeth et al., *J. biol. Chem.*, **229**, 415 (1957); Gibson et al., *Biochem. J.* **68**, 17P (1958).

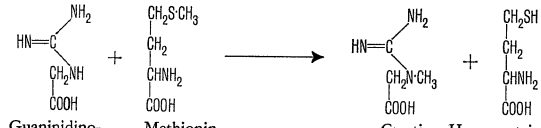
Bildung von Creatin aus Glycin, Arginin und Methionin[1]

Creatin, das in Form von Creatinphosphat als Speicher aktiver «Phosphatbindungsenergie» dient, wird durch zwei Übertragungsreaktionen gebildet, wobei das Grundgerüst von Glycin stammt. In der ersten Reaktion wird die HN=C–NH_2-Gruppe von Arginin auf Glycin übertragen:



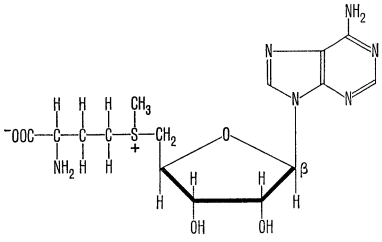
Glycin — Arginin — Guanidinoessigsäure (Glycocyamin) — Ornithin

Im zweiten Schritt überträgt Methionin seine Methylgruppe auf Guanidinoessigsäure:



Guanidino-essigsäure — Methionin — Creatin — Homocystein

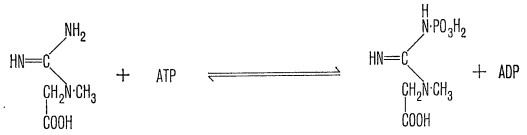
Das Methionin reagiert nicht als freie Aminosäure, sondern als S-Adenosylderivat, das aus ATP und Methionin entsteht[2]:



S-Adenosylmethionin

Auch das Homocystein tritt bei der oben dargestellten Transmethylierung als Adenosylderivat auf[2].

Creatin bildet mit ATP in reversibler Reaktion, besonders im Muskel, Creatinphosphat:

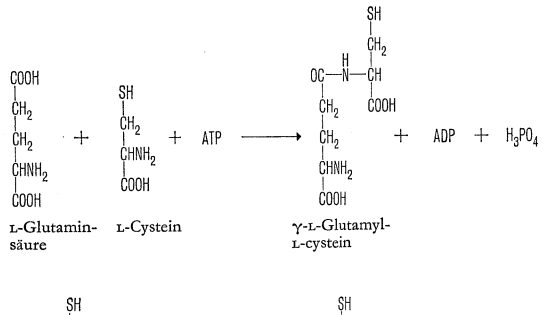


Im ruhenden Muskel verläuft die Reaktion von links nach rechts, während längerer Kontraktion aber von rechts nach links unter Regenerierung des durch die Kontraktionsarbeit verbrauchten ATP.

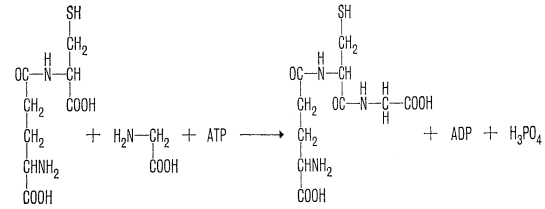
1) Übersicht siehe Arnstein, H. R. V., *Advanc. Protein Chem.*, **9**, 1 (1954). *2)* Cantoni, G. L., *J. biol. Chem.*, **204**, 403 (1953); Cantoni und Scarano, *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 4744 (1954); Cantoni und Vignos, *J. biol. Chem.*, **209**, 647 (1954). *3)* Cantoni und Scarano, *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 4744 (1954).

Bildung von Glutathion

Die Glutathionsynthese verläuft in zwei Stufen, von denen gezeigt werden konnte, daß sie in der Leber ablaufen. In der ersten wird das Dipeptid γ-L-Glutamyl-L-cystein aus Glutaminsäure, Cystein und ATP gebildet[1], worauf in einem zweiten Schritt aus γ-L-Glutamyl-L-cystein, Glycin und ATP Glutathion entsteht[2]:



L-Glutaminsäure — L-Cystein — γ-L-Glutamyl-L-cystein

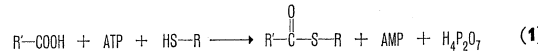


γ-L-Glutamyl-L-cystein — Glycin — Glutathion

1) Mandeles und Bloch, *J. biol. Chem.*, **214**, 639 (1955). *2)* Snoke, J. E., *J. biol. Chem.*, **213**, 813 (1955).

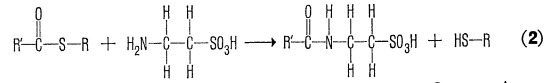
Bildung von Gallensäurekonjugaten[1]

Gallensäuren, wie Cholsäure und Desoxycholsäure, werden mit Glycin oder Taurin gepaart in das Darmlumen ausgeschieden. Das Verhältnis von Glycin- zu Taurinkonjugat scheint vom Vorhandensein des Taurins abzuhängen. Die Spezifität und Aktivität der Enzymsysteme begünstigen die Bildung von Taurinkonjugaten[2]. Die Reaktionen erfordern die Beteiligung von Coenzym A und ATP und verlaufen wahrscheinlich über einen der Aktivierung von Acetat (S. 369) und aromatischen Säuren (S. 415) analogen Mechanismus[3]:



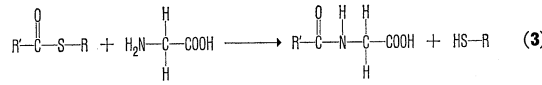
(1)

Gallensäure — Coenzym A — Acyl-coenzym A — Pyrophosphorsäure



(2)

Acyl-coenzym A — Taurin — Taurin-Gallensäure-Konjugat (zum Beispiel Taurocholsäure) — Coenzym A



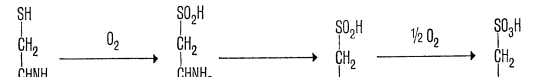
(3)

Acyl-coenzym A — Glycin — Glycin-Gallensäure-Konjugat (zum Beispiel Glycocholsäure) — Coenzym A

1) Bergström und Borgström, *Ann. Rev. Biochem.*, **25**, 187 (1956). *2)* Bremer, J., *Acta chem. scand.*, **9**, 268 (1955). *3)* Bremer, J., *Acta chem. scand.*, **9**, 1036 (1955); Elliott, W. H., *Biochem. J.*, **62**, 427, 433 (1955); **65**, 315 (1957).

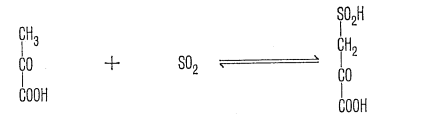
Bildung von Taurin

Taurin wird in der Leber und möglicherweise auch in anderen Geweben aus Cystein gebildet. In Geweben von Säugetieren verläuft die Synthese über Cysteinsulfinsäure und Hypotaurin[1]:

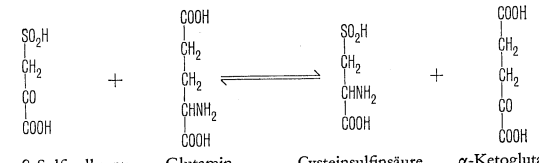


Cystein — Cysteinsulfinsäure — Hypotaurin — Taurin

Cysteinsulfinsäure kann auch aus Brenztraubensäure, Schwefeldioxyd und Glutaminsäure über folgende Reaktionen entstehen[2]:



Brenztraubensäure — β-Sulfinylbrenztraubensäure

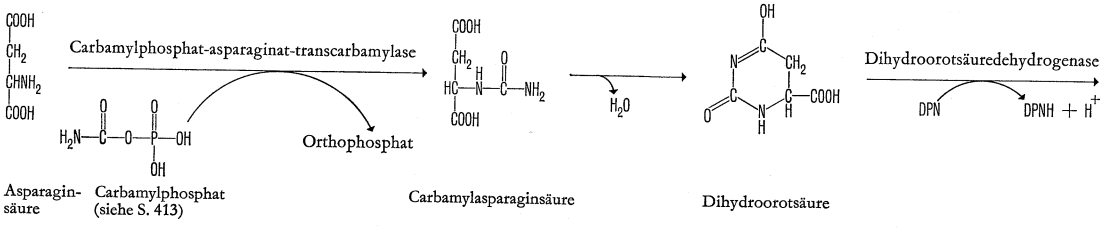


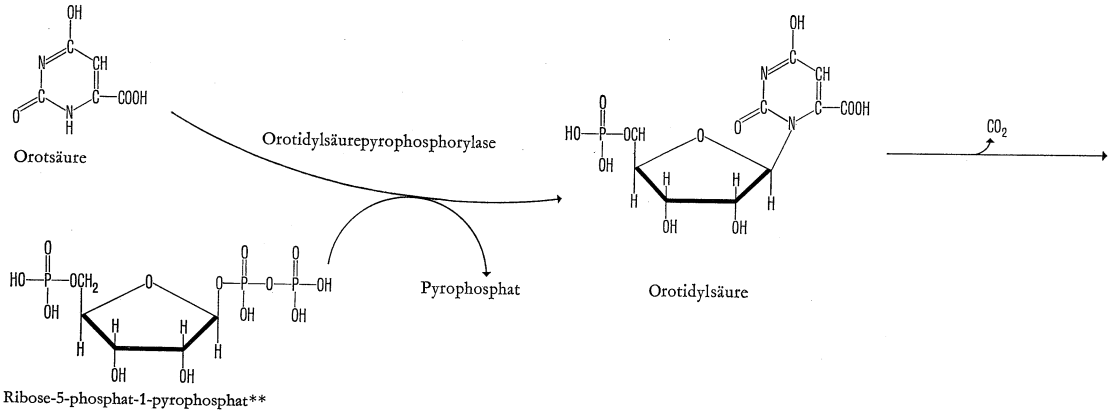
β-Sulfinylbrenztraubensäure — Glutaminsäure — Cysteinsulfinsäure — α-Ketoglutarsäure

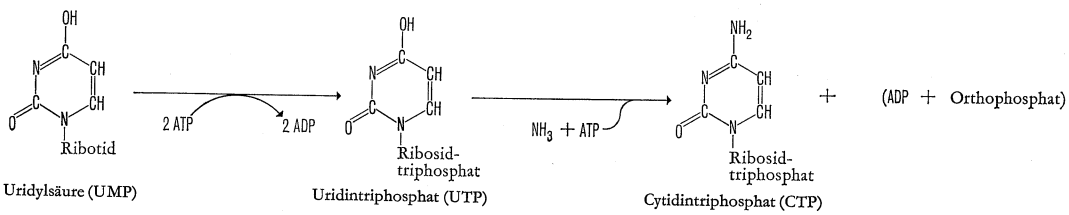
1) Awapara und Wingo, *J. biol. Chem.*, **203**, 189 (1953); Cavallini et al., *J. biol. Chem.*, **216**, 577 (1955); Hope, B. D., *Biochem. J.*, **59**, 497 (1955); Bergeret et al., *Biochim. biophys. Acta*, **17**, 128 (1955); Chapeville und Fromageot, *Biochim. biophys. Acta*, **17**, 275 (1955). *2)* Chapeville und Fromageot, *Biochim. biophys. Acta*, **11**, 415 (1954).

Bildung von Pyrimidinen

Die Ausgangsmaterialien für die Pyrimidinsynthese sind Asparaginsäure und Carbamylphosphat. Der unten dargestellte Reaktionsmechanismus kommt in Säugetieren[1] und in Bakterien[2] vor. Das zuerst entstehende Pyrimidinderivat ist Orotsäure, die im weiteren dann in Orotidylsäure (OMP)[3], Uridylsäure (UMP), Cytidylsäure[4] und Thymidylsäure* (TMP) übergeht. Es ist unbekannt, wie die letztere entsteht.







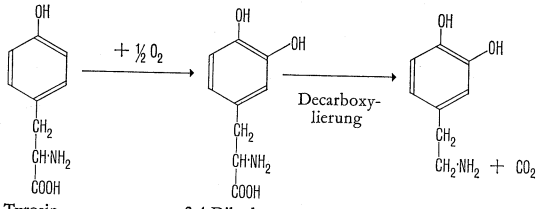
* Da diese Verbindung Desoxyribose enthält, sollte sie eigentlich als Desoxythymidylsäure (DTMP) bezeichnet werden.

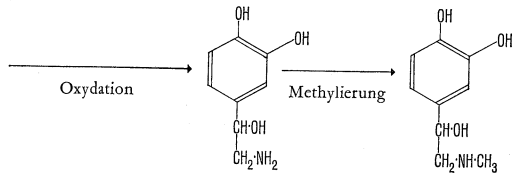
** Diese Verbindung wird durch Reaktion (**1**), S. 405, gebildet.

1) Carter, C. E., *Ann. Rev. Biochem.*, **25**, 123 (1956); Lowenstein und Cohen, *J. biol. Chem.*, **220**, 57 (1956); Cooper et al., *J. biol. Chem.*, **216**, 37 (1955). *2)* Lieberman und Kornberg, *J. biol. Chem.*, **207**, 911 (1954). *3)* Lieberman et al., *J. biol. Chem.*, **215**, 403 (1955). *4)* Lieberman, I., *J. biol. Chem.*, **222**, 765 (1956).

Bildung von Adrenalin und Noradrenalin aus Tyrosin

Mittels Isotopen konnte eindeutig bewiesen werden, daß Adrenalin aus Phenylalanin und Tyrosin entsteht, wobei aber die Einzelheiten der Zwischenstufen noch unklar sind. Im folgenden ist der wahrscheinliche Reaktionsmechanismus dargestellt[1]:

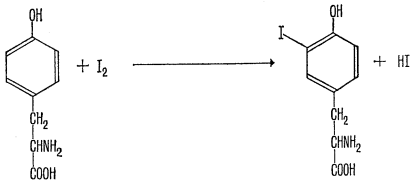




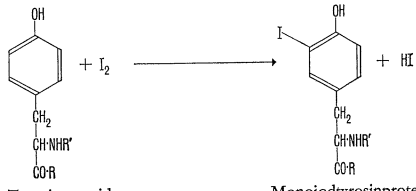
1) Über andere Bildungswege siehe Dalgliesh, C. E., *Advanc. Protein Chem.*, **10**, 65 (1955).

Bildung von Schilddrüsenhormonen[1]

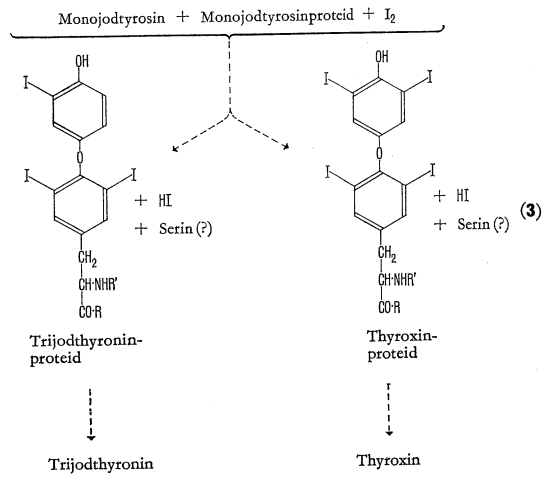
Die Schilddrüse ist befähigt, Jodid (I^-) von 1 µg pro 100 ml im Blut auf 10 µg pro 100 g Gewebe in der Drüse zu konzentrieren. Dieses Konzentrationsverhältnis kann variieren, da es durch mehrere Faktoren, wie zum Beispiel durch die Plasmajodidkonzentration, beeinflußt wird. Die Einzelheiten über den Einbau des Jods in das Schilddrüsenprotein sind unbekannt. Die Reaktion verläuft möglicherweise über freies Jod (I_2) und eine Jodierung von freiem und auch an Proteine gebundenem Tyrosin[2]:



Tyrosin — Monojodtyrosin **(1)**



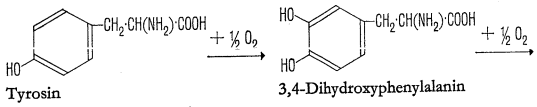
Tyrosinproteid — Monojodtyrosinproteid **(2)**



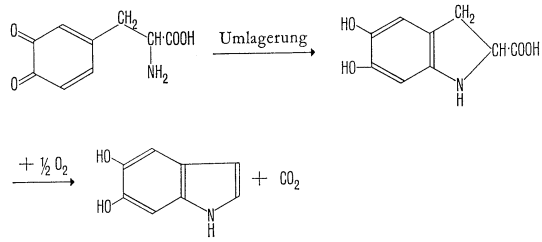
1) Übersicht siehe Roche und Michel, *Physiol. Rev.*, **35**, 583 (1955). *2*) Fawcett und Kirkwood, *J. biol. Chem.*, **209**, 249 (1954); Taurog et al., *J. biol. Chem.*, **213**, 119 (1955).

Bildung von Melaninen aus Tyrosin[1]

Melanin ist das Pigment von Haut, Haaren, Federn und Augen der Wirbeltiere. Es ist eine komplexe und inhomogene Substanz, die durch Polymerisation von 5,6-Dihydroxyindol und darauffolgende Kupplung mit Protein entsteht. 5,6-Dihydroxyindol wird wahrscheinlich auf folgendem Weg, der bei Albinismus blockiert ist, gebildet:



Tyrosin — 3,4-Dihydroxyphenylalanin

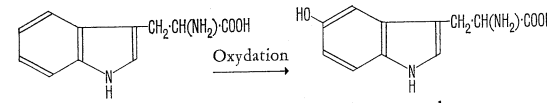


5,6-Dihydroxyindol

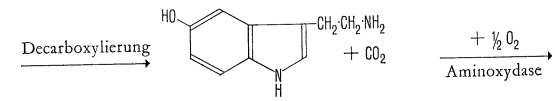
1) Übersicht siehe Mason, H. S., *Advanc. Enzymol.*, **16**, 163 (1955); Dalgliesh, C. E., *Advanc. Protein Chem.*, **10**, 65 (1955).

Bildung und Abbau von 5-Hydroxytryptamin (Serotonin)

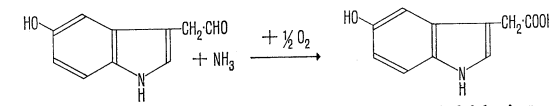
5-Hydroxytryptamin (Serotonin) wird als Überträgersubstanz an den Nervenendigungen betrachtet; es dürfte auch eine Rolle bei der Hämostase und der Steuerung der Nierenaktivität spielen und hat wahrscheinlich noch andere Funktionen[1]. Es wird in relativ hoher Konzentration in Thrombocyten und den argyrophilen Zellen der Darmwand gefunden. Bei Tumoren der argyrophilen Zellen (Argentaffinom, malignes Carcinoid) findet sich sein Abbauprodukt 5-Hydroxyindolylessigsäure in abnormer Menge im Harn[2]. Es wird angenommen, daß 5-Hydroxytryptamin durch folgende Reaktionen aus Tryptophan entsteht[3]:



Tryptophan — 5-Hydroxytryptophan



5-Hydroxytryptamin (Serotonin)



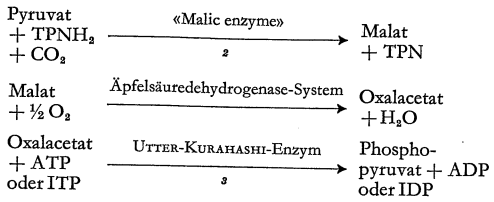
5-Hydroxyindolylacetaldehyd — 5-Hydroxyindolylessigsäure

1) Page, I. H., *Physiol. Rev.*, **34**, 563 (1954); Erspamer, V., *Pharmacol. Rev.*, **6**, 425 (1954); Spector und Willoughby, *Nature*, **179**, 318 (1957). *2*) Page et al., *Lancet*, **1**, 198 (1955); Pernow und Waldenström, *Lancet*, **2**, 951 (1954). *3*) Udenfriend et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 501 (1953); Dalgliesh, C. E., *Advanc. Protein Chem.*, **10**, 103 (1955); *Biochem. J.*, **64**, 481 (1956); Dalgliesh und Dutton, *Biochem. J.*, **65**, 21 P (1957).

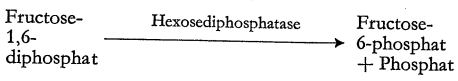
Synthese der Kohlenhydrate aus Aminosäuren und anderen, nicht aus Kohlenhydraten bestehenden Vorstufen (Gluconeogenese)

Glucose kann aus Lactat, Pyruvat, Glycerin und einer Anzahl Aminosäuren, wie Glutaminsäure, Asparaginsäure, Alanin, Arginin, Prolin, Hydroxyprolin, Histidin, Serin, Glycin und Valin, entstehen. Allen Glucosebildnern ist die metabolische Fähigkeit eigen, Pyruvat oder Phosphopyruvat zu bilden. Der Reaktionsweg von Pyruvat zu Glucose geht über die meisten Stufen der anaeroben Glycolyse (Tabelle 3, S. 367) in umgekehrter Reihenfolge, wobei aber drei besondere Reaktionen vorkommen[1]. Diese umgehen die Energieschranke, die eine einfache Umkehrung der Glycolyse verunmöglicht. Diese drei Reaktionen sind:

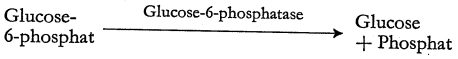
a) Die Bildung von Phosphopyruvat aus Pyruvat, wobei folgende besondere Reaktionen beteiligt sind:



b) Umwandlung von Fructose-1,6-diphosphat in Fructose-6-phosphat durch eine spezifische Phosphatase[4] und nicht durch Übertragung von Phosphat auf ADP:



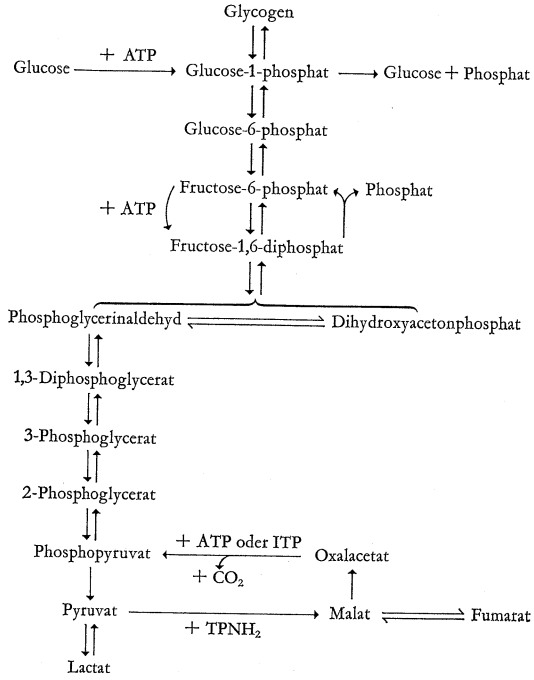
c) Dephosphorylierung von Glucose-6-phosphat durch eine spezifische Phosphatase[5] und nicht durch Übertragung von Phosphat auf ADP:



Die Zwischenstufen der Kohlenhydratsynthese aus Pyruvat sind in Abbildung 14 dargestellt.

Abb. 14 Reaktionswege des Kohlenhydratauf- und -abbaues[1]

An drei Stellen gehen Auf- und Abbau verschiedene Wege. Die Reaktionen des Abbaus sind durch abwärtsgerichtete, diejenigen des Aufbaus durch aufwärtsgerichtete Pfeile bezeichnet



1) Krebs und Kornberg, *Ergebn. Physiol.*, **49**, 212 (1957). 2) Ochoa et al., *J. biol. Chem.*, **174**, 979 (1948); Veiga Salles und Ochoa, *J. biol. Chem.*, **187**, 849 (1950); Harary et al., *J. biol. Chem.*, **203**, 595 (1953). 3) Utter und Kurahashi, *J. biol. Chem.*, **207**, 821 (1954). 4) Gomori, G., *J. biol. Chem.*, **148**, 139 (1943). 5) Swanson, M. A., *J. biol. Chem.*, **184**, 647 (1950); Cori und Cori, *J. biol. Chem.*, **199**, 661 (1952).

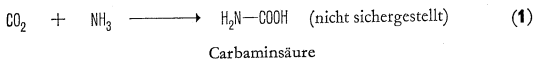
Eine Anzahl von Stoffwechselprozessen gehört weder in die Gruppe der energieliefernden Reaktionen, noch sind sie der Synthese von Zellbestandteilen zugeordnet. Diese Prozesse haben die Aufgabe, für den Organismus schädliche Substanzen zu eliminieren oder, mit anderen Worten, das physiologische Milieu zu erhalten, und werden deshalb als «Entgiftungsreaktionen» bezeichnet.

Der quantitativ wichtigste Entgiftungsmechanismus ist die Umwandlung von überschüssigem Stickstoff, im besonderen von Ammoniumionen, in Harnstoff (siehe unten). Mit Hilfe von anderen Entgiftungsreaktionen werden gewisse resorbierte Verbindungen (zum Beispiel Benzoesäure) oder Arzneimittel eliminiert. Einzelheiten über den intermediären Stoffwechsel der Entgiftungsmechanismen sind in Tabelle 21 und im folgenden Abschnitt dargestellt.

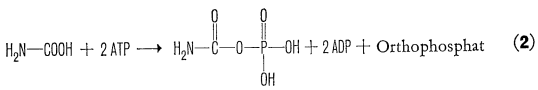
Synthese von Harnstoff[1]

Der größte Teil des im Säugetierorganismus auftretenden Stickstoffüberschusses wird in Form von Harnstoff ausgeschieden. Die Synthese von Harnstoff aus Ammoniak und Kohlendioxyd stellt einen zyklischen Mechanismus dar. Die Annahme eines Harnstoff-Zyklus beruhte ursprünglich auf der Beobachtung, daß Ornithin, Citrullin und Arginin in Anwesenheit von Ammoniak die Harnstoffbildung beschleunigen, ohne dabei verbraucht zu werden[2]. Diese Annahme hat sich seither durch viele weitere Versuche bestätigen lassen[1]. Die Reaktionen des Zyklus bauen die Harnstoffstruktur an der δ-Aminogruppe des Ornithins auf. Der Aufbau schließt mit der Bildung von Arginin ab, das dann durch Arginase in Harnstoff und Ornithin gespalten wird.

Vor der Einführung von Ammoniak und Kohlendioxyd in den Zyklus bildet sich aus je einem Molekül der beiden Carbamylphosphat, wobei ATP benötigt wird. Diese Reaktion verläuft wahrscheinlich wie folgt[3,4]:

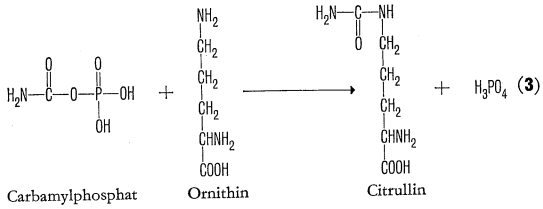


Carbaminsäure



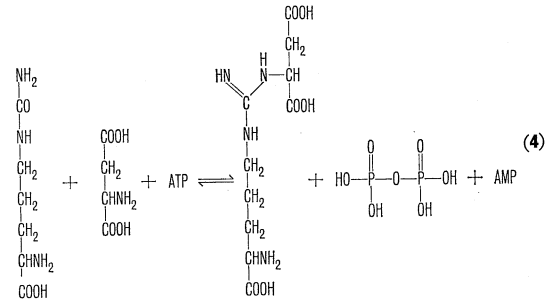
Carbaminsäure — Carbamylphosphat

Reaktion (**2**) wird durch Acetylglutaminat und andere Acylglutaminate stimuliert[5]. Wahrscheinlich ist Acetylglutaminat die normalerweise beteiligte Verbindung, da es in der Leber von Säugetieren vorkommt[6]. Bakterien werden durch Acetylglutaminat nicht stimuliert. Ein Molkül ATP genügt zur Bildung von einem Molekül Carbamylphosphat. Der Reaktionsmodus von Acetylglutaminat ist unklar. Carbamylphosphat reagiert mit Ornithin unter Bildung von Citrullin[3,7]:



Carbamylphosphat — Ornithin — Citrullin

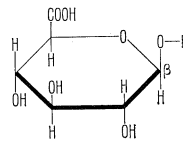
Hierauf kondensiert Citrullin mit Asparaginsäure, wobei Argininobernsteinsäure entsteht und ATP benötigt wird[8]:

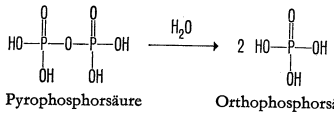


Citrullin — Asparaginsäure — Argininobernsteinsäure — Pyrophosphorsäure

Reaktion (**4**) ist vollständig reversibel, verläuft aber unter physiologischen Bedingungen wegen der Anwesenheit hochaktiver Pyrophosphatase nur von rechts nach links[9]:

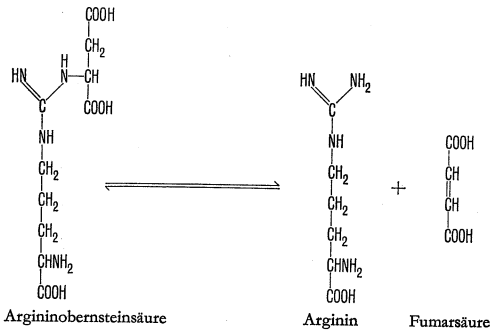
Tabelle 21 Entgiftungsmechanismen

Reaktion	Beispiele entgifteter Verbindungen	Gebildetes Produkt	Mechanismus
Acetylierung	Sulfanilamid	Acetylsulfanilamid	Siehe S. 414
Methylierung	Nicotinamid	N-Methylnicotinamid	Die Methylgruppe stammt aus Methionin, wahrscheinlich über S-Adenosylmethionin (siehe S. 408)
Glycinpaarung	Benzoesäure	Hippursäure	Siehe S. 415
Bildung von Aryl- und Alkylglucuroniden	Alkohole und Phenole (Menthol und Phenol)	Menthyl- und Phenylglucuronide	R·OH + Uridindiphosphoglucuronsäure →  + Uridindiphosphat β-Glucuronid
Bildung von Acylglucuroniden	Aromatische Säuren (Benzoesäure) und verzweigte aliphatische Säuren	Benzoylglucuronid	Unbekannt
Bildung von Schwefelsäureestern	Phenole	Phenylsulfat	Siehe S. 415
Glutaminpaarung	Phenylessigsäure	Phenacetylglutamin	Siehe S. 415
Bildung von Mercaptursäuren	Naphthalin, Alkylhalogenide	Naphthylmercaptursäure	Siehe S. 415



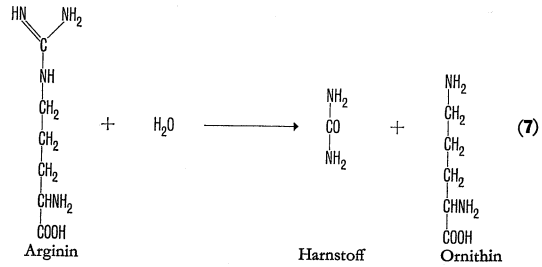
(5)

In Reaktion (**6**) zerfällt nun Argininobernsteinsäure in Arginin und Fumarsäure[10]:



(6)

Hierauf folgt die Hydrolyse von Arginin zu Ornithin und Harnstoff. Auch Ornithin folgt, bei Reaktion (**3**) beginnend, dem gleichen Schema:

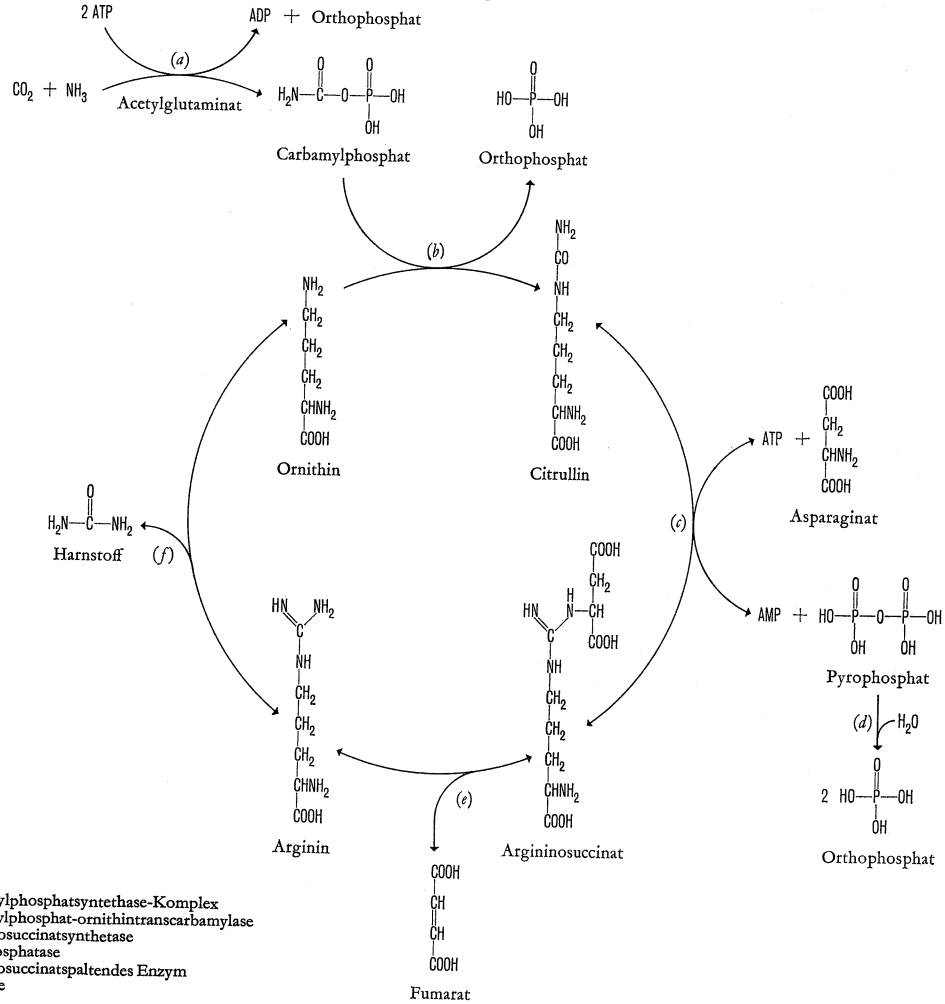


(7)

Die zyklische Reaktionsfolge ist in Abbildung 15 (unten) dargestellt, aus welcher ersichtlich ist, daß für jedes entstehende Molekül Harnstoff je ein Molekül Kohlendioxyd und Ammoniak verbraucht werden. Das zweite Stickstoffatom des Harnstoffmoleküls stammt aus der Asparaginsäure, wobei die letztere durch Transaminierung von Oxalessigsäure mit Glutaminsäure regeneriert wird. Die Glutaminsäure ihrerseits kann auf zwei Wegen regeneriert werden, entweder durch Transaminierung von α-Ketoglutarsäure mit verschiedenen Aminosäuren (siehe S. 371) oder

Abb. 15 Der Harnstoff-Zyklus

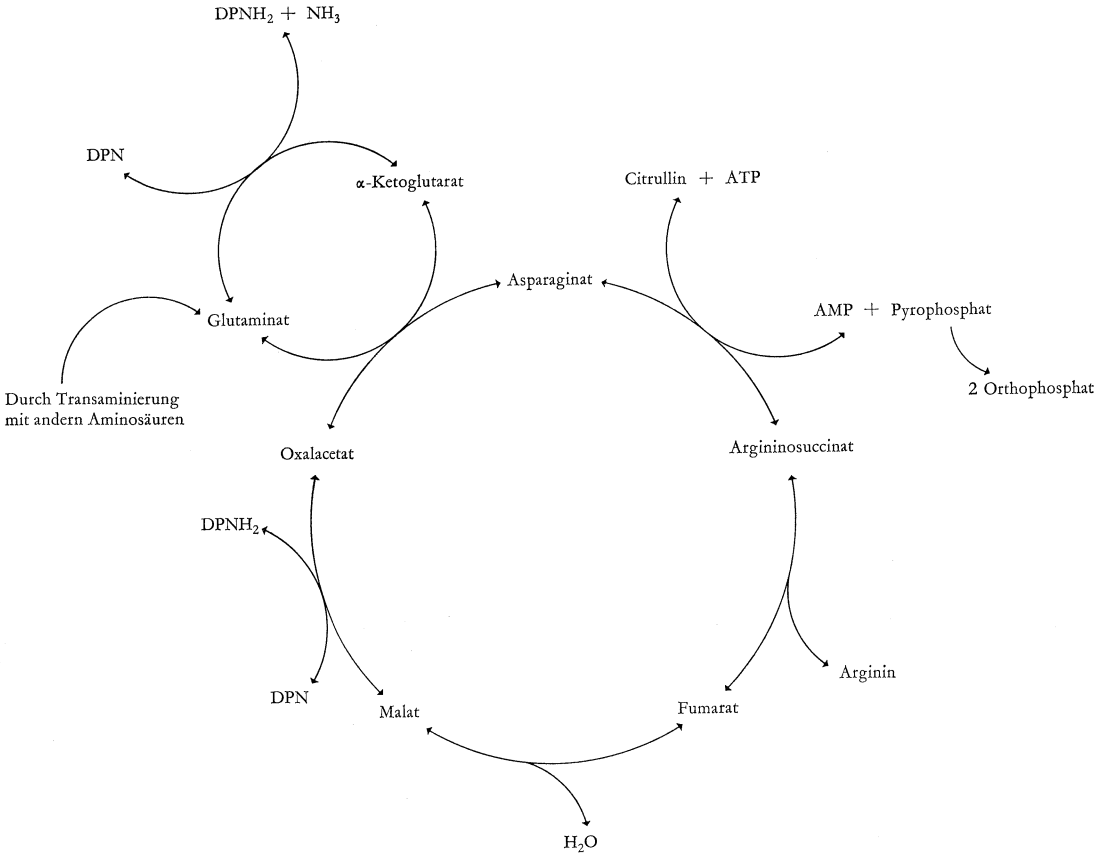
Eine Aufstellung der beteiligten Enzyme ist unter dem Diagramm angeführt.



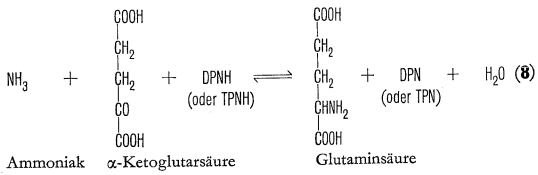
Enzyme

(*a*) Carbamylphosphatsyntethase-Komplex
(*b*) Carbamylphosphat-ornithintranscarbamylase
(*c*) Argininosuccinatsynthetase
(*d*) Pyrophosphatase
(*e*) Argininosuccinatspaltendes Enzym
(*f*) Arginase

Abb. 16 Verbrauch und Regenerierung von Asparaginat bei der Harnstoffsynthese



durch reduktive Aminierung von α-Ketoglutarsäure mit Ammoniak[11]:



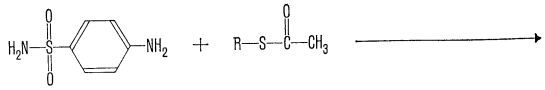
Das zweite Stickstoffatom des Harnstoffmoleküls muß also Glutaminat und Asparaginat, nicht aber unbedingt Ammoniak passieren. Der Nachschub der Asparaginsäure für Reaktion (**4**) läuft in zwei den in Abbildung 15 dargestellten Hauptzyklus ergänzenden Zyklen ab. Diese sind in Abbildung 16 (oben) veranschaulicht.

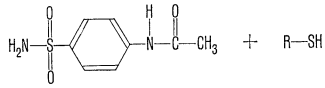
1) Übersicht siehe KREBS, H. A., in: SUMNER und MYRBÄCK (Hrsg.), *The Enzymes*, Bd. 2, 2. Teil, New York (1952), S. 866; RATNER, S., *Advanc. Enzymol.*, **15**, 319 (1954). 2) KREBS und HENSELEIT, *Hoppe-Seyl. Z. physiol. Chem.*, **210**, 33 (1932). 3) JONES et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 819 (1955). 4) METZENBERG et al., *J. biol. Chem.*, **229**, 1019 (1957). 5) GRISOLIA und COHEN, *J. biol. Chem.*, **204**, 753 (1953). 6) HALL et al., *Nature*, **178**, 1468 (1956). 7) BURNETT und COHEN, *J. biol. Chem.*, **229**, 337 (1957). 8) RATNER et al., *J. biol. Chem.*, **204**, 95 (1953). 9) RATNER und PETRACK, *Arch. Biochem. Biophys.*, **65**, 582 (1956). 10) RATNER et al., *J. biol. Chem.*, **204**, 115 (1953). 11) OLSON und ANFINSEN, *J. biol. Chem.*, **202**, 841 (1953).

Acetylierung von Aminen[1]

Viele aromatische und aliphatische Amine, darunter Sulfanilamid, *p*-Aminobenzoesäure, *p*-Nitranilin und andere[2], werden im Organismus acetyliert. Im allgemeinen sind die acetylierten Amine weniger toxisch als die freien Basen. In einigen Fällen hingegen können sich die acetylierten Amine wegen ihrer geringen Löslichkeit schädlich auswirken, wenn sie im Harntrakt auskristallisieren.

Die Acetylierung verläuft über Acetylcoenzym A (siehe S. 369), zum Beispiel:

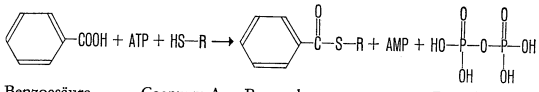




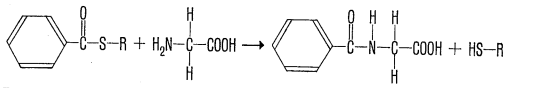
1) TABOR et al., *J. biol. Chem.*, **204**, 127 (1953); LIPMANN, F., *Bact. Rev.*, **17**, 1 (1953). 2) WILLIAMS, R. T., *Detoxication Mechanisms*, 2. Aufl., London (1959).

Bildung von Glycinkonjugaten

Aromatische Säuren, wie Benzoesäure, Nicotinsäure, Zimtsäure und ähnliche Verbindungen, werden in verschiedenen Organen mit Glycin gepaart[1]. Diese Reaktion erfordert Coenzym A und ATP und verläuft über einen der Aktivierung von Acetat (siehe S. 369) analogen Mechanismus. Zum Beispiel:



Benzoesäure Coenzym A Benzoyl-coenzym A Pyrophosphor-säure

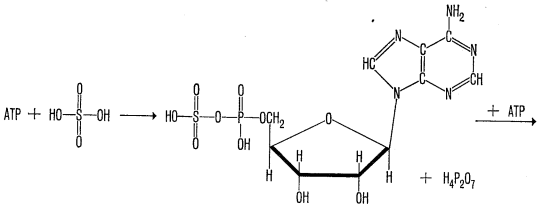


Benzoylcoenzym A Glycin Hippursäure Coenzym A

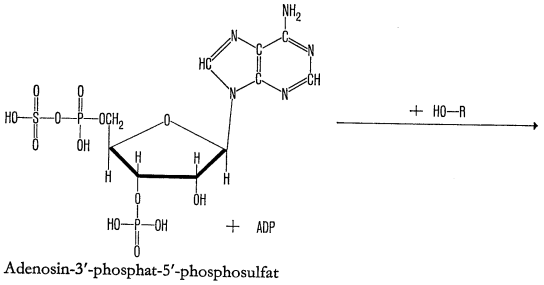
1) Chantrenne, H., *J. biol. Chem.*, **189**, 227 (1951); Schachter und Taggart, *J. biol. Chem.*, **208**, 263 (1954); Moldave und Meister, *J. biol. Chem.*, **229**, 463 (1957).

Bildung von Schwefelsäureestern

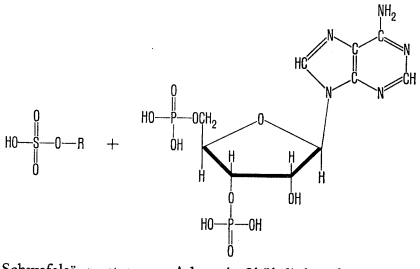
Die Polysaccharide Chondroitinsulfat und Heparin, die Steroidsulfate und die Phenylsulfate (Arylsulfate) sind natürlich vorkommende Schwefelsäureester. Zusätzlich zu diesen Verbindungen werden körperfremde, resorbierte Phenole mehr oder weniger vollständig mit Schwefelsäure verestert, und die Eliminierung der Phenole in Form der Phenylsulfate stellt einen der Entgiftungsmechanismen für Phenole dar[1]. Die Veresterung mit Sulfat erfordert organisches Sulfat und ATP und verläuft über zwei Zwischenprodukte mit «aktivem Sulfat»[2]:



Adenosin-5′-phosphosulfat Pyrophosphat



Adenosin-3′-phosphat-5′-phosphosulfat

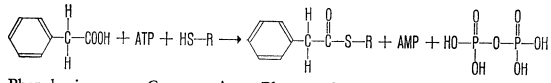


Schwefelsäureester Adenosin-3′,5′-diphosphat

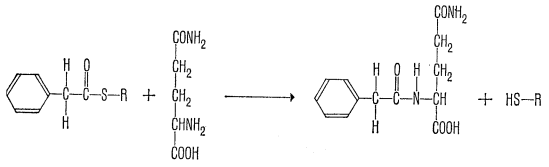
1) Williams, R. T., *Detoxication Mechanisms*, 2. Aufl., London (1959). *2*) Bandurski et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 6408 (1956); Robbins und Lipmann, *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 2652, 6409 (1956); Robbins und Lipmann, *J. biol. Chem.*, **229**, 837 (1957); Gregory und Lipmann, *ibid.*, **229**, 1081 (1957).

Bildung von Phenacetylglutamin

Dieser Entgiftungsmechanismus für Phenylessigsäure ist eine Besonderheit beim Menschen und bei anthropoiden Affen. Die Reaktion benötigt Coenzym A und ATP und verläuft über einen der Aktivierung von Acetat analogen Mechanismus (siehe S. 369):



Phenylessig-säure Coenzym A Phenacetyl-coenzym A Pyrophosphor-säure

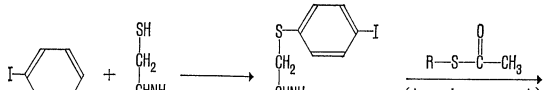


Phenacetyl-coenzym A Glutamin Phenacetylglutamin Coenzym A

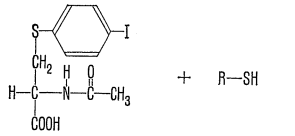
Die erste dieser Reaktionen kommt sowohl in Geweben des Rindes als auch des Menschen vor, wohingegen die zweite auf die menschliche Niere und Leber beschränkt zu sein scheint und mit Sicherheit im Lebergewebe der Ratte und des Rindes nicht vorkommt. Wie bei der Aktivierung von Acetat können die Phenylessigsäure und das ATP durch Phenacetyl-AMP ersetzt werden, doch konnte eine Anreicherung des letzteren durch Inkubation von Phenylessigsäure mit ATP nicht nachgewiesen werden.

Bildung von Mercaptursäuren

Einige aromatische Verbindungen (zum Beispiel Halogenbenzole, Naphthalin) bilden nach der Resorption Mercaptursäuren (N-Acetyl-S-arylcysteine)[1]. Der Mechanismus ist nicht bekannt, verläuft aber möglicherweise wie folgt[1,2]:



Jodbenzol Cystein (?) S-*p*-Jodphenylcystein (Acetylcoenzym A)



p-Jodphenylmercaptursäure (N-Acetyl-S-*p*-jodphenyl-cystein) Coenzym A

1) Williams, R. T., *Detoxication Mechanisms*, 2. Aufl., London (1959). *2*) Mills und Wood, *J. biol. Chem.*, **207**, 695 (1954).

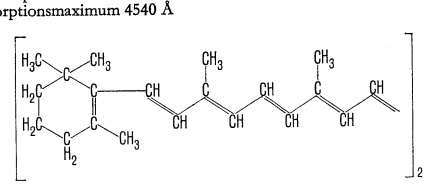
Übersichtsliteratur zum Kapitel «Vitamine»: BICKNELL und PRESCOTT, *The Vitamins in Medicine*, 2. Aufl., London (1946); CLARK, G. W., *A Vitamin Digest*, Springfield (1953); GYÖRGY, P. (Hrsg.), *Vitamin Methods*, Bd. 2, New York (1951); ROBINSON, F. A., *The Vitamin B Complex*, London (1951); SEBRELL, Jr., und HARRIS (Hrsg.), *The Vitamins*, 3 Bd., New York (1954); SPECTOR, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956); SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950); THOMPSON und KING (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957); Recent Research on Vitamins, *Brit. med. Bull.*, **12**, Nr. 1 (1956); *Annual Review of Biochemistry*, Palo Alto, California; *Vitamins and Hormones*, New York.

Vitamin A

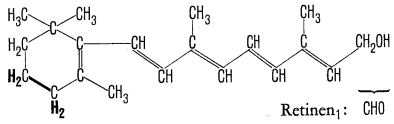
In der Natur kommt Vitamin A in drei oder mehr Formen (Vitamere) als freier Alkohol oder als Ester vor. Das Vitamin selbst findet sich nur im Tierreich. Die gelb- bis rotgefärbten, kristallisierten A-Vitameren sind fettlöslich, wasserunlöslich, leicht oxydierbar, bei Abwesenheit von Sauerstoff aber säure-, alkali- und thermostabil.

Im Pflanzenreich kommen A-Vitamere nicht vor, hingegen aber ihre Vorstufen, die Carotine, die vom tierischen Organismus in Vitamin A umgewandelt werden können, wobei im biologischen Nutzeffekt 1 Teil Vitamin aus 2 Teilen Carotin entsteht (siehe unter Einheiten). Von den neun bekannten Carotinen sind für den tierischen Organismus am wichtigsten das α-, β- und γ-Carotin wie auch das Cryptoxanthin, unter denen das biologisch aktivste, β-Carotin, ungefähr die doppelte Wirksamkeit der anderen Carotine aufweist.

β-Carotin, $C_{40}H_{56}$
Molekulargewicht 536,89
Rote Kristalle
Schmelzpunkt 187 ° C
Absorptionsmaximum 4540 Å

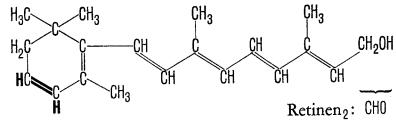


Vitamin A_1, $C_{20}H_{30}O$ (Axerophthol) RETINOL*
aus der Leber von Meerfischen (Dorsch, Heilbutt, Haie)
Molekulargewicht 286,46
Schmelzpunkt 8 ° C
Absorptionsmaximum 3280 Å



Retinen$_1$: CHO

Vitamin A_2, $C_{20}H_{28}O$ DEHYDRORETINOL
aus der Leber von Süßwasserfischen
Molekulargewicht 284,44



Retinen$_2$: CHO

Einheiten

Vitamin A:

1 internationale Einheit (IE) = 0,0003 mg reines Vitamin A (Alkohol)
= 0,000 344 mg Vitamin-A_1-Acetat

1 US-Pharmacopöe-Einheit(USP) = 1 internationale Einheit

Carotine:

1 internationale Einheit = 0,0006 mg β-Carotin, wirkungsäquivalent mit 1 IE Vitamin A

* Die mit Großbuchstaben gesetzten Vitaminnamen sind die international anerkannten Bezeichnungen.

Test- und Bestimmungsmethoden

In den USA ist für pharmazeutische Präparate der Wachstumstest an standardisierten Vitamin-A-Mangel-Ratten vorgeschrieben. Carotine werden nach chromatographischer Reinigung kolorimetrisch bestimmt (modifizierter CARR-PRICE-Test), Vitamin kolorimetrisch und spektrophotometrisch.

Vorkommen (Werte in IE Vitamin je 100 g Frischgewicht)

Vitamin A: Fischlebertrane: Heilbutt 2–5 Millionen; Thon 0,5–8 Millionen; Dorsch 100 000; Sardinen 4800–54 000.

Carotine: Palmöle 50 000–500 000; Petersilie 18 000; Löwenzahnblätter 12 000; Spinat 9000.

Vitamin A + Carotine: Kalbsleber 50 000–500 000; Leber anderer Haustiere 12 000–40 000; Eigelb (dunkel) 2900; Kuhmilch 500 (Winter) bis 1000 (Sommer und Herbst); Muttermilch 150–160; Colostrum 600.

Physiologie

Carotine. Die im Pflanzenreich sehr verbreiteten Carotine können von den meisten Tierarten in Vitamin A umgewandelt werden. Reine Carnivoren, wie zum Beispiel die Katzen, bilden hierbei eine Ausnahme; sie nehmen dieses Vitamin mit der Leber und dem Fleisch ihrer Nahrung auf. Die Umwandlung erfolgt im Dünndarm[1]; es sind aber auch andere Organe, wie Muskeln und Lungen, sowie Serum dazu befähigt[2]. Dabei wird das Carotin durch aufeinanderfolgende, partielle Oxydationen nach und nach abgebaut[3], so daß aus zwei Molekülen Carotin – statt der zwei nach der Formel zu erwartenden – nur ein Molekül Vitamin entsteht. Die Carotinoide und das Vitamin A der marinen Wirbellosen sind eine wichtige Vitaminquelle für die Meerfische. Die Umwandlung der Carotine in Vitamin A ist verzögert bei Darm-, Leber- oder Nierenerkrankungen sowie bei Diabetes und Phosphorvergiftung.

Bei Athyreose und Hypothyreose ist diese Umwandlung praktisch vollständig blockiert[4]*; Kleinkinder und Säuglinge sind nur in sehr beschränktem Maße befähigt, Carotine in Vitamin A umzubauen.*

Es ist auch die Tatsache zu bedenken, daß die Carotine sehr unvollständig aus der pflanzlichen Nahrung resorbiert werden.

Bei der Aufnahme von Vitamin A selbst speichert die Leber bedeutend mehr, als wenn dieses in Form der Carotine geliefert wird. Der Organismus scheint Carotine nur gerade dem laufenden Bedarf entsprechend in Vitamin A umzuwandeln.

Der Carotinspiegel im Blut ist von der Nahrungsaufnahme abhängig. Er beträgt in der Regel 200–300 µg/100 ml Plasma[5, 6] und ist während der Schwangerschaft physiologischerweise (parallel zum Vitamin-E-Spiegel)[7], bei Athyreose und Diabetes pathologischerweise erhöht.

Vitamin A. Das in den Fetten hauptsächlich als Ester vorkommende Vitamin A wird in Gegenwart von Gallensäuresalzen zu ungefähr 80% rasch resorbiert. Der maximale Blutspiegel wird nach 3–4 Stunden erreicht, worauf der Abfall auf die Norm während 8–10 Stunden erfolgt. Das kristallisierte Acetat, das reine Vitamin (Alkohol) oder die wasserlöslichen Präparate werden noch bedeutend rascher resorbiert[8]. Der normale durchschnittliche Blutspiegel beträgt 100–300 IE/100 ml Serum; im Winter ist er gewöhnlich niedriger. Der Blutspiegel des neugeborenen Kindes ist von demjenigen der Mutter weitgehend unabhängig, in der Regel jedoch höher als derjenige der Mutter, übersteigt aber nie den Normalwert.

Vitamin A wird vor allem in der Leber gespeichert (etwa 22 000 IE/100 g), dann auch in den Lungen, Nieren, Gonaden und Nebennieren. Andere Organe enthalten Vitamin A nur in Spuren. Der Vitamin-A-Gehalt der Leber sinkt bei Hypertonien, gastrointestinalen Ulcera, Syphilis und Endocarditis um 50%, mehr noch bei Gefäßerkrankungen und Septicämien und am meisten bei chronischen Nephritiden, Gallenblasen- und Nierenerkrankungen.

Febrile Zustände haben im allgemeinen eine mit zunehmender Dauer progressive Abnahme an Vitamin A zur Folge. Bei der Genesung normalisiert sich zuerst die Temperatur, dann der Vitamin-A-Gehalt und schließlich die Blutsenkungsgeschwindigkeit[9]. Große physische Anstrengungen rufen ebenfalls einen bedeutenden Abfall des Vitamin-A-Blutspiegels hervor. Das gleiche Verhalten konnte bei präletalen Zuständen sogar auch ohne jegliche Temperaturerhöhung beobachtet werden.

Im gesunden Organismus wird das Vitamin A von der Niere nicht ausgeschieden; bei Erkrankungen (Pneumonie) kann die Ausscheidung jedoch bis 3000 IE täglich erreichen.

Dank den großen Leberreserven entwickelt sich eine A-Avitaminose nur sehr langsam. Zunächst verschwinden die Carotine aus dem Plasma, wogegen sich der Vitamin-A-Spiegel bis zu zwei Jahren aufrechterhalten kann. Tagesbedarf des Gesunden 2500 IE Vitamin A, 4000 IE Carotine in Fetten, 7500 IE in grünen Gemüsen oder 12 000 IE in gekochten Karotten[6].

Funktion

Die Carotine haben als solche keine Vitaminfunktion, sie dienen nur als Ausgangsmaterial für das Vitamin A.

Die Rolle des Vitamins A im Stoffwechsel ist noch nicht vollständig aufgeklärt; es ist Bestandteil des Sehpurpurs (Retinen$_1$ = Vitamin-A$_1$-Aldehyd; Retinen$_2$ = Vitamin-A$_2$-Aldehyd), ist sowohl beim Tages- als auch beim Nachtsehen beteiligt und bildet den farbigen, lichtempfindlichen Anteil des Chromoproteins. Vitamin-A-Mangel erhöht die Übergangszeit vom Tag- (Zapfen) zum Nachtsehen (Stäbchen) von normal 8 Minuten auf 30–45 Minuten[10, 11].

Obwohl es darin nicht nachzuweisen ist, übt das Vitamin A einen direkten Einfluß auf das Epithel aus, wobei man noch nicht weiß, ob es sich dabei in unwägbaren Mengen beteiligt oder als Katalysator wirkt. Bei Vitamin-A-Mangel entwickeln sich im Epithel Hyperkeratosen. In Gewebekulturen verwandelt sich Ektoderm bei Anwesenheit von sehr viel Vitamin A in Schleimhaut mit Flimmerepithel, während sich sonst nur Epithel bildet (Metaplasie). Diese Umwandlung ist reversibel[11, 12].

A-Avitaminosen führen in den Knochen und Zähnen durch Funktionsstörung der Osteo- und Odontoblasten zur Bildung minderwertigen Knochengewebes und Dentins. Während der Entwicklung kann dies zu Hypoplasien der Zahnhartsubstanzen und zu Knochenmißbildungen führen[13].

Der Vitamin-A-Blutspiegel der normalen Frau sinkt während der Menstruation stark ab und normalisiert sich nachher wieder, wobei am 14. und 25. Tag nach Beginn der Menstruation Maxima auftreten, die den erhöhten Anforderungen des Organismus während der Bildung der Uterusschleimhaut und der Ovulation entsprechen. Bei Dysmenorrhöe und Oligomenorrhöe können diese Schwankungen mehr oder weniger vollständig fehlen. Unter anderem wirkt Vitamin A auch als peripherer Östrogenantagonist[14].

Vitamin-A-Mangel hat schwerwiegende Rückwirkungen auf die Schwangerschaft und ist eine der Ursachen für die Unfruchtbarkeit bei den Tieren und Mißbildungen der Jungtiere[15]. Mangeltiere zeigen einen hohen Prozentsatz an Totgeburten; beim Fötus wurde auch eine Neigung zu Hydrocephalus und durch Knochenkompression bedingte Atrophie des Nervus opticus beobachtet[16].

Zur Ergänzung seien schließlich noch die prophylaktische Wirkung gegen Infektionen (Grippevirus usw.) und die bei hohen Dosen auftretenden antiallergischen Eigenschaften des Vitamins A erwähnt[17].

Toxikologie

Vitamin A zeigt eine gewisse Toxizität. Die Leber von Eisbär und Fuchs ist ihres hohen Vitamin-A-Gehaltes wegen für den Menschen giftig. Bei protrahierter Behandlung mit hohen Dosen können sich A-Hypervitaminosen zeigen.

Klinisch äußern sich diese beim Erwachsenen in Müdigkeit, Schlaflosigkeit, Knochen- und Gelenkschmerzen, Haut- und Schleimhautaffektionen. Entkalkungen der Knochen können zu Spontanfrakturen und inneren Blutungen führen[18]. In gewissen Fällen können andauernde Kopfschmerzen mit Schwindel einen Gehirntumor oder eine seröse Meningitis vortäuschen[19].

Beim Kleinkind zeigen sich Ruhelosigkeit, Anorexie, orthostatische Störungen, Schwellungen der Extremitätenknochen und Diaphysen durch Tumeszenz der Knorpel und des Periosts. An der Haut treten Alopecie und Pruritus auf[20].

Alle diese Symptome sind reversibel und verschwinden nach Absetzen der Therapie rasch[20].

Mellanby betrachtet die Vitamine A (osteoklastisch) und D (osteoblastisch) als mehr oder weniger komplementär[21].

Therapeutische Anwendung

Prophylaxe: bei länger dauernden febrilen Erkrankungen und bei Störungen der Resorption, Umwandlung oder Speicherung des Vitamins (siehe oben). Auch bei protrahierter Cortisontherapie, da diese mit einem großen Verbrauch an Vitamin A einhergeht.

Kurativ: a) bei kindlicher Hemeralopie, verschlechtertem Dämmersehen und Nachtblindheit; b) bei Hyperkeratose, Entzündungen und Infektionen der Haut und der Schleimhäute und bei Xerophthalmie; c) beim prämenstruellen Syndrom (Hyperöstrogenese)[22]; d) in der Dermatologie (sehr hohe Dosen): perorale Applikation führt zu einer bedeutenden Erhöhung des Blutspiegels, wohingegen das injizierte Vitamin ohne wesentlichen Anstieg der Serumwerte in der Leber gespeichert wird[23].

Literatur: *1)* Thompson et al., *Brit. J. Nutr.*, **3**, 50 (1949). *2)* Bieri und Pollard, *Brit. J. Nutr.*, **8**, 32 (1954). *3)* Glover und Redfearn, *Biochem. J.*, **58**, XV (1954). *4)* Editorial Announcement, *J. Amer. med. Ass.*, **137**, 91 (1948). *5)* Kirk und Chieffi, *J. Nutr.*, **36**, 315 (1948). *6)* Hume und Krebs, *Spec. Rep. Ser. med. Res. Coun. (Lond.)*, Nr. 264 (1949). *7)* Darby et al. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **52**, 328 (1949). *8)* Kagan et al., *J. Nutr.*, **40**, 275 (1950); Week und Sevigne, *J. Nutr.*, **40**, 563 (1950). *9)* Jacobs et al., *Amer. J. clin. Nutr.*, **2**, 155 (1954). *10)* Wald, G., *Science*, **109**, 482 (1949); Wald und Hubbard, *J. gen. Physiol.*, **32**, 367 (1949). *11)* Morton, R. A., *J. Sci. Food Agric.*, **6**, 349 (1955). *12)* Fell und Mellanby, *J. Physiol. (Lond.)*, **119**, 470 (1953). *13)* Irving, J. T., *Med. Klin.*, **51**, 690 (1956); Irving und Richards, *Brit. J. Nutr.*, **10**, 7 (1956). *14)* Laurence und Sobel, *J. clin. Endocr.*, **13**, 1192 (1953). *15)* Watt und Barlow, *Vet. Rec.*, **68**, 780 (1956). *16)* Millen und Woollam, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, **19**, 17 (1956). *17)* Underdahl und Young, *Virology*, **2**, 415 (1956). *18)* Elliott, Jr., und Dryer, *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1157 (1956). *19)* Gerber et al., *Amer. J. Med.*, **16**, 729 (1954). *20)* Caffey, J. P., *Pediatrics*, **5**, 672 (1950); id., *Pediatric X-Ray Diagnosis*, New York (1950), S. 747. *21)* Mellanby, E., *J. Physiol. (Lond.)*, **94**, 380 (1938); **99**, 467 (1941). *22)* Geisendorf, W., *Bull. Fédération Gynéc. Obstét. franç.*, **10**, 3 (1958). *23)* Wulf und Nibbe, *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 120 (1955).

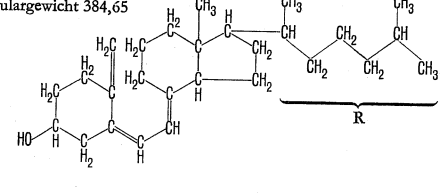
Vitamin D

Das in höher organisierten Tieren allein vorkommende Vitamin D$_3$ entsteht photochemisch aus 7-Dehydrocholesterin (tierisches Provitamin). In Pflanzen kommen Substanzen mit stark antirachitischer Wirkung vor (Keton 250). Weitere D-Vitamine mit bekannter Konstitution, die durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht entstehen, sind: D$_2$ (Calciferol) aus Ergosterin, D$_4$ (Dihydro-D$_2$) aus 22-Dihydroergosterin, D$_5$ aus 7-Dehydrositosterin und D$_6$ aus 2-Dehydrostigmasterin. Diese letzteren Vitamine konnten beim Tier nicht gefunden werden. In Lebertranen hat man neben Vitamin D$_3$ noch weitere D-Verbindungen unbekannter Konstitution mit bedeutend stärkerer antirachitischer Wirkung nachgewiesen.

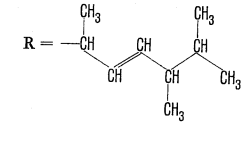
Das Vitamin D$_2$ (Calciferol) unterscheidet sich vom Vitamin D$_3$ durch eine ungesättigte Seitenkette, eine etwas größere Toxizität, durch unterschiedlichen antirachitischen Effekt bei verschiedenen Tiergattungen (bei Ratten gleiche, bei Kücken und Affen schlechtere Wirkung), durch seine *antirachitische Unwirksamkeit bei parenteraler Verabreichung* und dadurch, daß seine Vorstufe Ergosterin vom tierischen Darm nicht resorbiert wird. Peroral verabreicht, zeigen die Vitamine D$_2$ und D$_3$ keinen Unterschied in ihrer antirachitischen Wirkung.

Die Vitamine D$_2$, D$_3$, D$_4$ und D$_5$ sind geruchlose Kristalle, löslich in Fetten und Fettlösungsmitteln, unlöslich in Wasser und wenig lichtempfindlich. Sie besitzen alle ein breites Absorptionsband bei 2600–2900 Å, weshalb sie sich spektroskopisch nicht voneinander unterscheiden lassen.

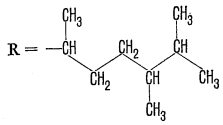
Vitamin D$_3$, $C_{27}H_{44}O$ CHOLECALCIFEROL
Cholecalciferol
Molekulargewicht 384,65



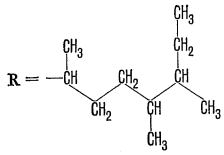
Vitamin D$_2$, $C_{28}H_{44}O$ ERGOCALCIFEROL
Calciferol (bestrahltes Ergosterin)
Molekulargewicht 396,66



Vitamin D_4, $C_{28}H_{46}O$
Molekulargewicht 398,68



Vitamin D_5, $C_{29}H_{48}O$
Molekulargewicht 412,70



Einheit

Vitamin D_3:

1 internationale Einheit (IE) = 0,000 025 mg kristallisiertes Vitamin D_3

1 US-Pharmacopöe-Einheit = 1 internationale Einheit

Vitamin D_2:

1 internationale Einheit (IE) = 1 mg eines internationalen Standardpräparats bestrahlten Ergosterins, gelöst in einem pflanzlichen Öl.

Test- und Bestimmungsmethoden

Rattenschutztest gegen Rachitis (in den USA für Pharmazeutica und Nahrungsmittel vorgeschrieben).

Vorkommen (Werte in IE je 100 g Frischgewicht)

Lebertrane: Thunfisch 1,6–25 Millionen; Heilbutt 20 000 bis 400 000; Dorsch 8000–30 000; Eigelb 300; Muttermilch 2,4–3,8 (Sommer), 0,3–1,7 (Winter).

Physiologie und Funktion

Beim Menschen bildet sich das Vitamin D bei Sonnenbestrahlung auf oder in den oberflächlichsten Schichten der Haut, bei Pelztieren und Vögeln auf dem Pelz und dem Gefieder, von wo es durch direkte Resorption oder durch Schlecken in den Organismus gelangt. Es ist noch unbekannt, woher das Vitamin D der Fische stammt. Zur Resorption des Vitamins wie aller fettlöslichen Vitamine ist Galle nötig.

Ein großer Teil (bis zu 70%) des aufgenommenen Vitamins wird mit den Fäces wieder ausgeschieden und ein Teil des verbleibenden Rests in der Leber abgebaut. Was noch übrigbleibt, wird in Leber, Knochen, Blut, Darmwand und Nieren (Reihenfolge in absteigender Bedeutung) gespeichert. Der Harn Gesunder enthält kein Vitamin D. Das in der Haut gebildete Vitamin wird sehr rasch in andere Organe transportiert, unter denen die Leber befähigt ist, genügend aktive Substanz zu speichern, um den Bedarf des Organismus über mehrere Monate zu decken. Die Haut resorbiert das auf den oberflächlichen Schichten enthaltene Vitamin mit Leichtigkeit[1].

Der Blutspiegel beträgt bei Kindern und Erwachsenen 66 bis 165 IE/100 ml mit jahreszeitlichen Schwankungen. Bei einer täglichen peroralen Zufuhr von 50 000–500 000 IE steigt der Blutspiegel beim Erwachsenen auf 9000–13 000 IE/100 ml.

Das Vitamin D reguliert den Calcium- und Phosphorhaushalt durch direkte Einwirkung auf den Phosphormetabolismus. Es mobilisiert den Phosphor aus den weichen Geweben, ist an der Umwandlung von organischem Phosphor in anorganischen und am Phosphorstoffwechsel während der Muskelarbeit beteiligt. Über die Regulation des Phosphormetabolismus steuert das Vitamin D auch den Calciumstoffwechsel. Es wirkt fördernd auf die Calciumresorption und die Bildung des für den Knochenaufbau benötigten Calciumphosphats im Blut.

Eine D-Avitaminose kann auftreten:

a) *Durch ungenügende Zufuhr mit der Nahrung* (klassische Rachitis). Der rachitische Organismus ist nicht nur unfähig, das in der Nahrung vorhandene Calcium zu resorbieren, sondern auch die Bindung des letzteren im Knochen zu vollziehen. Knochen- und Knorpelgewebe wachsen, ihre Mineralisation aber vollzieht sich nur mangelhaft. Beim Kind treten Knochendeformationen durch Konsistenzverminderung, Ossifikationsverzögerung und Vergrößerung der Synchondrosen auf. Beim Erwachsenen steht die Osteomalacie im Vordergrund. Abnahme des Calciums und Phosphors im Blut mit sekundärem Hyperparathyreoidismus[2].

b) *Durch idiopathische oder erworbene D-Resistenz.* Diese Art Rachitis tritt selten und meist hereditär auf. Sie ist von schweren Deformationen und Umbauerscheinungen an den Skelettknochen begleitet (verdickte Grundsubstanz, generalisierte Halisteresis). Als pathologisches Symptom dieser Erkrankung zeigt sich eine Vergrößerung des sagittalen und eine Verkleinerung des transversalen Schädeldurchmessers[3].

c) *Als Folge chronischer intestinaler Störungen* (idiopathische Steatorrhöe, Cöliacie), die die normalerweise schon langsam vor sich gehende Calciumresorption durch die Darmwand verhindern. Anderseits soll ein Teil des aufgenommenen Vitamins D von der Darmflora zerstört werden.

d) *Als Folge von Nierenfunktionsstörungen*

Glomeruläre Form (renale Rachitis, renaler Zwergwuchs): eine Ausscheidungsverringerung der Phosphate führt zur Erhöhung ihres Blutspiegels. Der reflektorische Hyperparathyreoidismus verursacht eine Knochenfibrose (Verringerung der Osteoblastentätigkeit). Ostitis fibrosa cystica.

Tubuläre Form: schwerer Phosphorverlust durch tubuläre Resorptionsstörung. Epithelkörperchenfunktion normal. Man unterscheidet verschiedene Störungen, je nachdem die Phosphaturie als einziges Symptom (idiopathische Osteomalacie, Milkman-Syndrom), zusammen mit einem Aminosäureverlust (Debré-De Toni-Fanconi-Syndrom, «Aminodiabetes») oder mit schwersten tubulären Affektionen und Kaliumverlust (renale Calcinose, Butler-Albright-Syndrom) auftritt[4].

Es ist schwierig, den Tagesbedarf an Vitamin D zu bestimmen. Beim Erwachsenen ist die Eigenproduktion meist genügend, wenn nicht ein Mangel an Tageslicht die Synthese beeinträchtigt (Nachtarbeiter, Mineure, nördliche Bevölkerung). Während des starken Skelettwachstums, der Schwangerschaft und der Lactation ist sowohl der Vitamin- als auch der Calciumbedarf stark erhöht, so daß neben Calcium- und Phosphorzufuhr auch erhöhte Tagesdosen von Vitamin D indiziert sind.

Toxikologie

Alle D-Vitamine, künstliche wie natürliche, sind in größeren Mengen toxisch, wobei die Angaben sehr schwankend sind. Im allgemeinen kann damit gerechnet werden, daß Tagesdosen von 20 000 IE/kg nicht toxisch wirken, doch soll nach Mach bei protrahierter Therapie eine Tagesdosis von 5000 IE/kg nicht überschritten werden[5].

Hohe Vitamin-D-Dosen bewirken eine Mobilisierung des im Skelett gebundenen Calciums und eine starke Erhöhung des Phosphor- und Calciumgehaltes in Blut und Harn. Parallel mit der Knochenentkalkung bilden sich anomale Kalkablagerungen in den weichen Geweben, der Niere und besonders in der Media der Blutgefäße.

Vergiftungssymptome: vorübergehende tonisierende Wirkung (Euphorie, gesteigerter Appetit), danach Anorexie und Gewichtsverlust. Nausea, Erbrechen, Kopf- und Gelenkschmerzen, Muskelschwäche, Diarrhöen. Häufig auch Pruritus, Polydipsie und Dysurie. Nach einiger Zeit folgen Kalkablagerungen im Gewebe und Nierenstörungen (Albuminurie, Leuco- und Erythrocytose).

Symptome beim Kind: trockene, schlaffe Haut, Muskelhypotonie mit fibrillären Zuckungen, Nystagmus, Tremor an den Extremitäten, häufig auch Konstipation und arterielle Hypertonie. Auf die anfängliche Erregtheit und Schlaflosigkeit folgt in schweren Fällen eine tiefe Apathie. Während der ganzen Zeit sind Sensibilität und Reflexe unverändert[6].

Erhöhte Diurese, Erbrechen und Anorexie führen schließlich beim Patienten zu einer Verarmung an NaCl und zu einer progressiven Exsiccose[6]:

Die *idiopathische Hypercalcämie* des Kindes hat sehr viel Ähnlichkeit mit der Vitaminvergiftung. Symptome: Entwicklungsunterbruch während der ersten Monate, Appetitlosigkeit, Erbrechen, hartnäckige Konstipation. Bei schweren Fällen unter anderem: Hypertension, systolisches Herzgeräusch, Osteosklerose, verzögerte geistige Entwicklung. Im Blut: starke Erhöhung des Calciumspiegels, Urämie, Hyperglobulinämie und Hypercholesterinämie. Der Harn enthält massenhaft Epithelzellen.

Diese Erkrankung hat möglicherweise ihre Ursache in einer alkalischen Diät, zusammen mit Vitamin D und Kuhmilch, die im Vergleich zur Muttermilch fünfmal mehr Calcium und Phosphor

enthält. Ein idiopathischer Faktor und eine Vitaminüberempfindlichkeit scheinen mitbeteiligt zu sein. Cortison und calciumfreie Diät wirken günstig auf die Verminderung des Calciumspiegels im Blut[7].

Therapeutische Anwendung

Rachitisprophylaxe: Sonnen- oder Quarzlampenbestrahlung. Reines Vitamin (400 IE täglich) oder Lebertran. Diät mit reichlich Gemüse und nicht zuviel Milch. Einschränkung der Cerealien, da die darin enthaltene Phytinsäure mit Calcium eine unlösliche, nichtresorbierbare Verbindung bildet. Hefegebäck muß nicht eingeschränkt werden, da bei der Hefegärung der größte Teil der Phytinsäure zerstört wird.

Rachitisprophylaxe mit Vitamin-D-Stößen ist nicht zu empfehlen, weil schwere Vergiftungen auftreten können. Auch die manchmal empfohlene erhöhte Calciumzufuhr mit der Nahrung ist als Prophylaxe abzulehnen. Es ist sicher, daß *Frühgeburten* das Vitamin D ungenügend verwerten, so daß in diesen Fällen zur Prophylaxe sehr hohe Dosen notwendig sind, die, peroral oder parenteral verabreicht, zu schwerer Vergiftung mit Hypercalcämie und Mineralisationsherden in den Geweben führen können. Als häufige Komplikation tritt eine oft tödlich verlaufende interstitielle Pneumonie auf[8].

Rachitistherapie: Diätverbesserung, tägliche Zufuhr von 4000 bis 5000 IE Vitamin D in irgendeiner Form. Bei der D-resistenten Rachitis werden sehr hohe Dosen über eine Zeit von mehreren Monaten benötigt (eventuell eine einmalige Gabe von 500 000 bis 600 000 IE, in schweren Fällen nach 4–12 Wochen zu wiederholen). Ist das Gleichgewicht erreicht, so muß eine tägliche Erhaltungsdosis von ungefähr 1500 IE gegeben werden.

Bei *Nierenfunktionsstörungen* muß vor allem die Acidose unterdrückt werden. Vitamin D wird nur zusätzlich als Mittel gegen die Knochenatrophie angewandt.

Behandlung der *Osteomalacie* und der *kindlichen Tetanie* (Spasmophilie).

Akute Bleivergiftung: zusammen mit Calcium zur Fixierung des im Blut zirkulierenden Bleis; nachher Ausschwemmung durch Parathormon.

Lupus vulgaris: 3–4mal täglich 50 000 IE, wobei der Effekt bei peroraler und parenteraler Verabreichung der gleiche ist, so daß man bei eventueller Unverträglichkeit von einer Applikation zur andern wechseln kann. Kontrolle des Reststickstoffes und Blutcalciumspiegels. Kontraindikationen: Niereninsuffizienz und Arteriosklerose.

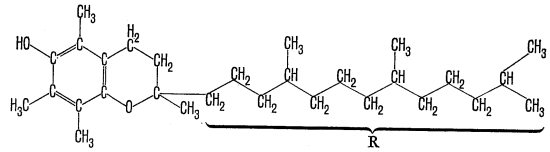
Nachbehandlung von Hypoparathyreoidismus. Hat sich nach der Behandlung mit AT 10 der Zustand normalisiert, kann mit Vitamin D (weniger aktiv als AT 10, aber wesentlich billiger), dreimal wöchentlich 50 000 IE, nachbehandelt werden. Im Falle einer sich *einstellenden Resistenz* kann das Vitamin D_3 durch D_2 (und umgekehrt) ersetzt oder eine Behandlung mit AT 10 zwischengeschaltet werden. AT 10 (Dihydrotachysterin) ist ein Vitamin-D-Derivat ohne antirachitische Eigenschaften, aber mit der gleichen Wirkung auf den Calciumstoffwechsel wie Parathormon. Es stimuliert die Harnausscheidung der Phosphate.

Literatur: *1)* Cruickshank et al., *Proc. Nutr. Soc.*, **14**, VIII (1955); Greene et al., *Fed. Proc.*, **14**, 435 (1955). *2)* Albright und Reifenstein, Jr., *The Parathyroid Glands and Metabolic Bone Disease*, Baltimore (1948). *3)* Gregersen, E., *Acta paediat. (Uppsala)*, **44**, 491 (1955). *4)* Dent, C. E., *J. Bone Jt Surg.*, **34B**, 266 (1952); Galbraith, D., *Med. J. Aust.*, **2**, 208 (1953). *5)* Mach, R. S., *La vitamine D et les facteurs hypercalcémiants*, Genf (1948). *6)* Pfennigsdorf et al., *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 570 (1955). *7)* Stapleton und Evans, *Helv. paediat. Acta*, **10**, 149 (1955); Fanconi und Spahr, *Helv. paediat. Acta*, **10**, 156 (1955). *8)* Gleiss, J., *Mschr. Kinderheilk.*, **102**, 177 (1954).

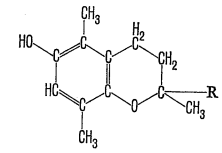
Vitamin E

Man kennt heute sieben Formen dieses Vitamins, die Tocopherole. Die Aktivitäten der Tocopherole α, β, γ und δ verhalten sich wie 100:30:20:1[1]. Nach neueren Untersuchungen zeigt das ζ-Tocopherol die gleiche Aktivität wie β-Tocopherol. γ-Tocopherol hat sehr geringe Aktivität, und die δ-, ε- und η-Tocopherole sind wahrscheinlich überhaupt inaktiv. Alle diese Verbindungen kommen in den grünen Pflanzen und besonders im Getreide sehr weit verbreitet vor. Nach ihrem Vorkommen kann man die Vitamine in zwei Gruppen einteilen: α-, β-, ε- und ζ-Tocopherole (Weizenkeimlinge, Gerste, Roggen) und η-, γ- und δ-Tocopherole (Soja, Erdnüsse, Senf, Mais). Der Hafer enthält als Ausnahme mindestens 5 Vitamere[2]. Die α-, β- und γ-Vitamere sind visköse und wasserunlösliche Öle, die bei Abwesenheit von Sauerstoff licht-, hitze- und säurebeständig sind, durch ultraviolettes Licht, Alkalien, Oxydantien und ranzige Fette aber zerstört werden. Ihre Ester sind bei im allgemeinen gleicher biologischer Aktivität stabiler. Vitamin E ist kochbeständig.

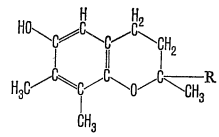
α-Tocopherol, $C_{29}H_{50}O_2$ (5,7,8-Trimethyltocol) α-TOCOPHEROL
Molekulargewicht 430,72



β-Tocopherol, $C_{28}H_{48}O_2$ (5,8-Dimethyltocol) β-TOCOPHEROL
Molekulargewicht 416,69



γ-Tocopherol, $C_{28}H_{48}O_2$ (7,8-Dimethyltocol) γ-TOCOPHEROL
Molekulargewicht 416,69



(ζ = 5,7-Dimethyltocol; ε = 5-Methyltocol; η = 7-Methyltocol; δ = 8-Methyltocol).

Einheit

1 internationale Einheit (IE) = 1,0 mg racemisches, synthetisches α-Tocopherolacetat.

Test- und Bestimmungsmethoden

Mikromethode[3]; Schnellmethode[4].

Am meisten verwendet wird heute die zweidimensionale Papierchromatographie (eventuell eindimensional bei Abwesenheit der ε- und ζ-Tocopherole)[2].

Vorkommen (Werte in mg/100 g)

Weizenkeimöl 320; Baumwollsamenöl, raffiniert 83–92; Erdnußöl 26–36; Weizenkeimlinge 27; Weizenvollmehl 1,2–3,4.

Physiologie und Funktion

Über die Biochemie des Vitamins E ist nichts Sicheres bekannt. Die Mangelsymptome wechseln je nach Art, Alter und Geschlecht des Versuchsobjekts. Diese Unsicherheit wird noch durch die Tatsache vergrößert, daß andere Verbindungen fähig sind, dieses Vitamin in gewissen Funktionen zu ersetzen.

Folgende Funktionen werden den Tocopherolen zugeschrieben: a) Allgemeine Oxydationshemmung. Sie schützen die ungesättigten Fettsäuren des Organismus vor der Oxydation. Bei Avitaminose treten Peroxyde auf, die eine Hemmung der Proteinsynthese bewirken. Vitamin E neutralisiert die Intoxikationserscheinungen durch gewisse Verbindungen, wie Cresolester (Kunststoffindustrie, Lösungsmittel), Tetrachlorkohlenstoff (Kautschukindustrie, Lösungsmittel), Pyridin (Denaturierung von Alkohol), Natriumsulfit, gewisse Sulfonamide (Sulfathiazol, Sulfaguanidin)[6]. b) Degenerative Veränderungen der Nierentubuli und Wirkung auf die Genitalorgane bei Ratte und Meerschweinchen, wobei die Ovarien weniger empfindlich sind als die Testes, die schließlich irreversible Schädigungen aufweisen. c) Progressive Muskeldystrophie (Ratte, Meerschweinchen, Kaninchen) mit Creatinurie und innerer Verkalkung der betroffenen Muskeln. d) Vitamin E scheint bei gewissen Atmungsfermentsystemen und am Proteinstoffwechsel beteiligt zu sein. Es soll auch eine regulatorische Aktivität auf die

Kohlenhydrate des Muskels ausüben[6]. e) Schutzwirkung gegen Leberverfettung und -nekrose (Schwein, Meerschweinchen). f) Schutz der Erythrocyten gegen Hämolyse. g) Anpassung des Individuums an atmosphärische Luftdruckschwankungen und Schutz der Lunge gegen die Auswirkungen von Anoxie und Hyperoxie[7]. h) Sehr umstrittene Einwirkung auf die Blutgefäße und den Herzmuskel. i) Zusammen mit Proteinen ist es bei der Bildung des Schmelzes und anderer Gewebe (Leber) beteiligt, spielt aber beim Knochenaufbau keine Rolle[8]. k) Es scheinen gewisse Beziehungen dieses Vitamins zur Hypophyse zu bestehen. Bei Vitaminmangel ist die Produktion von follikelstimulierendem Hormon (FSH) und luteinisierendem Hormon (LH) erhöht[9]. Man hat ihm auch die Degeneration der uterinen Nervenganglien zugeschrieben, die letztlich für den Abort oder die Resorption des Fötus verantwortlich sein könnte[10].

Die Avitaminose beim Affen führt zu Muskeldystrophie, zu Creatinurie und erhöhter Allantoinausscheidung, zu Anämie und Leucocytose (Abnahme der Erythrocyten und des Hämoglobingehalts, Neutrophilie)[11].

Die Mangelsymptome beim Menschen sind erst kürzlich beobachtet worden. Erwachsene: kein Tocopherol im Blut, Xanthomatose und Cirrhose der Gallenblase, Creatinurie[12]. Kinder mit Steatorrhöe: sehr niedriger Tocopherolspiegel im Blut, Neigung der Erythrocyten zu Hämolyse. Alle diese Symptome verschwinden auf Vitamintherapie[13].

Nach seinem Vorkommen in allen Körpergeweben zu schließen, muß das Vitamin E eine wichtige Rolle im Organismus spielen. Die tägliche Ausscheidung in den Fäces beträgt ungefähr 21 mg, was annähernd 60–70% der Zufuhr darstellt; bei der LAENNECschen Lebercirrhose fällt die Ausscheidung auf 7–10 mg. Vitamin E scheint im Darm weder synthetisiert noch zerstört zu werden. Der Organismus speichert das Vitamin besonders im Fettgewebe (0,1–1,1 mg/1 g Fett). Der Gehalt im zirkulierenden Blut beträgt im Mittel 1110 µg/100 ml (Bereich 560–1950 µg/100 ml)[14], wobei das α-Tocopherol vorherrscht. Dieser Gehalt steigt während der Schwangerschaft und bei Zunahme des Cholesterinspiegels an. Er sinkt bei Fettresorptionsstörungen und bleibt durch den Menstruationszyklus unbeeinflußt.

Therapeutische Anwendung

Die vielen Therapieversuche weisen eine solche Inkonstanz der Erfolge auf, daß kaum von einer fundierten Vitamin-E-Therapie gesprochen werden kann. Versuche wurden durchgeführt bei:

a) Behandlung der Sterilität, um die Spermatogenese anzuregen oder den habituellen Abort zu beeinflussen. Während der Menopause und bei Dysmenorrhöe. Die Anwendung großer Dosen des Vitamins hat jedoch nur seine Unschädlichkeit und vollständige Unwirksamkeit gezeigt[15]. b) Progressiver Muskelatrophie und amyotrophischer Lateralsklerose: Erfolge selten und unsicher. c) Angina pectoris und Arteriosklerose: sehr umstritten. d) Behandlung gewisser Vergiftungen (siehe oben). Es ist bemerkenswert, daß Vitamin E gegen Tetrachlorkohlenstoffvergiftung nur während der ersten 24 Stunden eine Wirkung zeigt, wohingegen Vitamin B_{12} auch später noch über längere Zeit einen günstigen Einfluß auf die Leberregeneration ausübt. e) Multipler Sklerose und Chorea SYDENHAM. f) Behandlungen während der Menopause, wenn Östrogene nicht wirken oder kontraindiziert sind, wie auch von Anämien ungewisser Genese, die auf gewöhnliche Therapie nicht ansprechen. g) Leberschutztherapie.

Vitamin E zeigt keine Schutzwirkung gegen Röntgenstrahlen, es scheint in hohen Dosen sogar eher die Sensibilität zu erhöhen[16].

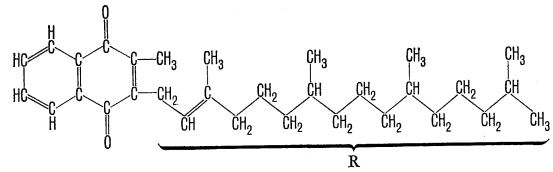
Als Antioxydantien üben die Tocopherole einen Spareffekt auf das Vitamin A aus. Oxydantien wie auch Lebertran sind Antimetaboliten des Vitamins E.

Literatur: *1)* BROWN, F., *J. Sci. Food Agric.*, **4**, 161 (1953). *2)* GREEN et al., *J. Sci. Food Agric.*, **6**, 274 (1955). *3)* QUAIFE et al., *J. biol. Chem.*, **180**, 1229 (1949). *4)* FARBER et al., *Fed. Proc.*, **10**, 294 (1951). *5)* HOVE, E. L., in: *Symposium on the Antimetabolites*, Nutrition Symposium Series, Nr. 11, New York (1955), S. 58. *6)* LILIENTHAL, Jr., und ZIERLER, in: THOMPSON und KING (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 445. *7)* MOORE, T., *Brit. med. Bull.*, **12**, 44 (1956). *8)* IRVING, J. T., *Vitam. and Horm.*, **15**, 291 (1957). *9)* GRIESBACH et al., *Endocrinology*, **60**, 729 (1957). *10)* COUJARD und DAUM, *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, **238**, 840 (1954). *11)* DAY und DINNING, *Fed. Proc.*, **15**, 548 (1956); id., *Amer. J. clin. Nutr.*, **4**, 386 (1956). *12)* WOODRUFF, C. W., *Amer. J. clin. Nutr.*, **4**, 597 (1956). *13)* NITOWSKY et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **92**, 164 (1956). *14)* DARBY et al., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **52**, 328 (1949); QUAIFE et al., *J. biol. Chem.*, **180**, 1229 (1949). *15)* BLAXTER und BROWN, *Nutr. Abstr. Rev.*, **22**, 1 (1952). *16)* HALEY et al., *Science*, **119**, 126 (1954).

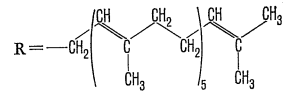
Vitamin K

In der Natur kommt das Vitamin K in zwei, möglicherweise sogar drei Formen (K_1, K_2, K_3) vor. Eine ganze Reihe synthetischer, mit dem Vitamin chemisch verwandter Verbindungen zeigen die gleiche biologische Aktivität. Das Vitamin K findet sich in den Chloroplasten der Pflanzen, wo es eine wichtige Rolle bei der Photosynthese spielt[1]. Die natürlichen Vitamine sind fettlöslich, ziemlich thermostabil, aber instabil gegen Alkalien und Licht. Menadion (2-Methyl-1,4-naphthochinon), die synthetische Verbindung mit der größten Aktivität, wie auch dessen wasserlösliche Derivate, sind doppelt so wirksam wie das natürliche Produkt.

Vitamin K_1, $C_{31}H_{46}O_2$
Öl, ursprünglich aus Luzerne gewonnen
Molekulargewicht 450,71
Schmelzpunkt —20 °C



Vitamin K_2, $C_{41}H_{56}O_2$
Gelbe Kristalle, ursprünglich aus faulendem Fischmehl gewonnen
Molekulargewicht 580,90
Schmelzpunkt 53,5—54,5 °C



Menadion, $C_{11}H_8O_2$
Gelbes, kristallines Pulver
Molekulargewicht 172,19
Schmelzpunkt 106 °C

Einheit

Eine internationale Einheit ist noch nicht festgelegt. Als solche vorgeschlagen ist 1 mg Menadion. 0,0008 mg Menadion = 20 DAM-Einheiten = 1 ANSBACHER-Einheit (entspricht der Minimalmenge, die bei 70–100 g schweren Vitamin-K-Mangel-Kücken die Blutgerinnungszeit binnen 6 Stunden normalisiert). Die anderen Einheiten werden heute nicht mehr verwendet, nachdem die synthetischen Präparate eine gewichtsmäßige Definition gestatten.

Bestimmungsmethoden

Chemisch (Reduktion des Chinons zum Hydrochinon). Spektrometrisch (bei reinen Vitamin- und Menadionlösungen). Biologisch (an Vitamin-K-Mangel-Kücken).

Vorkommen

Hauptsächlich in grünen Gemüsen: Spinat, Kohl, Rosenkohl. Der Gehalt in Tomaten und Leber ist geringer, in Früchten, Milch und Fleisch minimal.

Physiologie und Funktion

Für die Resorption von Vitamin K und Menadion im Darm sind Fette und Galle notwendig; für die synthetischen, wasserlöslichen Präparate gilt dies nicht. Es ist fraglich, ob der gesunde Erwachsene auf alimentäre Zufuhr des Vitamins angewiesen ist, da die Darmflora dieses in ausreichender Menge synthetisiert. Die wenigen in der Literatur beschriebenen K-Avitaminosen lassen sich entweder auf eine Umstimmung oder Verarmung der Bakterienflora des Darms oder auf Leberparenchymschäden zurückführen. Der Vitamingehalt der Fäces entspricht demjenigen der Organe, die das Vitamin enthalten.

Es ist unmöglich, eine minimale Tagesdosis für den Erwachsenen festzulegen, vor allem deshalb, weil bereits kleinste Mengen Vitamin K eine Hypoprothrombinämie zum Verschwinden bringen[2]. Mit erhöhter Außentemperatur nimmt der Bedarf des Organismus an Vitamin K zu.

Das Vitamin K ist am Blutgerinnungsmechanismus beteiligt, und zwar nicht bei der Entstehung des Thrombus, sondern indirekt bei der Bildung des Prothrombins in der Leber durch Einwirkung auf dessen Vorstufen, unter anderem auf den Faktor VII (Proconvertin)[3]. Das Plasma enthält eine Reihe relativ stabiler, zur

Umwandlung von Prothrombin in Thrombin erforderlicher Substanzen, die zur Entfaltung ihrer Aktivität Vitamin K benötigen. Bei Leberparenchymschäden oder Anwesenheit von Dicumarolderivaten ist diese Reaktion gestört oder aufgehoben[4].

Ein erniedrigter Prothrombinspiegel kann folgende Ursachen haben: a) mangelhafte intestinale Vitamin-K-Synthese; b) schlechte Resorption (Steatorrhöe, mangelhafte Fettresorption); c) Leberparenchymschäden. Eine parenterale Vitamintherapie ermöglicht bis zu einem gewissen Grade die Differentialdiagnose. Ein rascher Anstieg des Prothrombins spricht für eine intestinale oder noch geringe hepatische Störung. Tritt keine Reaktion ein, so ist dies ein Zeichen für eine schwerwiegende Schädigung der Leberzellen, die nicht mehr in der Lage sind, Prothrombin zu synthetisieren[6].

Vitamin K ist ein Antagonist des Dicumarols und seiner Derivate. Hierbei wirkt Vitamin K_1 am schnellsten und Menadion am langsamsten, weshalb dem ersteren heute in der antihämorrhagischen Behandlung der Vorzug gegeben wird[6]. Eine intravenöse Dauertropfinfusion einer 5prozentigen (50 mg/ml) Vitamin-K_1-Emulsion mit der Geschwindigkeit von 1 ml/min in einer Totaldosierung von 5–20 mg/kg Körpergewicht (360–1290 mg je Patient) erniedrigt Prothrombinzeiten von 43–85 Sekunden innerhalb von 2 Stunden auf 28–36 Sekunden und innerhalb von 5 Stunden auf 20–30 Sekunden[7].

Die Antimetaboliten des Vitamins K reagieren durch Umstimmung oder Hemmung der Darmflora (Sulfonamide, Antibiotica), durch Enzymblockierung (Dihydroxystearinsäureglycid) oder schließlich durch einen Verdrängungsmechanismus chemisch mit Vitamin K verwandter Verbindungen an Enzymsystemen, die bei der Vitaminsynthese beteiligt sind[8].

Therapeutische Anwendung

Prophylaktisch. a) Durch Verabreichung an die Mutter vor der Geburt zur Verhütung hämorrhagischer Diathesen beim Neugeborenen; dabei ist zu bemerken, daß die Placenta dem Durchtritt des Vitamins in den fötalen Kreislauf einen gewissen Widerstand entgegensetzt.

Die Verabreichung des Vitamins an Neugeborene und Frühgeburten hat mit Vorsicht zu erfolgen, da eine Überdosierung eine hämolytische Anämie und durch Hyperbilirubinämie einen Kernicterus auslösen kann. Die Empfindlichkeit des Säuglings gegenüber dem Vitamin läßt sich auf dessen geringen Blutgehalt an Vitamin E zurückführen, das in diesem Fall als K-Antidot wirkt. Aus den angeführten Gründen sollten kleine Tagesdosen von 1 mg oder weniger angewandt werden[9].

b) Operationsvorbereitung von Patienten mit Icterus oder Leberschäden, wobei zuerst das Prothrombin bestimmt werden muß.

c) Bei protrahierter Antibioticatherapie wegen der Schädigung der Darmflora.

Kurativ. In allen Fällen von Prothrombinopenie, verursacht durch Darm- oder Leberstörungen oder Überdosierung von Anticoagulantien. Zur Antagonisierung von Dicumarolderivaten empfiehlt sich die intravenöse Injektion, da sich im Vergleich zur unsichereren intramuskulären Applikation die Wirkung rascher einstellt[10]. Dosierung bei rasch wirkenden Anticoagulantien 5–15 mg, bei solchen mit lang anhaltender Wirkung 15–25 mg. Der Effekt wird nach 6–8 Stunden geprüft und die Dosis eventuell erhöht, wenn sich kein merklicher Anstieg des Prothrombinspiegels einstellen sollte[11].

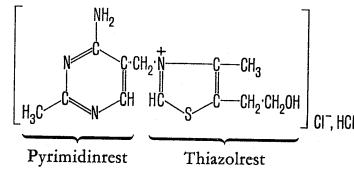
Behandlungen dieser Art dürfen nur unter Kontrolle des Blutprothrombinspiegels durchgeführt werden, um das Auftreten von Thrombosen und Embolien durch Vitaminüberdosierung zu verhindern. Man schreibt dem Vitamin K eine gewisse antibakterielle Wirkung zu[12]; im weiteren soll es auch die Zelle für Röntgenstrahlen sensibilisieren[13].

Literatur: *1)* Arnon et al., *Biochim. biophys. Acta*, **16**, 607 (1955); Dam et al., *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **265**, 80 (1940). *2)* Owen, C. A., Jr., in: Sebrell, Jr., und Harris (Hrsg.), *The Vitamins*, Bd. 2, New York (1954), S. 419. *3)* Koller, F., *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak.*, **222**, 89 (1954); Jürgens, R., ibid., **222**, 107 (1954). *4)* Ratnoff, O. D., *Advanc. intern. Med.*, **9**, 107 (1958). *5)* Stein, H. B., *S. Afr. J. med. Sci.*, **9**, 111 (1944). *6)* Collentine und Quick, *Amer. J. med. Sci.*, **222**, 7 (1951). *7)* Watkin et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 269 (1951). *8)* Albert, A., *Brit. med. Bull.*, **12**, 67 (1956). *9)* Dyggve et al., *Acta paediat. (Uppsala)*, **43**, 27 (1954); Capon et al., *Brit. med. J.*, **1**, 1425 (1956); Marusich et al., *Fed. Proc.*, **15**, 562 (1956). *10)* Shoshkes und Perelman, *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1145 (1956). *11)* Toohey, M., *Brit. med. J.*, **1**, 1020 (1954). *12)* Kitamikado und Mori, *Bull. Japan. Soc. sci. Fisheries*, **20**, 147 und 237 (1954), zitiert nach Kodicek, E., *Ann. Rev. Biochem.*, **25**, 497 (1956). *13)* Kohn und Gunter, *Radiat. Res.*, **2**, 351 (1955).

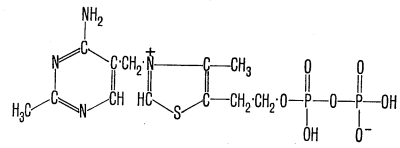
Vitamin B_1, Thiamin (Aneurin)

Dieses Vitamin findet sich frei in den Pflanzen und in Form des Pyrophosphats (Cocarboxylase) oder als Protein-Magnesium-Cocarboxylase-Komplex im Tierreich. Vitamin B_1 ist löslich in Wasser und wässerigem Alkohol, unlöslich in Fettlösungsmitteln, thermostabil in stark saurer Lösung, thermolabil in neutraler oder alkalischer Lösung. Gegen Luftsauerstoff beständig, wird aber durch Oxydationsmittel leicht zerstört. Empfindlich gegen ultraviolettes Licht. Optisch inaktiv. Absorptionsmaxima bei 233 mμm und 267 mμm. Das Molekül des Thiamins besteht aus einem Pyrimidinring, der über eine Methylenbrücke mit einem substituierten Thiazol verbunden ist.

Thiaminhydrochlorid, $C_{12}H_{18}ON_4SCl_2$ THIAMIN
Farblose, monokline Nadeln, nußartiger Geruch
Molekulargewicht 337,29
Schmelzpunkt 248—250 °C



Cocarboxylase



Einheiten

1 internationale Einheit (IE) = 0,003 mg Thiaminhydrochlorid.
1 US-Pharmacopöe-Einheit (USP) = 1 internationale Einheit.

Test- und Bestimmungsmethoden

Thiochrommethode[1]*:* Kaliumferricyanid oxydiert Thiamin zu Thiochrom, das im ultravioletten Licht eine intensiv blaue Fluoreszenz zeigt (in den USA vorgeschriebene Methode zur Prüfung von Pharmazeutica und Nahrungsmitteln).

Biologische Methoden: Rattenschutztest, Rattenwachstumstest, Hefefermentationstest.

Mikromethode nach Westenbrink: Die Empfindlichkeit dieser Methode gestattet eine Bestimmung bis zu 0,00005 μg Cocarboxylase und 0,0005 μg Thiamin im Blut[2]. Die Verwendung alkaligewaschener Hefe ermöglicht es, die Bestimmung mit nur 0,01 ml Blut durchzuführen[3].

Biologische Bestimmung mittels der Hefe *Kloeckera brevis* B 768; gestattet die Bestimmung von 0,001 μg/ml (Hoff-Jørgensen und Hansen[4]).

Vorkommen (Werte in IE/100 g Frischgewicht)

Hefe 2000–30 000; Weizenkeimlinge 600–1250; Weizen- oder Roggenvollbrot 75–150; Sojabohne 175–400; Speck 280–400.

Physiologie und Funktion

Thiamin wird von Pflanzen und einigen Mikroorganismen synthetisiert. In der Pflanze spielt es die Rolle eines Hormons, wird in den Blättern gebildet und in die Wurzeln transportiert, deren Wachstum es steuert[5].

Der tierische Organismus vermag kleine Mengen durch die Darmflora zu bilden, ist aber in der Hauptsache auf pflanzliche (freies Thiamin) oder tierische Zufuhr (Cocarboxylase) angewiesen. Thiamin wird im Darm rasch resorbiert und von kernhaltigen Zellen, speziell in der Leber, phosphoryliert, in der Niere dephosphoryliert und als freies Vitamin im Harn ausgeschieden. Ein großer Teil wird im Organismus abgebaut und in Form organischer Schwefelverbindungen ausgeschieden. Die gesamte ausgeschiedene Tagesmenge ist der Harnmenge annähernd proportional. Minimale Mengen werden auch mit dem Schweiß ausgeschieden.

Das Blut enthält je 100 ml ungefähr 3,5–11,5 µg Cocarboxylase[6] (in den korpuskulären Elementen) und bis zu 1,3 µg freies Vitamin[7] (im Plasma). Der Cocarboxylasegehalt der Leucocyten beträgt das Zehnfache desjenigen der Erythrocyten. Die Konzentration im Liquor cerebrospinalis entspricht derjenigen des Plasmas.

Der Tagesbedarf an Thiamin hängt vom Körperbau und -gewicht, Stoffwechsel, Fettgehalt der Nahrung, Ausmaß der bakteriellen Synthese und von der Anwesenheit das Vitamin abbauender Enzyme in der Nahrung und von weiteren Faktoren ab. COWGILL hat für den Minimalbedarf folgende Gleichung angegeben[8]: ($4{,}26 \times 10^{-6} \times$ Körpergewicht in Kilogramm $\times$ tägliche Kalorienzufuhr) Milligramm Vitamin B_1. Das Optimum liegt um 50% höher. Der Bedarf bei Kindern ist im Vergleich zu Erwachsenen höher, und zwar nach BEAL: bis zu 2 Monaten 0,3 mg/1000 cal; bis zu 1 Jahr 0,7 mg/1000 cal; vom 1.–3. Jahr allmählicher Abfall auf 0,54 mg/1000 cal, ein Resultat, das bis zu 5 Jahren unverändert bleibt[9]. Nach HOLT, Jr., et al. beträgt die tägliche Erhaltungsdosis bei künstlicher Ernährung 0,14–0,20 mg[10].

Die Cocarboxylase bildet die prosthetische Gruppe verschiedener Enzyme, die im Stoffwechsel der α-Ketosäuren beteiligt sind, wobei im besonderen der Brenztraubensäure als Zwischen- und Abbauprodukt des Aminosäure-, Fett- und Kohlenhydratstoffwechsels eine Schlüsselstellung zukommt. Die Neuronen gewinnen ihre Aktivitätsenergie beinahe ausschließlich durch Oxydation von Kohlenhydraten, bei der Thiamin und Pantothensäure (Bildung von Coenzym A aus Pyruvat), Nicotinsäure (Bestandteil des DPN) und Riboflavin (Bestandteil gewisser Dehydrogenasen) beteiligt sind[11]. Thiamin und Pantothensäure spielen auch bei der Synthese von Acetylcholin in den Nervenfasern eine Rolle[12]. Die Cocarboxylase verhindert die Ansammlung von Pyruvat und Brenztraubensäurealdehyd, die beide für den Organismus toxisch sind[11].

Thiamin hat eine sofortige Wirkung auf Zellen, die große Mengen Kohlenhydrate verbrauchen (Nervenzellen), auf Zellen mit vorwiegendem Brenztraubensäurestoffwechsel (Herzmuskel) und auf Mechanismen, die auf der Bildung von Acetylcholin beruhen (periphere Nerven). Bei Mangel wird ein Teil des im Darm synthetisierten Thiamins verwendet, wobei die intestinale Synthese durch Zugabe von Zellulose zur Nahrung erhöht werden kann[13].

Eine fettreiche Diät verringert den Bedarf des Organismus an Vitamin B_1, da die Oxydation der Fette nicht über das Zwischenprodukt Brenztraubensäure geht, wodurch die Mangelerscheinungen abgeschwächt werden. Viele andere Verbindungen zeigen jedoch auch den gleichen Spareffekt (Sulfonamide, Antibiotica, Ascorbinsäure usw.), und der Mensch ist unter bestimmten Bedingungen sogar imstande, sich an eine reduzierte Thiaminzufuhr zu adaptieren. Der Bedarf steigt mit gesteigertem Stoffwechsel (Fieber, Anstrengung, Hyperthyreoidismus), während der zweiten Hälfte der Schwangerschaft und während der Lactation. Bei Diabetes ist der Cocarboxylasegehalt von Blut und Leber erniedrigt[14].

Die Thiaminfermente bestehen zumeist aus einem Protein-Cocarboxylase-Magnesium-Komplex, in welchem das Magnesium auch durch andere zweiwertige Metalle ersetzt werden kann. Schwermetalle und gewisse organische Verbindungen (Brenztraubensäureester, Acetyljodid, Senfgas, Arsenite) blockieren die Brenztraubensäureoxydase. Diese Tatsache führte zur Entwicklung und Synthese des gegen Schwermetallgifte und gewisse Kampfgase wirksamen Antidots BAL (2,3-Dimercaptopropanol). Thiamin wird auch durch gewisse Salze zerstört (K_2HPO_4, $CaCO_3$, $MnSO_4$).

Substitutionen im Pyrimidinring des Vitamins B_1 wie auch der Ersatz des alkoholischen Hydroxyls im Thiazolanteil führen zu Antagonisten des Vitamins. Obwohl die Vitamine B_1 und B_{12} im allgemeinen synergistisch wirken, scheint in gewissen Fällen ein Antagonismus zwischen den beiden aufzutreten[15].

Aneurin zeigt eine gewisse Toxizität, weshalb intravenöse Injektionen großer Dosen einen Schock auslösen können, wobei man noch unsicher ist, ob es sich dabei um eine anaphylaktische Erscheinung oder um eine Ganglienblockierung handelt. Auch die Behandlung mit Thiamin allein, ohne Zufuhr anderer Vitamine der B-Gruppe, kann zu nichterwünschten Nebenerscheinungen führen[16].

Therapeutische Anwendung[17]

Die klassischen Vitamin-B_1-Mangelsymptome sind: anfänglich Anorexie, Nausea und Erbrechen; dann Müdigkeit, Schwäche, Hypotonie des Gastrointestinaltraktes, periphere Nervenstörungen (Schwäche der unteren Extremitäten, Hyper- und Parästhesien, Koordinationsstörungen). Es treten auch geistige Störungen auf: Depression, Reizbarkeit, Gedächtnis- und Konzentrationsschwäche. Die Intelligenz selbst ist nicht verändert.

Die Beriberi manifestiert sich in drei Formen: a) Exsudative Form, bei der zuerst Ödeme auftreten. Hinzukommende Herzvergrößerung und rechtsseitige Herzinsuffizienz können zu plötzlichem Exitus führen. b) «Trockene» Form mit Vorwiegen peripherer, degenerativer Polyneuritiden und Atrophie der Extremitätenmuskulatur. c) Infantile Form bei Säuglingen von Müttern mit B_1-Avitaminosen. Diese manifestiert sich meist durch chronischen Marasmus, wobei aber auch Herzinsuffizienz mit tödlichem Ausgang auftreten kann.

In unseren Breitengraden ist die Polyneuritis das Hauptsymptom der B_1-Avitaminose, so zum Beispiel bei chronischem Alkoholismus, wobei die Ursache mehr in einer allgemeinen Entzündung des Gastrointestinaltrakts als beim Alkohol selbst liegt. Die alkoholische Polyneuritis gleicht in vielem der «trockenen» Form der Beriberi. Eine Erhöhung des Brenztraubensäurespiegels im Blut und der rasche Rückgang auf die Norm bei Behandlung mit Thiamin deuten auf eine B_1-Avitaminose. Die polyneuritischen Störungen klingen langsam ab und hinterlassen oft Folgeerscheinungen als Ausdruck irreversibler Nervenschädigungen.

Die seltene cerebrale Form der Beriberi zeigt das Krankheitsbild der WERNICKEschen Encephalopathie: Nystagmus, Augenlähmungen wie auch geistige Störungen (Übererregbarkeit, Schlaflosigkeit, Gedächtnisverlust, Desorientierung, Konfabulationen, Halluzinationen), schließlich Verlust des Bewußtseins und Tod. Diese Erkrankung tritt in Europa bei chronischen Alkoholikern, manchmal auch bei Krebskranken auf und läßt sich durch Thiamin gut behandeln.

Herzerkrankungen sind von einem rapiden Abfall des Thiamingehalts der Gewebe und vor allem des Herzens begleitet. Die Verwendung quecksilberhaltiger Diuretica trägt durch die Ausschwemmung noch zur Abnahme der Vitaminreserven bei, weshalb vorgeschlagen wurde, während der spezifischen Therapie zusätzlich Aneurin zu geben. Der Vitaminmangel ist manchmal das erste Anzeichen einer Herzinsuffizienz mit Dekompensation.

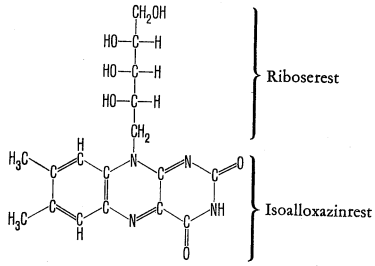
Bei sämtlichen Neuritiden sind Versuche mit hohen Dosen Vitamin B_1 zusammen mit anderen Verbindungen des B-Komplexes indiziert, wobei selbstverständlich nur die durch B_1-Mangel verursachten Neuritiden vollständig und rasch ansprechen. Bei Bleivergiftung ist Thiamin als Präventivmittel gegen Neuritis indiziert. Bei Delirium tremens ist Nicotinamid meist wirksamer. Der Thiazolanteil des Thiamins wird als nichttoxisches Anästheticum mit zentral depressiver Wirkung in der Chirurgie verwendet.

Literatur: *1)* HOLMAN, W. I. M., *Biochem. J.*, **38**, 388 (1944); PATRICK und WRIGHT, *Analyst*, **74**, 303 (1949). *2)* WESTENBRINK, H. G. K., *Enzymologia (Amst.)*, **8**, 97 (1940). *3)* WESTENBRINK et al., *Z. Vitaminforsch.*, **13**, 218 (1943); STEYN PARVÉ, E. P., *Onderzoekingen over splitsing en vorming van het enzyme carboxylase*, Dissertation, Amsterdam (1945). *4)* HOFF-JØRGENSEN und HANSEN, *Acta chem. scand.*, **9**, 562 (1955). *5)* BONNER, J., *Harvey Lect.*, **48**, 1 (1952/53). *6)* EVERETT, M. R., *Medical Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1946), S. 653. *7)* MEIKLEJOHN, A. P., *Biochem. J.*, **31**, 1441 (1937). *8)* COWGILL, G. R., *Vitamin B Requirement of Man*, Oxford (1934). *9)* BEAL, V. A., *J. Nutr.*, **57**, 183 (1955). *10)* HOLT, Jr., et al., *J. Nutr.*, **37**, 53 (1949). *11)* SINCLAIR, H. M., *Brit. med. Bull.*, **12**, 18 (1956). *12)* MINZ, B., *Presse méd.*, **46**, 1406 (1938); id., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **127**, 1251 (1938). *13)* NAGASE und FUJITA, *J. Vitaminol.*, **2**, 107 (1956), zitiert nach SARETT und MORRISON, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 339 (1958); SHIMOMURA, F., ibid., **2**, 232 (1956), zitiert nach SARETT und MORRISON, loc. cit. *14)* SILIPRANDI und NAVAZIO, *Acta med. scand.*, **142**, 147 (1952). *15)* CERECEDO, L. R., *Amer. J. clin. Nutr.*, **3**, 273 (1955); FELLER und MACEK, *J. Amer. pharm. Ass.*, **44**, 662 (1955). *16)* WOLFSON, Jr., und ELLIS, *Fed. Proc.*, **13**, 418 (1954). *17)* THOMPSON und CUMINGS, in: THOMPSON und KING (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 418.

Vitamin B_2, Riboflavin (Lactoflavin)

Vitamin B_2, das seiner Farbe und seines Ribosegehaltes wegen auch Riboflavin genannt wird, kommt in der Natur entweder frei oder in Cofermenten vor (Flavinmononucleotid, Flavinadenindinucleotid, siehe S. 335). Die *Flavoproteine* bestehen aus diesen Coenzymen und ihren Apoenzymen. Riboflavin ist ein Derivat des Isoalloxazins, in Wasser und Alkoholen löslich, unlöslich in Fettlösungsmitteln, in trockenem Zustand oder in saurer Lösung thermostabil, außer in alkalischer Lösung gegen Luftsauerstoff beständig, licht- und alkaliunbeständig. Lösungen von Riboflavin zeigen intensiv gelbe Fluoreszenz.

Riboflavin, $C_{17}H_{20}O_6N_4$ RIBOFLAVIN
Orangegelbe Kristalle mit bitterem Geschmack, die sich bei 240 °C schwarz färben
Molekulargewicht 376,38
Schmelzpunkt 275–282 °C unter Zersetzung



Einheiten

Keine internationalen Einheiten. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Mikrobiologische Methoden *(Lactobacillus helveticus [L. casei]* und viele andere). Rattenwachstumstest, fluorometrisch.

Vorkommen (Werte in mg/100 g Frischgewicht)

Hefe 2–4; Leber verschiedener Tiere 2–3,5; Fleischextrakt 1,5–2,5; Niere 1–2; Muttermilch 0,06 mg/100 ml[1]. Weit verbreitet in allen Blattgemüsen, im Fleisch der Warmblüter und Fische.

Physiologie und Funktion

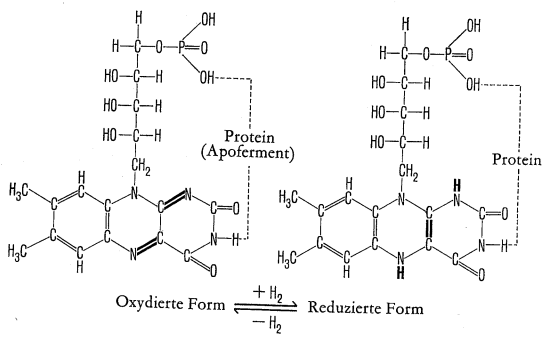
In den menschlichen Fäces ist der Vitamin-B_2-Gehalt wegen der Synthese durch die intestinale Flora oft höher als die alimentäre Zufuhr. Dabei ist unbekannt, in welchem Maße der Organismus das im Darm gebildete Vitamin verwendet. Vegetarische Diät oder Zugabe von Zellulose zur Nahrung vergrößern die bakterielle Synthese erheblich[2].

Riboflavin wird in der Darmwand phosphoryliert und in Leber, Herz und Niere gespeichert. Diese Depots werden nach Möglichkeit aufrechterhalten und vermindern sich selbst bei Mangelzuständen nur um ungefähr 30–50%[3]. Vitamin-B_1-Mangel oder erhöhte Proteinzufuhr führen zu vermehrter Speicherung, jedoch verminderter Ausscheidung des Vitamins B_2.

Der Vitamin-B_2-Gehalt des Organismus nimmt während des ersten Lebensjahres zu und sinkt dann langsam während des 2. und 3. Jahres, der abnehmenden Milchernährung entsprechend, wieder ab, im 3.–5. Jahr steigt er erneut leicht an[4]. Der Blutspiegel des Menschen nimmt während des Lebens ab[5]. Der Flavincoenzymgehalt der Gewebe hängt von der Nahrung ab, während der Gehalt des Gehirns praktisch konstant ist[6].

Der Riboflavingehalt des Vollbluts beträgt 4,9–10,4 µg/100 ml (Mittel 6,68 µg/100 ml)[7], derjenige des Serums 0,3–1,3 µg/100 ml (Mittel 0,8 µg/100 ml)[8], wobei der größte Teil (84,3%) in Form von Nucleotiden vorliegt[7]. Der Riboflavingehalt des Embryonalblutes ist höher als derjenige des mütterlichen Blutes[9].

Die ausgeschiedene Menge beträgt bei normaler Ernährung ungefähr 12% der Zufuhr, steht aber mit dieser in keiner festen Beziehung. Riboflavin wird mit den Fäces (0,823–1,313 mg/Tag; Mittelwert 1,029 mg/Tag) und im Harn als Uroflavin ausgeschieden (0,543–0,913 mg/Tag; Mittelwert 0,678 mg/Tag)[10]. Das letztere ist ein mit dem Riboflavin sowohl in der Zusammensetzung als auch in der Vitaminaktivität beinahe identisches Pigment.



Der Tagesbedarf des Menschen läßt sich nicht genau bestimmen, scheint aber um 1,5–1,8 mg zu liegen. Das Minimum beträgt ungefähr 1,1–1,6 mg[11]. Eine Tagesdosis von 0,4 mg genügt den Anforderungen des Säuglings[12].

Die Flavoproteine besorgen als Enzyme die Wasserstoffübertragung bei verschiedenen Stoffwechselprozessen und sind unter anderem auch bei einer ganzen Reihe von Redoxsystemen beteiligt. Das Riboflavin bildet als Phosphorsäureester (Mononucleotid) die prosthetische Gruppe des gelben Atmungsferments von WARBURG, des zuerst entdeckten Vertreters einer großen Reihe verschiedener Atmungsfermente (D-Aminosäureoxydase, Xanthinoxydase, Diaphorase, Cytochrom-c-reduktase usw.). Die ersteren Fermente unterscheiden sich durch die prosthetische Gruppe und durch ihre Aktivität, die bis das Tausendfache beträgt. Die prosthetische Gruppe dieser Fermente ist ein Adenindinucleotid, in welchem das Riboflavin in 5′-Stellung mit Pyrophosphat verestert ist, das seinerseits mit der 5′-Stellung der Ribose im Adenosin verbunden ist. Die Wirkung aller dieser Fermente ist derjenigen des gelben Atmungsferments analog.

Vitamin B_2 zeigt eine Wirkung auf das Wachstum und die Entwicklung des Fötus. Ein Mangel während der Schwangerschaft kann Skelettanomalien hervorrufen (Verkürzung von Mandibula, Tibia, Fibula, Radius und Ulna, Verwachsungen zwischen Rippen, sternalen Ossifikationszonen, Fingern und Zehen, Brachydaktylie wie auch gelegentlich Gaumenspalten)[13].

Riboflavinmangel manifestiert sich in Geweben ektodermalen Ursprungs, nachdem der Flavoproteingehalt derselben sehr stark abgesunken ist. a) Augen: Tränenfluß, anomale Vaskularisation der Cornea, Keratitis, Star. b) Schleimhäute des Verdauungstrakts: Glossitis, Entzündung der buccopharyngealen Schleimhäute, Cheilitis, Mundwinkelragaden wie beim Angulus infectiosus. c) Haut: starker Pruritus, Desquamatio, Ragaden, Entzündungen der Gelenkbeugefalten wie auch der Nasolabialfalte, Seborrhöe. d) Becken («anogenitales Syndrom»): Entzündung, Desquamatio und starker Pruritus an Anus, Vulva und Scrotum[14].

Vitamin B_2 zeigt eine gewisse Wirkung auf das Nervensystem. Man hat bei der Mehrzahl der Fälle von Schizophrenie, Neurasthenie, multipler Sklerose wie auch in 20% der Fälle mit neurovegetativen Störungen eine Verminderung des Riboflavingehaltes gefunden. Eine bedeutend geringere Abnahme konnte bei Tuberkulose, chronischem Rheumatismus, Asthma bronchiale, gastroduodenalen Ulcera, chronischer Colitis sowie bei allen psychosomatischen Störungen festgestellt werden[7].

Es scheint auch, daß Riboflavin bei der Ausschüttung von ACTH aus der Hypophyse beteiligt ist[15]. Die Anwesenheit von Vitamin B_2, frei oder als Coferment, in Retina, Cornea und Linse scheint auf eine Beteiligung am Sehprozeß zusammen mit Vitamin A und Nicotinamid hinzuweisen.

Diagnose und Therapie des Vitamin-B_2-Mangels

Wegen der intestinalen Synthese ist es schwierig, beim Menschen durch Diät eine Avitaminose auszulösen. Anderseits sind die Mangelsymptome wenig spezifisch; gewisse Symptome oder, besser gesagt, Symptomenkomplexe können jedoch die Diagnose auf eine B_2-Avitaminose nahelegen: seborrhoische Läsionen, Mundwinkelragaden, anoscrotales Syndrom, Glossitis und Entzündung der buccalen Schleimhaut, Retrobulbärneuritis mit partieller Opticusatrophie, Anästhesien und Parästhesien an den unteren Extremitäten, STANNUSsches Cerebellarsyndrom (Muskelasthenie und -hypotonie, Ataxie, klonische Krämpfe, verstärkte Reflexe, Nystagmus, Dysdiadokinesis, Vertigo, Tremor, pendelnde Kniezuckungen), Vaskularisation der Cornea und Kapillardilatation der Haut kommen auch beim Mangel an anderen Vitaminen und gewissen essentiellen Aminosäuren vor[14].

Die in Nordjapan endemisch auftretende Krankheit «Shibi-Gatchaki» ist eine mit leichter Pellagra gekoppelte B_2-Avitaminose mit folgenden Symptomen: Müdigkeit, starker Pruritus an Anus und Genitalien, Glossitis, Dermatitis, Augenstörungen. Sie kann mit einem Gemisch von Thiamin, Riboflavin, Nicotinsäure, Folsäure und Vitamin B_{12} geheilt werden[16].

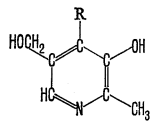
Die Mangelsymptome verschwinden nach mehrtägiger Therapie mit einer Tagesdosis von 10 mg Riboflavin. Fälle mit unklarer Diagnose können durch die Therapie sichergestellt werden.

In der Schwangerschaft steigt der Bedarf des Organismus leicht während der ersten drei, erheblich während der letzten sechs Monate. Eine tägliche Dosis von 2 mg ist deshalb erforderlich[17].

Literatur: *1)* Sós, J., *Z. Vitamin-, Hormon- u. Fermentforsch.*, **1**, 369 (1948). *2)* Yasuda, T., *Vitamins (Japan)*, **6**, 7 (1953), zitiert nach Mickelsen, O., *Vitam. and Horm.*, **14**, 1 (1956). *3)* Kuhn et al., *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **232**, 36 (1935). *4)* Beal, V. A., *J. Nutr.*, **57**, 183 (1955). *5)* Schaus et al., *J. Geront.*, **10**, 170 (1955). *6)* Decker und Byerrum, *J. Nutr.*, **53**, 303 (1954). *7)* Kerppola, W., *Acta med. scand.*, **153**, 33 (1955). *8)* Burch et al., *J. biol. Chem.*, **175**, 457 (1948). *9)* Lust et al., *J. clin. Invest.*, **33**, 38 (1954). *10)* Robinson, F. A., *The Vitamin B Complex*, London (1951), S. 74. *11)* Horwitt et al., *J. Nutr.*, **41**, 247 (1950). *12)* Snyderman et al., *J. Nutr.*, **39**, 219 (1949). *13)* Warkany und Schraffenberger, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **54**, 92 (1943); Miller et al., *J. Nutr.*, **52**, 405 (1954); Giroud, A., *Biol. Rev.*, **29**, 220 (1954). *14)* Witts, L. J., *Brit. med. Bull.*, **12**, 14 (1956); Schour und Massler, *Physiol. Rev.*, **25**, 442 (1945). *15)* Forker und Morgan, *J. biol. Chem.*, **217**, 659 (1955). *16)* Masuda et al., *J. Vitaminol.*, **1**, 229 (1955), zitiert nach Saretт und Morrison, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 339 (1958). *17)* Jansen und Jansen, *Int. Z. Vitaminforsch.*, **25**, 193 (1954).

Vitamin B_6 (Adermin)[1]

Vitamin B_6 kommt in der Natur in mindestens drei Formen vor, Pyridoxin, Pyridoxal und Pyridoxamin, von denen lange Zeit nur das erstere bekannt war. Pyridoxin ist löslich in Wasser, Alkohol und Aceton, wenig löslich in organischen Lösungsmitteln, stabil gegen Hitze, konzentrierte Säuren und Basen, aber lichtempfindlich. Pyridoxal und Pyridoxamin sind thermolabil.



Pyridoxin (Adermin), $C_8H_{11}O_3N$ Molekulargewicht 169,18	$R = CH_2OH$	PYRIDOXOL
Pyridoxal, $C_8H_9O_3N$ Molekulargewicht 167,17	$R = CHO$	PYRIDOXAL
Pyridoxamin, $C_8H_{12}O_2N_2$ Molekulargewicht 168,20	$R = CH_2NH_2$	PYRIDOXAMIN
4-Pyridoxsäure, $C_8H_9O_4N$ Molekulargewicht 183,17	$R = COOH$	

Einheiten

Keine internationalen Einheiten. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Mikrobiologisch mit *Lactobacillus helveticus (L. casei)*, *Streptococcus faecalis* und *Saccharomyces carlsbergensis* für Pyridoxin, Pyridoxal und Pyridoxamin[2]. Die Fluorometrie gestattet eine getrennte Bestimmung der drei Formen wie auch der 4-Pyridoxsäure[9].

Vorkommen (Werte in mg/100 g Frischgewicht)

Getrocknete Hefe 3,6; Getreidekeimlinge 0,6–1,8; Leber 0,2; Kartoffeln 0,2–0,3; in geringer Konzentration weit verbreitet in pflanzlichen und tierischen Geweben.

Physiologie und Funktion

Tierische Gewebe enthalten Vitamin B_6 hauptsächlich als Pyridoxal und Pyridoxamin, während in Pflanzen neben diesen auch Pyridoxin in großen Mengen vorkommt[4]. Die drei Verbindungen können direkt oder über ihre Phosphate durch noch unbekannte enzymatische Mechanismen ineinander übergehen. Die Phosphate tragen die Vitaminaktivität[5].

Vitamin B_6 wird beim Menschen durch die Darmflora hauptsächlich im Dickdarm synthetisiert, wobei noch unsicher ist, ob und in welchem Maße der Organismus sich dieser Vitaminquelle bedient[6]. Beim Kleinkind tritt diese Synthese nicht oder nur in sehr beschränktem Maße auf[7].

Der Tagesbedarf wird von den Autoren sehr verschieden angegeben (der tägliche Minimalbedarf beträgt nach der National Academy of Science 0,53–1,21 mg[8]). Es ist auch zu bedenken, daß der Bedarf an Vitamin B_6 vom Proteingehalt der Nahrung abhängt. Die tägliche Ausscheidung in den Fäces beträgt 0,5–0,8 mg. Ungefähr 57% der mit der Nahrung aufgenommenen Menge finden sich im Harn in Form von Pyridoxal (0,2–0,3 mg/Tag) und 4-Pyridoxsäure (3–4 mg/Tag), die ein Abbauprodukt ohne Vitaminaktivität darstellt[9]. Der mittlere normale Blutspiegel beträgt 11,2 µg/100 ml Vollblut (Bereich 5–20,8 µg); Plasma 7 µg/100 ml. Bei Mangeldiät sinkt dieser Wert nach 3–4 Wochen auf 2–3 µg/100 ml Blut (ausgedrückt als Pyridoxinhydrochlorid) und verbleibt im weiteren auf diesem Niveau[10]. Die Haut enthält ungefähr 1 µg/1 g Trockengewicht[9]. Die Ausscheidung im Harn ist nach Aufnahme von Pyridoxal bedeutend größer als nach der Aufnahme einer der anderen Formen.

Vitamin B_6 wirkt als Coferment bei vielen Mechanismen des Aminosäurestoffwechsels: Decarboxylierung, Transaminierung, Dehydrierung, Spaltung und Resynthese von Tryptophan, Spaltung der β-Hydroxy-α-aminosäuren zu Glycin und Aldehyden, Desulfurierung, Racemisierung usw. Die aktive Form des Vitamins ist möglicherweise ein Chelat mit einem Metallion. Pyridoxin ist Bestandteil der Transaminasen und Pyridoxal ein bei der Glycin-Serin-Umwandlung benötigtes Coenzym[11].

Vitamin B_6 scheint auch im Fettstoffwechsel eine Rolle zu spielen, denn der Organismus verliert bei Mangelzuständen die Möglichkeit, Proteine zu Fetten umzubauen, so daß die Bildung ungesättigter Fettsäuren unterbleibt. Auch bei der Synthese von stark ungesättigten Fettsäuren aus Linol- und Linolensäure dürfte Pyridoxin beteiligt sein[12].

Die Antivitamine wirken durch Verdrängung des Pyridoxinphosphats aus den Coenzymen bei Phosphorylierung. Auf diese Weise blockiert Desoxypyridoxin die meisten Enzyme mit Ausnahme der Desulfurase. Das Isoniazid hemmt als Antivitamin die Decarboxylasen, die Pyridoxalphosphat als Bestandteil enthalten[13].

Obwohl der Pyrimidinteil des Thiamins als Antivitamin wirkt, ist die Anwesenheit von Thiamin eine Voraussetzung für die gute Verwertung des Vitamins B_6 durch den Organismus[14].

Die verschiedenartigen Mangelsymptome erklären sich aus der Tatsache, daß während einer progressiven Avitaminose nicht alle Enzymsysteme gleichzeitig in gleichem Ausmaße blockiert sind. Die nervösen Störungen können durch unvollständigen Abbau der Konvulsionen hervorrufenden Glutaminsäure oder durch mangelnde Bildung des für das Nervensystem wichtigen Hormons Serotonin verursacht sein[15]. Andere Autoren nehmen an, daß die Ursache in einer mangelhaften Synthese der die Myeline aufbauenden Lipide zu suchen sei[16].

Es ist schwierig, nur durch Mangeldiät eine experimentelle Avitaminose hervorzurufen, und die Symptome zeigen je nach Art und Alter große individuelle Variabilität.

Ratte: schwere Dermatitis (Rattenpellagra), manchmal hämolytische Anämie[17], Abnahme des totalen Körperfettes, da der Organismus wegen der verunmöglichten Fettsynthese aus Aminosäuren seine Fettdepots aufbraucht[18]. *Syrischer Hamster:* Muskelschwäche, Lymphdrüsen- und Fettgewebsatrophie, erhöhte Xanthurensäureausscheidung im Harn. *Kaninchen:* desquamierende Dermatitis an den Ohren, leichte Anämie, Konvulsionen, erhöhte Blutgerinnungszeit, Creatinurie, paralytischer Kollaps und Tod[19]. *Hund:* serös-eitrige Conjunctivitis, Blepharitis, Dermatitis mit leichtem Haarausfall an der Schnauze und um die Augen, arteriosklerotische Störungen[20]. *Rhesusaffe:* Arteriosklerose als konstantes und dominierendes Symptom, unter anderem auch Zahnkaries, Verfettung oder Cirrhose der Leber, Pancreassklerose, Störungen im Zentralnervensystem[21]. *Erwachsener Mensch*: Die wenig spezifischen Symptome können mit denjenigen der meisten B-Avitaminosen verwechselt werden: a) Haut und Schleimhäute: seborrhoische und desquamative Dermatitis an Mund und Augen, die sich auch auf das Gesicht, die Kopfhaut und den Hals, manchmal auch auf das Becken ausbreiten kann. Intertrigo mammae und inguinalis bei der Frau. Es wurden auch schon Fälle von Hautabschuppung und -pigmentierung der unteren Extremitäten beobachtet, die an Pellagra erinnerten. Stomatitis und Glossitis. b) Nervensystem: Reizbarkeit, Depression, Schläfrigkeit, Nausea. In einigen Fällen Geisteskrankheiten, Störungen der Wahrnehmung von Vibrationen und der Lage. Sehr selten periphere Neuritiden[9]. *Säugling:* Gewichtsstillstand und einige Fälle von hypochromer Anämie mit Mikrocytose[22].

Bei der Arteriosklerose von Hund und Affe zeigt sich eine Fibrose der Intima. Es ist unsicher, ob Vitamin B_6 bei der Arteriosklerose des Menschen eine Rolle spielt, doch hat man in über 90% der Fälle von Myocardnekrosen eine bedeutende Zunahme des Plasmaspiegels der Transaminase festgestellt. Ebenso steigt der Plasmaspiegel innert 36 Stunden nach einem Infarkt um das 2–10fache an. Bei myocardialer Ischämie der Angina pectoris bleibt der Serumspiegel konstant, ein Ergebnis, das zur Differentialdiagnose verwendet werden könnte[23].

Die Abnahme der Vitaminreserven während der Schwangerschaft bewirkt Veränderungen im Stickstoffgehalt des Plasmas (der Proteine und Nichtproteine), die an eine Schwangerschaftstoxicämie erinnern[24].

Die Mangelsymptome verschwinden auf Therapie mit Vitamin B_6 in irgendeiner der drei Formen rasch mit Ausnahme der sich nur teilweise zurückbildenden arteriosklerotischen Veränderungen. Zugabe von Linolsäure zur Diät genügt, um eine Anzahl von Symptomen, hauptsächlich die Hautschädigungen, zum Verschwinden zu bringen[9]. Ascorbinsäure, Lactose und Dextrin zeigen einen günstigen Effekt auf den Organismus bei Pyridoxinmangel. Bei B_6-Avitaminose ist die Bildung von Antikörpern erheblich vermindert, und es scheint, daß hierbei günstige Bedingungen für die Vermehrung der KOCH-Bazillen bestehen[25].

Therapeutische Anwendung[9]

Es sind mit Vitamin B_6 verschiedene Therapieversuche gemacht worden: a) Epilepsie, arteriosklerotischer oder postencephalitischer Parkinsonismus, progressive Muskelatrophie, amyotrophische Lateralsklerose, Muskeldystrophie. Resultat praktisch null. Einige Teilerfolge beziehen sich hauptsächlich auf den arteriosklerotischen Parkinsonismus. Die anderen Erkrankungen zeigen keine Verbesserung und keinen anderen Ablauf auf Vitamintherapie. b) Einige vereinzelte, inkonstante Erfolge bei peripheren Neuritiden. c) Seltene Fälle von Besserung bei chronischem oder akutem Alkoholismus und Delirium tremens. d) Gute Wirkung bei Akne und gewissen Dermatitiden bei lokaler Applikation (peroral unwirksam). Seborrhoea sicca reagiert am besten. e) Einige Erfolge bei Granulocytopenien nach Röntgentherapie oder Vergiftungen, wobei aber die Wirkung nicht mit Sicherheit auf das Vitamin B_6 zurückgeführt werden kann. f) Empirische Vitamintherapie bei Hyperemesis gravidarum und Erbrechen nach Narkosen oder Röntgenbestrahlungen. Hierbei scheint weniger ein Vitaminmangel als ein momentan auftretender, stark erhöhter Bedarf vorzuliegen. Nach einer noch nicht wissenschaftlich fundierten Theorie sollen die Röntgenstrahlen Enzymsysteme schädigen, bei denen Vitamine der B-Gruppe als Coenzyme beteiligt wären.

Unterstützende Therapie bei Pellagra wie auch bei protrahierten Isoniazidkuren, bei denen periphere Neuritiden auftreten können.

Vor einigen Jahren trat in den USA bei Säuglingen eine kleine Epidemie mit Konvulsionen auf, da jene mit sterilisierter Milch ernährt worden waren, in der die größte Menge des Vitamins B_6 während der Erhitzung im Autoklaven zerstört worden war[26]; bei der Lagerung wurde sodann noch ein Teil des Restes in ein für Warmblüter inaktives Produkt umgewandelt[27].

Literatur: *1)* Übersicht siehe *Vitamin B_6 in Human Nutrition*, Report of the Tenth M & R Pediatric Research Conference, Ohio (1954). *2)* SNELL und RANNEFELD, *J. biol. Chem.*, **157**, 475 (1945); SNELL, E. E., ibid., **157**, 491 (1945); RABINOWITZ und SNELL, ibid., **169**, 631 (1947). *3)* FUJITA et al., *J. Vitaminol.*, **1**, 267, 275, 279, 290 (1955), zitiert nach GREENBERG, L. D., *Ann. Rev. Biochem.*, **26**, 209 (1957). *4)* RABINOWITZ und SNELL, *J. biol. Chem.*, **176**, 1157 (1948). *5)* SNELL, E. E., *Vitam. and Horm.*, **16**, 77 (1958). *6)* LINKSWILER und REYNOLDS, *J. Nutr.*, **41**, 523 (1950). *7)* COURSIN, D. B., *J. Amer. med. Ass.*, **154**, 406 (1954); MAY, C. D., *Pediatrics*, **14**, 269 (1954). *8)* National Academy of Science, *National Research Council*, Publication 302 (1953). *9)* VILTER, R. W., *J. Amer. med. Ass.*, **159**, 1210 (1955). *10)* GREENBERG und RINEHART, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **70**, 20 (1949). *11)* BODANSKY, O., *Ann. Rev. Biochem.*, **24**, 627 (1955). *12)* SNELL, E. E., *Physiol. Rev.*, **33**, 509 (1953). *13)* MAKINO und KOIKE, *Nature*, **174**, 1056 (1954); HURWITZ, J., *J. biol. Chem.*, **217**, 513 (1955). *14)* RABINOWITZ und SNELL, *Arch. Biochem.*, **33**, 472 (1951). *15)* SINCLAIR, H. M., *Brit. med. Bull.*, **12**, 18 (1956). *16)* TOWER, D. B., *Amer. J. clin. Nutr.*, **4**, 329 (1956). *17)* DANN, W. J., *J. biol. Chem.*, **128**, XVIII (1939). *18)* BEATON et al., *J. biol. Chem.*, **207**, 385 (1954). *19)* HOVE und HERNDON, *J. Nutr.*, **61**, 127 (1957). *20)* HAWKINS, W. W., *Science*, **121**, 880 (1955). *21)* RINEHART und GREENBERG, *Amer. J. Path.*, **25**, 481 (1949); VICTOR und ADAMS, *Amer. J. clin. Nutr.*, **4**, 346 (1956); DAY und DINNING, ibid., **4**, 386 (1956). *22)* SNYDERMAN et al., *J. clin. Nutr.*, **1**, 200 (1953). *23)* STEINBERG und OSTROW, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **89**, 31 (1955). *24)* ROSS und PIKE, *J. Nutr.*, **60**, 211 (1956). *25)* CHARCONNET-HARDING und HIRSCH, *Ann. Inst. Pasteur*, **91**, 120 (1956). *26)* COURSIN, D. B., *Amer. J. Dis. Child.*, **90**, 344 (1955). *27)* HODSON, A. Z., *J. Agric. Food Chem.*, **4**, 876 (1956).

Nicotinsäure, Niacin (Vitamin PP)

Die Nicotinsäure ist ein Pyridinderivat und kommt in der Natur in kleinen Mengen frei, zum größeren Teil aber als Amid (Nicotinsäureamid, Nicotinamid, Nicotylamid) vor. Sie ist löslich in Wasser und Alkohol, unlöslich in Fettlösungsmitteln, stabil gegen Hitze und Oxydantien; sie ist auch in der Nahrung und bei der Lagerung sehr beständig.

Einheit

Keine internationale Einheit. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

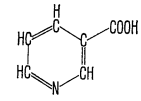
Mikrobiologisch: *Lactobacillus arabinosus* für Nicotinsäure und Nicotinsäureamid, *Leuconostoc mesenteroides* für Nicotinsäure allein. Black-tongue-Kurativtest an Hunden, Kückenwachstumstest[1]. Kolorimetrisch.

Fluorometrische Bestimmung des N-Methylnicotinsäureamids und der Pyridinnucleotide im Blut[2]. Chromatographische Methode zur Trennung und Bestimmung des Nicotinsäureamids[3] und der Pyridinnucleotide[4]. Spektrophotometrische Methode zur Bestimmung von Diphosphopyridinnucleotid und Triphosphopyridinnucleotid bis zu 0,1 μg[5].

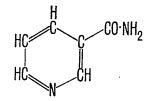
Vorkommen (Werte in mg/100 g Frischgewicht)

Fleischextrakt, Hefe 30–100; Reiskleie 30–140; Leber 10–20; weit verbreitet in allen pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln, ausgenommen in reinen Fetten. Durch Bakterientätigkeit steigt bei der Fermentation der Gehalt an Nicotinsäure in den Tabakblättern bis zu einer Konzentration von 0,4% an.

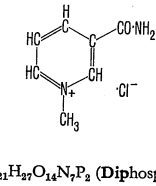
Nicotinsäure, $C_6H_5O_2N$
Weiße Kristalle oder kristallines Pulver, geruchlos, saurer Geschmack
Molekulargewicht 123,11
Schmelzpunkt 234–237 °C



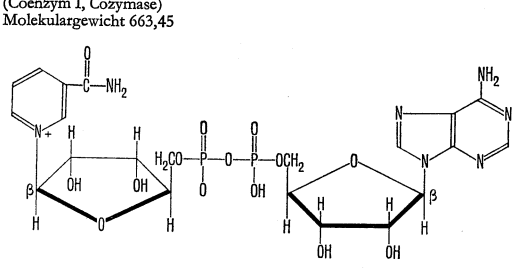
Nicotinsäureamid, $C_6H_6ON_2$ (Nicotinamid, Nicotylamid)
NICOTINAMID
Geruchloses, kristallines Pulver von salzig-bitterem Geschmack
Molekulargewicht 122,12
Schmelzpunkt 128–131 °C



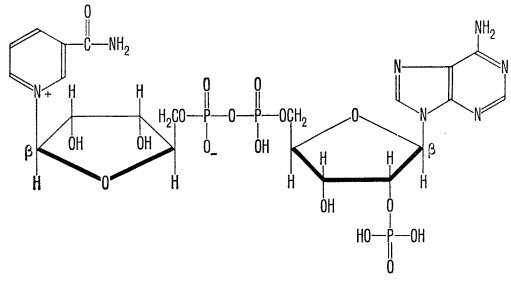
N_1-Methylnicotinsäureamidhydrochlorid (N_1-Methylnicotinamid)



Codehydrase I, DPN, $C_{21}H_{27}O_{14}N_7P_2$ (**Di**phosphopyridinnucleotid)
(Coenzym I, Cozymase)
Molekulargewicht 663,45



Codehydrase II, TPN, $C_{21}H_{28}O_{17}N_7P_3$ **(Triphosphopyridinnucleotid)**
(Coenzym II)
Molekulargewicht 743,44

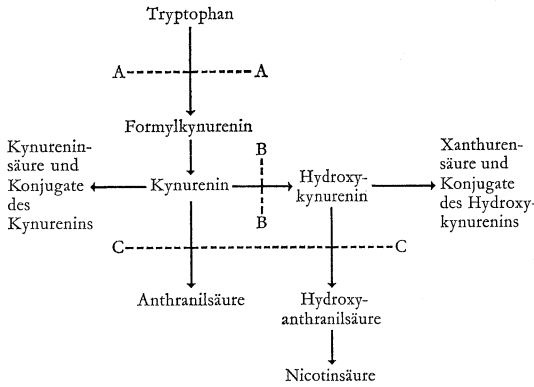


Physiologie und Funktion

Säugetiere wie auch die Mehrzahl der Bakterien können Nicotinsäure aus Tryptophan synthetisieren. Dieser Vorgang findet im Darm statt, und es ist nicht sicher, ob er auch in anderen Geweben abläuft[6]. Diese Synthese erfordert die Anwesenheit anderer B-Vitamine und verläuft wie folgt[7]:

Tryptophan → Kynurenin → 3-Hydroxykynurenin → 3-Hydroxyanthranilsäure → 1-Amino-4-formyl-1,2-dicarboxybutadian-(1,3) → Chinolinsäure → Nicotinsäure.

Dabei sind die B-Vitamine folgendermaßen beteiligt[8]:



wobei A ····· A = Thiamin, B ····· B = Riboflavin, C ····· C = Pyridoxin.

Die Nicotinsäure findet sich in allen Geweben und wird in der Leber gespeichert. Der normale Blutspiegel beträgt 0,42–0,84 mg je 100 ml Vollblut[9]. Der größte Teil befindet sich als DPN in den Blutkörperchen. In den Geweben kommt DPN vorwiegend in oxydierter, TPN beinahe ausschließlich in reduzierter Form vor[10].

Die Ausscheidung von Nicotinsäureabbauprodukten ist nach intravenöser Tryptophaninjektion weniger groß als nach oraler Verabreichung, was für die intestinale Synthese beweisend ist. Tryptophan reagiert im Organismus als Vorstufe sowohl für die Nicotinsäure als auch für Proteine, wobei es im letzteren Fall auf die Anwesenheit essentieller Aminosäuren angewiesen ist[11].

73–80% der Ausscheidung im Harn erfolgen in Form von N_1-Methylnicotinsäureamid, N_1-Methyl-2-pyridon-5-carboxylamid und anderer säurehydrolysierbarer Derivate[12] (tägliche Totalmenge 9,5–44 mg[13]). Während der letzten fünf Schwangerschaftsmonate ist die Ausscheidung erhöht[14].

Bei Krebs verursacht die Anwesenheit von 5-Hydroxytryptamin eine Störung des Tryptophanmetabolismus und eine Abnahme an gebildeter Nicotinsäure[15].

N-Methylbetain (Trigonellin) ist kein Abbauprodukt der Nicotinsäure, wie früher angenommen wurde; seine Ausscheidung durch den Harn ist nach Aufnahme von Nicotinsäure nicht vermehrt, wohl aber nach Einnahme von Gemüsen und Kaffee, die beide Trigonellin enthalten.

Nicotinsäureamid ist Bestandteil der Cofermente der Dehydrasen I und II (siehe oben), die im Kohlenhydrat- und Proteinmetabolismus wie auch bei der Zellatmung eine Rolle spielen. In diesen Cofermenten kann die Nicotinsäure ohne Funktionsverlust der Fermentsysteme durch andere Pyridinderivate ersetzt werden, so zum Beispiel durch Nicotinsäure-N-diäthylamid (Nicäthamid), Chinolinsäure, 2,6-Dimethylpyridin-3,5-dicarboxylsäure, Pyrazinmonocarboxylsäuren und Pyrazin-2,3-dicarboxylsäure. Die *p*-Aminobenzoesäure wirkt als Katalysator auf die spezifischen Proteine, die bei der Nicotinsäuresynthese beteiligt sind[16]. Es ist schwierig, den Tagesbedarf festzulegen; 4,7 mg/1000 cal scheinen zu genügen, um das Auftreten einer Pellagra zu verhindern. Die Aktivität des Tryptophans beträgt hierfür $^1/_{60}$ derjenigen der Nicotinsäure[17].

Bei der Sprue besteht Mangel an verschiedenen Vitaminen, unter anderem auch an Nicotinsäure. Die B-Avitaminosen sind teilweise auf eine kompetitive Wirkung zwischen Bakterien und der umgestimmten Darmflora zurückzuführen.

Bei der Schizophrenie beobachtet man Störungen im Stoffwechsel des B-Komplexes, vor allem des Thiamins, des Riboflavins und der Nicotinsäure[18]. Diese drei Vitamine sind bemerkenswerterweise an enzymatischen Reaktionen des Gehirns beteiligt, weshalb ihr gemeinsamer Mangel zu Encephalopathien und geistigen Störungen führt (Fälle dieser Art werden hin und wieder in psychiatrischen Kliniken beobachtet)[19].

Die klassische Nicotinsäuremangelerkrankung, die Pellagra, wird zusätzlich noch durch einen Mangel an anderen B-Vitaminen, eine für die Aufnahme durch den Organismus ungeeignete Zusammensetzung der Nahrungsproteine und schließlich durch eine intensive Sonnenbestrahlung verursacht. Die Symptome sind: a) Ein symmetrisch an Extremitäten, Gesicht, Hals und allen der Luft und dem Licht ausgesetzten Regionen auftretendes dunkelrotes Erythem; die Haut wird schließlich trocken, rissig, atrophisch und braun pigmentiert. Die Schädigungen sind durch eine Atrophie der oberflächlichen Coriumschichten mit Blutgefäßdilatation, eine Keratinisierung der Epidermis und deren Ablösungstendenz vom Corium charakterisiert. Verletzungen jeglicher Art verursachen eine Verschlimmerung dieser Symptome[20]. b) Chronische Entzündung der Schleimhäute des Verdauungstrakts (Stomatitis, Glossitis, Gastritis mit Hypochlorhydrie). Profuse, oft blutige Diarrhöen. c) Ähnliche neurologische Symptome wie bei multipler Sklerose und geistige Störungen (Delirien, Halluzinationen, Verwirrungszustände). Es ist nicht bewiesen, daß die Nicotinsäure direkt für die nervösen Störungen verantwortlich ist, da andere B-Faktoren (Thiamin, Riboflavin) die gleichen Angriffspunkte haben; Rückenmarksläsionen lassen sich unter anderem auf eine B_{12}-Avitaminose zurückführen. Das Auftreten dieser Krankheit wird durch chronischen Alkoholismus begünstigt. Die beste Therapie besteht in einer kombinierten Behandlung mit Nicotinsäure, Vitaminen des B-Komplexes und Tryptophan, worauf mit Ausnahme der nervösen Läsionen (häufige Persistenz der Geistesstörungen) die Haut- und Verdauungssymptome rasch abklingen[21].

Die in Afrika und Asien vorkommende, Kleinkinder kurz nach der Milchentwöhnung befallende Krankheit «kwashiorkor» ist ebenfalls eine Pluravitaminose, bei der hauptsächlich der B-Komplex beteiligt ist. Ursache: ungeeignete und quantitativ ungenügende Nahrungsproteine, dazu schlechte Verwendung derselben im Organismus und intestinale Parasiten. Symptome: generalisierte Muskelgewebsatrophie, Pigmentverlust der Haare, deutlich erniedrigter Serumalbuminspiegel, qualitative und quantitative Insuffizienz der Verdauungsenzyme, Ödeme. Es bildet sich ein Circulus viciosus, wobei der Organismus an essentiellen Aminosäuren verarmt und die Leber, das Pancreas und die endokrinen Drüsen atrophieren. Die Drüsenatrophien können nach Ausheilung der Erkrankung beim Erwachsenen persistieren[21].

Pharmakologie

Die Nicotinsäure, *nicht aber das Nicotinsäureamid*, bewirkt in größeren Dosen eine ausgesprochene Vasodilatation, besonders an Kapillaren und Gefäßen der oberen Körperhälfte. Als Nebenerscheinungen bei parenteraler Verabreichung treten Wärmeschübe, Druck und Hyperthermie in der Kopf- und Halsregion, Schwindel, vereinzelt Nausea, abdominale Schmerzen und manchmal sogar tiefe Ohnmachten auf. Die Wirkung dieses Medikaments ist sehr stark, aber vorübergehend. Es wurde verwendet bei Ischämien der Beine, bei Angina pectoris, während Asthmakrisen, wobei es aber den Zustand des Patienten nicht auf die Dauer verbessert und deshalb nur als Adjuvans in Frage kommt. Bei intravenösen Injektionen hat man einen starken Abfall des Blutdrucks und ausnahmsweise auch das Auftreten eines anaphylaktischen Schocks beobachtet.

Therapeutische Anwendung

Nicotinsäure: bei peripheren Zirkulationsstörungen, Angina pectoris und Asthma.

Nicotinsäureamid: bei Pellagra und Röntgenkater (zusammen mit dem B-Komplex). Allgemeine Prophylaxe bei Unterernährung, Sprue und Dermatosen alimentärer oder toxischer Genese. Manchmal gute Wirkung bei Delirium tremens.

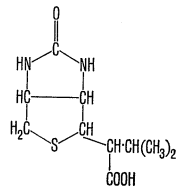
Das «*Niascorbin*», eine Komplexverbindung des Nicotinsäureamids mit Ascorbinsäure, ist bei der Behandlung des Skorbuts wirksamer als Ascorbinsäure allein, da der Vitamin-C-Gehalt in Leber und Nebenniere hierbei auf einem Maximum gehalten wird[22].

Literatur: *1)* Bliss und György, in: György, P. (Hrsg.), *Vitamin Methods*, Bd. 2, New York (1951), S. 210. *2)* Kring und Williams, Jr., *J. biol. Chem.*, **207**, 851 (1954). *3)* Kuznetsova und Chagovets, *Chem. Abstr.*, **49**, 14084 (1955). *4)* Hulme, A. C., *J. exp. Botany*, **6**, 153 (1955). *5)* Glock und McLean, *Biochem. J.*, **61**, 381 (1955). *6)* Henderson und Hankes, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **70**, 26 (1949); Snyderman et al., ibid., **70**, 569 (1949); Hundley, J. M., ibid., **70**, 592 (1949). *7)* Lusbough und Schweigert, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 313 (1958). *8)* Dalgliesh, C. E., *Brit. med. Bull.*, **12**, 49 (1956). *9)* Roggen, J. C., *Ned. T. Geneesk.*, **85**, 4603 (1941), in Übereinstimmung mit Raoul et al., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **136**, 740 (1942); Kochhar, B. D., *Indian J. med. Res.*, **28**, 385 (1940). *10)* Glock und McLean, *Biochem. J.*, **61**, 388 (1955). *11)* Geiger et al., *Arch. Biochem.*, **23**, 315 (1949). *12)* Holman und Lange, *Biochem. J.*, **45**, 559 (1949). *13)* Johnson et al., *J. biol. Chem.*, **159**, 231 (1945). *14)* Frazier et al., *J. Nutr.*, **37**, 393 (1949). *15)* Thorson et al., *Amer. Heart J.*, **47**, 795 (1954); Sjoerdsma et al. *Amer. J. Med.*, **20**, 520 (1956). *16)* Newmeyer und Tatum, *Amer. J. Botany*, **40**, 393 (1953). *17)* Horwitt, M. K., *Amer. J. clin. Nutr.*, **3**, 244 (1955); Goldsmith et al., *J. Nutr.*, **56**, 371 (1955). *18)* Zelin'skiĭ, S. P., *Chem. Abstr.*, **50**, 11494 (1956). *19)* Jolliffe, N., *J. Amer. med. Ass.*, **117**, 1496 (1941); Sydenstricker et al., *J. Amer. med. Ass.*, **118**, 1199 (1942); Sinclair, H. M., *Brit. med. Bull.*, **12**, 18 (1956). *20)* Sinclair, H. M., *Brit. med. Bull.*, **12**, 24 (1956). *21)* Passmore und Meiklejohn, in: Thompson und King (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 544. *22)* Chalopin, H., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **150**, 940 (1956); Nigeon-Dureuil et al., *J. Physiol. (Paris)*, **48**, 674 (1956).

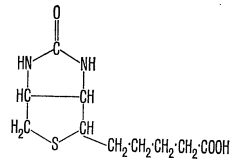
Biotin (Vitamin H)

Biotin findet sich in der Natur als α- und β-Biotin. Beide Formen sind wasser- und alkohollöslich, wenig löslich in Äther und Chloroform, thermostabil und werden durch Säuren, Basen, ranzige Fette und Cholin inaktiviert.

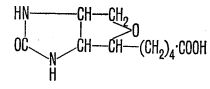
α-Biotin, $C_{10}H_{16}O_3N_2S$ BIOTIN
Kristallisiert in rhombischen Prismen
Molekulargewicht 244,32
Schmelzpunkt 220 °C



β-Biotin, $C_{10}H_{16}O_3N_2S$
Weiße Kristalle
Molekulargewicht 244,32
Schmelzpunkt 232–233 °C



Oxybiotin (Oxobiotin) (Dornow und Petsch[1]), $C_{10}H_{16}O_4N_2$



Das Oxybiotin, in dem das Schwefelatom durch Sauerstoff ersetzt ist, besitzt die gleiche Vitaminaktivität.

Test- und Bestimmungsmethoden

Mikrobiologisch mit *Lactobacillus helveticus (L. casei)* oder *Lactobacillus arabinosus*. *Micrococcus sodonensis* ist bedeutend empfindlicher als *L. arabinosus* und wird wahrscheinlich zukünftig an dessen Stelle verwendet werden[2]. Keine physikalischen oder chemischen Methoden.

Vorkommen (Werte in mg/100 g Frischgewicht)

Hefe (Torula utilis) 0,13; geröstete Erdnüsse und Schokolade 0,032–0,034; getrocknete Erbsen und Pilze 0,016–0,018. In geringen Mengen in allen tierischen und pflanzlichen Geweben.

Physiologie und Funktion

Warmblüter und gewisse Bakterien benötigen Biotin. Während viele Arten auf die Zufuhr angewiesen sind, können andere das Vitamin dem Bedarf entsprechend selbst synthetisieren.

Biotin wird von der Darmflora in so großer Menge gebildet, daß die Ausscheidung in den Fäces stets das 2–5fache der oralen Einnahme beträgt[3]. Eine fettreiche Nahrung scheint die intestinale Synthese zu verringern; der Einfluß der Nahrung im allgemeinen auf die Vitaminsynthese im Darmtrakt ist aber sehr gering[4]. Die Ausscheidung im Harn geht mit der oralen Biotinzufuhr parallel und beträgt unter normalen Bedingungen 0,33–0,75 µg/kg Körpergewicht und Tag[5]. Im Vollblut beträgt der Biotingehalt 0,75–1,73 µg/100 ml (Mittel 1,23 µg/100 ml), im Serum 0,95–1,66 µg/100 ml (Mittel 0,127 µg/100 ml)[6]. Der Organismus scheint imstande zu sein, das intestinale Biotin zu verwerten, wobei das Ausmaß noch unbekannt ist.

Über die physiologische Rolle dieses Vitamins ist noch nichts bekannt. Es ist möglicherweise bei der Biosynthese der Ölsäure und der Fettsäuren wie auch einiger Aminosäuren beteiligt[7]. Beim Abbau des Tryptophans scheint es keine Rolle zu spielen[8].

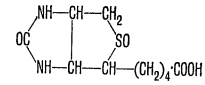
Man hat auch Beziehungen des Vitamins zu gewissen Enzymen gefunden, wobei noch unklar ist, ob dieses entweder als Coenzym auftritt, die Enzymsynthese (Hexokinase) beeinflußt oder schließlich eine unspezifische Wirkung auf die Proteinsynthese im allgemeinen ausübt[9].

Erwähnt sei noch der Einfluß des Biotins auf die direkte Carboxylierung der Propionate zu Succinaten[10]. Biotin ist auch Bestandteil der Oxalessigsäurecarboxylase, scheint aber im Coenzym-A-Zyklus keine Rolle zu spielen[11].

Die Anwesenheit von Biotin und Folsäure ist für die richtige Verwertung der Pantothensäure wie auch für die Wiederherstellung nach Erkrankungen durch Mangel des letzteren Vitamins wichtig[12]. Biotin und Pantothensäure zusammen stellen für gewisse Tiere einen Wachstumsfaktor dar[13] und sind wahrscheinlich auch bei der Nicotinsäuresynthese beteiligt[14].

Die relativ hohe Konzentration eines Faktorenkomplexes der B-Gruppe (Biotin, Riboflavin, Pantothensäure usw.) in der Haut weist auf die wichtige Rolle dieser Verbindungen in den verschiedenen Stoffwechselprozessen der Hautzellen hin[15].

Die Sulfoxyde zeigen eine gewisse Vitaminaktivität. Die Milch enthält ein rechtsdrehendes Biotinsulfoxyd. Der AN-Faktor von *Aspergillus* ist ein linksdrehendes Biotinsulfoxyd (Formel nachstehend)[16] und hat für *Neurospora crassa* Vitamineigenschaften[17].



Gewisse Homologe (Homooxybiotin; Biotinsulfon, in dem das Schwefelatom durch eine Sulfongruppe ersetzt ist) reagieren als Antivitamine[1]. Das in rohem Eiweiß vorhandene Protein Avidin bindet das Biotin des Organismus und wird zur Erzeugung experimenteller Avitaminosen verwendet[18].

Biotinmangelerkrankungen kommen normalerweise selten vor; es sind aber einige Fälle bei Kleinkindern bekannt. Dabei zeigen sich als Symptome Hauterkrankungen und nervöse Störungen. Bei Mangeldiät beobachtet man nach 4 Wochen eine milde Dermatitis, die sich bis zur 7. Woche zu einer fleckig-schuppigen Dermatitis an Nacken, Händen, Armen und Beinen entwickelt. Während der 7. und 8. Woche färbt sich die Haut auffallend grau, die Zunge ist bleich, mit atrophierten Papillen. Als nervöse Störungen zeigen sich nach der 5. Woche Myalgien, Hyperästhesie, lokalisierte Parästhesien, Anorexie, Nausea und psychische Depression. Im Blut tritt trotz normaler Eisenzufuhr ein Erythrocyten-, Hämatokrit- und Hämoglobinabfall, eine leichte Vermehrung der Gallenfarbstoffe und eine starke Erhöhung des Cholesterins auf[19]. Das Versuchstier zeigt Dermatitis, Wachstumsstillstand und Haarausfall, der besonders um die Augen lokalisiert auftritt (brillenförmige Alopecie).

Mangelerscheinungen am Truthahn: Wachstumshemmung, Diarrhöe, Knochendeformationen (Perosis), Dermatitis (glanzlose und brüchige Federn). Auf Pantothensäurezufuhr verbessert sich

nur das Wachstum, nicht aber die anderen Symptome[20]. Bei Ratten beobachtet man frühzeitige Degenerierung der Testes mit Spermatogeneseverzögerung und Läsion der Spermatocyten als Folge eines Mangels an männlichem Sexualhormon[21]. Bei schwerem Biotinmangel ist das Tier nicht in der Lage, genügend Nicotinsäure und N-Methylnicotinamid aus Tryptophan zu synthetisieren[22], und es treten Anstieg der Brenztraubensäure, leichte Hypoglycämie, leichter Abfall der Glucose und großer Mangel an reduzierenden Zuckern in der Leber auf[23].

Behandlung mit 75–300 µg Biotin täglich führt zum Verschwinden der Symptome nach 3–5 Tagen[24].

Therapeutische Anwendung

Parenteral gegeben, verhindert Biotin das Auftreten der Kongestion nach peroralen Nicotinsäuredosen, wobei die Wirkung einer Dose mit abnehmender Intensität mehrere Tage anhält. Biotintherapie wurde bei Acne rosacea mit gutem Soforterfolg versucht; die Wirkung ist aber nur temporär[25].

In Tumorgeweben ist der Biotingehalt abnorm hoch, doch zeigten entsprechende therapeutische Versuche der Erzeugung von Biotinmangel beim Menschen keinen Erfolg[26].

Biotinmangel erzeugt bei höheren Tieren eine Hyperaktivität der Talgdrüsen mit Tendenz zu Entzündungen und Abszessen, so daß sich bei Dermatiden mit Verdacht auf Biotinmangel eine Vitamintherapie empfiehlt (Status seborrhoicus beim Säugling, Akne, Furunkulose)[1].

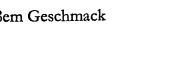
Literatur: *1)* Dornow und Petsch, *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 536 (1955). *2)* Aaronson, S., *J. Bact.*, **69**, 67 (1955). *3)* Oppel, T. W., *Amer. J. med. Sci.*, **204**, 856 (1942). *4)* Barki et al., *J. Nutr.*, **37**, 443 (1949). *5)* Spector, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 242. *6)* Denko et al., *Arch. Biochem.*, **13**, 481 (1947). *7)* Williams et al., *J. biol. Chem.*, **170**, 619 (1947). *8)* Dalgliesh, C. E., *Biochem. J.*, **61**, 328 (1955). *9)* Huisman und Jonxis, *3e Congrès International de Biochimie*, Résumés communs, Bruxelles (1955), S. 139, zitiert nach: Lushbough und Schweigert, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 313 (1958). *10)* Lardy und Peanasky, *Physiol. Rev.*, **33**, 560 (1953); Lardy und Adler, *J. biol. Chem.*, **219**, 933 (1956). *11)* Lichtstein, H. C., *J. biol. Chem.*, **212**, 217 (1955); Sitinskaya, O. N., *C. R. Acad. Sci. U.R.S.S.*, **110**, 253 (1956). *12)* Wright und Welch, *J. Nutr.*, **27**, 55 (1944). *13)* Emerson und Wurtz, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **57**, 47 (1944). *14)* Sundaram et al., *Curr. Sci.*, **22**, 211 (1953), zitiert nach *Chem. Abstr.*, **48**, 3493 (1954). *15)* Lee et al., *J. invest. Derm.*, **20**, 19 (1953). *16)* Melville, D. B., *J. biol. Chem.*, **208**, 495 (1954). *17)* Wright et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 4156 (1954). *18)* Mickelsen, O., *Vitam. and Horm.*, **14**, 1 (1956). *19)* Sydenstricker et al., *Science*, **95**, 176 (1942). *20)* Robblee und Clandinin, *Poult. Sci.*, **32**, 579 (1953). *21)* Delost und Terroine, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **149**, 1236 (1955). *22)* Sundaram und Sarma, *J. sci. industr. Res.*, **14c**, 193 (1955). *23)* Terroine, T., *Arch. Sci. physiol.*, **10**, 59 (1956). *24)* Sydenstricker et al., *J. Amer. med. Ass.*, **118**, 1199 (1942). *25)* Bereston, E. S., *Amer. J. clin. Nutr.*, **2**, 133 (1954). *26)* West und Woglom, *Science*, **93**, 525 (1941); id., *Cancer Res.*, **2**, 324 (1942).

Pantothensäure[1]

Sie kommt in der Natur als freie Säure vor. Löslich in Wasser, unlöslich in Benzol und Chloroform, instabil gegen Hitze, Alkalien und Säuren. Die Präparate des Handels enthalten üblicherweise das wasserlösliche und thermostabile Calciumsalz.

Pantothensäure, $C_9H_{17}O_5N$
Gelbes, viskoses Öl
Molekulargewicht 219,24

PANTOTHENSÄURE



Calciumpantothenat, $(C_9H_{16}O_5N)_2Ca$
Weißes, kristallines, geruchloses Pulver von süßem Geschmack
Molekulargewicht 476,55

Einheit

Keine internationale Einheit. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Mikrobiologisch mit *Lactobacillus helveticus (L. casei)* oder *L. arabinosus*. Kücken- oder Hefewachstumstest.

Vorkommen (Werte in mg/100 g Trockengewicht)

Hefe 14–35; Leber 7–8; getrocknete Bohnen, Pilze, geröstete Erdnüsse 1–2,5; Muttermilch 0,2 mg/100 ml[2]; weit verbreitet in pflanzlichen und tierischen Geweben. Bienenköniginnenfutter (Gelée royale) ist sehr reich an Pantothensäure und wird in dieser Beziehung nur noch von den Ovarien der Fische übertroffen[3].

Physiologie und Funktion

Pantothensäure kann von Pflanzen, gewissen Mikroorganismen und von Nagetieren (sehr wahrscheinlich durch deren Darmflora) synthetisiert werden. Sie bildet sich auch im Darm des Menschen, wobei aber nicht erwiesen ist, daß sich der Organismus dieser Quelle bedient.

Alle Gewebe enthalten Pantothensäure. Ihre Konzentration beträgt die Hälfte derjenigen an Nicotinsäure und das Zehnfache derjenigen an Thiamin[4]. Ihre biologische Bedeutung ist noch nicht vollständig geklärt. Sie ist Bestandteil des für die Acetylierung benötigten Coenzyms A[5] (Pantothensäuremangelratten scheiden nach Testdosen von Sulfanilamid weniger Acetylsulfanilamid aus als die Kontrolltiere[6]). Auch das Acetylierungsvermögen für *p*-Aminobenzoesäure ist vermindert (dies ist in weniger ausgesprochenem Maße auch bei B_1- und B_2-Avitaminosen der Fall)[7]. Als Bestandteil des Coenzyms A ist die Pantothensäure auch bei der Oxydation der Brenztraubensäure beteiligt[8]. Für die normale Verwendung der Pantothensäure durch den Organismus werden Folsäure und Biotin benötigt[9].

Die tägliche Ausscheidung im Harn beträgt 1,46–6,79 mg[10]; im Vollblut finden sich 19–32 µg/100 ml (Mittel 23 µg/100 ml)[11], im Plasma 6–22 µg/100 ml)[12]. Vier Stunden nach Verabreichung einer Testdosis beobachtet man einen starken Anstieg des Blut- und Harnspiegels[13]. Die Ausscheidung in den Fäces ist sehr unterschiedlich und hängt von der Ernährung ab. Der Tagesbedarf ist nicht bekannt.

Das Nebennierenrindengewebe ist besonders empfindlich auf Pantothensäuremangel und zeigt eine Abnahme der Steroidproduktion (wahrscheinlich durch Acetylierungsstörung); im Blut tritt auf ACTH nur eine schwache oder gar keine eosinophile Reaktion ein[14], und das Serum zeigt eine Abnahme von Antikörpern und Komplementen[15].

Pantothensäure und Coenzym A begünstigen das Wachstum von epidermalen Geweben und Gewebskulturen[16–18]. Coenzym A hat noch eine besondere Wirkung auf die Mitochondrien und auf die Bildung intrazellulärer Lipide[18]. Ein seit dem Beginn der Schwangerschaft bestehender Pantothensäuremangel hat Frühgeburten mit hoher Mortalität zur Folge. Überlebende zeigen Mißbildungen der Augen und des Gehirns, cardiovaskuläre Anomalien, Blutungen und Ödeme an den Fingern, Hydronephrose, häufig Gaumenspalten und Klumpfüße. Bei nur kurzem Bestehen des Mangelzustandes zeigt der Fötus selten Anomalien[19].

Die äußeren Symptome eines Pantothensäuremangels sind je nach Art des Versuchstiers sehr verschieden: a) Haut und Schleimhäute: Pigmentverlust der Haare (junge Ratten), Hautatrophie und Dermatitis (Kücken), Vaskularisation der Cornea durch große Kapillaren mit prominenten Anastomosen (Ratte)[20]. b) Darm: Atrophie der intestinalen Schleimhäute (alle Tiere), Duodenalulcera (Ratte, in 60% der Fälle)[21], fettige Degeneration der Leber (Hund)[22]. c) Allgemeine Störungen: Konvulsionen und Coma (Hund)[22], vergrößerte Anfälligkeit gegen Streß (Ratte)[23]. d) Nervensystem: Ataxie (Affe)[24], degenerative Erscheinungen am Rückenmark (Kücken)[25], an den peripheren Nerven, an den Spinalnervenwurzeln und am Hinterstrang (Schwein)[26].

Beim Menschen äußert sich ein Pantothensäuremangel durch leichte Ermüdbarkeit, orthostatische Störungen und psychische Äußerungen (Unzufriedenheit und Streitsucht); darauf folgen Torpor und Parästhesien der Extremitäten, Hyperreflexie und epigastrische Beschwerden. Hinzu kommen noch erhöhte Anfälligkeit für Infektionskrankheiten der Atemwege, Hypochlorhydrie und Abfall des Blutcholesterinspiegels.

Zusammenfassung der Symptome: a) neuromotorische Störungen; b) cardiovaskuläre Störungen, besonders in aufrechter Haltung; c) Verdauungsbeschwerden; d) Anfälligkeit für Infektionen; e) physische Schwäche und Depressionen. Auf Zufuhr von Pantothensäure mit der Nahrung heben sich die Symptome nur teilweise auf; die Verabreichung der Vitamine des B-Komplexes ist hierfür bedeutend wirksamer[27].

Pantothensäure bewirkt beim diabetischen Tier eine gewisse Insulinresistenz[28]. Bei Leberstörungen ist die Pantothensäureausscheidung im Harn erheblich vermindert[29].

Therapeutische Anwendung

Erinnert man sich der Hoffnungen, die in eine Pantothensäuretherapie bei Ergrauen und Haarausfall gesetzt worden sind, so muß doch festgestellt werden, daß diese durch die Ergebnisse so gut wie vollständig enttäuscht wurden.

Als Adjuvans bei der Behandlung von chromophoben Tumoren der Hypophyse und ADDISONscher Krankheit wie auch bei Lebercirrhose und Diabetes (Pantothensäure hat hierbei keinen Einfluß auf den Blutzucker- und Blutphosphatspiegel)[30].

Gute Resultate bei der Behandlung postoperativer Darmatonien. Hohe perorale oder parenterale Dosen von 500 mg sind gegen Schwangerschaftskrämpfe wirksam[31]. Verbände mit Pantothensäuresalben beschleunigen die Vernarbung torpider Wunden erheblich.

Pantothensäure ist schließlich auch gegen Vergiftungen mit Isoniazid[32] und als mögliches Anticuraremittel verwendet worden[33].

Literatur: *1)* Übersicht siehe BRISKAS et al., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **23**, 63 (1951). *2)* SCHMIDT, V., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **22**, 21 (1950). *3)* PEARSON und BURGIN, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **48**, 415 (1941); NOVELLI, G. D., *Ann. Rev. Biochem.*, **26**, 243 (1957). *4)* WILLIAMS et al., *The Biochemistry of the B-Vitamins*, New York (1950), zitiert nach PETT, L.B., *Vitam. and Horm.*, **13**, 213 (1955). *5)* HIGGINS et al., *Fed. Proc.*, **10**, 384 (1951). *6)* SHILS et al., *J. Nutr.*, **37**, 227 (1949). *7)* RIGGS und HEGSTED, *J. biol. Chem.*, **178**, 669 (1949). *8)* PILGRIM et al., *J. biol. Chem.*, **145**, 237 (1942). *9)* WRIGHT und WELCH, *J. Nutr.*, **27**, 55 (1944); POPP und TOTTER, *J. biol. Chem.*, **199**, 547 (1952). *10)* PELCZAR, Jr., und PORTER, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **47**, 3 (1941). *11)* STANBERY et al., *J. biol. Chem.*, **135**, 353 (1940). *12)* DENKO et al., *Arch. Biochem.*, **13**, 481 (1947). *13)* GOUNELLE und RICHET, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **150**, 2167 (1956); **151**, 24 (1957). *14)* DUMM und RALLI, *Metabolism*, **2**, 153 (1953); id., *Endocrinology*, **54**, 71 (1954). *15)* AXELROD et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **66**, 137 (1947). *16)* LASFARGUES und WIESENDANGER, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **147**, 978 (1953). *17)* MOUCHETTE, R., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **147**, 1306 (1953). *18)* BIESELE, J. J., *J. biophys. biochem. Cytol.*, **1**, 119 (1955). *19)* NELSON et al., *J. Nutr.*, **62**, 395 (1957). *20)* BOWLES et al., *J. Nutr.*, **37**, 9 (1949). *21)* BERG et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **71**, 374 (1949). *22)* SCHAEFER et al., *J. biol. Chem.*, **143**, 321 (1942). *23)* DUMM et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **71**, 368 (1949). *24)* MCCALL et al., *J. Nutr.*, **31**, 685 (1946). *25)* PHILLIPS und ENGEL, *J. Nutr.*, **18**, 227 (1939). *26)* FOLLIS, Jr., und WINTROBE, *J. exp. Med.*, **81**, 539 (1945). *27)* BEAN et al., *J. clin. Invest.*, **34**, 1073 (1955). *28)* HAZELWOOD et al., *Endocrinology*, **58**, 427 (1956). *29)* UESHIMA et al., *J. Vitaminol.*, **2**, 299 (1956), zitiert nach SARETT und MORRISON, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 339 (1958). *30)* GERSHBERG et al., *J. Nutr.*, **39**, 107 (1949). *31)* LURASCHI, C., *Acta vitamin. (Milano)*, **10**, 113 (1956); LUISI, M., *Acta vitamin. (Milano)*, **10**, 219 (1956); SCHULTE, F.-J., *Disch. med. Wschr.*, **82**, 1188 (1957). *32)* MANTHEI, R. W., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **95**, 402 (1957). *33)* GALEOTTO, E., *Acta vitamin. (Milano)*, **10**, 193 (1956).

Die Folsäuregruppe FOLSÄURE

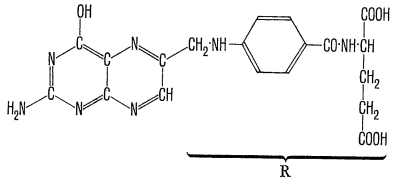
Der Name «folic acid» wurde im Jahre 1941 von MITCHELL für eine vitaminartige, aus Spinatblättern isolierte Substanz geprägt[1]. STOKSTAD isolierte 1943 aus Leber und Hefe die kristalline Pteroylglutaminsäure[2], worauf HOPKINS dieselbe in Zusammenhang mit den Pteridinen (Pigment der Schmetterlingsflügel) brachte. Sie konnte schließlich von ANGIER auf synthetischem Wege erhalten werden[3]. 1948 haben SAUBERLICH und BAUMANN einen für *Leuconostoc citrovorum* 8081 essentiellen Wachstumsfaktor beschrieben, den sie Citrovorumfaktor nannten[4]. Dieser konnte dann mit der von FLYNN[5] synthetisierten 5-Formyl-5,6,7,8-tetrahydropteroylglutaminsäure identifiziert werden[6].

Die Struktur der von MITCHELL gefundenen Substanz ist unbekannt. Der Ausdruck «**Folsäure**» wird heute zur Bezeichnung der Pteroylglutaminsäuren verwendet. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch und mit dem Risiko, eine Verwirrung der Nomenklatur hervorzurufen, wird die *Pteroylmonoglutaminsäure* (Vitamin Bc, Vitamin M, Faktor U) als *Folsäure* bezeichnet. Die Pteroyltri- und -heptaglutaminsäure enthalten drei bzw. sieben Glutaminsäurereste im Molekül[7].

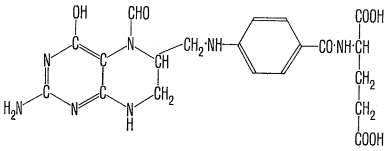
Die **Pteroylmonoglutaminsäure** findet sich nur in der Leber und in Hefen. Sie ist identisch mit dem aus der Leber isolierten *Lactobacillus-casei*-Faktor (SNELL und PETERSON[8]) wie auch mit dem Vitamin Bc (der Index c bezieht sich auf «chicken», Kücken) von HOGAN und PARROTT[9]. Sie ist wenig löslich in Wasser, unlöslich in Fettlösungsmitteln (das Natriumsalz ist sehr leicht wasserlöslich), thermostabil in alkalischer oder neutraler Lösung, hitzeinstabil in saurer Lösung. Sie wird durch Licht zu 2-Amino-4-hydroxy-6-formylpteridin, dann zu 2-Amino-4-hydroxy-6-carboxypteridin und schließlich zu 2-Amino-4-hydroxypteridin abgebaut[10].

Ähnliche Vitaminaktivität zeigen die in der Natur vorkommenden Folsäurekonjugate, wie *Pteroyltriglutaminsäure (Teropterin)*, identisch mit dem bei pflanzlichen Fermentationsprozessen entstehenden *Lactobacillus-casei*-Faktor, und *Pteroylheptaglutaminsäure*, identisch mit dem *Vitamin-Bc-Konjugat* aus Hefe. Analoge, aber schwächere Vitaminaktivität besitzen auch noch andere Pteridinderivate, wie das *Rhizopterin*, identisch mit dem *Streptococcus-lactis*-R-Faktor von KERESZTESY[11], das *Xanthopterin*, der gelbe Schmetterlingsfarbstoff[12], das *Biopterin* aus menschlichem Harn und das *Ichthyopterin* aus den Häuten von Cypriniden[13].

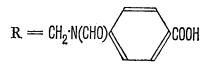
Folsäure (Vitamin B_c, Vitamin M, Faktor U)
$C_{19}H_{19}O_6N_7$ PTEROYLMONOGLUTAMINSÄURE
Orangegelbe Nadeln oder Plättchen, geschmack- und geruchlos
Molekulargewicht 441,42



Citrovorumfaktor, 5-Formyl-5,6,7,8-tetrahydropteroyl-L-glutaminsäure (Folininsäure), $C_{20}H_{23}O_7N_7$
Molekulargewicht 473,46

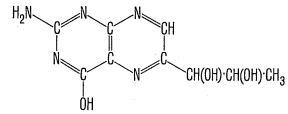


Rhizopterin, $C_{15}H_{12}O_4N_6$
Molekulargewicht 340,31



Xanthopterin, $C_6H_5O_2N_5$ R = OH
Molekulargewicht 179,15

Biopterin, $C_9H_{11}O_3N_5$
Molekulargewicht 237,23



Einheit

Keine internationale Einheit. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden[14]

Citrovorumfaktor: *Leuconostoc citrovorum*. Folsäure, Citrovorumfaktor und andere Substanzen mit Folsäureaktivität: *Streptococcus faecalis, Lactobacillus helveticus (L. casei)*.

Methode nach GIRDWOOD: Vergleich der Folsäureausscheidung im Harn nach identischen peroralen und subkutanen Dosen[15]. Chromatographische Trennung mit fluorometrischer Bestimmung[16]. Mikromethode zur Bestimmung des Citrovorumfaktors[17].

Vorkommen

Citrovorumfaktor und Folsäure: Hefe und Leber; Pteroylglutaminsäurekonjugate: Hefe und andere Pilze, grüne Blätter, Gras, Milch (sehr wenig); Rhizopterin: Leber, Milch, Getreidekörner, sehr wenig in grünen Blättern; Xanthopterin: Leber von Fischen.

Physiologie und Funktion

Folsäure. Sie wird in großen Mengen von der Darmflora synthetisiert, und der Organismus scheint seinen ganzen Bedarf mit dieser Synthese decken zu können, da auch bei längerer Folsäuremangelernährung die Ausscheidung im Harn kaum vermindert ist und normalerweise 75% der mit der Nahrung aufgenommenen Menge Folsäure im Harn ausgeschieden werden[18]. Die tägliche Ausscheidung im Harn beträgt bei normaler Diät 3,8–23,8 µg (Mittel 10,8 µg)[19]. Der Magensaft Gesunder führt die Pteroylheptaglutaminsäure in ein anderes, unbekanntes Konjugat über, doch ist

dieser Abbau bei perniziöser Anämie, nicht aber bei Sprue unterbrochen[20]. Anderseits zerstören gewisse Elemente der Darmflora die Folsäure (*Streptococcus lactis* R und *S. faecalis* bis zu 60–80%)[21]. Das Blut enthält Folsäurekonjugase[22], ein Ferment, das Folsäurekonjugate mit mindestens drei Glutaminsäuregruppen in Pteroylglutaminsäure überführt. Die Folsäurekonjugate müssen also nicht unbedingt im Intestinaltrakt umgewandelt werden, um im Organismus verwendet werden zu können.

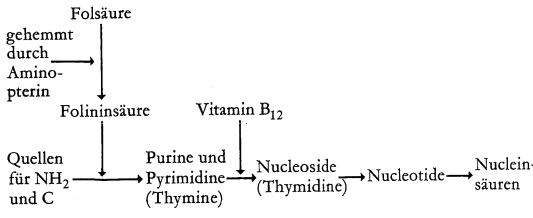
Der Mensch wie auch eine Reihe von Tierarten (Ratte, Schwein, Hund, Kaninchen) scheinen ihren Bedarf an Folsäure vollständig aus der intestinalen Synthese decken zu können, während viele andere Tiere (Affe, Meerschweinchen, Maus, Fuchs, Kücken, Gans, Truthahn) auf alimentäre Zufuhr angewiesen sind[23]. Eine folsäurefreie Diät stört beispielsweise bei der Maus das normale Wachstum und bewirkt Haarausfall[24]. Der Bedarf des Meerschweinchens beträgt 3–6 mg Folsäure je Kilogramm Nahrung und 6 mg/kg zur Aufrechterhaltung eines normalen weißen Blutstatus[25].

Die im Darm gebildete Folsäure wird mehr oder weniger vollständig im Organismus verwendet. Sulfonamide zeigen eine Neigung zur Blockierung dieser Synthese, eine Wirkung, die sie auch auf die intestinale Synthese anderer Vitamine des B-Komplexes ausüben[26].

Der Citrovorumfaktor (Leucovorin, Folininsäure) ist die aktive Form der Folsäure. Es ist nicht erwiesen, daß die Nahrung diesen Faktor enthalten muß, da in der Leber unter Beteiligung der Ascorbinsäure Citrovorumfaktor aus Folsäure gebildet werden kann[27]. Der Citrovorumfaktor ist die einzige Verbindung in dieser Gruppe, die einen Einfluß auf die Blutbildung hat. Seine Vitaminaktivität entspricht derjenigen der Pteroylmonoglutaminsäure.

Die Folsäurekonjugate sind Vorstufen der Pteroylmonoglutaminsäure, die ihrerseits das Provitamin des Citrovorumfaktors darstellt.

Bei Stoffwechseluntersuchungen ist es unmöglich, die Aktivitäten der Folsäure und des Citrovorumfaktors von der Vitamin-B_{12}-Aktivität vollständig abzugrenzen, da die Wirksamkeiten dieser beiden Gruppen eng miteinander gekoppelt sind (siehe unten). Beide greifen an verschiedenen Punkten in die Nucleinsäuresynthese ein, wobei das eine durch das andere nicht ersetzt werden kann[28]. Sie spielen auch bei gewissen Stoffwechselmechanismen der Nucleoproteine eine Rolle. Folsäure steuert die Glycin-Serin-Umwandlung im Aminosäuremetabolismus[29]. Derivate der Vitamine wirken als Coenzyme im intermediären Purin- und Pyrimidinstoffwechsel[30]. Für die Aktivitäten der beiden Vitamine kann folgendes Schema aufgestellt werden[31]:



Folsäure und Biotin begünstigen die Pantothensäurespeicherung in der Leber und werden auch zur richtigen Verwertung derselben im Organismus, im besonderen zur Coenzym-A-Synthese[30], benötigt[32]. Die Ascorbinsäure ist nicht nur bei der Bildung des Citrovorumfaktors aus Folsäure beteiligt, sondern schützt denselben auch vor der Oxydation in aerobem Milieu[33].

Die Folsäure ist ein wichtiger Faktor für das Wachstum und die Fortpflanzung. Ihr Einfluß auf die weiblichen Geschlechtsorgane zeigt sich besonders nach längerer Avitaminose: es treten Veränderungen am Vaginalepithel und Endometrium auf, so daß diese auf die Östrogene nicht mehr normal reagieren[34, 35]. Im Mangelorganismus sind die Ovarialhormone nicht mehr imstande, einen normalen Schwangerschaftsverlauf zu steuern[35, 36]. Es ist bemerkenswert, daß mit den Östrogenen auch der Blutfolsäurespiegel während der Schwangerschaft auf das 2–8fache ansteigt und die Ausscheidung im Harn zunimmt[37]. Die Mangelsymptome beim Männchen sind viel weniger ausgeprägt[38]; Folsäure erhöht die Wirkung des Testosterons auf die Entwicklung der akzessorischen Geschlechtsorgane.

Die Folsäure oder der Citrovorumfaktor scheinen im Moment der Differenzierung des primitiven Nervensystems beim Embryo eine Rolle zu spielen. Folsäuremangel hemmt die Entwicklung junger Tiere[39]. Meerschweinchen zum Beispiel wachsen langsam, zeigen Appetitlosigkeit, Leucopenie, Anämie, Neigung zu Diarrhöe und schlechte Ausreifung der Erythroblasten im Knochenmark; unter anderem auch Fettinfiltration der Leber und Nebennierenblutungen[25]. Bei der Gans treten Paralysen zervikalen Ursprungs auf.

Vitamin B_{12} und Pteroylmonoglutaminsäure sind essentielle Faktoren für die Zellvermehrung. Das Vitamin B_{12} wird in den Mitochondrien gespeichert, während die Folsäure in der ganzen Zelle verteilt ist[40]. Folsäure wird während der Mitose beim Übergang von der Meta- zur Anaphase benötigt; die Anwesenheit des Folsäureantagonisten Aminopterin verhindert die Zellteilung in diesem Stadium[39]. Beide Vitamine kommen in den Chromosomen vor[40].

Die weitgehende Unterteilung des blutbildenden Apparates und des Verdauungstrakts ist wahrscheinlich der Grund für deren spezielle Anfälligkeit gegen den Mangel an dem einen oder anderen dieser Vitamine. Es scheint, daß die Folsäure den Organismus für die Aktivität des Vitamins B_{12} vorbereitet, das seinerseits eine Wirkung auf die Speicherung und Verwendung zum Schutz des Nervensystems gegen Schädigungen durch die perniziöse Anämie hat. Außer den zwei erwähnten Vitaminen spielen bei der Erythropoese noch verschiedene andere Substanzen eine Rolle: Aminosäuren, Spurenelemente (Cu, Zn, Mo), Eisen, verschiedene Vitamine (Nicotinsäure, Pantothensäure, Riboflavin, Pyridoxin usw.). Beim Menschen führt nur der Mangel an Eisen, Folsäure, Vitamin B_{12} und eventuell noch Ascorbinsäure in Verbindung mit dem Intrinsic Factor zu Ausfallerscheinungen. Die Rolle der Folsäure und des Vitamins B_{12} im Knochenmark ist noch nicht genau abgeklärt; sie scheinen auf den Stoffwechsel der Nährsubstrate einen Einfluß auszuüben[41].

Ein durch mangelhafte intestinale Synthese, durch schlechte Resorption oder ungenügende Verwertung im Organismus verursachter Folsäuremangel führt beim Menschen zu einer megaloblastischen Anämie. Tritt noch eine B_{12}-Avitaminose hinzu, so gleicht das Bild in gewissen Symptomen der perniziösen Anämie[42].

Bei Sprue und idiopathischer Steatorrhöe zeigen sich nicht nur Resorptionsstörungen der Folsäure und des Vitamins B_{12}, sondern auch anderer Vitamine (A, K), des Eisens, der Fette usw. Je nach Art der hauptsächlichsten Störung können die klinischen Symptome recht verschieden sein. Cytologisch gesehen, handelt es sich um eine makrocytäre Anämie mit Auftreten von Megaloblasten und anderer Zwischenstufen im Knochenmark. Ein Behandlungsversuch kann darüber Aufschluß geben, welches der beiden Vitamine oder welche Kombination der verschiedenen Faktoren zur Therapie verwendet werden soll[42].

Die megaloblastische Anämie der Kleinkinder mit Anzeichen allgemeiner Unterernährung ist eine Pluravitaminose, verursacht durch künstliche Ernährung mit Milch, die ungenügende Mengen essentieller Metaboliten enthält. Folsäure mit Ascorbinsäure zusammen führen zu rascher Abheilung[43]. Die bei Skorbut auftretende Anämie ist gleicher Genese und spricht auf dieselbe Therapie ebenfalls gut an[44].

Eine megaloblastische Anämie während des dritten Schwangerschaftstrimesters ist entweder auf eine unausgeglichene oder ungenügende Ernährung, auf gastrointestinale Störungen oder auf eine Zwillingsschwangerschaft zurückzuführen. Sie bildet sich post partum spontan zurück, kann aber bei den folgenden Schwangerschaften wieder auftreten. Vitamin B_{12} zeigt keine, Folsäure nur eine partielle Wirkung vor der Geburt, so daß angenommen wird, daß diese Erkrankung eher durch eine schlechte Vitaminverwertung als durch einen Vitaminmangel verursacht ist[41, 45]. Die bei Epileptikern auftretende Anämie wird offenbar durch Antagonisten der Folsäure und des Vitamins B_{12} ausgelöst, die während der protrahierten Therapie mit Phenytoin, Phenobarbital und Primidone entstehen[46].

Die eigentliche perniziöse Anämie oder Biermer-Addisonsche Anämie reagiert auf Folsäure mit sofortiger Normalisierung des Blutbildes und Abklingen der oralen Schleimhautsymptome. Die Wirkung ist aber nur vorübergehend, und es treten über kurz oder lang wieder Rezidive auf[47]. Die Folsäure schützt auch das Nervensystem nicht gegen die subakuten degenerativen Erscheinungen bei perniziöser Anämie, sondern kann diese im Gegenteil hervorrufen oder beschleunigen[48].

Die Antivitamine der Folsäuregruppe lassen sich in mehrere Klassen einteilen, je nachdem sie die Pteroylmonoglutaminsäure oder den Citrovorumfaktor hemmen. Diese Verbindungen sind einerseits zur Erzeugung von Avitaminosen oder zur Abklärung der Vitaminstoffwechselmechanismen und anderseits zur Untersuchung der perniziösen Anämie verwendet worden. Die aktivsten Antagonisten sind Derivate und Analoga der Pteroylmonoglutaminsäure mit einer Aminogruppe in 4-Stellung (4-Aminopteroylglutaminsäure, 4-Aminopteroylasparaginsäure usw.). Sie reagieren durch Blockieren der Umwandlung von Folsäure in Citrovorumfaktor und wahrscheinlich auch durch Verunmöglichen der Verwendung des letzteren im Organismus. Diese Antagonisten verursachen Blutungen und Nekrosen der Schleimhäute des Verdauungstrakts und das Auftreten von Megaloblasten im Knochenmark[41, 49]. Die anderen Antivitamine haben eine ausgesprochene Wirkung auf das Bakterienwachstum und verursachen den Tod des Fötus in utero, Mißbildungen oder Wachstumsstörungen[50]. Gewisse 4-Aminopteroylglutaminsäuren wurden zur Behandlung der akuten Säuglingsleucämie verwendet[41, 49].

Es ist schließlich noch bemerkenswert, daß ein Folsäuremangel die Fähigkeit zur Bildung von Antikörpern erheblich herabsetzt[51].

Therapeutische Anwendung

Bei megaloblastischen Anämien (siehe oben), die man in zwei Gruppen einteilen kann: a) mit Beteiligung des Nervensystems; diese werden am besten mit Vitamin B_{12} behandelt; b) ohne Beteiligung des Nervensystems; diese sprechen im allgemeinen auf Vitamin B_{12} nicht an, so daß die Folsäure das Mittel der Wahl darstellt[52].

Folsäure als Adjuvans bei Erkrankungen mit konkomitierender Anämie, wobei sie zwecks voller Wirkung mit Vitamin C kombiniert werden soll.

Bei der perniziösen Anämie täuscht die Folsäure durch die Wiederherstellung des normalen Blutbildes eine Heilung vor. Deshalb und aus den weiter oben erwähnten Gründen ist diese Therapie gefährlich und absolut kontraindiziert[47, 48].

Gewisse sich bei Schwangerschaften wiederholende Komplikationen sind durch einen Folsäuremangel verursacht, dessen Behebung oft eine weitgehende Besserung zur Folge hat[53].

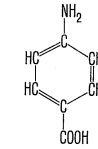
Die Verwendung von Folsäureantagonisten führt nicht zur Heilung der akuten Säuglingsleucämie, kann aber eine Remission innerhalb von 2 Wochen bis 6 Jahren, im Mittel 8 Monaten, herbeiführen. Diese Therapie ist nicht leicht durchzuführen, da einerseits die Möglichkeit einer Intoleranz des Patienten besteht und anderseits sich über kurz oder lang eine Resistenz der Leucocyten einstellt, die zum Absetzen des Medikaments zwingt[54].

Literatur: *1)* Mitchell et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **63**, 2284 (1941); **66**, 267 (1944). *2)* Stokstad, E. L. R., *J. biol. Chem.*, **149**, 573 (1943). *3)* Angier et al., *Science*, **102**, 227 (1945). *4)* Sauberlich und Baumann, *J. biol. Chem.*, **176**, 165 (1948). *5)* Flynn et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **73**, 1979 (1951). *6)* Cosulich et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **73**, 5006 (1951). *7)* Courtois, J. E., *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **38**, 295 (1956). *8)* Snell und Peterson, *J. Bact.*, **39**, 273 (1940). *9)* Hogan und Parrott, *J. biol. Chem.*, **128**, XLVI (1939). *10)* Lowry et al., *J. biol. Chem.*, **180**, 389 (1949). *11)* Keresztesy et al., *Science*, **97**, 465 (1943). *12)* Schöpf und Becker, *Justus Liebigs Ann. Chem.*, **524**, 49 (1936); Becker und Schöpf, ibid., **524**, 124 (1936). *13)* Tschesche und Korte, *Chem. Ber.*, **84**, 801 (1951). *14)* Übersicht siehe Witts, L. J., *Brit. med. Bull.*, **12**, 14 (1956). *15)* Girdwood, R. H., *Proc. Nutr. Soc.*, **14**, 41 (1955); id., *Lancet*, **2**, 53 (1953). *16)* Zakrzewski und Nichol, *J. biol. Chem.*, **205**, 361 (1953). *17)* Polonovski und Lévy, *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **35**, 1167 (1953). *18)* Johnson und Parsons, *Fed. Proc.*, **10**, 385 (1951). *19)* Wright und Welch, *Science*, **98**, 179 (1943). *20)* Buyze und Engel, *Nature*, **163**, 135 (1949). *21)* Stokes und Larsen, *J. Bact.*, **50**, 219 (1945). *22)* Wolff et al., *Science*, **109**, 612 (1949). *23)* Stokstad, E. L. R., in: Sebrell, Jr., und Harris (Hrsg.), *The Vitamins*, Bd. 3, New York (1954), S. 171. *24)* Nielsen und Black, *J. Nutr.*, **28**, 203 (1944). *25)* Reid et al., *J. Nutr.*, **59**, 103 (1956). *26)* Mickelsen, O., *Vitam. and Horm.*, **14**, 1 (1956). *27)* Nichol und Welch, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **74**, 52 (1950); Heisler und Schweigert, *Fed. Proc.*, **14**, 436 (1955); Bleiler et al., *J. Nutr.*, **56**, 163 (1955). *28)* Harris, J. W., *Amer. J. Med.*, **21**, 461 (1956). *29)* Arnstein und Stanković, *Biochem. J.*, **62**, 190 (1956); Arnstein und Keglević, *Biochem. J.*, **62**, 199 (1956). *30)* Popp und Totter, *J. biol. Chem.*, **199**, 547 (1952). *31)* Girdwood, R. H., *Brit. J. Nutr.*, **6**, 315 (1952); in Übereinstimmung mit Mueller und Will, *Amer. J. clin. Nutr.*, **3**, 30 (1955). *32)* Wright und Welch, *J. Nutr.*, **27**, 55 (1944); Giroud et al., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **25**, 153 (1954). *33)* Nichol und Welch, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **74**, 52 (1950); Nichol, C. A., *J. biol. Chem.*, **204**, 469 (1953). *34)* Hertz, R., *Science*, **107**, 300 (1948); Hertz und Tullner, *Endocrinology*, **44**, 278 (1949). *35)* Silver, M., *J. Endocr.*, **10**, 95 (1954). *36)* Nelson et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **92**, 554 (1956). *37)* Baker et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **94**, 513 (1957). *38)* Goldin et al., *Cancer (Philad.)*, **3**, 849 (1950). *39)* Jacobson, W., *J. Physiol. (Lond.)*, **123**, 603 und 618 (1954). *40)* Ungley, C. C., *Vitam. and Horm.*, **13**, 137 (1955). *41)* Callender und O'Brien, in: Thompson und King (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 84. *42)* Estren, S., *J. Mt Sinai Hosp.*, **24**, 304 (1957); Badenoch und Callender, *Blood*, **9**, 123 (1954); Cartwright et al., *Blood*, **7**, 992 (1952). *43)* Zuelzer und Ogden, *Amer. J. Dis. Child.*, **71**, 211 (1946); Zuelzer und Rutzky, *Advanc. Pediat.*, **6**, 243 (1953); May et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **80**, 191 (1950). *44)* Jandl und Gabuzda, Jr., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **84**, 452 (1953). *45)* Mollin und Ross, *Proc. roy. Soc. Med.*, **47**, 428 (1954); Girdwood, R. H., *Brit. med. J.*, **2**, 954 (1954). *46)* Badenoch, J., *Proc. roy. Soc. Med.*, **47**, 426 (1954); Girdwood und Lenman, *Brit. med. J.*, **1**, 146 (1956). *47)* Vilter et al., *Blood*, **5**, 695 (1950). *48)* Israëls und Wilkinson, *Brit. med. J.*, **2**, 1072 (1949). *49)* Burchenal, J. M., *Proceedings of the 2nd Conference on Folic Acid Antagonists in the Treatment of Leukaemia* (1952), zitiert nach: Callender und O'Brien, in: Thompson und King (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 84; Burchenal, J. H., *Cancer Res.*, **14**, 615 (1954); id., *Fed. Proc.*, **13**, 760 (1954). *50)* Thiersch, J. B., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **87**, 571 (1954). *51)* Axelrod und Pruzansky, *Vitam. and Horm.*, **13**, 1 (1955). *52)* Nieweg et al., *J. Lab. clin. Med.*, **44**, 118 (1954). *53)* Lawson et al., *Med. J. Aust.*, **1**, 848 (1953). *54)* Farber et al., *Advanc. Cancer Res.*, **4**, 1 (1956).

Paraaminobenzoesäure (Vitamin H_1)

Sie kommt in der Natur in freier und acetylierter Form oder in Verbindung mit Peptiden vor. Löslich in Alkohol und siedendem Wasser, stabil in sauren und alkalischen Lösungen, instabil in Gegenwart oxydierender Substanzen.

***p*-Aminobenzoesäure**, $C_7H_7O_2N$ PARAAMINOBENZOESÄURE
Gelblichrote Kristalle
Molekulargewicht 137,14
Schmelzpunkt 186–187 °C



Einheit

Keine internationale Einheit. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Mikrobiologisch mit *Clostridium acetobutylicum*[1] oder *Neurospora crassa*[2].

Vorkommen[3] (Werte in mg/100 g Frischgewicht)

Hefe 0,49–0,55; Ochsenleber 0,15–0,25; Pilze 0,13; Weizenkeimlinge 0,17; Spinat 0,06–0,13; Haferflocken 0,033; Maismehl 0,03; Trockenvollei 0,02–0,036; Kalbsleber 0,02; Milch 0,015 mg/100 ml.

Physiologie und Funktion

Der Mensch und die höheren Tiere scheinen befähigt zu sein, die *p*-Aminobenzoesäure aus L-Phenylalanin über *p*-Aminophenylbrenztraubensäure und *p*-Aminophenylessigsäure zu synthetisieren[4]. Die Ausscheidung im Harn beträgt 2,0–3,0 µg/kg Körpergewicht und Tag (Mittel 2,11 µg/kg); in den Fäces finden sich 1,01–8,2 µg/kg (Mittel 3,5 µg/kg)[5].

Die charakteristischste Eigenschaft der *p*-Aminobenzoesäure ist ihre antagonistische Wirkung auf Sulfonamide, deren bakteriostatische und bakterizide Aktivität gehemmt wird; auch die schwache Antimalariawirkung der Sulfonamide wird antagonisiert[6]. Deshalb scheint die Annahme berechtigt, daß die *p*-Aminobenzoesäure Bestandteil eines noch unbekannten, für Mikroorganismen wichtigen Enzyms ist, das durch die Sulfonamide über einen Verdrängungsmechanismus blockiert wird[4].

Die *p*-Aminobenzoesäure ist für viele Bakterienstämme ein unentbehrlicher Wachstumsfaktor[7], bei gewissen kann sie mehr oder weniger vollständig durch Pantothensäure ersetzt werden *(Bact. linens)*. Ihr Metabolismus ist unbekannt, doch weiß man, daß Bakterien und möglicherweise auch andere Organismen einen Teil derselben in Citrovorumfaktor und Pteroylglutaminsäure umwandeln können.

Die Bedeutung der *p*-Aminobenzoesäure für den tierischen Organismus ist noch sehr unklar. Bei Anwesenheit von Folsäure treten überhaupt keine Mangelsymptome auf. Bei schwarzen Ratten soll sie für die Haarpigmentierung und bei Kücken und Meerschweinchen für das Wachstum von Wichtigkeit sein[8]. In gewissen Fällen scheint sie eine den Carotinen ähnliche Vitaminaktivität zu entfalten und manchmal bei bestimmten Arten die Folsäure ersetzen zu können. Tatsächlich konnte mit Ausnahme eines geringen Spareffekts für Folsäure beim Meerschweinchen die Rolle der *p*-Aminobenzoesäure im Metabolismus des Menschen und der höheren Tiere nicht abgeklärt werden[9].

Anderseits wird vorgeschlagen, diese Säure aus der Reihe der Vitamine auszuschließen und in diejenige der für Bakterien essentiellen Nahrungsfaktoren einzuteilen (wie α-Liponsäure, Adenylsäure, Orotsäure, gewisse Thiazole, Purine und Pyrimidine usw.).

In hohen Konzentrationen hat die *p*-Aminobenzoesäure eine bakteriostatische Wirkung auf Rickettsien, die aber im Vergleich zu den Antibiotica viel geringer ist[10].

Therapeutische Anwendung

Die Ester der *p*-Aminobenzoesäure sind Lokalanästhetica (Äthylester, Procain usw.). In der Rheumabehandlung unterstützt die *p*-Aminobenzoesäure die Wirkung des Cortisonacetats, wodurch die Dosis an letzterem herabgesetzt werden kann[11]. Bei sehr hohen Dosen von *p*-Aminobenzoesäure scheiden die Patienten so große Mengen Glucuronsäure im Harn aus, daß der Glucosefermentationstest nicht mehr durchgeführt werden kann[12].

Die *p*-Aminobenzoesäure zeitigte interessante Resultate bei der Behandlung von Lymphoblastomen der Haut und von Mykosen[13].

Literatur: *1)* Lampen und Peterson, *J. biol. Chem.*, **153**, 193 (1944). *2)* Thompson et al., *J. biol. Chem.*, **148**, 281 (1943). *3)* Wright und Tavormina, in: Sebrell, Jr., und Harris (Hrsg.), *The Vitamins*, Bd. 3, New York (1954), S. 27. *4)* Nurmikko, V., *Ann. Acad. Sci. fenn.*, Ser. AII, Nr. 54 (1954). *5)* Spector, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 242. *6)* Übersicht siehe: Wright und Tavormina, in: Sebrell, Jr., und Harris (Hrsg.), *The Vitamins*, Bd. 3, New York (1954), S. 66. *7)* Hawking, F., *Brit. med. J.*, **1**, 425 (1954). *8)* Ansbacher, S., *Science*, **93**, 164 (1941); Martin und Ansbacher, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **48**, 118 (1941). *9)* Woodruff et al., *J. Nutr.*, **51**, 23 (1953); Reid et al., *J. Nutr.*, **59**, 103 (1956). *10)* Scott, C. C., in: Sebrell, Jr., und Harris (Hrsg.), *The Vitamins*, Bd. 3, New York (1954), S. 52. *11)* Wiesel et al., *Amer. J. med. Sci.*, **222**, 243 (1951). *12)* Zarafonetis und Chandler, *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 425 (1951). *13)* Zarafonetis et al., *Cancer (Philad.)*, **7**, 190 (1954).

Die Vitamine der B_{12}-Gruppe COBALAMINE

Antiperniciosa-Faktor (West); Extrinsic Factor (Castle); Animal Protein Factor = APF, Zoopherin (Zucker und Zucker); *Lactobacillus lactis* Dorner Factor = LLD-Factor (Shorb); *Lactobacillus leichmannii* Factor (Skeggs et al.); Hatchability Factor (Bethke); Cow Manure Factor (Rubin und Bird); Nutritional Factor X (Hartmann).

Die Behandlung der perniziösen Anämie mittels roher Leber geht auf das Jahr 1926 zurück[1], die aktive Substanz konnte aber erst im Jahre 1948 isoliert werden[2]. Vitamin B_{12} wird als Nebenprodukt bei der Fabrikation von Antibiotica gewonnen. Obwohl die Struktur des Vitamins aufgeklärt ist, wird für die industrielle Herstellung jedoch mehrheitlich die direkte mikrobiologische Synthese mittels *Streptomyces olivaceus*[3, 4] oder *Bacillus megatherium*[3, 5] benützt.

Das Vitamin B_{12} hat eine porphyrinähnliche Komplexstruktur mit einem dreiwertigen Cobaltatom, das eine Hexacarbonsäure mit einem Nucleotid verbindet. Als «B_{12}-Vitamine» werden die für Wirbeltiere, als «ψ-B_{12}-Vitamine» die damit eng verwandten, aber nur für niederere Tiere verwertbaren Metaboliten bezeichnet[6].

Das Vitamin B_{12} kommt in den Formen B_{12} a, b, c, d, f, m, s vor. Die a-Form bildet sich bei Anwesenheit von Katalysatoren durch Lichteinwirkung auf eine wässerige Vitaminlösung[7]. Die chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften der verschiedenen Formen sind praktisch identisch, mit Ausnahme der in der Natur vermutlich nicht vorkommenden a-Form. Vitamin B_{12} ist hygroskopisch, bei Zimmertemperatur stabil in neutraler, wässeriger Lösung, in letzterer relativ kochbeständig, instabil in alkalischer oder kochender saurer Lösung[8].

Eine Nomenklatur der Cobalamine teilt dieselben nach der Art der Nucleotidgruppe ein[9]. Unter die Bezeichnung «Cobalamin» fallen sowohl das Vitamin B_{12} als auch die ψ-B_{12}-Vitamine, in welchen das koordinativ gebundene Cyan durch eine andere Gruppe, zum Beispiel Wasser, ersetzt ist (Hydroxocobalamin = Vitamin B_{12}a, Aquocobalamin = Vitamin B_{12}c). Diese Formen können durch Umsetzen mit Cyanionen in Vitamin B_{12} (Cyanocobalamin) umgewandelt werden. Viele verwandte Verbindungen, die sich in den Fäces von Tieren[10], im Faul- und Belebtschlamm städtischer Abwässer[11], in Algen und Bakterien[12] finden, zeigen unterschiedliche Aktivitäten und sind zu dieser Umwandlung nicht fähig. Die Vielfalt von Verbindungen macht eine Einteilung und Abtrennung schwierig[13]:

Faktor A (Vitamin B_{12}m?): Enthält 2-Methyladenin. Aktiv für gewisse Bakterien, inaktiv für Kücken. Wenig absorbiert im Darm. Wird, parenteral verabreicht, teilweise unverändert in der Leber gespeichert. Hat sehr geringe Aktivität bei perniziöser Anämie.

Faktor B (Faktor I, Ätiocobalamin): Ist der nucleotidfreie Anteil des Vitamins B_{12}, des Faktors A und des ψ-Vitamins B_{12}. Sehr aktiv für gewisse Mikroorganismen *(Escherichia coli)*, inaktiv für Ratten und Kücken. Im Darm schlecht resorbierbar. Inaktiv gegen perniziöse Anämie.

Faktor C (Kalbsfäces): Besteht aus den zwei sehr ähnlichen Verbindungen C_1 und C_2. Erst in minimen Mengen rein erhalten. Mikrobiologische Aktivität ähnlich wie Faktor B, in den er in wässeriger Lösung langsam übergeht.

Faktor D (Kalbsfäces): Saurer, roter Farbstoff. Keine Vitaminaktivität. Ist vielleicht ein Stoffwechselzwischenprodukt.

Faktor E (Fäces von Schweinen, Rindern, Ratten): Saurer, roter Farbstoff. Kommt in vielen Fermentationsprodukten vor. Mikrobiologische Aktivität sehr ähnlich wie Faktor B.

Faktor F (Hauptbestandteil des «Vitamins B_{12}» der Kückenfäces; in großer Menge in Schweinefäces): Chemisch dem Vitamin B_{12} sehr nahe verwandt, in der Bakterienaktivität aber verschieden. Die Beziehung zu anderen Faktoren ist unklar.

Faktor G: Neutrale, kristalline, rote Verbindung; sehr aktiv gegen *E. coli*, schwächere Aktivität gegen *L. leichmannii*.

Faktor H: Neutrale, kristalline, rote Verbindung, die mit dem Faktor A verwandt ist; aktiv gegen *E. coli*.

Faktor I[11, 14]*:* Wahrscheinlich mit Faktor B identisch.

Faktor II[11, 14]*:* Identisch mit Vitamin B_{12}.

Faktor III[11, 14]: Unterscheidet sich in Chromatographie und Elektrophorese von den anderen Faktoren und auch vom Cyanocobalamin. Aktiv gegen *E. coli* und *L. leichmannii*, Flagellaten und Kücken. Wirksam bei perniziöser Anämie.

Faktor IV[11, 14]*:* Identisch mit ψ-Vitamin B_{12}.

Faktor V[11, 14]*:* Gemisch aller Faktoren.

Vitamin $B_{12}f$: Scheint mit ψ-Vitamin B_{12} identisch zu sein.

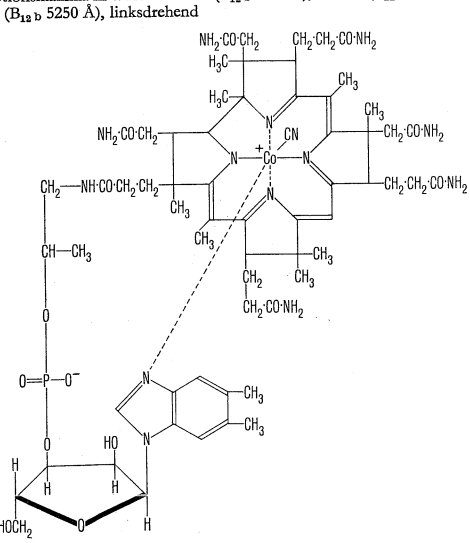
Vitamin $B_{12}m$ (ψ-Vitamin B_{12}d): Wahrscheinlich identisch mit Faktor A.

Vitamin $B_{12}s$: Findet sich in Algen und Bakterien. Sehr ähnlich wie Faktor C, vor allem C_2.

Alle diese Verbindungen sind rote Farbstoffe mit einem dem Vitamin B_{12} sehr ähnlichen Absorptionsspektrum. Sie kommen in allen Fermentationsprodukten in oft bedeutend größeren Mengen als das Vitamin B_{12} vor.

Chemische Bezeichnungen dieser Faktoren:
Vitamin B_{12} = 5,6-Dimethylbenzimidazolcobalamin; ψ-Vitamin B_{12} = Adenincobalamin; Faktor A = 2-Methyladenincobalamin; Faktor B = Ätiocobalamin; Faktor G = Hypoxanthincobalamin; Faktor H = 2-Methylhypoxanthincobalamin; Faktor III = 5-Hydroxybenzimidazolcobalamin[14].

Vitamin B_{12}, $C_{63}H_{88}O_{14}N_{14}PCo$ CYANOCOBALAMIN
Orthorhombische, rote Kristallnadeln mit ausgesprochenem Pleochroismus[16]
Schwärzen sich bei 190–215 °C
Molekulargewicht 1355,42
Schmelzpunkt < 300 °C
Absorptionsmaxima in Wasser 2780 Å (B_{12}b 2730 Å), 3610 Å (B_{12}b 3510 Å), 5500 Å (B_{12}b 5250 Å), linksdrehend



Einheit

Noch keine internationale Einheit definiert. 1 µg Vitamin B_{12} = 11 000 LLD-Einheiten (*Lactobacillus lactis* DORNER) = 1 USP-Einheit (Leberextrakt). 1 USP-Einheit ist diejenige Tagesdosis, die bei echter perniziöser Anämie klinisch und hämatologisch befriedigende Resultate herbeiführt. 1000 LLD-Einheiten entsprechen ungefähr der Wirkung von 1 ml guten Leberextrakts.

Test- und Bestimmungsmethoden

Es bestehen Schwierigkeiten bei den Messungen und Analysen wegen der außerordentlich kleinen Mengen und der Möglichkeit von Beimischungen gegen Perniciosa inaktiver Substanzen oder anderer Faktoren, die gegenüber Bakterien eine dem Vitamin B_{12} ähnliche Aktivität aufweisen.

Kurativtest an höheren Tieren. Mikrobiologisch mit *Lactobacillus lactis* DORNER oder *Lactobacillus leichmannii*[16] (diese Testmethoden erwiesen sich als wenig spezifisch[17]). Die Teste mit *Euglena gracilis*[18, 19] oder *Ochromonas malhamensis*[20] sind sehr spezifisch, aber kompliziert.

Physikalisch und chemisch nach Reinigung der Extrakte. Bei reinen Lösungen auch spektrographisch. Abtrennung der einzelnen Faktoren und des Vitamins durch Chromatographie und Autographie[21]. Spektrophotometrische Schnellmethode[22].

Vorkommen[23] (Werte in µg B_{12}-Aktivität/100 g Trockengewicht, wenn nicht anders angegeben)

Streptomyces aureofaciens (Zellen) 1000–1300; *B. megatherium* (ganze Kultur) 40–80; Mageninhalt (Rumen) des Schafes: Protozoenfraktion (Zellen) 630, Bakterienfraktion (Zellen) 210, in sterilem Magensaft gezüchtete Magenflora (Zellen) 400; Schweinsleber 180; Kalbsleber 240; Fischmehl bis 389[24]; Rindsleber 30–100[25]; Kalbsmilz 93; Kalbsthymus (Milke) 24; Fleischmehl 10; Austern (ohne Schalen) 280; Milch 1,1–1,25 µg/100 ml; Casein 104[24]; Regenwürmer 110; obere Schichten des Erdbodens 170.

Physiologie und Funktion

Das Vitamin B_{12} kann nur von gewissen Mikroorganismen, Bakterien und Actinomyceten synthetisiert werden. Es kommt in Hefen und Pflanzen nicht vor[26]. Entgegen früheren Annahmen können Algen das Vitamin nicht synthetisieren, sondern speichern es von den mit ihnen in Symbiose lebenden Bakterien[12]. Die Phycomyceten, Ascomyceten und Basidiomyceten enthalten kein Cobalamin im Plasma, was ihre Zuteilung zu den Pflanzen ermöglichte; im weiteren kann angenommen werden, daß sich die höheren Pflanzen von Flagellaten des Typus *Chlamydomonas* ableiten[27].

Gewisse niederere Organismen benötigen Vitamin B_{12} als Wachstumsfaktor, während andere wiederum ohne dasselbe auskommen[28] oder es durch andere Metaboliten ersetzen können. Die Wurzelknollen der Leguminosen enthalten Bakterien, die Cobalamin produzieren; ihre rosa Farbe ist durch eine dem Hämoglobin verwandte Verbindung verursacht[29].

Höher organisierte Tiere sind auf Vitamin-B_{12}-Zufuhr angewiesen und enthalten dasselbe in den meisten Geweben, besonders in der Leber, der Niere und den Muskeln wie auch in der Milch und den Eiern.

Vitamin-B_{12}-Gehalt verschiedener Gewebe (Mensch) in Mikrogramm je 100 g[30]: Leber 24–74; Niere 7,1–37; Milz 3,9–39; Lunge 4–5,2; Gehirn 7–22; Magen 6,2–30; Darm 15–28; Haut 1,2–1,5; Magensaft etwa 0,03 µg/100 ml[19]; Blutserum 0,03–0,04 µg/100 ml[16, 31].

Vitamin B_{12} wird normalerweise von der Darmflora in größeren Mengen synthetisiert, der Organismus scheint sich aber dieser Quelle nicht zu bedienen, wenn man von der Koprophagie der Tiere absieht[32]. Die minimale Tagesdosis für den Menschen ist nicht bekannt; 1 µg in 24 Stunden genügt jedoch, um das Auftreten einer perniziösen Anämie zu verhindern[33].

Das Vitamin B_{12} der Nahrung wird im Dünndarm, hauptsächlich im Ileum, an den in seiner Struktur unbekannten, von den Magenfundusdrüsen produzierten «Intrinsic Factor» (CASTLE) gebunden. Es scheint sich hierbei um ein thermolabiles, nicht dialysierbares Mucoprotein (Molekulargewicht ungefähr 15 000) zu handeln, das stabil gegen Alkalien, instabil gegen Säuren und durch Ammoniumsulfatlösungen fällbar ist[34]. Der Intrinsic Factor wird bei den Tieren nicht immer im Magenfundus ausgeschieden und scheint eine gewisse Artspezifität zu besitzen[35]. Er wirkt nicht durch Aktivierung des Vitamins, sondern bildet mit demselben einen bakterienresistenten Komplex, der aus noch unbekannten Gründen von der Darmwand besser resorbiert wird[36].

Die maximale Absorptionsfähigkeit des Dünndarms beträgt sogar bei einem Überschuß und mit Hilfe des Intrinsic Factor nicht mehr als 0,7–1,3 µg Vitamin B_{12} täglich[37]. Auf Grund dieser Tatsache wurde die Anwesenheit eines «Vitaminakzeptors» in der Darmwand angenommen. Mit zunehmender Menge an verabreichtem Vitamin B_{12} nimmt die intestinale Resorption rapid ab[38]:

Vitaminzufuhr in µg	Intestinale Resorption in %
0,5	90,5 ± 5,8
1,0	81,5 ± 11,4
2,0	40,0 ± 8,1
5,0	22,0 ± 3,3
20,0	6,0 ± 1,5
50,0	3,0 ± 0,7
1000,0	weniger als 1%

Bei sehr hohen Konzentrationen gelangt auch ein kleiner Teil des Cobalamins ohne Hilfe des Intrinsic Factor mittels Diffusion durch die Darmwand.

Das Vitamin B_{12} wird in der Leber gespeichert; es finden sich auch größere Mengen in den Nieren, im Zentralnervensystem und im Myocard. Das Serum enthält etwas freies Vitamin B_{12}, den größten Teil aber an die Serumproteine gebunden (davon an die α_1-Globuline 52%, α_2-Globuline 21%, Albumine 16%, β-Globuline 7% und γ-Globuline 4%). Normalerweise sind die Serumglobuline nicht abgesättigt und können noch zusätzliche Mengen Vitamin B_{12} binden[39].

Das Vitamin B_{12} der Gewebe ist an die α-Globuline gebunden[40]; da diese Bindung im Verhältnis zur Serumglobulinbindung schwächer ist, kann der Organismus bei Bedarf den Serumspiegel auf Kosten des Gewebes aufrechterhalten[41]. Der Vitamingehalt der Leucocyten, normalerweise größer als derjenige des Serums, ist bei myeloischer Leucämie pathologisch erhöht[42, 43]. Vitamin B_{12} findet sich sowohl in Körperflüssigkeiten (Pleura, Peritoneum, Liquor) als auch in pathologischen Ergüssen (Ascites, Gelenkergüsse). Die tägliche Harnausscheidung beträgt im Mittel 0,131 µg[44]. Im Stuhl findet man durchschnittlich 34% der aufgenommenen Menge, wobei aber diesem Wert der intestinalen Synthese wegen kaum eine Bedeutung zukommt[45].

Über die Biochemie des Vitamins B_{12} ist noch nichts Genaues bekannt[46]. Man kennt weder Enzyme noch Coenzyme, die es als Bestandteil enthalten. Es hat einen indirekten Einfluß auf den Metabolismus der Methylgruppen (wahrscheinlich aber nicht bei der Transmethylierung[47]), der Thiole und über diese auch auf den Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel[48].

Die Rolle des Vitamins B_{12} im Aminosäurestoffwechsel ist aus den Mangelsymptomen ersichtlich: a) Hemmung der Methioninsynthese, wodurch die Bildung essentieller Aminosäuren und der Proteine vermindert wird; b) Syntheseblockierung der Ribonucleinsäuren (Bestandteil der Nucleoproteine). Die Störungen im Proteinmetabolismus wirken sich am stärksten bei Zellen mit großem Proteinumsatz und hoher Mitosefrequenz wie auch im Nervensystem und bei der Hämopoese aus, wobei eine Vergrößerung der Verhältnisse Ribonucleinsäuren : Desoxyribonucleinsäuren und Uracil : Thymin eintritt. Die Folsäure kann in solchen Fällen einen palliativen Effekt ausüben: a) durch die Möglichkeit einer eigenen Desoxyribonucleinsäuresynthese über kurze Zeit; b) durch Mobilisierung der letzten Vitamin-B_{12}-Reserven, nach deren Erschöpfung auch die Folsäure inaktiv wird. Als Begleiterscheinungen einer B_{12}-Avitaminose beobachtet man einen Abfall der Lipide im Blut und in den Geweben wie auch eine Störung im Kohlenhydratstoffwechsel mit einer Tendenz zu Hyperglycämie[49].

Die Anwesenheit von Vitamin B_{12} verringert die Absorption von Vitamin B_6[50, 51] und verbessert die Aufnahmefähigkeit des Organismus für Carotine[52]. Ein Vitamin-B_{12}-Mangel führt zu einer erheblichen Verschlechterung der Darmresorption, während Thiamin, Riboflavin und Pantothensäure diese nicht beeinflussen[51].

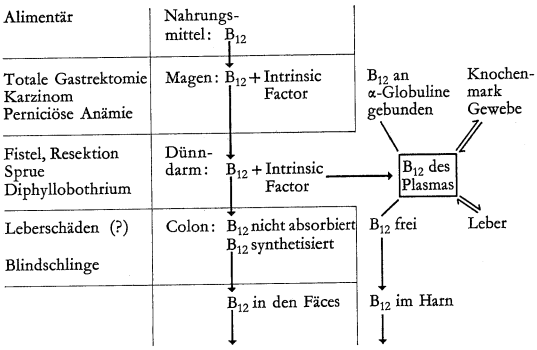
Wegen der Reserven im Organismus und der hohen Aktivität des Vitamins ist es schwierig, eine experimentelle B_{12}-Avitaminose auszulösen. Die Leberreserven des Menschen genügen, um den Bedarf des Organismus auf 2–3 Jahre zu decken. Um bei Ratten mit Sicherheit Mangeltiere zu erhalten, muß man Tiere verwenden, deren Muttertiere schon unter Mangelregime gehalten wurden. Die normale Nahrung des Menschen und der Tiere enthält das Vitamin in ausreichender Menge, wohingegen eine absolut vegetarische Ernährung mit Ausschluß jeglicher Produkte tierischer

Herkunft auch beim gesunden Menschen schließlich zu einem Vitamin-B_{12}-Mangel führt. Eine zusätzliche Zufuhr kann auch bei unterernährten Säuglingen oder solchen mit persistierender Anorexie notwendig werden. Während der Schwangerschaft werden die Reserven der Mutter durch den Fötus weitgehend aufgebraucht, dessen Blutspiegel im Vergleich zum mütterlichen erhöht ist. Im Alter sinkt durch verschlechterte intestinale Resorption der Serumspiegel ab. Der Serumgehalt fällt aber unter normalen Bedingungen weder im einen noch im anderen Fall unter den physiologischen Grenzwert.

Für viele, wenn auch nicht für alle niedereren Organismen ist das Cobalamin ein wichtiger Wachstumsfaktor. Hühnerembryonen reagieren auf Mangel mit Wachstumshemmung, Ödemen und Blutungen, Nekroseherden in Leber, Gehirn und Rückenmark und einer Fettinfiltration des Parenchyms. Mangelküken haben eine vergrößerte, sich jedoch langsamer entwickelnde Schilddrüse mit schlechter Bindungsfähigkeit für Jod[53]. Die Verabreichung von Vitamin B_{12} genügt weder beim Schwein[54] noch beim Huhn[55] zur vollständigen Beseitigung der Symptome; es müssen noch Antibiotica zugesetzt werden, die entweder den Bakterienstoffwechsel umstimmen oder eine schädliche Darmflora zerstören[56].

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen möglichen Ursachen einer B_{12}-Avitaminose des Menschen zusammengestellt[57]:

Mangelursachen



Ein Mangel kann also durch zu geringe Zufuhr oder durch ungenügende Resorption im Darm verursacht sein. Letzteres trifft bei Abwesenheit des Intrinsic Factor ein, sei diese nun durch eine oft hereditäre Störung (perniziöse Anämie) oder durch einen erworbenen Zustand (Gastrektomie) bedingt[58, 59]. Hierbei passiert das Vitamin B_{12} den Darm und findet sich vollständig in den Fäces. Die perniziöse Anämie ist vor allem auf eine Mißbildung des Magens zurückzuführen, die die B_{12}-Avitaminose und alle anderen Symptome zur Folge hat[58]. Die gestörte Proteinsynthese führt, wie oben erwähnt, zu einer Teilungsverlangsamung der Zellen des Darmtrakts und des Knochenmarks mit Abnahme der Blutelemente (Anämie) und Auftreten anomaler Formen (Makrocytose). Der Mangel an Ribonucleinsäuren schädigt im besonderen die Achsenzylinder der Rückenmarksneurone, die hierbei progressiv degenerieren[60].

Ein starker Abfall des Vitamin-B_{12}-Blutspiegels ist oft das erste Anzeichen einer perniziösen Anämie, kann aber auch, in stets geringerem Ausmaß, bei gewissen anderen Erkrankungen und megaloblastischen Anämien auftreten[16]. Der Blutspiegel ist bei Eisenmangelanämie[16, 61], allergischen Ekzemen[62], Diabetes mit Retinopathien[63] und bei myeloischer Leucämie[43] erhöht. Er ist variabel oder unverändert bei tropischer Anämie[64], lymphatischer Leucämie[43], bei akuter Leucämie[43] und Diabetes ohne Augensymptome[63].

Blutserumwerte in µg/100 ml bei verschiedenen Erkrankungen[57]:

Normal	0,02–0,09	Perniciosa (Rezidiv)	0–0,005
Schwangerschafts-perniciosa	0,02–0,09	Perniciosa (parenterale Behandlung)	0,02–0,09
Hepatitis epidemica acuta[65]	0,08–0,60	Perniciosa (perorale Behandlung)	0,01–0,03
Biliäre und portale Lebercirrhose[65]	0,083–0,36	Totale Gastrektomie	0–0,005
Extrahepatischer Stauungsicterus	0,02 –0,09	Perniciosa (*Diphyllobotrium*)	0–0,005
Lymphatische Leucämie	0,15 –1,70	Medullose mit Perniciosa	0–0,002
Primärsyndrom bei schlechter Resorption	0,02 –0,09 oder 0,005–0,01	Darmdivertikel	0–0,005

Die durch konkomitierende Achlorhydrie verursachte, normalerweise durch HCl gehemmte Vermehrung einer Darmflora im Magen gesellt sich als weitere Störung zu den Mangelsymptomen.

Auf Vitamintherapie verschwinden die pathologischen Erscheinungen im Blut und im Verdauungstrakt; auch die nervösen Läsionen zeigen je nach der Dauer ihres Bestehens eine mehr oder weniger ausgeprägte Besserung[66]. Vitamin B_{12} hat hingegen keinen Einfluß auf die Atrophie des Magens und die Achlorhydrie, weshalb ein Patient mit diagnostizierter Perniciosa während seines ganzen Lebens unter regelmäßiger Behandlung und Kontrolle stehen muß[67].

Das Primärsyndrom der schlechten Resorption besteht bei Sprue, idiopathischer Steatorrhöe usw. und umfaßt mehrere Avitaminosen und Mangelsymptome (siehe unter Folsäure).

Auch bei der Pellagra treten verschiedene Avitaminosen auf, wobei die nervösen Störungen dieser Erkrankung sehr wahrscheinlich auf einen Vitamin-B_{12}-Mangel zurückzuführen sind[68].

Der Befall mit Darmparasiten, die dem Wirt das Vitamin ganz oder teilweise entziehen, kann trotz Anwesenheit des Intrinsic Factor eine verminderte intestinale Resorption zur Folge haben[69]. Blind endende Darmschlingen oder Darmdivertikel können eine anomale Bakterienflora beherbergen. Hierbei ist die Abgrenzung schwierig, ob es sich um eine gewöhnliche Konkurrenz der Bakterien handelt oder ob in der Hauptsache Bakterientoxine durch Blockierung des Vitamins oder des Intrinsic Factor oder durch direkte Beeinflussung der Darmwand beteiligt sind[70]. Die Bandwurmart *Diphyllobothrium latum* absorbiert besonders große Mengen Cobalamin und kann bei hoher Fixierung im Dünndarm eine chronische B_{12}-Avitaminose hervorrufen[71]. Die Tänien anderseits verursachen durch häufige kleine Blutungen eine Eisenmangelanämie[72].

Therapeutische Anwendung[73]

Die perniziöse Anämie ist die hauptsächlichste und eigentlich einzige unumstrittene Indikation für eine Vitamin-B_{12}-Therapie. Bei peroraler Verabreichung muß Intrinsic Factor (getrockneter Magen) zugefügt werden. Die Therapie mit den zur Diffusion durch die Darmwand nötigen, sehr hohen Dosen ist unangenehm und wegen der umgestimmten Darmflora unsicher. Die individuell sehr unterschiedliche Resorption macht eine perorale Therapie in bezug auf ihre Wirksamkeit und ihren zeitlichen Verlauf im allgemeinen vom Zufall abhängig.

Vitamin B_{12} wird unbestrittenermaßen am besten parenteral verabreicht, da nur so die Wirkung genau vorausgesagt werden kann. Wegen seiner außerordentlich kleinen Toxizität sind Nebenerscheinungen sehr selten. Es sind auch Instillationen in die Nase und Inhalationen von Aerosolen als mögliche Verabreichungsarten vorgeschlagen worden, da diese bei vergleichbarer Wirksamkeit gleich der parenteralen Applikation die Umgehung des Intrinsic Factor gestatten[74].

Bei megaloblastischen Anämien unbekannter Genese empfiehlt sich eine Vitamin-B_{12}-Therapie als Mittel zur Differentialdiagnose und zum Schutz gegen das Auftreten oder die Verschlimmerung der eventuell durch Folsäure ausgelösten, latenten Nervenstörungen. Die beste Behandlung der perniziösen Anämie besteht in einer Verabreichung hoher Anfangsdosen von Vitamin B_{12} zur Wiederherstellung der Organreserven, worauf eine protrahierte Therapie mit entsprechend reduzierten Mengen folgt.

Vitamin wurde mit unterschiedlichem, meist aber mäßigem Erfolg bei einer Reihe von Erkrankungen angewandt: In sehr hohen Dosen bei nervösen Störungen (Trigeminus- und Glossopharyngicusneuritis, funikuläre Myelose, subakute, degenerative Erscheinungen am Rückenmark ohne Perniciosa). Bei diabetischen Neuritiden. Die beschriebenen Besserungen bei Lupus erythematodes,

Dermatitis seborrhoica, Leucoplacien, Arthritis, Bleivergiftung, Herpes zoster, postoperativen Anämien und Hämophilie sind zweifelhaft.

Hämolytische Anämie, Lungentuberkulose, Muskeldystrophien, multiple Sklerose und Osteoarthritis werden durch Vitamin B_{12} nicht beeinflußt. Auch die Behandlung chronisch unterernährter Kinder mit Vitamin B_{12} zeitigte keinen Erfolg.

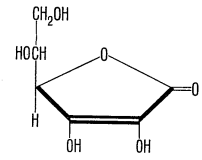
Literatur: *1)* Minot und Murphy, *J. Amer. med. Ass.*, **87**, 470 (1926). *2)* Rickes et al., *Science*, **107**, 396 (1948); Lester Smith, E., *Nature*, **161**, 638 (1948). *3)* Hester und Ward, *Ind. Eng. Chem.*, **46**, 238 (1954), zitiert nach Johnson und Todd, *Vitam. and Horm.*, **15**, 1 (1957). *4)* Pfeifer et al., *Ind. Eng. Chem.*, **46**, 843 (1954), zitiert nach Johnson und Todd, loc. cit. *5)* Garibaldi et al., *Ind. Eng. Chem.*, **45**, 838 (1953), zitiert nach Johnson und Todd, loc. cit. *6)* Gant et al., *Biochem. J.*, **56**, XXXIV (1954). *7)* Kaczka et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **71**, 1514 (1949). *8)* Rickes et al., *Science*, **108**, 134 (1948). *9)* Brink et al., *Science*, **112**, 354 (1950); Kaczka et al., *Science*, **112**, 354 (1950). *10)* Lewis et al., *J. biol. Chem.*, **194**, 539 (1952); **199**, 517 (1952). *11)* Friedrich und Bernhauer, *Angew. Chem.*, **65**, 627 (1953). *12)* Ericson und Lewis, *Ark. Kemi*, **6**, 427 (1953/54). *13)* Nach Ford und Hutner, *Vitam. and Horm.*, **13**, 101 (1955). *14)* Bernhauer und Friedrich, *Angew. Chem.*, **66**, 776 (1954); Brown et al., *Biochem. J.*, **59**, 82 (1955). *15)* Kendrew und Perutz, *Ann. Rev. Biochem.*, **26**, 327 (1957). *16)* Girdwood, R. H., *Brit. med. J.*, **2**, 954 (1954). *17)* Skeggs et al., *J. biol. Chem.*, **176**, 1459 (1948); Greene et al., *J. biol. Chem.*, **178**, 999 (1949). *18)* Hutner et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **70**, 118 (1949). *19)* Ross, G. I. M., *Nature*, **166**, 270 (1950). *20)* Hamilton et al., *Analyst*, **77**, 618 (1952); Hamilton et al., *J. clin. Invest.*, **31**, 636 (1952). *21)* Fantes et al., *Biochem. J.*, **46**, XXXIV (1950); Boxer und Rickards, *Arch. Biochem.*, **29**, 75 (1950); **30**, 372, 382, 392 (1951). *22)* Fisher, R. A., *J. Agric. Food Chem.*, **1**, 951 (1953). *23)* Zucker und Zucker, *Vitam. and Horm.*, **8**, 1 (1950). *24)* Peeler et al., *J. Nutr.*, **43**, 49 (1951). *25)* Schweigert et al., *Fed. Proc.*, **10**, 394 (1951). *26)* Darken, M. A., *Bot. Rev.*, **19**, 99 (1953). *27)* Hutner und Provasoli, in: Lwoff, A. (Hrsg.), *Biochemistry and Physiology of Protozoa*, Bd. 1, New York (1951), S. 27. *28)* Burton und Lochhead, *Canad. J. Botany*, **29**, 352 (1951). *29)* Thornton, H. G., *Science Progr. twent. Cent.*, **42**, 185 (1954). *30)* Girdwood, R. H., *Biochem. J.*, **52**, 58 (1952). *31)* Callender und O'Brien, in: Thompson und King (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 84. *32)* Hausmann et al., *Acta haemat. (Basel)*, **10**, 282 (1953). *33)* Reisner, Jr., und West, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **71**, 651 (1949). *34)* Ternberg und Eakin, *J. Amer. chem. Soc.*, **71**, 3858 (1949). *35)* Latner, A. L., *Lancet*, **1**, 921 (1955). *36)* Davidson und Gulland, *Pernicious Anaemia*, London (1930); Hoff-Jørgensen, E., *Arch. Biochem.*, **36**, 235 (1952). *37)* Callender und Evans, *Clin. Sci.*, **14**, 387 (1955). *38)* Glass et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **86**, 522 (1954); Glass et al., *Science*, **120**, 74 (1954); Estren et al., *Advanc. intern. Med.*, **9**, 11 (1958). *39)* Heinrich und Erdmann-Oehlecker, *Clin. chim. Acta*, **1**, 311 (1956). *40)* Pitney et al., *J. biol. Chem.*, **207**, 143 (1954). *41)* Mollin und Ross, *Brit. med. J.*, **2**, 640 (1953). *42)* Ross und Mollin, *5th International Congress of Haematology*, Résumé des Rapports et Communications, Paris (1954), S. 245, zitiert nach Ungley, C. C., *Vitam. and Horm.*, **13**, 137 (1955). *43)* Beard et al., *Ann. intern. Med.*, **41**, 323 (1954); id., *Blood*, **9**, 789 (1954). *44)* Pitney und Beard, *J. clin. Nutr.*, **2**, 89 (1954). *45)* Totter, J. R., *Ann. Rev. Biochem.*, **26**, 181 (1957). *46)* Übersichten siehe Briggs und Daft, *Ann. Rev. Biochem.*, **24**, 339 (1955); Lester Smith, E., *Brit. med. Bull.*, **12**, 52 (1956). *47)* Johnson et al., *Brit. J. Nutr.*, **11**, 313 (1957). *48)* Fox et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **93**, 501 (1956). *49)* Ling und Chow, *J. biol. Chem.*, **206**, 797 (1954). *50)* Saxena et al., *Experientia (Basel)*, **10**, 488 (1954). *51)* Hsu et al., *Fed. Proc.*, **15**, 557 (1956). *52)* Potter et al., *Poult. Sci.*, **35**, 452 (1956); Mayfield und Roehm, *J. Nutr.*, **58**, 483 (1956). *53)* Ferguson et al., *Arch. Path. (Chicago)*, **60**, 393 (1955); id., *Endocrinology*, **60**, 13 (1957). *54)* Burnside et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **74**, 173 (1950); Jukes et al., *Arch. Biochem.*, **26**, 324 (1950). *55)* Stokstad und Jukes, *Amer. chem. Soc. 117th Meeting* (1950), S. 12. *56)* Luecke et al., *Arch. Biochem.*, **26**, 326 (1950). *57)* Estren et al., *Advanc. intern. Med.*, **9**, 11 (1958). *58)* Graham und Rheault, *J. Lab. clin. Med.*, **43**, 235 (1954). *59)* Mollin et al., *Brit. J. Haemat.*, **1**, 278 (1955). *60)* Übersicht siehe Castle, W. B., *New Engl. J. Med.*, **249**, 603 (1953). *61)* Goldeck und Weiss, *Klin. Wschr.*, **31**, 860 (1953). *62)* Bloquiaux, S., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **147**, 713 (1953). *63)* Chow et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **87**, 38 (1954). *64)* Nieweg et al., *J. Lab. clin. Med.*, **44**, 118 (1954). *65)* Rachmilewitz et al., *J. Lab. clin. Med.*, **48**, 339 (1956). *66)* Samson et al., *Arch. intern. Med.*, **90**, 4 (1952). *67)* McAlpine und Goldsmith, *Arch. Middx Hosp.*, **1**, 109 (1951). *68)* Meiklejohn und Kark, *New Engl. J. Med.*, **221**, 519 (1939). *69)* Oxenhorn et al., *J. Mt Sinai Hosp.*, **24**, 232 (1957). *70)* Halsted et al., *Gastroenterology*, **30**, 21 (1956). *71)* Von Bonsdorff, B., *Exp. Parasit.*, **5**, 207 (1956). *72)* Geiman, Q. M., *Vitam. and Horm.*, **16**, 1 (1958). *73)* Übersicht siehe Briggs und Daft, *Ann. Rev. Biochem.*, **24**, 339 (1955). *74)* Monto und Rebuck, *Arch. intern. Med.*, **93**, 219 (1954).

Vitamin C

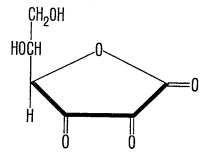
Vitamin C kommt in der Natur reduziert (L-Ascorbinsäure) und oxydiert (Dehydroascorbinsäure, in viel geringerer Konzentration) vor, beide biologisch aktiv, wasserlöslich und instabil gegen Oxydationsmittel, Alkalien und gewisse Metalle. Dieses Vitamin findet sich als praktisch einziges in der Natur in nur einer Form, es ist weder ein Bestandteil von Nucleotiden noch von Coenzymen; man kennt auch keine natürlichen oder synthetischen Ersatzmittel[1].

L-Ascorbinsäure, $C_6H_8O_6$
Weiße Kristalle mit saurem Geschmack
Molekulargewicht 176,13
Schmelzpunkt 192 °C

ASCORBINSÄURE



Dehydroascorbinsäure, $C_6H_6O_6$
Molekulargewicht 174,11



Einheit

1 internationale Einheit (IE) = 0,05 mg kristallisierte Ascorbinsäure.

Test- und Bestimmungsmethoden

Skorbutschutztest beim Meerschweinchen. Der leichter durchzuführende Wachstumstest. Die sehr spezifische mikroskopische Untersuchung der Zahnstruktur. Heute haben die chemischen Methoden die biologischen beinahe verdrängt.

Chemische Methoden[2]: L-Ascorbinsäure: Titration mit 2,6-Dichlorindophenol (in den USA für Pharmazeutica und Nahrungsmittel vorgeschriebene Methode); Bildung des 2,4-Dinitrophenylosazons. Dehydroascorbinsäure: Reduktion mit Homocystein und nachfolgende Titration mit 2,6-Dichlorindophenol.

Bestimmung der «totalen» Ascorbinsäure (L-Ascorbinsäure + Dehydroascorbinsäure + 2,3-Diketogulonsäure, eine dem Vitamin C nahe verwandte Verbindung ohne biologische Aktivität) durch Bildung des 2,4-Dinitrophenylosazons[2].

Vorkommen

Vitamin kommt in der Natur sehr weit verbreitet vor, besonders in grünen Pflanzen und Citrusfrüchten. Man findet es in den meisten pflanzlichen und tierischen Geweben, wobei die Verteilung außerordentliche Unterschiede aufweist, ohne daß die Gründe hierfür bekannt wären. Gewisse Pflanzen enthalten große Mengen (schwarze Johannisbeeren, Gujava, Rosenkohl, Kresse, Meerrettich, Pfefferschoten), andere wieder verhältnismäßig wenig (Birnen, Sellerie, Granatäpfel, Zwetschgen, Feigen, Runkelrüben, Pilze)[1]. Über Vitamin C in tierischen Geweben siehe unten.

Werte in mg/100 g Frischgewicht: Petersilie 154–209; Löwenzahn 100; Pfefferschoten 125–180; Rosenkohl 87–150; Kohlrabi 60–117; Johannisbeeren 140; Zitronensaft 30–78; Orangensaft 22–89; Grapefruitsaft 24–45. Der Vitamingehalt nimmt beim Kochen erheblich ab.

Physiologie und Funktion

Höhere Pflanzen wie auch die Mehrzahl der Säugetiere können Vitamin C synthetisieren. Der Mensch, die Primaten und das Meerschweinchen sind wahrscheinlich wegen eines Mangels an gewissen Enzymen dazu nicht befähigt. Vitamin C ist auch in gewissen Organen angereichert (Nebennieren, Linse, Glaskörper, Kammerwasser, Leucocyten), während andere einen relativ geringen Gehalt aufweisen (Erythrocyten, Muskel, Gehirn, Pancreas)[1]. Vollblut enthält 0,2–0,7 mg/100 ml Vitamin C (Mittel 0,62 mg/100 ml)[3]; im Serum finden sich 0,1–0,7 mg/100 ml[4]. Plasmawerte in Relation zur Vitamin-C-Einnahme:

Tägliche Einnahme (mg):	0	5	10	20	50	70	600
Plasmawert (mg/100 ml):	<0,03	<0,05	<0,10	<0,10	0,31	0,55	1,02

Bei Vitaminmangel sinkt der Plasmaspiegel nach und nach ab. Auf Vitaminzufuhr zur Diät steigt er auf ein Maximum, worauf eine Ausscheidung im Harn erfolgt, so daß der Plasmaspiegel nur noch unbedeutend erhöht wird. Nach einer Dosis von 50–100 mg beträgt der Plasmagehalt nach 12 Tagen (im Gleichgewicht) 0,97 mg (Sommer) und 0,89 mg (Winter). Die Ausscheidung im Harn erfolgt am schnellsten nach intravenöser Zufuhr.

Die Ascorbinsäure wird im Stuhl, im Schweiß und im Harn ausgeschieden. Die Ausscheidung im Harn hängt vom Vitamin-C-Gehalt des Organismus ab und erreicht im Sommer 26,7 mg totales

Vitamin C (25,6 mg reduziertes Vitamin C) und im Winter 31,4 mg totales Vitamin C (24,4 mg reduziertes Vitamin C). Gewisse Nahrungsmittel wie auch bestimmte Arzneimittel (Lebertran, Salicylate, Acetylsalicylsäure, Barbiturate, Anästhetica, Östradiol, Stilböstrol, Sulfonamide, Atropin, Adrenalin usw.) sind imstande, die Ausscheidung zu beeinflussen. Insulin und Natriumbicarbonat verringern sie.

Die Ausscheidung im Stuhl ist ziemlich konstant und unabhängig von der Zufuhr, kann aber bei Darmstörungen erheblich ansteigen. Bei schweren körperlichen Anstrengungen können große Mengen Vitamin C mit dem Schweiß ausgeschieden werden[6].

Der Vitamin-C-Gehalt des Organismus nimmt im Senium ab, wobei schlechte Ernährungsgewohnheiten oder Nahrungszubereitung wie auch allgemeine Unterernährung eine Rolle zu spielen scheinen[6].

Es ist schwierig, genaue Angaben über den Tagesbedarf des Individuums zu machen. Eine tägliche Dosis von 10 mg scheint zu genügen, um einen Skorbut zu verhindern; das Optimum liegt aber bedeutend höher. Von der League of National Health Organization wurde eine durchschnittliche Tagesdosis von 30 mg festgelegt, nach dem National Research Council beträgt diese für England jedoch 70–75 mg, wobei diese Angaben mehr auf empirischen Schätzungen als auf streng wissenschaftlichen Grundlagen beruhen[7].

Infektionskrankheiten, Rheumatismus und Tuberkulose bewirken einen starken Abfall des Plasmaspiegels, der selbst durch außerordentlich hohe Dosen schwierig zu kompensieren ist.

Die klinischen Symptome des Skorbuts können als bekannt vorausgesetzt werden. Die Forschungen der letzten Jahre konnten nur gewisse Einzelheiten präzisieren. In Sheffield über längere Zeit an Freiwilligen durchgeführte Untersuchungen ergaben folgende Resultate: Nach 17 Wochen vollständig vitamin-C-freier Diät Erweiterung und Keratose der Haarbälge, die schließlich Blutungen und charakteristische «Skorbutflecken» aufweisen; nach 26 Wochen Veränderungen der Gingiva. Weitere klinische Symptome: Rücken- und Gliederschmerzen, ausgeprägt Akne, Ecchymosen, Ödeme der Knie. Bei einigen Patienten wurden auch Herzstörungen und das Aufflackern einer alten Knochentuberkulose beobachtet. Erythro- und Leucocytenzahl sowie die Blutgerinnungszeit blieben normal. Die gewöhnlichen Kapillarresistenzprüfungen zeigen keine Abhängigkeit vom Grad des Vitaminmangels. Gegen das Ende des Versuchs beobachtete man ein Verringern der Wundnarbung. Bei Tagesdosen von 10 mg verschwanden die Skorbutsymptome vollständig, während die Hautveränderungen nach 2 Monaten, Gingiva nach 3 Monaten heilten. Es blieben aber starke Ermüdbarkeit und Unfähigkeit zu körperlicher Anstrengung; diese Symptome verschwanden erst auf größere Vitamintagesdosen von 30 mg[7].

Die Antiskorbutwirkung ist bis heute die einzig bekannte spezifische Aktivität des Vitamins C. Trotz vielen Arbeiten auf diesem Gebiete konnte die genaue Rolle des Vitamins im normalen Stoffwechsel noch nicht genau geklärt werden. Man nimmt noch folgende Funktionen an:

a) Wichtige Beteiligung an Redoxsystemen des Organismus. b) Beteiligung am Tyrosin- (Oxydation des L-Tyrosins) und am Folsäuremetabolismus (Umwandlung in den Citrovorumfaktor), was gewisse Beziehungen zwischen Vitamin-C-Mangel und Anämie erklären würde. c) Vitamin C hat über das Wachstum einen Einfluß auf die Morphologie der Gewebe (besonders auf Knochen-, Zahn- und Narbengewebe)[8]. d) Nebennieren: ACTH-Dosen verursachen eine Drüsenhypertrophie mit Abnahme des Vitamingehaltes. Die aktive Form der Nebennierenrindenhormone ist möglicherweise ein Komplex der Corticosteroide zusammen mit wasserlöslichen Vitaminen und hypophysären Verbindungen[9]. e) Antiinfektiöse Wirkung. Ascorbinsäure stimuliert die phagocytäre Aktivität und die Bildung von Antikörpern. Ihre antibakterielle Wirkung beruht entweder auf einer Polysaccharidspaltung der Mikroorganismenmembran oder auf einer Zerstörung der die letztere schützenden Schleimhülle. f) Im allgemeinen scheint das Vitamin C als Antistreßfaktor zu wirken und so dem Organismus die Möglichkeit einer besseren Anpassung an Umweltseinflüsse zu geben (Kälte, Anstrengung, Krankheit usw.)[10].

Die Dehydroascorbinsäure besitzt die gleiche Antiskorbutaktivität wie die Ascorbinsäure. Sie wird im Organismus rasch umgebaut und findet sich weder in den Geweben noch im Harn. Dabei fällt bei peroraler Verabreichung die Aktivität auf ein Drittel derjenigen der L-Ascorbinsäure[11]. Bei Infektionskrankheiten fällt der Blutspiegel der Ascorbinsäure, während derjenige der Dehydroascorbinsäure ansteigt. Die Rekonvaleszenz zeichnet sich durch Umkehrung dieser Verhältnisse aus[12].

Große Dosen injizierter Dehydroascorbinsäure scheinen eine gewisse Toxizität aufzuweisen; beim Meerschweinchen führen diese zu atrophischen Veränderungen an den Haaren, fettiger Degeneration der Leber und zum Tod des Tieres[11].

Therapeutische Anwendung

Die C-Avitaminosen, der Skorbut und die Möller-Barlowsche Krankheit sind die einzigen unbedingten Indikationen für eine Vitamin-C-Therapie. Da der richtige Skorbut kaum mehr beobachtet wird, muß damit gerechnet werden, daß dennoch in vielen Fällen Vitamin-C-Mangel ohne klinische Symptome bestehen kann.

Während der Schwangerschaft, der Lactation, bei Krankheiten und im Alter steigt der Ascorbinsäurebedarf des Organismus. Dasselbe gilt auch für den Neugeborenen bei künstlicher Ernährung. Sehr hohe Dosen sind hierbei aber nicht indiziert, da die Nierenschwelle eine Akkumulation im Organismus wie auch die Überschreitung eines gewissen Blutspiegels verhindert. So genügt eine Tagesdosis von 50–100 mg den Anforderungen; jeder Überschuß würde ohne Nutzeffekt ausgeschieden[10].

Man kann die Ascorbinsäure nicht als wirkliches antibakterielles Mittel betrachten, wenn es auch bei der Therapie durch Vergrößerung der Abwehrmöglichkeiten des Organismus oder durch Beschleunigung der Kräftewiederherstellung während der Rekonvaleszenz eine Hilfsfunktion ausübt.

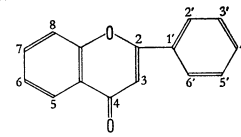
Literatur: *1)* Harris, L. J., *Brit. med. Bull.*, **12**, 57 (1956). *2)* Iggo et al., *Clin. chim. Acta*, **1**, 167 (1956). *3)* Osborne et al., *J. Lab. clin. Med.*, **27**, 1135 (1942). *4)* Vitamin C Subcommittee, Medical Research Council, *Lancet*, **1**, 853 (1948). *5)* Namyslowski, L., *Chem. Abstr.*, **51**, 4518 (1956). *6)* Cass et al., *Geriatrics*, **9**, 375 (1954). *7)* Waife, S. O., *Amer. J. clin. Nutr.*, **2**, 273 (1954). *8)* Irving, J. T., *Vitam. and Horm.*, **15**, 291 (1957). *9)* Ratsimamanga und Nigeon-Dureuil, *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **38**, 183 (1956). *10)* Passmore und Meiklejohn, in: Thompson und King (Hrsg.), *Biochemical Disorders in Human Disease*, London (1957), S. 544. *11)* Clayton et al., *Biochem. J.*, **58**, 542 (1954). *12)* Chakrabarti und Banerjee, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **88**, 581 (1955).

Vitamin P (Citrin)

Szent-Györgyi und Ruszняk[1] hatten im Jahr 1936 aus Paprika und Citronenschalen einen die Kapillarresistenz günstig beeinflussenden Faktor isoliert, den sie Citrin nannten. In der Folge wurde erkannt, daß es sich dabei um ein Gemisch chemisch und physikalisch ziemlich verschiedener Verbindungen aus der Gruppe der Flavone handelte. Es gibt also nicht ein «Vitamin P», sondern eine Gruppe von Verbindungen mit Vitamin-P-Aktivität, so zum Beispiel die Flavone (Phenylchromon), die Flavanone (Hesperidin, Eriodictin), die Flavanole (Rutin) usw. Alle diese Substanzen finden sich in der Natur sehr weit verbreitet, vor allem in Citrusfrüchten und schwarzen Johannisbeeren.

Im Tierreich kommen sie in ziemlich großen Mengen vor allem im Thymus vor[2]. Sie sind schwer wasserlöslich, etwas leichter in Alkalien.

Grundstruktur der Flavonoide[3]:



Einheiten: keine.

Test- und Bestimmungsmethoden

Kein Test. Dosierung der einzelnen Flavonoide.

Physiologie und Funktion

Nach Szent-Györgyi kann das Vitamin P nur bedingt als Vitamin bezeichnet werden, da es nur unter bestimmten pathologischen Bedingungen dem Organismus zugefügt werden muß[2]. Physiologie und Wirkungsmechanismus sind unbekannt.

Da noch nicht bewiesen werden konnte, daß die Flavonoide für irgendein Lebewesen wirklich Vitamincharakter aufweisen, wurde vorgeschlagen, den Ausdruck «Vitamin P» durch «Bioflavonoide» zu ersetzen[3].

Man schreibt ihnen folgende möglichen Eigenschaften zu: a) Permeabilitätsverminderung der Kapillaren, deren Resistenz es im allgemeinen günstig beeinflußt[4]. Diese antihämorrhagischen Eigenschaften können zur Behandlung gewisser Nebenerscheinungen bei der Dicumaroltherapie (Purpura, Blutungen in Nase, Gingiva, Rectum und Blase) verwendet werden[5]. b) Entzündungshemmende Wirkung. Vitamin P wirkt abschwellend auf Ödeme oder verhindert sogar deren Auftreten. c) Antiallergische Eigenschaften. Diese beruhen größtenteils auf der Resorption der Ödeme, sind aber nicht nur eine Antagonisierung des Histamins[6]. d) Einfluß auf die Geschlechtsentwicklung. Die Flavonoide verzögern das Auftreten der Pubertät und können die Fertilität von Versuchstieren vermindern. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen ihrem Vorkommen im Thymus und dessen Atrophie bei der Pubertät[7].

Nach gewissen Autoren wird zur Entfaltung der P-Aktivität Vitamin C benötigt. Anderseits katalysieren die Flavonoide die Ascorbinsäure-Protein-Reaktion der Leber zur Synthese von Interzellularsubstanz[8]. Nach gewissen Untersuchungen kommt dem Vitamin P nur eine sekundäre Wirkung auf die Kapillarresistenz durch Verhinderung der Oxydation des Acetylcholins zu. Schließlich ist Vitamin P befähigt, Adrenalin zu inaktivieren.

Therapeutische Anwendung

Ganz allgemein haben die Flavonoide alle in sie gelegten therapeutischen Hoffnungen enttäuscht. Keines der veröffentlichten Resultate hat der gewissenhaften Kontrolle standgehalten, so daß dem Vitamin P als Pharmakon nur eine sehr geringe oder gar keine Bedeutung zukommt. Die am wenigsten angezweifelte Wirkung ist die Erhöhung der Kapillarresistenz, die aber auch nicht mit Sicherheit erwartet werden kann.

Ein Therapieversuch kann indessen gleichwohl bei der Behandlung der hämorrhagischen Diathese (mit Ausnahme der thrombopenischen Purpura und diabetischer Netzhautblutungen[9]) gemacht werden. Auch zur Prophylaxe und Therapie von Apoplexien, der Hypertension und der Arteriosklerose ist Vitamin P verwendet worden. Vorgeschlagen wurde unter anderem die Anwendung zur Vorbereitung chirurgischer Eingriffe, zur Verhütung hämorrhagischer Nebenerscheinungen bei protrahierter Dicumaroltherapie. Gegen den gewöhnlichen Schnupfen sind die Flavonoide absolut unwirksam; den wenigen publizierten Fällen kommt kaum eine Bedeutung zu. Bei der Behandlung entzündlicher Ödeme und zur Verhütung von Erythemen nach Röntgenbestrahlung ist Vitamin P verwendet worden[10].

Die Verringerung der Fertilität konnte beim Menschen nicht erwiesen werden; die Flavonoide besitzen anderseits eine geringe, therapeutisch unwichtige Östrogenaktivität.

Literatur: *1)* Rusznyák und Szent-Györgyi, *Nature*, **138**, 27 (1936). *2)* Szent-Györgyi, A., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **61**, 732 (1955). *3)* Pearson, W. N., *J. Amer. med. Ass.*, **164**, 1675 (1957). *4)* Javillier und Lavollay, *Helv. chim. Acta*, **29**, 1283 (1946). *5)* Brambel, C. E., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **61**, 678 (1955). *6)* Martin, G. J., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **61**, 646 (1955). *7)* Annotations, *Lancet*, **1**, 443 (1955). *8)* Selsman und Horoschak, *Amer. J. dig. Dis.*, **17**, 92 (1950). *9)* Levitan, B. A., *Amer. J. med. Sci.*, **221**, 185 (1951). *10)* Sokoloff et al., *J. clin. Invest.*, **30**, 395 (1951).

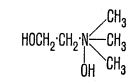
Im folgenden werden Substanzen behandelt, die nur bedingt als Vitamine anzusprechen sind, da sie hinsichtlich ihrer Wirkungsmengen von diesen stark abweichen und deshalb besser als essentielle Nahrungsstoffe zu bezeichnen wären. Cholin und Inosit werden heute dem B-Komplex zugeordnet, obwohl sie biologisch mit diesem in keinem Zusammenhang stehen. Die als Vitamin F bezeichneten ungesättigten Fettsäuren wären der Gruppe der fettlöslichen Vitamine zuzuteilen.

Cholin

Es ist eine starke organische Base, deren Derivate im Tier- und Pflanzenreich weit verbreitet vorkommen (Acetylcholin usw.). Cholin ist auch Bestandteil der Phospholipide (Lecithin usw.).

Cholin ist sehr hygroskopisch, leicht löslich in Wasser und Alkohol, unlöslich in Benzol, Äther und Schwefelkohlenstoff; thermostabil in saurer, thermolabil in alkalischer Lösung. Vor über hundert Jahren von Strecker[1] in der Galle entdeckt, haben jedoch Best et al.[2] seinen Charakter als essentiellen Metaboliten erst im Jahre 1932 erkannt.

Cholin, $C_5H_{15}O_2N$ CHOLIN
Weiße Kristalle von ätzendem, bitterem Geschmack
Molekulargewicht 121,18



Einheit

Keine definierte Einheit. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Chemisch durch Fällung des Reineckats[3]. Mikrobiologisch mit *Neurospora-crassa*-Stämmen, die mit ultraviolettem Licht bestrahlt wurden[4]. Bestimmung bei Anwesenheit des ganzen B-Komplexes nach Bandelin und Tuschhoff[5]. Kolorimetrisch, nicht sehr spezifisch[6]. Durch UV-spektrometrische Bestimmung des Perjodids (5 µg)[7]. Bestimmung mit Tetraphenyl-Bor-Natrium[8].

Vorkommen[9] (Werte in mg/100 g Frischgewicht, wenn nicht anders angegeben)

Das Cholin der Nahrung findet sich hauptsächlich in Eiern, Fleisch, Leguminosen, Getreide- und Milchprodukten. Gemüse, Öle, raffinierte und neutrale Fette wie auch Früchte enthalten wenig oder kein Cholin. Beim Kochen treten keine Verluste auf.

Eier: Eidotter 1500–1700, Eiweiß sehr wenig. *Fleisch:* Leber verschiedener Species 350–650; Nieren 100–300; Muskel 70–140; Magerfleisch 40–120 (meistens über 90). *Fische:* Schellfisch 200; Salm 180; Hering 127; Forelle 87. *Milchprodukte:* Vollmilchpulver 170; Frischmilch 15 mg/100 ml; Käse 50. *Leguminosen*: Sojabohnen 237; getrocknete Bohnen 181; frische Erbsen 55; getrocknete Erbsen 188. *Getreide:* Weizenkeimlinge 400; Haferflocken 151; Weizen und Hafer 30–140 (meistens über 90); Gerste 139; Mais 40; glacierter Reis 88; Brot bis 56; Weißmehl 52. *Verschiedenes:* Sojamehl 280–350; Erdnußmehl 200–300. *Gemüse, Früchte und Pilze:* Rosenkohl 103; Radieschen 48; Spinat 38; Sellerie 17; Petersilie 16; Karotten 4; Pilze 20–70; Kartoffeln, Tomaten, Zwiebeln, Äpfel, Pflaumen, Melonen und Weintrauben enthalten kein Cholin.

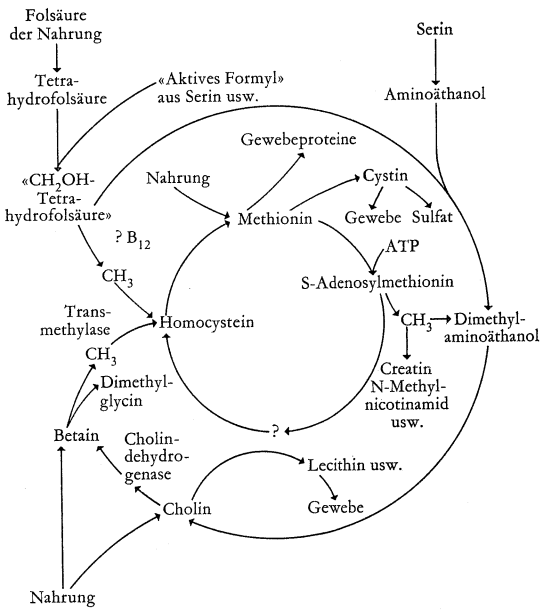
Physiologie und Funktion

Der Tagesbedarf für den Menschen ist nicht genau bekannt und wird auf 250–600 mg geschätzt. Die tägliche Einnahme bei normaler Ernährung beträgt 500–1000 mg[10]. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Darmflora Cholin synthetisiert. Da die Fäces kein Cholin enthalten, muß entweder eine vollständige Resorption oder eine Zerstörung des nach teilweiser Resorption übrigbleibenden Cholins durch gewisse intestinale Mikroorganismen angenommen werden[11, 12]. Nach peroraler Verabreichung von Cholin ist der Blutspiegel nicht und nach intravenöser nur für kurze Zeit erhöht[13]. Nach peroraler Zufuhr finden sich zwei Drittel der aufgenommenen Menge als Trimethylamin (nach gewissen Autoren soll sich diese schon im Darm bilden und den Organismus unverändert passieren), sehr wenig als Cholin im Harn und praktisch nichts in den Fäces[11, 13].

Vom Darm aus gelangt das Cholin hauptsächlich in den Portalkreislauf und wird durch die Cholinoxydase der Leber und der Nieren rasch aus dem Kreislauf entfernt[14]. (Zusammensetzung der Cholinoxydase: Dehydrogenase + Flavinadenosindinucleotid + Cytochrom, eventuell Mg ++. Zur Entfaltung der Enzymaktivität müssen SH-Gruppen vorhanden sein[15].) Der normale Cholin-Serumspiegel beträgt 0,3–1,5 mg/100 ml[16].

Die Mitochondrien der Leberzellen enthalten ein Enzym, das die Bildung von Phospholipiden aus Cholin katalysiert[17]. Über die Biosynthese von Lecithin und Cephalin aus Cholin siehe[18] und S. 398.

Betain, Methionin, Thetin und Proteine können bei Abwesenheit von Cholin bis zu einem gewissen Grade dessen Funktion als Methylgruppendonator übernehmen. Die drei ersteren sind möglicherweise Vorstufen, über die der Organismus bei Bedarf Cholin synthetisieren kann[9].



Biogenese und Übertragungsmechanismen der Methylgruppen[19]

Die Rolle des Acetylcholins im Nervensystem soll hier nicht ausführlich dargestellt werden[20]. Es sei nur erwähnt, daß das Neuron zwei Enzyme, die Cholinacetylase und die Cholinesterase, ausscheidet, von denen die letztere das Acetylcholin zu Cholin und Essigsäure spaltet. Man unterscheidet hierbei die echte oder spezifische Esterase der Substantia grisea von der Pseudo- oder unspezifischen Esterase der Substantia alba, der Glia und der peripheren Nerven[21]. Die Verteilung des Acetylcholins gestattet eine Einteilung in cholinergische und nichtcholinergische Neuronen[22]. Die Acetylcholinsynthese ist bei Abwesenheit von Thiamin und Pantothensäure vermindert. Das Cholin zeigt am Nervensystem im Vergleich zu Acetylcholin eine qualitativ gleiche, aber 1000mal geringere Aktivität.

In der Leber schützt Cholin das Gewebe vor der Verfettung, denn sehr bald nach Beginn einer Mangeldiät (24–48 Stunden bei Ratten und Mäusen) setzt eine zentrale Fettinfiltration der Leber ein (bei Proteinmangel tritt die Infiltration periportal auf)[23]. Nach der langsam fortschreitenden Verfettung folgt eine diffuse Fibrose und schließlich eine Cirrhose (Hund[24], Ratte) mit Bildung maligner Lebertumoren (Ratte)[25, 26]. Gleichzeitiger Mangel an Cholin, essentiellen Fettsäuren und Vitamin B_{12} beschleunigt das Auftreten dieser Tumoren erheblich. Übersicht siehe [27].

Bei Mangeltieren wurden unter anderem folgende Symptome beobachtet: Nierenblutungen (Schwein[28], Kalb[29]) mit Hypertension[30] und Augenläsionen[31, 32], Zurückbildung des Thymus[31, 33], Muskelschwäche[28] oder Muskeldystrophie[34], Hautschädigungen[35] (Schwein, Ratte, Kaninchen), Knochendeformationen[36] (Kücken, Ente, Truthahn).

Zur Ausübung dieser Schutzwirkung benötigt das Cholin essentielle Fettsäuren[37]. Über den genauen Mechanismus ist noch nichts bekannt, es wird aber angenommen, daß das Cholin die Fette in Phospholipide überführt und auf diese Weise ihre Ansammlung in den Leberzellen verhindert[38].

Über die Wirkungsweise des Cholins im Kreislaufsystem ist noch weniger bekannt. Die Mangelratte ist für diese Untersuchungen am geeignetsten und zeigt eine Fettinfiltration des Myocards, die schließlich einen Infarkt verursacht. Unter anderem beobachtet man auch eine Atherosklerose vom MÖNCKEBERGschen Typus mit mehr oder weniger verkalkenden Lipoidablagerungen in der Media und Intima der Aorta und den Coronargefäßen. Da auch die Nieren ähnliche pathologische Veränderungen (Fettablagerungen, Nekroseherde) zeigen, ist es schwierig, Ursache und Wirkung dieser beiden Manifestationen zu trennen[39]. Auf Zufuhr von Cholesterin, essentiellen Fettsäuren und Mitteln gegen Hyperthyreose scheint sich der Zustand zu bessern, doch ist es ungewiß, ob lipotrope Substanzen, wie Cholin, Methionin, Inosit, auf den Blutcholesterinspiegel einen Einfluß haben. Die bisher am Menschen gewonnenen Resultate sind äußerst widersprechend[40].

Cholinmangel hat keinen Einfluß auf die intestinale Fettresorption[41], führt aber zu einer Abnahme der Serumalbumine und zu einer Zunahme der Phospholipide sowie der α- und β-Globuline[42].

Cholin ist für eine Reihe von Mikroorganismen ein unentbehrlicher Wachstumsfaktor, kann aber hierzu durch gewisse Analoga ersetzt werden, die hingegen interessanterweise bei höheren Tieren unter bestimmten Bedingungen als Antagonisten wirken können. Das Cholin hat auch bei höheren Tieren einen günstigen Einfluß auf die Fortpflanzung, die Schwangerschaft und das Wachstum der Nachkommen. Mit Vitamin B_{12} zusammen erleichtert es bei Mäusen die Fortpflanzung und vermindert die Mortalität der graviden Muttertiere und des Wurfs[43]. Mangelsymptome: *Meerschweinchen*[44]: Wachstumshemmung, Anämie, große Mortalität der Jungtiere, blasse und atrophische Nieren (keine Blutungen), keine Fettinfiltration der Leber. *Kaninchen*[45]: Wachstumshemmung, Anämie, Leberverfettung und -cirrhose, Nekrose der Nierentubuli, Creatinurie, progressive Muskeldystrophie, Tod. *Geflügel*[46]: kleine, fettarme Eier, Wachstumshemmung der Kücken. Wachstumshormon führt bei Cholinmangel eher zu einer Verschlechterung der Symptome[47].

Bei Cholinmangel sinkt die Speicherungsfähigkeit der Leber für Carotine, nicht aber für Vitamin A, dessen Verteilung im Organismus unverändert bleibt[48].

Das Cholin des Pflanzenreichs liegt in oxydierter Form als Betain vor. Dieses sammelt sich vor allem in den Blättern und grünen Stengeln an, ist eine Cholinquelle für Pflanzenfresser und kann gelegentlich einen Spareffekt gegenüber Cholin ausüben[49]. Die pflanzliche Cholinsynthese wird durch Nitrate, Ammoniak und Kalium begünstigt[50].

Pharmakologie

Cholin wirkt vasodilatatorisch, wird aber in dieser Beziehung durch das Acetylcholin weit übertroffen.

Therapeutische Anwendung

Zur Leberschutztherapie bei toxischen Lipomatosen und infektiösen Hepatitiden, wobei aber die Aktivität des Cholins im Vergleich zu Methionin, Vitamin E und Proteinen beträchtlich kleiner ist. Mit anderen lipotropen Substanzen zusammen (Vitamin E; B-Komplex, vor allem Vitamin B_{12}) intravenös verabreicht, kann Cholin den Krankheitsverlauf und die Rekonvaleszenz bei Lebererkrankungen verkürzen. Es ist auch bei Leberschutzdiät und toxischen Lebercirrhosen indiziert.

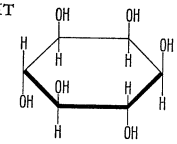
Literatur: *1)* STRECKER, A., *Justus Liebigs Ann. Chem.*, **70**, 149 (1849); **123**, 353 (1862). *2)* BEST et al., *Amer. J. Physiol.*, **101**, 7 (1932). *3)* BEATTIE, F. J. R., *Biochem. J.*, **30**, 1554 (1936); JACOBI et al., *J. biol. Chem.*, **138**, 571 (1941); ENGEL, R. W., ibid., **144**, 701 (1942); GLICK, D., ibid., **156**, 643 (1944). *4)* HOROWITZ und BEADLE, *J. biol. Chem.*, **150**, 325 (1943). *5)* BANDELIN und TUSCHHOFF, *J. Amer. pharm. Ass.*, **40**, 245 (1951). *6)* SAMUELSSON, G., *J. Pharm. (Lond.)*, **5**, 239 (1953). *7)* APPLETON et al., *J. biol. Chem.*, **205**, 803 (1953). *8)* MARQUARDT und VOGG, *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **291**, 143 (1952). *9)* Übersicht siehe BEST et al., *Brit. med. Bull.*, **12**, 9 (1956). *10)* RIDOUT et al., *Biochem. J.*, **52**, 79 (1952). *11)* DE LA HUERGA et al., *J. clin. Invest.*, **32**, 1117 (1953). *12)* BENNETT, M. A., *J. biol. Chem.*, **163**, 247 (1946); BENNETT und TOENNIES, ibid., **163**, 235 (1946). *13)* GABUZDA, G. J., *J. Amer. med. Ass.*, **160**, 969 (1956). *14)* ROHSE und SEARLE, *Fed. Proc.*, **12**, 118 (1953). *15)* KENNEDY und WEISS, *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 250 (1955). *16)* SCHLEGEL, J. U., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **70**, 695 (1949). *17)* ARTOM, C., *J. biol. Chem.*, **213**, 681 (1955). *18)* ROTHSCHILD et al., *J. biol. Chem.*, **208**, 41 (1954). *19)* JUKES, M., *Proceedings of the 6th Congress of the International Society of Haematology*, nach BROQUIST, H. P., *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 285 (1958). *20)* Übersicht siehe FELDBERG, W. S., *Brit. med. Bull.*, **6**, 312 (1950). *21)* NACHMANSOHN und ROTHENBERG, *J. biol. Chem.*, **158**, 653 (1945); FELDBERG, W. S., *Pharmacol. Rev.*, **6**, 85 (1954); HEBB und WAITES, *J. Physiol. (Lond.)*, **132**, 667 (1956). *22)* MENDEL und RUDNEY, *Science*, **100**, 499 (1944). *23)* HARTROFT, W. S., *Anat. Rec.*, **106**, 61 (1950); BUCKLEY und HARTROFT, *Arch. Path. (Chicago)*, **59**, 185 (1955). *24)* CHAIKOFF und CONNOR, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **43**, 638 (1940). *25)* COPELAND und SALMON, *Amer. J. Path.*, **22**, 1059 (1946). *26)* ENGEL et al., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **49**, 49 (1947); SCHAFFER et al., *Cancer Res.*, **10**, 786 (1950). *27)* SCHWARZ, K. (Hrsg.), *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **57**, Art. 6 (1954). *28)* NEUMANN et al., *J. Nutr.*, **36**, 195 (1949). *29)* JOHNSON et al., *J. Nutr.*, **43**, 37 (1951). *30)* HARTROFT und BEST, *Brit. med. J.*, **1**, 423 (1949). *31)* GRIFFITH und WADE, *J. biol. Chem.*, **131**, 567 (1939).

32) Bellows und Chinn, *Arch. Ophthal. (Chicago)*, **30**, 105 (1943). *33)* Christensen, K., *J. biol. Chem.*, **133**, XX (1940). *34)* Hove und Copeland, *J. Nutr.*, **53**, 391 (1954). *35)* Wilgram, G. F., nach Best et al., *Brit. med. Bull.*, **12**, 9 (1956). *36)* Jukes und Almquist, *Ann. Rev. Biochem.*, **11**, 511 (1942). *37)* Engel, R. W., *J. Nutr.*, **24**, 175 (1942). *38)* DiLuzio und Zilversmit, *J. biol. Chem.*, **205**, 867 (1953). *39)* Wilgram et al., *Science*, **119**, 842 (1954); id., *Brit. med. J.*, **2**, 1 (1954); id., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **91**, 620 (1956); Wissler et al., *Arch. Path. (Chicago)*, **57**, 333 (1954); Baxter und Goodman, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **89**, 682 (1955). *40)* Morrison, L. M., *Angiology*, **4**, 123 und 130 (1953); id., *Geriatrics*, **8**, 649 (1953); Greenberg und Bruger, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **84**, 87 (1953); Duff und Meissner, *Arch. Path. (Chicago)*, **57**, 329 (1954); Goldbloom et al., *Amer. J. dig. Dis.*, **21**, 152 (1954). *41)* Steggerda, F. R., *Ann. Rev. Physiol.*, **17**, 129 (1955). *42)* Fischer und Garrity, *J. biol. Chem.*, **204**, 759 (1953); **206**, 345 (1954). *43)* Mirone, L., *Amer. J. Physiol.*, **179**, 49 (1954). *44)* Reid, M. E., *Fed. Proc.*, **13**, 474 (1954). *45)* Hove et al., *J. Nutr.*, **53**, 377 (1954); Hove und Copeland, ibid., **53**, 391 (1954). *46)* Burns und Ackerman, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **89**, 420 (1955). *47)* Hall und Bieri, *Endocrinology*, **53**, 661 (1953). *48)* Clayton und Baumann, *J. Nutr.*, **27**, 155 (1944); Davis et al., *J. Dairy Sci.*, **39**, 440 (1956). *49)* Cromwell und Rennie, *Biochem. J.*, **55**, 189 (1953); **58**, 318 (1954). *50)* Ahmad und Karim, *Biochem. J.*, **55**, 817 (1953).

Mesoinosit (Inosit, Myoinosit)

Der Mesoinosit findet sich in der Natur frei oder in Verbindungen (zum Beispiel Phytinsäure). Er ist wasserlöslich, unlöslich in organischen Lösungsmitteln, säure- und alkalibeständig.

Mesoinosit, $C_6H_{12}O_6$ MESOINOSIT
Molekulargewicht 180,16
Schmelzpunkt 225–226 °C



Von den acht möglichen Cis-trans-Isomeren kommen die optisch aktiven *d*- und *l*-Formen, das Racemat und auch andere Isomere in der Natur vor. 1942 gelang es Posternak und Fischer, die Konfiguration des Mesoinosits abzuklären[1].

Einheit

Keine definierte Einheit. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Chemisch[2] oder biologisch mit weißen Mäusen[3]. Mikrobiologisch mit *Saccharomyces cerevisiae*[4], *S. carlsbergensis*[5], *Neurospora crassa*[6], *Kloeckera brevis*[7] u. a. Chromatographische Trennung der Phosphate[8]. Spektrophotometrische Bestimmung[9].

Vorkommen (Werte in mg/100 g Frischgewicht, wenn nicht anders angegeben)

Hefe 500; ungereinigte Leberextrakte 200–300; Ochsenleber 340; Weizenmehl 110; Hafer 100; Brot bis 64; Milch 50 mg/100 ml.

Physiologie und Funktion

Mesoinosit ist im Pflanzenreich sehr weit verbreitet, hauptsächlich als Phytinsäure (Hexaphosphat) und dessen Calcium-Magnesium-Salz (Phytin). Es finden sich aber auch Mesoinositmono- und -triphosphate.

Gehirn und Lymphknoten enthalten im Vergleich zum Serum fast dreimal so viel Inosit, vor allem als Phospholipide und Diphosphoinositid der Cephaline. Im Muskel scheint der Inosit an ein Protein gebunden zu sein. Der Inosit der Gewebe und der größte Teil desjenigen des Serums ist an Lipide gebunden[10]. Sperma und das Sekret der Samenbläschen der Suidae enthalten große Mengen Inosit[11].

Der Inosit der Nahrung wird rasch von Leber, Lunge, Gehirn, Pancreas und vor allem von den Nieren aufgenommen. Sehr wahrscheinlich sind die Zellen in gewissen Fällen fähig, Inosit zu synthetisieren[12]. Für bestimmte Mikroorganismen ist der Inosit ein unentbehrlicher Wachstumsfaktor; auch gewisse höhere Tiere sind auf Zufuhr angewiesen (Maus, Ratte, Meerschweinchen, Hamster, Kücken). Seine Bedeutung für die menschliche Ernährung ist noch ziemlich unklar[13]. Die benötigte Tagesdosis wird auf ungefähr 1 mg/2500 cal geschätzt[14].

Der Plasmaspiegel beträgt 0,37–0,76 mg/100 ml[15]. Täglich werden durchschnittlich 0,648 mg mit dem Schweiß[16] und 35–85 mg im Harn ausgeschieden, wobei die Ausscheidungsmenge vom Harnvolumen unabhängig, bei Diabetes mit Glycosurie aber stark erhöht ist. Da sich bei Besserung der Glycosurie die Inositausscheidung normalisiert, muß ein Resorptionsmechanismus in der Niere bestehen, der durch die Erhöhung der Glucosekonzentration gehemmt wird[17].

Der hohe Inositgehalt des Gehirns läßt auf eine Funktion im nervösen Metaboliten schließen[18]. Inosit hat keinen Einfluß auf die Samenzelle und scheint im Sperma nur als Osmoregulator zu wirken. Der Inositgehalt des Spermas kann zur Bestimmung der Sekretionsaktivität der Samenbläschen dienen[11].

Im allgemeinen Metabolismus beteiligt sich der Inosit beim Fetttransport in Form der Phosphoinositide, und seine Derivate kommen als Zwischenprodukte beim Übergang von aliphatischen zu aromatischen Verbindungen in Frage[19]. Die Aktivität der α-Amylase ist bei Inositmangel stark erniedrigt[20].

Die lipotrope Wirkung des Inosits zeigt sich eigenartigerweise nur bei *fettfreier Diät*, wobei er gegen Cholesterininfiltration wirksam, gegen Neutralfettinfiltration aber unwirksam ist. Der Schutzmechanismus scheint auf einer Methioninliberation aus den Proteinen zu beruhen. Diese lipotrope Wirkung wurde auch in Fällen von gastrointestinaler Carcinomatose beobachtet. Inosit und Cholin, zusammen verabreicht, zeigen eine bessere Wirkung als die einzelnen Substanzen[21].

Der Inosit ist ein wichtiger, wenn auch nicht absolut unentbehrlicher Faktor für die Zellteilung (normal und cancerös) und dadurch auch für das Wachstum von Jungtieren[22]. Der im Vergleich zum mütterlichen Blut höhere fötale Blutspiegel, der zu keinem Anstieg des mütterlichen führt, das Fehlen eines transplacentären Austauschs sowie einer placentären Synthese weisen auf eine fötale Inositsynthese hin. Bei Zwillingsschwangerschaften ist der Blutinositspiegel höher als bei Einzelschwangerschaften. Zwei Wochen nach der Geburt hat der Säugling einen der Mutter entsprechenden Serumspiegel[23].

Inositmangel führt bei Mäusen und Ratten zu Gewichtsverlust und Alopecie[24], ein Mangelzustand, der nach neuen Ergebnissen durch den Antimetaboliten γ-Hexachlorcyclohexan ausgelöst werden kann und sich bei Ratten nach 10–12 Wochen bemerkbar macht[20]. Bei Hunden führt Inositmangel zu einer Verlangsamung der Peristaltik von Magen und Jejunum[25].

Der hohe Gehalt vieler Cerealien an Phytinsäure ist deshalb von Bedeutung, weil diese ein unlösliches Calciumsalz bildet, wodurch Calcium und Phosphor der Pflanzen vom Organismus nur teilweise oder überhaupt nicht verwertet werden können. Die Phytinsäure vermag auch das Calcium anderer Nahrungsmittel, so zum Beispiel der Milch, zu binden, woraus sich die rachitogene Wirkung des Hafers und anderer Cerealien erklärt. Hefegebäck ist nicht rachitogen, weil die Phytinsäure bei der Hefegärung zerstört wird. Auch Eisen wird, in geringerem Ausmaß als Calcium, durch die Phytinsäure immobilisiert.

Therapeutische Anwendung

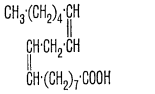
Bei Leberschutzdiät, Steatosen, Arteriosklerose und gastrointestinaler Atonie.

Literatur: *1)* Posternak, T., *Helv. chim. Acta*, **25**, 746 (1942); Fieser und Fieser, *Lehrbuch der organischen Chemie*, Weinheim (1954), S. 562. *2)* Gregory, R. A., *Biochem. J.*, **29**, 2798 (1935). *3)* Woolley, D. W., *J. biol. Chem.*, **136**, 113 (1940); **139**, 29 (1941); *J. Nutr.*, **21**, Suppl., 17 (1941). *4)* Woolley, D. W., *J. biol. Chem.*, **140**, 453 (1941); *J. exp. Med.*, **75**, 277 (1942). *5)* Atkin et al., *Indian Eng. Chem. Anal. Ed.*, **15**, 141 (1943). *6)* Beadle, G. W., *J. biol. Chem.*, **156**, 683 (1944). *7)* Burkholder et al., *J. Bact.*, **48**, 385 (1944). *8)* Consden et al., *Biochem. J.*, **41**, 590 (1947); Hecht und Mink, *Biochim. biophys. Acta*, **8**, 641 (1952); Hack, M. H., *Biochem. J.*, **54**, 602 (1953). *9)* LeBaron et al., *Fed. Proc.*, **16**, 209 (1957). *10)* Maibauer, D., *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak.*, **225**, 131 (1955); Herken und Maibauer, *Klin. Wschr.*, **32**, 1113 (1954). *11)* Mann, T., *Proc. roy. Soc. B*, **142**, 21 (1954). *12)* Agranoff, B. W., *Fed. Proc.*, **16**, 379 (1957). *13)* Pett, L. B., *Vitam. and Horm.*, **13**, 213 (1955). *14)* Williams, R. J., *J. Amer. med. Ass.*, **119**, 1 (1942). *15)* Sonne und Sobotka, *Arch. Biochem.*, **14**, 93 (1947). *16)* Johnson et al., *J. biol. Chem.*, **161**, 357 (1945). *17)* Daughaday und Larner, *J. clin. Invest.*, **33**, 326 (1954). *18)* Herken und Maibauer, *Klin. Wschr.*, **32**, 1113 (1954). *19)* Cornatzer und Simonson, *Abstr. Amer. chem. Soc. 126th Meeting* (1954), S. 54 C; Barker und Bourne, *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **7**, 137 (1952). *20)* Ramachandran und Sarma, *Indian J. med. Res.*, **42**, 201 (1954). *21)* Best, C. H., *Diabetes and Insulin and the Lipotropic Factors*, Springfield (1948); Hartmann, F., *Naturwissenschaften*, **41**, 231 (1954); Abels et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **54**, 157 (1943). *22)* Eagle et al., *Science*, **123**, 845 (1956). *23)* Campling und Nixon, *J. Physiol. (Lond.)*, **126**, 71 (1954). *24)* Woolley, D. W., *Science*, **92**, 384 (1940); *J. biol. Chem.*, **139**, 29 (1941). *25)* Martin et al., *Amer. J. dig. Dis.*, **8**, 290 (1941); **9**, 268 (1942).

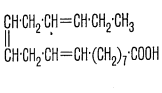
Vitamin F[1]

Als Vitamin F wird eine Gruppe höherer, ungesättigter, essentieller Fettsäuren bezeichnet. Im Jahre 1929 wurde deren therapeutische Wirkung bei den durch fettfreie Diät hervorgerufenen Leberschäden entdeckt[2]. Die hauptsächlichsten Vertreter dieser Gruppe sind die Linol-, Linolen- und Arachidonsäure. Gewisse Autoren zählen auch noch andere ungesättigte Fettsäuren, wie zum Beispiel die Clupanodonsäure, dazu, deren biologische Aktivität jedoch unsicher ist. Bis heute konnte nur die Linolsäure auf synthetischem Wege erhalten werden[3].

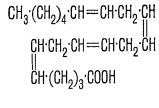
Linolsäure, $C_{18}H_{32}O_2$
Farbloses Öl
Molekulargewicht 280,45



Linolensäure, $C_{18}H_{30}O_2$
Farbloses Öl
Molekulargewicht 278,44



Arachidonsäure, $C_{20}H_{32}O_2$
Molekulargewicht 304,48



Einheit. Keine.

Test- und Bestimmungsmethoden[4]

Chemisch. Spektrophotometrische Bestimmung (sehr empfindlich), hauptsächlich für pflanzliche Produkte, bei tierischen nicht immer anwendbar.

Wachstumstest nach GREENBERG durch Vergleich der biologischen Aktivität des zu untersuchenden Materials mit einer standardisierten essentiellen Fettsäure. Diese Methode stützt sich auf die Tatsache, daß die Gewichts- und die Umfangszunahme des Versuchstiers praktisch proportional der Menge und Aktivität an essentiellen Fettsäuren sind[5]. Methode nach THOMASSON unter Auswertung der bei Mangel auftretenden Störungen des Wasserhaushalts[6].

Vorkommen

Vitamin F findet sich in allen tierischen und vor allem in pflanzlichen Fetten. Die letzteren enthalten nur Linol- und Linolensäure, die tierischen auch Arachidonsäure[7].

Essentielle Fettsäuren in Prozent[4, 8]: Öle verschiedener Samen: Sonnenblume 68; Soja 66,9 (58,8 Linolat und 8,1 Linolenat); Baumwolle 35–50; Sesam 40,4; Erdnüsse 13–27; Olive 4–14; Weizenkeimöl 44–52; Speck 5–11; Butter 1,9–4; Milch 0,15–0,23. Lebertran enthält kein Vitamin F.

Zwischen dem Gehalt der mannigfachen Öle (Nußöl 75,5% Linolat und 10% Linolenat; Hanfsamenöl 68,8 und 24,3; Mohnsamenöl 62,2; Weizensamenöl 39,1) und ihrem biologischen Wert bestehen jedoch große Unterschiede (für die obenerwähnten Öle nicht bestimmt).

Beim Tier hängt der Gehalt oft von der Art und der Ernährung ab. Eidotter, Geflügel und Schweinefett enthalten die größten Mengen (Eidotter bis 41,9% Linolat und 10% Linolenat; Schweinefett 38,9 und 0,5); Rinder- und Schafsfett weniger (Rind 5,3% Linolat und 0,5% biologisch aktives Arachidonat).

Physiologie und Funktion

Nicht alle ungesättigten Fettsäuren besitzen «Vitamin»-Effekt, die Ölsäure zum Beispiel hat entgegen der allgemeinen Annahme überhaupt keine biologische Aktivität. Es scheint, daß diese nur bei Säuren mit Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen 6–7 und 9–10 auftritt[6]. Das Tier deckt seinen Bedarf an Vitamin F aus den weitverbreiteten pflanzlichen Vorkommen, vor allem an Linolsäure. Die Umwandlung von einer Säure in eine andere, meist von Linol- und Linolensäure in Arachidonsäure, findet mit Hilfe von Pyridoxin (Linolat + Acetat → Arachidonat) in den Geweben statt, ja man kann die ersteren beiden sogar als Vorstufen der allein aktiven Arachidonsäure betrachten[9].

Die essentiellen Fettsäuren werden in Form von Phospholipiden gespeichert und vom Organismus so sparsam verwendet, daß selbst nach einem Jahr Mangeldiät noch 50% der Leberreserven vorhanden sind, obwohl anderseits ein massiver Abbau der Körperfette erfolgt. Der Tagesbedarf ist unbekannt, wechselt mit der Ernährungsart und ist beim Männchen im allgemeinen höher als beim Weibchen[10].

Vitamin F, an Enzyme gebunden, ist bei der oxydativen Phosphorylierung in den Mitochondrien der Leberzellen beteiligt[11].

Vitamin F reguliert den Blutcholesterinspiegel und verhindert die Fettablagerung in den Wänden der Blutgefäße, besonders der Aorta, wobei bemerkenswerterweise der Grad dieser Fettinfiltrationen proportional dem Cholesteringehalt des Blutes ist[12]. Man hat durch Vitamin F auch eine Resistenzverbesserung der Hautkapillaren beobachtet[13].

Die Schutzwirkung gegen Röntgenschäden scheint auf einer durch Freisetzung essentieller Fettsäuren im Subkutanfett begünstigten Gewebsregeneration zu beruhen[14].

Eine F-Avitaminose führt bei Ratten und Mäusen zu einer Hemmung und nach 8–10 Wochen zu einem Stillstand des Wachstums[5]. Nach langem, stationärem Zustand tritt progressive Abmagerung und Tod ein. Begleitsymptome: Erhöhung des Grundumsatzes, Störungen im Fett- und Wasserhaushalt, Hautläsionen (Dermatitis), Haarausfall und Alopecie, Nierendegeneration und Verlust der Sexualfunktionen.

Junge Mangelhunde zeigen eine Ausreifehemmung der epithelialen Zellen und der Hautorgane (Haare, Talg- und Schweißdrüsen).

Vitamin F spielt eine wichtige Rolle bei der Fortpflanzung, die bei Mangelzuständen durch Sterilität des Männchens und mangelhafte Lactation schwer gestört ist. Die Kopulation ist noch möglich, aber die Anzahl der Totgeburten und die Mortalität der Neugeborenen während der ersten Lebenstage ist stark erhöht[15].

Beim Menschen ist es unmöglich, eine alimentäre F-Avitaminose auszulösen, man erreicht nur einen starken Abfall des Blutspiegels. Gewisse Ekzeme werden auf einen relativen Mangel an Vitamin F zurückgeführt, bei dem im übrigen auch eine Abnahme der Fette im Blut eintritt[16].

Therapeutische Anwendung

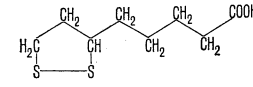
Der günstige Einfluß des Vitamins F auf die Wundvernarbung zeigt sich bei der Behandlung von Ulcera, Verbrennungen und gewissen ekzematösen Dermatitiden. Man verwendet es auch als lipotropen Faktor[17].

Literatur: *1)* Übersicht siehe STANGL, E., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **23**, 164 (1951). *2)* BURR und BURR, *J. biol. Chem.*, **82**, 345 (1929). *3)* RAPHAEL und SONDHEIMER, *J. chem. Soc.*, **1950**, 2100; WALBORSKY et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **73**, 2590 (1951); GENSLER und THOMAS, ibid., **73**, 4601 (1951). *4)* Übersicht siehe DEUEL, Jr., und REISER, *Vitam. and Horm.*, **13**, 29 (1955). *5)* DEUEL, Jr., et al., *J. Nutr.*, **40**, 351 (1950). *6)* THOMASSON, H. J., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **25**, 62 (1953). *7)* DEUEL, H. J., Jr., *Progr. Chem. Fats and other Lipids*, **2**, 99 (1954). *8)* BICKNELL und PRESCOTT, *The Vitamins in Medicine*, 2. Aufl., London (1946), S. 785. *9)* MEAD et al., *J. biol. Chem.*, **218**, 401 (1956); STEINBERG et al., ibid., **220**, 257 (1956). *10)* GREENBERG et al., *J. Nutr.*, **41**, 473 (1950). *11)* KLEIN und JOHNSON, *J. biol. Chem.*, **211**, 103 (1954). *12)* KINSELL et al., *J. clin. Nutr.*, **1**, 224 (1953); COCHRANE et al., ibid., **1**, 295 (1953); KINSELL, L. W., *J. Amer. diet. Ass.*, **30**, 685 (1954); KRITCHEVSKY et al., *Amer. J. Physiol.*, **178**, 30 (1954). *13)* KRAMÁR und LEVINE, *J. Nutr.*, **50**, 149 (1953). *14)* CHENG und DEUEL, Jr., *Fed. Proc.*, **12**, 410 (1953); CHENG et al., *J. Nutr.*, **52**, 637 (1954); **54**, 201 (1954). *15)* EVANS et al., *J. biol. Chem.*, **106**, 431, 441, 445 (1934); neuere Erkenntnisse siehe DEUEL, Jr., et al., *J. Nutr.*, **54**, 193 (1954). *16)* HANSEN und WIESE, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **52**, 205 (1943). *17)* ROTH, O. A., *Med. Welt*, **20**, 1103 (1951).

α-Liponsäure (Thioctsäure)[1]

Dieser lipotrope Faktor wurde 1941 in der Hefe und in Leberextrakten entdeckt[2]. Auch gewisse Wachstumsfaktoren in Kulturen verschiedener Mikroorganismen konnten als α-Liponsäure identifiziert werden. Sie ist auch Bestandteil von Enzymen und hat verschiedene Bezeichnungen erhalten: Faktor II (Leberextrakte), «acetate replacing factor[3]» oder Pyruvatoxydase-Faktor (Bakterienkulturen)[4], Protogen A oder Protogen B (Enzyme)[5]. Die α-Liponsäure konnte 1951 rein erhalten[6] und 1952 synthetisiert werden[7].

α-Liponsäure, $C_8H_{14}O_2S_2$
Molekulargewicht 206,33



Das Disulfid geht durch Reduktion leicht in die Dithioform über, so daß ein Redoxsystem entsteht.

Einheit

Keine definierte Einheit. Gewicht.

Vorkommen

In kleinen Mengen in der Mehrzahl der Pflanzen wie auch in allen tierischen Geweben mit Ausnahme der Schilddrüse.

Physiologie und Funktion

Die α-Liponsäure soll bei der Photosynthese der Pflanze beteiligt sein, doch ist dies noch umstritten[8].

Im tierischen Organismus spielt sie in erster Linie eine Rolle bei den mit Coenzym A gekoppelten Oxydationen[9]. α-Liponsäure überträgt die Acetylgruppe von der Cocarboxylase auf das Coenzym A und wird darauf mittels DPN wieder zum Disulfid oxydiert (vgl. S. 369). Die Oxydation und Phosphorylierung der Glucose, die Glycolyse und Glucogenese, die Überführung von Milchsäure in Brenztraubensäure und die Oxydation der letzteren sind weitere Mechanismen, bei denen α-Liponsäure beteiligt ist[10]. Sie beschleunigt auch die Acetylierung in der Leber und nimmt am Lipoidstoffwechsel, an der Fettsäuresynthese und der β-Oxydation teil.

Nach Injektion finden sich nur 10–15% im Blut[11], und nach zwei Stunden ist die Gesamtmenge mit dem Harn ausgeschieden[12].

Die Aktivität der α-Liponsäure als Wachstumsfaktor ist, obwohl für gewisse Mikroorganismen erwiesen, für höhere Tiere (Ratte, Kücken) nicht sichergestellt[13, 14]. Die unterschiedlichen, am Kücken erhaltenen Resultate lassen sich möglicherweise durch wechselnde Zusammensetzung der Darmflora erklären[15]. Hühnerembryonen können α-Liponsäure synthetisieren[14].

Ein Mangel, der bei gewissen schweren Hepatitiden auftreten kann, wirkt sich auf die Aktivität des Coenzyms A aus. Die α-Liponsäure hat also eine dem Cystein ähnliche antisteatogene und nekrotrope Wirkung, die sich aber bei hohen Dosen umkehren kann[16].

Therapeutische Anwendung

Die α-Liponsäure ist ein hochwirksames Antidot bei akuter Vergiftung mit Sublimat, Arsenik, Thallium, Arsenobenzolen (sie übertrifft hierbei das BAL) und bei subakuten Vergiftungen mit Phosphor, Tetrachlorkohlenstoff, Kaliumcyanid, Anilin. α-Liponsäure verhindert, prophylaktisch verabreicht, beim Tier das Auftreten eines Alloxandiabetes. Bei Blei-, Uranylnitrat-, Benzol- und Alkoholvergiftungen ist sie unwirksam.

Behandlungsversuche bei chronischen Hepatopathien mit wechselndem Erfolg. Nach gewissen Autoren soll hierbei die α-Liponsäure die vegetativen Symptome beeinflussen und so eine subjektive Besserung und allgemeine Stimulierung des Patienten zur Folge haben. Beim Coma hepaticum, das wahrscheinlich eine Intoxikation der Gehirnzellen durch abnorme Soffwechselprodukte darstellt, können hohe Dosen den Patienten ins Bewußtsein bringen, wobei der Erfolg aber nur vorübergehend ist. Da hierbei der Blutspiegel der α-Ketoglutarate, Pyruvate und Ammoniumderivate konstant bleibt, ist nicht festzustellen, inwieweit die Verabreichung von α-Liponsäure eine kausale Lebertherapie darstellt[17]. Starkes Diureticum, besonders bei Leberstauung.

Dosierung: 10–60 mg subkutan oder besser intravenös[1]. Die therapeutische Dosis beträgt $^1/_{100}$ der letalen[11].

Literatur: *1)* Übersicht siehe ROTH und CRUCHAUD, *Rev. méd. Suisse rom.*, **77**, 574 (1957). *2)* DEWEY, V. C., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **46**, 482 (1941); DEWEY und KIDDER, *Fed. Proc.*, **12**, 196 (1953). *3)* GUIRARD et al., *Arch. Biochem.*, **9**, 381 (1946). *4)* DOLIN, M. I., *J. Bact.*, **69**, 51 (1955). *5)* SNELL und BROQUIST, *Arch. Biochem.*, **23**, 326 (1949); PATTERSON et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 1823 (1954). *6)* REED, L. J., *Physiol. Rev.*, **33**, 544 (1953); REED und NIU, *J. Amer. chem. Soc.*, **77**, 416 (1955). *7)* BROCKMANN et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 3455 (1952). *8)* CALVIN, M., *Fed. Proc.*, **13**, 697 (1954); id., *Angew. Chem.*, **68**, 253 (1956); BRADLEY und CALVIN, *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.)*, **41**, 563 (1955); GRISEBACH, H., *Dtsch. med. Wschr.*, **81**, 145 (1956). *9)* SEAMAN, G. R., *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 1712 (1954). *10)* BORNSTEIN und HARTMAN, **176**, 788 (1955); GUNSALUS et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 1763 (1956). *11)* COVELLO, M., *Prod. pharm.*, **12**, 87 (1957). *12)* PATTERSON et al., *Amer. J. clin. Nutr.*, **4**, 269 (1956). *13)* DEBUSK und WILLIAMS, *Arch. Biochem.*, **55**, 587 (1955). *14)* STOKSTAD et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **92**, 88 (1956). *15)* SUPPLEE et al., *Arch. Biochem.*, **61**, 140 (1956). *16)* LARIZZA, P., *Minerva med. (Torino)*, **47** I, 581 (1956); LARIZZA und GRIGNANI, ibid., **47** II, 527 (1956). *17)* RAUSCH, F., *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 32 (1955); STEIGMANN und CANAHUATI, *Fed. Proc.*, **15**, 487 (1956); SUMMERSKILL et al., *Amer. J. Med.*, **23**, 59 (1957).

Im folgenden werden vitaminartige Faktoren beschrieben, die entweder noch nicht isoliert werden konnten oder deren Wirkung nur wenig bekannt ist.

Vitamin B_3, B_4, B_5

Existenz umstritten. Möglicherweise ist B_3 mit Pantothensäure[1] und B_5 mit Pyridoxin oder Nicotinsäure[2] identisch. B_4 läßt sich durch ein Gemisch von Arginin, Glycin und Cystin ersetzen[3].

Vitamin B_{13} (Faktor des polierten Reises)

Isolierbar aus poliertem Reis und Leberextrakten. Aktiviert das Wachstum von Ratten. Möglicherweise ist Orotsäure ein Bestandteil des Vitamins[4].

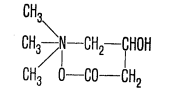
Vitamin B_{14}

In kristalliner Form aus menschlichem Harn erhalten. Struktur noch unbekannt, enthält Stickstoff und Phosphor, nicht aber Schwefel und Cobalt. Beeinflußt die Zellteilung (Heilung von Anämien, die durch Sulfonamide entstanden sind)[6].

Vitamin B_T (Carnitin)

Sehr hygroskopische Base. Leicht löslich in Wasser und Äthanol.

DL-**Carnitin**, $C_7H_{15}O_3N$
Linksdrehende Kristalle
Molekulargewicht 161,21
Schmelzpunkt 195–197 °C



Vorkommen[6]: Beinahe überall verbreitet. Hauptquelle: Muskelgewebe der Wirbeltiere (48–260 mg/100 g Frischgewicht).

Carnitin ist für gewisse Mikroorganismen unentbehrlich und ein Wachstumsfaktor für verschiedene Insekten, wie Mehlwurm, *Tenebrio molitor*. Vertebraten können Carnitin synthetisieren.

Über die Bedeutung des Carnitins für den Stoffwechsel ist nur wenig bekannt. Es scheint bei der Fettverwertung beim Tier beteiligt zu sein und vermag Acetylgruppen auf Coenzym A zu übertragen.

Im Muskel wirkt es analog dem Acetylcholin. Seine Ester beeinflussen die Kontraktion und die Muskelrelaxation[7]. Das synthetische Dicamitin kann natürliches Carnitin in seiner Wirkung ersetzen, hemmt die ganglionäre Übertragung und wirkt als Parasympathicomimeticum auf die sympathischen Synapsen[8].

Carnitin wurde zur Stimulierung des Appetits und der Verdauungssekretion bei Frühgeburten und Kleinkindern angewandt. Seine sehr geringe Toxizität gestattet eine Verabreichung von 10–30 mg/kg Tagesdosen über mehrere Monate.

Vitamin J (Vitamin C_2, antipneumonisches Vitamin)

Vorkommen: Saft von Citronen, schwarzen Johannisbeeren und Holunder. Struktur unbekannt, Vitamincharakter sehr umstritten.

Vitamin L_1 und L_2 (Lactationsvitamine)

L_1 (aus Rindsleber) ist wahrscheinlich mit Anthranilsäure, L_2 (Hefe) mit Adenylthiomethylpentose identisch[9]. Als Mangelerscheinungen treten schwere Lactationsstörungen auf[10].

Vitamin T (Termitin, Torutilin)

Isoliert aus den Extraktfetten von Termiten und anderen Insekten[11] sowie aus Mehlkäferlarven. Struktur unbekannt.

Vitamin T ist ein Wachstumsfaktor für den Mehlwurm und seine Larve. Bei Schweinen und Kälbern regt es größere Freßlust an und beschleunigt das Wachstum[11, 12].

Vitamin U

Thermolabiler Faktor. Vorkommen: grüne Gemüse, Milch, Eidotter u. a. Soll beim Meerschweinchen das Auftreten von Ulcera verhindern, die durch Histamin entstehen, und die Abheilung von schon bestehenden anregen[13].

Literatur: *1)* WILLIAMS und WATERMAN, *J. biol. Chem.*, **78**, 311 (1928). *2)* CARTER et al., *Biochem. J.*, **24**, 1844 (1930); MACRAE und EDGAR, ibid., **31**, 2225 (1937). *3)* READER, V., *Biochem. J.*, **23**, 689 (1929); BRIGGS, Jr., et al., *J. biol. Chem.*, **150**, 11 (1943). *4)* Übersicht siehe HAÜGE, S. M., *Symposium on B-Vitamins*, Abstracts, Austin, Texas (1953), zitiert nach JOHNSON, B. C., *Ann. Rev. Biochem.*, **24**, 419 (1955). *5)* NORRIS und MAJNARICH, *Science*, **109**, 32 (1949). *6)* Übersicht siehe STEKOL, J. A., *Ann. Rev. Biochem.*, **26**, 611 (1957). *7)* STRACK und FÖRSTERLING, *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **295**, 377 (1953). *8)* LECLERCQ, J., *Biochim. biophys. Acta*, **13**, 160 (1954). *9)* UGAMI, S., *Kagaku no Ryoiki*, **1**, 50 (1947), zitiert nach DORNOW und PETSCH, *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 536 (1955). *10)* NAKAHARA et al., *Science*, **87**, 372 (1938). *11)* GOETSCH, W., *Experientia (Basel)*, **3**, 326 (1947). *12)* GOETSCH, W., *Öst. zool. Z.*, **1**, 49 (1946); id., *Naturwissenschaften*, **33**, 149 (1946). *13)* CHENEY, G., *J. Amer. diet. Ass.*, **26**, 668 (1950).

Gonadotropine[1]

Die gonadotropen Hormone sind wasserlösliche Glycoproteine mit einem Molekulargewicht von 30 000–100 000. Sie enthalten Hexosamin als Bestandteil, werden im Organismus nicht gespeichert, sondern entweder im Blut inaktiviert oder mit Ausnahme des Serumgonadotropins schwangerer Stuten im Harn ausgeschieden.

Gonadotropine des Hypophysenvorderlappens

Follikelstimulierendes Hormon

(*F*ollicle-*S*timulating *H*ormone = FSH, Follicle-Ripening Hormone, Prolan A, Gonadotropin I, gametokinetisches Hormon, gametogenes Hormon, Thylakentrin)

Bildungsort

Basophile Zellen des Hypophysenvorderlappens.

Gewinnung

Aus Hypophysen von Mensch, Pferd, Schaf, Schwein.

Einheit und Bestimmung

Keine internationale Einheit. Bestimmung durch Auswertung der Follikelreifung[2] oder Testesgewichtszunahme bei hypophysektomierten, mit einem Überschuß von Choriongonadotropin behandelten Ratten[3]; Ovargewichtszunahme bei mit Choriongonadotropin behandelten infantilen Ratten[2, 4].

Funktion

♀: Stimuliert die Follikelreifung, keine Auslösung des Follikelsprungs und keine Östrogenbildung. Überdosierung führt zur Ausbildung von Follikelcysten.

♂: Stimuliert die Spermiohistogenese bis zur Bildung reifer Spermien und das Wachstum der Tubuli. Hat keinen Einfluß auf das interstitielle Gewebe und somit auch nicht auf die Testosteronproduktion.

Luteinisierungshormon

(LH, *I*nterstitial *C*ell-*S*timulating *H*ormone = ICSH, Prolan B, Gonadotropin II, Gelbkörperreifungshormon, Metakentrin)

Bildungsort

Eosinophile Zellen des Hypophysenvorderlappens.

Gewinnung

Aus Hypophysen von Schaf und Schwein.

Einheit und Bestimmung

Keine internationale Einheit. Bestimmung durch Auswertung der Wiederherstellung des interstitiellen Gewebes[2], der Wachstumszunahme des Ovars[5], der Prostata[6] oder der Vesikulardrüsen[7] bei hypophysektomierten infantilen Ratten. Federpigmentierungstest an Webervögeln[8].

Funktion

♀: Stimuliert den Follikelsprung und die Bildung des Corpus luteum, zusammen mit FSH die Östrogen- und unter Mitbeteiligung von Prolactin die Progesteronproduktion.

♂: Stimuliert die Synthese und Sekretion des Testosterons. Wachstumsanregung der Tubuli und akzessorischen Sexualorgane.

Das **Prolactin** (luteomammotropes Hormon = LMTH, siehe S. 445) besitzt eine luteotrope Wirkungskomponente. Ratten benötigen dieses Hormon zur Progesteronbildung. Die Bedeutung der gonadotropen Wirkung des Prolactins beim Menschen ist umstritten.

Gonadotropine extrahypophysären Ursprungs

Diese finden sich beim Menschen, bei einigen Affenarten und Equiden.

Choriongonadotropin

(*H*uman *C*horionic *G*onadotropin = HCG oder CG, *P*regnancy *U*rine Hormone = PU, *A*nterior-*P*ituitary-*L*ike Hormone = APL)

Bildungsort

Langhanssche Zellen der Chorionzotten der Placenta.

Gewinnung

Aus Schwangerenblut oder -harn, Placenta.

Einheit und Bestimmung

1 internationale Einheit (IE) = Aktivität eines internationalen Standardpräparats von 0,1 mg. Bestimmung durch Auswertung des Gewichtszuwachses der Prostata[9], der Vesikulardrüsen[10] oder beider zusammen[11] bei infantilen Ratten. Auch die Schwangerschaftsteste an Kröten und Fröschen (siehe unten)[23, 26–30] können zur quantitativen Bestimmung herangezogen werden.

Funktion

Übernimmt die Funktion des LH bei der Schwangerschaft, da Östrogene und Progesteron die hypophysäre Sekretion blockieren. Wird HCG in Dosen von 5000–20 000 IE während der Lutealphase gegeben, so verlängert sich der Zyklus um 2 Wochen, und die Uterusschleimhaut zeigt Deciduatypus (Pseudoschwangerschaft).

Serumgonadotropin schwangerer Stuten

(*P*regnant *M*are's *S*erum Gonadotropin = PMS)

Bildungsort

Chorionzellen und Endometrium.

Gewinnung

Serum und Endometrium schwangerer Stuten.

Einheit und Bestimmung

1 internationale Einheit (IE) = Aktivität eines im National Institute for Medical Research, London, aufbewahrten internationalen Standardpräparats von 0,25 mg. Bestimmung durch Auswertung der Gewichtszunahme von Uterus und Ovar bei infantilen Ratten und Mäusen[12].

Funktion

Die Physiologie des PMS ist noch umstritten, da die Hypophyse des Pferdes während der Schwangerschaft, im Gegensatz zur menschlichen, Gonadotropine produziert. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß PMS trotz seinem relativ kleinen Molekulargewicht von ungefähr 30 000 nicht harnfähig ist, was für die Therapie von Bedeutung sein kann[13].

Gonadotropine, die bei pathologischen Zuständen entstehen

Es ist bekannt, daß gonadotrope Hormone bei Chorionepitheliomen beider Geschlechter, Blasenmolen, Hodenatheromen und -karzinomen gebildet werden[14].

Regulation der Gonadotropinsekretion

Die Basalsekretion ist beim Manne konstant, unterliegt aber bei der Frau zyklischen Veränderungen[15]. Die Menge der sezernierten Gonadotropine hypophysären Ursprungs ist umgekehrt proportional der Menge abgesonderter Geschlechtshormone, weshalb zum Beispiel Kastraten einen sehr hohen Gonadotropintiter aufweisen. Daraus ergibt sich klinisch, daß durch Zufuhr größerer Mengen exogener Geschlechtshormone die Gonadotropinsekretion der Hypophyse lahmgelegt und damit sekundär die Gametogenese unterdrückt werden kann.

Die konstante und zyklische Basalsekretion wird durch psychische und sinnliche Eindrücke beeinflußt. Es besteht eine Reaktionskette zwischen der Hypophyse, dem hypothalamischen Sexualzentrum und der Peripherie. Die Übertragung geschieht aller Wahrscheinlichkeit nach mittels adrenergischer Stoffe auf den Hypophysenvorderlappen und kann in einer ersten Phase durch Parasympathicolytica (Atropin), in einer zweiten durch Noradrenalin blockierende Pharmaca unterbrochen werden[16]. Auch durch Barbiturate läßt sich die zentrale Regulierung der Gonadotropinsekretion beeinflussen, was auch schon am Menschen beobachtet wurde[17].

Die Abbildungen 1 und 2 veranschaulichen die Regulation der Gonadotropinsekretion und der reaktiven Bildung der Geschlechtshormone im Ovar während des normalen Zyklus und der Schwangerschaft (nach G. Werth, *Arzneimittelforschung*, **5**, 738 [1955]).

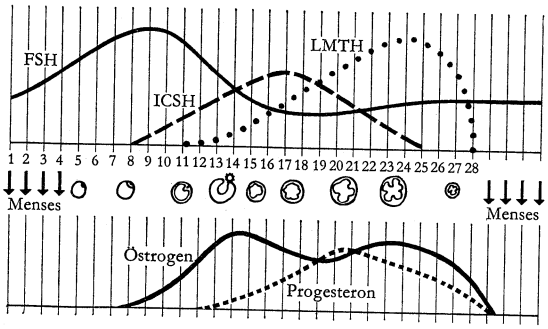


Abb. 1. Regulation der Gonadotropinsekretion im normalen Zyklus.

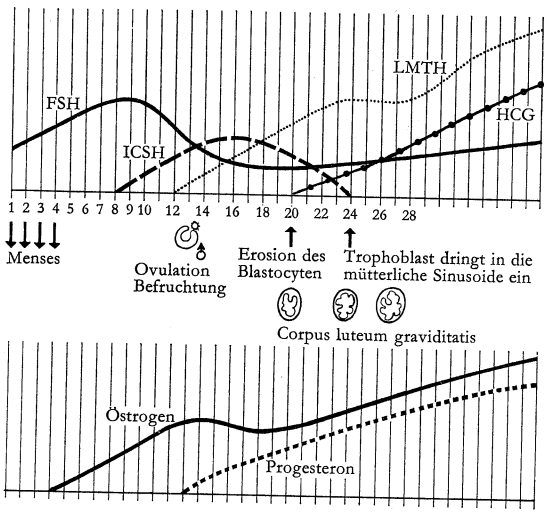


Abb. 2. Regulation der Gonadotropinsekretion während der Schwangerschaft. Die abfallende ICSH-Kurve wird in der Gravidität von der aufsteigenden HCG-Kurve abgelöst. HCG kann im Urin von Schwangeren frühestens am 10. Tag nachgewiesen werden. Die Erosion des Blastocyten erfolgt aber am 6. Tag, das Eindringen des Trophoblasten in die mütterlichen Sinusoide vom 9. Tag an. Es ist demnach möglich, daß zwischen dem 6. und 9. Tag nach der Befruchtung, das heißt zwischen dem 20. und 24. Tag nach der letzten Monatsblutung, die HCG-Produktion erst ganz langsam anläuft und sich dem Nachweis im Harn noch entzieht. Die ansteigende HCG-Produktion stimuliert im HVL die LMTH-Bildung, womit im Ovar die Ausbildung und Erhaltung des Corpus luteum graviditatis sowie die reaktive Mehrbildung von Geschlechtshormonen gewährleistet wird.

Hypophysäre Interrelationen zwischen verschiedenen Hormonsystemen

Diese sind in den Einzelheiten noch nicht aufgeklärt; es ist aber erwiesen, daß bei Streß oder Schilddrüsenausfall (das heißt Überproduktion an Cortico- bzw. Thyreotropin) die Sekretion der Gonadotropine vermindert ist. Hyperthyreoidismus kann auch zu einer Lahmlegung der Gonadotropinsekretion führen.

Diagnostische Bedeutung

Die Bestimmung der Gonadotropine kann verwendet werden zur Feststellung früher Schwangerschaften und zur Diagnose von Blasenmolen und Chorionepitheliomen (Uterus, Ovarien, Testes, Metastasen).

Schwangerschaftsteste mit

Kaninchen: Friedman-Test[18]. 2 Injektionen mit 24-Stunden-Intervall von je 10 ml Testharn in die Ohrvenen weiblicher Kaninchen. Positiv, wenn 48 Stunden nach der zweiten Injektion hämorrhagische Follikel oder Blutpunkte feststellbar sind.

Ratten: Hyperämietest am Ovar (modifizierter Aschheim-Zondek-Test an Mäusen)[19].

Frösche und Kröten: Samenentleerung nach Injektion von Testserum oder -harn in den dorsalen Lymphsack (ursprünglicher Test von Galli-Mainini an *Bufo arenarum*[20]). Weitere Testtiere: verschiedene Frösche je nach Land[21], *Rana pipiens*[22, 23], *Rana nigromaculata*[24], *Rana esculenta*[25, 26], *Bufo bufo*[27], *Bufo marinus*[28], *Bufo viridis*[29]. *Xenopus laevis:* Eiablage nach Injektion von Testflüssigkeit[24, 30, 31].

Therapie

Versuche bei: anovulatorischen Zyklusblutungen, Menometrorrhagien, Amenorrhöe, Hypogonadismus, Oligospermie, Eunuchoidismus, Kryptorchismus, Simmondscher Krankheit[32]; Chiari-Frommel-Syndrom[33].

Literatur

1) Werth, G., *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 409, 735 (1955); **6**, 79 (1956); Loraine, J. A., *Vitam. and Horm.*, **14**, 305 (1956). *2)* Evans et al., *Endocrinology*, **25**, 529 (1939). *3)* Paesi et al., *Acta endocr. (Kbh.)*, **8**, 251 (1951). *4)* Steelman und Pohley, *Endocrinology*, **53**, 604 (1953). *5)* Fevold, H. L., *Endocrinology*, **24**, 435 (1939). *6)* Greep et al., *Endocrinology*, **30**, 635 (1942); McArthur, J. W., *Endocrinology*, **50**, 304 (1952); Loraine und Brown, *Acta endocr. (Kbh.)*, **17**, 250 (1954); *J. Endocr.*, **13**, 1 (1955). *7)* McArthur, J. W., *Endocrinology*, **50**, 304 (1952); Loraine und Brown, *Acta endocr. (Kbh.)*, **17**, 250 (1954). *8)* Witschi, E., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **35**, 484 (1936); Albert, A., *Recent Progr. Hormone Res.*, **13**, 227 (1956). *9)* Loraine, J. A., *J. Endocr.*, **6**, 319 (1950). *10)* Watts und Adair, *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **46**, 183 (1943). *11)* Diczfalusy, E., *Acta endocr. (Kbh.)*, **17**, 58 (1954). *12)* Hamburger, C., in: Emmens, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 173. *13)* Catchpole et al., *Amer. J. Physiol.*, **112**, 21 (1935); Evans und Simpson, in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 2, New York (1950), S. 351. *14)* Zondek, H., *Die Krankheiten der endocrinen Drüsen*, 3. Aufl., Basel (1953), S. 197; McCormick, J. B., *Obstet. and Gynec.*, **3**, 58 (1954); Hamburger, C., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **12**, 190, 200 (1958). *15)* Rakoff, A. E., *Med. Clin. N. Amer.*, **26**, 1915 (1942). *16)* Markee et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **7**, 139 (1952); Sawyer, C. H., *Recent Progr. Hormone Res.*, **7**, 161 (1952); Werth, G., *Arzneimittel-Forsch.*, **5**, 735 (1955). *17)* Westman, A., *Recent Progr. Hormone Res.*, **7**, 160 (1952) (Diskussionsbeitrag zu Markee et al., ibid., **7**, 139 (1952). *18)* Friedman und Lapham, *Amer. J. Obstet. Gynec.* **21**, 405 (1931); Kelly und Woods, *J. Amer. med. Ass.*, **108**, 615 (1937). *19)* Kelso, R. E., *Amer. J. clin. Path.*, **10**, 293 (1940); Salmon et al., *J. clin. Endocr.*, **2**, 167 (1942); *Endocrinology*, **30**, Suppl., 1039 (1942); Kupperman et al., *J. clin. Endocr.*, **3**, 548 (1943); Zondek et al., *J. Amer. med. Ass.*, **128**, 939 (1945); Albert, A., *J. clin. Endocr.*, **8**, 619 (1948); Albert und Berkson, *J. clin. Endocr.*, **11**, 805 (1951); Behrman und Niemann, *Fertil. and Steril.*, **6**, 236 (1955); Berman, R. L., *Fertil. and Steril.*, **7**, 276 (1956). *20)* Galli-Mainini, C., *Sem. méd. (B. Aires)*, **1**, 337 (1947). *21)* Galli-Mainini, C., *J. clin. Endocr.*, **7**, 653 (1947). *22)* Wiltberger und Miller, *Science*, **107**, 198 (1948); Brody, H., *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **57**, 581 (1949); Maier, E. C., *West. J. Surg.*, **57**, 558 (1949); Gardner und Harris, *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **59**, 350 (1950); Greenblatt et al., *J. clin. Endocr.*, **10**, 265 (1950); *Fertil. and Steril.*, **1**, 533 (1950); Benitez et al., *U.S. armed Forces med. J.*, **5**, 815 (1954). *23)* Haskins und Sherman, *Endocrinology*, **44**, 542 (1949); *J. clin. Endocr.*, **12**, 385 (1952). *24)* Freytag et al., *J. Lab. clin. Med.*, **42**, 646 (1953). *25)* Jaubert et al., *Concours méd.*, **74**, 377 (1952); Koch, O., Diss. Zürich (1953). *26)* Lajos et al., *Schweiz. med. Wschr.*, **81**, 815 (1951). *27)* Thorborg und Hansen, *Acta endocr. (Kbh.)*, **6**, 51 (1951). *28)* Wannan, J. S., *Med. J. Aust.*, **2**, 83 (1952). *29)* Bukovics und Wohlzogen, *Acta endocr. (Kbh.)*, **14**, 273 (1953); Wohlzogen, F. X., *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak.*, **217**, 482 (1953). *30)* Hobson, B. M., *Quart. J. exp. Physiol.*, **37**, 191 (1952). *31)* Shapiro und Zwarenstein, *Med. J. S. Afr.*, **9**, 202 (1935); Robbins et al., *New Engl. J. Med.*, **234**, 784 (1946); Dittebrandt, M., *Amer. J. clin. Path.*, **19**, 284 (1949). *32)* MacDonald, A. D., *Practitioner*, **180**, 71 (1958). *33)* Christiansen, E. G., *Acta Endocr. (Kbh.)*, **24**, 407 (1957).

Corticotropin

(Corticotropes Hormon, Adrenocorticotropin, *Adreno*cortico*t*rophic *H*ormone = ACTH)

Chemie[1, 2]

Das aus den Hypophysen von Schweinen oder Schafen gewonnene homogene Protein besitzt ein Molekulargewicht von etwa 10 000 und einen isoelektrischen Punkt von pH 4,7. Ein Abbau des ACTH-Proteins mit Säure oder Pepsin führt zu Peptiden, die ebenfalls volle biologische Aktivität zeigen und von denen bisher in der Struktur aufgeklärt sind: α-Corticotropin (Schaf), β-Corticotropin (Schwein), Corticotropin A (Schwein), Corticotropin B (Schwein) und ein ACTH aus Rindern[3]. Die Aminosäuresequenz dieser Peptide ist unter sich ähnlich und für β-Corticotropin folgende[4]:

Ser . [Tyr] . Ser [. Met . Glu . His . Phe . Arg . Try . Gly] . Lys . [Pro] . Val . Gly . Lys . Lys . Arg . Arg . Pro . Val . Lys . Val . Tyr . Pro . Asp . Gly . Ala . Glu . Asp . Glu(NH_2) . Leu . Ala . Glu . Ala . Phe . Pro . Leu . Glu . Phe

Bemerkenswert ist die Strukturähnlichkeit mit dem Pigmenthormon (MSH) (S. 448) – angezeigt durch den umrandeten Teil der Aminosäuresequenz –, die sich auch in einer MSH-Aktivität des ACTH ausdrückt.

Einheit

1 internationale Einheit (UNO 1951) = Aktivität von 1 mg des internationalen Standardpräparates = Aktivität von 1 mg des ARMOUR-Präparates La-1-A, 1944 dargestellt von MUNSON et al.[5] (Aktivität gemessen mit dem Ascorbinsäuretest nach SAYERS et al.[6]).

Bestimmungsmethoden

Der schnellste und empfindlichste Test ist der Ascorbinsäuretest an der hypophysektomierten Ratte nach SAYERS et al.[6] Die durch Corticotropin stimulierte Hormonproduktion hat eine Verminderung des Ascorbinsäuregehaltes der Nebennierenrinde zur Folge, die bestimmte Zeit nach Injektion der auf ihren Corticotropingehalt zu prüfenden Flüssigkeit im Vergleich zu unbehandelten Versuchstieren gemessen wird.

Andere Bestimmungsmethoden siehe [7].

Bildungsort

Basophile Zellen des Hypophysenvorderlappens[8], möglicherweise auch Placenta[9–11], und Hypophysenhinterlappen[5, 12].

Physiologie

Der Gehalt der Hypophyse des Menschen an ACTH beträgt etwa 2,5 mg/g Gewebe (Trockensubstanz). Die ACTH-Konzentration des Blutes ist gering und dürfte unter 0,5 Milleinheiten je 100 ml liegen[13]. Höhere Werte, die oft in der Literatur zu finden sind, müssen mit einem gewissen Skeptizismus betrachtet werden[14] bzw. wurden unter pathologischen Umständen beobachtet[15] (zum Beispiel in unbehandelten Fällen von ADDISONscher Krankheit).

Die Halbwertzeit von intravenös appliziertem Corticotropin beträgt bei der Ratte etwa 5 Minuten[16].

Funktion

1. Stimulierung des Nebennierenwachstums. Bei Entfernung der Hypophyse atrophiert die Nebenniere.

2. Stimulierung der Nebennierenrindentätigkeit. ACTH vermehrt die Bildung und Sekretion von Corticosteroiden (Cortisol, Corticosteron, Cortexon). Es scheint den Schritt vom Cholesterin zum Pregnenolon bei der Biosynthese der Corticosteroide zu beeinflussen[17]; die weiteren Schritte sind im wesentlichen auf die Anwesenheit hydroxylierender Enzyme angewiesen[18]. Der Grund für die beobachtete mäßige Stimulierung der Aldosteronsekretion[19] durch ACTH scheint in einer erhöhten Sekretion von Corticosteron bzw. Cortexon als Vorstufen von Aldosteron zu liegen. Neuerdings wird vermutet, daß ACTH die Nebennierenphosphorylase stimuliert, die für die Umwandlung von Cholesterin zu Pregnenolon nötig ist[20].

3. Beeinflussung des Ascorbinsäuregehalts der Nebenniere. Eine Zufuhr von ACTH bewirkt eine verstärkte Ascorbinsäureabgabe an das Blut[21]. Anwendung als Test für ACTH siehe oben.

4. ACTH bewirkt wie Cortisol einen Abfall der Eosinophilen im Blut (vgl. S. 461). Injektion von ACTH mit anschließender Zählung der Eosinophilen dient als Funktionstest der Nebennierenrinde (THORN-Test).

5. Die extraadrenalen Wirkungen von ACTH sind in qualitativer Hinsicht ähnlich denen, die sich bei einer Stimulierung der Nebennierenrinde bzw. bei Gabe von Cortisol ergeben; in quantitativer Hinsicht unterscheiden sich jedoch die biologischen Wirkungen[22]. Ähnlich wie das Wachstumshormon wirkt ACTH fettmobilisierend (vorübergehende Ketosis beim Menschen ist möglich[22]) und diabetogen (insulinantagonistisch). Eine nähere Beschreibung der Stoffwechselwirkungen findet sich bei den Corticosteroiden S. 458–462.

Steuerung der ACTH-Sekretion[24, 25]

a) Hormonale Selbstregulierung. Die ACTH-Sekretion der Hypophyse wird durch den Titer der Corticosteroide im Blute umgekehrt proportional gesteuert; ein zunehmender Corticosteroidtiter führt zum Beispiel zu einer abnehmenden ACTH-Sekretion. Die Hypophyse reagiert dabei nicht auf das ganze Nebennierenrinden-Hormonspektrum gleichmäßig, sondern hauptsächlich auf die 11-17-O-Corticosteroide.

b) Nervöse Beeinflussung. Neben der obligaten hormonalen Steuerung dürfte auch eine zentralnervöse Steuerung der ACTH-Sekretion von Bedeutung sein, höchstwahrscheinlich via Hypothalamus. Diese Ansicht wird auch dadurch gestärkt, daß Morphin, Reserpin oder Chlorpromazin, als deren Angriffspunkt der Hypothalamus angenommen wird, eine ACTH-Sekretion blockieren können.

Eine Stimulierung der ACTH-Sekretion erfolgt auch durch Adrenalin und Histamin, möglicherweise durch Ausschalten von natürlich vorkommenden ACTH-Inhibitoren.

Über die Art der Stimulierung des Hypothalamus und die Verbindung Hypothalamus–Hypophyse ist noch nichts Sicheres bekannt. Möglicherweise ist ein hormonartiger Faktor dafür verantwortlich, der vielfach als *C*orticotropin *R*eleasing *F*actor (CRF) bezeichnet wird. Bezüglich der Natur dieses Faktors wurden verschiedene Vorschläge gemacht. So besitzt zum Beispiel Vasopressin CRF-Eigenschaften[26], scheint aber nicht der eigentliche CRF-Faktor zu sein[27]. Auch die Steuerung der ACTH-Sekretion durch den Corticosteroidgehalt des Blutes dürfte auf einen zentralnervösen Mechanismus hinauslaufen, indem die Sekretion von CRF auf Grund einer Wirkung der Corticosteroide auf eine nicht näher bekannte zentralnervöse Struktur gehemmt bzw. verhindert wird[28].

Eine nervöse bzw. nervös-hormonale Kontrolle durch den Hypothalamus scheint sehr wichtig zu sein bei der Reaktion der Hypophyse auf ungünstige Umweltsbedingungen[29]. Bei erhöhter Beanspruchung *(Streß*)* ist eine einwandfreie Funktion der Nebennierenrinde für ein Widerstehen notwendig. Unter diesen Umständen ist eine hinreichende Sekretion von ACTH und damit eine Stimulierung der Produktion von Nebennierenrindenhormonen unerläßlich, um so mehr als die Nebennierenrinde nicht in der Lage ist, größere Mengen von Hormonen zu speichern[30]. Die Reaktion der Hypophyse auf einen «neuralen Streß» beruht möglicherweise auf einer nervösen Kontrolle, während bei einem «systemischen Streß» auch ein direkter Einfluß via Blutkreislauf angenommen werden muß, da nach Durchtrennung des Hypophysenstiels die weiter vorhandene ACTH-Sekretion nicht durch nervöse Reflexe zu beeinflussen ist, dagegen wohl durch Gewebsverletzungen. Die unter Streß beobachtete erhöhte Ausscheidung von Adrenalin[31] dürfte bei der Stimulierung der ACTH-Sekretion keine bedeutende Rolle spielen[32].

Therapeutische Anwendung

Corticotropin-Zinkhydroxyd zeigt verzögerte Resorption nach parenteraler Anwendung gegenüber Corticotropin. Das Hormon wird bei intramuskulärer Gabe zum Teil durch Muskelenzyme inaktiviert. Der Anwendungsbereich ist ähnlich dem der Nebennierensteroide, sofern die Nebennierenrinde funktionsfähig ist. Als Nebenwirkung ist gelegentlich stärkere Pigmentierung der Haut (infolge der MSH-Aktivität) zu beobachten. Kontraindiziert ist Corticotropin in Fällen einer bereits erhöhten Corticotropinproduktion (ADDISONsche Krankheit, adrenogenitales Syndrom bei Jugendlichen). Über therapeutische Anwendung von Corticotropin vgl. auch [33].

---

* Unter Streß sind zu zählen: heftige psychische Erregungen, anstrengende Muskelleistungen, alle größeren Traumen (akzidentelle, obstetrische, chirurgische, medikamentöse usw.; mechanische, blutige, elektrische, toxische; Verbrennungen, Erfrierungen; Traumen durch große Beschleunigung, durch große Druckunterschiede usw.), Kälte- und Hitzeexposition, Bestrahlung mit ionisierenden Strahlen, Diathermie, Ultraschall, Anoxie, Blutungen, Infektionen, Allergeneinwirkungen, Hormonüberdosierung, Fehlernährung, Hunger, Durst, starke atmosphärische Einflüsse, starke Sonnenbestrahlung usw. Über Streß vgl. [32].

Literatur

1) LI, C. H., *Advanc. Protein Chem.*, **11**, 101 (1956). *2)* BEHRENS und BROMER, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 57 (1958); ONCLEY, J. L., *Rev. mod. Physics*, **31**, 30 (1959). *3)* HOFMANN et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **80**, 147 (1958). *4)* SHEPHARD et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 5067 (1956). *5)* MUNSON et al., *Fed. Proc.*, **9**, 208 (1950). *6)* SAYERS et al., *J. biol. Chem.*, **149**, 425 (1943). *7)* GREENSPAN et al., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 205. *8)* ROCHEFORT und SAFFRAN, *Canad. J. Biochem.*, **35**, 471 (1957). *9)* JAILER und KNOWLTON, *J. clin. Invest.*, **29**, 1430 (1950). *10)* JAILER, J. W., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 77. *11)* TARANTINO, C., *Folia endocr. (Pisa)*, **4**, 197 (1951). *12)* MIALHE-VOLOSS, C., *Acta endocr. (Kbh.)*, **28**, Suppl. 35 (1958). *13)* SNYDOR et al., *J. clin. Endocr.*, **13**, 891 (1953). *14)* SAYERS, G., *J. clin. Endocr.*, **15**, 754 (1955). *15)* LORAINE, J. A., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 19 (1957). *16)* GREENSPAN et al., *Endocrinology*, **46**, 261 (1950). *17)* HAYANO et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 79 (1956). *18)* DODDS et al., *Ann. Rev. Med.*, **7**, 41 (1956). *19)* LUETSCHER, J. A., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 175 (1956). *20)* HAYNES, R. C., *Fed. Proc.*, **17**, 376 (1958). *21)* SLUSHER und ROBERTS, *Endocrinology*, **61**, 98 (1957). *22)* ASTWOOD, E. B., in: PINCUS und THIMANN

(Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 235. *23)* KINSELL et al., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 308. *24)* LONG, C. N. H., *Ann. Rev. Physiol.*, **18**, 409 (1956). *25)* SAYERS et al., *Ann. Rev. Physiol.*, **20**, 243 (1958). *26)* SAFFRAN und SAFFRAN, *Ann. Rev. Physiol.*, **21**, 403 (1959). *27)* GUILLEMIN et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **101**, 107 (1959). *28)* SCHAPIRO et al., *Amer. J. Physiol.*, **192**, 58 (1958). *29)* HARRIS, G. W., *Neural Control of the Pituitary Gland*, London (1955). *30)* VOGT, M., *J. Physiol. (Lond.)*, **113**, 129 (1951). *31)* ELMADJIAN et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **14**, 513 (1958). *32)* SELYE, H., *Stress*, Montreal (1950). *33)* STRONG, J. A., *Practitioner*, **180**, 41 (1958).

Thyreotropin

(Thyreotropes Hormon, *T*hyroid-*S*timulating *H*ormone = TSH)[1]

Chemie[2]

TSH ist ein Protein mit einem Molekulargewicht größer als 10 000, möglicherweise handelt es sich um ein Mucoprotein ohne N-endständige Aminosäure. Das bisher aktivste Präparat aus Rinderhypophysen – durch ein chromatographisches Verfahren gewonnen – besitzt eine Aktivität von 15 USP-Einheiten je Milligramm[3].

Einheiten und Bestimmungsmethoden

1 USP-Einheit entspricht 20 mg des Standardpräparats und ist ungefähr 10–12 JUNKMANN-SCHÖLLER-Einheiten äquivalent[4]. 1 internationale Einheit (IE) entspricht etwa 1 USP-Einheit und ist in 13,5 mg des internationalen Standardpräparats enthalten[5].

1 JUNKMANN-SCHÖLLER-Einheit ist die Menge, die bei 100–150 g schweren Meerschweinchen nach 3 Tagen eine histologische Reaktion ergibt. Weitere Bestimmungsmethoden messen die Gewichtszunahme der Schilddrüse bei Meerschweinchen, Veränderungen des Stoffwechselgrundumsatzes oder Änderungen des Jodgehalts der Schilddrüse (auch mit ^{131}I). Vgl. [1, 4, 6].

Physiologie

TSH wird von den basophilen Zellen des Hypophysenvorderlappens gebildet. Die Veränderungen des Gehalts an TSH während des Wachstums und der Schwangerschaft sind von Tierart zu Tierart verschieden. Beim Menschen besteht keine wesentliche Abhängigkeit vom Alter[7]. Exposition gegenüber Kälte resultiert beim Meerschweinchen in einer erhöhten TSH-Produktion[8] und damit in einer Steigerung des Grundumsatzes. Während sich die Angaben über einen TSH-Gehalt im normalen Blut und Harn widersprechen, konnte TSH in Fällen von postoperativem Hyperthyreoidismus und Myxödem beim Menschen in der Albuminfraktion des Blutes nachgewiesen werden[9]. Der Gehalt im normalen Plasma des Menschen wird mit etwa 50 Milleinheiten je 100 ml angegeben[10]. Das Hormon verschwindet nach intravenöser Injektion sehr schnell aus dem kreisenden Blut und ist dann in der Schilddrüse, den Keimdrüsen, der Leber und möglicherweise in den Muskeln nachweisbar, wie Versuche mit ^{35}S-markiertem Hormon ergaben. Bei der Einwirkung auf die Zellen der Schilddrüse scheint das Hormon inaktiviert zu werden.

Funktion

1. Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der Schilddrüse. Bei Fehlen des thyreotropen Hormons kommt es zur Atrophie der Schilddrüse und zur Kolloidspeicherung, während umgekehrt Thyreoidektomie zu Hypertrophie des Vorderlappens und spezifischen Veränderungen an den basophilen Zellen führt (Thyreoidektomiezellen).
2. Stimulierung der Hormonproduktion und -sekretion der Schilddrüse: direkte Förderung des Jodstoffwechsels durch gesteigerte Synthese von Schilddrüsenhormon, indirekte Förderung durch Steigerung der Fähigkeit der Schilddrüse, Jod zu speichern[12].

Ein Zusammenhang von thyreotropem Hormon und BASEDOWscher Krankheit ist nicht schlüssig bewiesen[11]. TSH zeigt eine Wirkung auf die Augenhöhle unter Ausbildung von Exophthalmus bei erhöhter Zufuhr. Möglicherweise ist diese «Exophthalmos-Producing Substance» (EPS) aber nicht mit dem thyreotropen Hormon identisch.

Die Produktion bzw. Ausschüttung von TSH wird einerseits durch die Konzentration der Schilddrüsenhormone antagonistisch gesteuert (Feed-back-Mechanismus[13]), andererseits muß auch eine nervöse Steuerung angenommen werden[14]. Ähnlich wie bei ACTH (S. 444) ist auch hier ein Mitspielen des Hypothalamus in Betracht zu ziehen. Eine Verminderung der TSH-Produktion nach einer Durchtrennung des Hypophysenstiels konnte wiederholt beobachtet werden[11]. Auch Verletzungen des Hypothalamus resultieren in einer Unterstimulierung der Schilddrüse[15]. Aus der Beobachtung, daß unter Einfluß von Streß (vgl. S. 444) die Funktion der Schilddrüse gestört wird, wurde abgeleitet, daß durch Streß die Ausscheidung von TSH beeinträchtigt wird und daß zwischen der Ausscheidung von TSH und ACTH eine reziproke Abhängigkeit auf dem Niveau der Hypophyse besteht[16], die aber nicht in allen beobachteten Fällen zuzutreffen scheint.

Der Harn des Menschen scheint eine Substanz zu enthalten, die die Wirkung von TSH zu hemmen vermag[17].

Therapie

In Fällen von BASEDOWscher Krankheit und Krebs der Schilddrüse wurde eine Besserung durch Gabe von acetyliertem TSH, einem Antagonisten von TSH, erzielt[18].

Literatur

1) SONENBERG, M., *Vitam. and Horm.*, **16**, 205 (1958). *2)* BEHRENS und BROMER, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 57 (1958). *3)* CONDLIFFE und BATES, *Arch. Biochem.*, **68**, 229 (1957). *4)* HAYS und STEELMAN, in: PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 201. *5)* MUSSETT und PERRY, *Bull. Org. mond. Santé*, **13**, 917 (1955). *6)* TURNER, C. W., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 215. *7)* BLUMENTHAL, H. T., *Arch. Path. (Chicago)*, **57**, 481 (1954). *8)* STEVENS et al., *Endocrinology*, **56**, 143 (1955). *9)* QUERIDO et al., *Proc. roy. Soc. Med.*, **49**, 209 (1956). *10)* BATES, R. W., *Fed. Proc.*, **17**, 187 (1958). *11)* PITT-RIVERS und TATA, *The Thyroid Hormones*, London (1959). *12)* TAUROG et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **10**, 59 (1957). *13)* BROWN-GRANT, K., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **10**, 97 (1957). *14)* GREER, M. A., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **10**, 34 (1957). *15)* D'ANGELO, S. A., *Fed. Proc.*, **17**, 32 (1958). *16)* HARRIS, G. W., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **8**, 531 (1955). *17)* LEPP, A., *Proc. soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **100**, 683 (1959). *18)* SONENBERG et al., *Trans. Ass. Amer. Phycns*, **70**, 192 (1957).

Prolactin

(Lactogenes Hormon, Luteotropin, Mammotropin, *P*rolactin *H*ormone = PH, *L*uteo*t*rophic *H*ormone = LTH, *L*uteo*m*ammo*t*ropes *H*ormon = LMTH)

Chemie[1]

Prolactin, in guter Ausbeute aus Schafshypophysen isolierbar, ist ein Protein mit einem Molekulargewicht von etwa 25 000 und einem isoelektrischen Punkt von pH 5,73. In wäßriger Lösung ist es bemerkenswert unempfindlich gegen Hitze. Die prozentuale Aminosäurezusammensetzung ist bekannt, die N-endständige Aminosäure ist Threonin. Eine C-endständige Aminosäure scheint nicht vorhanden zu sein, was auf Vorliegen eines Ringes schließen läßt (mit einer S-S-Brücke, ähnlich dem Oxytocin).

Einheit

Internationale Einheit = 0,1 mg des internationalen Standardpräparats (UNO 1950).

Bestimmungsmethoden

Proliferationstest am Kropf von jungen Tauben[2] und andere[3].

Physiologie und Funktion[4]

Das Hormon wird in den eosinophilen Zellen des Vorderlappens gebildet. Der Prolactingehalt ist in der männlichen und weiblichen Hypophyse unter normalen Umständen derselbe; während der Schwangerschaft steigt der Gehalt zunächst langsam, dann schneller an. Außer in der Hypophyse scheint Prolactin auch im Blut, der Placenta und im Harn vorhanden zu sein[5].

Prolactin besitzt eine luteotrope Wirkung ähnlich den gonadotropen Hormonen (S. 442), eine mammotrope und lactogene Wirkung und stimuliert das Wachstum der Kropfdrüse und die Absonderung von Kropfmilch bei Tauben.

Die mammotrope Wirkung des Hormons äußert sich in einer Stimulierung des Wachstums der Milchdrüse und in einer Förderung der Lactation[6–8]:

Wachstum der Milchdrüse

Die Mammogenese erfolgt unter der synergistischen Wirkung mehrerer Hormone: Unter dem Einfluß der gonadotropen Hormone sezerniert das Ovarium Östrogene. Diese induzieren zusammen mit dem Wachstumshormon und den Corticosteroiden, die unter dem Einfluß von ACTH ausgeschieden werden, das

Wachstum der Milchgängchen. Zu einer vollen lobuloalveolaren Entwicklung sind zusätzlich noch Prolactin und Progesteron erforderlich. Da die Sekretion von Progesteron durch Prolactin stimuliert wird, ist Prolactin direkt und indirekt an der Mammogenese beteiligt.

Lactation

Das Einsetzen der Lactation erfolgt nach Abnahme der Östrogene und unter Dominanz von Prolactin und Progesteron. Östrogene in hohen Dosen zeigen eine hemmende Wirkung auf die Lactation.

Der hormonale Einfluß auf die Erhaltung der Lactation (Galactopoese) wird noch nicht völlig verstanden. Prolactin ist hierfür besonders wichtig, aber auch Corticosteroide, Schilddrüsen- und Nebenschilddrüsenhormon scheinen nötig zu sein.

Eine nervöse Beeinflussung der Lactation besteht im Stimulus des Saugens, durch den eine vermehrte Ausscheidung der für die Lactation erforderlichen Hormone einsetzt. Wahrscheinlich wird durch den Saugreiz primär Oxytocin im Hypothalamus sezerniert, das dann in der Hypophyse die Sekretion von Prolactin stimuliert.

Milchejektion

Von der Phase der *Milchsekretion*, in der die Milch in den alveolaren Zellen gebildet wird und dann vom Cytoplasma dieser Zellen in die Milchgängchen übertritt, ist die Phase der *Milchabgabe* zu unterscheiden, die aus einer passiven und einer aktiven Komponente, der *Milchejektion (Milchauspressung)*, besteht[9].

In den Mammae befindet sich der Großteil der Milch in den Alveolen und engen Gängchen und nur ein kleiner Teil in den weiten Gängen und Zisternen. Letzterer kann passiv unverzüglich durch Saugen oder Auspumpen entfernt werden. Ersterer Teil muß aber aktiv aus den Alveolen und Milchgängchen in die weiten Gänge durch ein auf den Saugreiz ansprechendes kontraktiles Gewebe (Reflexkontraktion des Myoepitheliums) ausgepreßt werden (Milchejektion). Diese nervöse Steuerung der Milchejektion – nicht nur Saugreiz, sondern auch taktile Reize an der Cervix oder Reizung des zentralen Vagus führen zu einer Milchejektion – beruht wahrscheinlich, ähnlich wie bei der Lactation, auf einer Stimulierung der Oxytocinsekretion, indem aber das ausgeschiedene Oxytocin im Blut direkt auf die Milchejektion fördernd wirkt[10]. Der Einfluß von Oxytocin auf die Milchejektion ist so spezifisch und empfindlich, daß mit einer Injektion von 0,01 IE noch eine Wirkung auf die Milchdrüse lactierender Frauen festgestellt werden kann[11].

Literatur

1) Li, C. H., *Advanc. Protein Chem.*, **12**, 269 (1957). *2)* Riddle et al., *Amer. J. Physiol.*, **105**, 191 (1933). *3)* Meites und Turner, in: Emmens, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 237; Turner, C. W., in: Emmens, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 261. *4)* Cowie und Folley, in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 309. *5)* Hadfield, G., *Lancet*, **1**, 1058 (1957); **1**, 568 (1958). *6)* Linzell, J. L., *Physiol. Rev.*, **39**, 534 (1959). *7)* Folley, S. J., *Brit. med. Bull.*, **11**, 145 (1955). *8)* Lyons et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **14**, 219 (1958). *9)* Cowie und Folley, in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 183. *10)* Berde, B., *Recent Progress in Oxytocin Research*, Springfield (1959). *11)* Beller et al., *Acta endocr. (Kbh.)*, **29**, 1 (1958).

Wachstumshormon

(Somatotropin, somatotropes Hormon, *S*omato*t*rophic *H*ormone = STH)[1]

Chemie[2, 3]

Das aus den Hypophysen verschiedener Tiere gewonnene Wachstumshormon (Rind, Affe usw., auch Mensch) ist ein Protein. Das aus Rindern gewonnene hat ein Molekulargewicht von 46 000 (396 Aminosäuren) und einen isoelektrischen Punkt von pH 6,85; das Menschenhormon ein Molekulargewicht von 27 000 (241–245 Aminosäuren) und einen isoelektrischen Punkt von pH 5,5[4]. Die C- und N-endständige Aminosäure im Hormon des Menschen und Affen ist Phenylalanin. Die prozentuale Aminosäurezusammensetzung ist bekannt, nicht aber die Aminosäuresequenz des Hormons.

Einheiten und Bestimmungsmethoden

Beim Wachstumstest nach Evans ist eine Einheit des Wachstumshormons in jener Tagesmenge eines Präparates enthalten, die bei hypophysektomierten, 21–30 Tage alten weiblichen Ratten in 10 Tagen eine Gewichtszunahme von 10 g bewirkt[5, 6]. Der Tibiaknorpeltest[7, 8] ist dem Evans-Test an Spezifität und Schnelligkeit überlegen. Weitere Methoden siehe [1, 6].

Physiologie

STH wird in den eosinophilen Zellen des Hypophysenvorderlappens gebildet. Die Hypophyse des erwachsenen Menschen enthält 3,7–6,0 mg STH[9]. Im normalen Plasma läßt sich das Hormon nur schwer nachweisen. Mit einer immunologischen Methode wurden im normalen Serum des Menschen 0,2–0,5 µg Hormon je Milliliter nachgewiesen[10, 11]. Erhöhte Werte wurden in Fällen von Riesenwachstum und Akromegalie gefunden[11]. Für eine normale Produktion von Wachstumshormon scheint ein einwandfreies Funktionieren der Schilddrüse nötig zu sein[12]. Im Blut wird das Hormon durch das Enzym Plasmin rasch inaktiviert[13].

Funktion[14, 15]

Die Wachstumshormone der verschiedenen Tierarten besitzen eine hohe, arteigene Spezifität[16]. Die Hormonpräparate von Nichtprimaten scheinen beim Menschen wirkungslos zu sein. Durch eine Chymotrypsinbehandlung des Rinderhormons läßt sich ein Protein erhalten, das in physikochemischer und physiologischer Hinsicht dem Menschenhormon gleicht[17].

Von allen Hormonen, die das Wachstum oder die Vergrößerung von Organen zu stimulieren vermögen, vermag nur STH das Wachstum des gesamten Körpers und fast aller Organe kontinuierlich anzuregen. Für ein normales Wachstum scheint neben STH auch Thyroxin essentiell zu sein, indem sich die beiden Hormone ergänzen[12]: STH stimuliert das Wachstum ohne Einfluß auf die Reifung, Thyroxin beeinflußt die Reifung mit geringer Stimulation des Wachstums.

Der primäre Angriffspunkt ist der Epiphysenknorpel. Vor dem Epiphysenfugenschluß führt eine Überproduktion von STH in der Jugend des Menschen zu hypophysärem Riesenwuchs, nach Epiphysenfugenschluß zu Akromegalie. Die Hyperproduktion des Wachstumshormons kann durch eine Hyperplasie, ein Adenom oder selten durch ein Karzinom der eosinophilen Zellen bedingt sein. Hypophysärer Zwergwuchs ist nicht nur dem Ausfall des Wachstumshormons, sondern der Hypofunktion der gesamten Hypophyse zuzuschreiben. Zum hypophysären Zwergwuchs gehört auch das Lorain-Levy-Syndrom, das vielfach durch ein Craniopharyngiom verursacht wird. Über Wachstumsstörungen infolge falscher Funktion der Hypophyse siehe [18].

In engem Zusammenhang mit der Stimulierung des Wachstums steht der Einfluß des Wachstumshormons auf den Stoffwechsel. Dieser äußert sich:

1. in einer gesteigerten Proteinsynthese (Erhöhung des Plasmaproteingehalts), einer Senkung des Blutaminosäurespiegels und erhöhter Stickstoffretention[19]. Der fördernde Einfluß der Proteinsynthese kommt nur zustande, wenn genügend Insulin verfügbar ist sowie für eine hinreichende Zufuhr von Proteinen (bzw. Aminosäuren) und Vitaminen gesorgt ist. Bei ungenügender Proteinzufuhr verarmt die Hypophyse rasch an Wachstumshormon und acidophilen Zellen[20].

2. in einer Verminderung des Fettgehalts der Gewebe infolge gesteigerter Fettoxydation (vermehrte Bildung von Ketonkörpern in der Leber). Gleichzeitig erhöht sich der Spiegel an freien Fettsäuren im Plasma[11, 19, 21].

3. in einer Erhöhung des Salz- und Wassergehalts der Gewebe (zum Beispiel beträchtliche Erhöhung des gesamten, aber auch extrazellulären Wassergehalts bei Akromegalie[22]).

4. in einer Erhöhung des Blutzuckerspiegels und einer Hemmung des Muskelzuckerabbaus. STH ist, ähnlich ACTH, ein Insulinantagonist. Die bei hypophysektomierten Tieren beobachtete Insulinempfindlichkeit läßt sich durch STH aufheben. Bei normalen Tieren mit einem induzierten schwachen Diabetes ruft erhöhte Zufuhr von Wachstumshormon Hyperglycämie und Glucosurie hervor (Somatotropindiabetes). Die Glucoseabgabe der Leber wird erhöht und gleichzeitig auch die Insulinaktivität des Plasmas. Möglicherweise ist der Somatotropindiabetes auf eine Insulinerschöpfung der Betazellen des Pancreasgewebes zurückzuführen. Unter besonderen Umständen wurde aber auch in einigen Fällen eine insulinsynergistische Wirkung von STH beobachtet (zum Beispiel Hypoglycämie[23]).

5. in einer Erhöhung der Konzentration an alkalischer Phosphatase und anorganischem Phosphat im Blut, vor allem in der aktiven Phase von Akromegalie.

Therapie

Hormonpräparate von Nichtprimaten sind beim Menschen wirkungslos. Bei hypophysärem Zwergwuchs scheint eine Anwendung von Wachstumshormon angezeigt zu sein; die bisher erzielten Erfolge sind aber sehr bescheiden. Neuerdings wurde eine Stimulierung des Wachstums bei einem 17jährigen hypophysären Zwerg durch kontinuierliche Gabe von Human-STH erzielt[11].

Literatur

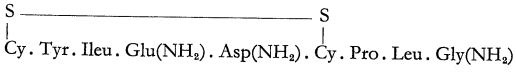
1) SMITH et al. (Hrsg.), *The Hypophyseal Growth Hormone*, New York (1955). *2)* LI, C. H., *Advanc. Protein Chem.*, **11**, 101 (1956). *3)* BEHRENS und BROMER, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 57 (1958). *4)* LI und PAPKOFF, *Science*, **124**, 1293 (1956). *5)* EVANS et al., *Endocrinology*, **22**, 483 (1938). *6)* GREENSPAN et al., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 273. *7)* GESCHWIND und LI, in: SMITH et al. (Hrsg.), *The Hypophyseal Growth Hormone*, New York (1955), S. 28. *8)* LOSTROH und LI, *Endocrinology*, **60**, 308 (1957). *9)* GEMZELL und HEIJKENSKJÖLD, *Endocrinology*, **59**, 681 (1956). *10)* READ und STONE, *Amer. J. Dis. Child.*, **95**, 538 (1958). *11)* RABEN, M. S., *Recent Progr. Hormone Res.*, **15**, 71 (1959). *12)* RUSSELL und WILHELMINI, *Ann. Rev. Pysiol.*, **20**, 43 (1958). *13)* MIRSKY et al., *J. clin. Invest.*, **38**, 14 (1959). *14)* ASTWOOD, E. B., in: PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 235. *15)* WEIL, R., *Arch. intern. Med.*, **95**, 739 (1955); DE BODO und ALTSZULER, *Vitam. and Horm.*, **15**, 205 (1957). *16)* KNOBIL und GREEP, *Recent Progr. Hormone Res.*, **15**, 1 (1959). *17)* FORSHAM et al., *Metabolism*, **7** 762 (1958). *18)* ESCAMILLA, R. F., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 321 (1956). *19)* ENGEL et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **100**, 699 (1959). *20)* SREBNIK et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **101**, 97 (1959). *21)* RABEN und HOLLENBERG, *J. clin. Invest.*, **38**, 484 (1959). *22)* IKKOS et al., *J. clin. Invest.*, **33**, 989 (1954). *23)* MILMAN und RUSSELL, *Endocrinology*, **47**, 114 (1950).

Oxytocin[1,2] (Pitocin, Lactagogin) und **Vasopressin**[1,3] (Pitressin, Antidiuretin, *Anti*diuretic *Hor*mone = ADH)

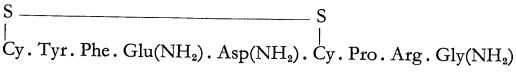
Chemie[4]

Die Hinterlappenhormone Oxytocin und Vasopressin sind Octapeptidamide von bekannter Struktur. Beide konnten auch synthetisch dargestellt werden. Die Struktur des Oxytocins ist bei allen bisher untersuchten Species gleich. Das Vasopressin des Schweines unterscheidet sich vom Vasopressin der anderen Species durch einen Ersatz des Arginins der Seitenkette (Argininvasopressin) durch Lysin (Lysinvasopressin).

Oxytocin: Mol.-Gew. 1007
Isoelektrischer Punkt pH 7,7
Struktur



Argininvasopression: Mol.-Gew. 1084
Isoelektrischer Punkt pH 10,9
Struktur



Beide Hormone sind möglicherweise unter physiologischen Verhältnissen an ein Protein gebunden[5, 6], wenn auch heute die verfügbare chemische Evidenz eher gegen eine solche Annahme spricht[7].

Argininvasotocin, ein bisher nur synthetisch dargestelltes Peptid, bestehend aus dem Ring des Oxytocins und der Seitenkette des Argininvasopressins, scheint auch physiologischerweise bei Nichtsäugern vorzukommen[8].

Bestimmungsmethoden und Einheiten

Die internationale Einheit ist gegeben durch ein Hypophysenhinterlappen-Standardpräparat (3. Internationaler Standard 1956) sowohl für Vasopressin-, Antidiuretin- als auch Oxytocinversuche. Das USP-Standardpräparat besitzt annähernd die gleiche Wirksamkeit wie das internationale Präparat.

Bestimmung der Oxytocinwirkung: am überlebenden Uterus des jungfräulichen Meerschweinchens[9].

Bestimmung der Vasopressinwirkung: Verfolgung des Blutdruckes bei Hund oder Katze[9].

Bestimmung der Antidiuretinwirkung: Verfolgung der Diurese bzw. des Wassergehalts des Harns (Hund, Ratte, Kaninchen)[9].

Physiologie

Die Hinterlappenhormone stammen mit großer Wahrscheinlichkeit aus den großzelligen Hypothalamuskernen. Die Neurohypophyse würde demnach nur ein Speicherorgan für diese Hormone darstellen, wobei möglicherweise eine eigene Trägersubstanz für den Transport vom Hypothalamus zum Hypophysenhinterlappen sorgt.

Das Verhältnis von Vasopressin zu Oxytocin sowohl in den Hypothalamuskernen als im Hypophysenhinterlappen ist von Species zu Species verschieden und beträgt beim Menschen im Hinterlappen 1,2[6]. Je nach den physiologischen Umständen zeigt das Verhältnis charakteristische Veränderungen (zum Beispiel bei lactierenden Hunden oder während des Zyklus bei der weiblichen Ratte).

Beide Hormone wurden wiederholt in Blut und Harn nachgewiesen, wobei aber derartigen Angaben oft mit einem gewissen Skeptizismus zu begegnen ist, solange der Nachweis nicht auf einem eindeutigen chemischen Weg erfolgt. Vielfach handelt es sich um bisher nicht näher definierte Substanzen mit einer gewissen oxytocin- bzw. vasopressinähnlichen Wirkung[10]. Neuerdings wird für Vasopressin beim Menschen ein Blutspiegel von ungefähr 37 Mikroeinheiten je Milliliter Blut angegeben[11] und bei lactierenden Frauen ein Oxytocinspiegel von 0–80 Mikroeinheiten je Milliliter Blut[12]. Während bei Frauen bei der Lactation der Oxytocinspiegel nicht erhöht zu sein scheint, wurde bei Ziegen und Kühen während des Melkens ein erhöhter Oxytocinblutspiegel beobachtet[13]. Unabhängig von der Art des Stimulus werden immer Oxytocin und Vasopressin zusammen ausgeschieden[14], wobei das Verhältnis der beiden Hormone je nach Art des Stimulus variiert. Immer scheint jedoch mehr Oxytocin als Vasopressin ausgeschieden zu werden.

Über den Stoffwechsel der Hinterlappenhormone ist nicht viel bekannt. Neben einer Ausscheidung durch die Nieren scheint Vasopressin in der Niere und der Leber inaktiviert zu werden[15]; Oxytocin wird durch das Enzym Oxytocinase, das während der Schwangerschaft in der Placenta gebildet wird, abgebaut. Bei schwangeren Frauen wurde für injiziertes Oxytocin eine Halbwertzeit von 9 Minuten beobachtet[16].

Funktion

1. Uteruskontraktion[2, 17]
2. Milchejektion[2, 18]
3. Antidiuresis[3]
4. Vasokonstriktion

Sowohl Oxytocin als auch Vasopressin zeigen alle obenerwähnten biologischen Wirkungen, wenn auch in einem verschiedenen Ausmaß. Oxytocin ist vor allem für die Wirkung bezüglich Uteruskontraktion und Milchejektion verantwortlich, mit ungefähr je 500 USP-Einheiten je Milligramm reines Oxytocin. Vasopressin besitzt ungefähr 5 bzw. 20% der uteruskontrahierenden bzw. milchauspressenden Wirkung des Oxytocins. Oxytocin zeigt außerdem bei Vögeln eine blutdrucksenkende Wirkung (Vasopressin 15% dieser Wirkung). Vasopressin ist mit je 600 USP-Einheiten je Milligramm reiner Substanz vor allem für die antidiuretische und blutdrucksteigernde Wirkung maßgebend. Oxytocin entfaltet etwa 0,5 und 1% der entsprechenden Aktivitäten des Vasopressins[19].

Oxytocin regt die Kontraktion des Uterus an und verstärkt dessen spontane Aktivität. Die Empfindlichkeit des Uterus steigt mit der Dauer der Schwangerschaft an und ist am höchsten unmittelbar vor der Geburt. Eine Änderung der Empfindlichkeit wurde auch während des Genitalzyklus festgestellt, wobei diese während des Östrus am größten ist. Während der lutealen Phase ist der Uterus völlig unempfindlich. Die Empfindlichkeit läßt sich bei der graviden Maus durch Injektion von Östron steigern. Oxytocin scheint bei der Auslösung der Geburt eine Rolle zu spielen, obschon dem entgegensteht, daß die Geburt auch bei exstirpierter Hypophyse vor sich gehen kann. Da aber Oxytocin im Hypothalamus gebildet wird, steht wohl genug Hormon auch

bei exstirpierter Hypophyse zur Verfügung. Wird durch Verletzungen im Gebiete des Hypothalamus der Hinterlappen vollständig von seinen nervösen Verbindungen abgeschnitten, so treten Störungen beim Geburtsvorgang auf.

Beim Coitus kommt es zu einer erhöhten Oxytocinsekretion bei der Frau. Die dadurch angeregten Kontraktionen des Uterus tragen möglicherweise zur Wanderung der Spermatozoen gegen das Ovum bei.

Oxytocin ist für die Auspressung der Milch aus der lactierenden Milchdrüse verantwortlich (Milchejektion); ein indirekter Einfluß auf die Lactogenese scheint ebenfalls zu bestehen (vgl. S. 446).

Vasopressin wirkt direkt diuresehemmend auf die Niere (verminderte Wasserausscheidung), wobei die Fähigkeit der distalen Nierentubuli, Wasser rückzuresorbieren, gesteigert wird. Möglicherweise wird auch die osmotische Aktivität der Salze in den proximalen Tubuli so verändert, daß sie mehr Wasser überzuführen vermögen als gewöhnlich. Die Ausschüttung von Vasopressin durch die Neurohypophyse dürfte wahrscheinlich durch die totale osmotische Konzentration der Elektrolyte in der extrazellulären Flüssigkeit reguliert werden. Wenn durch Wasserverlust (Durst usw.) die osmotische Konzentration ansteigt, wird mehr antidiuretisches Hormon sezerniert und dadurch in der Niere mehr Wasser rückresorbiert sowie ein konzentrierterer Urin produziert. Wasserzufuhr bewirkt eine Senkung der osmotischen Konzentration und somit eine Hemmung der Hormonausschüttung, gefolgt von einer Ausscheidung eines stark verdünnten Urins (Wasserdiurese). Da die osmotischen Konzentrationen nur sehr wenig schwanken, muß die Existenz von «Osmorezeptoren» im Hypothalamus angenommen werden, die auf die geringsten Schwankungen ansprechen.

Eine Durchtrennung des Hypophysenstiels schaltet die antidiuretische Wirkung aus. Zu einer vermehrten Wasserausscheidung kommt es aber nur bei intaktem Vorderlappen. Läsionen im Bereich der Hypophyse, die zu einer Zerstörung oder Degeneration des Hinterlappens führen, können beim Menschen, sofern die Funktionsfähigkeit des Hypophysenvorderlappens erhalten bleibt, Diabetes insipidus hervorrufen, mit einer Polyurie bis zu 20 Liter täglich und starker Polydipsie. Die Zusammenhänge zwischen Hypophysenvorderlappen, Nebennierenrinde (deren cortisolähnliche Hormone können sowohl die Wasserausscheidung fördern als auch behindern; Aldosteron bewirkt Natriumretention und damit auch bis zu einem gewissen Maß Wasserretention) und dem antidiuretischen Hormon werden noch nicht völlig verstanden[20]. Die Corticosteroide scheinen direkt die Aktivität der Neurohypophyse zu beeinflussen; möglicherweise sind sie auch an der Inaktivierung der Hinterlappenhormone beteiligt. Überdies scheinen auch Zusammenhänge zwischen Vasopressin und der Produktion von ACTH (vgl. S. 444) zu bestehen.

Eine weitere Wirkung des Vasopressins besteht in einer Vasokonstriktion der peripheren Gefäße, beim Herzen Verlangsamung der Schlagfrequenz und Verminderung des Minutenvolumens, Blutdruckerhöhung – ähnlich wie beim Adrenalin, aber mit anderem Wirkungsmechanismus, da zum Beispiel Ergotamin oder Ergotoxin die Vasopressinwirkung nicht zu beeinflussen vermögen. Vasopressin bewirkt auch Kontraktion der glatten Muskulatur des Darmes, der Gallenblase und der Harnblase.

Therapeutische Anwendung

Gesamthinterlappen: Diabetes insipidus; *Vasopressin:* wie Gesamthinterlappen; *Oxytocin:* primäre und sekundäre Wehenschwäche, atonische Uterusblutung, postoperative Darm- und Blasenlähmungen.

Literatur

1) Landgrebe et al., in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 389. *2)* Berde, B., *Recent Progress in Oxytocin Research*, Springfield (1959). *3)* Thorn, N. A., *Physiol. Rev.*, **38**, 169 (1958). *4)* Behrens und Bromer, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 57 (1958); Oncley, J. L., *Rev. mod. Physics*, **31**, 30 (1959). *5)* Van Dyke et al., *J. Pharmacol. exp. Ther.*, **74**, 190 (1942). *6)* Van Dyke et al., in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 65. *7)* Acher und Fromageot, in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 39. *8)* Katsoyannis und du Vigneaud, *Nature*, **184**, 1465 (1959). *9)* Thorp, R. H., in: Emmens, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 109. *10)* Croxatto, H., in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 51. *11)* MacFarlane und Robinson, *J. Physiol. (Lond.)*, **135**, 1 (1957). *12)* Hawker, R. W., *J. clin. Endocr.*, **18**, 54 (1958). *13)* Hawker und Roberts, *Brit. vet. J.*, **113**, 459 (1957). *14)* Harris, G. W., *Neural Control of the Pituitary Gland*, London (1955). *15)* Heller, H., *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 77. *16)* Caldeyro-Barcia und Poseiro, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **75**, 813 (1958). *17)* Fitzpatrick, R. J., in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 203. *18)* Cowie und Folley, in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 183. *19)* Van Dyke et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **11**, 1 (1955). *20)* Gaunt et al., in: Heller, H. (Hrsg.), *The Neurohypophysis*, London (1957), S. 233.

Pigmenthormon

(Chromatophorenhormon, Melanophorenhormon, Intermedin, B-Hormon, *M*elanocyte-*S*timulating *H*ormone = MSH)[1, 2]

Chemie[3]

Die bisher isolierten Pigmenthormone sind Polypeptide. Der isoelektrische Punkt des β-MSH (Schwein) liegt bei pH 5,2. Die Aminosäuresequenz folgender Pigmenthormone konnte bisher aufgeklärt werden: α-MSH (Schwein)[4], β-MSH (Schwein)[5], β-MSH (Rind)[6] und β-MSH (Mensch)[7]. Das Interesse an der Isolierung und Strukturaufklärung der Pigmenthormone wurde besonders durch die Strukturaufklärung von ACTH stimuliert, da ACTH eine gewisse MSH-Aktivität besitzt.

Das aus der Hypophyse des Menschen durch Ionenaustausch-Chromatographie isolierte β-MSH besitzt folgende Aminosäuresequenz[7]:

Ala. Glu. Lys. Lys. Asp. Glu. Gly. Pro. [Tyr.] Arg.

[Met. Glu. His. Phe. Arg. Try. Gly.] Ser. [Pro.] Pro. Lys. Asp

Die Ähnlichkeiten mit der Struktur von ACTH (S. 443) sind durch den umrandeten Teil angezeigt.

Einheit

Bezugssystem ist die Internationale Einheit (IE) des Hinterlappen-Standardpräparats[8]. Als Bestimmungsmethode wird die Änderung der Hautfarbe von Kaltblütlern verwendet.

1 Landgrebe-Waring-Einheit = 2 IE[8]
1 IE = 10^4 Shizume-Einheiten[2]

Physiologie

MSH wird im Hypophysenmittellappen gebildet, kommt aber auch im Hypophysenvorder- bzw. -hinterlappen vor. Angesichts der MSH-Aktivität von ACTH muß aber die Entscheidung über ein Vorkommen von MSH im Hypophysenvorderlappen derzeit noch offenbleiben. Das gleiche gilt für Tiere, denen ein Mittellappen fehlt (Wal, Huhn) und bei denen über ein Vorkommen von MSH im Vorderlappen berichtet wurde. MSH wurde im Blut und im Harn nachgewiesen[1, 9]. Im Normalfall zeigen Frauen und Männer gleiche Werte. Während der Schwangerschaft steigt der MSH-Gehalt kontinuierlich an und fällt post partum innerhalb weniger Tage auf den Normalwert zurück. In Fällen von Addisonscher Krankheit ist der Blut- und Harnspiegel stark erhöht, kann aber durch Gaben von Cortison zurückgedrängt werden. Auch hier muß eine MSH-Aktivität von ACTH berücksichtigt werden.

Funktion

Das Hormon bewirkt eine Expansion der Chromatophoren und bei Kaltblütlern eine Anpassung der Körperfarbe an die Umgebung. Die Funktion beim Warmblütler ist unbekannt. Eine subkutane Gabe von MSH verstärkt beim Menschen die Empfindlichkeit gegenüber Licht und verringert den Zeitbedarf bei der Anpassung an Dunkelheit. Auch soll das Hormon die Regeneration des Sehpurpurs und der Retina beschleunigen. Eine Zunahme der Pigmentierung innerhalb weniger Stunden nach Gabe größerer Dosen des Hormons wurde beobachtet.

Bei der Kontrolle der Pigmentierung scheinen mehrere Hormone eine Rolle zu spielen. Die Sekretion von MSH dürfte unter dem Einfluß von Cortisol verhindert werden; eine ähnliche Wirkung scheinen auch Adrenalin und Noradrenalin zu besitzen.

Der Einfluß des Hormons bei der Pigmentbildung äußert sich im tyrosinasekatalysierten Schritt von Tyrosin zum Dihydroxyphenylalanin (vgl. S. 410). Die Wirkung dieses Hormons ist indirekt, indem es die enzymatisch aktiven Körper innerhalb der Zelle umordnet[10]. Möglicherweise besteht auch bei anderen Hormonen ein ähnlicher Wirkungsmechanismus.

Die Pigmentbildung in den Chromatophoren des Frosches wird schon durch sehr kleine Mengen des Hormons ausgelöst: durch 1×10^{-11} mol Schweine-α-MSH, 2×10^{-11} mol Schweine-β-MSH bzw. durch 3×10^{-10} mol Schweine-ACTH[11].

Literatur

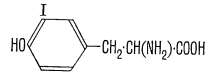
1) Landgrebe et al., in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 389. *2)* Li, C. H., *Advanc. Protein Chem.*, **12**, 269 (1957). *3)* Behrens und Bromer, *Ann. Rev. Biochem.*, **27**, 57 (1958). *4)* Oncley, J. L., *Rev. mod. Physics*, **31**, 30 (1959); Harris, J. I., *Biochem. J.*, **71**, 451 (1959). *5)* Harris und Roos, *Biochem. J.*, **71**, 434 (1959). *6)* Geschwind et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **79**, 1003 (1957). *7)* Harris, J. I., *Nature*, **184**, 167 (1959). *8)* Landgrebe und Waring, in: Emmens, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 141. *9)* Dodds et al., *Ann. Rev. Med.*, **7**, 41 (1956). *10)* Lerner, A. B., *Nature*, **184**, 674 (1959). *11)* Lee und Lerner, *J. biol. Chem.*, **221**, 943 (1956); Lerner und Case, *J. invest. Derm.*, **32**, 211 (1959).

Thyroxin[1–3]

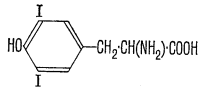
Chemie

Die normale Schilddrüse enthält 0,007–0,18% Jod, das sind etwa 20% des Gesamtkörperjodes. Das Schilddrüsenjod ist zu neun Zehnteln organisch gebunden in Form eines Proteinkomplexes, des Thyreoglobulins. In diesem sind Thyroxin, Trijodthyronin und deren Vorläufer, Monojodtyrosin und Dijodtyrosin, enthalten. Thyreoglobulin besitzt ein Molekulargewicht von etwa 700 000 und einen isoelektrischen Punkt von pH 5. Der Jodgehalt des Proteins ist von Species zu Species verschieden und schwankt zwischen 0,1 und 0,8%. Das Verhältnis von Thyroxinjod zu Gesamtjod in der Schilddrüse ist aber für alle Species ziemlich ähnlich (0,25–0,32)[2].

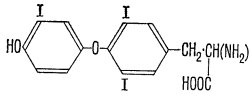
L-3-Monojodtyrosin, $C_9H_{10}NO_3I$
Mol.-Gew. 307,10
Schmelzpunkt 204°C



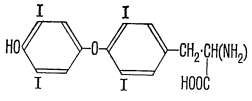
L-3,5-Dijodtyrosin, $C_9H_9NO_3I_2$
(L-Jodgorgosäure)
Mol.-Gew. 433,00
Schmelzpunkt 200°C



L-3,5,3′-Trijodthyronin, $C_{15}H_{12}NO_4I_3$
Mol.-Gew. 651,00
Schmelzpunkt 201°C



L-Thyroxin, $C_{15}H_{11}NO_4I_4$
Mol.-Gew. 776,90
Schmelzpunkt 232°C



Für die Hormonwirkung sind nur Thyroxin und Trijodtyrosin verantwortlich. Trijodthyronin ist nur in geringer Konzentration vorhanden, so daß die Hormonwirkung der Schilddrüse der Wirkung des Thyroxins gleichgesetzt werden kann.

Test- und Bestimmungsmethoden

Chemisch: Übersicht siehe[4].

Biologisch[6]*:* Beschleunigung der Metamorphose von Amphibienlarven oder Bestimmung der Grundumsatzsteigerung (Ratten).

Die Einheiten sind auf Grund von biologischen Bestimmungsmethoden definiert.

Physiologie

Die Biosynthese der Thyreoidhormone verläuft wie folgt[3]:

a) In der Schilddrüse wird Jodid aus dem kreisenden Blut angereichert.

b) Jodid wird zu Jod oxydiert und in das Tyrosinmolekül zuerst zum Monojodtyrosin, dann zum Dijodtyrosin eingebaut.

c) Zwei Moleküle Dijodtyrosin vereinigen sich zu Thyroxin.

d) Trijodthyronin kann entweder durch Kupplung von Dijodtyrosin mit Monojodtyrosin oder durch partielle Dejodinierung von Thyroxin entstehen.

Durch einen hohen Jod-Blutspiegel wird der Einbau von Jodid in organische Verbindungen gehemmt; ein niederer Jod-Blutspiegel führt zu einer verstärkten Synthese von Trijodthyronin[6].

Obwohl auch extrathyreoidale Gewebe Jodid in Tyrosin zum Dijodtyrosin einzubauen vermögen, kann nur die Schilddrüse Thyroxin und Trijodthyronin bilden. Die Fähigkeit der Schilddrüse, Jod zu speichern, ist von ihrem Funktionszustand abhängig: sie ist größer bei Hyperthyreose und kleiner bei Myxödem als im Normalfall. Die Verwendung radioaktiven Jods und die Bestimmung der Retinierungskurven[7] ermöglichen eine Beurteilung der Schilddrüsenaktivität.

Die Schilddrüsenhormone werden in Form des Thyreoglobulins gespeichert, und dieses wird, bevor die Hormone in das Blut sezerniert werden, unter dem Einfluß einer Protease der Schilddrüse hydrolysiert. Unter normalen Umständen treten nur Thyroxin und Trijodthyronin in das Blut über. Bei einem mittleren Jodgehalt der Schilddrüse des Menschen von 5,26 mg beträgt die tägliche Jodsekretion etwa 56 μg[8]. Sowohl Hormonproduktion als auch Hormonsekretion werden durch das thyreotrope Hormon gesteuert (siehe S. 445). Unter dem Einfluß von Thyroxin verringert sich die Empfindlichkeit der Schilddrüse gegenüber dem thyreotropen Hormon[6].

Im zirkulierenden Blut sind Thyroxin und Trijodthyronin an ein Protein (wahrscheinlich an das Serumprealbumin, das im Plasma als Komplex mit dem α-Globulin vorliegt) in einer nichtpeptidartigen Form gebunden[9, 10]. Der Serumspiegel an Thyroxin ist von der Aktivität der Schilddrüse abhängig und beträgt bei Hypofunktion 0–3,5 μg/100 ml, bei Eufunktion 3,0–6,5 μg/100 ml und bei Hyperfunktion mehr als 6,5 μg/100 ml[11]. Eine ähnliche Abhängigkeit zeigt auch der Plasmaspiegel an proteingebundenem Jod: Hypofunktion 0–4 μg/100 ml, Eufunktion 4–8 μg/100 ml und Hyperfunktion bis 22 μg/100 ml[12]. Das Verhältnis von Thyroxinjod zu Proteinjod beträgt im Normalfall 0,58 im Mittel und steigt mit zunehmender Aktivität der Schilddrüse. Die Bestimmung des Plasmaspiegels an Proteinjod bzw. Thyroxin hat klinische Bedeutung zur Kenntnis des Funktionszustandes der Schilddrüse[11, 12]. Während der Schwangerschaft steigt die Kapazität der Plasmaproteine, Jod zu binden, unter gleichzeitiger Abnahme von freiem Thyroxin[10]. Die Halbwertzeit von Thyroxin im kreisenden Blut beträgt etwa 6–11 Tage, die von Trijodthyronin etwa 2–3 Tage[3].

Der Stoffwechsel der Schilddrüsenhormone wird durch den metabolischen Zustand des Körpers beeinflußt. Im hyperthyreoiden Zustand erfolgt ein schnellerer Thyroxinabbau als im Normalfall. Aus dem zirkulierenden Blut tritt Thyroxin in verschiedene Gewebe über: rasch in Leber, Niere und Magen, langsam in Darm, Muskel und Haut. Das thyroxinbindende Protein ist möglicherweise bei der Passage durch die Zellmembran von einiger Bedeutung. Die Inaktivierung und Ausscheidung von Thyroxin beginnt in der Leber, dann in der Galle. Thyroxin wird in der Leber zum Teil in das Glucuronid übergeführt. Während bei der Ratte der Hauptteil von Jod mit den Fäces ausgeschieden wird, erfolgt die Ausscheidung beim Menschen mit dem Harn. Im Harn wird das Jod als Jodid ausgeschieden, in den Fäces als freies Thyroxin, nach vorhergehender Hydrolyse des Glucuronids durch Darmbakterien. Die Dejodinierung des Thyroxins ist insofern wichtig, als das entstehende Jodid zur Synthese von neuem Hormon verfügbar ist (etwa 20% werden wieder verwertet). Über die Enzyme der Dejodinierung ist nicht viel bekannt. Trijodthyronin scheint kein Zwischenglied des Abbaus zu sein[13].

Funktion

1. Beeinflussung des Grundumsatzes. In Fällen von Hypothyreose, Myxödem oder nach Entfernung der Schilddrüse ist der Grundumsatz verringert, in Fällen von Thyreotoxicose oder nach Zufuhr von Hormon ist er gesteigert. Durch eine Stimulierung der Energieproduktion ermöglichen die Schilddrüsenhormone eine Regulierung der Körpertemperatur, wenn die Außentemperatur fällt. Der Mechanismus der Grundumsatzsteigerung ist noch nicht geklärt. Möglicherweise besteht ein indirekter Einfluß auf Enzyme, indem die Struktur der Mitochondrienmembran durch das Hormon in einer Weise verändert wird, daß der Eintritt von Stoffen, die an der Atmung und dem Energieaustausch beteiligt sind, kontrolliert wird[3]. Mit der Steigerung des Grundumsatzes erfolgt eine Erhöhung des Plasmaspiegels an unveresterten Fettsäuren[14].

2. Unabhängig von einer Stimulierung des Energiestoffwechsels beeinflußt Thyroxin das Wachstum und die Differenzierung, was sich besonders eindrücklich an niederen Tieren beobachten läßt (Metamorphosentest). In den frühen Lebensstadien ist Thyroxin beim Menschen und vielen Tieren unentbehrlich für ein normales Wachstum. Die Wirkung auf das Wachstum scheint an das gleichzeitige Vorhandensein von Wachstumshormon gebunden zu sein (vgl. S. 446). Bedeutsam ist die Eigenschaft des Thyroxins, die Reifung der Hirnrinde in den kritischen Phasen der Entwicklung zu stimulieren.

3. Bei den Wirkungen auf den Blutkreislauf, den Wasserhaushalt, die Gonaden und Großhirnzentren dürfte es sich um sekundäre Folgen der Wirkung auf den Energiestoffwechsel handeln, im letzteren Fall auch um eine Folge der Stimulierung des Wachstums und der Zellreifung.

Eine Wirkung als Hormon zeigen nur die L-Formen von Thyroxin und Trijodthyronin (siehe Tabelle), und dazu ist die Diphenylätherbrücke erforderlich; Monojod- und Dijodtyrosin sind wirkungslos. Die Wirkung der Hormone, insbesondere des Thyroxins, ist latent, indem ein Einfluß nach Entfernung der Schilddrüse und Injektion von Thyroxin erst nach Stunden oder Tagen nachweisbar ist. Wahrscheinlich wirkt Thyroxin nicht direkt, sondern setzt eine ganze Kette von Reaktionen in Gang.

Chemische Struktur und biologische Wirkung der Thyreoidhormone
(nach PITT-RIVERS und TATA[3])

Verbindung	Species	Physiologischer Test		
		O_2-Verbrauch	Wachstum und Differenzierung	TSH-Depression
L-Thyroxin	alle	100	100	100
D-Thyroxin	Mensch	10–16	—	—
3,5,3′-Trijod-L-thyronin	Mensch	90–140	—	280–540
	Ratte	100–200	500	—
3,5,3′-Trijod-D-thyronin	Ratte	—	—	14

Thioharnstoff, Thiouracil, Aminothiazol, Mercaptoimidazol usw. stören die Thyroxinsynthese, wahrscheinlich durch Hemmung der jodidoxydierenden Enzyme der Schilddrüse. Der niedrige Blutspiegel an Thyroxin bedingt dann eine vermehrte Produktion des thyreotropen Hormons, was schließlich zu Hyperplasie der Schilddrüse, in extremen Fällen zu Kropf führt (bei endemischem Kropf ist die primäre Ursache ein exogener Jodmangel). Zum Unterschied von den Thioharnstoffderivaten läßt sich die Hemmung der Thyroxinsynthese durch Thiocyanat mittels Zufuhr von Jodid wieder rückgängig machen. Eine Störung der Thyroxinsynthese erfolgt auch durch L-5-Vinyl-2-thiooxazolidon (Goitrin), das aus dem Progoitrin (Kohlrabi, Kohl) im Körper enzymatisch in Freiheit gesetzt wird[15].

Therapie

Sowohl Schilddrüsenpräparate als auch L-Thyroxin und L-Trijodthyronin bei Hypothyreose, Entwicklungs- und Wachstumsstörungen, thyrogener Fettsucht, polyglandulärer Insuffizienz. Über Therapie mit Schilddrüsenhormonen siehe auch [16].

Literatur
1) RAWSON et al., in: PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 433. *2)* WERNER, S. C. (Hrsg.), *The Thyroid*, New York (1955). *3)* PITT-RIVERS und TATA, *The Thyroid Hormones*, London (1959). *4)* PITT-RIVERS, R., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 514; CHANEY, A. L., *Advanc. clin. Chem.*, **1**, 81 (1958). *5)* REINEKE und TURNER, in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 489. *6)* SÖDERBERG, U., *Physiol. Rev.*, **39**, 777 (1959). *7)* BERSON et al., *J. clin. Invest.*, **31**, 141 (1952). *8)* NODINE et al., *J. clin. Endocr.*, **17**, 832 (1957). *9)* TATA, J. R., *Nature*, **183**, 877 (1959). *10)* ROBBINS und NELSON, *J. clin. Invest.*, **37**, 153 (1958); VANNOTTI und BÉRAUD, *Expos. ann. Biochim. méd.*, **21**, 57 (1959). *11)* WHITEHEAD und BEALE, *Clin. chim. Acta*, **4**, 710 (1959). *12)* ASTWOOD et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 95 (1957). *13)* TATA, J. R., *Biochim. biophys. Acta*, **28**, 95 (1958). *14)* RICH et al., *J. clin. Invest.*, **38**, 275 (1959). *15)* GREER und DEENEY, *J. clin. Invest.*, **38**, 1465 (1959). *16)* MARTIN, L., *Practitioner*, **180**, 50 (1958).

Parathormon (Parathyrin)[1]

Chemie

Proteinpräparate aus der Nebenschilddrüse sind chromatographisch und elektrophoretisch nicht einheitlich und lassen sich in zwei Fraktionen auftrennen (Rinderhormon)[2]: Parathormon A: Molekulargewicht 4000–6000, Aktivität 75–100 USP-Einheiten je Milligramm; Parathormon B: Molekulargewicht etwa 10 000, Aktivität 220 USP-Einheiten je Milligramm. Die prozentuelle Aminosäurezusammensetzung von Parathormon B ist bekannt[3]. Das Hormon wird durch Verdauungsfermente rasch inaktiviert. Ein Teil der physiologischen Wirkungen des Parathormons scheint aber auch auf eine Lipidfraktion steroider Natur der Nebenschilddrüse zurückzuführen zu sein[4].

Einheiten und Bestimmungsmethoden[5]

1 USP-Einheit = $^1/_{100}$ der Menge, die bei Hunden von 8–16 kg innerhalb 16–18 Stunden nach subkutaner Injektion den Calciumgehalt um durchschnittlich 1 mg/100 ml erhöht.

1 COLLIP-Einheit = 5 USP-Einheiten.

Physiologie und Funktion

Das Parathormon wird in der Nebenschilddrüse (Epithelkörperchen) gebildet. Über die Regulierung der Parathormonausschüttung ist nichts Sicheres bekannt. Möglicherweise stimuliert ein Abfall der Calciumkonzentration im Blut eine Hormonproduktion auf zentralnervösem Weg[6].

Das Parathormon hat zwei Angriffspunkte: *Nieren* (Steigerung der Phosphatausscheidung) und *Knochen* (Mobilisierung des Calciums). Nicht endgültig geklärt ist, ob das Parathormon primär und unabhängig auf Nieren und Knochen wirkt, ob es primär auf die Nieren wirkt und die Wirkung auf die Knochen eine sekundäre Folgeerscheinung ist oder ob es primär auf die Knochen wirkt mit einer folgenden Veränderung der Phosphatausscheidung durch die Nieren. Man neigt heute zur Ansicht, daß beide Wirkungen primär verlaufen, wenn auch eine gegenseitige Abhängigkeit der Calciummobilisierung und der Phosphatausscheidung besteht.

Im allgemeinen vermehrt ein Überschuß des Hormons die Phosphatausscheidung in der Niere bzw. vermindert die Rückresorption in den Nierentubuli. Diese Phosphatdiurese scheint aber nur bei einem hohen Serumphosphatspiegel einzutreten[7]. Nach Infusion von Calcium wird eine verminderte Phosphatausscheidung beobachtet, die wahrscheinlich auf einer Störung der Parathormonausscheidung infolge der Hypercalcämie beruht[8].

Der Einfluß des Parathormons auf den Calciumspiegel des Blutes und auf die Calciummobilisierung in den Knochen ist heute eindeutig bewiesen. Nach Injektion des Hormons steigt der Calciumspiegel des Blutes an, nach längerer Überdosierung läßt sich eine starke Proliferation der Osteoklasten mit Rarefikation des Knochens und Ersatz der Knochensubstanz durch weiches Gewebe feststellen, die zum Bild der Ostitis fibrosa führen[9]. Neben einer Mobilisierung des Knochencalciums findet gleichzeitig eine solche des Knochenphosphats statt. Zwischen dem Serumcalciumspiegel und dem mobilisierbaren Knochencalcium scheint aber auch ein vom Parathormon unabhängiges Gleichgewicht zu bestehen, da auch nach Entfernung der Epithelkörperchen der Calciumspiegel im Blut konstant bleibt[10].

Nicht ganz geklärt ist die Bedeutung der Citronensäure bei der Calciummobilisierung. Citronensäure wird möglicherweise unter dem Einfluß von Parathormon und Vitamin D im Knochengewebe gebildet; ein Calcium-Citronensäure-Komplex scheint bei der Mobilisierung des Knochencalciums und für die Überführung des Calciums von den Knochen zum Blut von Bedeutung zu sein[11]. Neben einer Stimulierung der Citronensäurebildung im Knochen (möglicherweise aus Glucose) scheint auch eine Stimulierung der Milchsäurebildung aus Brenztraubensäure im Knochen vorzuliegen[12]. Ob die Anreicherung von leichtlöslichem Calciumcitrat bzw. -lactat im Knochen unter der Einwirkung von Parathormon als Erklärung für die beobachtete Erhöhung des Blutcalciumspiegels ausreicht[12], muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Die hypercalcämischen Wirkungen des Parathormons und des Vitamins D dürften einen verschiedenen Mechanismus aufweisen, wobei besonders ein Einfluß von Vitamin D auf den Citronensäurestoffwechsel in Betracht gezogen werden muß. Die Wirkung von Vitamin D auf die Calciummobilisierung verläuft proportional der Vitamineinnahme, der Einfluß des Parathormons ist primär ein

synergistischer. Da die Ausschüttung des Parathormons aber durch die Calciumkonzentration des Blutes gesteuert wird, besteht eine regulierende und ausgleichende Wirkung des Parathormons zwischen Calciumaufnahme, -ausscheidung und -mobilisierung durch Vitamin D[13].

Weitere Wirkungen des Hormons bestehen in einem verstärkten Abbau des organischen Gerüsts der Knochen[14], einem calciumregulierenden Mechanismus in der Milchdrüse[15] und in einer Stimulierung der Calcium- und Phosphatresorption im Darm[16]. Diese verschiedenen, zum Teil voneinander unabhängigen Wirkungen des Parathormons lassen vermuten, daß es sich bei diesem Protein um einen Komplex mehrerer Hormone handelt[17].

Klinische Bedeutung

Anwendung von Parathormon bei hypoparathyreoiden Zuständen (oder Dihydrotachysterin, siehe Vitamin D, S. 419), zur Unterscheidung von idiopathischem (atrophierte oder fehlende Nebenschilddrüsen) und Pseudo-Hypoparathyreoidismus (Nichtansprechen des Körpers auf das Hormon)[18]. Über Hyperparathyreoidismus vgl. [7, 19].

Literatur

1) Greep und Kenny, in: Pincus und Thimann (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 153. *2)* Rasmussen, H., *J. biol. Chem.*, **229**, 781 (1957). *3)* Spackman et al., *Analyt. Chem.*, **30**, 1190 (1958). *4)* Raoul und Marnay, *Expos. ann. Biochim. méd.*, **21**, 169 (1959). *5)* Biering, A., *Acta Pharmacol. (Kbh.)*, **6**, 40 (1950); Thorp, R. H., in: Emmens, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 77. *6)* Benetato et al., *Probl. Endokr. Gormonoter.*, **3**, 26 (1957). *7)* Nordin, B. E. C., *Advanc. intern. Med.*, **9**, 81 (1958). *8)* Hiatt und Thompson, *J. clin. Invest.*, **36**, 573 (1957). *9)* Leuthardt, F., *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 14. Aufl., Berlin (1959). *10)* Copp, D. H., *Amer. J. Med.*, **22**, 275 (1957). *11)* Neuman und Neuman, *The Chemical Dynamics of Bone Mineral*, Chicago (1958). *12)* Firschein et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **15**, 427 (1959). *13)* McLean und Budy, *Ann. Rev. Physiol.*, **31**, 69 (1959). *14)* Engel, M. B., *Arch. Path. (Chicago)*, **53**, 339 (1952). *15)* Munson et al., *J. dent. Res.*, **33**, 676 (1954). *16)* Talmage und Elliot, *Fed. Proc.*, **17**, 160 (1958). *17)* Dent, C. E., *Proc. roy. Soc. Med.*, **46**, 291 (1953); Neuman und Neuman, *Amer. J. Med.*, **22**, 123 (1957); Munson, P. L., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **60**, 776 (1955). *18)* Moldawer, M., *Practitioner*, **180**, 88 (1958). *19)* Hardy, J. D., *Ann. Rev. Med.*, **10**, 183 (1959).

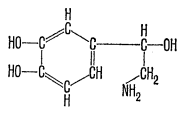
Noradrenalin (Norepinephrin)[1, 2] und Adrenalin (Epinephrin)[1]

Chemie

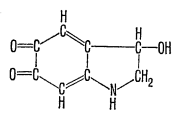
Noradrenalin und Adrenalin gehören zu den Catecholaminen und besitzen sehr ähnliche Eigenschaften, weshalb sie schwer zu trennen sind. Beide sind in Wasser schlecht, in den meisten organischen Lösungsmitteln, in wässerigen Alkalien und Säuren gut löslich. Ihre Salze sind in Wasser leicht löslich.

Natürliches Noradrenalin und Adrenalin sind linksdrehend. Synthetisch werden die Racemate erhalten, welche nur 3–4% der Wirksamkeit der linksdrehenden Formen besitzen. Noradrenalin und Adrenalin oxydieren außerordentlich leicht zu Noradrenochrom bzw. Adrenochrom. In sauren Lösungen oxydiert Adrenalin schneller: es wird zum Beispiel bei pH 4 durch 0,1 n-Jodlösung zum größten Teil, Noradrenalin nur etwa zu 10% oxydiert[9]; bei pH 6 sind beide zu 100% oxydiert. Der Unterschied in der Oxydierbarkeit wird zur Trennung der beiden Substanzen in Lösungsgemischen benützt.

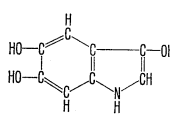
Noradrenalin, $C_8H_{11}O_3N$
Mol.-Gew. 169,18



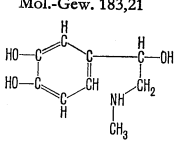
Noradrenochrom



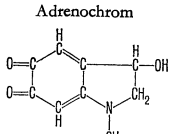
Noradrenolutin



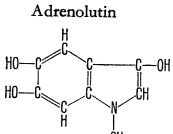
Adrenalin, $C_9H_{13}O_3N$
Mol.-Gew. 183,21



Adrenochrom



Adrenolutin



Einheit. Keine. Gewicht.

Test- und Bestimmungsmethoden

Die folgenden Methoden eignen sich zur Bestimmung von Noradrenalin + Adrenalin oder Noradrenalin bzw. Adrenalin allein:

1. *Biologisch:* Nach Isolierung (durch Fällung mit Aluminiumhydroxyd usw.) am Blutdruck der chloralisierten, mit Cocain sensibilisierten Katze[4] (Empfindlichkeit bis 0,2 µg Noradrenalin) oder am überlebenden Rattenuterus[5] (Empfindlichkeit bis $^1/_{1000}$ µg Adrenalin, für Noradrenalin 75–300mal weniger empfindlich). Weitere biologische Testmethoden siehe [2, 6].

2. *Chemisch:* a) kolorimetrisch[3] (Empfindlichkeit 10 µg Noradrenalin bzw. Adrenalin); b) chromatographisch[7] (Empfindlichkeit bis 2µg Noradrenalin bzw. Adrenalin); c) fluorometrisch[8]: Noradrenalin und Adrenalin (Empfindlichkeit bis $^1/_{100}$ µg der beiden Substanzen). Bei der letzteren Methode werden Noradrenalin und Adrenalin zunächst an Aluminiumoxyd adsorbiert, dann oxydiert und das entstandene Noradrenochrom bzw. Adrenochrom in fluoreszierendes Noradrenolutin bzw. Adrenolutin umgewandelt. Weitere chemische Testmethoden siehe [2, 9].

Physiologie

Bildung und Vorkommen[10]. Die Biosynthese verläuft, ausgehend vom Phenylalanin, über Tyrosin zum Dihydroxyphenylalanin (Dopa), das eine Schlüsselstellung einzunehmen scheint. Die Decarboxylation von Dopa führt zu Hydroxytyramin (Dopamin), das zum größten Teil zur Dihydroxyphenylessigsäure umgebildet und zum kleineren Teil zum Noradrenalin hydroxyliert wird. Ein Teil des Noradrenalins wird dann in den chromaffinen Zellen zum Adrenalin methyliert. Neben dem Nebennierenmark sind auch die sympathischen Nerven und Ganglien zur Biosynthese des Adrenalins befähigt, mit einer bevorzugten Synthese von Noradrenalin in den sympathischen Nerven.

Das wichtigste Endprodukt des Stoffwechsels von Adrenalin und Noradrenalin ist 3-Methoxy-4-hydroxymandelsäure; Zwischenprodukte der Inaktivierung sind *m*-O-Methyladrenalin, *m*-O-Methylnoradrenalin und Dihydroxymandelsäure[11, 12].

Der Gehalt der Nebenniere an Catecholaminen ist von Species zu Species verschieden[2]: 0,12–14 mg/g; Mensch 0,27–1 mg/g. Unter Einwirkung von Streß verarmt das Nebennierenmark an Catecholaminen. Das Verhältnis von Adrenalin zu Noradrenalin in der Medulla schwankt ebenfalls von Species zu Species und beträgt beim Menschen ungefähr 80 zu 20. Im Fötus findet sich kein Adrenalin in der Medulla; der Prozentsatz an Adrenalin steigt mit dem Wachstum. Die beiden Hormone werden in verschiedenen Zellen der Medulla gespeichert und scheinen in den Zellen an mitochondrienähnliche Körperchen gebunden zu sein.

Außerhalb der Nebenniere finden sich die Catecholamine im sympathischen Nervensystem und in den chromaffinen Zellen verschiedener Organe und Gewebe. Das sympathische Nervensystem des Menschen enthält etwa 1–3 µg Noradrenalin je Gramm Gewebe (thorakale und lumbale Ganglien)[2]; der Adrenalingehalt beträgt nur einen Bruchteil des Noradrenalingehalts. Noradrenalin und ein geringer Anteil Adrenalin wurden auch in Milz, Herz, Knochenmark und Placenta gefunden. Der Noradrenalingehalt der Organe und Gewebe scheint eng mit der Anzahl der sie versorgenden adrenergischen Nervenfasern zusammenzuhängen. Bei Tumoren der chromaffinen Zellen können Werte von bis zu 8,4 mg/g für Noradrenalin und 2,3 mg/g für Adrenalin vorkommen[13].

Der Gehalt an Noradrenalin im Plasma des ruhenden Menschen ist unter 10^{-9} g/l, der Gehalt an Adrenalin unter 10^{-10} g/l[14]. Während Insulinhypoglycämie kann der Adrenalinspiegel auf das Zehnfache ansteigen, und bei Patienten mit catecholaminproduzierenden Tumoren wurde ein über 100facher Anstieg des Noradrenalinspiegels beobachtet[14].

Die Catecholamine werden direkt in das Blut sezerniert, und die Sekretion läßt sich durch verschiedene Faktoren, wie Reizung der sympathischen Nerven, Blutzucker, Trauma, Drogen (zum Beispiel Resorpin, Morphin), Streß usw., stimulieren (vgl. [1]). Diese Veränderungen der Catecholaminsekretion werden am besten an Hand der Ausscheidung im Harn verfolgt (siehe auch weiter unten). Im allgemeinen sezerniert die Medulla die Catecholamine in einem konstanten Verhältnis. In einigen Fällen scheint es aber zu einer bevorzugten Sekretion von Adrenalin zu kommen (zum Beispiel bei Hypoglycämie)[15], was bei der Bildung der Catecholamine in verschiedenen Zellen nicht überraschen kann.

Neben Adrenalin und Noradrenalin wurden auch Dopa, Dopamin und Isopropylnoradrenalin in der Nebenniere, Dopa, Dopamin, Dihydroxyphenylessigsäure und Dihydroxymandelsäure (Stoffwechselprodukte) in den adrenergischen Neuronen sowie Dopamin, Dihydroxyphenylessigsäure und Dihydroxymandelsäure im Serum und in verschiedenen Organen gefunden[10].

Ausscheidung. Injizierte Catecholamine verschwinden sehr schnell aus dem Plasma und werden von verschiedenen Organen aufgenommen, wo sie zum Teil gespeichert, zum Teil umgewandelt werden. 0,5–2% bzw. 3–6% von injiziertem Adrenalin bzw. Noradrenalin werden im Harn ausgeschieden[15]. Das Adrenalin im Harn scheint größtenteils aus der Medulla zu stammen, das Noradrenalin aus den sympathischen Nerven, da nach Zerstörung der Nebenniere die Adrenalinausscheidung, nicht aber diejenige des Noradrenalins vermindert ist[7]. Ein geringer Teil der Catecholamine wird in konjugierter Form ausgeschieden, wobei Noradrenalin zu einem größeren Teil konjugiert vorliegt als Adrenalin. Noradrenalin scheint hierbei als Glucuronid vorzuliegen[16].

Pro 24 Stunden werden etwa 25–50 µg freies Noradrenalin und 4–8 µg freies Adrenalin im Harn ausgeschieden; die Ausscheidung der Total-Catecholamine beträgt etwa das 1,5–3fache der freien Catecholamine[2]. Im Harn finden sich auch Dopamin und Dihydroxyphenylessigsäure[10] sowie 3-Methoxy-4-hydroxymandelsäure (6,1 mg/24 h[16]).

Eine erhöhte Ausscheidung von Catecholaminen wurde beobachtet: von Adrenalin und Noradrenalin nach Operationen[17] und nach Stimulierung des sympathischen Nervensystems[15], von Adrenalin bei insulininduzierter Hypoglycämie und von Noradrenalin nach Injektion von Methacholin. Auch unter Streß (vgl. S. 444) werden erhöhte Catecholaminausscheidungen gefunden.

Ein psychologischer Faktor scheint ebenfalls auf die Ausscheidung der Catecholamine von Einfluß zu sein[15]: So führt eine aktive, aggressive emotionelle Einstellung zu einer erhöhten Noradrenalinausscheidung, eine ängstliche, passive emotionelle Einstellung dagegen zu einer erhöhten Adrenalinausscheidung.

Erhebliche Mengen von Catecholaminen werden bei Vorliegen von Tumoren der chromaffinen Zellen ausgeschieden: Adrenalin bis zu 0,25 mg und Noradrenalin bis zu 8,8 mg in 24 Stunden[13]; außerdem bis zu 30 mg *m*-O-Methylnoradrenalin[12] und bis zu 60 mg 3-Methoxy-4-hydroxymandelsäure[16].

Funktion

Wirkungen auf das sympathische Nervensystem. Nach seiner Konzentration in den verschiedenen Geweben und seiner mit Sympathicusreizung identischen Wirkung ist das Noradrenalin oder eine Mischung aus überwiegend Noradrenalin mit wenigen Prozenten Adrenalin der natürliche Reizübermittler des sympathischen Nervensystems.

Sowohl Noradrenalin als auch Adrenalin werden durch antiadrenergische Substanzen (Ergotamin, Tetraäthylammoniumchlorid, Dibenamin) blockiert.

Wirkungen auf den Blutkreislauf. Bei kontinuierlicher intravenöser Infusion (0,1–0,3 µg/min je Kilogramm Körpergewicht) können beim Menschen folgende Wirkungen festgestellt werden (unter anderm durch Katheterisierung des rechten Herzens, FICK-Prinzip)[19, 20]: *Noradrenalin:* Prompte Erhöhung des mittleren Blutdruckes durch Erhöhung des systolischen und diastolischen Blutdruckes, verursacht durch Vergrößerung des peripheren Kreislaufwiderstandes (Vasokonstriktion). Herzleistung unverändert oder leicht gesenkt. Wegen der subjektiven Abwesenheit aller Symptome werden den Versuchspersonen die Kreislaufveränderungen in der Regel gar nicht bewußt. *Adrenalin:* Erhöhung des mittleren Blutdruckes, indem die konstant beobachtbare Senkung des peripheren Kreislaufs (Vasodilatation) durch entsprechende Vergrößerung des Schlagvolumens und der Schlagfrequenz überkompensiert wird. Subjektiv unangenehm auffallende Symptome: Tachycardie, Palpitation und psychische Symptome.

Bei Noradrenalin und Adrenalin resultiert somit eine Blutdruckerhöhung, die aber durch verschiedene Ursachen bedingt ist: Beim Noradrenalin Vasokonstriktion, verminderte Durchblutung aller Organe, Erhöhung des peripheren Kreislaufwiderstandes, keine Veränderung der Herzleistung; beim Adrenalin Erhöhung der Herzleistung, Vasodilatation, erhöhte Durchblutung aller Organe, Senkung des peripheren Kreislaufwiderstandes[20, 21].

Bei größeren intravenösen Dosen als 0,3 µg/min/kg *bewirkt Adrenalin wie Noradrenalin eine periphere Vasokonstriktion,* die aber nur pathologischerweise bei Hyperaktivität der Medulla, wie zum Beispiel bei Phäochromocytom, in Erscheinung tritt[22]. Die Kreislaufwirkungen von Adrenalin und Noradrenalin heben sich bei physiologischer Dosierung (intravenös bis 0,3 µg/min/kg) auf.

Wirkungen auf die Niere. Noradrenalin und Adrenalin bewirken eine ausgesprochene Reduktion der renalen Blutzirkulation, der renalen Plasmazirkulation und der glomerulären Filtrationsrate[23].

Stoffwechselwirkungen. Die durch Adrenalin verursachten Stoffwechselwirkungen (Hebung des Grundumsatzes[24], Hyperglycämie) treten beim Noradrenalin nicht oder bedeutend schwächer in Erscheinung[19, 22].

Wirkungen auf das zentrale Nervensystem. Die bei Adrenalin auftretenden Symptome, wie Ruhelosigkeit, Druck- und Angstgefühle, sind beim Noradrenalin nicht zu beobachten.

Wirkung auf die Hypophyse. Adrenalin stimuliert die Produktion und Sekretion von ACTH (siehe S. 444) und somit indirekt die Nebennieren-Hormonproduktion.

Vergleich der Wirkungen von Adrenalin intravenös (0,1–0,3 µg/min/kg) *und Noradrenalin intravenös* (0,1–0,325 µg/min/kg)[19, 25]

\+ oder — = Art und Grad der Wirkung; quadratisch ☐ umrandet = keine signifikante Wirkung.

	Noradrenalin	Adrenalin
Pulsfrequenz	—	+
Herzleistung	☐	+++
Systolischer Blutdruck	+++	+++
Diastolischer Blutdruck	++	☐
Totaler peripherer Kreislaufwiderstand	+++	— —
Grundumsatz	☐	++
Blutzucker	☐	+++
Wirkungen auf das zentrale Nervensystem	☐	+
Eosinopenie	☐	+

Therapeutische Anwendung

Noradrenalin als Sympathicomimeticum ohne Nebenerscheinungen. *Adrenalin* bei chirurgischen Eingriffen: akutes Versagen des peripheren Kreislaufes und des Herzens; Zusatz zu Lokalanästhetica als Vasokonstriktor.

Literatur

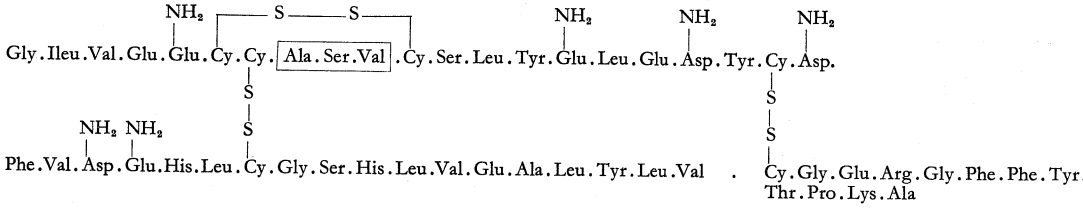
1) GADDUM und HOLZBAUER, *Vitam. and Horm.*, **15**, 151 (1957). *2)* VON EULER, U. S., *Noradrenaline*, Springfield (1956). *3)* VON EULER und HAMBERG, *Acta physiol. scand.*, **19**, 74 (1949). *4)* VON EULER und LUFT, *Acta endocr. (Kbh.)*, **3**, 323 (1949). *5)* GADDUM, J. H., *Meth. med. Res.*, **3**, 116 (1950). *6)* WEST, G. B., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 91. *7)* GOLDENBERG et al., *Science*, **109**, 534 (1949). *8)* LUND, A., *Acta pharmacol. (Kbh.)*, **6**, 137 (1950). *9)* PERSKY, H., in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 2, New York (1955), S. 57. *10)* VON EULER, U. S., *Recent Progr. Hormone Res.*, **14**, 483 (1958). *11)* KIRSHNER et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **98**, 627 (1958); GOODALL et al., *J. clin. Invest.*, **38**, 707 (1959); AXELROD, J., *Physiol. Rev.*, **39**, 751 (1959). *12)* SJOERDSMA et al., *J. clin. Invest.*, **38**, 31 (1959). *13)* VON EULER, U. S., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **12**, 268 (1958). *14)* VON EULER, U. S., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 379 (1957). *15)* ELMADJIAN et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **14**, 513 (1958). *16)* SANDLER und RUTHVEN, *Lancet*, **2**, 1034 (1959). *17)* HALME et al., *Acta endocr. (Kbh.)*, **24**, Suppl. 32 (1957). *18)* SANDLER und RUTHVEN, *Lancet*, **2**, 114 (1959). *19)* GOLDENBERG et al., *Amer. J. Med.*, **5**, 792 (1948). *20)* WAKIM und ESSEX, *Circulation (N.Y.)*, **5**, 370 (1952). *21)* SWAN, H. J. C., *Lancet*, **2**, 508 (1949); KAPPERT et al., *Acta cardiol. (Brux.)*, **5**, 121 (1950); BARCROFT und KONZETT, *J. Physiol. (Lond.)*, **110**, 194 (1949); BARNETT et al., *Clin. Sci.*, **9**, 151 (1950). *22)* GOLDENBERG et al., *Arch. intern. Med.*, **86**, 823 (1950). *23)* MOYER und HANDLEY, *Circulation (N.Y.)*, **5**, 91 (1952). *24)* GRIFFITH, F. J., Jr., *Physiol. Rev.*, **31**, 151 (1951). *25)* GOLDENBERG, M., *Amer. J. Med.*, **10**, 627 (1951); CORI und BUCHWALD, *Amer. J. Physiol.*, **95**, 71 (1930); MADISON, L. L., *J. clin. Invest.*, **29**, 789 (1950); REIN, H., *Physiologie des Menschen*, 12. Aufl., Berlin (1956).

Insulin

Das von BANTING und BEST[1] im Jahre 1922 entdeckte Insulin wurde erstmals 1931 durch HOUSSAY und BIASCOTTE[2] klinisch angewandt bei Diabetes. 1926 gelang es ABEL[3], das Insulin in kristalliner Form darzustellen. Die vollständige Strukturaufklärung folgte hierauf erst im Jahre 1955 durch SANGER und Mitarbeiter[4].

Das Insulinmolekül besteht aus zwei unverzweigten Polypeptidketten, die durch zwei Disulfidbrücken verbunden sind, deren Schwefelatome aus Cysteinfragmenten stammen. Die eine Polypeptidkette (A) trägt ein terminales Glycin, eine weitere, ketteneigene Disulfidbrücke und vier freie Aminogruppen, die andere ein terminales Phenylalanin und zwei freie Aminogruppen (B). Es konnte im weiteren nachgewiesen werden, daß für Insuline verschiedener Tiere kleine Unterschiede im Aufbau der Glycin-Polypeptidkette bestehen, während die Phenylalanin-Polypeptidkette für alle untersuchten Insuline die gleiche ist[5].

Für Rinderinsulin wurde folgende Konstitution ermittelt:



Für Schweine- und Walinsulin ist die eingerahmte Peptidfolge Thr . Ser . Ileu, für Schafinsulin Ala · Gly · Val, für Pferdeinsulin Thr . Gly . Ileu.

Molekulargewicht	5733	(Rind)
	5777	(Schwein, Wal)
	5703	(Schaf)
	5747	(Pferd)

Das natürliche Insulin besteht aus Di- und Polymeren dieser Einheit.

Absorptionsmaximum	276 mμm
Brechungsindex der Kristalle[6]	1,58

Kristallisiert in Rhomben oder Prismen, ist in Wasser und noch in 60–80prozentigem Alkohol löslich. Geht beim Erwärmen bei pH-Werten unter 3,5 in eine Faserstruktur über[7]. Wird durch Pepsin, Trypsin, Cystein (im Unterschied zu Glucagon), Glutathion, Thioglycolsäure, Thiosalicylsäure, BAL, ultraviolettes Licht und partiell auch durch radioaktive Strahlung inaktiviert.

Bildungsort

β-Zellen der LANGERHANSschen Inseln des Pancreas.

Einheit

Die internationale Einheit entspricht der Aktivität eines im National Institute for Medical Research in London aufbewahrten Standardpräparates von 0,0455 mg. 1 mg kristallisiertes Insulin hat die Aktivität von 22 IE.

Test- und Bestimmungsmethoden

Biologisch: Blutzuckersenkende Wirkung beim Kaninchen. 1 IE Insulin senkt den Blutzucker eines 2 kg schweren, 24 Stunden hungernden Kaninchens innerhalb von 3 Stunden auf 45 mg je 100 ml. Verschiedene Teste mit Mäusen und Ratten[8].

Serologisch: Insulin wirkt als Antigen in beinahe allen immunisierten Tieren wie auch bei Patienten, die 120–2000 IE Insulin täglich benötigen[9].

Biochemisch: Glucoseaufnahme von isoliertem Rattendiaphragma[10]. Oxydation von Glucose-1-^{14}C zu $^{14}CO_2$ in Rattenfettgewebe (Empfindlichkeit 10 μE/ml)[11].

Physiologie und Funktion

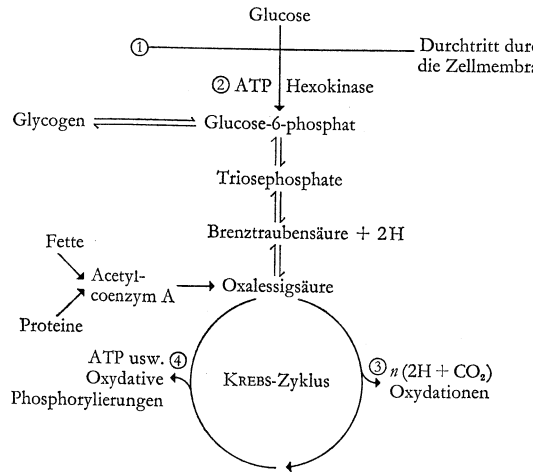
Die kontinuierliche Basalsekretion der β-Zellen des Pancreas beträgt 0,005–0,035 IE/kg je Stunde[12]. Der normale Plasmaspiegel des Menschen erreicht 0,1–3,0 × 10^{-3} IE/ml[13].

Insulin bewirkt vermehrte Glucoseaufnahme der Leber- und Muskelzelle[14] sowie Beschleunigung der Durchdringungszeit durch die Membranen der Muskel-, nicht aber der Gehirnzellen und Erythrocyten[15]. Die Speicherung der Glucose als Glycogen in Leber- und Muskelzelle und die Glucoseoxydation in den peripheren Geweben und Muskeln sind erhöht. Es treten vermehrte Lipogenese aus Glucose[11], eine Erhöhung des respiratorischen Quotienten gegen 1 und erhöhte Wärmeproduktion auf. Oxydationsverbesserung und verringerter Abbau der Fette und Aminosäuren.

Insulinmangel führt daher zu erhöhter hepatischer Glycogenolyse mit Ausscheidung von Glucose in das Blut.

Die frühere Auffassung, daß exogene Glucose nicht mehr gespeichert oder verwertet werden kann, muß dahin revidiert werden, daß der nichtacidotische, diabetische Organismus auf einem viel höheren Blutglucoseniveau zu normaler Glucoseverwertung befähigt ist[16].

Fructose kann bei jugendlichem, ketotischem Diabetes, nicht aber bei adultem, nichtketotischem verwertet werden[17]. Durch Untersuchungen mit radioaktiven Isotopen konnte nachgewiesen werden, daß die bei Insulinmangel auftretende Hyperglycämie sowohl durch erhöhte Gluconeogenese wie auch durch verschlechterte Glucoseverwertung verursacht ist[18]. Bei Überschreitung der Nierenschwelle für Glucose erfolgt Glucosurie, die eine erhöhte Wasserausscheidung mit den entsprechenden Störungen des Elektrolyt- und Wasserhaushalts zur Folge hat. Der erhöhte Fett- und Aminosäureabbau führt zu vermehrter Stickstoffausscheidung und Gluconeogenese. Der Grundumsatz erhöht sich, und der respiratorische Quotient fällt ab. Daraus resultieren die klassischen klinischen Symptome: Durst, trockene, rote Zunge, gerötetes Gesicht, Polyurie, Polydipsie und Polyphagie. Der erhöhte Fettabbau, zu dem sich noch ein Defekt in der Lipogenese gesellt[19], führt zur Ansammlung von β-Hydroxybuttersäure und Acetessigsäure, aus der das Aceton durch Decarboxylierung entsteht. Es treten Ketonämie und Ketonurie auf. Die entstehende metabolische Acidose mit erniedrigter Blutbicarbonatkonzentration und pH-Abfall im Blut führt zu einem progressiven Verlauf der Stoffwechselstörungen mit vermehrtem Abbau in den Geweben, erkenntlich am Freiwerden und an der Harnausscheidung freier Phosphate und assoziierter Kationen. Wasser- und Elektrolytverluste führen zu Hämokonzentration, Abnahme des Gesamtblutvolumens, Kollaps der peripheren Blutgefäße sowie der Nierenfunktion und schließlich zum Schock[20]. Die Toxizität der Ketonkörper hat eine Reduktion des cerebralen Stoffwechsels mit erniedrigter Sauerstoffaufnahme und schließlich Bewußtlosigkeit zur Folge[21].



Der Mechanismus der Insulinwirkung im Metabolismus bedarf noch weiterer Abklärung. Vier Angriffspunkte scheinen sicherzustehen: 1. Durchtritt der Glucose durch die Zellmembran. 2. Die Reaktion: Glucose $\xrightarrow[\text{Hexokinase}]{\text{ATP}}$ Glucose-6-phosphat. 3. Oxydationen im KREBS-Zyklus und 4. Reaktionen, die bei der Entstehung von Verbindungen mit energiereichen Phosphatbindungen (ATP, Creatinphosphat usw.) eine Rolle spielen[19].

Die Steuerung der Insulinproduktion der β-Zellen ist noch nicht völlig abgeklärt. Es spielen hierbei sowohl nervöse, metabolische wie auch hormonale Faktoren (zum Beispiel Glucagon) eine Rolle, die aber alle anderseits Hyperglycämie und Insulinbedarf als stimulierende Ursache haben können[22].

Durch Anastomoseversuche an Hunden konnte gezeigt werden, daß Ausschüttung von Insulin (Hyperglycämie) nach Injektion in die Vena pancreatica von D-Glucose, D-Galactose, D-Ribose und D-Arabinose erfolgt. D-Fructose, D-Mannose, D-Xylose, L-Arabinose, 3-Methylglucose, D-Glucosamin, Galacturonsäure und Natriumchlorid erwiesen sich hierbei als wirkungslos[23].

Verteilung, Abbau und Ausscheidung

Versuche mit Insulin-^{131}I haben gezeigt, daß sich das Hormon in der Leber, den Muskeln und Nierentubuli anreichert, während nennenswerte Mengen weder im Gehirn noch im Blut nachgewiesen werden konnten[24].

Das Insulin wird im Organismus vor allem in der Leber abgebaut, die – wie an Leberhomogenaten gezeigt werden konnte – ein die Insulinaktivität zerstörendes, proteolytisches, «Insulinase» genanntes System enthält. Dieses kann seinerseits durch Cu, Zn, Hg und gewisse Thiole nicht kompetitiv gehemmt werden. Ein anderer, thermo- und pepsinstabiler, kompetitiver Inhibitor besteht wahrscheinlich aus einem Peptid[25].

Sehr geringe Mengen von 0,1–1,7% werden innert 24 Stunden im Harn ausgeschieden[24, 26].

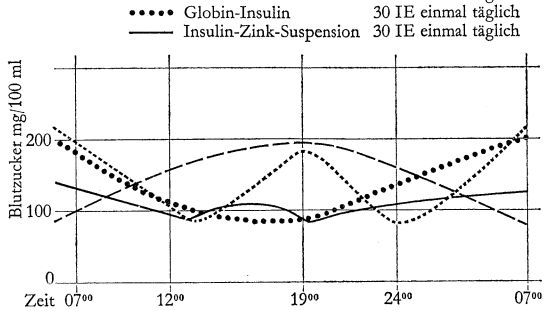
Klinische Bedeutung

Therapeutisch: Insulärer Diabetes, Magersucht (Appetitanregung), als Adjuvans bei Leberparenchymschäden, Insulinschock.

Diagnostisch: Bei einem durch β-Zelltumoren verursachten Hyperinsulinismus mißt man Plasmawerte bis 73×10^{-3} IE/ml[27].

Insulinpräparate

Da das Insulin im Organismus rasch abgebaut wird, haben sich verschiedene Autoren um die Herstellung von Insulinpräparaten mit protrahierter Wirkung bemüht. Solche Präparate wurden durch Bindung des Insulins an Protamine und Zink von HAGEDORN[28] 1936, durch Bindung an Globin von REINER, SEARLE und LANG[29] 1940 hergestellt. Im Jahre 1951 gelang es HALLAS-MØLLER[30], durch Zusatz von Zink in einem Acetatpuffer Insulin-Zink-Suspensionen (IZS) darzustellen, deren Reaktionszeiten je nach Herstellungsart verschieden sind. Erhöht man während der Präparation das pH rasch, so entsteht ein amorpher Niederschlag, der im Organismus relativ rasch resorbiert und deshalb IZS semilente genannt wird, bei sorgfältigem Einhalten eines pH von 4,8–5,7 entsteht das schwer lösliche, kristalline IZS ultralente, das eine sehr langsame Resorption hat. IZS lente besteht aus einer Mischung von 70% IZS ultralente und 30% IZS semilente[31]. Die vorstehende Darstellung zeigt die Wirkungsart der verschiedenen Präparate (nach LYALL, A., *The Practitioner*, **180**, 61 [1958]).



Blutzuckerkurven während 24 Stunden

Über die Behandlung mit IZS und den Behandlungswechsel auf IZS liegen aus verschiedenen Kliniken Resultate vor[32].

Literatur

1) BANTING und BEST, *J. Lab. clin. Med.*, **7**, 464 (1922). *2)* HOUSSAY und BIASCOTTE, *Endocrinology*, **15**, 511 (1932). *3)* ABEL et al., *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.)*, **12**, 132 (1926); *J. Pharmacol. exp. Ther.*, **31**, 65 (1927). *4)* SANGER et al., *Biochem. J.*, **59**, 509 (1955); RYLE et al., *Biochem. J.*, **60**, 541 (1955). *5)* BROWN et al., *Biochem. J.*, **60**, 556 (1955); SANGER, F., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **9**, 110 (1956); ONCLEYL, O. L., *Rev. mod. Physics*, **31**, 30 (1959); STETTEN, D., Jr., *Rev. mod. Physics*, **31**, 563 (1959). *6)* SCOTT und FISCHER, *Proc. Amer. Diabetes Ass.*, **6**, 325 (1947). *7)* WAUGH, D. F., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **9**, 122 (1956). *8)* RANDLE, P. J., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 115 (1957). *9)* ARQUILLA und STAVITSKY, *J. clin. Invest.*, **35**, 458, 467 (1956). *10)* GROEN et al., *J. clin. Invest.*, **31**, 97 (1952); VALLANCE-OWEN und HURLOCK, *Lancet*, **1**, 68 (1954); RANDLE, P. J., *Lancet*, **1**, 441 (1954); *J. Endocr.*, **14**, 82 (1956). *11)* RENOLD et al., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 119 (1959). *12)* HOUSSAY et al., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **101**, 239 (1929). *13)* RANDLE, P. J., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 115 (1957). *14)* DE DUVE, C., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **9**, 203 (1956). *15)* PARK et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **9**, 240 (1956). *16)* LESTRADET, H., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 553 (1959). *17)* FELBER et al., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 467 (1959). *18)* FELLER et al., *J. biol. Chem.*, **187**, 571 (1950); STETTEN et al., ibid., **192**, 817 (1951). *19)* STADIE, W. C., *Physiol. Rev.*, **34**, 52 (1954); *Amer. J. Med.*, **19**, 257 (1955). *20)* GUEST, G. M., *Amer. J. Med.*, **7**, 630 (1949). *21)* KETY, S., *Proc. Amer. Diabetes Ass.*, **8**, 259 (1948). *22)* FOÀ, P. P., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **9**, 55 (1956). *23)* GRAFE und MEYTHALER, *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak.*, **131**, 80 (1928); FOÀ et al., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 382 (1959). *24)* ELGEE et al., *J. clin. Invest.*, **33**, 1252 (1954). *25)* MIRSKY, I. A., *Metabolism*, **5**, 138 (1956); *Recent Progr. Hormone Res.*, **13**, 429 (1957). *26)* MIRSKY et al., *J. clin. Invest.*, **27**, 818 (1948). *27)* GROEN et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **12**, 255 (1958). *28)* HAGEDORN et al., *J. Amer. med. Ass.*, **106**, 177 (1936). *29)* REINER et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **171**, 40 (1939). *30)* HALLAS-MØLLER et al., *Ugeskr. Læg.*, **113**, 1761 (1951). *31)* PECK et al., *Diabetes*, **3**, 261 (1954). *32)* FITZGERALD et al., *Lancet*, **1**, 187 (1954); MELTON, G., *Brit. med. J.*, **2**, 448 (1954); MANGOLD, R., *Schweiz. med. Wschr.*, **84**, 1041 (1954); SWOBODA und ZWEYMÜLLER, *Schweiz. med. Wschr.*, **85**, 231 (1955); GURLING et al., *Brit. med. J.*, **1**, 71 (1955); WOLFF und MADDISON, *Brit. med. J.*, **2**, 413 (1955); SLAYTON et al., *New Engl. J. Med.*, **253**, 722 (1955); SPRAGUE und KILBY, *Amer. J. Med.*, **19**, 925 (1955); HAUNZ, E. A., *J. Amer. med. Ass.*, **159**, 1611 (1955); JERSILD, M., *Lancet*, **2**, 1009 (1956); ROTTMANN und WILLE, *Dtsch. med. Wschr.*, **81**, 1324 (1956); SWOBODA, W., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 592 (1959).

Glucagon

Die Einteilung des Glucagons in die Gruppe der Hormone steht noch in Diskussion, da man keine eindeutigen, andauernden Mangel- und Überdosierungssymptome kennt[1].

Vor mehr als dreißig Jahren beschrieben MACLEOD[2] und COLLIP[3] die hyperglycämische Wirkung ihres ersten Pancreasextrakts. KIMBALL und MURLIN[4] prägten dann für das von ihnen postulierte zweite Pancreashormon den Namen Glucagon. BEHRENS, BROMER, SINN und STAUB gelang es im weiteren, Glucagon in hochgereinigtem Zustand darzustellen und dessen Struktur völlig aufzuklären[5].

Das Glucagon (aus Schweinen) ist ein unverzweigtes Polypeptid aus 29 (15 verschiedenen) Aminosäuren mit einem N-terminalen Histidin von folgender Reihenfolge:

His . Ser . Glu(-NH_2) . Gly . Thr . Phe . Thr . Ser . Asp . Tyr . Ser .
Lys . Tyr . Leu . Asp . Ser . Arg . Ala . Glu(-NH_2) . Asp . Phe . Val .
Glu(-NH_2) . Try . Leu . Met . Asp(-NH_2) . Thr

Alle Aminosäuren haben L-Konfiguration[6].

Summenformel:	$C_{153}H_{227}N_{43}O_{49}S$
Molekulargewicht:	3485
Absorptionsmaximum:	278 mμm

Kristallisiert in weißen, rhombischen Dodekaedern, geht in saurer Lösung leicht in eine dem Insulin ähnliche Faserstruktur über und wird durch ultraviolettes Licht inaktiviert.

Glucagon kann kein Insulinabbauprodukt sein, da es mit diesem höchstens die Reihenfolge zweier Aminosäuren gemeinsam hat[7]. Es unterscheidet sich von allen anderen bekannten Proteinhormonen durch das Fehlen von Cystin, Prolin und Isoleucin. Seine Aktivität geht bei der Inkubation mit Pepsin, Trypsin, Chymotrypsin, Subtilisin, Leucinaminopeptidase und Carboxypeptidase, nicht aber mit Cystein verloren. Durch Inkubation mit Cystein kann Glucagon von Insulin befreit werden.

Bildungsort

Die Zerstörung der β-Zellen des Pancreas mit Alloxan hat keinen Einfluß auf den Glucagongehalt, während eine α-Zellschädigung mittels Cobaltchlorids und anderen Verbindungen ein graduelles Verschwinden der Glucagonaktivität zur Folge hat[1]. Glucagon kann aus denjenigen Pancreasanteilen des Hundes, die α-Zellen enthalten, isoliert werden, nicht aber aus dem α-zellfreien Processus uncinatus pancreatis[8]. Als Bildungsort für Glucagon kommen also mit allergrößter Wahrscheinlichkeit die α-Zellen der LANGERHANSschen Inseln des Pancreas in Frage. Die Identität der aus Haut, Lymphknoten, Zunge, Milz und Magenmucosa isolierten hyperglycämischen Substanzen[9] mit Glucagon ist noch nicht erwiesen. Es könnte sich hierbei eventuell auch um Serotonin handeln[10]. Glucagon konnte auch aus menschlichem Pancreas gewonnen werden, wobei sich herausstellte, daß der Glucagongehalt des Pancreas bei Frauen erheblich größer ist als bei Männern[11].

Einheit und Bestimmung

Keine internationale Einheit. Gewicht.

Die Bestimmung geschieht durchweg durch Auswertung der Glycogenolyse, entweder durch Bestimmung der Hyperglycämie an hungernden, anästhesierten Katzen oder Hunden (Genauigkeit ungefähr 15–20%)[12] mittels intakten Lebergewebes[13] oder mit Leberhomogenaten[14]. Auch eine Kombination der letzteren beiden Methoden ist beschrieben worden[15].

Physiologie und Funktion

Glucagon führt zu einer vorübergehenden Erhöhung des Blutzuckerspiegels. Die Höhe des Anstiegs und die Dauer hängen von der Dosis, der Verabreichungsart und dem Ernährungszustand ab. Glucagonhyperglycämien wurden beim Menschen, bei den meisten Säugetieren, bei Vögeln und Reptilien beobachtet. Die Hyperglycämie ist von einem rapiden Abfall des Leberglycogens und einer vermehrten Glucoseabgabe der Leber begleitet. Der Glycogenverlust der Leber ist von kurzer Dauer, und 24 Stunden nach einer Glucagoneinzeldosis ist das Leberglycogen durch reaktive Insulinausschüttung im Vergleich zum Ausgangsstadium erhöht. Tägliche Glucagonverabreichung führt deshalb zu keiner Veränderung des Leberglycogens. Der Mechanismus des Glucagons auf das Leberglycogen ist weitgehend aufgeklärt und wurde an Lebergewebsschnitten[16] und bestimmten Fraktionen von Leberhomogenaten[14, 17] studiert.

In einer ersten Stufe reagiert das Glucagon mit der Verbindung einer bestimmten Leberfraktion (wahrscheinlich zyklisches Adenosin-3′,5′-phosphat), ATP und Mg++ unter Bildung eines aktiven Adeninribonucleotids, das dann seinerseits entweder durch Aktivierung der Dephosphophosphorylasekinase (DPPK) oder durch Hemmung der Leberphosphorylasephosphatase (LPP) im Phosphorylasesystem der Leber eine Konzentrationserhöhung der aktiven Leberphosphorylase hervorruft (siehe Darstellung rechts oben).

Auf die Glucagonhyperglycämie folgt dann eine Ausschüttung von Insulin und Nebennierenrindenhormonen, die wiederum zu einem Anstieg des Leberglycogens führt.

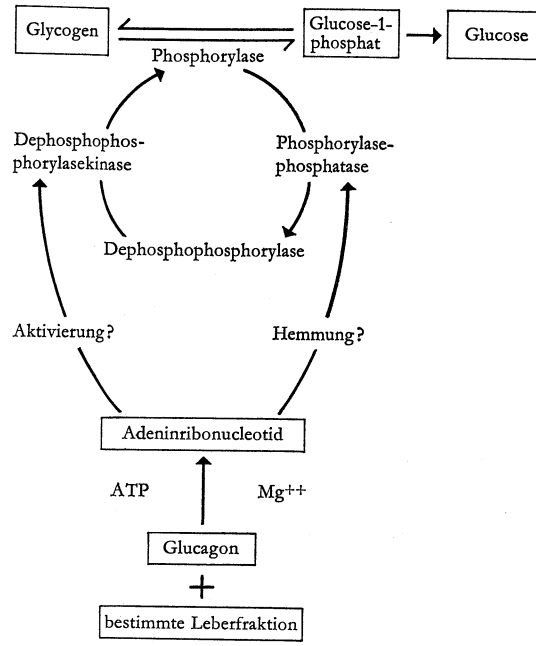
Der Ablauf der Reaktion in Leberhomogenaten ist insofern von Interesse, als dieser Mechanismus für die Wirkung eines Hormons ohne Anwesenheit intakter Zellen beweisend ist. In diesem Zusammenhang ist es auch erwähnenswert, daß zwei so verschiedene Verbindungen wie Glucagon und Adrenalin einen zur Konzentrationserhöhung der Leberphosphorylase benötigten aktiven Faktor zu produzieren vermögen.

Glucagon hemmt die Magen- und Colonkontraktionen wie auch die Magensaftsekretion[18], führt zu einer Abnahme der adrenalen Ascorbinsäure[19] und zu einer Ausscheidungszunahme der 17-Hydroxycorticoide[20] sowie der Natrium-, Kalium-, Chlorid-, Jodid- und Phosphationen um 200–500%[21]. Sehr hohe Glucagondosen über längere Zeit haben bei Ratten einen diabetogenen Effekt (Hyperglycämie und Glucosurie), der während der Behandlung anhält und durch Cortison verstärkt wird[22].

Die Wirkung des Glucagons auf das Muskelglycogen, auf die periphere Glucoseverwertung, auf den Fett- und Ketonkörperstoffwechsel ist noch umstritten und bedarf weiterer Abklärung[1].

Abbau und Ausscheidung

Glucagon wird in Niere, Leber, Blut und anderen Organen zerstört. Versuche mit Glucagon-^{131}I haben gezeigt, daß sich Glucagon unmittelbar nach der Injektion in folgenden Organen anreichert (Reihenfolge mit abnehmender Bedeutung): Nieren, Leber, Hypophyse, Milz, Lungen, Speicheldrüsen, Nebennieren,



Pancreas, Schilddrüse, Herz, Duodenum, Lymphknoten[23]. Durch Hepatektomie und Nephrektomie konnte gezeigt werden, daß die Nieren und die Leber die Hauptorte des Glucagonabbaus sind[23]. Hierbei soll eine proteolytische Glucagonase von beschränkter Spezifität beteiligt sein. Dieses Enzym enthält SH-Gruppen und wird durch Insulin, Somatotropin, α-Corticotropin und α-Casein gehemmt[24]. Injiziertes Glucagon wird also rasch abgebaut, so daß die Identität der bei Gesunden, Diabetikern und Schizophrenen im Harn gefundenen glycogenolytischen und hyperglycämisierenden Substanzen mit Glucagon unwahrscheinlich erscheint[25].

Klinische Bedeutung

Die Zusammenhänge zwischen Glucagon und KIMMERSTIEL-WILSON-Syndrom[26], α-Zellcarcinoiden[27], Oneirophrenie[28], spontaner Hypoglycämie[29] und gastrointestinalen Ulcera[30] sind unsicher und bedürfen noch weiterer Untersuchungen. Glucagon kann den klinischen Verlauf des Diabetes beim Menschen[31] und beim pancreatektomierten Vogel[32] beeinflussen, doch sind auch hierbei die Zusammenhänge noch unklar[1, 33].

Diagnostisch können Glucagonteste zur Prüfung der Leberfunktion[34], bei Glycogenosen und MAURIACschem Syndrom[35] und bei ADDISONscher Krankheit[36] verwendet werden.

Literatur

1) FOÀ et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **13**, 473 (1957); *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 237 (1959); BEHRENS und BROMER, *Vitam. and Horm.*, **16**, 263 (1958). *2)* MACLEOD, J. J. R., *J. metab. Res.*, **2**, 149 (1922). *3)* COLLIP, J. B., *Amer. J. Physiol.*, **63**, 391 (1923). *4)* KIMBALL und MURLIN, *J. biol. Chem.*, **58**, 337 (1923). *5)* STAUB et al., *Science*, **117**, 628 (1953); *J. biol. Chem.*, **214**, 619 (1955); BROMER et al., *Diabetes*, **6**, 234 (1957); *J. Amer. chem. Soc.*, **78**, 3858 (1956); ibid., **79**, 2807 (1957). *6)* HILL und SMITH, *Biochim. biophys. Acta*, **31**, 257 (1959). *7)* SANGER, F., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **9**, 110 (1956). *8)* BENCOSME et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **90**, 387 (1955); *Canad. J. Biochem.*, **35**, 1197 (1957); *Endocrinology*, **61**, 1 (1957). *9)* SUTHERLAND und DE DUVE, *J. biol. Chem.*, **175**, 663 (1948); SUTHERLAND et al., *J. biol. Chem.*, **180**, 825 (1949); FOÀ et al., *Science*, **117**, 82 (1953); RABEN, M., *Recent Progr. Hormone Res.*, **8**, 471 (1953); RAJA RAMA RAO und DE, *Nature*, **174**, 229 (1954); *Acta endocr. (Kbh.)*, **18**, 299 (1955); WEITZEL et al., *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **303**, 161 (1956). *10)* SIREK, A., *Nature*, **179**, 376 (1957). *11)* KENNY, A. J., *J. clin. Endocr.*, **15**, 1089 (1955). *12)* STAUB und BEHRENS, *J. clin. Invest.*, **33**, 1629 (1954); STAUB et al., *Fed. Proc.*, **15**, 361 (1956). *13)* SUTHERLAND und DE DUVE, *J. biol. Chem.*, **175**, 663 (1948); VUYLSTEKE und DE DUVE, *Arch. int. Pharmacodyn.*, **111**, 437 (1957). *14)* BERTHET et al., *J. biol. Chem.*, **229**, 351 (1957); RALL et al., *J. biol. Chem.*, **224**, 463 (1957). *15)* UI et al., *Endocr. jap.*, **3**, 191 (1956). *16)* RALL et al., *J. biol. Chem.*, **218**, 483 (1956); SUTHERLAND und RALL, *J. biol. Chem.*, **232**, 1077 (1958). *17)* SUTHERLAND und RALL, *J. Amer. chem. Soc.*, **79**, 3608 (1957). *18)* STUNKARD et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **89**, 258 (1955); EARLE et al., *Ann. Surg.*, **146**, 124 (1957); LIN und ALPHIN, *Fed. Proc.*, **17**, 97 (1958). *19)* COSTA et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **91**, 308, 574 (1956). *20)* KIRTLEY et al., *Diabetes*, **2**, 345 (1953). *21)* STAUB et

al., *Fed. Proc.*, **15**, 361 (1956); *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **94**, 57 (1957); ELRICK et al., *New Engl. J. Med.*, **256**, 742 (1957). *22)* SALTER et al., *Fed. Proc.*, **15**, 160 (1956); *Diabetes*, **6**, 248 (1957); CAVALLERO et al., *Nature*, **173**, 585 (1954); ELRICK et al., *Diabetes*, **7**, 129 (1958); LAZARUS und VOLK, *Fed. Proc.*, **17**, 444 (1958). *23)* COX et al., *Endocrinology*, **60**, 277 (1957); NARAHARA und WILLIAMS, *Endocrinology*, **60**, 258 (1957); BERSON et al., *J. Lab. clin. Med.*, **49**, 331 (1957). *24)* TYBERGHEIM et al., *J. biol. Chem.*, **222**, 945 (1956). *25)* FOÀ et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **13**, 473 (1957). *26)* DANA et al., *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **90**, 98 (1952). *27)* WEISBERG und SCHAEFER, *Amer. J. clin. Path.*, **22**, 1169 (1952). *28)* MORGAN und PILGRIM, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **79**, 106 (1952). *29)* MCQUARRIE, T., *Amer. J. Dis. Child.*, **87**, 399 (1954); BIERICH und KORNATZ-STEGMANN, *Mschr. Kinderheilk.*, **102**, 49 (1954). *30)* ZOLLINGER und ELLISON, *Ann. Surg.*, **142**, 709 (1955). *31)* HAWKINS et al., *Canad. med. Ass. J.*, **74**, 972 (1956). *32)* MIAHLE, P., *Acta endocr. (Kbh.)*, **28**, Suppl. 36, (1958). *33)* HUG, G., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 277 (1959). *34)* KENNY, A. J., *J. clin. Endocr.*, **15**, 1089 (1955); VAN ITALLIE und BENTLEY, *J. clin. Invest.*, **34**, 1730 (1955). *35)* CARSON und KOCK, *J. Pediat.*, **47**, 161 (1955); HUBBLE, D., *Lancet*, **1**, 235 (1954); *Diabetes*, **4**, 197 (1955); VASSELLA, F., *Helv. paediat. Acta*, **12**, 331 (1957); DENYS et al., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 197 (1959); GITZELMANN, P., *Mod. Probl. Pädiat.*, **4**, 288 (1959). *36)* ALIVISATOS und MCCULLAGH, *J. Amer. med. Ass.*, **159**, 1098 (1955).

Hormone des Gastrointestinaltrakts[1]

Sekretin[2]. Ein Peptid mit einem Molekulargewicht von etwa 5000. Wird in der Schleimhaut des Duodenums gebildet. Steigert die Pancreassekretion und den Gallenfluß, nicht aber die Enzymsekretion.

Gastrin. Gebildet in der Magenschleimhaut (Pylorusgegend). Stimuliert die Magensaftsekretion.

Cholecystokinin. Vorhanden in der Dünndarmschleimhaut. Erregt Gallenblasenkontraktion.

Enterogastron. Bildung in der Dünndarmschleimhaut. Hemmt Magensaftsekretion und muskuläre Kontraktionen des Magens.

Pancreozymin. Bildung in der Schleimhaut des oberen Dünndarms. Stimuliert die Enzymsekretion des Pancreas.

Bei diesen Hormonen handelt es sich um noch nicht näher untersuchte Peptide oder Proteine. Sie werden durch chemische oder mechanische Stimulierung im Verdauungstrakt gebildet, wobei die Hormone nach Einsetzen des Stimulus rasch ausgeschieden werden. Nach Beendigung des Reizes versiegt die Hormonsekretion schnell.

Literatur

1) GREENGARD, H., in: PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 1, New York (1948). *2)* GROSSMAN, M. I., *Vitam. and Horm.*, **16**, 179 (1958).

Steroidhormone

Chemie. Nomenklatur

Geschlechts- und Nebennierenrindenhormone gehören zu den Steroiden. Das Gerüst des Steroidmoleküls besteht aus den 3 sechsgliedrigen Ringen A, B und C und dem fünfgliedrigen Ring D (Abb. 1), mit 2 Methylgruppen an C_{10} und C_{13}. Bei den Östrogenen fehlt die Methylgruppe an C_{10}, und der Ring A ist aromatisch (Abb. 2).

Nach der Totalanzahl der im Molekül enthaltenen Kohlenstoffatome lassen sich die Steroide mit 2 Methylgruppen in charakteristische Serien unterteilen:

«C_{19}-Steroide» besitzen bei C_{17} keine Seitenkette: zu ihnen zählen das Testosteron und seine Metaboliten (Androgene) (vgl. Abb. 3).

«C_{21}-Steroide» besitzen bei C_{17} eine Seitenkette mit 2 C-Atomen: zu ihnen zählen Progesteron und die Nebennierenrindenhormone (vgl. Abb. 4).

«C_{24}-Steroide» besitzen bei C_{17} eine verzweigte Seitenkette mit 5 C-Atomen: charakteristisch für die Gallensäuren (vgl. Abb. 5).

«C_{27}-Steroide» besitzen bei C_{17} eine verzweigte Seitenkette mit 8 C-Atomen: zu ihnen zählen das Cholesterin und die Vorläufer des Vitamins D_3 (vgl. Abb. 6).

Stereochemische Bezeichnungen

Da die biologische Wirksamkeit vieler Hormone sehr stark von ihrer stereochemischen Struktur abhängt, ist eine genaue Bezeichnung in dieser Hinsicht nicht zu umgehen. Im folgenden werden mit α bzw. β solche Formen bezeichnet, bei denen gewisse Substituenten zu den Bezugspunkten, den Methylgruppen an C_{10} oder C_{13}, in Trans- bzw. in Cis-Konfiguration stehen. Es bedeuten: Cis-Konfiguration = räumlich auf der gleichen Seite der Ebene des Ringsystems wie die Bezugsgruppe stehend, Trans-Konfiguration = räumlich auf der anderen Seite stehend. In den gezeichneten Strukturformeln wird die Cis- (β-) Lage durch eine ausgezogene, die Trans- (α-) Position durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet (vgl. Abb. 7). Die Methylgruppe bei C_{10} wird als *über* der Ringebene stehend angenommen. Mit ganz wenigen Ausnahmen ist bei den Steroiden die Konfiguration der Methylgruppe an C_{13}, die als Bezugsgruppe dient, dieselbe wie bei C_{10}.

Chemische Struktur

Die Strukturformeln sind bei der Besprechung der einzelnen Hormone dargestellt.

Gruppierung

Die Steroide werden teils nach ihren chemischen, teils nach ihren physiologischen Eigenschaften, teils nach ihren Bildungsstätten in Gruppen zusammengefaßt. Die Beziehungen der einzelnen Gruppen untereinander sind nicht einfach, eine klare Grenzziehung ist nur auf Grund der chemischen Struktur möglich (vgl. folgende Seite und obenstehende Nomenklatur).

Stoffwechsel der Steroide

Die Biosynthese und der Stoffwechsel der Steroidhormone sind ausführlich auf S. 399–403 beschrieben.

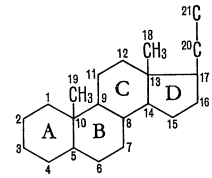


Abb. 1

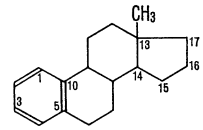


Abb. 2

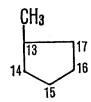


Abb. 3

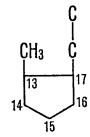


Abb. 4

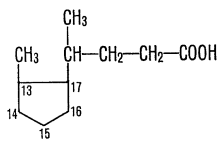


Abb. 5

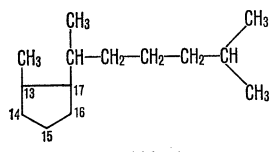


Abb. 6

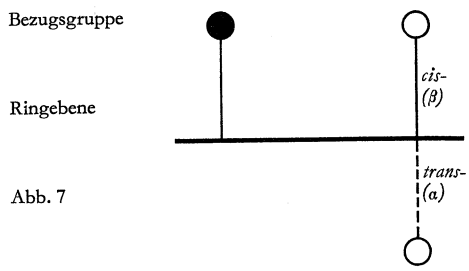


Abb. 7

Literatur (Chemie und Stoffwechsel)

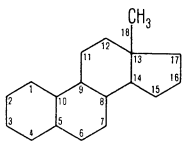
FIESER und FIESER, *Steroids*, New York (1959); LETTRÉ-INHOFFEN-TSCHESCHE, *Über Sterine, Gallensäuren und verwandte Naturstoffe*, Bd. 1 und 2, Stuttgart (1954, 1959); FRUTON und SIMMONDS, *General Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1958); LEUTHARDT, F., *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 14. Aufl., Berlin (1959); RAUEN, H. M. (Hrsg.), *Biochemisches Taschenbuch*, Berlin (1956); PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 1, 2, 3, New York (1948, 1950, 1955); *Recent Progr. Hormone Res.*, **1** (1947), und folgende Jahrgänge; *Vitam. and Horm.*, **1** (1943), und folgende Jahrgänge.

Steroidhormone – Chemie

Kleine Übersicht über die Nomenklatur der medizinisch wichtigsten Steroide

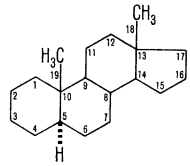
Legende: **Groteskschrift gewöhnlich** = chemische Bezeichnung *
Groteskschrift fett = Trivialname *
Garamond gewöhnlich = Synonyme
♀ = östrogene Wirkung
♂ = androgene Wirkung
● = progestive Wirkung
○ = Nebennierenrindenhormonwirkung
× = keine Hormonwirkung
? = Wirkung unbekannt

Es leiten sich die chemischen Bezeichnungen ab vom



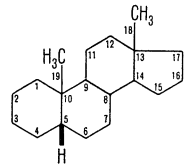
Östran:

Es leiten sich die chemischen Bezeichnungen ab vom



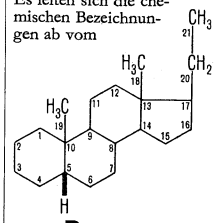
Androstan:

Es leiten sich die chemischen Bezeichnungen ab vom



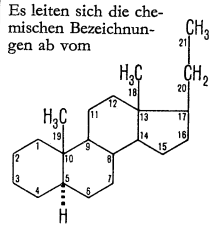
Ätian*:**

Es leiten sich die chemischen Bezeichnungen ab vom



Pregnan:

Es leiten sich die chemischen Bezeichnungen ab vom



Allopregnan:

Beim Menschen vorkommend

$\Delta^{1,3,5(10)}$-Östratrien-3,17β-diol
17β-Östradiol, ♀ **
Dihydrofollikelhormon, Dihydrotheelin, Dihydrofollikulin, Dihydromenformon, Dihydroxyöstrin; (17β-Form; Trans-Östradiol, α-Dihydroxyöstrin)

$\Delta^{1,3,5(10)}$-Östratrien-3β-ol-17-on
Östron, ♀
α-Follikelhormon, Menformon, Theelin, Ketohydroxyöstrin

$\Delta^{1,3,5(10)}$-Östratrien-3,17β,16α-triol
Östriol, ♀
Theelol, Trihydroxyöstrin, Follikelhormonhydrat

Δ^{4}-Androsten-3-on-17β-ol
17β-Testosteron, ♂ **
Dehydro-androstan-17-ol-3-on; (17β-Form: Trans-Testosteron)

Androstan-3α-ol-17-on
Androsteron, ♂, Harn
Cis-Androsteron, Epi-Androsteron

Androstan-3β-ol-17-on
Epiandrosteron,
schwach ♂, Harn,
Trans-Androsteron, n-Androsteron, Isoandrosteron

Δ^{5}-Androsten-3β-ol-17-on
Dehydroepiandrosteron, ♂, Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit,
Dehydroisoandrosteron

Ätian-3α-ol-17-on
α-Ätianolon, ×
α-Ätiocholanolon, Metabolit des Testosterons und von Nebennierenrindenhormonen

Ätian-3α-ol-11,17-dion
11-Ketoätianolon, ×
11-Ketoätiocholanolon, Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit

Ätian-3α-,11β-diol-17-on
Ätiandiolon, ×
Ätiocholandiolon, Hydroxyätiocholanolon, Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit; selten bei Gesunden, häufig bei Erkrankungen an malignen Tumoren

Δ^{4}-Pregnen-3,20-dion
Progesteron, ●
Gelbkörperhormone, Corpusluteum-Hormon, Luteohormon, Corporin, Progeston, Progestin

Pregnan-3α,20α-diol
Pregnandiol, ×, Harn,
Metabolit des Progesterons und von Nebennierenrindenhormonen

Allopregnan-3α,20α-diol
α-Allopregnandiol, ×, Harn, Metabolit des Progesterons und von Nebennierenrindenhormonen

Allopregnan-3β,20α-diol
β-Allopregnandiol, ×, Harn

Androstan-3α,17β-diol
Androstandiol,
♂, synthetisch
Dihydroandrosteron

Androstan-3,17-dion
Androstandion,
♂, Schweinehoden

Δ^{4}-Androsten-3,17-dion
Δ^{4}-Androstendion, ♂
Nebennierenrindenhormon-Metabolit

Androstan-3α-ol-11,17-dion
11-Ketoandrosteron,
♂, aus Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit

Androstan-3α,11β-diol-17-on
11-Hydroxyandrosteron, ?,
Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit

$\Delta^{9(11)}$-Androsten-3α-ol-17-on
$\Delta^{9(11)}$-Androstenolon, ♂
Harn (entsteht bei der Hydrolyse des Harnes aus Androstendiolon, einem Nebennierenhormon-Metaboliten)

Δ^{4}-Androsten-3,11,17-trion
Adrenosteron, ♂
Nebennierenrinde

Pregnan-3α-ol
Pregnanol, ×, Harn

Pregnan-3α-ol-20-on
α-Pregnanolon, ×, Harn
Epi-Pregnanolon

Pregnan-3,20-dion
Pregnandion, ×, Harn

Pregnan-3α-ol-11,20-dion
11-Ketopregnanolon,
×, Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit

Allopregnan-3α-ol-20-on
α-Allopregnanolon,
×, Harn

Allopregnan-3β-ol-20-on
β-Allopregnanolon,
×, Harn

Nebennierenrindenhormone

Δ^{4}-Pregnen-21-ol-3,20-dion
Cortexon ○
Desoxycorticosteron, 21-Hydroxyprogesteron
Substanz Q (REICHSTEIN)

Δ^{4}-Pregnen-18-al-11β,21-diol-3,20-dion
Aldosteron ○
Elektrocortin

Δ^{4}-Pregnen-3,20-dion-17α,21-diol
Cortexolon ○
17-Hydroxy-11-desoxycorticosteron
Substanz S (REICHSTEIN)

Δ^{4}-Pregnen-11β,17α,21-triol-3,20-dion
Cortisol ○
Hydrocortison, 17-Hydroxycorticosteron,
Compound F (KENDALL),
Substanz M (REICHSTEIN)

Δ^{4}-Pregnen-11β,21-diol-3,20-dion
Corticosteron ○
Compound B (KENDALL),
Substanz H (REICHSTEIN)

Δ^{4}-Pregnen-21-ol-3,11,20-trion
11-Dehydrocorticosteron ○
Compound A (KENDALL)

Δ^{4}-Pregnen-17α,21-diol-3,11,20-trion
Cortison ○
17-Hydroxy-11-dehydrocorticosteron
Compound E (KENDALL),
Substanz Fa (REICHSTEIN),
Compound F (WINTERSTEINER)

Beim Menschen nicht nachgewiesen

$\Delta^{1,3,5(10),7}$-Östratetraen-3-ol-17-on
Equilin, ♀, Stutenharn

$\Delta^{1,3,5(10),6,8}$-Östrapentaen-3-ol-17-on
Equilenin, ♀, Stutenharn

Androstan-3-on-17β-ol
Dihydrotestosteron,
♂, synthetisch
Androstanolon

Ätian-3α-ol-17-on
α-Ätianolon, ×
α-Ätiocholanolon, Metabolit des Testosterons und von Nebennierenrindenhormonen

Ätian-3α-ol-11,17-dion
11-Ketoätianolon, ×
11-Ketoätiocholanolon, Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit

Ätian-3α-,11β-diol-17-on
Ätiandiolon, ×
Ätiocholandiolon, Hydroxyätiocholanolon, Harn, Nebennierenrindenhormon-Metabolit; selten bei Gesunden, häufig bei Erkrankungen an malignen Tumoren

$\Delta^{9(11)}$-Ätien-3α-ol-17-on
$\Delta^{9(11)}$ Ätienolon, ×
Ätiocholenolon, Harn, Oxydationsprodukt des Ätian-3α, 11β-diol-17-on (11-Hydroxyätianolon)

Δ^{4}-Isopregnen-20-in-17β-ol-3-on
Anhydro-hydroxyprogesteron ●,
♀, ♂, synthetisch
Pregneninolon, 17-Äthinyltestosteron

Δ^{5}-Pregnen-3β-ol-20-on
Pregnenolon,
♂ schwach, Schwein

In den chemischen Formeln bedeuten:

Δ mit hochgestellter Ziffer (zum Beispiel Δ^{5}) = jenes Kohlenstoffatom, von dem die Doppelbindung ausgeht. Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen, die aufeinanderfolgende Nummern haben (zum Beispiel zwischen 5 und 6), werden nur mit der kleineren Nummer bezeichnet (zum Beispiel Δ^{5}). Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen mit nicht aufeinanderfolgenden Nummern werden mit beiden Nummern, die zweite Nummer in Klammern, bezeichnet (zum Beispiel zwischen 5 und 10 = $\Delta^{5(10)}$).

Ziffern = jenes Kohlenstoffatom, an dem sich die Hydroxyl-, die Ketogruppe usw. befindet.

di, tri, tetra, penta = 2, 3, 4, 5
al = Aldehydgruppe
an = gesättigte Verbindung
en = Doppelbindung
ol = Hydroxylgruppe
on = Ketogruppe
Desoxy = ein O weniger
Anhydro = ein H_2O weniger
Dehydro = zwei H weniger
Dihydro = zwei H mehr

* Für α- und β-Konfigurationsbezeichnungen siehe vorhergehende Seite (die dort gegebenen Erklärungen gelten *nicht* für die hier angeführten *Synonyme*, sondern nur für die in Groteskschrift gedruckten Bezeichnungen).

** 1950 stellte sich heraus, daß beim natürlichen *Testosteron* bzw. *Östradiol* die Hydroxylgruppe am C_{17} sich in β- und nicht, wie bis anhin angenommen, in α-Stellung befindet. Das heutige 17β-Testosteron bzw. 17β-Östradiol entspricht demnach dem bis 1950 so benannten α-Testosteron bzw. α-Östradiol.

*** Nach den 1950 von der in London abgehaltenen Konferenz über die Nomenklatur der Steroide vorgeschlagenen Regeln soll für die Ätiocholansäure der Trivialname Ätiansäure (englisch: etianic acid) benutzt werden. Vgl. *Helv. chim. Acta*, **34**, 1680 (1951), oder *Pharmazie*, **7**, 120 (1952).

Nebennierenrindenhormone

Die Rindenhormone gehören zu den C_{21}-Steroiden und sind deshalb chemisch nahe verwandt mit den anderen Steroidhormonen. Diese nahe Verwandtschaft zeigt sich auch in biologischer Beziehung, indem die Sexualhormone bei Ausfall der Cortex eine deutlich lebensverlängernde Wirkung ausüben, und sie zeigt sich auch darin, daß gewisse Rindenstoffe und Metaboliten von Rindenhormonen androgene, progestive und östrogene Aktivität zeigen. Dysfunktion der Cortex usw. bei Hyperplasien oder Neoplasmen kann deshalb bei Frauen zu interrenalem Virilismus, bei Männern zu interrenalem Feminismus (selten) oder zu Pubertas praecox führen.

Bis heute wurden über 40 verschiedene Steroide aus der Nebennierenrinde isoliert. Folgende Steroide zeigen im Überlebenstest am adrenalektomierten Tier eine substituierende Wirkung und werden als Nebennierenrindenhormone bezeichnet: Cortisol (Hydrocortison), Cortison, Corticosteron, Dehydrocorticosteron, Cortexon (Desoxycorticosteron) und Cortexolon (17-Hydroxy-11-desoxycorticosteron). 1953 wurde aus der sogenannten amorphen Fraktion der Corticosteroide das Aldosteron isoliert[1], das eine außerordentliche Wirkung auf den Mineralstoffwechsel entfaltet (siehe S. 462). In der Folgezeit konnten noch weitere Steroide mit zum Teil interessanten physiologischen Eigenschaften aus der amorphen Fraktion isoliert werden[2–4].

In der Literatur findet sich oft die Unterscheidung in *Mineralo-* und *Gluco*-Corticosteroide. Es handelt sich nur um quantitative Wirkungsunterschiede zwischen den einzelnen Hormonen, die sich zudem stark überlappen. Alle Nebennierenrindenhormone zeigen einen Einfluß sowohl auf den Mineral- wie auf den organischen Stoffwechsel, und nur bei einer Gegenüberstellung der Extreme Cortexon und Cortison wäre eine Qualifizierung in Mineralo- bzw. Glucocorticosteroide angebracht. Corticosteron zeigt zum Beispiel beide Einflüsse in gleichem Maße, und auch Cortisol besitzt neben einem starken Einfluß auf den Kohlenhydrat-Stoffwechsel ausgeprägte Elektrolytwirkungen.

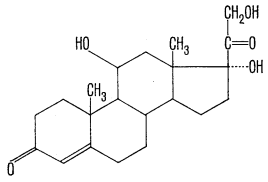
Eine klarere Unterteilung der Corticosteroide ist auf Grund ihrer Strukturformel gegeben, welche zudem mit der Stoffwechselwirkung dieser Hormone eine gewisse Parallelität zeigt. Danach lassen sich die heute anerkannten Corticosteroide einteilen:

11-O-Corticosteroide, das heißt solche, die am Kohlenstoffatom C_{11} ein Sauerstoffatom besitzen – Cortisol, Corticosteron, 11-Dehydrocorticosteron, Cortison (und Aldosteron), im Gegensatz zu Cortexon und Cortexolon, die am C_{11} kein Sauerstoffatom besitzen; oder in

11-17-O-Corticosteroide, das heißt solche, die sowohl am C_{11} als auch am C_{17} ein Sauerstoffatom aufweisen – Cortisol und Cortison, im Gegensatz zu Corticosteron, Cortexon, Cortexolon (und Aldosteron).

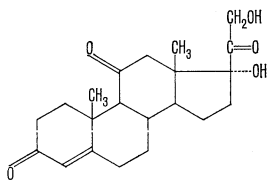
Die 11-O-Corticosteroide zeigen gegenüber Cortexon die stärkere Beeinflussung des Kohlenhydrat-Stoffwechsels (in der Regel auch des gesamten organischen Stoffwechsels); die 11-17-O-Corticosteroide zeigen diesen Einfluß am ausgeprägtesten.

Cortisol (Hydrocortison)



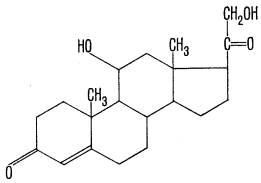
Summenformel $C_{21}H_{30}O_5$
Mol.-Gew. 362,47
Schmelzpunkt 218–221 °C

Cortison



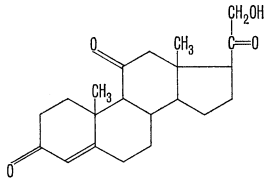
Summenformel $C_{21}H_{28}O_5$
Mol.-Gew. 360,46
Schmelzpunkt 218–220 °C

Corticosteron



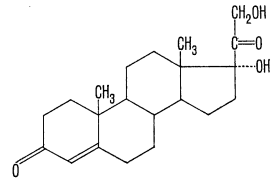
Summenformel $C_{21}H_{30}O_4$
Mol.-Gew. 346,47
Schmelzpunkt 180–182 °C

Dehydrocorticosteron



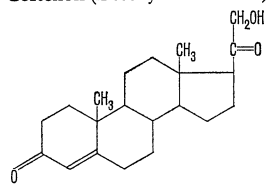
Summenformel $C_{21}H_{28}O_4$
Mol.-Gew. 344,46
Schmelzpunkt 177–180 °C

Cortexolon (17-Hydroxy-11-desoxycorticosteron)



Summenformel $C_{21}H_{30}O_4$
Mol.-Gew. 346,47
Schmelzpunkt 213–217 °C

Cortexon (Desoxycorticosteron)



Summenformel $C_{21}H_{30}O_3$
Mol.-Gew. 330,47
Schmelzpunkt 141–142 °C

Einheit

Keine international anerkannte. Gewicht.

Bestimmungsmethoden

Chemisch: Die einzelnen Corticosteroide lassen sich am besten chromatographisch trennen und bestimmen[5]. Außerdem gibt es verschiedene, nichtspezifische Gruppenbestimmungen (zum Beispiel die der 17,21-Dihydroxy-20-ketosteroide nach Silber und Porter[6]), die den Nachweis funktioneller Gruppen bzw. charakteristischer Seitenketten ermöglichen[6–9]. Die mit solchen Methoden erhaltenen Werte lassen sich aber nur bedingt miteinander vergleichen.

Biologisch: Je nach der gesuchten Wirkung gibt es eine große Anzahl verschiedener Teste[4].

Bildung und Vorkommen

Die Corticosteroide werden in der Nebennierenrinde gebildet: in der äußersten Schicht (Zona glomerulosa) die Hormone, die den Salz- und Wasserstoffwechsel beeinflussen, in der mittleren (Zona fasciculata) die glucogenen Steroide und in der innersten

Gehalt einer Nebenniere an Corticosteroiden in Mikrogramm
(nach Neher, R.[5])

	Cortisol	Cortison	Aldosteron	Corticosteron
Normal	8–30,6	0,2–2,0	<0,3–2,0	4,6–52
Primärer Aldosteronismus .	67,7	2,5	0,8	5,9
Hyperplasie	23,4– 30	0,7–2,0	1–1,4	3,7–20
Tumor mit Hyperfunktion ...	41,6–160	7,7–290	1–3,9	

Schicht (Zona reticularis) die Androgene. Die reziproke Steuerung zwischen Hypophyse (Corticotropin, ACTH) und Nebennierenrinde scheint im wesentlichen nur für die Zona fasciculata zu bestehen. Über die Stimulierung der Sekretion der Corticosteroide durch ACTH siehe S. 401 und 444. Die Biosynthese der Corticosteroide ist auf S. 399–401 beschrieben.

Die Zusammensetzung der Corticosteroide ist von Tierart zu Tierart verschieden; mengenmäßig die wichtigsten Corticosteroide beim Menschen sind Cortisol und Corticosteron. Das Verhältnis von Cortisol zu Corticosteron in der Nebenniere beträgt 0,29 bis 3,8, im peripheren Blut 5 bis 30, was den schnelleren Abbau des Corticosterons anzeigt[5]. Im Normalfall werden täglich etwa 5–60 mg Cortisol sezerniert[10], bei maximaler ACTH-Stimulierung etwa 240 mg[11]. Außerhalb der Nebenniere werden Corticosteroide möglicherweise in der Placenta gebildet (Isolierung von Aldosteron, Cortisol, Cortison und Dehydrocorticosteron[12]).

Stoffwechsel

Auf Grund der vielen Umwandlungsmöglichkeiten sowohl des Kohlenstoffgerüsts als auch der funktionellen Gruppen sind zahlreiche Stoffwechselprodukte zu erwarten. Die Corticosteroide werden rasch umgewandelt. Die Halbwertzeit für Cortisol beträgt etwa 1,5–3 Stunden, die von Corticosteron 1–1,5 Stunden, die von Cortison etwa 30 Minuten[10, 13, 14]. Die Stoffwechselprodukte von Cortisol bestehen vorwiegend aus Urocortison und Urocortisol (Tetrahydrocortison und Tetrahydrocortisol, gebildet durch Reduktion von Ring A) sowie aus den von ihnen abgeleiteten Metaboliten Cortol, β-Cortol, Cortolon und β-Cortolon[15]. Der wichtigste Metabolit von Cortison ist der entsprechende C_{20}-Alkohol[16]. Corticosteron ergibt vorwiegend Tetrahydrocorticosteron durch Reduktion von Ring A[17]. Vier weitere wichtige Stoffwechselprodukte sind 17-Ketosteroide, entstanden durch oxydativen Abbau der Seitenkette. Das androgene 17-Ketosteroid Dehydroepiandrosteron (Androstenolon) ist sicher adrenaler Herkunft, wenn auch dessen Vorstufen nicht bekannt sind. Stoffwechsel und Abbau der Corticosteroide finden vor allem in der Leber statt. Die Abbauprodukte werden sofort nach Bildung in eine konjugierte Form übergeführt (Sulfate oder β-Glucuronide).

Eine ausführliche Beschreibung des Stoffwechsels der Corticosteroide findet sich auf S. 399–401, eine umfangreiche Liste über Vorkommen in Geweben, Blut und Harn bei DORFMAN[18].

Corticosteroide im Blut[5, 19]

Die Angaben über den Gehalt des peripheren Blutes an Corticosteroiden weisen starke Schwankungen auf. Im Mittel sind etwa 10 µg Cortisol und zumindest 1 µg Corticosteron in 100 ml Blut enthalten (siehe [5, 10, 14, 20]). Ein höherer Blutspiegel an Corticosteroiden wird gefunden: während der Schwangerschaft, bei neugeborenen Kindern, nach Gaben von ACTH, bei Überfunktion der Nebenniere; ein niederer Blutspiegel bei Unterfunktion der Hypophyse. Es besteht ein ausgeprägter Tagesrhythmus, wobei am Morgen der Corticosteroid-Blutspiegel bis zu viermal das Tagesminimum am Abend erreichen kann. Der Plasmaspiegel an Dehydroepiandrosteron beträgt 40–110 µg/100 ml (50–70% der Gesamt-17-Ketosteroide). Die aktiven Corticosteroide liegen im Blut ungepaart vor, die Metaboliten dagegen gepaart, vorwiegend als Glucuronide. Normalerweise sind die Corticosteroide, nicht dagegen die gepaarten Metaboliten, im Plasma in einer losen Form an ein Protein («Transcortin», wahrscheinlich ein α-Globulin) gebunden, das Cortisol stärker zu binden vermag als Corticosteron[21]. Die Bindungskapazität der Plasmaproteine ist anscheinend beschränkt, da bei einem erhöhten Corticosteroidspiegel ein Teil der Steroide im Plasma ungebunden vorliegt.

Corticosteroide im Harn[5]

Im Harn werden etwa 100 verschiedene Steroide ausgeschieden. Sie müssen größtenteils Stoffwechselprodukte der Rindenhormone sein, da sie auch bei Kastraten anzutreffen sind. Die aktiven Corticosteroide werden vorwiegend frei ausgeschieden, die Stoffwechselprodukte gepaart mit Schwefel- oder Glucuronsäure. Neben den unveränderten Corticosteroiden werden im Harn die Tetrahydroverbindungen, deren Metaboliten und 17-Ketosteroide ausgeschieden (siehe unter Stoffwechsel). Die 17-Ketosteroidfraktion setzt sich beim Mann zu mindestens 50%, bei Frau und Kind zum größten Teil aus Metaboliten von Nebennierenrindenhormonen zusammen.

Nach Infusion von radioaktivem Cortisol werden 87% des markierten Materials im Harn in konjugierter Form, 4% als freie Stoffwechselprodukte und weniger als 1% als unverändertes Cortisol gefunden. Der Stoffwechsel ist beschleunigt in Fällen von Thyreotoxicose und wesentlich verlangsamt bei Lebererkrankungen (Erhöhung des Harnspiegels an unveränderten Corticosteroiden).

Im Normalfall beträgt die Ausscheidung im Harn in 24 Stunden: 10–200 µg Cortisol, 20–200 µg Cortison, 2–9 µg Corticosteron, 220–1900 µg Urocortisol und 840–5300 µg Urocortison.

Im Gegensatz zu den natürlichen Corticosteroiden werden die synthetischen Analoga Prednison und Prednisolon vorwiegend in unveränderter Form ausgeschieden. In Fällen von Hyperplasie der Nebenniere kann es zu einer starken Ausscheidung von Pregnantriol und Pregnantriolon kommen, deren Herkunft noch nicht völlig geklärt ist.

Physiologische und pathologische Abweichungen im Titerverhältnis zwischen den Harnfraktionen der 17-Ketosteroide und der 11-17-O-Corticosteroide finden sich in der Tabelle S. 460.

Rückschlüsse auf den Funktionszustand der Nebennierenrinde aus einer Bestimmung der 17-Ketosteroide allein können nur bedingt gezogen werden, da diese auch aus Testes und Ovar stammen können und auch zwischen der Cortisolproduktion und der 17-Ketosteroidausscheidung keine Korrelation besteht, wie zum Beispiel die nur wenig veränderte 17-Ketosteroidausscheidung bei CUSHING anzeigt. Eine Überfunktion der Cortex kann an einer erhöhten Cortisolausscheidung erkannt werden, eine Unterfunktion dagegen am besten an der verminderten Tetrahydrocortison- und Tetrahydrocortisolausscheidung[7]. Für routinemäßige klinische Untersuchungen scheint die Bestimmung der 17-ketogenen Steroide (17-Hydroxycorticoide, die sich in einfacher Weise zu 17-Ketosteroiden oxydieren lassen) nach NORYMBERSKY[9] am vorteilhaftesten zu sein[8], die aber auch nur bei erhöhter Cortexaktivität eine Korrelation zur täglichen Cortisolproduktion zeigen[7].

Neuerdings bevorzugt man zu klinischen Zwecken eine Bestimmung der Corticosteroide im Blut, da sich hier die Hormone noch etwa zur Hälfte in aktiver Form vorfinden und somit ein besseres Bild der Hormonproduktion geben, wenn auch in methodischer Hinsicht auf Grund der verfügbaren Blutmengen größere Schwierigkeiten bestehen.

Biologische Wirkung[22]

Die Hormone der Nebennierenrinde sind im weitesten Sinn mit der Aufrechterhaltung der Homeostasis beauftragt. Sie befähigen den Organismus, auf innere und äußere Beanspruchung zu reagieren, indem sie ihn für diese sensibilisieren und entsprechende Abwehrreaktionen ermöglichen, ohne für diese spezifisch zu sein. Der Regulation der Hormonproduktion durch das corticotrope Hormon (ACTH) der Hypophyse kommt für diese Aufgabe der Corticosteroide besondere Bedeutung zu (siehe S. 444).

Die Corticosteroide unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Wirkungsart und Wirkungsstärke, worüber folgende Tabelle Aufschluß gibt (zwischen den verschiedenen Species bestehen ausgeprägte Wirkungsunterschiede, so besonders zwischen Ratte und Mensch):

Wirkungsvergleich einiger Corticosteroide
(nach FRUTON und SIMMONDS[23])

Hormon	Na^+/K^+ im Harn (Ratte)	Wachstum und Lebenserhaltung (Ratte)	Lebenserhaltung (Hund)	Muskelarbeit (Ratte)	Leberglycogen (Ratte)
Cortison	0,6	2,5	0,5	10	10
Cortisol	0,8	0,5		19	16
Corticosteron	1,4	1,7			5
Dehydrocorticosteron ...		1,0		5	5
Cortexolon	0,8			0,2	
Cortexon	10	10	10	0,2	0,1
Aldosteron	1000		250		3

Beim Menschen ist Cortisol das in größtem Maß von der Cortex sekretierte Hormon, so daß in qualitativer Hinsicht die Wirkungen der Steroide der Nebennierenrinde mit denen des Cortisols gleichgesetzt werden können.

Physiologische und pathologische Veränderungen des Titerverhältnisses zwischen den Harnfraktionen der 17-Ketosteroide und der 11-17-O-Corticosteroide[24–33]

Wachstum	**17-Ketosteroide**	**Corticosteroide**
Geburt bis 2. Jahr	Schon bei der Geburt in minimen Mengen vorhanden. Vermindern sich vom 1. Tag an, steigen danach allmählich und erreichen beim 18 Monate alten Kind wieder den Titer des 1. bis 3. Tages.	Steigen in den ersten zwei Wochen relativ schnell, danach langsam.
2. bis 5. Jahr	Verbleiben relativ konstant	Steigen gleichmäßig weiter, erreichen im 5. Jahr den Erwachsenentiter.
5. Jahr bis Pubertät	Nehmen zunächst nur langsam zu; mit der Pubertät erfolgt ein scharfer Anstieg auf Erwachsenenwerte.	Bleiben konstant, Pubertät hat keinen Einfluß.
Schwangerschaft	Relativ konstant	Vermehrt.
Streß	Deutlich, aber weniger erhöht als unter Corticotropin. Titererhöhung nicht so stark wie bei den Corticosteroiden. Fallen in der Regel zwei Tage nach einem Trauma wieder auf Normalpegel.	Viel stärker erhöht als Ketosteroide, fallen erst in der Rekonvaleszenz auf Normalpegel.
Corticotropin-Therapie		
Erwachsene	Steigen scharf, gleichzeitig, aber nur halb so stark wie die Corticosteroide. β-Ketosteroide nehmen innerhalb der Fraktion zu. Der Anstieg der Ketosteroide unter Corticotropin ist variabel und hängt von vielen inneren und äußeren Umständen ab; zum Beispiel kann eine Erhöhung der Kochsalzeinnahme die Ketosteroidausscheidung vergrößern.	Steigen scharf, gleichzeitig und zweimal stärker als die Ketosteroide.
Kinder bis zu 15 Jahren	Wesens- und verhältnisgleiches Verhalten wie bei Erwachsenen. Die absolute Höhe der Ketosteroide kann Erwachsenenwerte erreichen.	Wie bei Erwachsenen.
Säuglinge	Wie bei Erwachsenen, steigen aber durchschnittlich sechsmal schwächer als Corticosteroide.	Wie bei Erwachsenen, steigen durchschnittlich sechsmal stärker als Ketosteroide.
Adrenogenitales Syndrom		
Frauen (einschließlich Pseudohermaphroditismus)	In der Regel stark erhöht	Normal oder schwach erniedrigt bzw. erhöht.
Hermaphroditismus	Normal	Normal.
Männer	In der Regel stark erhöht	Normal oder schwach erniedrigt bzw. erhöht.
Hirsutismus ohne andere klinische Symptome (Männer und Frauen)	Normal	Normal.
CUSHINGs Syndrom	Normal bis schwach erhöht, bei adrenalem CUSHING variabler als bei hypophysärem.	Stark erhöht.
Akromegalie		
aktive	Erhöht	Erhöht.
arretierte	Normal	Normal.
ADDISONsche Krankheit	Stark vermindert. Bei Frauen gleich Null, bei Männern etwas darüber. Nullspiegel bei Männern in der Regel Hinweis auf sekundäre (hypophysäre) NNR-Insuffizienz.	Gleich Null, können bei Streß ganz leicht ansteigen.
Hypothyreosen	Erniedrigt (in einem großen Teil der Fälle)	Schwach normal.

Die Wirkungen auf den Mineralstoffwechsel («Mineralcorticoide») und den Kohlenhydratstoffwechsel («Glucocorticoide») überschneiden sich etwas bei den einzelnen Hormonen. Corticosteroide mit einer Sauerstoffunktion am C_{11} wirken vor allem auf den Kohlenhydrat- und Eiweißstoffwechsel. Auf den Mineralstoffwechsel wirken alle Corticoide gleichsinnig, aber verschieden stark, natriumretinierend (über Aldosteron siehe S. 462). Gleichsinnig mit der Wirkung auf den Mineralstoffwechsel verläuft der Einfluß auf die Lebenserhaltung. Der Tod nach einem völligen Ausfall der Nebennierenrinde ist vor allem eine Folge der Natriumverarmung. Durch reichliche Natriumzufuhr kann ein Ausfall der Hormone der Nebennierenrinde bis zu einem gewissen Grad kompensiert werden. Die im folgenden einzeln beschriebenen Wirkungen werden nicht nur durch Corticosteroide erzielt, sondern auch durch Corticotropin (ACTH, vgl. S. 443).

Wirkung auf den Kohlenhydratstoffwechsel. Unter den Corticosteroiden erhöht sich der Blutzucker und die Glycogenspeicherung der Leber (erhöhtes Leberglycogen nur bei kurzfristiger Behandlung, die Glycogenspeicherung wird nicht über längere Zeit aufrechterhalten[34]), das Muskelglycogen bleibt unverändert. Gleichzeitig erhöhen sich die Stickstoffausscheidung und der Aminosäurespiegel des Blutes, woraus geschlossen werden kann, daß das neugebildete Glycogen aus den Abbauprodukten von Proteinen entsteht. Die Glycosurie, die nach Gaben von Glucocorticoiden beobachtet werden kann, ist eine Folge der Hyperglycämie und einer erhöhten Clearence[35]. In seltenen Fällen kann sich auch ein Diabetes entwickeln[36], oder ein präexistierender Diabetes kann verstärkt werden[37]. Normalerweise ist aber die Kapazität des Inselapparats groß genug, die diabetogene Wirkung der Corticosteroide zu paralysieren.

Wirkung auf den Stickstoffwechsel. Corticosteroide wirken antianabolisch, das heißt den Proteinaufbau hemmend, und führen damit zu einem *intensivierten Proteinstoffwechsel mit negativer N-Bilanz*. Der Reststickstoff des Blutes, besonders die Fraktion der Aminosäuren, ist vermehrt[38].

Die negative N-Bilanz tritt beim Menschen weniger stark in Erscheinung und ist in ihrer Größe von der Dosierung abhängig[39]. Sie läßt sich durch Kaliumzulagen[40], durch Testosteron[41], durch Erhöhung der Nahrungskalorien[42] oder der Aminosäuren[43] verhüten bzw. beheben.

Unter Corticosteroiden ist eine scharfe Erhöhung der Harnsäureausscheidung zu beobachten. Sie ist zum kleineren Teil die Folge des erhöhten N-Stoffwechsels, zum größeren Teil diejenige einer erhöhten Nieren-Clearance. Die Aminosäureausscheidung ist ebenfalls erhöht[38].

Wirkung auf den Fettstoffwechsel. Die Nebennierenrindenhormone besitzen eine fettmobilisierende Wirkung, wobei das subkutane Fettgewebe reduziert und bei kohlenhydratreicher Diät das Leberfett erhöht wird. Beim Menschen kommt es zu einer vorübergehenden Ketosis[32, 45].

Wirkung auf den Elektrolyt- und Wasserstoffwechsel. Sie besteht in einer Retention von Natrium und erhöhter Ausscheidung von Kalium und Wasser. Am ausgeprägtesten ist diese Eigenschaft beim Aldosteron, bedeutend weniger wirksam ist Cortexon. Der Einfluß von Cortisol und Corticosteron auf den Elektrolythaushalt ist nur gering. Auf Grund der ACTH-Stimulierung letzterer Hormone besteht auch eine Beeinflussung des Elektrolytstoffwechsels durch die Hypophyse. Die primäre Wirkung von Aldosteron sowie von Cortexon scheint in einer Förderung der Natriumrückresorption und der Kalium-Clearence in den Nierentubuli zu bestehen. Unter den Corticosteroiden erhöht sich das Harnvolumen, und bei Hormonüberdosierung kann sich ein dem Diabetes insipidus ähnlicher Zustand einstellen. Sowohl Aldosteron als auch die Glucocorticoide scheinen die Wasserrückresorption in den Nierentubuli zu hemmen und nicht die Wirkung des antidiuretischen Hormons des Hypophysenhinterlappens[46]. Die Diurese ist begleitet von einer Tendenz zur Erhöhung des Wassergehaltes der Gewebe als Folge der Natriumretention.

In den Geweben wurden folgende Elektrolytverschiebungen festgestellt[47]: *Muskel:* extrazellulärer Natrium-, Chlor- und Wassergehalt erhöht, intrazellulärer Kalium- und Phosphorgehalt vermindert, intrazelluläres Natrium unverändert; *Erythrocyten:* Natrium erhöht, Chlor unverändert, Kalium vermindert.

Histologisch-morphologische Wirkung auf verschiedene Organe. Die Corticosteroide beeinflussen vor allem die Abkömmlinge des primitiven Mesenchyms: lymphatisches Gewebe, Knochenmark, Bindegewebe, Synovialmembranen.

Die Corticosteroide führen zu einer ausgeprägten Involution der lymphatischen Organe, wobei sowohl die Parenchymzellen als auch die reticulären Bindegewebszellen betroffen werden[44]. In der ersten Phase erfolgt eine charakteristische Auflösung der Thymocyten im Thymus und der Lymphocyten in den Lymphknoten, in kleinerem Grade in der Milz[48]. Die dieser Lymphocytolyse folgende zweite Phase ist charakterisiert durch Hemmung der Zellneubildung einerseits, was sich in der Abwesenheit von Mitosen in Thymus, Lymphknoten und Milz manifestiert, und andererseits durch Degeneration des reticulären Bindegewebes. Die Wirkung auf die Lymphocyten dürfte in einer Störung des Stoffwechsels der Zelle bestehen[49]. Lymphocytolyse bzw. anschließende Wachstumshemmung sind verantwortlich für die Erhöhung der Serumantikörper zu Beginn der Hormonbehandlung bzw. für die anschließende Verminderung der Serumantikörper bei prolongierter Behandlung.

Stützbindegewebe (Knorpel, Knochen). Der ausgebildete Knorpel wird wenig beeinflußt. Proliferation, Resorption und Invasion des Knochenmarkbindegewebes in die wachsenden Epiphysen der langen Knochen werden gehemmt[34]. Osteoporosis wurde beobachtet[50].

Elastische Bindegewebe (Haut). Es kommt zu einer größeren Kompaktheit in der Anordnung der kollagenen Fasern und zu einer Modifikation ihrer Form[51]. Das Wachstum der epithelialen Organe der Haut ist gehemmt, die Epidermis wird dünner, das Wachstum der Haare hört auf, die Talgdrüsen werden weniger beeinflußt (Ratte)[34].

Wirkung auf die Eosinophilen. Die durch Corticosteroide erzielbare Eosinopenie läßt sich zur Prüfung der Funktionsfähigkeit der Nebennierenrinde verwenden (Eosinophilentest nach THORN[52]): Im Normalfall bewirken 25 Einheiten ACTH einen Abfall der zirkulierenden Eosinophilen um zumindest 50%. Der Abfall ist annähernd proportional dem Cortisol- und Cortisonblutspiegel. Zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit der Cortex dürfte der THORN-Test allein nicht ausreichen und sollte nur in Verbindung mit einer chemischen Bestimmung von Corticosteroiden im Blut oder Harn angewendet werden[22].

Der Eosinophilenabfall bei adrenalektomierten Mäusen nach Gaben von Corticosteroiden dient zu deren biologischen Bestimmung[53]. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß unvorbehandelter Harn verwendet werden kann.

Beeinflussung des reaktiven Geschehens. *Corticotropin, Cortisol und Cortison zeigen einen hemmenden bzw. unterdrückenden Einfluß auf die meisten inflammatorischen Prozesse toxischer, allergischer, infektiöser und anderer Genese, verbunden mit einem ausgeprägten analgetischen Effekt.* Wie diese Wirkung zustande kommt, ist unbekannt. Sie ist *rein symptomatisch*, da das den inflammatorischen Prozessen zugrunde liegende Geschehen unbeeinflußt weiter abläuft.

Wirkung auf die Hypophyse. Die Corticosteroide wirken hemmend auf die Sekretion von ACTH in der Hypophyse (siehe S. 444).

Synthetische Steroide mit corticosteroidähnlicher Wirkung

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Steroide synthetisiert mit dem Ziel, die Wirksamkeit der natürlichen Corticosteroide zu steigern und die unerwünschten Nebenerscheinungen, speziell die der Natriumretention, zu verringern. Nachstehende Tabelle gibt einen Vergleich verschiedener synthetischer Steroide[54–58]:

Steroid	Entzündungshemmende Wirkung	Na-Retention	K-Diurese	Wirkung auf den Kohlenhydratstoffwechsel
Cortison	1	1	1	1
Cortisol	1–1,25	1–1,25	1	1,25
Prednison ..... (1-Dehydrocortison)	3–5	keine	gering	3–5
Prednisolon ..... (1-Dehydrocortisol)	3–5	keine	gering	3–5
6-α-Methylprednisolon	3–5	keine	gering	3–5
9-α-Fluorcortisol ...	10–15	300-900	10–25	10–25
Triamcinolon (9-α-Fluor-16-α-hydroxyprednisolon)	3–5	keine	gering	3–5
Dexamethason (9-α-Fluor-16-α-methylprednisolon) .	15–28	keine	gering	30

Therapeutische Verwendung der Glucocorticosteroide[59]

1. Bei Insuffizienz der Nebennierenrinde: Adrenalektomie, ADDISONsche Krankheit, WATERHOUSE-FRIDERICHSEN-Syndrome, Insuffizienz der Cortex beim Neugeborenen, falls das Abwehrvermögen eines normalen Organismus fast überstiegen wird (Operationsstreß, starkes Trauma, Verbrennungsschock); bei Hypofunktion der Hypophyse.
2. In Fällen von adrenogenitalem Syndrom bei Jugendlichen.
3. Bei Stoffwechselstörungen: Spontane Hypoglycämie bei Jugendlichen.
4. Symptomatisch auf Grund der entzündungshemmenden und analgetischen bzw. antiallergischen Wirkung: Bronchialasthma, allergische Dermatitis, Dermatitis medicamentosa, Pemphigus vulgaris, Lupus erythematosus disseminatus, erworbene hämolytische Anämie, Periarteriitis nodosa im Frühstadium, allergische Augenerkrankungen und -entzündungen, europäische Sprue, nichteitrige Thyreoiditis, Bursitis, rheumatisches Fieber (Carditis, Pericarditis), rheumatische Arthritis.
5. Häufig läßt sich eine Besserung erzielen bei: Immunreaktionen, Überempfindlichkeit gegen Medikamente, akuten allergischen Zuständen (Transfusionsreaktionen, angioneurotisches Ödem, Urticaria), Schulter-Hand-Syndrom, Kontaktdermatitis, Dermatomyositis, Nephrosis, Delirium tremens, Heufieber, Lungenemphysem, REITER-Syndrom, WERLHOFsche Krankheit, tropischer Sprue, einigen Fällen von Leucämie.
6. Zur Verminderung einer Bildung von Narbengewebe, zur Verhinderung von Lungenfibrose nach Bestrahlung oder Berylliose, bei Hauttransplantationen, bei plötzlich ausbrechenden Infektionen, die nur unbefriedigend auf Antibiotica ansprechen (über die Anwendung bei Infektionskrankheiten vgl. [60], bei Virushepatitis [61] und bei Tuberkulose [62]).

Therapeutische Verwendung von Mineralocorticosteroiden[63]

In Fällen von ADDISONscher Krankheit und bilateraler Adrenalektomie, je nach der gewünschten Wirkung auf den Elektrolythaushalt.

Nebenwirkungen und Kontraindikationen

1. CUSHING-Syndrom: Das Syndrom ist völlig reversibel und zeigt sich häufig nach einer länger als drei Wochen dauernden Behandlung.
2. Gewichtszunahme.
3. Störungen des Elektrolytgleichgewichts: Erhöhte Natriumretention und Kaliumexkretion. Als klinische Folgerungen ergeben sich: Harnkontrolle bei Beginn der Therapie bis zur Erreichung eines Gleichgewichtes, *kochsalzarme Diät und Kaliumzulagen*; Vorsicht bei Apoplexiegefahr, schwerer Herz- und Kreislaufinsuffizienz, eine absolute Kontraindikation bilden diese Zustände aber nicht. *Ödeme dürfen nicht mit Diuretica angegangen werden, weil dadurch der Kaliumverlust stark vergrößert würde.*
4. Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels: Während einer Behandlung kommt es nur selten zu einem Diabetes. Als klinische Folgerung ergibt sich, während der Therapie Harn- und Blutzucker unter Kontrolle zu halten; eine Kontraindikation für Diabetiker besteht nicht[46]. – Nach Beendigung der Therapie kurzzeitige Hypoglycämie infolge Überproduktion von Insulin.
5. Unterdrückung der Funktion der Gonaden, möglicherweise durch Hemmung der Gonadotropinsekretion in der Hypophyse: häufig Ausfall der Menstruation und beim Mann verringerte Libido.
6. Wirkung auf den Gastrointestinaltrakt: Die Corticosteroide wirken ulcerogen. Magen- und Darmgeschwüre können spontan perforieren, bzw. Perforationen entstehen ohne Ulcera in der Anamnese. *Es ergibt sich daraus die klinische Folgerung, bei Corticosteroidtherapie bei geringsten Schmerzen im Abdomen eine sorgfältige Untersuchung durchzuführen.*
7. Neuropsychische Reaktionen: Euphorie, selten Depressionen, gelegentlich auch Konvulsionen.
8. Wirkung auf die Blutcoagulation: Es besteht eine erhöhte Anfälligkeit gegen Thrombosen.
9. Einfluß auf die Wundheilung: Im Gegensatz zum Tierexperiment scheinen Corticosteroide keine gefährliche Verzögerung der Wundheilung zu bewirken.
10. Durch Corticosteroidtherapie können ruhende Infektionen reaktiviert und propagiert (zum Beispiel Tuberkulose und Malaria) und durch die entzündungshemmende und analgetische Wirkung interkurrente Krankheiten maskiert werden.
11. Wirkung auf die Hypophyse: Unterdrückung der Funktion des Hypophysenvorderlappens und in der Folge Atrophie der Nebennierenrinde. Nach Beendigung der Therapie vermag die Cortex nur wenig Corticosteroide zu produzieren. Daraus ergibt sich als klinische Folgerung, eine Behandlung langsam abzubrechen und am Schluß Corticotropin zu geben.

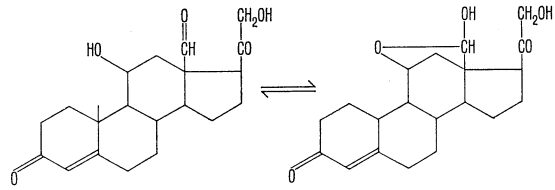
Literatur

1) SIMPSON et al., *Experientia (Basel)*, **9**, 333 (1953). *2)* NEHER und WETTSTEIN, *Helv. chim. Acta*, **39**, 2062 (1956); NEHER et al., *Helv. chim. Acta*, **41**, 1667 (1958). *3)* VON EUW et al., *Helv. chim. Acta*, **41**, 1516 (1958). *4)* DORFMAN, R. I., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 325. *5)* NEHER, R., *Advanc. clin. Chem.*, **1**, 127 (1958). *6)* SILBER und PORTER, in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 4, New York (1957), S. 139. *7)* COPE und BLACK, *Brit. med. J.*, **2**, 1117 (1959). *8)* RAFTOPOULO et al., *Clin. chim. Acta*, **4**, 463 (1959). *9)* NORYMBERSKI et al., *Lancet*, **1**, 1276 (1953). *10)* PETERSON, R. E., *Recent Progr. Hormone Res.*, **15**, 231 (1959). *11)* Secondary Adrenal Insufficiency, *J. Amer. med. Ass.*, **171**, 1439 (1959). *12)* BERLINER et al., *J. biol. Chem.*, **223**, 1043 (1956). *13)* GALLAGHER, T. F., *Harvey Lect.*, **52**, 1 (1958). *14)* PETERSON, R. E., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **82**, 246 (1959). *15)* FUKU SHIMA und GALLAGHER, *J. biol. Chem.*, **229**, 85 (1957). *16)* LOMBARDO und HUDSON, *J. biol. Chem.*, **229**, 181 (1957). *17)* DYRENFURTH et al., *J. clin. Endocr.*, **18**, 391 (1958). *18)* DORFMAN, R. I., *Ann. Rev. Biochem.*, **26**, 523 (1957). *19)* BORTH, R., *Vitam. and Horm.*, **15**, 259 (1957). *20)* AYRES et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 309 (1957). *21)* SANDBERG et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **13**, 209 (1957); SLAUNWHITE und SANDBERG, *J. clin. Invest.*, **38**, 384 (1959); SANDBERG und SLAUNWHITE, *J. clin. Invest.*, **38**, 1290 (1959). *22)* NOBLE, R. L., in: PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 685. *23)* FRUTON und SIMMONDS, *General Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1958), S. 947. *24)* THORN et al., *Adrena Insufficiency*, 2. Aufl., Springfield (1951). *25)* FERRAZZINI, F., *Praxis*, **40**, 964 (1951). *26)* VENNING, E. H., in: GORDON, E. S. (Hrsg.), *A Symposium on Steroid Hormones*, University of Wisconsin (1950), S. 98. *27)* COOK und WHERRY, *Hum. Biol.*, **22**, 104 (1950). *28)* PERRY und CHOCHINOW, *Canad. J. Res.*, **28**, 47 (1950). *29)* TALBOT et al., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 20. *30)* RANSOHOFF et al., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 161. *31)* WILLIAMS, R. H., *Amer. J. Med.*, **10**, 612 (1951). *32)* THORN et al., *Trans. Ass. Amer. Phys.*, **62**, 233 (1949). *33)* THORN et al., *Amer. J. Med.*, **10**, 595 (1951). *34)* BAKER, B. L., *Recent Progr. Hormone Res.*, **7**, 331 (1952). *35)* FROESCH et al., *J. clin. Invest.*, **37**, 524 (1958). *36)* CONN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **33**, 651 (1948). *37)* BROWN et al., *J. clin. Endocr.*, **10**, 1363 (1950). *38)* BORDEN et al., *Fed. Proc.*, **10**, 376 (1951). *39)* SPRAGUE, R. G., *Amer. J. Med.*, **10**, 567 (1951). *40)* WHITNEY und BENNETT, *Fed. Proc.*, **9**, 134 (1950). *41)* SPRAGUE et al., *Arch. intern. Med.*, **85**, 199 (1950). *42)* PEARSON et al., *Cancer (Philad.)*, **2**, 943 (1949). *43)* ENGEL, F. L., *Recent Progr. Hormone Res.*, **6**, 277 (1951). *44)* BAKER et al., *Amer. J. Anat.*, **88**, 313 (1951). *45)* KINSELL et al., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 308. *46)* RAISZ et al., *J. clin. Invest.*, **36**, 767 (1957). *47)* ELIEL et al., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 196. *48)* DOUGHERTY und WHITE, *Amer. J. Anat.*, **77**, 81 (1945). *49)* BLECHER und WHITE, *Recent Progr. Hormone Res.*, **15**, 391 (1959). *50)* ASLING et al., *Endocrinology*, **48**, 534 (1951). *51)* BAKER et al., *Anat. Rec.*, **102**, 313 (1948). *52)* THORN und FORSHAM, *Recent Progr. Hormone Res.*, **4**, 229 (1949). *53)* SPEIRS et al., *Clinical ACTH*, Bd. 1, New York (1951), S. 32. *54)* LIDDLE, G. W., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **82**, 854 (1959). *55)* TOLKSDORF, S., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **82**, 829 (1959). *56)* FRAWLEY et al., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **82**, 868 (1959). *57)* FRIED und BORMAN, *Vitam. and Horm.*, **16**, 303 (1958). *58)* SOFFER und ORR, *Metabolism*, **7**, 383 (1958). *59)* BECKMAN, H., *Drugs, their Nature, Action and Use*, Philadelphia (1958); SPENCE, A. W., *Practitioner*, **180**, 22 (1958); HART, F. D., ibid., **180**, 31 (1958). *60)* KASS und FINLAND, *Advanc. intern. Med.*, **9**, 45 (1958); RENTCHNICK, P., *Antibiot. et Chemother. (Basel)*, **7**, 59 (1960); ROBINSON, H. J., ibid., **7**, 199 (1960). *61)* ZOLLIKOFER, H., ibid., **7**, 241 (1960). *62)* MLCZOCH, F., ibid., **7**, 302 (1960). *63)* RICHARDSON, J. S., *Practitioner*, **180**, 58 (1958).

Aldosteron (Elektrocortin)[1]

Schon im Jahre 1934 bemerkten WINTERSTEINER et al.[2] die hohe Lebenserhaltungsaktivität nach Adrenalektomie einer amorphen Fraktion von Nebennierenextrakten. Erst 1953 gelang dem Arbeitsteam REICHSTEIN, SIMPSON, TAIT, WETTSTEIN et al. die Kristallisation, Reindarstellung und Strukturaufklärung dieses Steroidhormons[3], das dann seiner Aldehydgruppe wegen Aldosteron genannt wurde. Die Totalsynthese wurde darauf von WETTSTEIN et al.[4] im Jahre 1955 verwirklicht.

Aldosteron



Das Aldosteron wurde als Monohydrat isoliert.
Summenformel: $C_{21}H_{28}O_5 \cdot H_2O$
Molekulargewicht: 378,47
Schmelzpunkt: 120° und 157–163° C

Bildungsort

Nebennierenrinde.

Gewinnung

Aus Nebennierenextrakten[3, 5, 6], aus dem Blut der Nebennierenvenen[7], aus dem Harn Gesunder[8], Frischoperierter[9] und von Patienten mit Nephrosen[10]. Aldosteron bildet sich bei der Inkubation von Cortexon mit Nebennierenrinden-Enzymen[11].

Einheit

Keine internationale Einheit. Gewicht.

Bestimmung

Biologisch durch Auswertung des Verhältnisses Na/K[5], $^{24}Na/^{42}K$ [12], der Natriumretention und Kaliumausschwemmung[13] bei adrenalektomierten Ratten. Überlebenstest an adrenalektomierten Hunden[14]. Physikochemisch (Genauigkeit ± 20%)[15].

Physiologie und Funktion

Aldosteron zeigt im Vergleich mit anderen Mineralocorticoiden einen enormen Einfluß auf den Elektrolythaushalt des Organismus, während seine glucocorticoide Wirkung in verschiedenen Testen von einem Viertel bis zur vollen Aktivität des Cortisons reicht[12, 16].

Test	Aktivität Cortexon = 1	Literatur
Na/K im Harn von adrenalektomierten Ratten	~ 100	*5*
$^{24}Na/^{42}K$ im Harn von adrenalektomierten Ratten	120 ± 10	*12*
Natriumretention an adrenalektomierten Ratten	25	*13*
Kaliumausschwemmung bei adrenalektomierten Ratten	5	*13*
Überlebenstest an adrenalektomierten Hunden	25–30	*14*
Na-K-Gleichgewicht bei Addisonscher Krankheit	~ 30	*17*

Der normale Plasmaspiegel wurde mit [16-^{3}H]-Aldosteron bestimmt und beträgt annähernd 0,03 µg/100 ml. Die Tagesproduktion wurde unter normalen Bedingungen zu 170–190 µg bestimmt, ist aber bei natriumfreier Diät (Harnausscheidung 7 mval Na/24 Stunden) auf 780 µg erhöht. Die Halbwertzeit des Aldosterons im Blut beträgt 18 Minuten. Es gelang, durch Isotopensignierung mit Tritium ungefähr 50% des injizierten Aldosterons im Harn wieder zu identifizieren[18].

Das Aldosteron findet sich im Harn als freie Verbindung und als β-Glucuronid. Die Harnausscheidung steht in indirektem Verhältnis zur Natrium- und in direktem Verhältnis zur Kaliumausscheidung[19].

Verschiedene Autoren haben für die normale Ausscheidung im Harn etwas abweichende Werte zwischen 0,5 und 12,5 µg/24 Stunden gefunden[19, 20]. Die durchschnittliche tägliche Ausscheidung von 43 Frischoperierten beträgt 8 µg[9]. Die Ausscheidung hängt sehr stark von der Natrium- und Kaliumzufuhr sowie von der renalen und extrarenalen Wasserabscheidung ab[21].

Die Steuerung der Aldosteronsekretion geschieht wahrscheinlich durch die Natrium- und Kaliumkonzentration des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens. Versuche an Hunden zeigten nach Hypophysektomie einen Abfall der Aldosteronproduktion auf 66%, nach partieller oder totaler Dekapitierung aber auf 25%, woraus hervorgeht, daß ACTH einen relativ geringern Einfluß auf die Sekretion des Aldosterons hat und daß anderseits aber die obenerwähnte Steuerung einem Gehirnzentrum untergeordnet sein muß[22].

Klinische Bedeutung

Nach Operationen besteht ein vorübergehender Hyperaldosteronismus, der im Zusammenhang mit der zuvor schon bekannten postoperativen Natriumretention und Kaliumausschwemmung steht[8, 23].

Während der Schwangerschaft steigt die Aldosteronausscheidung bis zu einem Maximum von 34 µg täglich kurz vor der Geburt und fällt post partum wieder auf die Norm[24]. Auch unter Streß[25] und bei idiopathischem Ödem[26] zeigt sich eine erhöhte Aldosteronproduktion.

Conn beschrieb 1955[27] das nach ihm benannte Syndrom des primären Aldosteronismus. Symptome: erhöhte Aldosteronausscheidung, Hypokaliämie, Hypernatriämie, Alkalose, Polydipsie, Polyurie, Hypertension, Muskelschwäche, intermittierender Tetanus. Die Krankheit wird durch Hyperplasie, Adenome oder Karzinome der Nebenniere verursacht und verschwindet nach operativer Entfernung der Tumoren[28].

Auch das klinische Bild des primären Hypoaldosteronismus mit Hyperkaliämie und Stokes-Adamsschen Anfällen ist beschrieben worden[29].

Durch tägliche Verabreichung von Aldosteron in Mengen von 150–180 µg ist es möglich, die Störungen im Elektrolyt- und Wasserhaushalt bei Addisonscher Krankheit zu beheben[17, 30].

Literatur

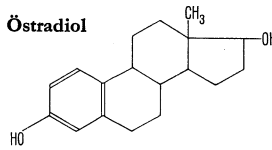
1) Gaunt et al., *J. clin. Endocr.*, **15**, 621 (1955); Simpson und Tait, *Recent Progr. Hormone Res.*, **11**, 183 (1955); Wettstein, A., in: Lettré-Inhoffen-Tschesche, *Über Sterine, Gallensäuren und verwandte Naturstoffe*, Bd. 2, 2. Aufl., Stuttgart (1959), S. 588. *2)* Wintersteiner et al., *J. biol. Chem.*, **105**, C (1934); Pfiffner et al., *J. biol. Chem.*, **111**, 585 (1935). *3)* Simpson et al., *Experientia (Basel)*, **9**, 333 (1953); **10**, 132 (1954); *Helv. chim. Acta*, **37**, 1163, 1200 (1954). *4)* Schmidlin et al., *Experientia (Basel)*, **11**, 365 (1955); Vischer et al., *Experientia (Basel)*, **12**, 50 (1956). *5)* Mattox et al., *Proc. Mayo Clin.*, **28**, 569 (1953); *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 4869 (1953). *6)* Wettstein et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **8**, 170 (1953); Wettstein, A., *Experientia (Basel)*, **10**, 397 (1954). *7)* Simpson et al., *Lancet*, **263**, 226 (1952); Farrell und Richards, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **83**, 628 (1953). *8)* Luetscher und Johnson, *J. clin. Invest.*, **32**, 585 (1953); **33**, 276 (1954). *9)* Llaurado et al., *Clin. chim. Acta*, **1**, 236 (1956). *10)* Luetscher et al., *Experientia (Basel)*, **10**, 456 (1954). *11)* Kahnt et al., *Experientia (Basel)*, **11**, 446 (1955); Ayres et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 309 (1957). *12)* Speirs et al., *Endocrinology*, **55**, 233 (1954). *13)* Kagawa et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **80**, 281 (1952); Desaulles et al., *Schweiz. med. Wschr.*, **83**, 1088 (1953). *14)* Gross und Gysel, *Acta endocr. (Kbh.)*, **15**, 199 (1954); Swingle et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **86**, 147 (1954). *15)* Simpson et al., *Helv. chim. Acta*, **37**, 1163 (1954); Neher und Wettstein, *Acta endocr. (Kbh.)*, **18**, 386 (1955); *J. clin. Invest.*, **35**, 800 (1956). *16)* Gaunt et al., *Endocrinology*, **55**, 236 (1954); Schuler et al., *Experientia (Basel)*, **10**, 142 (1954); Gross und Gysel, *Acta endocr. (Kbh.)*, **15**, 199 (1954). *17)* Mach et al., *Schweiz. med. Wschr.*, **84**, 407 (1954); Mach und Fabre, *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **8**, 361 (1955). *18)* Ayres et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 309 (1957). *19)* Axelrad et al., *Brit. med. J.*, **1**, 196 (1955); Luetscher, J. A., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 175 (1956). *20)* Venning et al., *J. clin. Endocr.*, **16**, 1326 (1956); Wolff et al., *Klin. Wschr.*, **34**, 366 (1956); Wettstein, A., in: Lettré-Inhoffen-Tschesche, *Über Sterine, Gallensäuren und verwandte Naturstoffe*, Bd. 2, 2. Aufl., Stuttgart (1959), S. 588. *21)* Falbriard et al., *Schweiz. med. Wschr.*, **85**, 1218 (1955); Luetscher und Curtis, *Ann. intern. Med.*, **43**, 658 (1955); Mach et al., *Schweiz. med. Wschr.*, **85**, 1229 (1955). *22)* Farrell, G., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 192 (1956). *23)* Llaurado und Woodruff, *Surgery*, **42**, 313 (1957). *24)* Venning et al., *J. clin. Endocr.*, **17**, 473 (1957). *25)* Venning et al., *J. clin. Endocr.*, **17**, 1005 (1957). *26)* Luetscher und Liebermann, *Trans. Ass. Amer. Phycns*, **70**, 158 (1957). *27)* Conn, J. W., *J. Lab. clin. Med.*, **45**, 3 (1955). *28)* Conn, J. W., *J. Lab. clin. Med.*, **45**, 661 (1955); Mader und Iseri, *Amer. J. Med.*, **19**, 976 (1955); Crane et al., *J. Lab. clin. Med.*, **48**, 1 (1956); Milne und Muehrcke, *Proc. roy. Soc. Med.*, **49**, 883 (1956); van Buchem et al., *Acta endocr. (Kbh.)*, **23**, 313 (1956); Hewlett et al., *J. Amer. med. Ass.*, **164**, 719 (1957); Hudson et al., *Aust. Ann. Med.*, **6**, 250 (1957); Skanse et al., *Acta med. scand.*, **158**, 181 (1957). *29)* Hudson et al., *New Engl. J. Med.*, **257**, 529 (1957); Skanse und Hokfelt, *Acta endocr. (Kbh.)*, **28**, 29 (1958). *30)* Kekwick und Pawan, *Lancet*, **2**, 162 (1954); Salassa et al., *Proc. Mayo Clin.*, **32**, 201 (1957).

Östrogene

Chemie

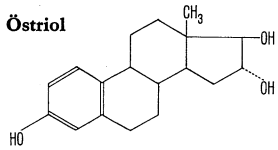
Alle natürlichen östrogenen Stoffe sind ungesättigte Verbindungen mit phenolischen und alkoholischen bzw. Ketogruppen. Sie sind leicht löslich in Äther, Alkohol, Chloroform, Aceton und pflanzlichen Ölen, unlöslich in Wasser. Dank ihrer phenolischen Struktur sind sie leicht löslich in wässerigen Alkalien, was ihre leichte Trennung von den Androgenen derselben Harnfraktion erlaubt.

Östradiol



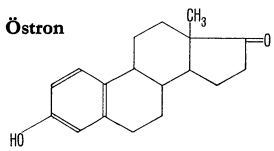
Summenformel $C_{18}H_{24}O_2$
Mol.-Gew. 272,39
Schmelzpunkt 176–178 °C

Östriol



Summenformel $C_{18}H_{24}O_3$
Mol.-Gew. 288,39
Schmelzpunkt 280 °C

Östron



Summenformel $C_{18}H_{22}O_2$
Mol.-Gew. 270,37
Schmelzpunkt 259 °C

Synthetische Analoga: Äthinylöstradiol und nichtsteroide Östrogene, wie Benzöstrol, Chlorotrianisen, Dienöstrol, Diäthylstilböstrol, Hexöstrol usw. Die Ester des Östradiols wirken protrahierter als die freie Verbindung, weil sie langsamer resorbiert werden und damit eine größere Einwirkungskonstanz auf die Zielorgane besitzen.

Einheit

Östron: 1 internationale Einheit = 0,0001 mg. Daneben besteht noch die internationale Östradiolbenzoateinheit:

1 IBE = 0,0001 mg Östradiolbenzoat, die aber nur für pharmazeutische Präparate mit Östradiolbenzoat verwendet wird.

Mäuseeinheit (ME) und *Ratteneinheit* (RE) = Minimalmenge an Östrogenen, die bei kastrierten weiblichen Tieren zum Schollen- (Brunst-) Stadium der Vagina führt.

Bestimmungsmethoden

Biologisch: An der kastrierten weiblichen Maus bzw. Ratte nach ALLEN-DOISY[1].

Chemisch: Als Gesamtöstrogene[2] kolorimetrisch (KOBER-Reaktion) oder fluorometrisch; einzeln nach chromatographischer Trennung[3].

Physiologie[11]

Östradiol kommt in zwei Formen vor: einer aktiven 17-β-Form und einer inaktiven 17-α-Form. Während Östradiol und in geringerem Maß Östron auf die Corpora lutea wirken, stimuliert Östriol Cervix, Vagina und Vulva wesentlich stärker als die beiden ersteren.

Wirksamkeit der einzelnen Östrogene (subkutane Applikation)
1 mg Östriol entspricht 75 ME
1 mg Östron entspricht 8 000 ME
1 mg Östradiol entspricht 75 000 ME

Biosynthese und Stoffwechsel sind auf S. 402 und 403 beschrieben. Die Hormone werden in Ovar, Placenta, Testes und Nebennieren gebildet. Die primären Sekretionsprodukte sind Östradiol und Östron, während Östriol wahrscheinlich ein sekundäres Stoffwechselprodukt der beiden darstellt. Pro Tag werden im Intermenstruum etwa 300 µg, während der Schwangerschaft etwa 100 mg Östrogene sezerniert, die größtenteils aus der Placenta stammen. Aus der Placenta wurden isoliert: Östradiol 51 µg/kg, Östron 170 µg/kg, Östriol 314 µg/kg. Im Sperma wurden gefunden: Östradiol 1 µg/100 ml, Östron 6 µg/100 ml, Östriol 3 µg je 100 ml. Östriol ist auch in der Galle, im Meconium und wahrscheinlich im Corpus luteum enthalten. Östriol scheint nur beim Menschen und beim Schimpansen vorzukommen.

Die Sekretion der östrogenen Hormone erfolgt unter der Kontrolle der Gonadotropine (siehe S. 442). Im Plasma ist Östriol das mengenmäßig wichtigste Östrogen. Es liegt wahrscheinlich gepaart mit Glucuronsäure vor, größtenteils an Plasmaproteine gebunden; Östron und Östradiol liegen dagegen vorwiegend in freier Form vor[4]. Von allen Steroiden sind die Östrogene am stärksten an Plasmaproteine gebunden[5].

Im Normalfall liegt der Plasmaspiegel der Östrogene an der Grenze der Nachweisbarkeit. Der Plasmaspiegel an Östron und Östriol liegt bei Männern und Frauen unter 0,2 µg/100 ml, Östradiol ist nicht nachweisbar[6]. Über Östrogene im Blut und Bestimmungsmethoden siehe [7].

Während der Schwangerschaft produziert die Placenta große Mengen Östrogene, und der Plasmaspiegel steigt an, wenn auch nicht in dem Maß wie die Ausscheidung im Harn.

Schwangerschaft: *Östrogenwerte im Serum* (nach RAKOFF et al.[8])

Wochen nach der letzten Menstruation	Serum-Östrogene in IE/100 ml	
	Bereich	Mittel
2	15– 80	30
4	15– 100	40
8	30– 125	60
12	45– 165	80
16	80– 200	125
20	165– 250	165
24	165– 330	250
28	200– 400	330
32	250– 600	400
36	330– 750	500
40	330–1500	600

Während der späten Schwangerschaft sind im Plasma vorhanden: Östradiol 1,3–2,9 µg/100 ml, Östron 2,7–10,3 µg/100 ml, Östriol 4,3–17,5 µg/100 ml[6]. Der Plasmaspiegel an Östron und Östriol ist während des zweiten und dritten Trimesters der Schwangerschaft relativ konstant, der an Östradiol variiert dagegen sehr[9].

Die Östrogene verschwinden sehr schnell aus dem Blut (schneller als die Corticosteroide) mit einer Halbwertzeit von 2–4 Minuten[10]. Der Stoffwechsel vollzieht sich vorwiegend in der Leber. Die Östrogene werden im Harn fast ausschließlich als Sulfate oder Glucuronide gepaart ausgeschieden. Dagegen erscheint kurz vor dem Gebären im Harn von Schwangeren Östriol in freier Form.

Ausscheidung einzelner Östrogene im 24-Stunden-Harn in Mikrogramm[11]

	Gesamt-östrogene	Östron	Östradiol	Östriol
Männer, 25–35 Jahre	9– 25	0–11	0– 7	1–12
Frauen, Menopause	3– 11	1– 3	0– 4	1– 9
Frauen, Beginn der Menstruation	4– 25	4– 7	0– 3	0–15
Frauen, Ovulationsmaximum	30– 79	11–31	4–14	15–34
Frauen, luteales Maximum .	22–105	10–23	4–10	8–72
Frauen, Uteruskarzinom ..	bis 1400	bis 896	0	bis 504
Mann, adrenaler Tumor ...	158	86	15	57
Mann, kastriert	10	5	1	4
Schwangere, 1 Woche ante partum	30 800	1400	520	29 000

Die Ausscheidung der Östrogene ändert sich im Verlauf des Zyklus der Frau: Am geringsten ist die Ausscheidung während der ersten Woche, beginnt am siebenten Tag anzusteigen und erreicht ungefähr am 13. Tag ein Maximum (das Ovulationsmaximum). Die Östrogenausscheidung sinkt anschließend plötzlich ab und beginnt dann neuerlich zu steigen bis zu einem Maximum am 21. Tag (luteales Maximum). Kurz vor dem Beginn der Menstruation fällt die Östrogenausscheidung. Das Verhältnis von Östradiol zu Östron ist während des Zyklus relativ konstant und beträgt 1:2.

Während der Schwangerschaft steigt die Östrogenausscheidung stark an, wobei gegen Ende das 100fache der Menge von Östron und Östradiol am lutealen Maximum ausgeschieden wird in einem Verhältnis von etwa 3:1. Der Östriolgehalt steigt um das 1000fache, und Östriol ist während der Schwangerschaft das weitaus häufigste Östrogen. Die gesteigerte Östrogenausscheidung beginnt etwa 7 Wochen nach der letzten Menstruation. Während der Lactation ist die Östrogenausscheidung gering.

Bei Neugeborenen wird ausschließlich Östriol ausgeschieden; nach der ersten Woche nimmt die Östriolausscheidung stark ab[12]. Bei Kindern ist die Östrogenausscheidung geringer als beim Erwachsenen und steigt dann mit Beginn der Pubertät auf den Erwachsenenwert an[13].

Funktion: siehe S. 467.

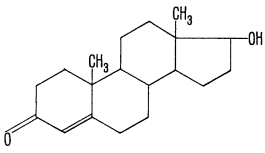
Literatur

1) EMMENS, C. W., *Hormone Assay*, New York (1950), S. 391. *2)* BATES, R. W., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 95 (1954); HASLEWOOD, G. A. D., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 443; JAYLE et al., *Clin. chim. Acta*, **4**, 276 (1959). *3)* AXELROD, L. R., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 69 (1954); BAULD und GREENWAY, in: GLICK, D. (Hrsg.), *Methods of Biochemical Analysis*, Bd. 5, New York (1957), S. 337. *4)* LORAINE, J. A., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 335 (1957). *5)* SANDBERG et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **13**, 209 (1957). *6)* AITKEN und PREEDY, *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 331 (1957). *7)* BORTH, R., *Vitam. and Horm.*, **15**, 259 (1957). *8)* RAKOFF, A. E., in: CANTAROW und TRUMPER (Hrsg.), *Clinical Biochemistry*, 5. Aufl., Philadelphia (1955). *9)* SLAUNWHITE und SANDBERG, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **101**, 544 (1959). *10)* PEARLMAN, W. H., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 233 (1957). *11)* MERILL, R. C., *Physiol. Rev.*, **38**, 463 (1958). *12)* DICZFALUSY et al., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 249 (1957). *13)* NATHANSON et al., *Endocrinology*, **28**, 851 (1941).

Androgene [1]

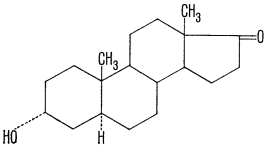
Als Androgene werden jene Steroidhormone zusammengefaßt, welche im Kapauntest eine typisch virilisierende Wirkung zeigen.

Testosteron



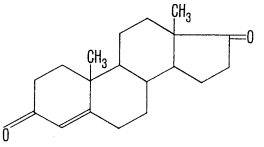
Summenformel $C_{19}H_{28}O_2$
Mol.-Gew. 288,43
Schmelzpunkt 155°C

Androsteron (Androstan-3α-ol-17-on



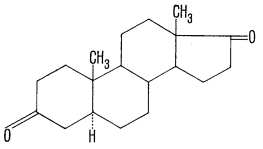
Summenformel $C_{19}H_{30}O_2$
Mol.-Gew. 290,45
Schmelzpunkt 184–185°C

Δ^4-Androsten-3,17-dion



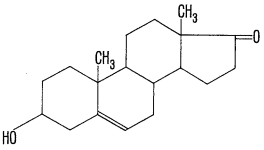
Summenformel $C_{19}H_{26}O_2$
Mol.-Gew. 286,42
Schmelzpunkt 174°C

Androstan-3,17-dion



Summenformel $C_{19}H_{28}O_2$
Mol.-Gew. 288,43
Schmelzpunkt 132–134°C

Dehydroepiandrosteron



Summenformel $C_{19}H_{28}O_2$
Mol.-Gew. 288,43
Schmelzpunkt: zwei Formen 128° und 141°C

Synthetische Analoga: 17-Methyltestosteron, 9α-Fluor-11β-hydroxy-17-methyltestosteron. Ester der Androgene (zum Beispiel mit Propionsäure) zeigen gegenüber den freien Androgenen stark gesteigerte Wirkung.

Einheit

Die *internationale Einheit* für androgene Wirksamkeit (0,1 mg Androsteron) ist im Herbst 1950 aufgehoben worden. *Biologische Einheit* für androgene Wirksamkeit: KE (Kapauneinheit) = Minimalmenge, die, an 2 aufeinanderfolgenden Tagen verabreicht, eine Vergrößerung des Kammes um 20% bewirkt; diese Menge entspricht ungefähr der Aktivität von 0,1 mg Androsteron.

Test- und Bestimmungsmethoden

Biologisch: Am Kapaunkamm (siehe Einheit), am Kückenkamm usw. [1, 2].

Chemisch: Unspezifisch in der Fraktion der 17-Ketosteroide nach ZIMMERMANN (siehe S. 466); spezifisch nach chromatographischer Trennung [3].

Physiologie

Einige androgen wirkende Steroide sind (in der Reihenfolge ihrer Wirksamkeit):

1 mg besitzt die Wirksamkeit von	Androsteron [4] (mg)
Testosteron	6,7
Androsteron	1,0
Δ^4-Androsten-3,17-dion	0,83
Androstan-3,17-dion	0,83–0,77
Dehydroepiandrosteron	0,5
Androstan-3α,11β-diol-17-on (11-Hydroxy-androsteron)	0,33
Androstan-3α,17α-diol	0,28
Adrenosteron	0,2
17-Hydroxyprogesteron	0,2
Epiandrosteron	0,14

Biosynthese und Stoffwechsel sind auf S. 400 und 401 beschrieben. Die Hormone kommen in den Testes, der Nebennierenrinde und dem Ovar vor. So wurden Androstendion und Testosteron in den Testes des Menschen nachgewiesen [5], Androstendion im Ovar des Menschen [6] und Androstendion, Dehydroepiandrosteron und 11β-Hydroxyandrostendion, dessen Produktion durch ACTH stimuliert wird, in der Nebennierenrinde [7]. Testosteron wird in den LEYDIGschen Zellen der Testikel gebildet [8]. Die Wirkung des Testosterons läßt sich durch Zugabe von sauren Fraktionen aus Testikeln und anderen Organen bedeutend steigern (X-Substanzen), ebenso durch Zugabe von Fettsäuren, die zum Beispiel in Stierhoden in Form von freier Palmitinsäure in bedeutenden Mengen frei vorkommen. Androsteron ist ein Metabolit des 17-Hydroxyprogesterons der Nebennierenrinde und des Testosterons mit Androstendion und Androstandion als Zwischenstufen.

Die Sekretion der androgenen Hormone erfolgt unter Kontrolle der gonadotropen Hormone des Hypophysenvorderlappens (siehe S. 442). Beim Mann werden normalerweise täglich etwa 17 mg Testosteron sezerniert [9]. Der Plasmaspiegel an Dehydroepiandrosteron (50–70% der Gesamt-17-Ketosteroide) beträgt beim normalen Mann etwa 40–110 µg/100 ml, der an Androsteron etwa 20–30 µg/100 ml [10]. Bei Frauen liegen die Werte etwas tiefer. Der Plasmaspiegel bei Neugeborenen ist gleich hoch oder höher als der von Erwachsenen, fällt aber nach der ersten Woche stark ab. Bis zum Einsetzen der Pubertät sind 17-Ketosteroide im Plasma von Kindern praktisch nicht nachzuweisen. Im Alter nimmt der Plasmaspiegel ab, und beim 70jährigen Mann sind praktisch weder Dehydroepiandrosteron noch Androsteron im Plasma vorhanden [11]. Über die Halbwertzeit der Androgene liegen keine genauen Angaben vor, für Testosteron dürfte sie etwa 4 Minuten betragen [9].

Die Androgene finden sich im Harn vorwiegend in der 17-Ketosteroidfraktion, Testosteron wird nur in Spuren ausgeschieden. Die wichtigsten Metaboliten von Testosteron sind Androsteron und α-Ätianolon. Dehydroepiandrosteron ist ein Metabolit von Corticosteroiden (erhöhte Ausscheidung bei Tumoren der Nebennierenrinde). Beim Mann nimmt die Androgenausscheidung mit dem Alter allmählich ab, während die Östrogen- und die Corticosteroidausscheidung gleich bleiben. Auch bei der Frau nehmen die Androgene mit dem Alter allmählich ab, während sich die Östrogenausscheidung im Klimakterium abrupt vermindert. Einzelheiten über die Ausscheidung von Androgenen siehe unter 17-Ketosteroide, S. 466.

Funktion: siehe S. 467.

Literatur

1) DORFMAN und SHIPLEY, *Androgens*, New York (1956). *2)* DORFMAN, R. I., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 291. *3)* LAKSHMANAN und LIEBERMAN, *Arch. Biochem.*, **53**, 258 (1954); ROBINSON, A. M., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 163 (1954); RUBIN et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 213 (1954); SAVARD, K., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 185 (1954). *4)* STAUDINGER, H., in: RAUEN, H. M. (Hrsg.), *Biochemisches Taschenbuch*, Berlin (1956), S. 957; FIESER und FIESER, *Steroids*, New York (1959), S. 519. *5)* ANLIKER et al., *Helv. chim. Acta*, **40**, 1517 (1957). *6)* ZANDER, J., *J. biol. Chem.*, **232**, 117 (1958). *7)* BLOCH et al., *J. biol. Chem.*, **224**, 737 (1957). *8)* LEACH et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **12**, 377 (1956). *9)* PEARLMAN, W. H., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 233 (1957). *10)* BORTH, R., *Vitam. and Horm.*, **15**, 259 (1957). *11)* MIGEON et al., *J. clin. Endocr.*, **17**, 1051 (1957).

17-Ketosteroide

Die 17-Ketosteroide, so benannt wegen der Ketogruppe am C_{17}, gehören zu den C_{19}-Steroiden. Man unterscheidet noch die zwei klinisch einige Bedeutung besitzenden Unterfraktionen der 3α-Hydroxy- bzw. der 3β-Hydroxy-17-Ketosteroide, kurz α- bzw. β-17-Ketosteroide genannt.

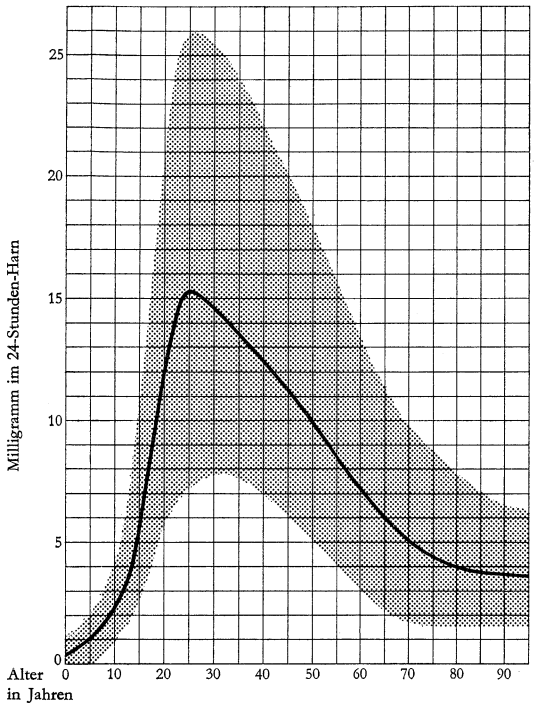
Bestimmungsmethoden

Totalketosteroide kolorimetrisch nach ZIMMERMANN[1] und anderen[2]; α- und β-Ketosteroide nach [3]; einzeln nach chromatographischer Trennung (siehe Androgene, S. 465).

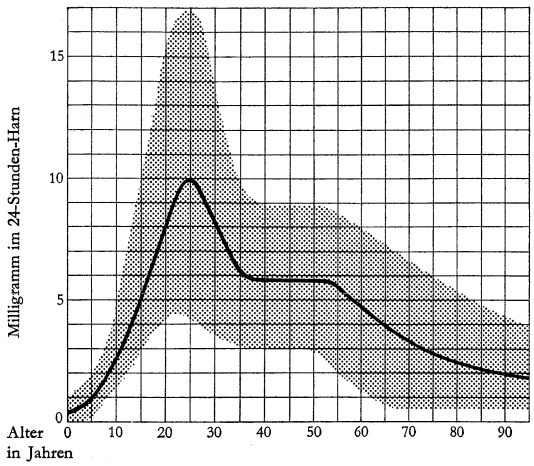
Ketosteroide im Plasma: siehe Androgene, S. 465.

Ketosteroide im 24-Stunden-Harn:

Total-17-Ketosteroide. Dicke Linie: Mittelwert. Punktierte Fläche: Bereich, in den 97–98% aller Fälle fallen.



17-Ketosteroid-Ausscheidung[4] (Männer)



17-Ketosteroid-Ausscheidung[4] (Frauen)

In den ersten zwei Wochen nach der Geburt beträgt die tägliche Ausscheidung 1,2–2,5 mg und fällt in der dritten und vierten Woche auf 0,5 mg ab; der eigentliche Anstieg in der Ketosteroidausscheidung beginnt dann etwa mit dem 8. Lebensjahr[5].

α-17-Ketosteroide

Total-α-17-Ketosteroide (in Milligramm) *beim jungen Erwachsenen* (19–35 Jahre)[6]

Mann	Frau
8,2–15,8; Mittel **12,0**	6,8–14,0; Mittel **10,4**
Standardabweichung $s = 1{,}9$	Standardabweichung $s = 1{,}8$

Die wichtigsten Komponenten der α-Ketosteroide sind[7]:

Bezeichnung	Milligramm					
	Mann			Frau		
	Mittelwert	Bereich	s	Mittelwert	Bereich	s
α-Ätianolon ...	**3,89**	*2,71–5,07*	0,59	**3,05**	*1,93–4,17*	0,56
Androsteron ...	**3,36**	*2,22–4,50*	0,57	**3,80**	*2,62–4,98*	0,59
11-Hydroxy-androsteron ...	**0,73**	*0,47–0,99*	0,13	**0,78**	*0,52–1,04*	0,13
11-Ketoätianolon	**0,51**	*0,37–0,65*	0,07	**0,49**	*0,25–0,73*	0,12
11-Hydroxy-ätianolon	**0,35**	*0,13–0,57*	0,11	**0,29**	*0,15–0,43*	0,07
11-Keto-androsteron ...	**0,35**	*0,23–0,47*	0,06	**0,21**	*0,15–0,27*	0,03

(Definition des Normalbereiches siehe S. 488.)

β-17-Ketosteroide

Total-β-17-Ketosteroide (in Milligramm)[8]

Mann	Frau
0,4–10,0; Mittel **4,4**	0,0–6,4; Mittel **1,7**

Der Anteil der β-17-Ketosteroid-Fraktion an der Total-17-Ketosteroid-Fraktion beträgt beim Gesunden im Mittel beim Mann 31%, bei der Frau 22%[8]. Die wesentlichen Bestandteile dieser Fraktion sind Dehydroepiandrosteron (beim Mann 2,7 mg im Mittel) und Epiandrosteron (beim Mann 1,7 mg im Mittel)[8]. Dehydroepiandrosteron scheint das wichtigste 17-Ketosteroid des Meconiums des Fötus zu sein[9].

Klinische Bedeutung

Die Harn-17-Ketosteroide sind beim Mann zu mindestens 50%, bei der Frau vorwiegend Metaboliten von Nebennierenrinden-Steroiden. Beim Mann erscheint auch ein Teil der Testosteron-Abbauprodukte in der 17-Ketosteroid-Fraktion. Die Totalmenge der 17-Ketosteroide ist deshalb in erster Linie ein Maß für die Aktivität der Nebennierenrinde (vgl. Corticosteroide, S. 459).

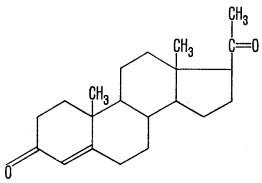
Die β-Fraktion erhöht sich bei malignen Geschwülsten der Nebennierenrinde bis auf 50% und kann in dieser Hinsicht als wichtiges differentialdiagnostisches Zeichen beurteilt werden. Bei Hyperplasien der Nebennierenrinde, bei denen die Totalfraktion stets stark erhöht ist, bleibt das Verhältnis normal. Über Abweichungen in der Ausscheidung der einzelnen Ketosteroide bei CUSHING-Syndrom siehe [8].

Literatur

1) ZIMMERMANN, W., *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **233**, 257 (1935); **300**, 141 (1955). *2)* MUNSON und KENNY, *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 135 (1954). *3)* HASLAM und KLYNE, *Lancet*, **1**, 285 (1952); BUTT et al., *Biochem. J.*, **42**, 447 (1948). *4)* HAMBURGER, C., *Acta endocr. (Kbh.)*, **1**, 19 (1948). *5)* WILKINS, L., *Diagnosis and Treatment of Endocrine Disorders in Childhood and Adolescence*. 2. Aufl., Springfield (1957). *6)* TALBOT et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **65**, 364 (1943). *7)* RUBIN et al., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 213 (1954). *8)* JAILER et al., *J. clin. Invest.*, **38**, 357 (1959). *9)* KINSELLA et al., *J. Lab. clin. Med.*, **54**, 834 (1959).

Progesteron

Progesteron ist chemisch mit den Nebennierenrindensteroiden nahe verwandt.



Summenformel $C_{21}H_{30}O_2$
Mol.-Gew. 314,47
Schmelzpunkt 121 und 129 °C

Synthetische Analoga: 17-α-Hydroxyprogesteron (ein Steroid der Nebennierenrinde) als Acetat oder Caproat (oral anwendbar); Äthinyltestosteron, Äthinylnortestosteron (die Silbe *nor* kennzeichnet das Fehlen einer Methylgruppe, in diesem Fall in C_{10}).

Einheit

Internationale Einheit = 1 mg Progesteron
Kaninchen-Einheit = etwa 0,6 mg (CLAUBERG-Test)

Test- und Bestimmungsmethoden

Biologisch[1]: Am juvenilen weiblichen Kaninchen, das mit Östrogenen vorbehandelt wurde (CLAUBERG-Test). Eine Kaninchen-Einheit ist die Menge, welche die proliferierte Uterusschleimhaut in eine Sekretionsschleimhaut umzuwandeln vermag.

Chemisch[2]: Nach chromatographischer Trennung spektrophotometrisch als Dithiosemicarbazon.

Physiologie

Progesteron nimmt bei der Biosynthese der Steroidhormone eine zentrale Stellung ein (siehe S. 400).

Progesteron kommt vor im Corpus luteum, in der Placenta und der Nebennierenrinde. Aus der Placenta wurden neben Progesteron noch 20-α- und 20-β-Hydroxyprogesteron isoliert, die ebenfalls Hormoneigenschaften besitzen und als Stoffwechselprodukte von Progesteron anzusehen sind[3]. Außer diesen aktiven Steroiden befinden sich noch mehrere inaktive Pregnan- und Allopregnanderivate in diesen Organen.

Die Sekretion von Progesteron wird durch die Gonadotropine (siehe S. 442) kontrolliert. In der zweiten Hälfte des Menstruationszyklus werden von der Frau etwa 20 mg Progesteron täglich sezerniert, während der Schwangerschaft etwa 250 mg (vorwiegend von der Placenta)[4]. Bei fortgeschrittener Schwangerschaft beträgt der Progesteronblutspiegel etwa 2–15 μg je 100 ml[4]. Bei Nichtschwangeren liegt der Blutspiegel an der Grenze der Nachweisbarkeit (bei Kühen bis zu 0,2 μg/100 ml Plasma[5]). Im Blut ist Progesteron zu etwa 99% an Plasmaproteine gebunden[6]. Das Hormon verschwindet sehr schnell aus dem kreisenden Blut mit einer Halbwertzeit von etwa 2 Minuten[4]. Der Stoffwechsel findet vorwiegend in der Leber statt; hohe Progesteronblutspiegel werden deshalb bei Lebererkrankungen gefunden. Über Progesteron im Blut einschließlich Bestimmungsmethoden siehe [7].

Progesteron im Harn

Im Harn erscheint Progesteron zu einem großen Teil als Glucuronsäureester seiner Abbauprodukte Pregnan-3α,20α-diol und Allopregnan-3α,20α-diol, eine Mischung, die nach den bisherigen Verfahren einheitlich als «Pregnandiol» bestimmt wurde. Um die Beschreibung zu vereinfachen, wird im folgenden unter «Pregnandiol» die Mischung dieser zwei Substanzen verstanden. Das Harn-Pregnandiol ist nicht nur ein Abbauprodukt des Progesterons, sondern auch des Cortexons (Desoxycorticosteron). Da dieses im Körper aber nur in sehr geringen Mengen produziert wird, kann sein Beitrag an die Pregnandiolausscheidung normalerweise vernachlässigt werden. Bei exogener Cortexonzufuhr hingegen kann je nach der Dosierung die Pregnandiolausscheidung beträchtlich vergrößert werden, was vor allem bei Pregnandiolbestimmungen als Schwangerschaftstest zu beachten ist.

Im *normalen Zyklus* beginnt die Pregnandiolausscheidung im Harn unmittelbar nach der Ovulation mit etwa 2–5 mg pro Tag, steigend bis zu 5–10 mg. Einige Tage vor der Menstruation sinkt der Wert auf weniger als 5 mg und 24–48 Stunden nach Beginn der Menstruation auf Null. Die Totalausscheidung während einer Zyklusperiode beträgt (20)40–50(80) mg[8].

Die Harnwerte während der *Schwangerschaft* sind nach VENNING[9]:

Wochen nach der letzten Menstruation	Milligramm im 24-Stunden-Harn	
	Bereich	Mittel
2	2– 10	6
4	5– 15	10
8	5– 15	10
12	8– 20	12
16	8– 30	20
20	16– 32	25
24	20– 60	40
28	35– 80	50
32	40– 80	60
36	50–100	68
40	50–120	70

Von manchen Autoren ist ein bis zwei Wochen vor der Geburt ein Abfall der Werte beobachtet worden, was aber keine regelmäßige Erscheinung darstellt.

Auch die Ausscheidung von Pregnantriol, das als Metabolit von Nebennierenrindenhormonen angesehen wird, weist eine Abhängigkeit vom Zyklus auf, und Pregnantriol scheint somit zum Teil von Geschlechtshormonen abzustammen[10].

Zur Bestimmung von Pregnandiol im Plasma siehe [11], im Harn siehe [12, 13] und von Pregnantriol im Harn siehe [12].

Funktion: siehe unten.

Literatur

1) EMMENS, C. W., *Hormone Assay*, New York (1950), S. 419. *2*) PEARLMAN, W. H., *Recent Progr. Hormone Res.*, **9**, 27 (1954). *3*) ZANDER et al., *J. clin. Endocr.*, **18**, 337 (1958). *4*) PEARLMAN, W. H., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 233 (1957). *5*) SHORT, R. V., *Ciba Found. Coll. Endocr.*, **11**, 362 (1957). *6*) WESTPHAL, U., *Endocrinology*, **57**, 456 (1955). *7*) BORTH, R., *Vitam. and Horm.*, **15**, 259 (1957). *8*) SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950). *9*) VENNING, E. H., *J. biol. Chem.*, **126**, 595 (1938). *10*) PICKETT et al., *Lancet*, **2**, 829 (1959). *11*) SOMMERVILLE und DESHPANDE, *J. clin. Endocr.*, **18**, 1223 (1958). *12*) HASLEWOOD, G. A. D., in: EMMENS, C. W. (Hrsg.), *Hormone Assay*, New York (1950), S. 443; STERN, M. I., *J. Endocr.*, **16**, 180 (1957). *13*) EBERLEIN und BONGIOVANNI, *J. clin. Endocr.*, **18**, 300 (1958).

Funktion der Geschlechtshormone[1]

Die große Ähnlichkeit in der chemischen Struktur der drei Haupthormone (Testosteron, Östradiol, Progesteron) macht es in höchstem Grade wahrscheinlich, daß dieser chemischen Verwandtschaft eine phylogenetische Ursache und eine biologische Verknüpfung zugrunde liegen. Alle drei Hormontypen kommen beim männlichen und weiblichen Geschlecht vor und sind im ganzen Wirbeltierreich verbreitet: sie sind weder geschlechts- noch artspezifisch. Experimentell ist es eine Sache der Dosierung, des Mischungsverhältnisses, des zyklischen Zeitpunktes und des Kontrollorgans, in welcher Richtung und mit welcher Intensität sich die Hormonwirkung manifestiert. Obschon der Ausfall der Geschlechtshormone die Ausbildung der Geschlechtsorgane um so mehr in Mitleidenschaft zieht, je früher er sich in der Fötalzeit auswirkt, steht doch mit Sicherheit fest, daß den Geschlechtshormonen kein geschlechtsbestimmender Einfluß zukommt. Neuere Untersuchungen zeigten, daß bei beiden Geschlechtern die weibliche Geschlechtsentwicklung inhärent ist, das heißt, daß die zwiegeschlechtliche Anlage sich automatisch zur weiblichen weiterentwickelt, wenn sie nicht durch die Testesanlage in die männliche Richtung geleitet wird. Der Einfluß der Testes wirkt aber nicht über das männliche Geschlechtshormon, da es nicht gelingt, bei entfernter Testesanlage die weibliche Entwicklung durch männliche Geschlechtshormone zu verhindern. Es scheint sich vielmehr um eine induktive Wirkung unbekannter Qualität zu handeln, die die Testesanlage auf ihre nächste primitive Umgebung ausübt (Verpflanzung der Testesanlage beim Embryo führt ebenfalls zu weiblicher Entwicklung)[2].

Das Testosteron zeigt neben seinen Geschlechtswirkungen eine ausgesprochene anabolische Stoffwechselwirkung (Protein aufbauend und somit dem Energiestoffwechsel entziehend). Es läßt

sich deshalb zur Normalisierung einer durch Corticotropin- bzw. Nebennierenrindenhormon-Therapie eventuell bewirkten negativen Stickstoffbilanz therapeutisch verwenden. Geringere anabolische Wirkung hinsichtlich des Proteinstoffwechsels besitzen auch die Östrogene. Progesteron dagegen wirkt schwach katabolisch[3, 4], wobei aber im Gegensatz zu den katabolischen Eigenschaften der Corticosteroide der Aminosäurespiegel im Plasma und Harn kaum beeinflußt wird. Progesteron muß überdies als Antagonist des Aldosterons angesehen werden, da es zu einer erhöhten Kochsalzausscheidung führt. Diesen Wirkungen des Progesterons auf den Stoffwechsel kommt möglicherweise größere Bedeutung in der Schwangerschaft zu.

Die einzelnen Hormontypen, vor allem Östrogene und Progesteron, wirken je nach Zyklusperiode und Organ antagonistisch oder synergistisch. Jedes dieser Hormone bedarf aber in der von ihm geleiteten Phase der Mitwirkung des anderen Hormons, damit die bewirkten Organveränderungen biologisch funktionsfähig sind (siehe Tabelle; vgl. auch COURRIER, R., *Interactions between Estrogens and Progesteron*[5]). Der Wirkungsgrad wird dabei durch Spuren des «antagonistischen» Hormons vielfach sehr gesteigert: Drohender Abort (operative Entfernung der Ovarien) zu Beginn der Schwangerschaft kann zum Beispiel durch Zugabe von wenig Östradiol mit viel kleineren Progesterondosen aufgehalten werden als ohne Östradiol. Ein ähnlich merkwürdiges Zusammenwirken besteht zwischen Androgenen und Östrogenen: Androgene (genügend Follikelhormone vorausgesetzt) wirken bei der Frau libidosteigernd, während sie sonst typische Antagonisten des Weiblichen sind.

In der Schwangerschaft produziert die wachsende Placenta neben den gonadotropen Hormonen (siehe dort) Progesteron und Östrogene in zunehmenden Mengen und übertrifft damit sehr bald die Produktion der Ovarien. Die Hormonbildung der Placenta genügt, um bei Ausfall der Ovarien und der Hypophyse einen Abort zu verhindern. Dieser embryonale Selbstschutz des Menschen in der späteren Schwangerschaft stellt unter den Mammalia einen Ausnahmefall dar (nur noch bei Pferd und Meerschweinchen festgestellt).

Therapeutische Anwendung

Bei Hypo- oder Hyperfunktion siehe Tabelle.

Androgene[6]*:* Menorrhagie, prämenstruelles Syndrom, Frigidität bei der Frau, bestimmte Fälle von glandulärcystischer Hyperplasie des Endometriums, Endometriose, Dysmenorrhöe, Mastalgie.

Zur Normalisierung negativer Stoffwechselbilanzen bei Corticotropin- und Nebennierenrindenhormon-Therapie sowie seniler Osteoporose eignen sich besonders die 19-Nortestosterone infolge ihrer geringen virilisierenden Nebenwirkung.

Androgene in hohen Dosen sind indiziert gegen inoperables Mammakarzinom mit diffusen Knochenmetastasen bei Patientinnen vor der Menopause; nach der Menopause, besonders bei über 60jährigen, eignen sich besser Östrogene.

Nebenwirkungen: Maskulinisierung bei der Frau, Salz- und Wasserretention, Depression der Spermatogenese, Verschlechterung von Prostatakarzinom.

Progestogene[7]*:* Habitueller Abort, Endometriose; kombiniert mit Östrogenen gegen Störungen des Zyklus, Metrorrhagie und Metropathia haemorrhagica.

Östrogene[8]*:* Prostatakarzinom, Mammakarzinom bei Patientinnen nach der Menopause, Menopausesyndrom[9], senile Kraurosis, atrophische Vaginitis, zusammen mit Androgenen gegen senile Osteoporose bei Frauen. Östrogene sind meist unwirksam in Fällen von Amenorrhöe und Oligomenorrhöe, sind aber indiziert gegen Dysmenorrhöe und Metropathia haemorrhagica.

Literatur

1) PINCUS, G., in: PINCUS und THIMANN (Hrsg.), *The Hormones*, Bd. 3, New York (1955), S. 665. *2)* MOORE, C. R., in: GORDON, E. S. (Hrsg.), *Steroid Hormones*, University of Wisconsin (1950), S. 393. *3)* LANDAU et al., *J. clin. Endocr.*, **15**, 1194 (1955). *4)* KYLE und HESS, *J. Lab. clin. Med.*, **47**, 278 (1956). *5)* COURRIER, R., *Vitam. and Horm.*, **8**, 179 (1950). *6)* CROOKE, A. C., *Practitioner*, **180**, 13 (1958); BISHOP, P. M. F., *Brit. med. J.*, **1**, 184 (1960). *7)* MACGREGOR, T. N., *Practitioner*, **180**, 83 (1958); SWYER, G. I. M., *Brit. med. J.*, **1**, 48, 121 (1960). *8)* BISHOP, P. M. F., *Practitioner*, **180**, 5 (1958). *9)* JEFFCOATE, T. N. A., *Brit. med. J.*, **1**, 340 (1960).

Männlicher Organismus	Androgene	Östrogene	Progesteron
Entwicklung der primären Geschlechtsorgane:			
Allgemein, vor allem Testes, Prostata, Penis	+++	Antagonist	
Muskulatur und Bindegewebe der akzessorischen Drüsen	?	+	
Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale	++++	Antagonist	
Psychisches Verhalten: Libido, männliche Aktivität	++++	Antagonist	
Weiblicher Organismus			
Entwicklung der primären Geschlechtsorgane:			
Allgemein, vor allem Uterus und Ovarien	teilweise Antagonist	+++	0
Organe des Orgasmus	+	+++	0
Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale	Antagonist	++++	?
Psychisches Verhalten: Weibliche Passivität	Antagonist	++++	+
Libido	+++	+	teilweise Antagonist
Weiblicher Zyklus			
Eireifung	?	+++	+
Proliferationsphase	?	++++	+
Sekretionsphase	?	+	++++
Eiwanderung, Nidation	?	++	+++
Schwangerschaft			
Verhinderung der Heranreifung weiterer Follikel, Ruhigstellung des Uterus, Erschlaffung der Uterusmuskulatur (2). Herabsetzung des Na-K-Verhältnisses im Blut, Herabsetzung des Sympathicustonus (4)	?	Antagonist zu (2), zu (4) Synergist	++++
Zur Aufrechterhaltung der Schwangerschaft unbedingt nötig	?	++	++
Lockerung des Beckengürtels, Tonuserhöhung der Uterusmuskulatur gegen Ende der Schwangerschaft (2)	?	+++	Antagonist zu (2)
Wachstum des Milchdrüsengewebes	?	++*	++*
Verhinderung der Milchsekretion bis zur Geburt	?	++	+
Post partum			
Aufrechterhaltung der Milchsekretion	?	++*	++*
Verhinderung der Milchsekretion in hohen therapeutischen Dosen	++	+++++	0
Involution des Uterus und Vorbereitung der neuen Zyklusperiode	?	+++	0

Immer in größeren Mengen ohne zyklische Veränderungen vorhanden

* Vgl. Prolactin S. 445.

Kalorien- und Proteineinnahme bei Kindern und Jugendlichen*

Nach BURKE et al., *Pediatrics*, 24, Suppl. 923 (1959). – Definition des Mittelwertes siehe Fußnote auf S. 488

Alter (Jahre)	Kalorieneinnahme (cal/Tag)						Proteineinnahme (g/Tag)					
	Knaben			Mädchen			Knaben			Mädchen		
	Mittel	Bereich	s	Mittel	Bereich	s	Mittel	Bereich	s	Mittel	Bereich	s
1– 2	**1287**	800–1700	198	**1273**	850–1800	173	**43,6**	25,0– 60,0	7,7	**44,3**	32,5– 57,5	7,0
2– 3	**1403**	800–1900	205	**1377**	950–1800	188	**46,1**	27,5– 62,5	8,1	**46,9**	30,5– 72,5	8,3
3– 4	**1544**	1050–2000	210	**1483**	1050–1950	183	**50,0**	32,5– 70,0	8,4	**49,1**	29,0– 70,0	8,4
4– 5	**1629**	1200–2200	208	**1605**	1150–2500	251	**53,2**	32,5– 72,5	8,6	**53,6**	34,0– 80,0	9,3
5– 6	**1792**	1200–2400	252	**1704**	1200–2350	245	**57,7**	40,0– 77,5	9,8	**56,7**	33,0– 85,0	10,2
6– 7	**1971**	1450–2800	304	**1845**	1350–2450	276	**63,6**	42,5– 97,5	11,7	**60,3**	35,0– 90,0	11,8
7– 8	**2013**	1450–2650	299	**1930**	1250–2650	297	**65,4**	45,0– 97,5	11,5	**63,4**	37,5–100,0	12,9
8– 9	**2159**	1400–3925	391	**2026**	1400–2800	291	**69,5**	45,0–107,5	12,9	**65,4**	40,0– 85,0	10,9
9–10	**2235**	1500–3225	388	**2125**	1350–3300	376	**72,5**	45,0–105,0	13,9	**69,4**	37,5–110,0	14,3
10–11	**2403**	1700–3800	427	**2264**	1400–3400	407	**77,9**	50,0–127,5	15,7	**73,6**	45,0–105,0	14,4
11–12	**2619**	1750–3775	474	**2450**	1900–3250	373	**82,8**	55,0–120,0	15,7	**76,5**	50,0–120,0	14,3
12–13	**2878**	1950–3850	482	**2529**	1800–4000	466	**87,4**	60,0–113,5	13,3	**78,2**	57,5–132,5	13,7
13–14	**3117**	1900–4400	493	**2575**	1625–3850	479	**96,4**	55,0–142,5	16,8	**81,4**	45,0–122,5	14,5
14–15	**3338**	2100–5700	674	**2592**	1500–4400	502	**101,7**	57,5–165,0	20,7	**80,9**	60,0–140,0	15,0
15–16	**3467**	1700–5070	668	**2575**	1600–4350	522	**106,6**	70,0–175,0	22,9	**81,6**	52,5–145,0	18,5
16–17	**3443**	2275–5350	631	**2437**	1400–3900	505	**107,8**	62,5–145,0	20,7	**77,7**	50,0–130,0	15,9
17–18	**3532**	1900–5000	718	**2390**	1775–3475	464	**110,6**	65,0–185,0	24,4	**76,8**	52,5–135,0	16,5

* Die mittlere tägliche Einnahme von Kalorien und besonders Proteinen ist höher als die vom National Research Council (siehe untenstehende Tabelle) empfohlene Menge.

Täglicher Bedarf an Kalorien, Proteinen, Mineralien, Fetten, Wasser und Vitaminen

Nach *Food and Nutrition Board, National Research Council, 1953* (mit Ergänzungen)

Die angegebenen Bedarfswerte gelten für gesunde Personen von normalem Gewicht, die in der gemäßigten Zone leben

	Alter in Jahren	Gewicht (kg)	Größe (cm)	Kalorien[1]	Proteine (g)	Calcium (g)	Eisen (mg)	Vitamine A[2] (IE)	B_1[3] (mg)	B_2[3] (mg)	Nicotinsäure[3] (mg)	C (mg)	D (IE)
Männer	25	65	170	3200	65	0,8	12[4]	5000	1,6	1,6	16	75	[5]
	45	65	170	2900	65	0,8	12[4]	5000	1,5	1,6	15	75	[5]
	65	65	170	2600	65	0,8	12[4]	5000	1,3	1,6	13	75	[5]
Frauen	25	55	157	2300	55	0,8	12	5000	1,2	1,4	12	70	[5]
	45	55	157	2100	55	0,8	12	5000	1,1	1,4	11	70	[5]
	65	55	157	1800	55	0,8	12	5000	1,0	1,4	10	70	[5]
Schwangere im 3. Trimester ...				plus 400	80	1,5	15	6000	1,5	2,0	15	100	400
Stillende, die 850 ml Muttermilch täglich geben				plus 1000	100	2,0	15	8000	1,5	2,5	15	150	400
Säuglinge[6]	0– 1 Monat[7]												
	1– 3 Monate	6	60	kg × 120	kg × 3,5[8]	0,6[8]	6	1500	0,3	0,4	3	30	400
	4– 9 Monate	9	70	kg × 110	kg × 3,5[8]	0,8[8]	6	1500	0,4	0,7	4	30	400
	10–12 Monate	10	75	kg × 100	kg × 3,5[8]	1,0[8]	6	1500	0,5	0,9	5	30	400
Kinder[9]	1–3	12	87	1200	40	1,0	7	2000	0,6	1,0	6	35	400
	4–6	18	109	1600	50	1,0	8	2500	0,8	1,2	8	50	400
	7–9	27	129	2000	60	1,0	10	3500	1,0	1,5	10	60	400
Knaben[9]	10–12	35	144	2500	70	1,2	12	4500	1,3	1,8	13	75	400
	13–15	49	163	3200	85	1,4	15	5000	1,6	2,1	16	90	400
	16–20	63	175	3800	100	1,4	15	5000	1,9	2,5	19	100	400
Mädchen[9]	10–12	36	144	2300	70	1,2	12	4500	1,2	1,8	12	75	400
	13–15	49	160	2500	80	1,3	15	5000	1,3	2,0	13	80	400
	16–20	54	162	2400	75	1,3	15	5000	1,2	1,9	12	80	400

1) Die optimale Kalorienzufuhr muß den spezifischen Bedürfnissen genügen. Sie ist so zu bemessen, daß sie normales, gutem Gesundheitszustand entsprechendes Körpergewicht oder Wachstum bei bestem Wohlbefinden aufrechterhält.

2) Der Vitamin-A-Bedarf ist abhängig vom Verhältnis Vitamin A/Carotine in der Nahrung. Die Werte der Tafel basieren auf der Annahme, daß annähernd zwei Drittel des Vitamins A in Form von Carotinen zugeführt werden und daß diese nur halb oder noch weniger wirksam sind als Vitamin A. Vgl. Vitamin A, S. 416.

3) Für Erwachsene (ausgenommen schwangere und stillende Frauen), die 2000 Kalorien oder weniger erhalten, genügen 1 mg B_1 bzw. 10 mg Nicotinsäure. Andere Vitamine des B-Komplexes werden vom Menschen ebenfalls benötigt, doch ist es zur Zeit noch unmöglich, dafür genaue Werte anzugeben. Nahrungsmittel mit ausreichend Vitamin B_1, B_2 und Nicotinsäure besitzen in der Regel auch einen genügenden Gehalt an anderen B-Vitaminen.

4) Es besteht Grund zur Annahme, daß männliche Erwachsene wenig Eisen benötigen. Der Bedarf wird durch normale Ernährung in der Regel gedeckt.

5) Der Bedarf an exogenem Vitamin D scheint bei kräftigen Personen, die ein normales Leben führen, minim zu sein. Eine zusätzliche Zufuhr ist aber erwünscht für ältere Personen oder für Menschen, deren Kleider die Sonne fernhalten (zum Beispiel Nonnen), oder die keine Gelegenheit haben, an die Sonne zu kommen.

6) Der absolute Bedarf der Säuglinge steigt von Monat zu Monat. Der relative Bedarf pro Kilogramm Körpergewicht, in Kalorien ausgedrückt, verringert sich hingegen von Monat zu Monat.

7) Während des ersten Lebensmonats hängt der Bedarf für viele Nährstoffe von der Entwicklung der Nieren-, Darm- und Drüsenfunktion ab. Deshalb werden keine spezifischen Werte angegeben.

8) Bei hauptsächlicher Muttermilchernährung ist der Bedarf an Proteinen und Calcium in der zusätzlichen Nahrung geringer (2–3 g Proteine pro Kilogramm Körpergewicht).

9) Der empfohlene Wert entspricht dem Bedarf eines Kindes in mittlerem Alter einer jeden Gruppe (2, 5, 8, 11 usw. Jahre) sowie mittlerem Gewicht und mäßiger körperlicher Betätigung.

Täglicher Bedarf an Kalorien, Proteinen, Mineralien, Fetten, Wasser und Vitaminen (Schluß)

Nach *Food and Nutrition Board, National Research Council, 1953* (mit Ergänzungen)

Fette Über den Fettbedarf des Menschen existieren nur wenige Angaben. Empfehlungen zur Bemessung der Fettzufuhr müssen sich deshalb zur Zeit noch mehr auf die üblichen Eßgewohnheiten stützen als auf physiologische Daten. Es ist wünschenswert, daß die Nahrungsfette 25–35% des Kalorienverbrauches decken; 1% der Kalorien sollte dabei von ungesättigten Fettsäuren (Linol- und Arachidonsäuren aus natürlichen Fetten) geliefert werden. Bei größerem Kalorienverbrauch, wie etwa bei sehr tätigen, 4500 Kalorien konsumierenden Personen sowie bei Kindern und Jugendlichen, ist es wünschenswert, den Anteil der Fette auf 30–35% der Kalorien zu erhöhen. Da Nahrungsmittel, wie Fleisch, Milch, Käse, Nüsse usw., Fett enthalten, ist zusätzliche Fettzufuhr durch «sichtbare» Fette, wie Butter, Speck, Brat- und Backfette usw., nur im Ausmaße von ½ bis ⅓ der oben angegebenen Mengen nötig. Die am leichtesten zu verdauenden Fette sind Butter und pflanzliche Öle. Hydrierte (gehärtete) Öle sind biologisch minderwertig, falls sie nicht durch Zusatz von ungesättigten Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen aufgewertet sind.

Wasser 2,5 Liter entsprechen normalerweise dem Tagesbedarf Erwachsener. Ein herkömmliches Maß ist 1 ml pro Nahrungsmittel-Kalorie. Der größte Teil dieser Menge ist in der Nahrung enthalten. Bei körperlicher Arbeit oder bei heißer Witterung kann der tägliche Bedarf auf 5–13 Liter ansteigen. Wasser sollte *ad libitum* zur Verfügung stehen, denn der Durst ist ein zuverlässiger Gradmesser für den Wasserbedarf, ausgenommen bei Kleinkindern und bei Kranken.

Kochsalz Die Bedürfnisse an Salz und Wasser sind eng miteinander verbunden. Die durchschnittliche tägliche Einnahme an Kochsalz beträgt 7–15 g, eine reichlich bemessene Menge, genügend für eine Wassereinnahme bis zu 4 Litern. Bei starkem Schwitzen sollte für jeden über die Menge von 4 Litern getrunkenen Liter Wasser 1 g Kochsalz zusätzlich eingenommen werden. Bei schwerer Arbeit und in heißen Klimata kann der Salzkonsum auf 10–15 g täglich steigen. Selbst dann benötigen die meisten Personen nicht mehr Salz, als durch die Nahrung zugeführt wird; bei Akklimatisierten enthält der Schweiß nur etwa 0,5 g Kochsalz pro Liter im Gegensatz zu 2–3 g pro Liter bei nichtakklimatisierten Personen; nach Akklimatisation verschwindet deshalb das Bedürfnis, zusätzlich zu den schon in der Nahrung enthaltenen Salzmengen noch mehr einzunehmen.

Phosphor Während der späteren Schwangerschaft und während der Stillperiode sowie bei Kindern sollte die Phosphorzufuhr ungefähr gleich sein wie jene des Calciums. Bei Erwachsenen ist der Phosphorbedarf 1,5mal größer als der Calciumbedarf. Im allgemeinen ist die Annahme berechtigt, daß eine Nahrung mit genügend Proteinen und Calcium genügend Phosphor enthält, da die gebräuchlichen protein- und calciumreichen Nahrungsmittel auch die besten Phosphorlieferanten sind.

Jod Der Bedarf an Jod ist gering und beträgt wahrscheinlich für Erwachsene etwa 0,002–0,004 mg/kg täglich. Diese Menge wird durch regelmäßige Verwendung von jodiertem Salz gedeckt. Im Wachstumsalter und in der Schwangerschaft ist jodiertes Salz besonders wichtig.

Kupfer Der Tagesbedarf für Erwachsene beträgt 1–2 mg. Kleinkinder und Kinder benötigen etwa 0,05 mg pro Kilogramm Körpergewicht. Der Kupferbedarf beträgt ungefähr $^1/_{10}$ des Eisenbedarfes. Eine den andern Erfordernissen genügende Nahrung enthält in der Regel genug Kupfer.

Kalium Der Tagesbedarf für Erwachsene beträgt 2,0 g. Eine ausreichende Zufuhr ist in der Regel gesichert.

Magnesium Der Tagesbedarf beträgt 0,3 g. Magnesium ist zur Aktivierung verschiedener Enzyme erforderlich.

Mangan Der Tagesbedarf dürfte 2–3 mg betragen. Eine ausreichende Zufuhr ist in der Regel gesichert.

Zink Der Tagesbedarf für Erwachsene dürfte 10 mg betragen. Zink ist in Spuren in fast allen Nahrungsmitteln enthalten.

Cobalt Cobalt dürfte wahrscheinlich nur in Form von Vitamin B_{12} benötigt werden. Cobalt findet sich in Spuren in vielen Nahrungsmitteln.

Schwefel Schwefel ist ein wesentlicher Bestandteil verschiedener Proteine. Eine den Anforderungen an essentiellen Aminosäuren genügende Nahrung enthält in der Regel genügend Schwefel.

Fluor Ein Bedarf an Fluor ist für den Menschen noch nicht schlüssig bewiesen. Eine Zufuhr von 1 mg täglich dürfte ausreichen. Ein Zusatz von Fluor zu Trinkwasser hat sich bewährt (Cariesverhütung).

Weitere Vitamine Der Vitaminbedarf des Menschen ist nur zum Teil bekannt. Angaben finden sich bei den einzelnen Vitaminen (S. 416–441).

Abhängigkeit des täglichen Energiebedarfs des Menschen von der Art der beruflichen Arbeit[1]

	Männlich	Weiblich
Leichte Arbeit	2650 kcal	2400 kcal
Mittelschwere Arbeit	3200 kcal	2800 kcal
Schwere Arbeit	3800 kcal	3000 kcal
Schwerste Arbeit	4750 kcal	—

1) Nach KRAUT, H., in VERZÁR, F. (Hrsg.), *Gegenwartsprobleme der Ernährungsforschung*, Basel (1953).

Bedarf des gesunden Erwachsenen an essentiellen Aminosäuren*

sofern durch eine ausreichende Stickstoffzufuhr die Bildung der nichtessentiellen Aminosäuren gesichert ist[1]:

	Mindestbedarf in g/Tag	Empfohlene Zufuhr in g/Tag**
L-Tryptophan	0,25	0,5
L-Phenylalanin***	1,10	2,2
L-Lysin	0,80	1,6
L-Threonin	0,50	1,0
L-Methionin***	1,10	2,2
L-Leucin	1,10	2,2
L-Isoleucin	0,70	1,4
L-Valin	0,80	1,6

* Essentielle Aminosäuren sind unersetzbare Bestandteile der Nahrung, da der Körper diese Aminosäuren nicht oder nicht in ausreichender Menge zu synthetisieren vermag. Neben den angeführten, für den Menschen essentiellen Aminosäuren sind für Ratte und Hund noch Histidin und Arginin essentiell.

** Für werdende und stillende Mütter ist eine noch höhere Zufuhr angebracht.

*** Der Bedarf an Phenylalanin kann zu 70–75% durch Tyrosin, der von Methionin zu 80–89% durch Cystin gedeckt werden.

1) Nach ROSE, W. C., *Fed. Proc.*, **8**, 546 (1949), und *Nutr. Abstr. Rev.*, **27**, 631 (1957).

Die Zusammenstellung der Tabellen S. 472–483 erfolgte im wesentlichen nach der unten aufgeführten Literatur. Wenn auch versucht wurde, repräsentative Werte zusammenzufassen, so kann der tatsächliche Nährwert eines gegebenen Nahrungsmittels von den in den Tabellen angeführten Werten abweichen. Faktoren, die einen oder alle angeführten Nährstoffe beeinflussen können, sind: Art und Sorte (von besonderer Bedeutung bei pflanzlichen Produkten), Qualität (zum Beispiel Mästungszustand bei Tieren), Alter (Reifegrad), Jahreszeit, Klima und Ort (Bodenbeschaffenheit, Düngung). Die Art der Lagerung der Nahrungsmittel ist von Bedeutung für die Konservierung von Wasser und Vitaminen. Ein Wasserverlust resultiert in der Konzentrierung aller Nährstoffe.

Die angeführten Werte beziehen sich auf 100 g des jeweils eßbaren Anteils, das heißt nach Abzug der Abfälle, und auf ungekochte Nahrungsmittel, sofern nicht anders angegeben. Nichtübliche Eßgewohnheiten würden demnach Korrekturen der angeführten Werte erfordern. Das Kochen von Nahrungsmitteln kann zu einem Verlust an Nährstoffen führen. Neben einem Verlust an wasserlöslichen Vitaminen und Mineralstoffen, sofern das Kochwasser weggeworfen wird, können Vitamine durch Hitze (Vitamin B_1, Pantothensäure) bzw. Oxydation (Vitamine A, C, D, E) zersetzt werden und damit ihre physiologischen Eigenschaften verlieren.

Zur Berechnung des Energieinhaltes der Nahrungsmittel, ausgedrückt in Kalorien, aus den Anteilen an Protein, Fett und Kohlenhydraten (nicht einbezogen in die Berechnung des Energiewertes wurde ein eventueller Gehalt an organischen Säuren) dienten spezifische Faktoren für verschiedene Gruppen von Nahrungsmitteln, die deren unterschiedliche Verdaulichkeit und unterschiedlichen Energiewert berücksichtigen (nach *Energy Yelding Components of Food and Computation of Caloric Values*, Food and Agricultural Organization, Nutrition Division, Washington [1947]).

Neben den gebräuchlichen Buchstabenbezeichnungen für Vitamine wurde für Pantothensäure die Abkürzung PS. und für Folsäure die Abkürzung FS. verwendet. Die Vitamine A und D sind in internationalen Einheiten angegeben, alle anderen Vitamine in Milligramm. Die Werte für Vitamin A beinhalten die berechneten Vitamin-A-Äquivalente der verschiedenen Vorstufen (im wesentlichen β-Carotin).

Die Angaben über Mineralstoffe beziehen sich auf den gesamten Gehalt eines Nahrungsmittels an dem betreffenden Element und nicht auf den für den Körper verfügbaren Anteil. Bei einem hohen Gehalt an Oxalsäure steht ein Teil oder das gesamte Calcium dem Körper nicht zur Verfügung.

Zeichen und Symbole: Nullwerte sind durchgehend mit Null (0) gekennzeichnet. Ein Strich (—) an Stelle eines Zahlenwertes bedeutet, daß der Wert nicht bekannt ist, stellt somit keine Wertangabe dar. Pluszeichen, wie (+), (++) usw., sind unverbindliche Wertangaben, ohne Bezug auf eine definierte Größe.

Literatur zu S. 472–483

Asenjo und Muñiz, *Food Res.*, **20**, 47 (1955); Braekkan und Probst, *Fiskeridir. Skr., Ser. teknol. Undersokelser*, **2**, Nr. 13 (1953); Brandt et al., *Statens Husholdningsråds Faglige Medd.*, Nr. 5, 19 (1953); Cailleau, R., *Bull. Acad. nat. Méd. (Paris)*, **133**, 204 (1949); Catel und Schuphan, *Mschr. Kinderheilk.*, **101**, 473 (1953); Clifford, P. A., *J. Amer. diet. Ass.*, **31**, 21 (1955); Clouse, R. C., *J. Amer. diet. Ass.*, **19**, 496 und 746 (1943); Evans et al., *Poultry Sci.*, **32**, 680 (1953); Fisher und Dodds, *Food Res.*, **20**, 247 (1955); Van Koetsveld, E. E., *Nature*, **171**, 483 (1953); Hall et al., *Food Res.*, **18**, 574 (1953), und **21**, 362 (1956); Hayes und Rose, *J. Amer. diet. Ass.*, **33**, 26 (1957); Holman, W. I. M., *Nutr. Abstr. Rev.*, **26**, 277 (1956); Martinek und Wolman, *J. Amer. med. Ass.*, **158**, 1030 (1955); Munsell, H. E., *Milbank mem. Fd Quart.*, **21**, 102 (1943); Neseni und Köprich, *Milchwissenschaft*, **3**, 186 (1948); Okey, R., *J. Amer. diet. Ass.*, **21**, 341 (1945); Piatkowska und Smereczynska, *Roczn. Panstwowego zakl. Hig.*, **4**, 497 (1953); Randoin und Causeret, *Bull. Soc. sci. Hyg. aliment. (Paris)*, **43**, 227 (1955); Reith et al., *J. Sci. Food Agric.*, **6**, 317 (1955); Schweigert und Guthneck, *J. Nutr.*, **51**, 283 (1953); Sherman und Gettler, *J. biol. Chem.*, **11**, 323 (1912); Thomas und Lewis, *J. Amer. diet. Ass.*, **30**, 327 (1954); Booher et al., *A Compilation of the Vitamin Values of Foods in Relation to Processing and other Variants*, United States Department of Agriculture, Circ. 638, 153 (1942); Bowes und Church, *Food Values of Portions Commonly Used*, Philadelphia (1944); Bridges und Mattice, *Food and Beverage Analysis*, London (1942); Chatfield, C., *Food Composition Tables for International Use*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (1949); Chatfield, C., *Food Composition Tables – Minerals and Vitamins – for International Use*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (1954); Chatfield und Adams, *Proximate Composition of American Food Materials*, United States Department of Agriculture, Circ. 549 (1940); Cheldelin und Williams, *Univ. Texas Publ.*, Nr. 4237 (1942); Demole et al., *Ernährungslehre und Diätetik*, Bern (1948); Elvehjem und Pavcek, *Table of Proximate Mineral and Vitamin Composition of Foods*, Committee on Food and Nutrition Board, National Research Council (1948); Heupke und Rost, *Was enthalten unsere Nahrungsmittel?*, 2. Aufl., Frankfurt a. M. (1958); Hodgman et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics, 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958); Lange, N. A. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry*, 9. Aufl., Sandusky (1956); McLester und Darby, *Nutrition and Diet in Health and Disease*, 6. Aufl., Philadelphia (1952); *Mayo Clinic Diet Manual*, Committee on Dietetics of the Mayo Clinic, 2. Aufl., Philadelphia (1954); Osmond und Wilson, *Tables of Composition of Australian Foods*, Nutrition Committee of the National Health and Medical Research Council, Canberra (1954); Proudfit und Robinson, *Nutrition and Diet Therapy*, New York (1946); Schall, H., *Nahrungsmitteltabelle*, 16. Aufl., Leipzig (1954); Sherman, H. C., *Chemistry of Food and Nutrition*, New York (1954); Sherman, H. C., *Food Products*, 4. Aufl., New York (1948); Stern, F., *Applied Dietetics*, Baltimore (1943); Turner, D., *Handbook of Diet Therapy*, Chicago (1946); Waller, D. S., *Nutritive Values of Foods*, Ann Arbor (1933); Watt und Merill, *Composition of Foods*, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook Nr. 8, Washington (1950).

Aminosäuregehalt verschiedener Nahrungsmittel

Nach Harvey, D., *Tables of the Amino Acids in Foods and Feedingstuffs*, Commonwealth Agricultural Bureaux, Technical Communication Nr. 19, Farnham Royal (1958).

Gramm Aminosäure je 100 g Protein

	Alanin	Arginin	Asparagin-säure	Cystin	Glutamin-säure	Glycin	Histidin	Leucin	Isoleucin	Lysin	Methionin	Phenyl-alanin	Prolin	Serin	Threonin	Tryptophan	Tyrosin	Valin
Muttermilch	3,5	2,9	8,6	1,5	18,3	2,2	1,9	9,2	5,0	5,9	—	3,8	8,0	4,5	4,4	1,8	4,2	5,0
Kuhmilch	3,6	3,7	8,1	0,8	22,3	1,9	2,8	10,1	5,5	8,4	2,1	5,3	9,8	5,7	4,8	1,1	5,6	6,7
Hühnerei	—	6,4	—	2,2	—	—	2,0	—	—	5,2	5,2	5,8	—	—	3,9	1,4	4,8	—
Eiweiß, gekocht ..	—	5,7	—	1,9	—	—	1,4	—	—	4,9	6,6	6,2	—	—	4,0	1,4	4,5	—
Eidotter, gekocht .	—	6,8	—	2,2	—	—	1,5	—	—	5,7	3,0	4,4	—	—	3,5	1,4	4,7	—
Rindfleisch	7,3	5,4	9,8	1,3	15,9	4,5	3,8	8,2	5,2	9,3	2,9	4,5	3,6	4,5	4,7	—	4,1	5,0
Schweinefleisch ..	—	5,7	8,9	1,5	14,5	6,1	3,6	7,8	4,8	8,1	2,5	3,7	4,2	4,1	5,2	1,4	3,5	5,0
Herz, Schwein ...	—	5,9	—	—	—	—	2,5	9,2	5,7	8,5	2,3	4,7	—	—	4,6	1,2	—	5,6
Niere, Schwein ..	—	5,9	—	—	—	—	2,6	9,0	5,7	7,8	2,2	4,9	—	—	4,5	1,4	—	6,2
Leber, Schwein ..	—	5,8	—	—	—	—	2,8	9,7	6,0	8,7	2,3	5,3	—	—	4,7	1,4	—	6,5
Hering	—	5,9	—	—	—	—	2,0	8,0	6,4	8,2	2,2	4,5	—	—	4,5	0,7	2,2	5,1
Roggen	—	5,3	—	—	—	—	2,2	6,0	3,9	4,0	1,6	4,2	—	—	3,3	1,2	—	5,0
Weizen	—	4,5	—	—	—	—	2,2	6,5	4,1	2,5	1,6	5,0	—	—	2,7	1,3	—	4,6
Karotten	—	3,4	—	—	—	—	1,4	5,8	4,2	5,8	1,3	3,4	—	—	3,7	1,1	—	5,3
Kartoffeln	—	5,3	—	—	—	—	1,4	4,6	3,7	5,1	1,5	3,1	—	—	2,5	1,8	—	4,8
Spinat	—	2,7	—	—	—	—	1,1	4,3	2,4	3,1	0,9	2,6	—	—	2,4	2,1	—	3,0
Bohnen, grün	—	4,1	—	—	—	—	2,1	6,2	4,4	5,8	1,2	3,5	—	—	3,8	1,1	—	4,9
Erbsen, getrocknet	—	7,3	—	—	—	—	1,2	7,2	4,7	3,2	0,8	3,0	—	—	3,3	0,7	—	3,3
Sojabohnen	—	3,4	—	—	—	—	1,1	3,8	2,4	1,8	0,5	2,5	—	—	1,9	0,5	—	2,6
Bierhefe	9,2	5,0	10,6	2,1	20,2	6,0	4,1	7,5	4,5	6,7	1,4	1,9	3,9	3,6	8,2	—	4,1	9,4

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Früchte und Fruchtsäfte																													
Ananas																													
frisch	86,7	0,4	0,2	—	12,2	0,5	47	130	0,08	0,02	0,2	24	PS. 0,1	—	—	—	0	0	B. 6,8	0,3	210	16	11	1,07	0,3	0,07	11	2,5	46
in Büchsen, gesüßt	78,0	0,4	0,1	—	21,1	0,3	78	80	0,07	0,02	0,2	8,8	—	120	840	6,3	0	0	B. 2,9	1	120	29	—	—	0,6	—	7	—	—
Ananassaft in Büchsen	86,2	0,3	0,1	—	13,0	0,1	49	80	0,05	0,02	0,2	9	—	—	—	—	0	0	B. 7	0,5	140	15	—	—	0,5	—	8	—	—
Äpfel (süß)																													
frisch	84,0	0,3	0,4	0,007	15,0	0,9	58	90	0,04	0,02	0,2	3-30	E 0,72; B_6 0,1; PS. 0,2	270	70	Spur	0	0	B. 3,4	1	116	6	6	0,084	0,3	0,071	10	5	4
per Kilogramm im Handel	*736*	*2,6*	*3,5*	*0,062*	*132*	*7,9*	*508*	*791*	*0,35*	*0,18*	*1,8*	*44*	*E 6,4; B_6 0,9; PS. 1,8*	*2380*	*617*	*Spur*	*0*	*0*	*B.30*	*18*	*1030*	*53*	*53*	*0,75*	*2,6*	*0,62*	*88*	*44*	*35*
1 Apfel, 6 cm Durchmesser	*111*	*0,4*	*0,5*	*0,009*	*20*	*1,2*	*77*	*119*	*0,05*	*0,03*	*0,3*	*7*	*E 1,0; B_6 0,1; PS. 0,3*	*356*	*90*	*Spur*	*0*	*0*	*B. 4,5*	*2,6*	*153*	*8*	*8*	*0,11*	*0,4*	*0,093*	*13*	*7*	*5*
getrocknet	20,0	3,0	0,7	—	73,6	4,0	281	0	0,05	0,08	0,5	6-60[1]	—	—	0	0	0	0	B. +	—	—	24	—	1,4	—	42	—	—
Apfelmus, gesüßt	79,8	0,2	0,1	—	19,7	0,6	72	60	0,01	0,01	Spur	1,6	—	—	—	0	0	0	B. 4,5	0,3	55	4	—	—	0,2	<0,05	6	—	—
Apfelsaft, frisch	87	0,1	0	—	13	—	50	57	0,02	0,03	Spur	3-30	B_6 0,16	—	—	0	0	0	B. +	1	100	6	—	—	0,5	—	10	—	—
Aprikosen																													
frisch	85,3	0,9	0,2	0,003	12,9	0,6	51	2790	0,03	0,04	0,7	8	—	—	—	14	0	0	B. 6,8	0,6	440	16	9	—	0,5	0,11	23	6	2
per Kilogramm im Handel	*800*	*8,4*	*2,0*	*0,029*	*120*	*5,7*	*478*	*26200*	*0,29*	*0,37*	*6,6*	*37*	—	—	—	*130*	*0*	*0*	*B.64*	*5,7*	*4130*	*150*	*84*	—	*4,6*	*1,04*	*216*	*57*	*20*
1 Aprikose, mittelgroß	*30*	*0,3*	*0,07*	*0,001*	*4,3*	*0,2*	*18*	*980*	*0,01*	*0,01*	*0,2*	*1,4*	—	—	—	*4,9*	*0*	*0*	*B. 2,4*	*0,2*	*154*	*5*	*3*	—	*0,2*	*0,04*	*8*	*2*	*1*
in Büchsen, gesüßt	77,3	0,6	0,1	—	21,4	0,4	89	1350	0,02	0,02	0,3	4,4	—	330	1060	Spur	0	0	B. +	2	65	10	—	—	0,3	—	15	—	—
getrocknet	24,0	5,2	0,4	—	66,9	2,6	262	7430	0,01	0,16	3,3	12	—	810	350	Spur	0	0	B. 31	11	1700	86	65	—	4,9	0,4	119	—	47
getrocknet, gekocht	67	1,3	0,1	—	31	0,7	120	2000	0,01	0,1	0,9	2	—	—	—	—	0	0	B. +	—	—	24	—	—	1,4	—	34	—	—
Avocado	65	1,7	26,4	—	5,1	1,8	245	290	0,06	0,13	1,1	16	PS. 1,0	—	—	—	—	—	B. 5,7	3	340	10	30	4,2	0,6	0,4	38	25	10
Bananen, frisch	73,5	1,3	0,4	0,008	24,0	0,5	94	430	0,09	0,06	0,6	10	E 0,37; B_6 0,5; PS. 0,2	500	150	6,4	0	0	B. 5,6	1	420	8	31	0,64	0,6	0,20	28	12	125
per Kilogramm im Handel	*490*	*8,6*	*2,6*	*0,053*	*161*	*3,3*	*627*	*2880*	*0,59*	*0,4*	*4,0*	*66*	*E 2,4; PS. 1,4; B_6 3,5*	*3340*	*1000*	*42*	*0*	*0*	*B.37*	*3,3*	*2810*	*53*	*207*	*4,3*	*4,0*	*1,35*	*187*	*79*	*840*
(1 Banane, mittelgroß = ca. 100 g)																													
Birnen																													
frisch	83,2	0,5	0,4	0,014	15,5	1,5	61	20	0,02	0,04	0,1	4	B_6 0,15; PS. 0,3	120	70	3	0	0	B. 3,6	3	129	13	9	0,064	0,3	0,134	16	7	4
per Kilogramm im Handel	*690*	*4,2*	*3,3*	*0,116*	*128*	*12,3*	*507*	*165*	*0,18*	*0,33*	*0,9*	*33*	*B_6 1,2; PS. 2,6*	*1000*	*580*	*24*	*0*	*0*	*B.30*	*25*	*1070*	*108*	*75*	*0,53*	*2,4*	*1,10*	*132*	*57*	*33*
1 Birne, 6 cm Durchmesser	*125*	*0,8*	*0,6*	*0,021*	*23,4*	*2,3*	*92*	*30*	*0,03*	*0,06*	*0,2*	*6*	*B_6 0,23; PS. 0,5*	*180*	*110*	*5*	*0*	*0*	*B. 5,4*	*4,5*	*195*	*20*	*14*	*0,10*	*0,5*	*0,22*	*24*	*11*	*6*
in Büchsen, gesüßt	81,1	0,2	0,1	—	18,4	0,8	68	Spur	0,01	0,02	0,1	1,7	—	—	—	—	0	0	B. 1,5	2	52	8	—	—	0,2	—	10	—	—
getrocknet	24	2,3	0,4	0,06	72	6,1	301	45	0,07	0,15	—	0	—	—	—	—	0	0	B. +	—	—	30	—	—	5,4	—	165	—	91
Brombeeren																													
frisch	84	1,2	1,1	—	11,9	4,1	56	200	0,03	0,04	0,31	21	—	160	Spur	18	0	0	B. 5,5	4	181	32	24	0,59	1,0	0,11	34	17	15
in Büchsen, gesüßt	79	0,7	0,2	—	19	2,5	85	180	0,01	0,03	0,18	6	—	—	—	—	0	0	B. +	19	—	15	—	—	0,7	—	19	—	—
Citronen, frisch	89,3	0,9	0,6	—	8,7	0,9	32	0	0,04	Spur	0,1	45	PS. 0,1; P	290	6080	0	0	0	B. 5,5	6	148	40	9	0,04	0,6	0,26	22	8	4
1 Citrone, 5 cm Durchmesser	*55*	*0,6*	*0,4*	—	*5,4*	*0,6*	*21*	*0*	*0,02*	*Spur*	*0,06*	*28*	*P*	*190*	*3770*	*0*	*0*	*0*	*B. 3,4*	*4*	*92*	*26*	*6*	—	*0,4*	*0,17*	*14*	*5*	*2*
Citronensaft, frisch	*91,4*	*0,4*	*0,2*	—	*7,7*	—	*24*	*0*	*0,04*	*Spur*	*0,1*	*50*	*PS. 0,1; P*	*300*	*6000*	—	—	—	*B. 4,1*	*1*	*130*	*14*	*9*	—	*0,1*	—	*11*	*9*	*4*
Datteln, getrocknet	20	2,2	0,6	—	75	2,4	284	60	0,08	0,05	2,18	0	—	—	—	—	0	0	B.11	0,9	790	65	65	0,15	2,1	0,21	72	65	283
Erdbeeren																													
frisch	90	0,8	0,6	0,009	8,1	1,2	37	60	0,03	0,07	0,3	60	K 0,1	160	1080	6	0	0	B. 6,6	2	145	28	12	0,06	0,8	0,13	27	12	11
in Büchsen, gesüßt	71	0,5	0,2	—	28	0,7	116	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	B. 3	1	80	25	12	0,1	1,0	0,06	—	—	10

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base. 1) Ungeschwefelt.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	Mn mg	Fe mg	Cu mg	P mg	S mg	Cl mg
Feigen																													
frisch	71,7	1,2	0,4	0,01	16,1	1,4	65	75	0,09	0,08	0,63	2	—	Spur	340	—	0	0	B.++	2	190	50	21	—	0,8	0,07	40	12	16
getrocknet	21,1	3,1	0,2	—	73,0	3,4	270	60	0,13	0,11	1,72	0	—	—	—	—	0	0	B.100	34	780	162	82	—	4,0	0,4	116	69	105
Grapefruit																													
frisch	89,0	0,6	0,2	—	9,8	0,5	39	Spur	0,04	0,02	0,2	40	E 0,25; P; PS. 0,2	—	1460	0	0	0	B. 4,2	2	198	17	10	0,01	0,3	0,02	18	5,1	3
per Kilogramm im Handel	*588*	*4,0*	*1,3*	—	*64*	*3,3*	*258*	*Spur*	*0,26*	*0,13*	*1,3*	*264*	*E 1,65; P; PS. 1,3*	—	*9650*	*0*	*0*	*0*	*B. 28*	*3,3*	*1310*	*112*	*66*	*0,07*	*2,0*	*0,13*	*119*	*34*	*20*
1/2 Grapefruit, 10 cm Durchm.	*167*	*1,1*	*0,4*	—	*18,4*	*0,9*	*73*	*Spur*	*0,08*	*0,04*	*0,4*	*75*	*E 0,5; P; PS. 0,4*	—	*2750*	*0*	*0*	*0*	*B. 7,9*	*0,9*	*732*	*32*	*19*	*0,02*	*0,6*	*0,04*	*34*	*10*	*6*
in Büchsen, gesüßt	79,8	0,6	0,2	—	19,1	0,3	72	Spur	0,03	0,02	0,2	30	—	—	—	0	0	0	B. +	2	150	13	8	—	0,3	—	14	15	2
Grapefruitsaft, frisch	89,4	0,4	0,1	—	10	0,1	36	Spur	0,04	0,02	0,2	45	P	—	—	0	0	0	B. +	2	139	8	8	—	0,4	—	7	5	2
Heidelbeeren																													
frisch	83,4	0,6	0,6	—	15,1	1,2	61	280	0,03	0,07	0,3	16	—	100	1560	15	0	0	B. 2,7	1	65	16	10	2,3	0,8	0,11	13	11	8
in Büchsen, gesüßt	73	0,4	0,4	—	26	1,0	109	100	0,02	0,07	0,18	5	—	—	—	—	0	0	B. +	1	—	10	—	—	0,5	—	10	—	—
Himbeeren																													
frisch	83	1,1	0,6	—	14,4	2,8	66	150	0,03	0,07	0,3	25	—	40	1300	—	0	0	B. 6,7	3	190	49	23	0,51	1,0	0,13	37	18	22
in Büchsen, gesüßt	71	0,6	0,5	—	28	1,9	119	100	0,02	—	—	—	—	—	—	—	0	0	B. +	2	—	20	—	—	0,5	—	20	—	—
Himbeersaft, frisch	88	0,2	0	—	11	—	45	100	0,03	—	—	25	—	—	—	—	0	0	B. 4,9	5	134	20	18	0,36–7,0	—	—	10	9	10
Johannisbeeren, frisch	83,7	1,4	0,4	—	13,9	3,2	58	120	0,05	0,14	0,3	35[1]	B_6 0,03	50	2300	19	0	0	B. 1,2	2	261	36	15	—	0,7	0,11	38	29	13
Kirschen																													
frisch	83,4	1,1	0,4	—	14,6	0,5	60	1000	0,05	0,06	0,14	8	—	1250	10	0	0	0	B. 6,1	2	260	19	14	—	0,5	0,07	20	8	3
per Kilogramm im Handel	*782*	*10,4*	*3,7*	—	*137*	*4,6*	*560*	*9400*	*0,46*	*0,57*	*1,3*	*75*	—	*11730*	*95*	*0*	*0*	*0*	*B. 57*	*9*	*2440*	*178*	*132*	—	*4,6*	*0,66*	*190*	*75*	*29*
in Büchsen, gesüßt	78,1	0,6	0,1	—	20,8	—	235	870	0,03	0,02	0,18	4,1	—	—	—	0	0	0	B. +	2	77	11	—	—	0,3	<0,05	14	—	—
kandiert	12	0,5	0,2	—	87	0,5	352	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mandarinen	87	0,8	0,3	—	10,9	1,0	44	420	0,07	0,03	0,2	31	—	—	—	—	—	—	B. 5,5	2,2	110	33	11	0,04	0,4	0,1	23	10	2
Oliven, grün	75	1,5	13,5	—	4,0	1,2	132	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B.34	2400	55	87	—	1,2	—	1,6	17	32	1877
Orangen, frisch	87,1	0,9	0,2	0,014	11,3	0,8	45	190	0,08	0,03	0,2	49	E 0,23; PS. 0,2; B_6 0,12; P	Spur	980	24	0	0	B. 5,6	0,3	170	33	10	0,025	0,4	0,076	23	8	4
per Kilogramm im Handel	*625*	*6,4*	*1,5*	*0,099*	*81*	*5,7*	*324*	*1370*	*0,57*	*0,22*	*1,5*	*350*	*E 1,65; B_6 0,85; P*	*Spur*	*7050*	*172*	*0*	*0*	*B. 40*	*2,2*	*1220*	*238*	*73*	*0,18*	*2,9*	*0,55*	*165*	*57*	*29*
1 Orange, 8 cm Durchmesser	*135*	*1,4*	*0,3*	*0,021*	*17,5*	*1,2*	*70*	*290*	*0,12*	*0,05*	*0,3*	*76*	*E 0,4; B_6 0,18; P*	*Spur*	*1520*	*37*	*0*	*0*	*B. 8,7*	*0,5*	*260*	*51*	*15*	*0,04*	*0,6*	*0,12*	*35*	*12*	*6*
Orangensaft, frisch	86	0,6	0,1	—	12,9	0,1	49	100	0,07	0,02	0,2	42[2]	B_6; P	—	—	—	0	0	B. 5,6	0,5	190	19	10	0,025	0,4	0,076	23	8	4
Pfirsiche																													
frisch	86,6	0,8	0,2	0,006	11,8	0,6	47	880	0,02	0,05	0,9	8,7	—	370	370	Spur	0	0	B. 5,0	0,5	160	8	11	0,11	0,6	0,01	22	7	5
per Kilogramm im Handel	*795*	*7,0*	*1,8*	*0,053*	*104*	*5,3*	*414*	*7750*	*0,18*	*0,4*	*7,9*	*70*	—	*3260*	*3260*	*Spur*	*0*	*0*	*B. 44*	*4,4*	*1410*	*70*	*97*	*0,97*	*5,3*	*0,09*	*194*	*62*	*44*
(1 Pfirsich, 6 cm Durchmesser = etwa 100 g)																													
in Büchsen, gesüßt	80,9	0,4	0,1	—	18,2	0,2	68	450	0,01	0,02	0,7	3,4	—	690	50	Spur	0	0	B. 4,5	5	31	5	—	—	0,4	—	14	—	—
getrocknet	24	3,0	0,6	—	69,4	3,5	265	3250	0,01	0,20	5,4	19	—	—	—	—	0	0	B. +	12	1100	44	—	—	6,9	0,3	126	—	—
Pflaumen/Zwetschgen																													
frisch	85,7	0,7	0,2	—	12,9	0,5	50	350	0,15	0,03	0,6	5	PS. 0,03	920	30	10	0	0	S. +	0,6	170	17	11	0,096	0,5	0,080	20	5	2
per Kilogramm im Handel	*813*	*6,6*	*2,0*	—	*123*	*4,8*	*530*	*3330*	*1,4*	*0,29*	*5,7*	*48*	*PS. 0,29*	*8725*	*284*	*95*	*0*	*0*	*S. +*	*5,7*	*1610*	*161*	*104*	*0,90*	*4,8*	*0,75*	*190*	*48*	*20*
1 Pflaume/Zwetschge, 5 cm Durchmesser	*49*	*0,4*	*0,1*	—	*7,4*	*0,3*	*32*	*200*	*0,09*	*0,02*	*0,3*	*3*	*PS. 0,02*	*530*	*17*	*6*	*0*	*0*	*S. +*	*0,3*	*97*	*10*	*6*	*0,06*	*0,3*	*0,046*	*11*	*3*	*1*

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base. *1)* Rote; schwarze 300. *2)* In Büchsen 12.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Pflaumen/Zwetschgen (Schluß)																													
in Büchsen, gesüßt	78,6	0,4	0,1	—	20,4	0,3	76	230	0,03	0,03	0,4	1,8	—	—	—	—	0	0	S. +	18	110	8	—	—	1,1	—	12	—	—
getrocknet	24,0	2,3	0,6	—	71,0	1,6	268	1890	0,10	0,16	1,7	3	—	—	—	—	0	0	S. +	5	848	54	40	—	3,9	—	85	28	9
Preiselbeeren	80	0,7	0,1	0	12	—	45	500	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	S. 6	4	90	27	10	0,5	—	—	13	16	0,6
Quitten	84	0,3	0	0	14,1	—	52	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	—	0,3	—	—	—	—
Rosinen	24	2,3	0,5	—	71,2	1,8	268	50	0,15	0,08	0,5	Spur	—	—	—	0	0	0	B. 23,7	31	708	78	6	—	3,3	0,2	129	42	103
Stachelbeeren	89,9	0,8	0,5	—	8,3	1,2	35	290	0,15	—	—	25	—	1400	+	13	0	0	B. 7,3	1	149	35	9	0,04	0,5	0,08	31	15	9
Trauben	81,6	0,8	0,4	0,006	16,7	4,3	68	80	0,05	0,03	0,4	4	B_6 0,1; PS. 0,08	650	—	0	0	0	B. 3,1	2	254	17	7	0,083	0,6	0,098	21	9	2
Traubensaft	81	0,4	0	—	18	0	67	—	0,03	0,08	0,2	2	B_6 0,08; PS. 0,08	310	20	0	0	0	B. 3,9	1	120	10	—	—	0,3	0,02	10	—	—
Wassermelonen	92,1	0,5	0,2	0,017	6,9	0,6	28	590	0,05	0,05	0,2	6	—	—	—	0	0	0	B. 2,7	0,3	121	7	10	0,02	0,2	0,07	12	9	8
per Kilogramm im Handel	*423*	*2,2*	*0,9*	*0,081*	*31*	*2,9*	*143*	*2710*	*0,2*	*0,2*	*0,9*	*29*	—	—	—	*0*	*0*	*0*	*B. 12,3*	*1,3*	*555*	*33*	*46*	*0,09*	*0,33*	—	*55*	*42*	*37*
Gemüse																													
Artischocken, frisch	83,7	3,0	0,2	—	11,8	1,9	51	200	0,08	0,03	—	9	—	170	100	—	+	—	B. +	43	430	40	27	—	1,0	—	90	20	57
Blumenkohl	91,7	2,4	0,2	0,02	4,9	0,9	25	90	0,10	0,11	0,6	69	PS. 1,1; B_6 0,2; E 2,0; K 0,08–3; FS. 0,2	390	210	0	24	8	B. 5,3	16	400	22	6,6	0,17	1,1	0,14	72	29	30
Bohnen																													
grüne, frisch	89,1	2,4	0,2	—	7,6	1,5	35	700	0,06	0,12	0,6	12	E 3,6; PS. 0,2; B_6 0,18; FS. 0,7	130	30	31	6	2	B. 5,4	1,2	300	73	26	0,326	1,2	1,2	44	30	33
grüne, in Büchsen	94	1,0	0	—	3,8	0,6	19	410	0,03	0,05	0,3	2,6	—	—	—	—	+	+	B. +	410	120	27	—	—	1,4	—	19	—	—
weiße, getrocknet	10,5	22,0	1,5	—	62,1	4,4	350	0	0,60	0,24	2,1	2	PS. 0,5; E	—	—	—	++	++	B. 12,4	1	1201	148	159	0,957	10,3	1,503	463	237	35
weiße, in Büchsen	74	6,0	0,4	—	19	1,0	102	0	0,13	0,12	0,88	0	—	—	—	—	+	+	B. 3,0	310	210	60	—	—	2,1	—	190	—	—
Broccoli	90	3,3	0,2	—	5,5	1,3	29	3500	0,1	0,21	1,1	118	—	—	—	—	—	—	B. 5,2	15	400	130	24	—	1,3	—	76	137	—
Brunnenkresse	95	1,7	0,5	—	3,7	0,5	22	4000	0,10	0,27	0,8	75	PS. 0,2	—	—	—	+	+	B. 7,7	60	301	187	17	0,54	2,0	0,04	46	147	109
Endivien und Zichorien	93,1	1,7	0,2	—	4,1	0,9	20	3600	0,10	0,20	0,72	14	K	—	—	27,3	+	+	B. 4,8	18	400	104	13	—	—	—	38	32	71
Erbsen																													
frisch	75,0	6,7	0,4	—	17,0	2,2	90	690	0,30	0,18	1,9	26	E 2,1; B_6 0,18; K 0,3; FS. 0,3	80	110	0	54	18	B. 1,3	0,9	380	22	27	0,41	2,0	0,23	118	56	33
in Büchsen	82,3	3,4	0,4	—	12,9	1,3	69	540	0,11	0,06	0,9	9,4	—	—	—	0	+	+	B. +	270	96	25	—	—	1,8	—	67	—	—
getrocknet	10,0	24,5	1,0	—	61,7	4,4	354	370	0,87	0,29	3,0	2	E+	—	—	0	++	++	B. +	42	880	73	140	1,99	6,0	0,802	397	196	44
Gurken	95,6	0,8	0,1	—	3,0	0,6	13	200	0,04	0,05	0,18	10	B_6; E	—	—	0	8	0	B. 7,9	5	140	10	9	0,15	0,3	0,06	21	12	30
1 Gurke, 5 × 20 cm	*277*	*2,3*	*0,3*	—	*8,7*	*1,7*	*28*	*580*	*0,12*	*0,14*	*0,5*	*29*	*B_6; E*	—	—	*0*	*23*	*0*	*B. 22,9*	*2,3*	*410*	*29*	*26*	*0,43*	*0,9*	*0,17*	*61*	*35*	*87*
Karotten																													
frisch[1]	88,6	1,1	0,2	0,001	9,1	1,0	40	2000–12000	0,13	0,06	0,64	4,3	E 0,45; PS. 0,8; B_6 0,19; K 0,1	240	90	33	0	2	B. 10,8	48	311	41	17	0,247	0,9	0,111	34	21	42
1 Karotte, 15 cm	*44*	*0,5*	*0,1*	*0,0005*	*4,5*	*0,5*	*20*	*6000*	*0,06*	*0,03*	*0,3*	*2*	*E 0,2; B_6 0,10*	*120*	*45*	*16*	*0*	*1*	*B. 5,4*	*24*	*155*	*20*	*8*	*0,12*	*0,4*	*0,06*	*17*	*10*	*21*
in Büchsen	92,2	0,5	0,4	—	6,1	0,6	30	17570	0,03	0,02	0,3	0,8	—	—	—	—	0	(+)	B. +	280	110	22	—	—	0,6	—	24	—	30
getrocknet	5,6	4,0	1,4	—	83,1	—	361	60000	0,29	0,28	3,2	11	—	—	—	—	0	(+)	B. +	—	—	242	—	—	5,9	—	102	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base. *1)* Vitamin-A-Gehalt in kräftig gefärbten Sorten 12000, in licht gefärbten 2000.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					(S.) Säureüberschuß (B.) Basenüberschuß	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Kartoffeln																													
frisch	77,8	2,0	0,1	0,003	19,1	0,4	85	40	0,10	0,04	1,0	23	E 0,06; B_6 0,2; FS. 0,1; PS. 0,3; K 0,08	0	510	5,7	6	1	B. 7,0	0,8	410	14	27	0,173	0,8	0,164	52	29	35
per Kilogramm im Handel	*600*	*15,4*	*0,9*	*0,02*	*148*	*3,1*	*650*	*310*	*0,77*	*0,3*	*7,7*	*176*	*E 0,4*	*0*	*3920*	*44*	*46*	*7,7*	*B. 54*	*6,2*	*3150*	*108*	*207*	*1,3*	*6,2*	*1,3*	*400*	*220*	*270*
getrocknet	7,2	7,1	0,7	—	82,0	—	363	400	0,25	0,10	4,8	26	—	0	—	—	0	(+)	B. +	—	—	25	—	—	3,7	—	103	—	—
Kohl																													
frisch	91,8	1,6	0,1	—	5,7	1,0	25	100	0,06	0,05	0,26	40–70[1]	E 0,1; B_6 0,29; PS. 0,16; K++	100	140	7,3	6	2	B. 4,5	15	294	43	12	0,114	0,6	0,099	23	67	39
getrocknet	8,8	13,7	1,8	—	68,8	—	346	520	0,41	0,37	2,4	189	K+++	—	—	—	+	+	B +	—	—	374	—	—	4,7	—	274	—	—
Kohlrabi																													
Blätter	89,3	3,1	0,4	—	5,4	1,2	30	9540	0,10	0,56	0,8	136	E 2,2	—	—	+	+	+	B. +	10	440	259	19	—	1,5	—	50	54	92
Knollen	90,5	2,1	0,2	—	6,2	1,1	29	Spur	0,06	0,06	0,5	28	PS. 0,1	230	0	1,8	33	11	B. 8,5	37	230	40	16	0,083	0,5	0,085	34	58	52
Kopfsalat	94,8	1,3	0,2	—	2,8	0,6	15	540	0,06	0,07	0,2	8	E 0,45; PS. 0,1	170	20	7,1	9	3	B. 7,4	12	140	22	11	0,777	0,5	0,069	25	18	73
Kürbis und Melone	95,0	0,8	0,1	—	3,5	0,6	15	3400	0,05	0,08	0,6	8	—	—	—	—	0	0	B. 1,5	1	457	21	12	0,04	0,8	0,1	44	13	49
Lauch, Blätter	90	1,8	0,4	0	4	1,3	24	6500	0,12	—	—	25	—	—	—	—	—	—	B.11	40	260	120	20	—	2	—	34	23	50
Lauchporree, Knollen	87	2,4	0,3	0	6	1,5	33	—	90	—	—	20	—	—	—	—	—	—	B. 7	80	200	60	15	—	41	—	54	28	25
Linsen, getrocknet	10	25,7	1,0	0,04	59,2	3,7	339	570	0,5	0,32	3,10	5	PS. 0,9; E++	—	—	—	162	54	S. 6,0	3	1200	59	86	—	8,6	0,7	438	277	60
Löwenzahnblätter	85,8	2,7	0,7	—	8,8	1,8	44	13650	0,19	0,14	0,8	36	K	—	—	24,6	+	+	B.19,5	76	430	187	36	0,3	3,1	0,15	70	17	99
Mais, süß	74	3,2	1,2	0,1	20,5	0,8	92	400	0,15	0,12	1,7	12	—	—	—	—	—	—	S. 3,6	0,4	300	9	38	0,15	0,5	0,06	120	32	14
Petersilie	84	3,7	1,0	—	9	1,8	50	8230	0,11	0,28	1,4	189	E; K	—	—	165	+	+	B. +	28	880	190	52	0,94	3,2	0,21	80	190	156
Pfefferschote (grüne)	92,8	1,2	0,2	—	5,3	1,4	24	630	0,07	0,04	0,4	120	PS. 0,2; E 2,5	—	—	16	+	+	B. 1,7	0,5	186	11	12	0,126	0,4	0,107	25	19	13–19
Pflücksalat	94,8	1,2	0,2	—	2,9	0,7	18	1620	0,06	0,07	0,2	18	E	—	—	+	+	+	B. +	—	—	62	—	—	1,1	—	20	—	—
Radieschen, Rettich	93,7	1,1	0,1	—	4,2	0,7	20	30	0,04	0,04	0,1	24	—	—	—	0	15	5	B. 2,9	8	229	37	15	0,05	1,0	0,13	31	37	37
Rhabarber	94,9	0,5	0,1	—	3,8	0,7	16	30	0,01	—	0,1	9	—	1770	410	100–900	12	—	B. 8,6	15	358	51	16	—	0,5	0,05	25	8	53
Rosenkohl	84,8	4,7	0,5	—	8,7	1,2	47	400	0,09	0,16	0,5	68	K; B_6 0,1	200	240	5,9	0	0	B. 7,0	12	400	26	—	—	1,0	—	50	184	—
Rüben, rote																													
Rübe	87,6	1,6	0,1	—	9,6	0,9	42	6	0,03	0,04	0,3	5,5	E	—	—	338	—	—	B.10,8	11	350	30	23	0,577	1,0	0,187	78	78	61
Blätter	90,4	2,0	0,3	—	5,6	1,4	33	6700	0,05	0,17	0,3	34	E	—	—	916	—	—	B.27,0	130	570	118	—	—	3,2	—	45	—	—
Runkelrüben																													
Rübe	91	1,1	0,2	—	7,1	1,1	32	Spur	0,05	0,07	0,5	28	B_6 0,1; PS. 0,3	—	—	—	—	—	B. 2,7	37	230	40	7	0,04	0,5	0,07	34	22	41
Blätter	90	2,9	0,4	—	5,4	1,2	30	9540	0,09	0,46	0,8	136	—	—	—	—	—	—	B.10,2	10	440	260	19	1,42	2,4	0,09	50	54	168
Sauerkraut	93,2	1,1	0,2	—	3,4	1,4	20	Spur	0,03	0,20	0,2	18	—	—	—	—	+	+	B. 5,5	730	490	46	—	—	0,5	—	31	—	—
Sellerie																													
Blätter	93,3	1,1	0,2	—	4,3	0,9	20	0	0,03	0,04	0,3	7	E 0,46	170	10	50	15	5	B. 7,8	96	291	50	27	—	0,5	—	40	22	137
Knollen	88	1,7	0,3	—	9	1,4	46	—	—	—	—	4,9	—	—	—	620	+	+	B. +	100	300	50	—	—	0,8	—	70	—	—
Sojabohnen, getrocknet	7,5	34,9	18,1	—	35	4,4	331	110	1,14	0,31	2,1	Spur	E 10; PS. 1,4; B_6 0,5	—	—	—	+	+	B. +	4	1900	227	310	—	8,0	0,12	586	240	30
Sojamehl, siehe Mehle																													
Spargel																													
frisch	92,9	2,1	0,2	0,01	4,1	0,8	21	800	0,12	0,17	1,2	36	—	100	110	5,2	24	8	B. 0,8	2	240	23	12	0,190	0,9	0,141	60	46	36
in Büchsen	93,6	1,6	0,3	—	3,0	0,5	17	600	0,06	0,09	0,8	15	—	—	—	+	+	+	B. +	410	130	20	—	—	1,9	—	53	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base. *1)* Innere Teile reicher an Vitamin C.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Spinat																													
frisch	92,1	2,2	0,3	0,006	3,9	0,7	22	9420	0,08	0,2	0,5	59	B_6 0,08–0,5; E 6,0; FS. 0,28; K; PS. 0,7	90	80	320–900	72	24	B. 27,0	42	489	87	55	0,828	3,0	0,197	45	27	65
in Büchsen	92,3	2,3	0,4	—	3,0	0,6	22	7630	0,02	0,08	0,3	14	—	—	—	+++	++	+	B. +	300	260	90	—	—	1,6	—	33	—	—
Tomaten																													
frisch	94,1	1,0	0,3	—	4,0	0,6	23	1100	0,06	0,04	0,6	23	E 0,27; PS. 0,1; K	150	390	0–5	—	—	B. 5,5	4	268	11	12	0,189	0,6	0,097	27	14	40
1 Tomate, 6 cm Durchmesser	*141*	*1,5*	*0,4*	—	*6,0*	*0,9*	*34*	*1650*	*0,09*	*0,06*	*0,9*	*34*	*E 0,4; K*	*225*	*585*	*11*	—	—	*B. 8,2*	*6*	*400*	*16*	*18*	*0,28*	*0,9*	*0,15*	*40*	*21*	*60*
in Büchsen	94,2	1,0	0,2	—	3,9	0,5	21	1050	0,05	0,03	0,7	16	—	—	—	—	—	—	B. +	18	130	11	—	—	0,6	—	27	—	—
Catchup (Purée)	69,5	2,0	0,4	—	24,5	0,4	98	1880	0,09	0,07	1,8	28	—	—	—	—	—	—	B. +	1300	800	12	—	—	0,8	—	18	—	—
Tomatensaft, gesalzen, in Büchsen	93,5	1,0	0,2	—	4,3	0	23	1050	0,05	0,03	0,7	15,6	—	23	336	—	—	—	B. 6,2	230	230	7	10	—	0,4	—	15	5	55[1]
Zwiebeln (reife)																													
frisch	88,8	1,4	0,2	—	9,0	0,8	40	50	0,03	0,02	0,1	12	E 0,27; PS. 0,13	170	20	23	0	0	B. 1,5	1	130	32	15	0,363	0,5	0,130	44	68	24
1 Zwiebel, 6 cm Durchmesser	*98*	*1,5*	*0,2*	—	*9,9*	*0,9*	*44*	*55*	*0,03*	*0,02*	*0,1*	*13*	*E 0,3*	*187*	*22*	*25*	*0*	*0*	*B. 1,6*	*1*	*140*	*35*	*16*	*0,39*	*0,5*	*0,14*	*48*	*75*	*26*
getrocknet	9,9	10,1	1,0	—	75,2	—	350	20	0,23	0,15	1,1	37	—	—	—	—	0	0	B. +	—	—	158	—	—	3,1	—	256	—	—
Pilze																													
Champignon	90	4	0,15	0	3,3	0,8[2]	26	+	0,15	—	1	—	—	—	—	—	15	—	B. 2	70	230	3	2	—	—	—	37	52	25
Pfifferling	91	2,3	0,35	0	3,4	1,0[2]	22	+	—	—	0,06	—	—	—	—	—	54	—	B. 4	300	340	7	9	—	—	—	43	36	Spur
Reizker	89	2,2	0,5	0	2,5	2,6[2]	20	—	0,12	0,06	—	5	D 5 IE	—	—	—	—	—	B. 2	290	320	6	8	—	—	—	75	7	Spur
Speisemorchel	92	2,2	0,25	0	3	0,8[2]	20	—	0,12	0,06	—	5	D 5 IE	—	—	—	33	—	S. 4	2,4	390	11	11	—	—	—	162	11	8
Steinpilz	87	4,6	0,3	0	4,6	1,0[2]	34	—	0,12	0,06	0,06	5	D 5 IE	—	—	—	50	—	—	20	580	27	50	—	—	—	110	48	22
Trüffel, schwarz	77	3,2	0,3	0	8,4	8,4[2]	46	—	0,12	0,06	—	5	D 5 IE	—	—	—	—	—	S. 6	150	400	23	23	—	—	—	260	30	13
Nüsse																													
Erdnüsse (geröstet)	5,2	30,6	46,1	—	18,2	3,3	560	360	0,30	0,15	21,6	0	B_6 12; PS.; E 16	—	—	—	—	—	S. 3,9	2	740	74	167	1,51	1,9	0,27	393	377	41
Erdnußbutter	2	26,1	47,8	—	21,0	2,0	576	—	0,12	0,13	16,2	0	—	—	—	—	—	—	S. 4,4	5	820	74	178	—	1,9	—	393	225	—
Haselnüsse	6	12,7	60,9	—	18	3,4	671	100	0,40	—	—	3	—	—	—	—	—	—	S. 0,4	19	618	290	140	4,2	4,1	1,35	350	198	67
Kastanien																													
frisch	48	3,4	1,9	0,02	45,6	1,3	213	80	0,23	—	1,17	6	—	—	—	—	—	—	B. 7,4	7	410	30	42	3,7	0,7	0,06	90	48	11
getrocknet	9	6,7	4,1	—	79	2,5	380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B. +	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kokosnüsse																													
frisch	48	4,2	34,0	—	12,8	3,3	351	—	0,09	0,02	0,4	2	E 2,7	—	—	—	—	—	B. 2,1	30	363	20	39	1,31	2,7	0,32	100	32	13
getrocknet	3,3	3,6	39,1	—	53,2	4,1	579	0	0,03	Spur	Spur	0	PS. 0,2	—	—	—	—	—	B. +	53	693	43	77	—	3,6	—	191	76	225
Mandeln	4,7	18,6	54,1	0,05	19,6	2,0	596	75	0,25	0,67	4,6	Spur	PS. 0,4	—	—	—	—	—	B. 12,1	3	690	254	252	1,94	4,4	0,14	475	150	2
Paranüsse	5	14,4	65,9	—	11	2,1	646	10	0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B. 13,0	16	601	120	225	0,32	2,8	1,09	600	198	81
Walnüsse	3,3	15,0	64,4	—	15,6	2,1	654	30	0,26	0,14	1,0	3	B_6 1,0; FS. 0,16; PS. 0,7; P	—	—	—	—	—	S. 7,9	4	450	83	134	1,8	2,1	0,31	380	146	36

* A = Vitamin-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.
1) Kochsalzzusatz zu Tomatensaft in Büchsen variiert zwischen 0,53 und 0,97%. *2)* Pilze sind besonders reich an Lignin.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	Mn mg	Fe mg	Cu mg	P mg	S mg	Cl mg
Brot, Mehl, Teigwaren[1]																													
Brote																													
Graham	37	8,9	1,8	—	52,1	1,1	266	0	0,30	0,13	3,54	0	E++	0	0	0	0	0	S. 7,5	—	—	50	—	—	2,5	—	218	—	—
Mais	37	6,2	7,0	—	39,0	0,2	240	0	0,17	0,22	1,15	0	—	0	0	0	0	0	S. 7,5	—	—	55	—	—	0,7	—	102	—	—
Roggen, dunkel	37,6	6,4	3,4	—	51,7	0,5	263	0	0,16	0,04	1,1	0	—	0	0	0	0	0	S. 6,8	560	100	22	—	—	0,8	—	96	—	—
Schwarz- (100%)	37	9,5	3,5	—	48,0	1,2	262	0	0,28	0,15	3,5	0	E 1,3; B_6	0	0	0	0	0	S. 7,3	600	450	60	150	—	2,6	—	370	150	—
Weiß-	36	8,5	2,0	—	52	—	260	0	0,07	0,03	0,80	0	E 0,23	0	0	0	0	0	S. 7,1	600	109	30	30	0,310	0,8	0,205	110	54	621
Zwieback	6	9,8	9,9	—	73,5	—	422	0	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	S. 6	250	150	53	—	—	1,6	—	140	—	—
Gerste (Perl-)	12,0	9,0	1,4	—	76,5	0,8	346	0	0,12	0,08	3,1	0	—	0	0	0	0	0	S. 10,5	3	160	16	37	1,684	2,0	0,753	189	116	105
Haferflocken	10,0	13,0	7,5	—	67,8	1,9	385	0	0,55	0,14	1,1	0	E 1,9; B_6 0,75; PS. 1,0	0	0	0	0	0	S. 12,9	2	340	54	145	4,945	5,2	0,738	365	199	49
gekocht	85	2,8	0,5	—	11,5	0,2	62	0	—	—	—	0	—	0	0	0	0	0	S. +	—	—	11	—	—	0,6	—	65	—	—
Mais																													
Grieß	12	8,3	1,2	—	78,0	—	356	300	0,15	0,06	0,9	0	—	0	0	0	0	0	S. +	0,6	213	10	84	—	0,2	—	140	111	146
Corn Flakes	4	7,9	0,7	—	80,3	0,6	359	0	0,16	0,08	1,6	0	—	0	0	0	0	0	S. 2,1	660	160	10	—	—	1,0	0,19	56	—	—
Popcorn	4	12,7	5,0	—	76,7	2,2	386	0	0,39	0,12	2,2	0	—	—	—	—	—	—	—	3	240	11	—	—	2,7	—	281	—	—
Mehle																													
Buchweizen, mittel	12	6,3	1,1	—	79,7	0,5	354	0	0,31	0,08	2,1	0	—	0	0	0	0	0	S. +	1	680	11	48	—	1,0	0,7	88	71	12
Mais, Voll-	12	9,2	3,9	—	73,7	1,6	355	510	0,38	0,11	2,0	0	B_6 1,0; PS. 0,05	—	—	—	—	—	S. 7,1	2	120	10	86	—	2,4	—	256	127	—
Reis	12	7,4	0,5	—	80	0,4	354	0	0,04	—	0,1–0,3	0	E 0,35	0	0	0	0	0	S. +	—	79	10	28	—	0,9	—	100	—	6
Roggen, dunkel	12	11,0	1,9	—	73,1	—	319	0	0,47	0,21	1,7	0	—	0	0	0	0	0	S. +	61	450	61	155	3,067	4,8	0,656	369	146	40
Soja, vollfett	9	35,9	20,6	—	29,9	2,3	347	140	0,77	0,28	0,3	0	—	0	0	0	++	++	S. +	—	—	195	223	—	12,1	—	553	300	24
halb entfettet	9	42,5	6,5	—	37,2	2,6	264	110	0,82	0,34	0,25	0	—	0	0	0	++	++	S. +	0,6	1700	244	—	—	13,0	—	610	290	24
Stärke (Maizena)	12	0,5	0,3	—	86,9	0,2	362	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S. +	4	4	Spur	—	—	Spur	—	Spur	—	—
Weizen, Voll-	12	12,2	2,3	—	71,8	2,1	334	0	0,56	0,12	1–4	0	E2,2; B_6 0,4; PS.2	0	0	0	0	0	S. +	—	324	38	122	4,280	2,3	0,435	385	124	177
Weiß-	12	10,8	1,1	—	75,5	0,3	370	0	0,07	0,03	0,06-0,08	0	E 1,2	0	0	0	0	0	S. 11,5	1	130	19	21	0,713	0,7	0,147	93	109	71
Reis																													
glaciert	11,8	8,2	0,46	0,027	79,3	0,2	363	0	0,07	0,03	3,4	0	PS. 0,5	0	0	0	0	0	S. 11,0	2	79	24	28	1,014	1,4	0,183	104	79	6
glaciert, gekocht	74	2,2	0,1	—	22,5	0,1	100	0	0,01	0,01	0,4	—	—	0	0	0	0	+	S. +	—	—	8	—	—	0,2	—	45	—	—
Voll-	12,0	7,5	1,7	—	77,7	0,6	356	0	0,29	0,05	4,6	0	E	0	0	0	0	4	S. +	—	342	39	119	—	5,5	—	303	—	23
Kleie	9	11,6	10,1	—	64	2,2	393	—	2,20	0,23	96,6	0	E++	0	0	0	—	—	S. +	—	—	60	—	—	16,0	—	1450	—	—
Tapioka	12,6	0,6	0,2	—	86,4	0,1	350	0	—	0,10	—	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20	12	2	—	1,0	—	12	4	16
Teigwaren																													
Eierteigwaren	9,1	14,3	5,0	—	70,6	0,3	385	200	0,13	0,12	2,1	0	0	0	0	0	—	—	S. +	—	—	24	—	—	1,9	—	156	—	—
gewöhnliche Teigwaren																													
trocken	11	13	1,4	—	73,9	0,4	360	0	0,13	0,08	2,1	0	0	0	0	0	0	0	S. 10,5	12	174	22	34	—	1,2	—	144	146	52
gekocht	83	2,5	0,2	—	14,2	0,1	69	0	0,03	0,02	0,6	0	0	0	0	0	0	0	S. +	—	—	4	—	—	0,2	—	25	—	—
Weizenkeimlinge	11,0	25,2	10,0	—	49,5	2,5	389	0	2,05	0,80	4,6	0	E 30[2]; B_6 3,7; PS. 2,0	0	0	0	—	—	S. +	2	780	84	—	4,2	8,1	1,3	1096	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.
1) Die angeführten Werte gelten nicht für «angereicherte» Getreideprodukte. *2)* Weizenkeimlingöl: Vitamin-E-Gehalt = 150–250 mg pro 100 g.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Baseüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Zucker und Süßigkeiten																													
Bienenhonig	20	0,3	0	—	79,5	0	294	0	Spur	0,04	0,2	4	PS. 0,2	—	50	—	—	—	—	5	10	5	6	0,209	0,9	0,2	16	5	Spur
Caramel[4]	7	2,0	12,0	—	78	0,1	428	170	0,02	0,14	0,1	Spur	—	—	—	—	—	—	—	—	—	126	—	—	2,3	—	90	—	—
Gelees für Brotaufstrich	34,5	0,2	0	—	65,0	0	252	10	0,02	0,02	0,2	4	—	—	—	—	—	—	—	12	—	12	—	12	0,3	—	12	—	—
Konfitüren, handelsübliche	28,0	0,5	0,3	—	70,8	0,6	278	10	0,02	0,02	0,2	6	—	—	—	—	—	—	B. 3,3	13	13	12	—	—	0,3	—	12	—	—
Melasse	24	2,4	0	—	60	0	240	0	0,08	0,16	2,8	0	PS. 0,5	—	—	—	—	—	B. 17,8	43	1238	273	81	—	6,7	—	51	50	501
Schokolade																													
bittere	2,3	5,5	52,9	—	18	—	570	30	0,03	0,24	1,1	0	E 5,3; Biotin	—	—	80	—	—	S. 6,8	10	442	95	107	—	6,8	—	343	95	71
Milch-	1	6,0	33,5	—	54	0,5	542	183	0,10	0,04	0,8	0	Biotin	—	—	35	—	—	S. +	86	420	216	58	—	4	—	400	67	151
Traubenzucker	1	0	0	—	99,5	0	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zucker																													
unraffiniert	3	0	0	—	96	0	384	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B. 14,6	24	230	76	—	—	2,6	—	40	—	76
raffiniert	1	0	0	—	99,5	0	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Fette und Öle[7]																													
Butter, süß	15,5	0,6	81	0,28	0,4	0	716	3300	Spur	0,01	0,1	0	D 60 IE[2]; B_6 0,15; E 2,4	0	0	0	0	0	S. 4,0	10	14	16	1	6	0,2	—	16	9	—
Lebertran	0	0	100	0,85	0	0	902	85000	0	0	0	0	D 10 000 IE	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayonnaise	16	1,5	78	—	3,0	0	720	10–210	0,02	0,02	0,2	6	—	0	0	0	0	0	S. 3,5	600	17	19	—	—	1,0	—	60	—	—
Olivenöl	0–0,2	0	100	—	0	0	900	375	0	0	0	0	E 8,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schweineschmalz, Backfette und -öle	0–0,3	0	100	—	0	0	884	0	0	0	0	0	E 2,0; F[3]; D 2800 IE	0	0	0	0	0	S. +	Spur	Spur	Spur	Spur	0	Spur	Spur	0	0	0
Eier, Milch- und Milchprodukte																													
Butter, siehe Fette																													
Eier																													
Vollei, roh	74	12,8	11,5	0,463	0,7	—	158	1140	0,12	0,34	0,1	0	B_6 0,3; PS. 2,7; D 720 IE; K 0,2; Biotin 0,04; E 1,1	0	0	0	0	0	S. 11,1	130	100	54	13	0,033	7,4	0,253	210	197	100
Eidotter, roh	49,4	16,3	31,9	2,0	0,7	—	355	3210	0,32	0,52	0,02	0	E 1,1; B_6 0,3; PS. 3; D 1000 IE; Biotin 0,05; FS. 0,02; B_{12}	0	0	0	0	0	S. 25,6	85	100	147	16	—	7,1	0,4	586	194	124
Eiweiß, roh	88	10,8	0	0	1	—	47	0	0	0,23	0,08	0	B_6 0,2; PS. 0,3; Biotin 0,007	0	0	0	0	0	S. 5,2	150	100	20	11	—	0,03	—	10	208	161

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.
1) Margarine ist in den Tabellen nicht aufgeführt, weil die Werte für die verwendeten Fette, Vitaminzusätze, für den Wassergehalt usw. nirgends amtlich festgelegt sind und je nach dem Hersteller erheblich schwanken.
2) Im Sommer; im Winter niedriger. *3)* Bei nichtgehärteten pflanzlichen Fetten. *4)* Mit Vollrahm hergestellt.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	Mn mg	Fe mg	Cu mg	P mg	S mg	Cl mg
1 Ei, mittelgroß	*40*	*6,9*	*6,2*	*0,25*	*0,4*	—	*85*	*615*	*0,06*	*0,18*	*0,05*	*0*	—	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*S. 6,0*	*44*	*54*	*29*	*7*	*0,018*	*1,5*	*0,14*	*114*	*107*	*65*
1 Eidotter, mittelgroß	*13*	*3,6*	*6,2*	*0,25*	*0,1*	—	*70*	*615*	*0,06*	*0,11*	*0,03*	*0*	—	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*S. 4,4*	*10*	*23*	*23*	*4*	—	*1,5*	—	*111*	*43*	*15*
1 Eiweiß, mittelgroß	*27*	*3,3*	*0*	*0*	*0,3*	—	*15*	*0*	*0*	*0,07*	*0,02*	*0*	—	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*S. 1,6*	*34*	*31*	*6*	*3*	—	*0,03*	*0,07*	*3*	*64*	*50*
Eipulver	2	48,2	43,3	2,14	2,6	—	593	4460	0,35	1,23	0,2	0	D+++; E++; PS. 10	0	0	0	0	0	S. +	—	—	187	—	—	7,4	—	800	—	—
Käse																													
Camembert	51	19,7	25,2	0,14	0	0	306	3610	0	0,83	1,60	0	E 1,0; D	0	0	0	0	0	S. 4,5	340	90	680	—	—	0,9	—	500	—	—
Emmentaler	34	28,6	31,3	0,145	2	0	404	4010	0,03	0,45	1,24	0	E 1,0; D	0	0	0	0	0	S. 6	420	110	1090	—	—	1,2	—	810	—	—
Limburger	38	23,5	32,4	0,135	1	0	390	2000	0,02	0,2	0,06	0	E 1,0; D	0	0	0	0	0	S. 4,5	400	100	440	—	—	0,6	—	570	—	—
Parmesan	29	36,3	27,4	0,19	2	0	400	1350	0,03	0,53	0,11	0	E 1,0; D	0	0	0	0	0	S. 5,1	880	131	1220	42	—	1,9	—	770	218	1350
Rahmkäse	53	7,1	36,9	0,14	2	0	368	2000	0,02	0,20	0,06	0	E 1,0; D	0	0	0	0	0	S. 4,5	340	90	30	—	—	0,1	—	40	—	—
Roquefort	37	21,7	33,2	0,135	1	0	390	4010	0,03	0,45	1,24	0	E 1,0; D	0	0	0	0	0	S. 4,5	—	—	700	—	—	1,0	—	360	—	—
Milch (Literaturübersicht: Kon und Henry, *J. Dairy Res.*, **18**, 317 [1951])	Beim Käse sind die äußeren Partien, vor allem die Rinde, weit B_1-reicher (Synthese durch Mikroorganismen) (Ritter, W., *Schweiz. Milchztg.*, **70**, 64, 71 [1944])																												
Kuhmilch[1] frisch	87,3	3,30	4,01	0,01	4,94	0	65	130	0,04	0,16	0,09	1,8	B_6; B_{12}; PS.; FS.; D; E; Biotin; siehe S. 484	—	250	0	0	0	B. 2,0	58	138	125	13	0,002	0,1[4]	0,03	99	30	103
Buttermilch	90,5	3,5	0,1	—	4,8	0	36	Spur	0,04	0,18	0,1	1	0	—	—	0	0	0	B. 5–6	130	140	105	15	—	0,3	—	97	—	100
kondensiert, gesüßt	27,0	8,1	8,4	—	54,8	0	327	430	0,05	0,39	0,2	1	E; D	—	—	0	0	0	B. 5–6	140	340	273	—	—	0,2	—	228	—	—
kondensiert, ungesüßt[2]	73,7	7,0	7,9	—	9,9	0	139	400	0,05	0,36	0,2	1	E 0,30; D	—	—	0	0	0	B. 4–5	100	270	243	—	—	0,2	—	195	—	—
Milchpulver: aus Vollmilch	3,5	25,8	26,7	0,1	38,0	0	496	1400	0,29	1,1–2,0	0,5–1,6	10	D	—	—	0	0	0	B. 4–5	410	1100	949	—	—	0,6	—	728	—	—
aus entrahmter Milch	3,5	35,6	1,0	0,004	52,0	0	359	40	0,35	1,96	1,1	7	—	—	—	0	0	—	B. 4–5	525	—	1300	—	—	0,6	<0,05	1030	—	—
Rahm, dünn (20%)	73	2,5	20,0	0,10	4	0	206	1250	0,03	0,13	0,1	1	D 50 IE	—	—	0	0	0	B. 1,0	40	130	90	10	—	0,2	—	80	30	80
Rahm, dick (35%)	59	2,3	35,0	0,13	3	0	336	2250	0,03	0,15	0,1	1	D 100 IE	—	—	0	0	0	B. 1,0	30	91	90	10	—	0,2	—	70	—	—
Kakao mit 100% Milch[5]	79	3,3	4,3	—	12	—	100	170	0,05	0,16	0,11	0	—	—	—	0	0	0	B. 4–5	—	900	110	420	—	0,3	3,3	110	203	51
50% Milch, 50% Wasser[5]	—	1,8	2,5	—	10	—	68	86	0,02	0,08	0,09	0	—	—	—	0	0	0	B. 2–3	—	—	60	—	—	0,2	—	70	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.

1) **Gehalt in 100 g:**

	pH[2]	Spez. Gewicht	Casein	Albumin	Proteine total	Rest-N	Asche	
Kamelmilch	—	1,031	—	—	3,4–3,7 g	—	0,68 g	alle andern Werte siehe oben oder S. 480
Kuhmilch	6,60	1,031	2,80 g	0,40 g	2,0–6,0 g	13–14 mg	0,72 g	
Muttermilch	6,97	1,031	0,40 g	0,30 g	1,0–6,0 g	32,4 mg	0,21 g	
Schafmilch	6,54	1,036	4,17 g	0,98 g	4,5–5 g	42,5 mg	0,93 g	
Ziegenmilch	—	1,031	2,87 g	0,89 g	3,6–3,8 g	—	0,85 g	

2) Die pH-Werte sind an ganz frischen Proben gemessen.

3) US-Standard; nach dem deutschen Standard sind vorgeschrieben: 7,5% Fett und 17,5% fettfreie Trockensubstanz. Außerdem gibt es auf dem deutschen Markt noch eine Kondensmilch mit 10% Fett und 23% fettfreier Trockensubstanz.

4) Gehalt der kommerziellen Milch, Eisengehalt der frischen Milch kleiner.

5) Theobromin 2,5–3,3%.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	Mn mg	Fe mg	Cu mg	P mg	S mg	Cl mg
Muttermilch[1,2]	87,58	2,01	3,8	0,01	6,5	0	62	350	0,04	0,06	0,26	6	B_6; B_{12}; PS.; FS.; D; E; Biotin; siehe S. 484	—	150	0	0	0	B. 4–5	13	45	35	5	—	0,7	0,06	20	11	50
Schafmilch[2]	83,57	5,15	6,18	—	4,17	0	93	—	—	—	—	3,6	—	—	130	0	0	0	B. 4–5	33	188	207	8,3	—	—	—	125	—	95
Stutenmilch	89	1,8	1,4	—	6,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B. +	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ziegenmilch[2]	86,88	3,76	4,07	—	4,64	0	71	170	0,06	0,07	0,25	1	D+	—	—	0	0	0	B. 4–5	34	180	128	13,3	0,08	0,2	0,04	103	37	14
Quark, fett	65	15	15	0,3	4	0	220	100	0,08	—	—	1,1	—	—	—	—	—	—	S. 17	30	180	60	3	—	1,2	—	180	60	—
Fleisch																													
Ente, Muskelfleisch, roh	54	16,0	28,6	0,07	0	0	321	—	0,13	0,41	7,89	8	—	—	—	0	81	20	S. 24	82	285	10	—	—	1,7	0,4	197	—	85
Gans																													
Muskelfleisch, roh	51	16,4	31,5	—	0	0	349	—	0,16	0,24	—	13	—	—	—	0	99	33	S. 7,7	85	420	10	—	—	2,0	0,3	180	—	120
Leber	67	16,5	10,0	—	5	0	180	—	0,03	—	3,6	—	D; E	—	—	0	260	85	S. +	—	—	10	—	—	—	—	180	—	—
Hase, Muskelfleisch	73	21,0	5,0	0,08	0	0	134	—	0,05	0,06	12,70	—	—	—	—	0	++	38	S. 14,8	—	—	10	—	—	3,2	—	239	—	—
Huhn																													
junges Hähnchen	75	21,6	2,7	—	0	0	116	0	0,23	0,15	6,0	—	E 0,21; K 0,3	—	—	0	174	58	S. +	—	—	10	—	—	3,0	—	230	—	—
Poulet, roh	68	20,0	11,0	0,09	0	0	185	0	0,1	0,2	6,2	—	E 0,22	—	—	0	87	29	S.10,7	75	372	10	27	—	3,0	—	220	252	79
Poulet, grilliert	66,0	20,2	12,6	0,09	0	0	199	0	0,11	0,18	8,6	—	—	—	—	0	++	++	S. +	—	—	16	—	—	1,9	—	218	—	—
Leber	70,0	22,1	4,0	—	3	0	141	24000	0,40	2,50	14,60	35	D; E; K; PS. 2,2; B_6; Biotin	—	—	0	279	93	S. +	85	—	20	—	—	—	—	240	—	—
Kalb																													
Braten, mager	—	32,2	11,3	—	0	0	239	—	0,24	0,26	7,60	—	D 100 IE	—	—	0	++	++	S. +	—	—	20	—	—	3,6	—	290	—	—
Muskelfleisch, roh	69	19,2	11	0,065	0	0	181	0	0,18	0,27	6,3	0	D 140 IE; E 0,9	—	—	0	114	38	S. 9,8	48	359	11	23	—	2,9	—	207	203	77
Kotelettstück, roh	70	19,5	9	0,10	0	0	164	0	0,18	0,28	6,4	0	—	—	—	0	++	++	S. +	—	—	11	—	—	2,9	—	210	—	—
Herz	76	15,4	7,1	0,18	1	0	134	—	0,60	—	10,60	—	—	—	—	0	++	++	S. 8,5	71	370	11	35	—	6,2	—	240	296	125
Hirn	81	10,0	8,3	2,1	0	0	117	—	—	—	4,50	—	—	—	—	0	75	26	S. +	110	305	11	—	—	1,5	—	360	—	—
Leber	71	19,0	4,9	0,36	4	0	141	27000	0,40	3,30	12,0	32	B_6 1; PS. 6; FS. 0,05; E 1,0; K 0,1–1,0; D 200 IE; Biotin 0,2	—	—	0	260	88	S. 8,2	87	298	11	22	0,341	5,4	15	210	251	101
Milke (Bries)	75	19,6	3,1	0,28	0	0	111	—	0,06	0,27	4,10	—	—	—	—	0	990	330	S. +	—	—	11	—	—	1,6	—	—	—	—
Niere	76	16,9	6,4	0,5	0	0	129	1200	0,26	2,4	7,40	10	—	—	—	0	+++	+++	S. +	—	—	9	—	—	4,1	—	171	—	—
Pferd, Muskelfleisch, roh	73	22	2,5	—	0,8	—	122	—	—	—	4,5	—	D 130 IE	—	—	0	++	++	B. 3	175	176	4	4	—	50	—	44	10	260
Kaninchen, Muskelfleisch	68	20,8	10,2	0,05	0	0	180	—	0,05	0,06	12,70	4	—	—	—	0	++	++	S. 14,8	40	390	10	—	—	3,1	—	220	—	—
Reh, Muskelfleisch	73	20,0	6,0	—	0	0	139	—	—	—	—	—	—	—	—	0	117	39	S. +	—	—	11	—	—	3,0	—	220	—	—
Rind																													
Muskelfleisch, gekocht:																													
Beefsteak	57	16,9	25,0	—	0	0	297	0	0,10	0,13	4,6	0	—	—	—	0	++	++	S. +	—	—	10	—	—	2,5	<0,05	182	—	—
Braten, mittelfett	53	15,5	31	—	0	0	345	0	0,10	0,12	4,2	0	—	—	—	0	++	++	S. +	—	—	9	—	—	2,3	—	167	—	—
Braten, mager	67	19,3	13	—	0	0	199	0	0,12	0,15	5,2	0	—	—	—	0	++	++	S. +	—	—	11	—	—	2,9	—	208	—	—
Suppenfleisch	70	20,3	9	—	0	0	167	0	0,13	0,16	5,5	0	—	—	—	0	++	++	S. +	—	—	12	—	—	3,0	—	219	—	—
Corned Beef	57,3	24,4	15	—	0	0	232	0	0,02	0,19	2,7	0	—	—	—	0	++	++	S. +	1700	400	29	—	—	4,0	—	113	—	—
getrocknet, gesalzen	47,7	34,3	6,3	—	0	0	199	0	0,11	9,22	3,7	0	—	—	—	0	+++	+++	S. +	3900	1000	20	—	—	5,1	—	370	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base. *1)* Siehe auch S. 484 und 485 *2)* Siehe Fußnote[1], S. 479: Gehalt in 100 g.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	Mn mg	Fe mg	Cu mg	P mg	S mg	Cl mg
Rind (Schluß)																														
Muskelfleisch, roh: mittelfett.	60	16,9	21,0	0,125	0	0	222	20	0,20	0,29	7,0	—	B_6 0,5; PS. 0,2-2,0; FS. 0,02; E 0,3; K 0,2; Biotin 0,002	—	—	0	111	37	S.	10,6	70	338	10	24	—	3,7	—	180	230	76
Herz	75,4	16,5	6,3	0,15	0,7	0	108	30	0,54	0,89	6,8	6	PS. 2	—	—	0	++	++	S.	9,1	85	380	10	40	—	6,2	—	236	296	122
Hirn	81	10,0	8,3	2,36	0,8	0	117	0	—	—	4,5	—	—	—	—	0	84	28	S.	+	90	340	11	—	—	1,6	0,2	360	—	—
Kutteln	79	19,1	2,0	0,15	0	0	99	—	0,01	—	3,0	—	—	—	—	0	++	++	S.	+	46	19	10	—	—	1,6	—	130	—	—
Leber	70,9	19,8	4,2	0,32	3,6	0	136	19200	0,27	2,80	16,1	31	B_6 1; PS. 5; FS. 0,05; E 1,0; K 0,1–1; Biotin 0,2; B_{12} 0,03; D +	—	—	0	279	93	S.	8,5	130	298	8	22	0,3	12,1	2,08	373	251	101
Niere	75	15,0	8,1	0,41	1	0	140	1000	0,25	2,10	7,4	11	PS. 6–25; E 0,5; K 0,1–1,0; FS. +	—	—	0	240	80	S.	7,6	246	238	10	21	—	6,5	0,1	260	190	246
Zunge	68	16,4	15	—	0,4	0	207	0	0,22	0,27	5,0	0	—	—	—	0	++	++	S.	7,8	80	260	30	—	—	6,9	—	119	—	—
Schaf, Muskelfleisch, mittelfett. (Herz, Leber usw. siehe Kalb)	63,7	18	17,5	0,07	0	0	235	20	0,21	0,26	5,9	0	—	—	—	0	++	++	S.	9,3	84	301	10	24	—	2,7	—	194	211	85
Schwein																														
Muskelfleisch, mittelfett	67,1	18,1	14,9	0,09	0	0	224	0	1,04	0,20	4,4	0	B_6 0,10; PS. 0,47; FS. 0,08; B_{12} 0,003 Biotin 0,005; E 0,63	—	—	0	123	41	S.	10,0	69	280	10	20	0,01	2,5	0,1	177	206	69
Kotelettstück	53	14,6	32	0,105	0	0	350	0	0,18	0,04	0,9	0	B_6	—	—	0	++	++	S.	+	42	169	8	12	—	2,2	—	157	115	38
Leber	72	19,6	4,8	0,42	2	0	135	2700	0,43	2,70	15,5	27	B_6 1; PS. 6; FS. 0,05; E +; K 0,1–1,0; D 180 IE; Biotin 0,2	—	—	0	+++	+++	S.	+	77	350	10	—	—	18	—	210	—	—
Herz	77	16,9	4,8	—	0,4	0	119	30	0,43	1,24	6	6	PS. 2,4	—	—	0	+	+	S.	+	—	—	35	—	—	27	—	132	—	—
Niere	77	16,3	4,6	—	0,8	0	118	130	0,58	1,74	10	13	PS. 3,1	—	—	0	+	+	S.	+	—	—	11	—	—	8	—	246	—	—
Schinken mittelfett, roh	53	15,2	31	0,105	0	0	344	0	0,96	0,19	4,1	0	E 0,44	—	—	0	++	++	S.	11,9	700	350	9	15	—	2,3	—	164	200	—
mittelfett, geräuchert	42	16,9	35	—	0	0	388	0	0,78	0,19	3,8	0	E 0,44	—	—	0	72	24	S.	12,5	2400	610	10	20	—	2,5	—	182	225	—
Speck, fett, gesalzen	8	3,9	85	—	0	0,5	781	0	0,18	0,04	0,9	0	—	—	—	0	++	++	S.	+	2900	—	2	—	—	0,6	<0,05	42	—	—
Truthahn, Muskelfleisch, roh	58,3	20,1	20,2	0,015	0	0	268	Spur	0,12	0,19	7,9	—	—	—	—	0	++	++	S.	+	66	367	23	28	—	3,8	0,2	320	234	123
Wal	74	22,8	1,4	0,015	—	—	—	80	0,03	0,10	4,4	0	B_6 0,15; PS. 0,3; B_{12} 0,002	—	—	—	—	—	S.	+	—	—	12	—	—	2,4	—	—	—	—
Wurstwaren																														
Blutwurst	47	14,8	34,6	—	0	0	374	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	B.	+	—	—	10	—	—	2,1	—	160	—	—
Bologneser Wurst	62,4	14,8	15,9	—	0	0	217	0	0,31	0,30	3,0	0	—	—	—	—	++	++	S.	+	—	—	9	—	—	2,2	—	160	—	—
Cervelats, Schlackwurst	—	12,2	22	—	0	0	255	—	—	—	—	—	—	—	—	—	++	++	S.	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Leberwurst	59	16,7	20,6	—	2	0	263	10000	0,19	1,30	5,2	—	D; E	—	—	—	114	38	S.	+	—	—	10	—	—	2,5	—	180	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A*	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium Na	Kalium K	Calcium Ca	Magnesium Mg	Mangan Mn	Eisen Fe	Kupfer Cu	Phosphor P	Schwefel S	Chlor Cl
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Wurstwaren (Schluß)																												
Salami	31	23,9	36,8	—	0	0	427	—	0,24	0,21	2,91	—	—	—	—	—	++	23	S. +	—	—	10	—	—	3,6	—	260	—	—
Schwartenmagen	62	15,0	20,3	—	0	0	243	—	0,06	0,12	1,07	—	—	—	—	—	++	++	S. +	—	—	10	—	—	2,1	—	160	—	—
Wiener, Frankfurter	64,3	15,2	14,1	—	0	0	205	0	0,19	0,23	2,4	0	—	—	—	—	++	++	S. +	—	—	9	—	—	2,3	—	164	—	—
Würste aus Rindfleisch	55	16	28	—	0	0	320	0	0,10	0,13	4,3	0	—	—	—	—	++	++	S. +	—	—	9	—	—	2,4	—	172	—	—
Würste aus Schweinefleisch	41,9	10,8	44,8	—	0	0	450	0	0,22	0,15	2,3	0	—	—	—	—	++	++	S. +	740	140	6	—	—	1,6	—	116	—	—
Fleisch von Kaltblütern																												
Aal, geräuchert	50	18,6	27,8	—	0	0	325	2500	0,14	0,07	—	—	D	—	—	—	81	27	S. 9,9	—	—	0,02	—	—	1,0	—	210	—	—
Austern	87,1	6,0	1,2	0,23	3,7	0	50	320	0,18	0,23	1,2	3	—	—	—	—	87	29	S. 15,2	471	204	68	39	0,295	7,1	3,623	172	180	628
Flunder	83	14,9	0,5	0,06	0	0	64	—	0,08	0,20	3,84	—	D	—	—	—	++	++	S. 7,1	68	311	30	25	—	1,0	0,15	160	217	151
Forelle	78	19,2	2,1	—	0	0	96	12	0,09	0,05	3,50	—	—	—	—	—	168	56	S. 8,9	80	334	20	26	—	1,1	—	220	224	105
Froschschenkel	82	16,4	0,3	—	0	0	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	++	++	S. +	—	—	20	—	—	0,4	—	190	—	—
Garnelen in Büchsen (Shrimps)	78,8	17,8	0,8	0,15	0,8	0,15	82	60	0,01	0,03	1,9	0	PS. 0,2	—	—	—	60	20	S. 8,5	140	404	75	74	—	2,0	0,4	210	339	—
Hecht	80	18,7	0,6	—	0	0	80	—	0,09	0,07	1,70	—	—	—	—	—	135	45	S. 11,8	75	350	20	25	—	1,1	—	220	220	105
Heilbutt	75,5	18,6	5,2	—	0	0	121	10	0,09	0,17	3,00	—	—	—	—	—	++	++	S. 9,4	56	340	20	24	0,010	0,9	0,160	213	212	88
Hering, frisch	73	19,0	6–12	—	0	0	136	100–700	0,01	0,33	3,9	—	B_{12} 0,014; B_6 1,3; PS. 2; D 5000–50000 IE; E	—	—	—	207	69	S. +	100	—	20	26	—	1,1	—	220	202	122
Hummer																												
frisch	79	16,2	1,9	0,145	1	0	86	—	0,15	0,18	—	—	PS. 0,35	—	—	—	66	22	S. 8,5	210	180	60	—	—	0,8	16,7	280	—	—
in Büchsen	77	18,4	1,3	0,12	0,4	0	86	—	0,15	0,18	2,2	—	—	—	—	—	59	++	S. +	—	—	60	—	—	0,8	0,73	280	—	—
Kabeljau, frisch	82,6	16,5	0,4	0,05	0	0	70	0	0,10	0,07	2,17	2	D	—	—	—	114	38	S. 12,5	96	339	18	22	—	0,9	0,55	189	203	150
Karpfen	—	7,5	3,9	—	—	—	67	600	0,20	0,05	—	1,0	—	—	—	—	++	++	S. +	—	—	4,5	—	—	1,5	—	115	—	—
Kaviar, gepreßt	36	34,4	16,7	0,49	0	0	288	—	—	—	—	—	D++; E++	—	—	—	0	0	S. +	2200	640	140	—	—	—	—	180	—	1819
Makrele	68	18,7	12,0	0,08	0	0	188	50	0,15	0,35	8	—	D; PS. 1,0; B_{12} 0,01	—	—	—	—	—	S. 9,2	—	412	5	33	0,02	1,0	0,07	239	197	170
Salm																												
frisch	66	22,0	12,3	0,06	0	0	203	285	0,21	0,20	7,10	9	D 8000 IE; E; B_6 1,5	—	—	—	72	24	S. 11,0	45	396	24	29	—	0,8	—	253	226	—
in Büchsen	67,4	20,6	9,6	—	0	0	169	80	0,03	0,18	6,5	0	D+; E	—	—	—	++	++	S. 10,5	540	330	67	30	—	1,3	—	286	260	—
Sardinen, in Büchsen																												
ganzer Inhalt	47,1	21,1	27	—	1	0	331	710	0,05	0,10	4,3	0	D	—	—	—	354	118	S. 12,5	760	260	29	—	—	1,5	—	299	—	—
ohne überschüssiges Öl	57,4	25,7	11,0	—	1,2	0	207	290	0,06	0,12	5,2	0	D	—	—	—	+++	+++	S. +	820	310	35	—	—	1,8	—	365	—	—
Schellfisch, frisch	77	16,8	0,3	—	0	0	74	0	0,09	0,12	0,90	0	E 0,35	—	—	—	117	39	S. 16,1	99	314	19	26	0,015	0,9	0,216	190	238	241
Thunfisch, in Büchsen	57,7	27,7	11,8	0,07	0	0	217	70	0,04	0,13	10,6	0	D	—	—	—	++	++	S. +	540	480	34	—	—	1,7	—	290	—	—

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin. ** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.

100 g eßbare Substanz (wenn nicht anders vermerkt) enthalten	Wasser	Proteine	Fette		Kohlenhydrate		Kalorien	Vitamine						Weitere organische Bestandteile					Säureüberschuß (S.) Basenüberschuß (B.)	Elemente									
			Total	Cholesterin	Total	Faserstoffe		A *	B_1	B_2	Nicotinsäure	C	Weitere Vitamine	Äpfelsäure	Citronensäure	Oxalsäure	Harnsäure	Purinbasen		Natrium	Kalium	Calcium	Magnesium	Mangan	Eisen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Chlor
	g	g	g	g	g	g	kcal	IE	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	ml**	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	Mn mg	Fe mg	Cu mg	P mg	S mg	Cl mg
Verschiedenes																													
Bouillonwürfel (Fleischextrakt)	35	17,6	0	—	47	0	258	0	0,02	1,02	25,6	0	—	—	—	—	+++	+++	S. +	27000	1500	40	—	—	4,2	—	510	—	—
Gelatine, trocken	13	85,6	0,1	—	0	0	343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	27	22	11	—	—	0	—	0	—	—
Hefe																													
getrocknet (Bierhefe)	7,0	46,1	1,6	0,68	0	0	348	0	9,69	5,45	36,2	0	} Ges. B-	—	—	—	—	—	—	180	1900	106	—	—	18,2	—	1893	—	—
Preßhefe (Bäckerhefe)	70,9	13,3	0,4	—	0	0	109	0	0,45	2,07	28,2	0	} Komplex	—	—	—	—	—	—	4	360	25	—	—	4,9	—	605	—	—
Kakaopulver	4,3	9,0	18,8	—	31,0	—	329	0	0,09	0,45	1,50	0	E 3,1	—	—	500	—	—	S. 4,8	60	900	160	420	—	2,7	4,3	709	203	51
Getränke			Alkoholgehalt[1]																										
Bier	90	0,6	4,4		4,0	0	50	—	0	0,03	0,79	—	—	—	—	—	—	—	—	8	46	10	8	—	0	—	20	—	—
Branntweine	—	—	40		—	0	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coca-Cola	—	0	0		11,3	0	45	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	1	52	—	—	—	—	—	—	—	—
Limonaden, durchschnittlich	—	0	0		12	0	48	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Most (Obstwein)	—	0	5,2		1,0	0	41	—	—	—	—	—	—	+	+	0	0	0	0	4	75	—	—	—	—	—	—	—	—
Portwein	—	0,3	15,0		14,0	0	163	—	—	—	—	—	—	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rum	56	0	43,9		0	0	312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wein, durchschnittlich	—	—	7,5		0,1	0	53	0	1–5 µg	0,01–0,03	0,05–0,2	0	B_6 0,03; PS. 0,02	+	+	+	0	0	0	7	104	10	7	—	0	—	10	15	2
Whisky	58	0	42,2		0	0	301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tee, per Tasse (150 ml) ..... Coffein ..... 60–90 mg

Kaffee, per Tasse (125 ml) .....

Coffein	95–125 mg	Phenolische Säuren mit Ausnahme von Chlorogensäure	~ 60 mg
Trigonellin	~ 120 mg	Äpfelsäure	~ 23 mg
Essigsäure	~ 24 mg	Citronensäure	~ 36 mg
Ameisensäure	~ 15 mg	Nicotinsäure	~ 2 mg
Chlorogensäure	~ 200 mg		

* A = Vitamin-A-Aktivität, bewirkt durch Vitamin A + Carotine; 1 IE Vitamin A = 0,0006 mg β-Carotin.

** Milliliter n-Säure bzw. n-Base.

1) Alkohol ergibt 7 cal/g.

Chemische Zusammensetzung der Muttermilch

Werte in **Milligramm/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt, Fußnoten und Literatur siehe S. 485

	Reife Milch (15 Tage bis 15 Monate post partum)			Transitorische Milch (5.–10. Tag post partum)			Colostrum (erste 5 Tage post partum)			Kuhmilch		
	Mittel*	Bereich	Literatur	Mittel*	Bereich	Literatur	Mittel*	Bereich	Literatur	Mittel*	Bereich	Literatur
Kalorien	65	—	*1*	63	—	*1*	57	—	*1*	65	—	*1*
Spezifisches Gewicht	**1,031**	1,026–1,037	*2*	**1,035**	1,034–1,036	*2*	—	—	—	**1,031**	1,028–1,033	*3*
Feste Stoffe, total	**12,9** g	10,3–17,5 g	*2*	**13,3** g	10,5–15,6 g	*2*	**12,8** g	10,0–16,7 g	*2*	**12,43** g	11,89–14,24 g	*3*
Asche, total	**202**	160–266	*2*	**267**	231–338	*2*	**308**	247–350	*2*	715	681–771	*4*
Mineralien												
Kationen, total	4,1 mval	—	*2*	5,5 mval	—	*2*	6,8 mval	—	*2*	—	—	—
Natrium	**17,2**	6,4–43,6	*2*	**29,4**	19,2–53,9	*2*	**50,1**	26,5–136,5	*2*	**76,8**	39,2–139,2	*5*
Kalium	**51,2**	37,3–63,5	*2*	**63,6**	52,8–76,9	*2*	**74,5**	65,8–87,0	*2*	**143**	38–287	*6*
Calcium	**34,4**	17,3–60,9	*2*	**46,4**	23,0–62,8	*2*	**48,1**	24,2–65,6	*2*	**137**	56–381	*6*
Magnesium	**3,5**	1,8–5,7	*2*	**3,5**	2,6–5,4	*2*	**4,2**	3,1–8,2	*2*	**13**	7–22	*6*
Mangan	Spur	—	*7*	—	—	—	Spur	—	*8*	3,5 µg	3,3–3,6 µg	*9*
Eisen	**0,03**	0,02–0,09	*6*	**0,04**	0,02–0,05	*6*	**0,04**	0,02–0,05	*6*	**0,04**	0,03–0,07	*6*
Kupfer	0,05	0,04–0,06	*10*	**0,05**	0,04–0,07	*6*	**0,04**	0,02–0,05	*6*	**0,008**	0,005–0,015	*6*
Anionen, total	2,8 mval	—	*2*	3,7 mval	—	*2*	4 mval	—	*2*	—	—	—
Phosphor	**14,1**	6,8–26,8	*2*	**19,8**	9,7–31,7	*2*	**15,7**	8,5–25,1	*2*	**91**	56–112	*6*
Schwefel	**14**	5–30	*2*	**20**	15–23	*2*	**23**	20–26	*2*	**30**	24–36	*6*
Chlor	**37,5**	8,8–73,4	*2*	**45,7**	30,5–72,1	*2*	**58,6**	43,5–100,7	*2*	**108**	93–141	*6*
Total-Ionen (Asche)	6,9 mval	—	*2*	9,2 mval	—	*2*	10,8 mval	—	*2*	—	—	—
Basenüberschuß	1,3 mval	—	*2*	1,8 mval	—	*2*	2,8 mval	—	*2*	—	—	—
Proteine, total**	**1060**	730–2000	*2*	**1590**	1270–1890	*2*	**2290**	1460–6800	*2*	3246	2816–3676	*11*
Casein**	**370**	140–680	*2*	**510**	420–590	*2*	**2058**	726–5172	*12*	2493	2185–2800	*11*
Lactalbumin**	**360**	140–600	*2*	**780**	690–860	*2*	—	—	—	236	144–328	*11*
Aminosäuren***	**1280**	900–1600	*1*	**940**	600–1000	*1*	**1200**	700–4000	*1*	**3300**	2700–4100	*1*
Arginin	**43,3**	27,8–63,7	*2, 13*	**62,8**	47,7–73,4	*2, 14*	**74,4**	62,0–95,8	*2, 14*	140	120–160	*15*
Histidin	**23,7**	12,4–30,2	*2, 13*	**38,3**	28,8–44,9	*2, 14*	**41,2**	34,9–46,3	*2, 14*	120	110–113	*15*
Isoleucin	**61,0**	40,9–92,3	*2, 13*	**97,0**	73,2–120,9	*2, 14*	**101,1**	88,2–114,9	*2, 14*	250	210–290	*15*
Leucin	**96,6**	65,3–147,0	*2, 13*	**151,2**	113,2–197,0	*2, 14*	**165,6**	133,4–214,4	*2, 14*	360	320–390	*15*
Lysin	**70,1**	36,2–92,9	*2, 13*	**112,6**	87,7–148,4	*2, 14*	**117,7**	95,0–141,0	*2, 14*	270	230–310	*15*
Methionin	**11,6**	6,5–16,0	*2, 13*	**24,1**	15,7–34,4	*2, 14*	**25,3**	18,6–36,2	*2, 14*	75	60–90	*15*
Phenylalanin	**40,4**	24,3–57,8	*2, 13*	**62,4**	48,4–71,3	*2, 14*	**70,0**	59,9–84,1	*2, 14*	185	150–220	*15*
Threonin	**51,8**	29,7–65,6	*2, 13*	**78,1**	60,6–90,7	*2, 14*	**84,8**	75,2–103,9	*2, 14*	175	130–220	*15*
Tryptophan	**19,2**	14,2–26,0	*2, 13*	**28,2**	23,0–31,6	*2, 14*	**32,2**	25,3–42,2	*2, 14*	60	40–80	*15*
Valin	**72,5**	44,7–114,2	*2, 13*	**104,9**	77,4–136,0	*2, 14*	**116,9**	97,8–148,7	*2, 14*	260	240–280	*15*
Reststickstoff, total	**32,4**	17,3–60,4	*2*	**47,9**	42,5–53,3	*2*	**91**	51–127	*12*	25,2	18,1–32,3	*11*
Harnstoff-N	**18,0**	12,7–23,5	*2*	11,1	—	*2*	—	—	—	13,27	6,13–20,4	*11*
Harnsäure-N	**2,2**	1,3–4,1	*2*	—	—	—	—	—	—	2,41	1,13–3,69	*11*
Creatinin-N	**1,1**	0,8–1,9	*2*	—	—	—	—	—	—	0,705	0,19–1,22	*11*
Creatin-N	**1,1**	0,2–4,1	*2*	—	—	—	—	—	—	4,035	2,45–5,62	*11*
Aminosäuren-N	**5,0**	2,8–11,3	*2*	**4,4**	4,2–4,7	*2*	—	—	—	0,68	0,17–1,19	*11*
Lactose												
Direkt bestimmt	**7100**	4900–9500	*2*	**6400**	6100–6700	*2*	**5700**	1100–7900	*16*	**4700**	4500–5000	*4*
Als Differenz	**6800**	5000–9200	*2*	**6400**	6000–6800	*2*	—	—	—	—	—	—
Fette, total	**4540**	1340–8290	*2*	**3520**	2730–5180	*2*	**2950**	2470–3180	*2*	**3800**	3400–6100	*3*
Fettsäuren, essentielle	346	—	*1*	—	—	—	246	—	*1*	99	—	*1*
Vitamine												
Vitamin A	**61** µg	15–226 µg	*2*	**88** µg	58–183 µg	*2*	**161** µg	75–305 µg	*2*	**27** µg	17–38 µg	*3*
Vitamin B_1	**14,2** µg	8,1–22,7 µg	*2*	**5,9** µg	2,3–10,5 µg	*2*	**1,9** µg	0,9–3,4 µg	*2*	**43** µg	28–90 µg	*3*
Vitamin B_2	**37,3** µg	19,8–79,0 µg	*2*	**36,9** µg	27,5–49,0 µg	*2*	**30,2** µg	12,0–45,3 µg	*2*	**156** µg	116–202 µg	*3*
Vitamin B_{12}	Spur	—	*17*	0,036 µg	0,003–0,070 µg	*17*	0,045 µg	0,010–0,15 µg	*17*	**0,66** µg	0,32–1,24 µg	*17*
Vitamin C	**5200** µg	0–11200 µg	*2*	**7100** µg	4500–9000 µg	*2*	**7200** µg	4700–10400 µg	*2*	**1100** µg	300–2300 µg	*3*
Vitamin D	—	0,4–10,0 IE	*18*	—	—	—	—	—	—	—	0,5–4,0 IE	*18*
Vitamin E	240 µg	100–480 µg	*22*	890 µg	400–1850 µg	*21*	1480 µg	280–3000 µg	*19*	60 µg	20–100 µg	*21*
Nicotinsäure†	**183** µg	66–330 µg	*2*	**175** µg	60–360 µg	*2*	**75** µg	50–145 µg	*2*	74 µg	50–86 µg	*20*
Pantothensäure	**246** µg	86–584 µg	*2*	**288** µg	135–412 µg	*2*	**183** µg	29–302 µg	*2*	340 µg	220–550 µg	*20*
Pyridoxin	**18** µg	10–22 µg	*2*	—	—	—	—	—	—	**51** µg	40–63 µg	*6*
Biotin	**0,81** µg	0,04–4,22 µg	*2*	**0,35** µg	0,02–1,77 µg	*2*	**0,06** µg	0,03–0,31 µg	*2*	2,17 µg	1,4–2,9 µg	*20*
Folsäure	0,14 µg	0,09–0,18 µg	*17*	0,02 µg	0,015–0,025 µg	*17*	0,05 µg	0,010–0,15 µg	*17*	**0,13** µg	0,02–0,4 µg	*17*
Inosit	**44,9** mg	38,6–55,5 mg	*2*	—	—	—	—	—	—	**8** mg	6–12 mg	*6*
Cholin	**8,9** mg	5,4–14,5 mg	*2*	—	—	—	—	—	—	**10** mg	4–16 mg	*6*

Aminosäurenzusammensetzung von Casein, Milchserum und Total-Milch (mg/100 ml)

(Reife Milch)

Nach BEACH et al., *J. biol. Chem.*, **139**, 57 (1941)

	Casein	Milchserum	Total
Stickstoff	48,6	77,0	125,6
Histidin	6,0	6,3	12,3
Arginin	11,0	29,0	40,0
Lysin	17,3	32,4	49,7
Tyrosin	20,4	29,2	49,6
Tryptophan	5,7	13,0	18,7
Cystin	2,5	17,3	19,8
Methionin	7,2	10,9	18,1
Cystin-S	0,7	4,6	5,3
Methionin-S	1,5	2,3	3,8
Cystin-S + Methionin-S	2,2	6,9	9,1

Fettsäuren in Prozent des Total-Fettes

Nach BALDWIN und LONGENECKER, *J. biol. Chem.*, **154**, 255 (1944)

	Gewichtsprozente			Molprozente		
	Reife Milch	Colostrum		Reife Milch	Colostrum	
Gesättigte Fettsäuren		1. und 2. Tag	3. Tag		1. und 2. Tag	3. Tag
Buttersäure	0,4	0,2	0,3	1,1	0,7	0,8
Capronsäure	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
Caprylsäure	0,3	0,8	0,1	0,6	1,5	0,1
Caprinsäure	2,2	3,5	0,9	3,3	5,3	1,4
Laurinsäure	5,5	0,9	2,6	7,1	1,2	3,4
Myristinsäure	8,5	2,8	4,9	9,6	3,3	5,7
Palmitinsäure	23,2	24,6	27,8	23,4	25,4	28,9
Stearinsäure	6,9	9,9	7,7	6,3	9,2	7,2
Verbleibende gesättigte Fettsäuren, gerechnet als Arachinsäure	1,1	4,9	2,7	0,9	4,1	2,3
Gesättigte Fettsäuren, total	48,2	47,7	47,1	52,4	51,0	50,0
Ungesättigte Fettsäuren						
Decensäure	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1
Dodecensäure	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tetradecensäure	0,6	0,1	0,2	0,7	0,1	0,2
Hexadecensäure	3,0	1,8	2,9	3,0	1,9	3,0
Ölsäure	36,5	36,0	37,1	33,3	33,8	35,1
Octadecadiensäure	7,8	7,5	6,2	7,2	7,1	5,9
Octadecatriensäure	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
Eicosatetraensäure	0,9	1,8	1,6	0,8	1,5	1,4
Verbleibende ungesättigte Fettsäuren, gerechnet als Eicosadiensäure	2,4	4,6	4,7	2,0	3,9	4,0
Ungesättigte Fettsäuren, total	51,8	52,4	53,2	47,6	49,0	50,0

Literatur (zu S. 484)

1) ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Nutrition and Metabolism*, Philadelphia (1954), S. 111. *2)* MACY, I. G., *Amer. J. Dis. Child.*, **78**, 589 (1949). *3)* DAHLBERG et al., Sanitary Milk Control in Relation to Sanitary, Nutritive, and Other Qualities of Milk, *National Research Council*, Publication 250, Washington (1952). *4)* MEIGS und MARSH, *J. biol. Chem.*, **16**, 147 (1913/14). *5)* JONES und DAVIES, *Biochem. J.*, **29**, 978 (1935). *6)* MACY, I. G., nichtpublizierte Werte, zitiert nach MACY et al., The Composition of Milks, *National Research Council*, Publication 254, Washington (1953). *7)* DINGLE und SHELDON, *Biochem. J.*, **32**, 1078 (1938). *8)* CASTELLANOS und LIZARRALDE, *Rev. Asoc. argent. Diet.*, **1**, 199 (1943). *9)* KEMMERER und TODD, *J. biol. Chem.*, **94**, 317 (1931). *10)* HESS et al., *J. biol. Chem.*, **57**, 725 (1923). *11)* SHAHANI und SOMMER, *J. dairy Sci.*, **34**, 1010 (1951). *12)* WALLER et al., *Biochem. J.*, **35**, 272 (1941). *13)* MILLER und RUTTINGER, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **77**, 96 (1951). *14)* MILLER et al., *J. Nutr.*, **40**, 499 (1950). *15)* SARKAR et al., *J. dairy Sci.*, **32**, 671 (1949). *16)* WIDDOWS et al., *Biochem. J.*, **29**, 1145 (1935). *17)* COLLINS et al., *J. Nutr.*, **43**, 313 (1951). *18)* LAWRENCE et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **70**, 193 (1945). *19)* NEUWEILER, W., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **20**, 108 (1948). *20)* LAWRENCE et al., *J. Nutr.*, **32**, 73 (1946). *21)* ABDERHALDEN, R., *Biochem. Z.*, **318**, 47 (1948). *22)* HARRIS et al., *J. Nutr.*, **46**, 459 (1952).

* Die arithmetisch berechneten Mittelwerte sind **fett gedruckt;** Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

** Stickstoff der betreffenden Substanz mal 6,37.

*** Außerdem finden sich in reifer Muttermilch (mg/100 ml): Asparaginsäure 88,7–98,2, Glutaminsäure 197,0–200,0, Glycin 22,9–24,0, Alanin 35,5–40,6, Serin 46,6–50,8, Cystin 23,0, Prolin 83,8–87,6, Tyrosin 46,3–46,5, Ammoniak 28,1–33,6. (Nach SOUPART et al., *J. biol. Chem.*, **206**, 699 [1954]; in Übereinstimmung mit CHEUNG et al., *Pediatrics*, **12**, 353 [1953]).

† Nicotinsäure + Nicotinamid.

Chemische Zusammensetzung des Körpers und einiger Organe[1]

Für weitere Elemente siehe Elemententabelle, S. 209–229

100 g enthalten	Prozent am Gesamtkörpergewicht: Neugeborene	Erwachsene	Wasser	Fett: Total	Phosphatide	Sterine	Elemente: Natrium Na	Kalium K	Calcium Ca	Magnesium Mg	Chlor Cl	Phosphor P	Schwefel S	Mangan Mn	Blei Pb	Zinn Sn	Aluminium Al	Kupfer Cu	Silber Ag
			g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Gesamtkörper																			
Fötus 3–4 Monate	....	....	93	0,5	—	—	—	—	0,34	0,018	0,27	0,214	—						
Fötus 5 Monate	....	....	91	1,2	—	—	0,258	0,20	0,59	0,021	0,25	0,358	0,148						
Fötus 6 Monate	....	....	87	2,5	—	—	0,216	0,162	0,62	0,021	0,25	0,382	0,18						
Fötus 7 Monate	....	....	86	2,5	—	—	0,214	0,188	0,62	0,022	0,26	0,382	0,153						
Frühgeburt 7. Monat	....	....	85	3,0	—	—	0,242	0,171	0,75	0,022	0,27	0,382	—						
Neugeborene	....	....	80	12,0	—	—	0,178	0,19	0,92	0,027	0,20	0,54	0,246						
Erwachsene	....	....	72	18,0	—	—	0,109	0,265	2,01	0,036	0,156	1,16	0,196						
Organe des Erwachsenen																			
Muskel	25,1	43,0	79	7,5	1	0,15/0,06[4]	0,072	0,36	0,007	0,023	0,066	0,22	0,25	0,05	0,01	0,011	0,015	0,125	0,00
Skelett	13,7	17,5	44	10,0	0,3	—	0,18	0,061	11,0	0,105	0,19	5,05	—	0,3/0,17[1]	1,88/0,47[1]	0,08/0,05[1]	0,5/0,24[1]	1,19/0,41[1]	0,00/0,011
Blutserum	6,5	7,0	92	0,6	0,3	0,21	0,335	0,02	0,011	0,003	0,37	0,015	0,0001	0,015	0,025	0,012	0,013	0,185–0,229	—
Blutkörperchen			65	0,6			0,023	0,42	—	0,006	0,193	0,10	0,0001					—	—
Haut	19,7[2]	26,3[2]	73	15,0	0,3	1,4	0,16	0,107	0,020	0,014	0,30	0,065	—	—	—	0,5—1,0	—	—	—
Gehirn	12,3	2,2	90	12,6	9,0/4,0[3]	4,0/1,0[3]	0,17	0,33	0,012	0,016	0,15	0,38	0,13	0,03	0,013	0,00	0,004	0,40	0,003
Leber	4,6	2,7	79	21,3	2,5	0,35	0,19	0,215	0,012	0,022	0,16	0,21	0,19	0,205	0,13	0,06	0,16	0,71	0,005
Darm	2,1	2,2	85	6,5	1	—	—	0,29	0,014	0,008	0,065	0,10	0,12	0,035	0,023	0,016	0,087	0,11	0,002
Lungen	1,8	1,5	78	1,7	1,5	0,375	0,25	0,15	0,017	0,007	0,26	0,12	0,127	0,022	0,028	0,045	5,94	0,11	0,004
Nieren	0,8	0,5	80	5,2	2,5	0,43	0,175	0,175	0,02	0,021	0,22	0,14	—	0,06	0,027	0,02	0,042	0,166	0,00
Herz	0,8	0,5	77	8,3	1,5	—	0,185	0,25	0,01	0,017	0,135	0,27	—	0,032	0,038	0,022	0,056	0,19	0,00
Milz	0,3	0,2	77	3,0	1	0,25	—	—	0,01	0,015	0,16	0,38	0,17	0,022	0,03	0,022	0,13	0,085	0,00
Pancreas	0,1	0,1	80	10,5	2	0,31	0,087	0,226	0,017	0,019	0,18	0,34	—	0,115	—	—	—	—	—
Schilddrüse	—	—	75	4,4	—	—	—	—	0,034	0,01	0,18	0,34	—	Jod 7–180 mg					
Testes	—	—	—	4,5	2	—	—	—	0,009	0,01	0,24	—	—						
Uterus	—	—	—	—	—	—	0,145	0,145	0,022	0,016	0,26	0,057	—						
Nebennieren	—	—	—	—	2	5,0	—	0,103	0,016	0,01	0,24	—	—						

[1] Erster Wert: lange Knochen; Zweiter Wert: Rippenknochen
[2] Haut und Subkutangewebe
[3] Erster Wert: weiße Substanz; Zweiter Wert: graue Substanz
[4] Erster Wert: glatte Muskulatur; Zweiter Wert: gestreifte Muskulatur

1) Nach Shohl, A. T., *Mineral Metabolism*, American Chemical Society, Monograph Series, Nr. 82, New York (1939); Kehoe et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940); Grosse-Brockhoff, F., *Einführung in die pathologische Physiologie*, Berlin (1950); Everett, M. R., *Medical Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1946); Tompsett, R., *Biochem. J.*, **28**, 1544 (1934).

Wenn nichts anderes vermerkt, beziehen sich die angegebenen Werte auf den unstimulierten Gesamtspeichel, der bei einem gesunden Erwachsenen morgens nüchtern gewonnen wurde (Total-Ruhespeichel). Wenn in der verwendeten Literatur von «Speichel» ohne nähere Präzisierung die Rede war, nahmen wir an, es handle sich dabei um den Total-Ruhespeichel.

Normalwerte in mg/100 ml, wenn nichts anderes angegeben

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Aussehen		Siehe unter Bemerkungen			Farblos, durchsichtig oder durchscheinend, ein wenig fadenziehend, von geringer Viskosität und fadem Geschmack.
Täglich produzierte Menge	—	1–2 Liter	—	Hoppe-Seyler[1], S. 357.	Die Speichelsekretion setzt nie ganz aus. Sie beträgt zwischen den Mahlzeiten beim Erwachsenen etwa 15 ml/h (Houssay et al., *Physiologie humaine*, Paris [1950], S. 479), beim Säugling etwa 4 ml/h (Hungerland et al., *Klin. Wschr.*, **33**, 44 [1955]).
Wasser	99,5 %	—	—		
Spezifisches Gewicht	—	1,002–1,008	—	Hoppe-Seyler[1], S. 358.	
Gefrierpunktserniedrigung	—	0,2–0,4 °C	—	Hoppe-Seyler[1], S. 358.	
pH					
Erwachsene	**5,97**	*5,17–6,77*	0,40	Oster et al., *J. appl. Physiol.*, **6**, 348 (1953).	Mittelwert aus 385 Messungen an 195 Personen. Gewisse Autoren geben weitere Grenzen an: 3,25–8,0 (Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia [1950], S. 699).
Kinder	**7,32**	*6,40–8,24*	0,46	Turner et al., *J. dent. Res.*, **33**, 55 (1954).	Mittelwert aus Messungen an 315 Kindern, von denen manche Karies aufwiesen.
Mucin	—	bis 200	—	Hoppe-Seyler[1], S. 361.	Das Mucin gehört zu den Glycoproteinen. Es enthält die spezifischen Substanzen der Blutgruppen, die man im Speichel findet.
Totalproteine	**262**	*0–538*	138	Drevon und Donikian, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **150**, 1206 (1956).	Messungen am *Parotis*speichel von 25 gesunden Personen.
Reststickstoff	—	17–58	—	Hoppe-Seyler[1], S. 360.	
Ammoniak	—	2–10	—	Hoppe-Seyler[1], S. 358.	
Aminosäuren	—	Siehe unter Bemerkungen	—		Woldring, M. G., *J. dent. Res.*, **34**, 248 (1955), hat im paraffinstimulierten Totalspeichel die folgenden freien Aminosäuren gefunden: Taurin, Asparaginsäure, Threonin, Serin, Glutaminsäure, Prolin, Glycin, Alanin, Cystin, Valin, Methionin, Isoleucin, Leucin, Tyrosin, Phenylalanin, Histidin, Lysin und Arginin. Kirch et al., *J. dent. Res.*, **26**, 297 (1947), kamen zu ähnlichen Ergebnissen: Sie fanden zusätzlich Tryptophan, jedoch weder Taurin noch Alanin oder Asparaginsäure. Nach Turner und Crowell, *J. dent. Res.*, **26**, 99 (1947), enthält der Speichel von Personen, die Karies aufweisen, kein Tryptophan; Kirch et al., *J. dent. Res.*, **26**, 297 (1947), sind nicht dieser Ansicht: Sie fanden bei Gesunden wie bei Kariesbefallenen denselben Gehalt an Aminosäuren im Speichel.
Harnstoff					
Erwachsene	—	75–90 % des Gehaltes im Blut	—	Hoppe-Seyler[1], S. 361.	
Kinder	—	20–36	—	Scarpulla, G., *Riv. Clin. pediat.*, **31**, 811 (1933).	
Harnsäure	1,5	—	—	Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 697.	
Zucker	(Null)	—	—		Die Ansichten über den Zuckergehalt im Speichel sind sehr widersprechend. Siehe besonders Hoppe-Seyler[1], S. 361.
Milchsäure	—	2,5–10,0	—	Mittelwerte aus der Literatur; siehe besonders Hoppe-Seyler[1], S. 361.	
Citronensäure	—	bis 1,92	—	Zipkin und McClure, *J. dent. Res.*, **28**, 613 (1949).	Nach Hoppe-Seyler[1], S. 361, steigt der Gehalt an Citronensäure im Speichel mit dem Alter etwas an.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) Hoppe-Seyler und Thierfelder, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Speichel (Fortsetzung)

Normalwerte in mg/100 ml, wenn nichts anderes angegeben

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Enzyme					Die hier angeführten Enzyme wurden alle in reinem, katheterisiertem Speichel gefunden. Der Totalspeichel enthält stets abgestorbene Epithelialzellen, Bakterien und Leucocyten, die ihrerseits reich an verschiedenen Enzymen sind (Lipase, Proteinase, Peptidase usw.). – Weiteres über Enzyme siehe S. 361–364.
α-Amylase (Ptyalin)	—	0–300 und mehr (siehe unter Bemerkungen)	—	CLAYCOMB et al., *J. dent. Res.*, **35**, 391 (1956).	Die Autoren haben den Speichel von 1228 Personen untersucht, und zwar mit einer Methode, die ihnen erlaubte, die Resultate direkt in Milligramm α-Amylase anzugeben (für Einzelheiten sei auf die Originalpublikation verwiesen). Bei 55% der Untersuchten schwankte der α-Amylase-Gehalt im Speichel zwischen 0 und 150 mg/100 ml, bei 31% zwischen 150 und 300 mg/100 ml, bei den restlichen 14% schließlich war der Gehalt über 300 mg/100 ml. – Der Parotisspeichel ist wesentlich reicher an Ptyalin als der anderer Drüsen (SCHNEYER, L. H., *J. appl. Physiol.*, **9**, 453 [1956]).
Histamin	14,56 µg pro 100 ml	10,65–18,10 µg pro 100 ml	—	SANDERS, S. G., *J. oral Surg.*, **13**, 193 (1955).	Mittelwert aus 48 Messungen an 24 gesunden Personen. Keine wesentlichen Schwankungen im Laufe des Tages.
Vitamine					
Vitamin C	**0,218**	*0,058–0,378*	0,080	HESS und SMITH, *J. dent. Res.*, **28**, 507 (1949).	Der Mittelwert von Bestimmungen, die an 54 Personen mit Karies durchgeführt wurden, unterscheidet sich nicht signifikant vom Normalmittelwert, wie er nebenstehend gegeben wird.
Weitere Vitamine		Siehe unter Bemerkungen			GLAVIND et al., *Int. Z. Vitaminforsch.*, **20**, 234 (1948), weisen im Speichel die folgenden weitern Vitamine nach: B_1, B_2, B_6, Nicotinsäure, Pantothensäure, Folsäure und Biotin.
Chloride					
Erwachsene	**102,8**	*40,4–165,2*	31,2	WHITE et al., *J. clin. Invest.*, **34**, 246 (1955).	Mittelwert von 73 gesunden Personen. – THAYSEN et al., *Amer. J. Physiol.*, **178**, 155 (1954), haben gezeigt, daß der Chloridgehalt des Speichels je nach dem Minutenvolumen schwankt: Bei einer Sekretion von 0,31 ml/min fanden sie 35,5 mg/100 ml, bei einer solchen von 3,66 ml/min ergab sich ein Gehalt von 152,5 mg/100 ml.
Kinder	**57,62**	*24,78–90,46*	16,42	ANDERS, J. T., *J. appl. Physiol.*, **8**, 659 (1956).	Messungen an 431 Kindern.
Phosphor				LURA, H. E., *J. dent. Res.*, **26**, 203 (1947).	
Total	**20,4**	*12,0–28,8*	4,2		Mittelwert von 120 Männern, Frauen und Kindern ohne Karies.
Organischer Phosphor ..	**5,5**	*0–13,3*	3,9		Mittelwert von 50 Männern, Frauen und Kindern ohne Karies.
Anorganischer Phosphor	**14,9**	*8,1–21,7*	3,4		Mittelwert von 180 Männern, Frauen und Kindern ohne Karies.
Schwefel	7,6	—	—	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 697.	
Kalium	**77,0**	*46,4–107,6*	15,3	WHITE et al., *J. clin. Invest.*, **34**, 246 (1955).	Mittelwert von 73 gesunden Personen. Die von THAYSEN et al., *Amer. J. Physiol.*, **178**, 155 (1954), und PRADER et al., *Helv. paediat. Acta*, **10**, 29 (1955), genannten Werte stimmen mit diesen Angaben überein. – Der Kaliumgehalt des Speichels wechselt im Laufe des Tages: Er ist morgens in der Regel am niedrigsten und erreicht sein Maximum im Laufe des Nachmittags (DE TRAVERSE und COQUELET, *C. R. Soc. Biol. [Paris]*, **146**, 1099 [1952]). Er ist eindeutig höher als im Blutplasma und unabhängig sowohl vom Alter (beim Erwachsenen) und Geschlecht als auch von der Stimulationsmethode und der Sekretionsgeschwindigkeit (PRADER et al., *Helv. paediat. Acta*, **10**, 29 [1955]). Der Kaliumgehalt des Speichels ist bei *Kindern* höher als bei Erwachsenen (HUNGERLAND et al., *Klin. Wschr.*, **33**, 44 [1955]). – Siehe auch unter Natrium und Natrium-Kalium-Quotient.
Natrium	Schwankt je nach der Sekretionsgeschwindigkeit (siehe unter Bemerkungen)				PRADER et al., *Helv. paediat. Acta*, **10**, 29 (1955), haben festgestellt, daß der Natriumgehalt im Speichel mit der Sekretionsgeschwindigkeit steigt. Sie geben folgende Gleichung: y (Milligramm Natrium pro 100 ml) $= 18{,}19\,x + 19{,}04$, wobei x das Minutenvolumen in Milliliter bedeutet; der Korrelationskoeffizient r ist $= 0{,}72$. Für $x = 0{,}25$ (Ruhespeichel) ergibt sich $y = 23{,}6$ mg/100 ml; für $x = 1$ ist $y = 37{,}2$; für $x = 2$ ist $y = 55{,}4$; für $x = 3$ ist $y = 73{,}6$ usw. – Der Natriumgehalt des Speichels schwankt übrigens je nach der Tageszeit: Er ist in der Regel morgens am höchsten und erreicht den Tiefpunkt im Laufe des Nachmittags, also gerade umgekehrt wie beim Kalium (DE TRAVERSE und COQUELET, *C. R. Soc. Biol. [Paris]*, **146**, 1099 [1952]). Er ist eindeutig niedriger als im Blutplasma und unabhängig vom Alter (beim Erwachsenen), vom Geschlecht und von der Stimulationsmethode (PRADER et al., *Helv. paediat. Acta*, **10**, 29 [1955]). Der Natriumgehalt des Speichels ist bei *Kindern* höher als bei Erwachsenen (HUNGERLAND et al., *Klin. Wschr.*, **33**, 44 [1955]). – Siehe auch unter Kalium und Natrium-Kalium-Quotient.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in mg/100 ml, wenn nichts anderes angegeben

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Natrium-Kalium-Quotient		Siehe unter Bemerkungen			Die überwiegende Zahl der Autoren nimmt an, daß das Verhältnis der Natrium- zur Kaliumkonzentration im Speichel in irgendeiner Weise an die Funktion des Hypophysenvorderlappen-Nebennierenrinden-Systems gebunden ist. Beim Gesunden sind die Werte des Natrium-Kalium-Quotienten in der Regel morgens am höchsten, sie erreichen im Laufe des Nachmittags den Tiefpunkt und steigen abends wiederum an (GRAD, B., *J. Geront.*, **9**, 276 [1954]). Da der Kaliumgehalt des Speichels von der Sekretionsgeschwindigkeit unabhängig ist, während der Natriumgehalt sich proportional dazu verhält, muß auch der Natrium-Kalium-Quotient mit der Sekretionsgeschwindigkeit ansteigen, wie PRADER et al., *Helv. paediat. Acta*, **10**, 29 (1955), gezeigt haben. Die Autoren geben folgende Gleichung: $y = 0{,}48\ x + 0{,}38$, wobei x das Minutenvolumen in Milliliter und y der Wert des Natrium-Kalium-Quotienten ist, wenn die Konzentration der Elemente in Millival pro Liter gegeben ist. Für $x = 0{,}25$ (Ruhespeichel) ergibt sich $y = 0{,}50$; für $x = 1$ ist $y = 0{,}86$; für $x = 2$ ist $y = 1{,}34$; für $x = 3$ ist $y = 1{,}82$ usw. Die gleichen Autoren stellen auch fest, daß der Wert des Natrium-Kalium-Quotienten unabhängig ist von Alter, Geschlecht und Stimulationsmethode. Nach THORN et al., *Amer. J. Med.*, **10**, 595 (1951), tritt der für Nebennierenrindeninsuffizienz charakteristische und vor allem bei ADDISONscher Krankheit beobachtete Anstieg des Natrium-Kalium-Quotienten nicht in Erscheinung, wenn der Natriumgehalt im *Serum* unter 300 mg pro 100 ml bleibt.
Bicarbonate ..... (in Vol. % CO_2)	5,5 Vol.%	—	—	SAND, H. F., *J. appl. Physiol.*, **4**, 66 (1951).	Der Bicarbonatgehalt des Speichels variiert mit der Sekretionsgeschwindigkeit. Er kann im Reizspeichel bis zu 80 Vol.% steigen. – Nach LILIENTHAL, B., *J. dent. Res.*, **34**, 516 (1955), beruht das Pufferungsvermögen des Speichels vor allem auf der Anwesenheit der Bicarbonate und, in geringerem Grade, der Phosphate; die andern Bestandteile des Speichels, selbst das Mucin, spielen in dieser Hinsicht keine Rolle.
Calcium	—	4,5–10	—	Mittelwerte aus der Literatur; siehe besonders HOPPE-SEYLER[1], S. 358, und SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 697.	
Cobalt	7,04 µg pro 100 ml	—	—	DREIZEN et al., *J. dent. Res.*, **31**, 137 (1952).	Diese Autoren haben 37 Speichelproben untersucht: nur 10 davon enthielten Cobalt (in der nebenstehend angegebenen durchschnittlichen Menge). Diese Konzentration genügt in vitro nicht, um das Wachstum von *Lactobacillus acidophilus* zu verhindern.
Kupfer	25,60 µg pro 100 ml	—	—	DREIZEN et al., *J. dent. Res.*, **31**, 137 (1952).	Durchschnittswert von 48 zufällig untersuchten Personen, ohne Berücksichtigung des Zustandes ihrer Zähne. Nach diesen Autoren ist der Kupfergehalt des Speichels 25–30mal höher als der des Plasmas. Er genügt in vitro nicht, um das Wachstum von *Lactobacillus acidophilus* zu verhindern.
Magnesium	—	0,5–1,0	—	Mittelwerte aus der Literatur; siehe besonders HOPPE-SEYLER[1], S. 358, und SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 697.	
Brom	—	0,02–0,71	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 359.	
Fluor	—	10–20 µg pro 100 ml	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 359.	
Jod	10,2±5 µg pro 100 ml	3,5–24,0 µg pro 100 ml	—	BRUGER et al., *J. Lab. clin. Med.*, **26**, 1942 (1941), zitiert nach HOPPE-SEYLER[1], S. 359.	
Rhodan	—	11,7–33,0	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 358.	Der Rhodangehalt des Speichels ist bei Rauchern und bei Schwangeren höher als bei anderen Personen. Die funktionelle Bedeutung dieses Anions ist noch unklar.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte des Nüchternmagensaftes, wenn nichts anderes vermerkt. Definition des Normalbereiches siehe Fußnote auf S. 488

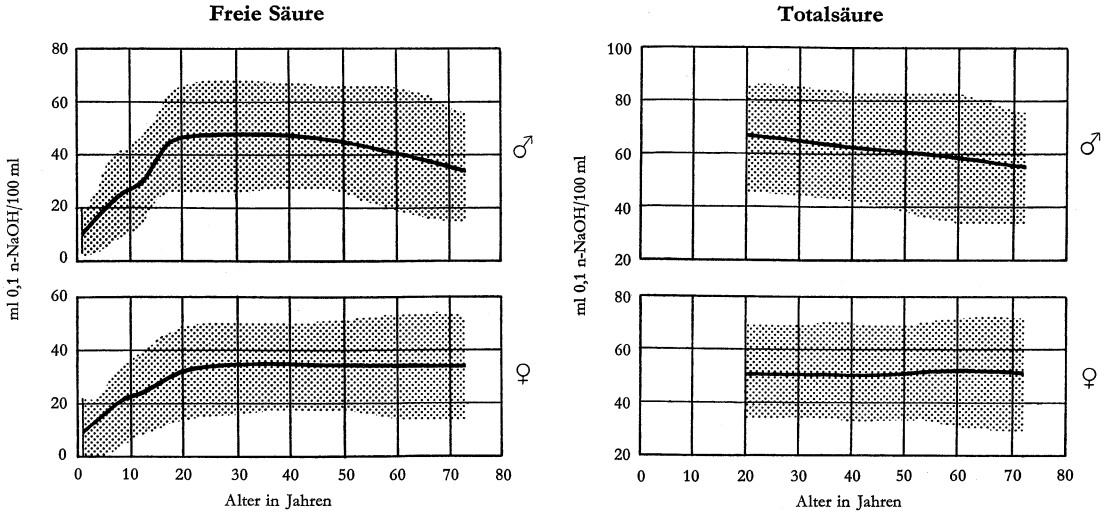
	Normalwerte	Literatur	Bemerkungen
Farbe	Perlgrau oder farblos		Der Magensaft kann gelblich oder grünlich gefärbt sein, wenn er Galle enthält, mehr oder weniger intensiv rot, wenn er frisches Blut, braunschwarz, wenn er altes Blut enthält. – Spuren frischen *Blutes* können durch ein Intubationstrauma bedingt sein. Die Anwesenheit von *Galle* im Nüchternmagensaft oder nach einer Probemahlzeit ist von geringer diagnostischer Bedeutung; bei der fraktionierten Ausheberung dagegen sollte der Magensaft nach der ersten Ausheberung keine Galle mehr enthalten.
Geruch	Keinen oder säuerlich und durchdringend		Bei fötidem Geruch ist der Magensaft pathologisch.
Spezifisches Gewicht	1,004–1,010		
Gefrierpunktserniedrigung	0,30–0,82 °C		
Täglich produzierte Menge	2–4 Liter		Entgegen früheren Behauptungen setzt die Produktion von Magensaft nachts nicht völlig aus; in der Regel enthält das Sekret zwischen 3 und 7 Uhr morgens keine Säure mehr (PAPAYANNOPOULOS et al., *Amer. J. dig. Dis.*, **21**, 41 [1954], und PERRY et al., *Proc. Soc. exp. Biol. [N.Y.]*, **92**, 237 [1956]). Menge nach *Histamin*injektion (0,25–0,5 mg s.c.): bis 70 ml während 10 min nach der Injektion; während 2 Stunden nach der Injektion insgesamt 150–200 ml. Siehe auch die folgenden Seiten.
Restvolumen			
Erwachsene	40–50 ml durchschnittlich		Übersteigt dieses Volumen 100 ml, so weist das auf Hypersekretion, Retention oder Rückfluß von Duodenalsaft hin.
Kinder	0,4–80 ml 80% zwischen 0,1 und 10 ml	WOLMAN, I. J., *Amer. J. Dis. Child.*, **71**, 394 (1946).	
Proteine	Mittelwert **214,1** mg/100 ml Standardabweichung 64,7 mg pro 100 ml Normalbereich *84,7–343,5* mg pro 100 ml	TEICHMANN, W., *Z. ges. inn. Med.*, **7**, 908 (1952).	Die von RICHMOND et al., *Gastroenterology*, **29**, 1017 (1955), und von GILLIGAN et al., *J. nat. Cancer Inst.*, **12**, 657 (1951), gegebenen Werte stimmen mit diesen Angaben überein.
Stickstoff, total	67,58 mg/100 ml	NORPOTH, L., *Klin. Wschr.*, **26**, 406 (1948).	Mittelwert von 59 Gesunden.
Reststickstoff	24–47 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	
Histamin	0,7–4,8 µg/100 ml	FAREDIN et al., *Gastroenterologia (Basel)*, **79**, 185 (1953).	
Harnsäure	0,8–2,0 mg/100 ml		
Hexosen (total)	32,1 mg/100 ml	RICHMOND et al., *Gastroenterology*, **29**, 1017 (1955). — Mittelwert von 16 Fällen	Diese Autoren stellen fest, daß bei Magenkarzinom und perniziöser Anämie der Gehalt an Hexosen im Magensaft steigt. Zur Chemie der Sialsäure siehe BLIX et al., *Nature*, **175**, 340 (1955).
Hexosamine	32,7 mg/100 ml	Mittelwert von 10 Fällen	
Sialsäure	7,31 mg/100 ml	Mittelwert von 13 Fällen	
Glucuronsäure	2,0 mg/100 ml	Mittelwert von 12 Fällen	
Milchsäure	Null		Milchsäure entsteht durch Gärungen, die nur möglich sind, wenn wenig oder keine freie Salzsäure vorhanden ist.
Mucus	Spuren		Hängt von der Menge des geschluckten Speichels ab.
Enzyme	—		Im normalen Magensaft finden sich: zwei proteolytische Enzyme, das Pepsin (optimale Wirkung etwa bei pH 2) und das Kathepsin (optimale Wirkung etwa bei pH 4,7), eine Lipase (auf alle Fälle bei Kindern) und Lysozym (RICHMOND et al., *Gastroenterology*, **29**, 1017 [1955]). Daß der Magen Labferment produziert, wurde nie unwiderleglich nachgewiesen: die Ansichten hierüber gehen sehr auseinander. Dagegen steht fest, daß auch Pepsin die Milch zum Gerinnen zu bringen vermag. – MARTIN, L., *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **52**, 166 (1933), hat die Anwesenheit von Urease im Magensaft festgestellt. – Weiteres über Enzyme siehe S. 382–394.
pH	1,2 ± 0,3 1,7 ± 0,1	EVERETT, M. R., *Medical Biochemistry*, 2. Aufl., New York 1946).	Der erste Wert bezieht sich auf reinen, durch eine Magenfistel entnommenen Saft; der zweite auf solchen, der 1 Stunde nach einer EWALDschen Probemahlzeit (2 Scheiben trockenes Brot und 2 Glas Wasser) gewonnen wurde. — Bei Kindern liegen die pH-Werte im Mittel etwas höher.

Normalwerte des Nüchternmagensaftes, wenn nichts anderes vermerkt

	Normalwerte	Literatur	Bemerkungen
Gesamtacidität	2–80, in der Regel 10–50 (diese Ziffern bezeichnen die Anzahl Milliliter einer 0,1 n-NaOH-Lösung, die nötig sind, um 100 ml Magensaft zu neutralisieren)	HARRISON, G. A., *Chemical Methods in Clinical Medicine*, London (1947), S. 454.	Beim Gesunden variiert die Gesamtacidität einerseits je nach Alter und Geschlecht (vgl. die folgenden Seiten), anderseits je nach der Tageszeit: Sie ist gegen 18 Uhr am höchsten; man kann um diese Zeit eine gewisse Acidität selbst bei Patienten feststellen, die am Morgen eine histaminrefraktäre Achylie aufwiesen (SCHUNK und SCHMITT, *Dtsch. med. Wschr.*, **80**, 347 [1955]). Siehe auch die Bemerkungen unter «Täglich produzierte Menge», S. 490.
Freie Salzsäure	0–66, durchschnittlich 32 mval/l	Nach BERNSTEIN, R. E., *J. Lab. clin. Med.*, **40**, 707 (1952).	Die von HARRISON, G. A., loc. cit., genannten Werte stimmen mit diesen Angaben überein (vgl. auch die folgenden Seiten). – Beim Histamintest (kontraindiziert bei Allergikern) erreicht die freie Salzsäure ihr Maximum 30–60 min nach der Injektion. Man kann die Anwesenheit oder das Fehlen freier Salzsäure im Magen nachweisen, indem man die Versuchsperson ein synthetisches Harz einnehmen läßt, welches das Chinin bindet: wenn das Milieu genügend sauer ist, verdrängen die H^+-Ionen das Chinin, worauf sich dieses im Urin schon etwa 15 min nach der Einnahme auszuscheiden beginnt. Mit dieser Methode lassen sich zur Zeit nur qualitative Angaben erhalten. Siehe darüber auch HARKNESS und DURANT, *J. clin. Path.*, **6**, 178 (1953).
Chloride	500–600 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	Außer Salzsäure gehören dazu NaCl, KCl und NH_4Cl.
Ammoniak	0,5–4,0 mg/100 ml	STREHLER, E., *Helv. med. Acta*, **22**, 83 (1955).	
Calcium	4,0–9,6, Mittel 7,2 mg/100 ml	BERNSTEIN, R. E., *J. Lab. clin. Med.*, **40**, 707 (1952).	
Eisen	0,3 mg/100 ml	RECHENBERGER, J., *Z. ges. inn. Med.*, **2**, 764 (1947).	Es handelt sich um zweiwertiges Eisen.
Schwefelwasserstoff ...	Kleine Mengen	CHRISTENSEN und WONG, *Proc. Soc. exp. Biol. (N. Y.)*, **47**, 54 (1941).	
Kalium	14,1–138,8 mg/100 ml	HOLLANDER, F., *Fed. Proc.*, **11**, 706 (1952).	
Natrium	43,0–160,0 Mittel 112,7 mg/100 ml	BERNSTEIN, R. E., *J. Lab. clin. Med.*, **40**, 707 (1952).	Durchschnitt der Nüchternwerte von 50 Gesunden.
Rhodan	Null	TEICHMANN, W., *Dtsch. Z. Verdau.- u. Stoffwechselkr.*, **13**, 203 (1953).	Wenn der Magensaft Rhodan enthält, so ist er mit Speichel vermischt.

Normalbereich und Mittelwert für freie und Totalsäure

Nach VANZANT et al., *Arch. intern. Med.*, **49**, 345 (1932)



Normale Mittelwerte und Standardabweichung für freie und Totalsäure, Volumen und Achlorhydrie bei Erwachsenen

Nach VANZANT et al., *Arch. intern. Med.*, **52**, 616 (1933) (3764 normale Personen; Testmahlzeit waren 400 ml Wasser und 8 Pfeilwurz-Biskuits)

Alter in Jahren	Männer								Frauen							
	Freie Säure ml 0,1 n-NaOH/100 ml		Totalsäure ml 0,1 n-NaOH/100 ml		Volumen ml		Achlorhydrie %		Freie Säure ml 0,1 n-NaOH/100 ml		Totalsäure ml 0,1 n-NaOH/100 ml		Volumen ml		Achlorhydrie %	
	Mittel	Standardabweichung	Mittel	Standardabweichung	Mittel	Standardabweichung	Absolut	Scheinbar	Mittel	Standardabweichung	Mittel	Standardabweichung	Mittel	Standardabweichung	Absolut	Scheinbar
20–24	46,7	16,5	63,5	16,5	118,0	49,5	....	....	32,0	14,5	49,7	14,5	100,5	39,0	2,0	3,0
25–29	47,0	17,0	63,0	16,2	116,5	50,5	....	2,0	33,0	14,0	50,0	14,2	100,0	39,0	4,5	6,5
30–34	47,0	16,7	62,5	16,2	113,5	50,0	3,0	5,2	33,0	13,7	50,5	14,7	99,0	39,0	7,3	10,0
35–39	47,0	16,5	61,7	16,4	109,5	48,5	6,3	8,5	33,0	14,0	50,5	15,1	97,7	39,0	10,0	13,5
40–44	46,5	16,5	60,7	17,2	105,0	46,0	9,5	11,7	33,0	13,8	50,5	15,2	96,0	39,0	12,7	17,0
45–49	45,5	16,7	59,5	18,4	101,0	43,0	12,7	15,0	33,0	13,5	50,5	14,2	94,0	38,5	14,5	20,5
50–54	43,7	17,6	58,3	19,1	97,5	41,0	16,0	18,5	33,0	14,0	50,5	14,7	92,0	37,5	18,2	24,0
55–59	41,5	18,7	57,0	19,2	95,0	42,0	19,3	21,5	33,5	15,0	50,5	15,3	89,5	37,0	21,0	27,5
60–64	39,3	19,4	55,5	18,8	93,5	45,0	22,0	25,0	33,5	16,0	50,5	16,0	87,0	36,0	23,5	31,0
65–69	37,3	18,5	53,7	17,5	92,0	47,0	22,5	26,0	33,5	16,0	50,5	16,7	84,0	35,0	26,3	31,5
70–79	33,5	17,0	50,5	16,7	91,0	50,5	17,0	21,0	33,5	15,2	50,5	17,2	79,0	33,0	24,0	28,7

Normalwerte für Basalsekretion pro Minute, freie und Totalsäure bei Kindern nach Histamininjektion

Nach WOLMAN, I. J., *Amer. J. med. Sci.*, **207**, 782 (1944)

Alter	Basalsekretion pro Min. ml	Freie Säure ml 0,1 n-NaOH/100 ml	Totalsäure ml 0,1 n-NaOH/100 ml	pH
Frühgeburten	0,12–0,15	0	0– 8	4,7
Neugeborene	0,20–0,45	0– 20	15– 40	2,3–3,6
2 Wochen bis 6 Monate	0,25–1,10	0– 59	5– 71	1,5–3,4
7 bis 12 Monate	0,40–1,50	12– 80	25–105	1,5–2,2
1 bis 2 Jahre	0,70–1,80	15– 95	26–106	1,2–2,0
2 bis 5 Jahre	0,50–2,20	20– 90	38–102	1,4–2,0
5 bis 10 Jahre	0,10–3,30	53–113	61–145	1,4–2,0
10 bis 15 Jahre	2,70–3,60	49–115	61–128	1,4–2,0

Charakteristika des Magensaftes bei verschiedenen Krankheiten

Modifiziert nach HARRISON, G. A., *Chemical Methods in Clinical Medicine*, 3. Aufl., London (1947)

	Normal		Ulcus ventriculi		Ulcus duodeni		Karzinom		Chron. Dyspepsie und/oder Gastritis		Perniziöse Anämie	
	ml 0,1 n-NaOH pro 100 ml	g/100 ml als HCl	ml 0,1 n-NaOH pro 100 ml	g/100 ml als HCl	ml 0,1 n-NaOH pro 100 ml	g/100 ml als HCl	ml 0,1 n-NaOH pro 100 ml	g/100 ml als HCl	ml 0,1 n-NaOH pro 100 ml	g/100 ml als HCl	ml 0,1 n-NaOH pro 100 ml	g/100 ml als HCl
Freie Salzsäure	0– 70	0,00–0,26	0– 70	0,00–0,26	0– 95	0,00–0,35	0– 70	0,00–0,25	0–70	0,00–0,25	0	0,00
Totalsäure	5–100	0,02–0,36	10–100	0,04–0,36	15–110	0,05–0,40	3– 80	0,01–0,29	3–55	0,01–0,20	0–40	0,00–0,15
Totalchloride	55–110	0,20–0,40	50–120	0,18–0,44	70–130	0,25–0,48	20–110	0,08–0,40	45–90	0,17–0,33	—	—
Anorganische Chloride	20– 50	0,07–0,18	10– 55	0,04–0,20	10– 65	0,04–0,24	10– 65	0,04–0,24	15–65	0,05–0,24	—	—
Bemerkungen zu den Säurewerten	Rund 4% der Gesunden weisen Achlorhydrie auf, 10% Hypochlorhydrie. Der Prozentsatz für Achlorhydrie steigt im Senium.		Keine charakteristischen Befunde.		In der Regel Hyperchlorhydrie, Hyperacidität und hohe Totalchloridwerte.		In der Regel Achlorhydrie, Hypoacidität und niedrige Totalchloridwerte.		Keine charakteristischen Befunde.		100% Achlorhydrie, in der Regel niedrige Säure- und Chloridwerte.	
Milchsäure	0		0		0		0 oder +		0 oder +		0 oder +	
Blut	0 oder + (Trauma)		0 oder +		0 oder +		0 oder +		0 oder +		oft +	
Galle	0 oder +		0 oder +		in der Regel +		0 oder +		0 oder +		0 oder +	
Volumen	20–100		40–150		30–110		10–500		20–200		5–50	
Leucocyten	+		+ bis ++		0 bis +		+ bis +++		+ bis +++		+ bis +++	
Erythrocyten	0 oder + (Trauma)		0 bis +++		0 bis +		0 bis +++		0 bis +		+ bis +++	
Epithelzellen (Schuppen ausgenommen)	0		+ bis ++		0 bis +		+ bis +++		+ bis ++		+ bis ++	
Tumorzellen	0		0		0		0 oder +		0		0	
Sarcinae	0		0 bis +		0		0 bis +++ in der Regel 0		0 bis ++		0	
BOAS-OPPLER-Bazillen	0		0		0		0 bis +++		0 bis +		0	
Stärke (von der EWALD-Testmahlzeit)	+		+		+		+		+		+	
Zellulose	0		0 bis +		0		0 bis +++		0 bis +++		0	

Magenentleerungszeit und Totalacidität bei verschiedenen Nahrungsmitteln

Nach HAWK et al., *Practical Physiological Chemistry*, 12. Aufl., Philadelphia (1947), S. 322

Nahrungsmittel 100-g-Portionen, wenn nichts anderes vermerkt	Zahl der Beobachtungen	Mittelwert der größten Totalacidität ml 0,1 n-NaOH/100 ml	Mittelwert der Entleerungszeit Stunden	Minuten
Brote und Cerealien	75	80	2	40
Cakes	29	90	3	00
Eier und Eierspeisen	90	80	2	40
Eiscreme	7	105	3	15
Fleisch				
Fisch	75	130	2	50
Huhn	20	125	3	15
Kalb	7	140	2	50
Rind	25	120	3	00
Schaf	14	135	3	00
Schwein	31	120	3	15
Truthahn	2	140	3	30
Gelatine (Früchte-)	5	70	2	00
Gemüse	124	75	2	15
Glaces	4	65	2	35
Joghurt	4	65	2	25
Torten	29	90	2	30
Milch				
Kuh 400 ml	50	100	2	30
Kuh 75 ml	3	45	1	15
Mensch 150 ml	5	60	1	40
Mensch 225 ml	2	90	2	25
Nüsse (25–50 g)	22	100	3	30
Pudding	23	90	2	20
Zucker und Bonbons	28	70	2	05

Pancreassaft

	Normalwerte	Literatur	Bemerkungen
Aussehen	Wäßrig, farblos oder leicht opaleszierend		Reiner Pancreassaft gilt im allgemeinen als farblos. Gewisse Autoren geben jedoch an, daß er leicht gelblich gefärbt sein kann, ohne deshalb Galle zu enthalten.
Täglich produzierte Menge	30–1770 ml, Mittel 700 ml	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 279.	Während des Tages setzt die Sekretion von Pancreassaft nie ganz aus, doch ist die Menge sehr unterschiedlich und kann bis auf ein paar Tropfen pro Minute sinken. GOETZE und PIECHOWSKI, *Z. ges. inn. Med.*, **7**, 1009 (1952), haben gezeigt, daß beim Gesunden die Sekretion rhythmisch verläuft, indem die von der Bauchspeicheldrüse produzierte Menge Saft stets nach 55–180 min einen Höchstwert erreicht. Injektionen von Secretin oder Pancreozym (Stimulationshormone, die von den Schleimhäuten des Duodenums und des ersten Abschnitts des Jejunums gebildet werden) bewirken reichliche Absonderung eines wäßrigen Saftes, der vor allem reich an Elektrolyten ist; Vagusreizung dagegen ergibt spärliche Mengen eines zähflüssigen, an Verdauungsfermenten reichen Saftes (SNYDER und LIUM, *Surg. Gynec. Obstet.*, **62**, 57 [1936]).
Wasser	98–99%		
Trockensubstanz	1–2 g/100 ml		
Spezifisches Gewicht	1,007–1,012	Mittelwerte aus der Literatur.	
Gefrierpunktserniedrigung	0,61–0,62°C		
pH	7,5–8,0	MILLER und WIPER[1].	Die Angaben in der Literatur sind ziemlich unterschiedlich. Je nach den Autoren schwankt der normale pH-Wert des Pancreassaftes zwischen 7,0 und 9,0. Siehe SNYDER und LIUM, *Surg. Gynec. Obstet.*, **62**, 57 (1936).
Totalproteine	190–340 mg/100 ml	MILLER und WIPER[1].	Nach DI SANT'AGNESE et al., *Pediatrics*, **19**, 252 (1957), sind die Mucoproteine des normalen Pancreassaftes fast immer wasserlöslich, während bei cystischer Pancreasfibrose sich oft ein wasserunlösliches Pancreas-Mucoprotein zeigt.
	480–530 mg/100 ml	BARTELHEIMER et al., *Klin. Wschr.*, **33**, 160 (1955).	
	1200 mg/100 ml	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 284.	
Albumin	60 mg/100 ml	MILLER und WIPER[1].	
Globulin	40 mg/100 ml	MILLER und WIPER[1].	

1) MILLER und WIPER, *Ann. Surg.*, **120**, 852 (1944). – Die Ergebnisse basieren auf der Untersuchung von drei Patienten mit externen Pancreasfisteln. Die Autoren betrachten die hier wiedergegebenen Werte als normal.

	Normalwerte	Literatur	Bemerkungen
Stickstoff			
Total-N	233 mg/100 ml	Mangeot et al., *Ann. Méd.*, **54**, 604 (1953).	Die Angaben basieren auf einem einzigen Fall.
Reststickstoff	14,3 mg/100 ml	Miller und Wiper [1].	
Harnstoff-N	5,0 mg/100 ml	Miller und Wiper [1].	Mangeot et al., *Ann. Méd.*, **54**, 604 (1953), geben einen rund 5mal höheren Wert an: 0,50 g Harnstoff pro Liter, was 23,3 mg Harnstoff-N pro 100 ml entspricht.
Ammoniak-N	10–15 mg/100 ml	Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 284.	
Harnsäure	0,2 mg/100 ml	Miller und Wiper [1].	
Cholesterin	Null	Miller und Wiper [1].	
Zucker	Null	Miller und Wiper [1].	
Pancreasfermente			Man nimmt allgemein an, daß der Pancreassaft bei cystischer Pancreasfibrose weder Trypsin noch Lipase oder Amylase enthalte (Jones, J. A., *J. Pediat.*, **49**, 672 [1956]). – Siehe auch S. 382–394.
Trypsin	> 100, Mittel 250 viskosimetrische Einheiten pro Milliliter	Di Sant'Agnese et al., *Pediatrics*, **19**, 252 (1957).	Bei cystischer Pancreasfibrose fällt dieser Wert auf Null.
Mineralische Bestandteile			
Calcium	4,4–6,4 mg/100 ml	Miller und Wiper [1].	
Kalium	20–60 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	Gewisse Autoren geben niedrigere Werte an (Tria und Fabriani, *Atti R. Accad. Ital.*, **2**, 381 [1941], zitiert nach Hoppe-Seyler [2], S. 389, geben 10,24 mg pro 100 ml), andere weit höhere (Mangeot et al., *Ann. Méd.*, **54**, 604 [1953], nennen 144 mg/100 ml).
Natrium	276–322 mg/100 ml	Cooke und Crowley, *New Engl. J. Med.*, **246**, 637 (1952).	
Bicarbonate	60–75 mval/l	Miller und Wiper [1].	Manche Autoren haben bedeutend niedrigere Werte gefunden: Lesser und Pareira, *Ann. Surg.*, **138**, 846 (1953), nennen 7,9 mval/l.
Chloride	213–284 mg/100 ml	Miller und Wiper [1].	
Kieselsäure	5,15 mg/100 ml	Hoppe-Seyler [2], S. 389.	
Magnesium	0,17 mg/100 ml	Hoppe-Seyler [2], S. 389.	
Schwefel	6,7 mg/100 ml	Hoppe-Seyler [2], S. 389.	
Sulfate	Null	Miller und Wiper [1].	

Darmsaft

Die Zusammensetzung des Darmsaftes von Gesunden ist kaum bekannt, da es praktisch kein Mittel gibt, den Saft rein zu gewinnen. Die hier angegebenen Werte stammen fast alle aus Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 243–248, sowie aus Hoppe-Seyler [2], S. 383–389.

			100 ml Darmsaft enthalten
Spezifisches Gewicht	1,005–1,010	Wasser	98 g
Gefrierpunktserniedrigung	0,62° C	Gelöste Substanzen	2 g
Täglich produzierte Menge	200 ml	Calcium	5–12,8, Mittel 7,7 mg
pH (nach Nahrungseinnahme):		Natrium	230–320 mg
Duodenum	4,7–6,5	Kalium	20–60 mg
Oberer Jejunumabschnitt	6,2–6,7	Phosphor	4,5–13,2, Mittel 6,8 mg
Unterer Jejunumabschnitt	6,2–7,3	NaCl	0,4–0,6 g
Ileum	6,1–7,3	$NaHCO_3$	0,1–1,2 g
Enzyme	Siehe S. 382–394	Proteine	0,8 g
		Stickstoff, total	35–200 mg

1) Miller und Wiper, *Ann. Surg.*, **120**, 852 (1944). – Die Ergebnisse basieren auf der Untersuchung von drei Patienten mit externen Pancreasfisteln. Die Autoren betrachten die hier wiedergegebenen Werte als normal.

2) Hoppe-Seyler und Thierfelder, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Definition des Normalbereichs siehe Fußnote auf S. 488

	Lebergalle	Literatur	Blasengalle	Literatur
Farbe	Goldgelb, gelborange		Braunschwarz oder braungrün	
Tagesmenge	700–1200 ml	*8*, S. 80	—	—
Spezifisches Gewicht	1,008–1,016	*12*	1,008–1,059	*11*
Gefrierpunktserniedrigung	0,56–0,61° C	*14*	—	—
pH	5,7–8,6	*8*, S. 80	Mittelwert **7,35** Standardabweichung 0,624 Normalbereich *6,10–8,60*	*5*
Wasser	97–98%	*14*	84%	*4*
Gallensäuren, total	1,24–1,72%	*6*, S. 264	2,3–7,7%	*13*
Gepaarte Gallensäuren	0,96–1,2%	*6*, S. 264	1,8–6,2%	*13*
Freie Gallensäuren	0,28–0,52%	*6*, S. 264	20%	*13*
Cholsäure	0,39–0,63%	*6*, S. 264	1,2–3,3%	*13*
Desoxycholsäure	0,85–0,88%	*6*, S. 264	1,1–4,3%	*13*
Gallensalze	0,5–1,8%	*10*	1,5–9,7%	*10*
Bilirubin	17–71 mg/100 ml	*11*	50–1000 mg/100 ml	*11*
Cholesterin*	86–176 mg/100 ml	*9*	100–900 mg/100 ml	*14*
Cholin, total	Mittelwert **57** mg/100 ml Standardabweichung 17,5 mg/100 ml Normalbereich *22,0–92,0* mg/100 ml	*1* und *2*	550 mg/100 ml	*1*
Mucin	—	—	1–4%	*6*, S. 276
Proteine	180 mg/100 ml	*1*	450 mg/100 ml	*1*
Gesamtstickstoff	77 mg/100 ml	*1*	490 mg/100 ml	*1*
Fettsäuren	0,02–0,14%	*6*, S. 264	80–1600 mg/100 ml	*6*, S. 275
	Mittelwert **269,3** mg/100 ml Standardabweichung 84,3 mg/100 ml Normalbereich *100,7–437,9* mg/100 ml	*1* und *2*	2400 mg/100 ml	*1*
Lecithine	250 mg/100 ml	*1*	350 mg/100 ml	*1*
Kohlenhydrate, total	61 mg/100 ml	*3*	239 mg/100 ml	*3*
Reduzierende Zucker	30 mg/100 ml	*1* und *3*	80 mg/100 ml	*1*
Basen	80–90 mval/l	*15*	280–300 mval/l	*15*
Bicarbonate	20–25 mval/l	*15*	8–12 mval/l	*15*
Calcium	8–11 mg/100 ml	*7*, S. 391	50–56 mval/l	*15*
Chloride	90–100 mval/l	*15*	16–19 mval/l	*15*
Phosphor	Mittelwert **14,8** mg/100 ml Standardabweichung 4,4 mg/100 ml Normalbereich *6,0–23,6* mg/100 ml	*1* und *2*	140 mg/100 ml	*1*

* Findet sich in unveresterter Form in der Galle.

1) Polonovski und Bourrillon, *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **34**, 703 (1952)
2) Polonovski und Bourrillon, *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **34**, 712 (1952)
3) Polonovski und Bourrillon, *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **34**, 720 (1952)
} oder nach den numerischen Angaben dieser Autoren berechnet.

4) Hammarsten, *O., Ergebn. Physiol.*, **4**, 1 (1905).

5) Errechnet nach den Angaben von Crawford und Brooke, *Lancet*, **1**, 1096 (1955).

6) Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950).

7) Hoppe-Seyler und Thierfelder, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

8) Popper und Schaffner, *Liver: Structure and Function*, New York (1957).

9) Jacobi et al., *Amer. J. dig. Dis.*, **9**, 264 (1942).

10) Lichtman, S. S., *Diseases of the Liver, Gallbladder and Bile Ducts*, Philadelphia (1942), S. 280.

11) Elton, N. W., *Amer. J. clin. Path.*, **6**, 81 (1936).

12) Brugsch und Horsters, *Z. ges. exp. Med.*, **38**, 367 (1923).

13) Colp und Doubilet, *Arch. Surg. (Chicago)*, **33**, 913 (1936).

14) Horrall, O. H., *Bile, its Toxicity and Relation to Disease*, Chicago (1938), zitiert nach Popper und Schaffner, *Liver: Structure and Function*, New York (1957), S. 80.

15) Walters und Snell, *Diseases of the Gallbladder and Bile Ducts*, Philadelphia (1940), zitiert nach Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 264 oder 275.

Tagesmenge

Erwachsene

Bei gemischter Kost	60 – 250 g
Bei vegetabilischer Kost	370 g
Bei Fleischkost	54 – 64 g
Bei längerem Fasten	9,5– 22 g
Pathologisch	500 –1200 g
Kinder	7 – 120 g

Wasserstoffionenkonzentration

In der Regel alkalisch oder neutral. – Hängt ab von der Nahrung, von der Schnelligkeit der Darmpassage, von der Intestinalflora usw. Beim Gesunden wurden Varianten von pH 4,6–8,8 beobachtet.

Zusammensetzung

Zellulose	2%	Trockengewicht
Muskelfasern, N-haltige Nahrungsmittelüberreste	2%	Trockengewicht
Verseifte und unverseifte Fette	6%	Trockengewicht
Nahrungsüberreste	10%	Trockengewicht
Bakterien	8%	Trockengewicht
Salze, Mucus, Stercobilin	7%	Trockengewicht
Feste Stoffe	25%	
Wasser	75%	
Urobilinogen[1]	30–200 mg/100 g	

Stickstoff

Der Stickstoffanteil beträgt etwa 0,25 g pro Tag (Nahrungsmittelüberreste, Bakterien, abgeschilferte Epithelien, Exsudate der Intestinalschleimhäute). – Bei Krankheiten ist der N-Gehalt oft stark erhöht (unvollkommene Verdauung, schlechte Resorption). Hohe Werte kommen vor allem bei manchen Diarrhöen und bei Pancreaskrankheiten vor.

Fette (in Prozent der Trockensubstanz)

Total	7,3–27,6%
Neutralfett	2,5–11,8%
Freie Fettsäuren	1 –10 %

Salze und Mineralien[2]

Substanz	Mittlere Gesamtausscheidung pro Tag	Vergleich zwischen der Ausscheidung im Harn und in den Fäces	
		Harn % der Gesamtausscheidung	Fäces % der Gesamtausscheidung
Chloride	0,09 g	98	2
Blei	0–0,4 mg	—	—
Kalium	0,47 g	79	21
Calcium	0,64 g	12	88
Magnesium	0,20 g	31	69
Natrium	0,12 g	95	5
Phosphor	0,51 g	57	43
Schwefel	0,13 g	83	17

Durchschnittliche Anzahl der Stuhlgänge pro Tag beim Säugling

Nach Gonce und Lewis, *Amer. J. Dis. Child.*, **80**, 274 (1950)

Tage	Brustmilch	Kuhmilch	Bestrahlte Trockenmilch
1	3,8	3,1	2,9
2	4,0	4,0	5,0
3	4,9	4,9	5,3
4	5,3	5,5	6,6
5	5,4	5,3	6,0
6	4,8	5,1	4,4
7	3,9	4,2	5,2
8	4,1	4,1	4,6
9	3,9	3,8	4,5
10	3,8	4,1	3,6
11	3,7	3,3	4,1
12	3,0	3,4	3,9
13	2,8	3,1	3,7
14	2,7	3,0	3,7
Wochen			
3	2,53	2,70	3,01
4	2,28	2,51	2,99
5	2,06	2,33	2,71
6	1,84	2,16	2,45
7	1,47	2,08	2,40
8	1,24	1,99	2,19
9	1,40	1,84	2,12
10	1,10	1,80	2,08
11	1,15	1,69	2,03
12	1,15	1,69	1,95
13	1,19	1,66	1,93

Farbe

Normal: *Braun*, vor allem durch Stercobilin; dunkler bei schlackenarmer animalischer, heller bei schlackenreicher vegetabilischer Kost. Nachdunkeln durch Oxydation an der Luft (Oxydation des Urobilinogens zu Urobilin). *Goldgelb* beim mit Muttermilch ernährten Säugling (unverändertes Bilirubin). *Grün* durch Chlorophyll (Spinat) und durch Biliverdin (veränderter Säuglingsstuhl). *Schwarz* durch Pflanzensäfte (Heidelbeeren), Kohle, Eisen (Eisensulfid). *Pechschwarz* bei hohem Hämatingehalt (Blutwurst, bei Blutungen im Magen und in oberen Darmabschnitten). *Hellgrau* durch unresorbierte Fette bei mangelnder Gallenausscheidung (Neutralfette, Kalkseifen).

Einfluß von Medikamenten auf die Kotfarbe

Medikament	Dosis, die eine abnorme Färbung bewirkt	Farbe
Wismut	5 g	Schwarz
Kalomel	130–140 mg	Grün
Eisen	65–70 mg	Grauschwarz, an der Luft nachdunkelnd
Methylenblau	130–140 mg	Blau, besonders nach Kontakt mit der Luft
Mangandioxyd	130–140 mg	Dunkelbraun bis Schwarz
Hämatoxylin	1 g	Rötlichbraun
Rhabarberextrakt	2 ml	Gelb
Sennaextrakt	4 ml	Dunkelgelb
Santonin	65–70 mg	Dunkelgelb

1) Nach Steigmann und Dyniewicz, *Gastroenterology*, **1**, 743 (1943).
2) Nach Shohl, A. T., *Mineral Metabolism*, American Chemical Society, Monograph Series, Nr. 82, New York (1939).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

Physikalisch-chemische Eigenschaften

Aussehen: Im Moment der Entleerung ist der Harn klar und durchsichtig; nach einer reichlichen alkalisierenden Mahlzeit jedoch kann er manchmal mehr oder weniger getrübt sein. Wenn man klaren Harn einige Zeit stehenläßt, erscheinen *Nubeculae*, das heißt flockige Trübungen, die durch den Schleim aus den Harnwegen und, bei alkalischem Urin, durch verschiedene Kristalle (Erdalkaliphosphate) gebildet werden. Der Harn kann auch getrübt sein, weil er Lipide enthält.

Farbe: Normalerweise ist der Harn mehr oder weniger intensiv gelb gefärbt, was vor allem auf der Anwesenheit von Urochrom beruht. Bei gewissen Krankheiten und nach Verabreichung verschiedener Substanzen (Medikamente, Nahrungsmittel usw.) kann er in vielfältigen Abstufungen rot, dunkelbraun oder blau werden. Die folgende Zusammenstellung gibt einige nähere Angaben hierüber (siehe auch LAGRUE, G., *Vie méd. [Paris]*, **37**, 203 [1956]; HOPPE-SEYLER[1], S. 184; SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia [1950], S. 350):

Roter Harn:	Blut, Amidopyrin, Prontosil, Anilinfarben (Bonbons) usw.
Dunkelbrauner Harn:	Hämoglobinurie, Phenol- oder Cresolvergiftungen, Melanin, Alcaptonurie usw.
Blauer Harn:	Methylenblau, Indigoblau.

Geruch: Der schwache, meist aromatische Geruch rührt von nichtidentifizierten Substanzen her. Nach Aufnahme zum Beispiel von Thymol, Spargeln usw. ändert sich der Geruch völlig.

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Täglich produzierte Menge					
Neugeborene (1–2 Tage alt)	—	30– 60 ml/24 h	—	NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, Philadelphia (1950), S. 1180.	Normalwerte des VOLHARDschen Konzentrations- und Verdünnungsversuches bei Erwachsenen (1000 ml Wasser): Stunden / Harnmenge in Milliliter / Spezifisches Gewicht: 1 / 140 / 1,008; 2 / 500 / 1,002; 3 / 270 / 1,003; 4 / 90 / 1,010; Total der 4 ersten Stunden: 1000 ml; 6 / 40 / 1,020; 8 / 45 / 1,026; 10 / 85 / 1,025; 12 / 30 / 1,031
Säuglinge von					
3– 10 Tagen	—	100– 300 ml/24 h	—		
10– 60 Tagen	—	250– 450 ml/24 h	—		
60–365 Tagen	—	400– 500 ml/24 h	—		
Kinder von					
1– 3 Jahren	—	500– 600 ml/24 h	—		
3– 5 Jahren	—	600– 700 ml/24 h	—		
5– 8 Jahren	—	650–1000 ml/24 h	—		
8–14 Jahren	—	800–1400 ml/24 h	—		
Erwachsene	**1253** ml/24 h	*273–2233* ml/24 h	490 ml/24 h	KUHL et al., *Metabolism*, **4**, 143 (1955).	Bestimmung an 20 gesunden Erwachsenen. – Beim Erwachsenen weisen die ausgeschiedenen Urinmengen eine wohlbekannte Tag-Nacht-Periodizität auf: die stärksten Ausscheidungen werden zwischen 15 und 18 Uhr, die schwächsten zwischen 3 und 6 Uhr beobachtet (METZ und MOURS-LAROCHE, *C. R. Soc. Biol. [Paris]*, **149**, 1026 [1955]).
Greise	853 ml/24 h	250–2400 ml/24 h	—	HOWELL, T. H., *J. Geront.*, **11**, 61 (1956).	Dieser Mittelwert von Messungen an 27 Greisen (20 Frauen, 7 Männern) von über 90 Jahren zeigt das Bestehen einer altersbedingten Oligurie.
Spezifisches Gewicht					
Neugeborene (erste Tage)	1,012	—	—	NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, Philadelphia (1950), S. 1180.	
Säuglinge	—	1,002–1,006	—		
Erwachsene	—	1,001–1,003	—	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 351.	
Gefrierpunktserniedrigung Δ °C ..	—	0,075–2,6	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 184.	In der Regel zwischen 1,3 und 2,3 °C.
Viskosität	—	Siehe unter Bemerkungen	—		POSNER, C., *Berl. klin. Wschr.*, **52**, 1106 (1915), gibt folgende Zahlen: Spezifisches Gewicht / Viskosität: 1,005 / 1,0; 1,016 / 1,02; 1,022 / 1,09; 1,024 / 1,14. Viskosität von destilliertem Wasser = 1,00
pH	**6,25**	*5,53–6,97*	0,36	Berechnet nach YARBRO, C. L., *J. Urol. (Baltimore)*, **75**, 216 (1956).	Messungen an 54 gesunden Studenten. – Nach VIOLLE, P.-L., *Rev. Prat.*, **7**, 644 (1957), besteht ein Tag-Nacht-Rhythmus der pH-Werte: Maximum (also am schwächsten sauer) morgens beim Erwachen, dann progressives Sinken bis gegen 13 Uhr, hierauf Anstieg bis gegen 17 Uhr, Sinken bis 23 Uhr, dann letztes Ansteigen bis zum Morgen. Die Kurve dieser Werte verläuft in der Regel zwischen pH 5 und 6; die individuellen Schwankungen übersteigen kaum 2–3 Zehntel einer pH-Einheit.
Temperaturkoeffizient					
Zwischen 24 und 38° C, in pH-Einheiten pro Grad Celsius					
Saurer Harn (10 Proben).	**–0,0047**	*–0,0013 bis –0,0081*	0,0017	WESSON, L. G., Jr., *J. appl. Physiol.*, **5**, 619 (1953).	Der Temperaturkoeffizient einer Pufferlösung (wie Harn zum Beispiel) ist die Zahl der pH-Einheiten, um die sich der pH-Wert dieser Lösung erniedrigt (oder erhöht, je nach dem Fall), wenn die Temperatur um 1 °C steigt.
Alkalischer Harn (4 Proben)	**–0,0053**	*–0,0035 bis –0,0071*	0,0009		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Trockengewicht	—	55,0–70,0 g/24 h	—	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 368.	Kann näherungsweise aus dem spezifischen Gewicht errechnet werden, indem man die 2. und die 3. Stelle nach dem Komma mit 2,6 multipliziert (bzw. mit 1,6 bei kleinen Kindern). Beispiel: Spezifisches Gewicht 1,020; Trockengewicht $\cong$ 20 × 2,6 = 52 g/24 h (Erwachsene). Nach HOPPE-SEYLER[1], S. 183.
Proteine und stickstoffhaltige Substanzen					
Proteine	—	20–100	—	Mittelwerte aus der Literatur; siehe besonders SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 355.	Diese geringen Proteinmengen im Harn lassen sich mit den üblichen Laboratoriumsuntersuchungen nicht feststellen, was auch erklärt, warum lange angenommen wurde, im Harn seien keine Proteine enthalten. – Nach starker körperlicher Beanspruchung steigt der Proteingehalt; siehe hierüber: JAVITT und MILLER, *J. appl. Physiol.*, **4**, 834 (1952), GARDNER, K. D., Jr., *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1613 (1956), und ALYEA und BOONE, *Sth. med. J. (Bgham, Ala.)*, **50**, 905 (1957). Bei verschiedenen Krankheiten – vor allem bei multiplen Myelomen, manchmal aber auch bei Leucämien und Osteomalacie – findet man im Urin eine besondere Eiweißsubstanz, den BENCE-JONES-Proteinkörper, zu dessen Bestimmung SANDKÜHLER, S., *Amer. J. clin. Path.*, **22**, 282 (1952), einen einfachen und genauen Test angibt.
Mucoproteine					
Männer	**146,0**	*98,6–193,4*	23,7	ANDERSON und MACLAGAN, *Biochem. J.*, **59**, 638 (1955).	Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist statistisch signifikant ($P < 0{,}001$). – Man definiert die Mucoproteine willkürlich als Substanzen, die sich aus Polysacchariden und Peptiden zusammensetzen, mehr als 4% Hexosamine, aber keine Aminosäuren enthalten.
Frauen	**106,0**	*65,8–146,2*	20,1		
Glycoproteine	—	1–11 mg/100 ml	—	ANDERSON und MACLAGAN, *Biochem. J.*, **59**, 638 (1955).	
Stickstoff, total	**15,3** g/24 h	*10,26–20,34* g/24 h	2,52 g/24 h	KUHL et al., *Metabolism*, **4**, 143 (1955).	Approximative Verteilung des Totalstickstoffes: Harnstoff-N 84 % Creatinin-N 4,4% Aminosäuren-N 4,8% Harnsäure-N 1,8% Ammoniak-N 4,6% Hippursäure-N 0,4%
Ammoniak-N	—	0,4–1,0 g/24 h	—	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 352; HOPPE-SEYLER[1], S. 183.	Um gültige Werte zu erhalten, muß die Bestimmung an frischem Harn ausgeführt werden, weil sonst Gärungen entstehen, die den Ammoniakgehalt des Harns erheblich erhöhen.
Aminosäuren-N, total ..	**349**	*267–431*	41	KALANT und DUCCI, *J. clin. Endocr.*, **15**, 481 (1955).	BERGER, H., *Schweiz. med. Wschr.*, **86**, 711 und 729 (1956), hat gezeigt, daß bei Neugeborenen, Greisen, Schwangeren (vor allem in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft) und während der Pubertät eine physiologische Hyperaminoacidurie besteht.
Alanin	**22,8** µg/ml	*0–48,6* µg/ml	12,9 µg/ml	SUTTON und VANDENBERG, *Hum. Biol.*, **25**, 318 (1953).	
β-Aminoisobuttersäure	**5,48** µg/ml	*0–15,98* µg/ml	5,25 µg/ml	SUTTON und VANDENBERG, *Hum. Biol.*, **25**, 318 (1953).	
Arginin					
Total: Männer	**47,0**	*37,2–56,8*	4,9	ULRICH, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**33,4**	*17,0–49,8*	8,2		
Frei: Männer	**24,0**	*0,4–47,6*	11,8		
Frauen	**17,4**	*6,2–28,6*	5,6		
Asparaginsäure					
Total: Männer	**113,4**	*16,4–210,4*	48,5	ULRICH, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**91,5**	*30,1–152,9*	30,7		
Frei: Männer	**74,8**	*0–155,2*	40,2		
Frauen	**54,0**	*21,0–87,0*	16,5		
Cystin (frei)	**87,7**	*37,7–137,7*	25,0	HIER, S. W., *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, **10**, 280 (1948).	

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	*s*	Literatur	Bemerkungen
Glutamin	**27,1** µg/ml	*0–57,1* µg/ml	15,0 µg/ml	Sutton und Vandenberg, *Hum. Biol.*, **25**, 318 (1953).	
Glutaminsäure					
Total: Männer	**249,9**	*15,1–484,7*	117,4	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**248,7**	*45,1–452,3*	101,8		
Frei: Männer	**235,4**	*107,8–363,0*	63,8		
Frauen	**201,9**	*55,9–347,9*	73,0		
Glycin					
Total	**405,0**	*139,4–670,6*	132,8	Eades und Pollack, *J. nat. Cancer Inst.*, **15**, 421 (1954).	
Frei	**226,0**	*131,2–320,8*	47,4		
Histidin					
Total: Männer	**284,0**	*69,2–498,8*	107,4	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	Im Harn ist auch das 3-Methylhistidin enthalten (~ 50 mg im 24-Stunden-Harn), das im Blutplasma nur in sehr geringen Mengen vorkommt (weniger als 0,1 mg/100 ml – Tallan et al., *J. biol. Chem.*, **206**, 825 [1954]).
Frauen	**170,0**	*57,0–283,0*	56,5		
Frei: Männer	**255,6**	*82,4–428,8*	86,6		
Frauen	**162,3**	*38,1–286,5*	62,1		
Hydroxyprolin					
Total	23,05	14,9–33,0	—	Berechnet nach Ziff et al., *J. clin. Invest.*, **35**, 579 (1956).	
Frei	0,55	0,26–0,79	—		
Isoleucin					
Total: Männer	**11,3**	*6,5–16,1*	2,4	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**11,7**	*4,3–19,1*	3,7		
Frei: Männer	**7,8**	*3,0–12,6*	2,4		
Frauen	**6,3**	*1,9–10,7*	2,2		
Leucin					
Total: Männer	**27,9**	*11,9–43,9*	8,0	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**21,9**	*10,7–33,1*	5,6		
Frei: Männer	**20,0**	*6,2–33,8*	6,9		
Frauen	**13,4**	*4,4–22,4*	4,5		
Lysin					
Total: Männer	**102,0**	*44,4–159,6*	28,8	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**97,2**	*29,0–165,4*	34,1		
Frei: Männer	**57,4**	*15,2–99,6*	21,1		
Frauen	**57,4**	*6,6–108,2*	25,4		
Methionin					
Total: Männer	**6,6**	*3,8–9,4*	1,4	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**5,5**	*1,7–9,3*	1,9		
Frei: Männer	**3,9**	*1,1–6,7*	1,4		
Frauen	**2,8**	*0,6–5,0*	1,1		
Phenylalanin					
Total: Männer	**28,7**	*13,5–43,9*	7,6	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**23,7**	*10,9–36,5*	6,4		
Frei: Männer	**18,6**	*13,0–24,2*	2,8		
Frauen	**14,9**	*3,7–26,1*	5,6		
Prolin					
Total: Männer	**43,3**	*24,5–62,1*	9,4	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**49,5**	*20,3–78,7*	14,6		
Frei: Männer	**35,4**	*18,8–52,0*	8,3		
Frauen	**33,2**	*6,2–60,2*	13,5		
Serin					
Total	—	0,35–1,4 mg/kg Körpergewicht und Tag	—	Spector, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 242.	
Frei	—	0,21–0,52 mg/kg Körpergewicht und Tag	—		
Taurin	156	—	—	Stein, W. H., *J. biol. Chem.*, **201**, 45 (1953).	
Threonin					
Total: Männer	**83,2**	*41,6–124,8*	20,8	Ulrich, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**64,2**	*26,8–101,6*	18,7		
Frei: Männer	**59,8**	*28,0–91,6*	15,9		
Frauen	**52,3**	*10,3–94,3*	21,0		

Ausscheidungshäufigkeit verschiedener Aminosäuren im menschlichen Harn (papierchromatographische Bestimmungen an 100 Harnproben von Männern und Frauen). Nach Schönenberg, H., *Klin. Wschr.*, **34**, 442 (1956). Die folgende Übersicht zeigt, in wieviel Prozent der Proben die entsprechende Säure nachweisbar war. Werte in %:

Glycin	100	Taurin	63
Serin	99	Phenylalanin	56
Glutaminsäure	91	Tyrosin	54
Valin	82	Lysin	48
Alanin	81	Cystein	31
Asparaginsäure	69	Arginin	27
Leucin oder		Glutamin	26
Isoleucin	69	Threonin	20
Prolin	69	3-Methylhistidin	19

Dieses häufige Fehlen bestimmter Aminosäuren erklärt wohl auch, warum die in der Literatur enthaltenen Angaben über den Gehalt dieser oder jener Aminosäure im Harn oft ganz beträchtlich voneinander abweichen (vgl. besonders Stein, W. H., *J. biol. Chem.*, **201**, 45 [1953]; Eades und Pollack, *J. nat. Cancer Inst.*, **15**, 421 [1954]; Hier, S. W., *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, **10**, 280 [1948]). Die nebenstehend gegebenen Ziffern sind daher nicht als absolute Norm, sondern nur als Näherung zu werten.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Tryptophan					
Total: Männer	**22,9**	*13,1–32,7*	4,9	ULRICH, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**16,6**	*8,4–24,8*	4,1		
Frei: Männer	**20,7**	*9,7–31,7*	5,5		
Frauen	**16,0**	*4,8–27,2*	5,6		
Tyrosin					
Total: Männer	**55,5**	*38,1–72,9*	8,7	ULRICH, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	Nach TALLAN et al., *J. biol. Chem.*, **217**, 703 (1955), kommt im Harn etwa die Hälfte des Tyrosins in Form eines Tyrosin-Kalium-Sulfats vor.
Frauen	**41,1**	*18,7–63,5*	11,2		
Frei: Männer	**44,2**	*31,8–56,6*	6,2		
Frauen	**32,9**	*18,7–47,1*	7,1		
Valin					
Total: Männer	**30,1**	*15,5–44,7*	7,3	ULRICH, J. A., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 210 (1954).	
Frauen	**27,8**	*12,8–42,8*	7,5		
Frei: Männer	**20,1**	*7,7–32,5*	6,2		
Frauen	**16,7**	*5,5–27,9*	5,6		
Äthanolamin	31,8 µg/ml	—	—	SUTTON und VANDENBERG, *Hum. Biol.*, **25**, 318 (1953).	Aminoäthylalkohol findet sich nach SCHÖNENBERG, H., *Klin. Wschr.*, **34**, 442 (1956), beim Menschen nur in 24–48% der Harnproben.
Cholin	—	5,6–9,0	—	LUECKE und PEARSON, *J. biol. Chem.*, **153**, 259 (1944).	Cholin kommt im Harn ausschließlich in freier Form vor.
Harnstoff	—	20–35 g/24 h	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 187.	Die Harnstoffausscheidung ist vermehrt bei proteinreicher Kost sowie bei erhöhtem Proteinabbau (zum Beispiel Fieber); sie ist vermindert bei Inanition, bei gewissen Ernährungsarten und bei verschiedenen Nierenerkrankungen.
Creatin	—	Siehe unter Bemerkungen	—		Der gesunde erwachsene Mann scheidet im Harn kein Creatin aus; die Frau eliminiert es in Intervallen sowie während der Schwangerschaft und Lactation; Kinder beiderlei Geschlechts scheiden Creatin bis zur Pubertät regelmäßig im Harn aus (siehe CLARK, Jr., et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **81**, 774 [1951]). Für Greise gibt HOWELL, T. H., *J. Geront.*, **11**, 61 (1956), die folgenden Werte an, die auf Messungen an 20 Frauen und 7 Männern von über 90 Jahren beruhen: Mittelwert 0,09 g/24 h, Normalbereich 0,025–0,23 g/24 h. – Übrigens haben HEILSKOV und SCHØNHEYDER, *Acta med. scand.*, **151**, 51 (1955), an drei erwachsenen, gesunden Männern festgestellt, daß Bettlägerigkeit zu einer Creatinurie ohne Hypercreatininurie führte, eine Erscheinung, deren Mechanismus die Autoren nicht zu erklären vermögen.
Creatinin					
Erwachsene	**2,145** g/24 h	*1,071–3,219* g/24 h	0,537 g/24 h	KUHL et al., *Metabolism*, **4**, 143 (1955).	Beim Gesunden ist das im Harn vorhandene Creatinin endogenen Ursprungs. Schwankungen in der Ernährungsweise, solange sie innerhalb normaler Grenzen bleiben, haben keinen nennenswerten Einfluß auf die täglich ausgeschiedene Creatininmenge (SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia [1950], S. 353). – Clearancebestimmungen des «endogenen» Creatinins werden heute kaum mehr ausgeführt, da sie anscheinend beim Menschen (nicht aber beim Tier) kein genaues Bild der Glomerulumfiltration geben (BRADLEY, S. E., *Ann. Rev. Physiol.*, **19**, 521 [1957]). – Die häufig angewandte JAFFÉsche Probe ist nicht völlig spezifisch: Das Natriumsalz der Brenztraubensäure zum Beispiel ergibt ebenfalls eine positive Reaktion. Für quantitative und qualitative Bestimmung des Creatinins siehe besonders PAGET et al., *Ann. Biol. clin.*, **13**, 535 (1955), und TAUSSKY, H. H., *Clin. chim. Acta (Amst.)*, **1**, 210 (1956).
Greise					
Männer (7 Untersuchungen) ..	0,48 g/24 h	0,26–0,69 g/24 h	—	HOWELL, T. H., *J. Geront.*, **11**, 61 (1956).	
Frauen (7 Untersuchungen) ..	0,46 g/24 h	0,035–1,0 g/24 h	—		
Guanidin	—	10–20	—	WEBER, C. J., *J. biol. Chem.*, **78**, 465 (1928).	
Guanidinoessigsäure ..	30	—	—	EVERETT, M. R., *Medical Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1946), S. 434.	
Harnsäure (siehe auch Purinbasen)	**528**	*80–976*	224	KUHL et al., *Metabolism*, **4**, 143 (1955).	Werte von 20 gesunden Erwachsenen bei Normalkost. Nach SALA et al., *Reumatismo*, **7**, 223 (1955), beträgt die Harnsäureclearance beim gesunden Erwachsenen 9,25 ± 0,75 ml je Minute, bei Gichtkranken fällt sie auf 3,59 ± 0,3 ml/min (Messungen an 9 Patienten). – Nach FORSHAM et al., *J. clin. Endocr.*, **8**, 15 (1948), ist die Schwankung des Harnsäure-Creatinin-Verhältnisses ein gutes Kriterium der Nebennierenrinden-Funktion.
Purinbasen (andere als Harnsäure)	—	10–60	—	BRADLEY, S. E., *Med. Clin. N. Amer.*, **29**, 1314 (1945).	

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert ± 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Allantoin	—	25–30 mg/l	—	LARSON, H. W., *J. biol. Chem.*, **94**, 727 (1931/32).	
Hippursäure	0,7 g/24 h	0,1–1,0 g/24 h	—	KILDUFFE, R. A., *Clinica Urinalysis and its Interpretation*, Philadelphia (1937), zitiert nach SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 355.	
Imidazole					
Bei proteinarmer Kost (40 g täglich)	286,1	150–300	—	KAUFFMANN und ENGEL, *Z. klin. Med.*, **114**, 405 (1930).	Die ausgeschiedenen Mengen variieren je nach dem Protein- und vor allem dem Histidingehalt der Nahrung.
Bei proteinreicher Kost (118 g täglich)	443	320–600	—		
Harn-Indican (3-Indoxylschwefelsäure)	—	5–10	—	BRADLEY, S. E., *Med. Clin. N. Amer.*, **29**, 1314 (1945).	Stark erhöht bei Zersetzung des Darminhalts und besonders bei Darmverschluß.
Kynurenin					
Durchschnittsalter:					
20 Jahre	**0,096**/100 ml	*0,014–0,178* pro 100 ml	0,041	ŠPAČEK, M., *Canad. J. Biochem.*, **33**, 14 (1955).	Das Kynurenin ist ein Stoffwechselprodukt des Tryptophans.
47 Jahre	**0,207**/100 ml	*0,017–0,431* pro 100 ml	0,112		
Blut- und andere Farbstoffe					
Hämoglobin	0	—	—	Es handelt sich hier um *freies* Hämoglobin (Hämoglobinurie). Über das in den Erythrocyten eingeschlossene Hämoglobin siehe S. 504 unter Zellgehalt. – Der Schwellenwert für die renale Ausscheidung freien Hämoglobins liegt bei etwa 150 mg pro 100 ml Blut.	
Methämoglobin	0	—	—		
Myohämoglobin	0	—	—		
Porphyrine	—	—	—	Über Porphyrine siehe S. 341–349.	
Coproporphyrine	—	Siehe unter Bemerkungen	—	STRAIT et al., *J. appl. Physiol.*, **4**, 699 (1952), haben an 5 Personen festgestellt, daß die im Harn täglich ausgeschiedene Menge an Coproporphyrinen beim Erwachsenen dem Körpergewicht proportional ist, nämlich nach der Gleichung $T = (1{,}41 \pm 0{,}08)\, G - (35{,}7 \pm 5{,}3)$, wobei T = tägliche Coproporphyrinausscheidung in Mikrogramm, G = Körpergewicht in Kilogramm. – Vor der Coproporphyrinbestimmung soll der Harn 24 Stunden am Licht stehengelassen werden, damit die Chromogene sich während dieser Zeit zu Pigmenten wandeln können. Ferner ist darauf zu achten, daß der Harn neutral oder alkalisch sein muß, denn in saurem Milieu zersetzen die Coproporphyrine sich sehr schnell (WATSON et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 831 [1951], und SCHWARTZ et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 843 [1951]). – Der Coproporphyrintest gestattet eine ziemlich genaue Beurteilung der Leberfunktionen; er ist empfindlicher als der Cephalin-Flockungs- und der Thymol-Trübungstest und kommt etwa der Bromsulphalein-Belastungsprobe gleich (WATSON et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 8 [1951], sowie SUTHERLAND und WATSON, *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 29 [1951]).	
Protoporphyrine	0	—	—	GROTEPASS, W., *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **253**, 276 (1938).	
Uroporphyrine	0	—	—		
Urobilin	—	7–20 µg/kg Körpergewicht und Tag	—	SPECTOR, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 242.	
Urobilinogen	—	0–4	—	WATSON, C. J., *Arch. intern. Med.*, **59**, 196 (1937).	Die gefundenen Mengen sind je nach der Bestimmungsmethode sehr unterschiedlich. Siehe hierüber SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*. Philadelphia (1950), S. 362.
Bilirubin	70 µg/kg Körpergewicht und Tag	—	—	SPECTOR, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 242.	
Porphobilinogen	—	Höchstens 0,8 µmol/l	—	MAUZERALL und GRANICK, *J. biol. Chem.*, **219**, 435 (1956).	

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Kohlenhydrate und verwandte Substanzen					
«Zucker»	—	500–1500	—	BRADLEY, S. E., *Med. Clin. N. Amer.*, **29**, 1314 (1945).	Die klassischen Methoden zur quantitativen und qualitativen Bestimmung des «Zuckers» (FEHLING, TROMMER, BENEDICT, NYLANDER) basieren auf dem Reduktionsvermögen gewisser Kohlenhydrate. Sie sind nicht spezifisch und geben auch mit verschiedenen anderen Bestandteilen des Harns positive Resultate, so mit Harnsäure, Creatinin, Glucuronsäure, Homogentisinsäure, Fructose, Lactose, Pentosen, Vitamin C. Ebenso können sie positiv sein bei Patienten, die mit gewissen Antibiotica behandelt wurden (Penicillin, Streptomycin, Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclinhydrochlorid, nicht aber Dihydrostreptomycin oder Chloramphenicol. – FISHER et al., *Ann. paediat. [Basel]*, **185**, 254 [1955]). – Siehe auch unter Glucose sowie die Arbeit von WRIGHT, W. T., Significance of an opaque, green Benedict reaction, *New Engl. J. Med.*, **254**, 570 (1956).
Glucose	72	16–132	—	FROESCH und RENOLD, *Diabetes (N. Y.)*, **5**, 1 (1956).	Die Resultate wurden mit einer spezifischen enzymatischen Bestimmungsmethode erhalten (nur Xylose und Mannose ergeben eine gleichartige Reaktion), die darauf beruht, daß die Glucoseoxydase β-Glucose in Gluconsäure überführt. Mit den klassischen Methoden der «Zucker»-Bestimmung fanden die Autoren in den gleichen Harnproben (Tagesmenge) im Mittel 511 mg, mit den Extremen 242 und 845 mg.
Pentosen					
Ribulose	~ 1 mg/l	—	—	FUTTERMAN und ROE, *J. biol. Chem.*, **215**, 257 (1955).	Werte aus Bestimmungen an nur 2 gesunden Männern. – Über essentielle Pentosurien siehe besonders FLYNN, F. V., *Brit. med. J.*, **1**, 391 (1955).
Xylulose	~ 4 mg/l	—	—		
Inosite					
Total	—	~ 35–85 mg/l	—	MALANGEAU, P., *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **38**, 729 (1956).	Werte von chromatographischen Bestimmungen an 200 Harnproben. Der Autor hebt hervor, daß nur in 67% der Proben Scyllit, in allen aber Mesoinosit vorhanden war.
Mesoinosit	—	~ 22–30 mg/l	—		
Scyllit	—	~ 15–22 mg/l	—		
Glucuronsäure (total)					
Männer	**6,00**	*5,394–6,606*	0,303	DIFERRANTE und RICH, *J. Lab. clin. Med.*, **48**, 491 (1956).	Die Tagesmenge variiert je nach der Kost (HOPPE-SEYLER[1], S. 245).
Frauen	**3,77**	*3,29–4,25*	0,24		
Knaben	**7,45**	*6,822–8,078*	0,314		
Mädchen	**5,80**	*4,952–6,648*	0,424		
Aminozucker	**84**	*60–108*	12	BOAS et al., *J. clin. Invest.*, **34**, 782 (1955).	
Lipide					
Freie Fettsäuren	—	8–50	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 183.	
Cholesterin					
Gesamtharn	—	20–140 µg/100 ml	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 250.	
Ohne Sediment	—	20–90 µg/100 ml	—		
Intermediäre Stoffwechselprodukte					
Bernsteinsäure	—	2,5–10,8	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 202.	
Brenztraubensäure	100	—	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 203.	
Citronensäure	**678**	*128–1228*	275	Berechnet nach YARBRO, C. L., *J. Urol. (Baltimore)*, **75**, 216 (1956).	Messungen an 54 gesunden, normal ernährten Studenten. – Die Ausscheidung von Citronensäure dauert während des Fastens an, was vermuten läßt, sie sei endogenen Ursprungs. – Die ausgeschiedenen Mengen sind bei der Frau während der Menstruation geringer (SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia [1950], S. 357).
Homogentisinsäure ...	0	—	—	HOUSSAY et al., *Physiologie humaine*, Paris (1950), S. 669.	Homogentisinsäure (oder Alcapton) findet sich manchmal in mehr oder weniger großen Mengen im Harn von Personen, die im übrigen gesund sind. Wenn man diese Harnproben einige Zeit stehenläßt, verfärben sie sich schwarz; sie reduzieren auch die FEHLINGsche Lösung. Die Homogentisinsäure ist ein Zwischenprodukt des Phenylalanin- und Tyrosinstoffwechsels.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Ketonkörper (als Aceton)	19,4	14,5–23,5	—	BEHRE, J. A., *J. biol. Chem.*, **92**, 679 (1931).	Mittel aus Bestimmungen, die während 32 Tagen an 12 Gesunden durchgeführt wurden. Die ausgeschiedenen Mengen variieren im Laufe des Tages: sie sind abends am größten, morgens am kleinsten; während des Fastens nehmen sie zu. – Die Ketonkörper ergeben in Nitroprussidnatriumlösung (LEGALsche Probe) eine positive Reaktion, jedoch nur, wenn ihre Konzentration mindestens 3–5 mg Acetessigsäure pro 100 ml Harn entspricht (BEHRE, J. A., *J. biol. Chem.*, **92**, 679 [1931]). Nach DEUEL und GULICK, *J. biol. Chem.*, **96**, 25 (1932), steigt während der ersten Fasttage die Acetonkörperausscheidung im Harn beträchtlich, und zwar ist die Menge bei Frauen 3–4mal größer als bei Männern: 10mal am ersten bis zu 2mal am vierten Tag.
Milchsäure	—	100–600	—	HOPPE-SEYLER[1], S. 202.	
Oxalsäure	—	20–40	—	YARBRO und SIMPSON, *J. Lab. clin. Med.*, **48**, 304 (1956).	
Phenole	437	260–636	—	VOLTERRA, M., *Amer. J. clin. Path.*, **12**, 525 (1942).	Der gleiche Autor beschreibt eingehend die Methoden zur Bestimmung des Phenolgehalts im Harn.
Vitamine					
Siehe S. 416–441					
Hormone					
Siehe S. 442–468					
Enzyme					
Amylase	**3095** E/24 h	*1047–5143* E/24 h	1024E/24h	SMITH und ROE, *J. appl. Physiol.*, **4**, 666 (1952).	Zur klassischen Beschreibung der akuten Pancreatitis gehört die erhöhte Amylaseausscheidung im Harn. Verschiedene Autoren haben aber gezeigt, daß auch beim Gesunden erhebliche, von der Kost unabhängige Schwankungen in den täglich ausgeschiedenen Mengen dieses Enzyms auftreten. Sie folgern daraus, daß die Bestimmung des Amylasegehalts im Harn diagnostisch nicht verwertbar ist (MCCOLLUM, J. K., *Brit. med. J.*, **2**, 1482 [1955]).
	Es handelt sich hier um Standardeinheiten. In den klinischen Laboratorien werden die Ergebnisse in WOHLGEMUTH-Einheiten pro Milliliter angegeben. Normalwerte: 24–76 WOHLGEMUTH-Einheiten pro Milliliter; sicher pathologisch bei Werten von über 128 WOHLGEMUTH-Einheiten pro Milliliter. Nach HOPPE-SEYLER[1], S. 292.				
Uropepsin	417	98–835	—	BOLT et al., *J. Lab. clin. Med.*, **43**, 335 (1954).	Zur Bestimmung des Uropepsins läßt man es unter festgelegten Bedingungen auf Hämoglobin einwirken, worauf die Menge des in einer bestimmten Zeit freigesetzten Tyrosins gemessen wird (BUCHER, G. R., *Gastroenterology*, **8**, 627 [1947]). Die nebenstehend gegebenen Werte bezeichnen daher den Gehalt in Milligramm Tyrosin pro 24 Stunden.
	(Maßeinheiten siehe unter Bemerkungen)				
Weitere Enzyme	Siehe unter Bemerkungen				Der Harn enthält noch eine große Zahl Verdauungsfermente (Cathepsin, Trypsin, andere Proteasen), die saure und die alkalische Phosphatase (HOPPE-SEYLER[1], S. 293), die Arylsulfatasen A und B (DODGSON und SPENCER, *Clin. chim. Acta [Amst.]*, **1**, 478 [1956]), Histaminase und Cadaverinase (KAPELLER-ADLER und RENWICK, *Clin. chim. Acta [Amst.]*, **1**, 197 [1956]) usw.
Anorganische Bestandteile					
Chloride	7368	—	—	BURRILL et al., *J. biol. Chem.*, **157**, 297 (1945).	Die ausgeschiedenen Mengen schwanken beträchtlich je nach der Kost. Der hier gegebene Wert ist das Mittel von Messungen, die während 3 Wochen täglich an 6 gesunden Männern ausgeführt wurden, die unter bestimmten Ernährungsbedingungen lebten: Sie erhielten täglich 2750 kcal, 3,29 g Natrium, 3,27 g Kalium, 4,93 g Chloride und 5 g NaCl zum Würzen.
Phosphor	1100	—	—	SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 361.	Der Phosphorgehalt wechselt je nach der Nahrung; 96–99% der angegebenen Menge finden sich in anorganischen Bestandteilen.
Schwefel (als SO_3)					
Total	—	2000–3400	—	HARROW, B., *Textbook of Biochemistry*, 4. Aufl., Philadelphia (1946), S. 465.	Bei Cystinurie erscheint der Schwefel des Cystins in der Fraktion des organischen (neutralen) Schwefels.
Anorganisch	—	1700–2700	—		
Organisch (neutral).....	—	200–400	—		
Ätherschwefelsäuren ...	—	150–300	—		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Normalwerte in **Milligramm des 24-Stunden-Harns** Erwachsener bei normaler, gemischter Kost, wenn nicht anders vermerkt

	Mittelwert*	Bereich*	s	Literatur	Bemerkungen
Calcium	—	141,1–364,9	—	WEBER, R. J., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **37**, 55 (1937).	Wenn die Calciumkonzentration im Serum unter 8 mg/100 ml fällt, ist die Ausscheidung im Harn beinahe Null. Liegt bei normaler Calciumzufuhr die Konzentration zwischen 9,5 und 10,5 mg/100 ml, so beträgt die tägliche Ausscheidung 150–200 mg. (SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia [1950], S. 358). – Zur Methodik der Calciumbestimmung siehe BERGER, E. Y., *Clin. Chem.*, **1**, 249 (1955).
Kalium	2740	—	—	BURRILL et al., *J. biol. Chem.*, **157**, 297 (1945).	Siehe Bemerkungen unter Chloride, S. 503.
Magnesium	103	32,5–307	—	WALKER und WALKER, *J. Lab. clin. Med.*, **21**, 713 (1936).	Der Plasmamagnesiumspiegel zeigt keine systematischen Schwankungen im Verlaufe von 24 Stunden; dagegen ist die Ausscheidung dieses Ions im Harn zwischen 3 und 9 Uhr systematisch erhöht (METZ und MOURS-LAROCHE, *C. R. Soc. Biol. [Paris]*, **149**, 579 [1955]).
Natrium	4615	—	—	BURRILL et al., *J. biol. Chem.*, **157**, 297 (1945).	Siehe Bemerkungen unter Chloride, S. 503.
Aluminium	**78** µg/l	*14–142* µg/l	32 µg/l	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	Mittelwert von Messungen an 94 gesunden Personen.
Blei	**27** µg/l	*0–55* µg/l	14 µg/l	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	Mittelwert von Messungen an 107 gesunden Personen.
Eisen	—	0,045–0,064	—	PLÖTNER und PETZEL, *Klin. Wschr.*, **32**, 821 (1954).	Die Ergebnisse schwanken je nach der Bestimmungsmethode.
Jod	—	0,018–0,483	—	BRUGER et al., *J. Lab. clin. Med.*, **26**, 1942 (1941).	
Kupfer					
Erwachsene	**0,018**	*0,00354–0,03246*	0,00723	BUTLER und NEWMAN, *J. clin. Path.*, **9**, 157 (1956).	Systematische Schwankungen im Verlaufe von 24 Stunden, mit einem Maximum am Nachmittag. – Es ist wesentlich, daß die Kupferbestimmungen in Pyrexgläsern ausgeführt werden, weil alle andern Laboratoriumsgläser Kupfer enthalten, was die Resultate unweigerlich verfälscht (BUTLER und NEWMAN, *J. clin. Path.*, **9**, 157 [1956]). – Bei Kindern, die an WILSONscher Krankheit leiden (erbliche, juvenile Hepatitis mit Degeneration des Nucleus lentiformis), ist die Kupferausscheidung im Harn beträchtlich erhöht (BEARN und KUNKEL, *J. clin. Invest.*, **33**, 400 [1954]).
Kinder	**0,048**	*0,0154–0,0806*	0,0163	BEARN und KUNKEL, *J. clin. Invest.*, **33**, 400 (1954).	
Mangan	10 µg/l	—	—	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	
Nickel	0,1 mg/l	—	—	STANLEY, E. L., persönliche Mitteilung; SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 361.	Mittelwert von Messungen an 8 gesunden Personen. Polarographische Bestimmung.
Silber	—	Spur	—	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	Mittelwert von Messungen an 94 gesunden Personen.
Zinn	**11** µg/l	*0–31* µg/l	10 µg/l	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	Mittelwert von Messungen an 94 gesunden Personen. Bemerkenswert ist, daß in rund 20% dieser Harnproben (in der Berechnung eingeschlossen) überhaupt kein Zinn nachweisbar war.
Zellgehalt					
Bakterien	Siehe unter Bemerkungen			PHILPOT, V. B., Jr., *J. Urol. (Baltimore)*, **75**, 562 (1956), hat die möglichst aseptisch gewonnenen Harnproben von 50 Männern und 50 Frauen untersucht. Er hat festgestellt, daß 86% der Harnproben der Männer und 34% derjenigen der Frauen Bakterien enthielten, und zwar vorwiegend Micrococcaceae.	
Erythrocyten	Siehe unter Bemerkungen			Nach WATSON-WILLIAMS, E. J., *Brit. med. J.*, **1**, 1511 (1955), kann der Urin des Mannes bis 2 Erythrocyten pro Milliliter, derjenige der Frau bis 50 Erythrocyten pro Milliliter enthalten, ohne daß er als pathologisch anzusprechen wäre. Der Autor beschreibt übrigens eine einfache, am Krankenbett durchführbare Methode zur Feststellung mikroskopischer Hämaturien.	

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv*; Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Makroskopisches Verhalten: *Harnsäure* und *Urate* lösen sich beim Erwärmen auf etwa 60 °C und bei Zusatz von Alkalien. *Phosphate* lösen sich bei Zusatz von Essigsäure, *Oxalate* bei Zusatz von Salzsäure (für weitere Differenzierung siehe unten). *Eiter* ballt sich beim Erwärmen zusammen, besonders bei Zusatz von wenig Kalilauge.

Mikroskopisch: Man läßt den Harn in einem geeigneten Spitzglas ruhig stehen und zentrifugiert den mit der Pipette abgehobenen Bodensatz während 5 min. Bei Verdacht auf Nierenerkrankungen empfiehlt es sich, auch klare Harne zu zentrifugieren, da sich auch in diesen Zylinder und andere organisierte Bestandteile finden können.

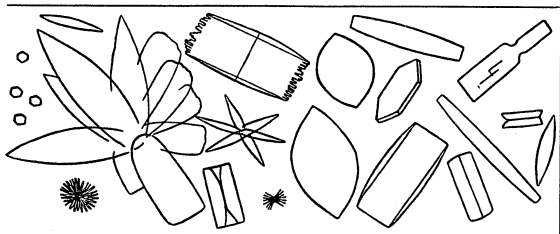
Die Harnsedimente lassen sich einteilen in:

1. **Organisierte Bestandteile** (Erythrocyten, Leucocyten, Epithelzellen, Bakterien).
2. **Zylinder** = Ausgüsse von Harnkanälchen (hyaline, granulierte, Wachs-, Epithel-, Erythrocyten-, Hämoglobin-, Leucocyten-, zylindroide Zylinder).
3. **Amorphe und kristallisierte chemische Sedimente** (siehe unten und Abbildung auf S. 506)
4. **Verschiedenes** (Mucus, Spermatozoen, Parasiten [*Schistosoma haematobium* oder *japonicum*, Filarien, Echinokokken], Fremdkörper [Stärkekörner von Puder, meist in Kleinkinder- oder Frauenharnen; Haare, Fäden], ölige Substanzen [Schmiermittel vom Katheterisieren]).

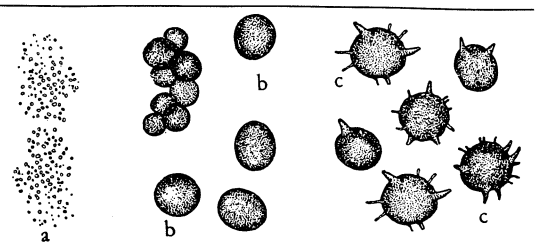
Amorphe und kristallisierte chemische Sedimente

Sediment	Bemerkungen	Vorkommen		Löslichkeit (○ = gut löslich, ● = schwer löslich)						
		alkalischer Harn	saurer Harn	Erhitzen	Alkalien	mineral. Säuren	Essigsäure	Alkohol	Aceton	Äther
Harnsäure	Kristalle meistens durch absorbierte Harnpigmente gelblich gefärbt. Farblose Kristalle sind in der Regel kleiner als gefärbte.	.....	sauer	○ (60 °C)	○	●	●	●	●	●
Harnsaure Salze	Calcium-, Magnesium- und Kaliumurate, meist amorph, in konzentrierten, sauren Harnen. Farbe und chemisches Verhalten wie Harnsäure.	Ammoniumurat in alkalischen Harnen	alle andern Urate in sauren Harnen	○ (60 °C)	○	●	●	●	●	●
Phosphate										
Sternförmige Calciumphosphatkristalle	selten	alkalisch	.....	●	●	○	○	●	●	●
Ammonium-Magnesium-Phosphate	häufiger	alkalisch	.....	●	●	○	○	●	●	●
Calciumoxalat	Größe etwa wie Erythrocyten	siehe rechts ..	in der Regel in sauren Harnen, auch in neutralen und schwach alkalischen	●	●	○	●	●	●	●
Cystin	Farblose Kristalle (Unterscheidung gegenüber Harnsäurekristallen, wenn gleiche Formen). Prüfung in frischem Harn, da durch Bakterien schnell abgebaut.	.....	sauer	●	○ spez. Ammoniak	○	●	●	●	●
Tyrosin	Oft gelb gefärbt, da bei Icterus ausgeschieden. Meist zusammen mit Leucin. Bei akuter gelber Leberatrophie, bei Lebercirrhosen, akuter Phosphorvergiftung, Leucämien.	.....	sauer	● relativ	○ fällt aus bei Neutralisation	○	○	●	●	●
Leucin	Siehe Tyrosin. Harnleucinkristalle aus unreinem Leucin. Reines Leucin kristallisiert in hexagonalen Plättchen.	.....	sauer	○ relativ	○	○	○	●	●	●
Bilirubin (Hämatoidin)	Färbt eventuell anwesende Harnsäurekristalle und verändert dabei ihre Form.	.....	sauer	●	○ leicht löslich in Chloroform	○	○	●	○	●
Indigoblau	Selten. Färbt auch Kristalle anderer Substanzen und scheint dann in verschiedenen Formen zu kristallisieren. Reiner Indigo im Harn ist amorph oder wie b), aus Chloroform wie c) in Abbildung S. 506.	alkalisch oder sauer		sehr leicht löslich in Chloroform				●	—	○
Cholesterin	Sehr selten	.....	sauer	sehr leicht löslich in Chloroform				●	—	○
Hippursäure	Sehr selten	.....	.....	○	○	●	●	●	—	●
Sulfonamide	Von Harnsäurekristallen leicht zu unterscheiden durch ihre Löslichkeit in Aceton.	.....	.....	—	—	—	—	—	○	—

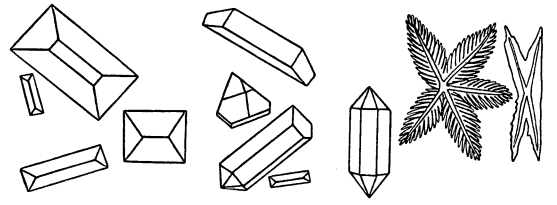
Amorphe und kristallisierte chemische Sedimente[1]



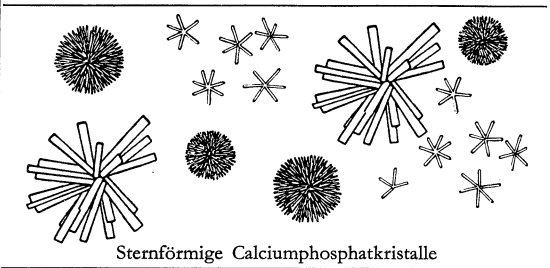
Verschiedene Kristallformen der Harnsäure



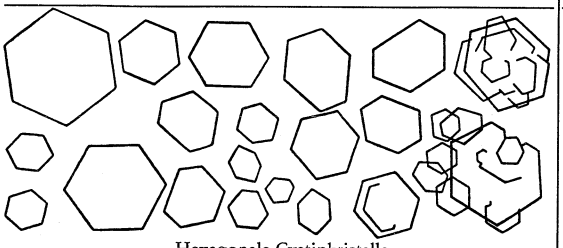
Harnsaure Salze



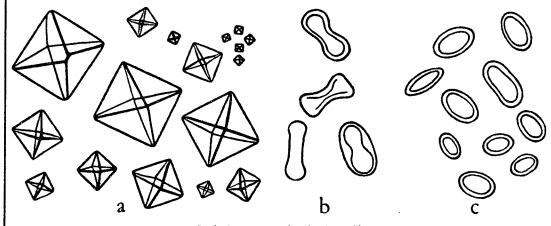
Ammonium-Magnesium-Phosphat-Kristalle



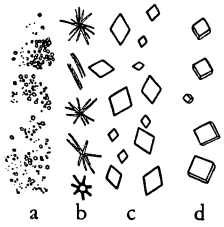
Sternförmige Calciumphosphatkristalle



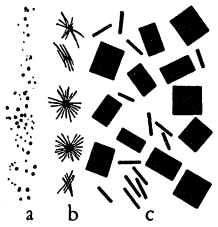
Hexagonale Cystinkristalle



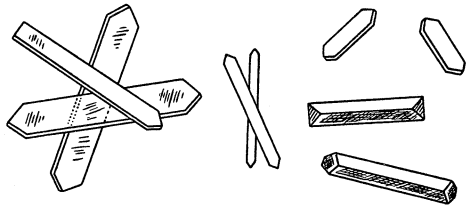
Calciumoxalatkristalle



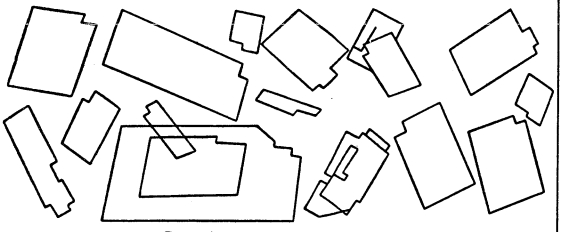
Bilirubin



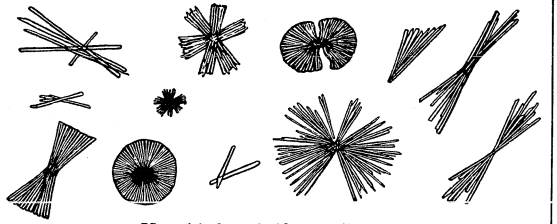
Indigoblau



Hippursäure



Gezackte Cholesterinplättchen



Verschiedene Sulfonamidkristalle

Harnsaure Salze	a) Calcium-, Magnesium- und Kaliumurate, meist amorph b) Ammoniumurat (sphärische Formen) c) Natriumurat (Stechapfelformen)
Calciumoxalat	a) Octaeder, oft abgeflacht, die häufigste Form b) Hantelformen c) Biskuitformen
Bilirubin *rotbraun*	a) Amorph b) Nadelbüschel c) Rhombische Formen d) Kubische Formen
Indigoblau *blau*	a) Amorph } Urin b) Nadelbüschel } c) Rechtwinklige Plättchen aus Chloroform

1) Nach Harrison, G. A., *Chemical Methods in Clinical Medicine*, 4. Aufl., London (1957), S. 100 ff.

Es sind nur solche Tests beschrieben, die keine größere Laboratoriumseinrichtung erfordern

Proteine

Kochprobe

Zu 5 ml klarem, wenn nötig filtriertem Harn gibt man 0,5 ml SØRENSENsche Pufferlösung und kocht die Flüssigkeit etwa 30 s.

SØRENSENsche Pufferlösung: 56,5 g Acidum aceticum glaciale und 118,0 g Natrium aceticum crist. in 1000 ml destilliertem Wasser.

Beurteilung: Je nach dem Grad der Proteinurie mehr oder weniger ausgeprägte Trübung. Bei einem Gehalt von weniger als 1‰ entsteht zunächst eine opalisierende Trübung, die aber nach einigen Minuten oder nach nochmaligem Aufkochen der Lösung als feinflockiger Niederschlag ausgeschieden wird.

Erdalkaliphosphate oder Urate geben bei dieser Probe keine Fällung; auch das pH des Harns ist ohne Einfluß darauf.

Sulfosalicylsäure-Probe

(Sehr empfindliche Probe, durch die sich auch geringste Proteinurien feststellen lassen.) Zu etwa 5 ml klarem, wenn nötig filtriertem Harn gibt man tropfenweise 0,5 ml einer 25prozentigen Sulfosalicylsäure-Lösung.

Beurteilung: Bei Anwesenheit von Proteinen bildet sich eine weiße Trübung, die auch nach nochmaligem Kochen nicht verschwindet. Wenn es schwerfällt, zu entscheiden, ob sich eine Trübung gebildet hat oder nicht, vergleiche man den behandelten mit dem unbehandelten Harn (Durchsichtigkeit). Die Probe ist schon positiv bei einem Proteingehalt von 0,015‰. – Bei sehr alkalischem Harn muß etwas mehr Sulfosalicylsäure zugesetzt werden. Harnsäure kann unter Umständen (selten) ebenfalls eine positive Reaktion bewirken. Aber im Gegensatz zur Trübung durch Proteine verschwindet die durch die Harnsäure verursachte Trübung, wenn man das Gemisch zum Kochen bringt.

«Zucker»

(siehe S. 502)

FEHLINGsche Probe

Man füllt in ein Reagensröhrchen 5 ml Harn und in ein anderes 5 ml einer Mischung von gleichen Teilen FEHLINGscher Lösung I und II. Man erhitzt beide Reagensröhrchen über derselben Flamme bis kurz vor dem Sieden der Lösungen (Kochen vermeiden) und gießt dann langsam die FEHLINGsche Lösung in die 5 ml Harn. – Stark konzentrierter Harn wird besser vorher verdünnt. FEHLINGsche Lösung I: 3,5 g Kupfersulfat in 50 ml destilliertem Wasser. FEHLINGsche Lösung II: 17,5 g Kaliumnatriumtartrat und 5 g Natriumhydroxyd in 50 ml destilliertem Wasser.

Beurteilung: Ist «Zucker» vorhanden, so ergibt sich je nach der Menge der im Harn vorhandenen reduzierenden Substanzen eine mehr oder weniger starke Fällung von gelbrotem Kupferoxydul. – Wird der Harn nach dem Mischen mit FEHLINGscher Lösung weitererhitzt, so tritt manchmal eine grünliche Fällung auf, die auf stark alkalische Substanzen im Harn schließen läßt.

BENEDICTsche Probe

Man gießt 5 ml BENEDICTS Reagens und 0,5 ml Harn in ein Reagensröhrchen und kocht die Mischung intensiv während 2 min.

BENEDICTS Reagens: Man löst zuerst 173 g Natriumcitrat und 100 g Natriumcarbonat sicc. in etwa 600 ml heißem destilliertem Wasser, darauf 17,3 g Kupfersulfat crist. in etwa 100 ml destilliertem Wasser. Unter konstantem Rühren fügt man die zweite Lösung der ersten bei, filtriert, falls die Mischung nicht klar ist, und füllt mit destilliertem Wasser auf 1 Liter auf. Das Reagens ist unbeschränkt haltbar.

Beurteilung: Bei Anwesenheit von «Zucker» ergibt sich eine gelbliche bis rötliche Fällung. Erdalkaliphosphate können unter Umständen (selten) durch eine schwach weiß oder grau scheinende Fällung eine positive Reaktion vortäuschen.

Ketonkörper

Probe nach ROTHERA

(Modifikation der LEGALschen Probe.) Man gießt in ein Reagensröhrchen 10 ml Harn, etwa 2 ml konzentrierten Ammoniak und fügt 2 g einer Mischung bei, die aus 100 Teilen Ammoniumsulfat und 1 Teil Nitroprussidnatrium besteht. Dann verschließt man das Reagensröhrchen, schüttelt kräftig und läßt hierauf stehen.

Beurteilung: Bei Anwesenheit von Aceton, Acetessigsäure oder von beidem bildet sich eine charakteristische purpurne (permanganatartige) Farbe, deren Intensität mit der Konzentration der Ketonkörper zunimmt. Diese Probe reagiert auf Acetessigsäure empfindlicher als auf Aceton.

GERHARDTsche Probe

für Acetessigsäure. Die Probe muß mit möglichst frischem Harn ausgeführt werden, da die Acetessigsäure leicht in CO_2 und Aceton zerfällt. – Man gießt in ein Reagensröhrchen etwa 5 ml Harn und 2–3 ml einer 10prozentigen Lösung Ferrichlorid.

Beurteilung: Bei Anwesenheit von Acetessigsäure färbt sich die Mischung bordeauxrot. Die gleiche Farbe ergibt sich jedoch auch bei Anwesenheit von Salicylsäure oder Medikamenten, wie Acetosalicylsäure usw. Aber im Gegensatz zur Acetessigsäure werden diese Substanzen durch Kochen nicht zerstört. Eine zweite, mit gekochtem Harn durchgeführte GERHARDTsche Probe bringt Klarheit: ist sie negativ, so ist die bordeauxrote Färbung der ersten Probe durch Acetessigsäure verursacht.

Eine wichtige Ergänzung dieses Abschnittes bilden die Tabellen und Ausführungen des Kapitels «Wässerige Lösungen» auf S. 287–299. Es finden sich dort Definitionen und Umrechnungsfaktoren zu den auf diesem Gebiete unentbehrlichen chemischen Maßeinheiten Mol und Grammäquivalent (val) und eine ausführlich interpretierte Zusammenstellung von Infusionslösungen zur parenteralen Flüssigkeits- und Elektrolytersatztherapie.

Wasser- und Elektrolythaushalt bilden eine funktionelle Einheit, weil das chemisch nicht gebundene Körperwasser praktisch eine isotonische Lösung mit relativ konstantem Elektrolytgehalt und etwas weniger konstantem Gehalt an organischen Stoffen darstellt. Veränderungen der einen Komponente führen deshalb zwangsläufig zu Veränderungen der anderen und umgekehrt. Dieser funktionellen Verkettung sollte bei den folgenden, aus didaktischen Gründen zunächst das Körperwasser und danach die Elektrolytzusammensetzung behandelnden Tabellen stets Rechnung getragen werden.

I. Wasserhaushalt

A. Wasserverteilung

Die Wasserverteilung in den verschiedenen Räumen (intra- und extrazelluläres Wasser usw.) gestattet die Berechnung der in diesen Räumen gelösten Mineralstoffe. Natrium- und Chloridionen sind vor allem in der extrazellulären Flüssigkeit verteilt und müssen bei Berechnungen auf diese bezogen werden. Ein Mangel dieser Ionen läßt sich deshalb an ihrem Serumspiegel erkennen. Beim vorwiegend intrazellulär lokalisierten Kalium hingegen kann das Ausmaß eines Defizits nicht ohne weiteres aus dem Serumgehalt abgeleitet werden. Kaliumdefizite lassen sich aus klinischen Symptomen, exakt hingegen nur mit Bilanzmethoden erkennen.

Als **klinische Normen** für Wassergehalt und -verteilung können gelten (Einzelheiten siehe untenstehende Tabelle):

	Mann	Frau	
Gesamtwasser	60%	55%	} des Körpergewichtes
Extrazelluläres Wasser	15%	15%	
Intrazelluläres Wasser	45%	40%	

B. Tägliche Wasseraufnahme und Wasserabgabe

Die **Wasseraufnahme** setzt sich zusammen aus dem Wassergehalt der flüssigen und festen Nahrungsmittel sowie aus dem im intermediären Stoffwechsel entstehenden «Oxydationswasser». 100 g Fett liefern etwa 100 ml, 100 g Proteine etwa 40 ml und 100 g Kohlenhydrate etwa 60 ml Oxydationswasser. Für vereinfachte klinische Wasserbilanzen darf das Oxydationswasser dem Stuhlwasser gleichgesetzt werden, vorausgesetzt, daß kein Durchfall besteht. Der Wassergehalt der festen Nahrungsmittel deckt bei normaler Kost und Bettruhe ohne Fieber und Schwitzen den extrarenalen Wasserverlust durch Haut und Lungen (= unsichtbare Transpiration).

Als **klinische Normen** können gelten (Ruhe, gemäßigtes Klima, kein Fieber, keine sichtbare Transpiration):

Wasseraufnahme, total	2500 ml
als Flüssigkeit	1500 ml
mit der Nahrung (einschl. 300 ml Oxydationswasser)	1000 ml

Unter normalen Verhältnissen wird die Wasseraufnahme durch den Durst sehr genau auf den aktuellen Wasserbedarf des Körpers abgestimmt. Das Durstgefühl wird durch verschiedene Faktoren, wie Wassergehalt der Zellen (seinerseits abhängig von der Elektrolytkonzentration des extrazellulären Wassers), dem Plasmavolumen (Aufrechterhaltung der Blutzirkulation!) usw., verursacht und beeinflußt.

Wasserabgabe

Die Wasserabgabe setzt sich zusammen aus dem Wasserverlust durch Haut und Lungen (= unsichtbare Transpiration), Fäces und Harn.

Als **klinische Normen** können gelten (Ruhe, gemäßigtes Klima, kein Fieber, keine sichtbare Transpiration):

Wasserabgabe, total 2500 ml

a) durch die Haut	500 ml	c) Fäces	100 ml
b) durch die Lunge	400 ml	d) Harn	1500 ml

Gesamtes Körperwasser
Durchschnittliche Werte des Erwachsenen

	In % des Körpergewichtes: Mittelwert	Bereich
Deuteriumoxydmethode[1]	%	%
Mann, 17–34 Jahre	61,1	53,3–70,3
57–86 Jahre	54,3	47,8–62,8
Frau, 20–21 Jahre	51,2	45,6–59,9
60–82 Jahre	46,2	42,0–53,4
Antipyrinmethode[2]		
Mann	53,6	—
Frau	46,2	—

Die an sich bessere Deuteriumoxydmethode ergibt höhere Werte als die einfachere Antipyrinmethode, besonders bei ödematösen Patienten[3].

Der prozentuale Wassergehalt ist mit der Körperoberfläche enger korreliert als mit dem Körpergewicht[4] und variiert gegensinnig zum Fettgehalt des Körpers[1, 5], was zum Beispiel den generellen Unterschied des Wassergehaltes von Mann und Frau erklärt. Der Wassergehalt des Kleinkindes ist beträchtlich größer als beim Erwachsenen[6] und nimmt beim letzteren mit zunehmendem Alter weiterhin ab[1]. Für Kinder bis zu 20 kg kann der Totalwassergehalt[6] berechnet werden zu: gesamtes Körperwasser (in Liter) = (0,55 × Körpergewicht in Kilogramm) + 0,51.

Extrazelluläres Wasser
Durchschnittliche Werte des Erwachsenen

	In % des Körpergewichtes: Mittelwert	Bereich
a) *Gesamtes extrazelluläres Wasser* (inklusive Plasmawasser)	%	%
Thiosulfatmethode (Männer)[7]	16,6	—
Inulinmethode[8]	15	—

Das Verteilungsvolumen des Thiosulfates oder des Inulins erstreckt sich nicht auf das «transzelluläre» Wasser[9], das heißt Liquorwasser, Wasser in Drüsenlumina, Darmlumen, Nierenbecken usw.

b) *Plasmavolumen*		
Evans-Blau-Methode nach Gibson[10]		
Mann	4,3	3,2–5,8
Frau	4,1	3,3–5,2

Weitere Methoden siehe S. 518

Umrechnung von Plasmavolumen auf Plasmawasser[4]:

$$\text{Plasmawasser in Milliliter} = \frac{\text{Plasmavol. (ml)} \times (98{,}40 - 0{,}718 \times \text{Proteingehalt in g/100 ml Serum})}{100}$$

c) *Interstitielles Wasser*

Wird erhalten als Differenz aus gesamtem extrazellulärem Wasser und Plasmawasser.

Intrazelluläres Wasser

Wird erhalten als Differenz aus gesamtem Körperwasser und extrazellulärem Wasser.

Durchschnittlicher Wert für Erwachsene (Antipyrinverteilungsvolumen minus Inulinverteilungsvolumen)[11]: 40% des Körpergewichtes.

Die Wasserverteilung in den verschiedenen Räumen ist wie der Gesamtwassergehalt enger mit der Körperoberfläche korreliert als mit dem Körpergewicht[4].

Keine der oben angeführten Methoden ist in der Klinik generell anwendbar. Der Hydrationszustand muß in der Regel auf Grund anderer Kriterien, wie Elastizität der Haut und des subkutanen Gewebes, Blutdruck, spezifisches Gewicht des Harnes usw., beurteilt werden. Da das relative Volumen des intrazellulären Wassers eine Funktion des effektiven osmotischen Druckes des extrazellulären Wassers darstellt, zeigt die Elastizität der Haut und des subkutanen Gewebes primär nicht den aktuellen Stand des intrazellulären, sondern des extrazellulären Wassers an.

Die Verteilung zwischen intra- und extrazellulärem Wasser läßt sich aus dem Natriumgehalt des Serums, das Plasmavolumen auf Grund des Hämatokritwertes, der Erythrocytenanzahl oder des Hämoglobingehaltes abschätzen. Obwohl Verminderung des extrazellulären Wassers und Hämokonzentration oft parallel gehen, sind Ausnahmen von dieser Regel so häufig, daß nur nach sorgfältiger Beurteilung des gesamten klinischen Bildes entsprechende Schlußfolgerungen gezogen werden dürfen.

Über schnell erfolgende Veränderungen des Hydrationszustandes ergeben Vergleiche zwischen Körpergewicht und Erythrocytenanzahl oder Proteingehalt des Serums wertvolle Aufschlüsse.

I. Wasserhaushalt *(Fortsetzung)*

a) *Wasserabgabe durch die Haut*

Ruhe, gemäßigtes Klima, kein Fieber, keine sichtbare Transpiration [12–14]	400– 600 ml
unter tropischen Arbeitsbedingungen (DILL, zitiert in [15])	8000–10000 ml
Ruhe, gemäßigtes Klima, mit nacktem Körper an der Sonne (DILL, zitiert in [15])	400 ml

b) *Wasserabgabe durch die Lungen*

Ruhe, gemäßigtes Klima [13, 16]	400 ml

a) + b) *Wasserabgabe durch Haut und Lungen*

Bettruhe, kein Fieber, keine sichtbare Transpiration [13, 17]	800– 1000 ml
Bettruhe, Fieber und leichtes Schwitzen [17]	1500 ml
Bettruhe, Fieber, Schweißausbrüche [17]	2000 ml

c) *Wasserabgabe durch den Verdauungstrakt*

Fäces: Normaler Stuhl enthält etwa 70–80% Wasser oder 4 ml Wasser je 100 Kalorien Nahrungsaufnahme. Die Gesamtstuhlmenge [20] beträgt im Tag bei gemischter Kost 160–250 g, bei vegetabilischer Kost bis zu 370 g, bei Fleischkost nur 54–64 g.

Intestinalwasserkreislauf [21, 22] (Verluste nur bei chirurgischen Drainagen):

Speichel	500– 1500 ml
Magensaft	1000– 5000 ml
Galle	100– 1000 ml
Pancreassekret	700– 1000 ml
Dünndarmsekret	700– 3000 ml
Total	3000–11500 ml

d) *Wasserabgabe durch die Nieren* [22] (vgl. S. 514): 600*– 1600 ml

* Normale Minimalausscheidung

Die Wärmeabgabe durch Verdunstung beträgt etwa 24% der gesamten Wärmeabgabe (nach SODERSTROM und DUBOIS in [18]). Unter Berücksichtigung der Verdampfungswärme des Wassers bei 37°C (0,58 kcal/ml) kann der extrarenale Wasserverlust außer bei übermäßigem Schwitzen vom Kalorienverbrauch durch folgende Formel errechnet werden:

Wasserverlust durch Verdunstung (in ml)
= 0,414 × Kalorienverbrauch (nach NEWBURGH in [18])

Bei einem Kalorienverbrauch von 2000 kcal wäre zum Beispiel ein Wasserverlust durch Haut und Lungen von etwa 825 ml zu erwarten. Kalorienverbrauch und -zufuhr dürfen nicht gleichgesetzt werden. Bei Fieber zum Beispiel ist der Kalorienverbrauch (Wärmeproduktion) meistens größer als die Kalorienzufuhr.

Der Wasserverlust durch Verdunstung während der warmen Jahreszeit und der durch das Wasserbedürfnis der insuffizienten (konzentrationsunfähigen) Niere bedingte Wasserverlust werden oft unterschätzt.

II. Osmotische Verhältnisse in den Körperflüssigkeiten

Die osmotischen Konzentrationsverhältnisse sind für die Wasserverteilung zwischen extra- und intrazellulärem Raum, zwischen vaskulärem und perivaskulärem Raum und für die Filtrationsvorgänge im Körper wesentlich.

Das Wassergleichgewicht zwischen *intrazellulärem* Raum und Interstitium hängt von der gegenseitigen Konzentration der osmotisch wirksamen Teilchen (Moleküle und Ionen) ab.

Die Wasserverteilung zwischen *vaskulärem* Raum und Interstitium ist die Resultante folgender Faktoren [4]:

a) Kapillardruck	b) Gewebespannung
a) Onkotischer Druck der interstitiellen Flüssigkeit	b) Onkotischer Druck des Plasmas

Lymphdrainage

wobei die Faktoren unter a) die Transsudation aus den Kapillaren begünstigen, die Faktoren unter b) die Transsudation hemmen. Die interstitielle Flüssigkeit ist ein Ultrafiltrat des Plasmas und unterscheidet sich praktisch von diesem nur durch die viel niedrigere Proteinkonzentration.

Osmotischer Druck des Plasmas bei 38°C:
7,70 atm oder 5852 Torr (mm Hg)

Diesem osmotischen Druck entspricht eine **Gefrierpunktserniedrigung** von 0,56°C oder eine **Osmolalität** (Konzentration aller osmotisch wirksamen Teilchen) von 301,4 mosm (mmol).

Umrechnung von Gefrierpunktserniedrigung in osmotische Konzentration und osmotischen Druck und umgekehrt siehe S. 289. Umrechnungen von Druckeinheiten siehe S. 171 und 186.

Die aus der chemischen Zusammensetzung unter Annahme *einer vollständigen Dissoziation* der starken Elektrolyte (Mineralsalze, vor allem NaCl) zu **errechnende** osmotische Konzentration (ideale Osmolalität) beträgt etwa 325 mmol/1000 g Serumwasser (vgl. Abb. 1). Die Differenz zwischen dieser Zahl und der **tatsächlichen** osmotisch wirksamen Konzentration von rund 300 mosm (mmol) je 1000 g Serumwasser (reale Osmolalität) erklärt sich aus der realiter etwas kleineren Dissoziation der Elektrolyte im Serum.

Kapillardruck (nach LANDIS, zitiert in [20]):

durchschnittlich 32 Torr (mm Hg) = 43,5 cm Wasser am Anfang des arteriellen Schenkels;

12 Torr (mm Hg) = 16,3 cm Wasser am Ende des venösen Schenkels.

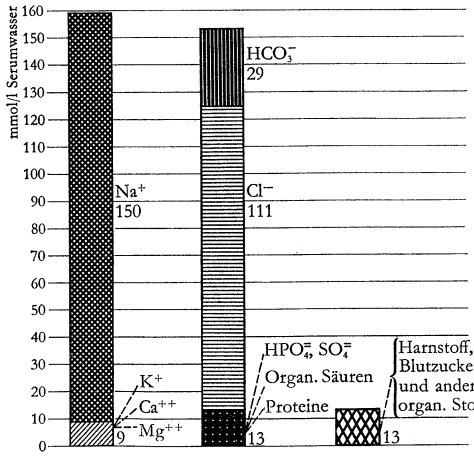


Abb. 1. Konzentration der osmotisch wirksamen Serumbestandteile in Millimol je Liter (oder mmol/1000 g) Serumwasser, errechnet aus den analytisch bestimmten Werten von JEANNERET et al. [23] unter Annahme einer vollständigen Dissoziation.

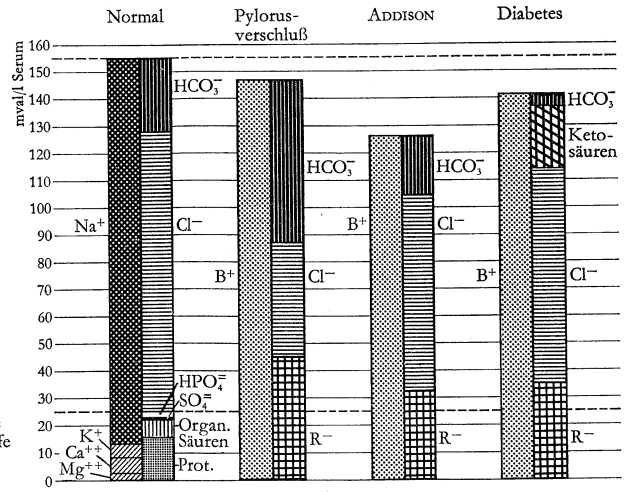


Abb. 2. Ionenkonzentration im Blutserum (Ionogramm, nach GAMBLE [16]). Vergleiche nächste Seite. B+ = Gesamtkationen, R− = Anionen, außer Bicarbonat und Chlorid. Die schwach dissoziierte Kohlensäure ist in diesem Schema nicht eingetragen.

II. Osmotische Verhältnisse in den Körperflüssigkeiten *(Fortsetzung)*

Onkotischer Druck (kolloidosmotischer Druck) des Serums: 30–40 cm Wasser = 0,03–0,04 atm = 23–30 Torr (mm Hg).

Bei abnormer Zusammensetzung der Plasmaproteine kann der *onkotische Druck* nach der Formel von KEYS (zitiert in [24]) berechnet werden:

Onkotischer Druck (in Millimeter Wasser) $= f_c\ (45{,}2\ A + 18{,}86\ G) \times T/273{,}16$, wobei A = Albumine in g/100 ml Serum, G = Globuline in g/100 ml Serum, T = absolute Temperatur in Grad Kelvin (°K) = 273,16 + °C und f_c einen variablen Faktor bedeuten. f_c hängt vom Gesamtproteingehalt wie folgt ab:

Gesamtproteingehalt des Serums

in g/100 ml:	1	2	3	4	5	6	7	8
f_c:	0,88	0,92	0,98	1,03	1,09	1,17	1,28	1,45

Da das Fibrinogen zufolge seines hohen Molekulargewichtes praktisch keine osmotische Wirkung besitzt, können der onkotische Druck des Serums und derjenige des Plasmas einander gleichgesetzt werden.

III. Serumspiegel der klinisch wichtigsten Elektrolyte

Bei der Betrachtung der Säure-Basen-Verhältnisse* und bei entsprechenden Berechnungen bedient man sich der chemischen Maßeinheit Grammäquivalent (val**). Das Grammäquivalent wird aus dem Mol auf Grund der Wertigkeit der in Betracht stehenden Ionen berechnet (vgl. S. 287–289 und Umrechnungstabellen für Elektrolyte, S. 292–294). In der Tabelle auf S. 512 sind in den beiden äußersten Kolonnen rechts die Umrechnungsfaktoren zwischen den Konzentrationen mg/100 ml (bzw. g/100 ml bzw. Vol.%) und Milligrammäquivalent je Liter wie auch umgekehrt angegeben.

Drückt man die Konzentration der Serumelektrolyte in Milligrammäquivalenten je Liter Serum aus, so erhält man in der seit GAMBLE [15] üblichen Darstellungsweise (vgl. Abb. 2, S. 509) ein Ionogramm, in dem die Summe der Kationen und diejenige der Anionen zwei gleich hohe Säulen darstellen, weil im Serum wie in jeder anderen Elektrolytlösung die positiven und negativen Valenzen sich die Waage halten (Elektroneutralität). Sowohl bei Veränderungen innerhalb der Elektrolytzusammensetzung einer Säule wie auch bei Änderungen des Gesamt-Kationen- oder -Anionengehaltes bleiben die Größen der beiden Säulen einander gleich. Anstieg oder Abfall des Chloridspiegels zum Beispiel werden von entgegengesetzten Verschiebungen des Bicarbonatspiegels ausgeglichen, Änderungen des Natriumgehaltes haben entsprechende Änderungen der Anionensumme zur Folge.

Solche Veränderungen sind stets von einer pH-Änderung begleitet, die aber, da das Serum eine Pufferlösung darstellt, die physiologischen pH-Grenzen (vgl. S. 521) nur dann überschreiten, wenn die Pufferungsmöglichkeiten des Blutes überschritten werden. Das quantitativ weitaus wichtigste Puffersystem des Blutes stellt das System Kohlensäure (H_2CO_3)/Bicarbonat ($BHCO_3$, wobei B = einwertige Kationen, zum allergrößten Teil Na^+) dar. Seine Funktion wird durch die Gleichung von HENDERSON bzw. HENDERSON-HASSELBALCH dargestellt (vgl. S. 541). Weitere Puffersysteme sind: das System primäres Phosphat/sekundäres Phosphat (vor allem ein wichtiges intrazelluläres Puffersystem), das Hämoglobin sowie andere Eiweißkörper. Das Puffersystem H_2CO_3/HCO_3^- ist, chemisch gesehen, bei dem normalen Blut-pH von 7,41 trotz der relativ hohen Konzentration (im arteriellen Plasma: H_2CO_3 1,25 mval/l, HCO_3^- 25 mval/l) nur wenig wirksam, besitzt aber in vivo wegen der Möglichkeit der CO_2-Abgabe durch die Lungen und der alveolaren Ventilationssteigerung sehr gute Pufferwirkung [15, 25].

Acidosen und Alkalosen. Normalerweise ist das Gleichgewicht zwischen Säuren und Basen so eingestellt, daß im arteriellen Blut ein pH-Wert von 7,41 resultiert [25]. Wird dieser physiologische pH-Wert überschritten bzw. unterschritten, spricht man von einer Alkalose bzw. Acidose. Solche Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichts verursachen charakteristische Veränderungen der einzelnen Glieder der Dissoziationsgleichung der Kohlensäure (S. 541). Neben diesen primären, unkompensierten Veränderungen des pH-Wertes treten sekundäre, den primären Störungen entgegengerichtete Veränderungen auf, wie Änderung der Lungenbelüftung (Hyper- bzw. Hypoventilation) und der Nierenfunktion (Basenretention bzw. -verminderung). Man spricht in diesem Fall von kompensierten Alkalosen und Acidosen; der pH-Wert zeigt hierbei keine wesentlichen Veränderungen.

(Primär) **metabolische Acidosen** entstehen *bei Anhäufung größerer Mengen von Säuren*, die stärker sind als H_2CO_3, infolge erhöhter Säureproduktion (Hungerzustand, starke körperliche Anstrengungen, Diabetes mellitus usw.), infolge exogener Säurezufuhr (zum Beispiel Ammoniumchlorid) und infolge Säureretention (Nierenerkrankungen) *oder bei starken Basenverlusten* (Durchfälle, intestinale und biliäre Drainagen oder Fisteln, ADDISONsche Krankheit). (Primär) **metabolische Alkalosen** entstehen *bei starken Säureverlusten* (Erbrechen, Magendrainage usw.) oder *bei inadäquater Zufuhr alkalinisierender Salze* (Natriumbicarbonat, -lactat usw.).

(Primär) **respiratorische Acidosen** stellen sich ein *bei Erschwerung der CO_2-Abatmung* (Stenosen der oberen Atmungswege, zentralbedingte Hypopnoe, Lungenemphysem usw.), (primär) **respiratorische Alkalosen** *bei Hyperventilation* (zum Beispiel Salicylvergiftung).

Methodisch lassen sich Störungen des Säure-Basen-Stoffwechsels durch Messung der einzelnen Glieder der Dissoziationsgleichung der Kohlensäure (vgl. S. 541) erfassen. (Vgl. auch nebenstehendes Nomogramm.)

Ein für die Klinik in der Regel ausreichendes Maß für den Bicarbonatgehalt (Nenner der HENDERSON-Gleichung) ist die sogenannte **Alkalireserve** des Serums (Standardbicarbonat [26], CO_2-Bindungsvermögen usw.; Definition und Bestimmung siehe S. 541), die als Bicarbonat-CO_2 (in Vol.%) oder als Bicarbonation (HCO_3^- in mval) ausgedrückt werden kann. Da eine solche Messung aber bei konstantem CO_2-Druck erfolgt, spiegelt die Alkalireserve nur metabolische, nicht aber respiratorische Abweichungen wider. Letztere können durch Messung zweier Glieder der Dissoziationsgleichung der Kohlensäure (zum Beispiel pH und CO_2-Druck) erfaßt werden. In nachstehender Tabelle finden sich die Veränderungen der einzelnen Meßgrößen bei Störungen des Säure-Basen-Stoffwechsels. In Fällen von kompensierten Störungen mit nur geringer Verschiebung des pH-Wertes und ohne Kenntnis des Ausgangswertes ist es oft nötig, neben einer Berücksichtigung der klinischen Situation weitere Faktoren, wie organische Säuren und Phosphat im Plasma oder Ammoniak und pH im Harn, zu bestimmen.

Veränderungen der wichtigsten Meßgrößen des Säure-Basen-Stoffwechsels bei Acidosen und Alkalosen

(nach SCHWAB und KÜHNS [25])

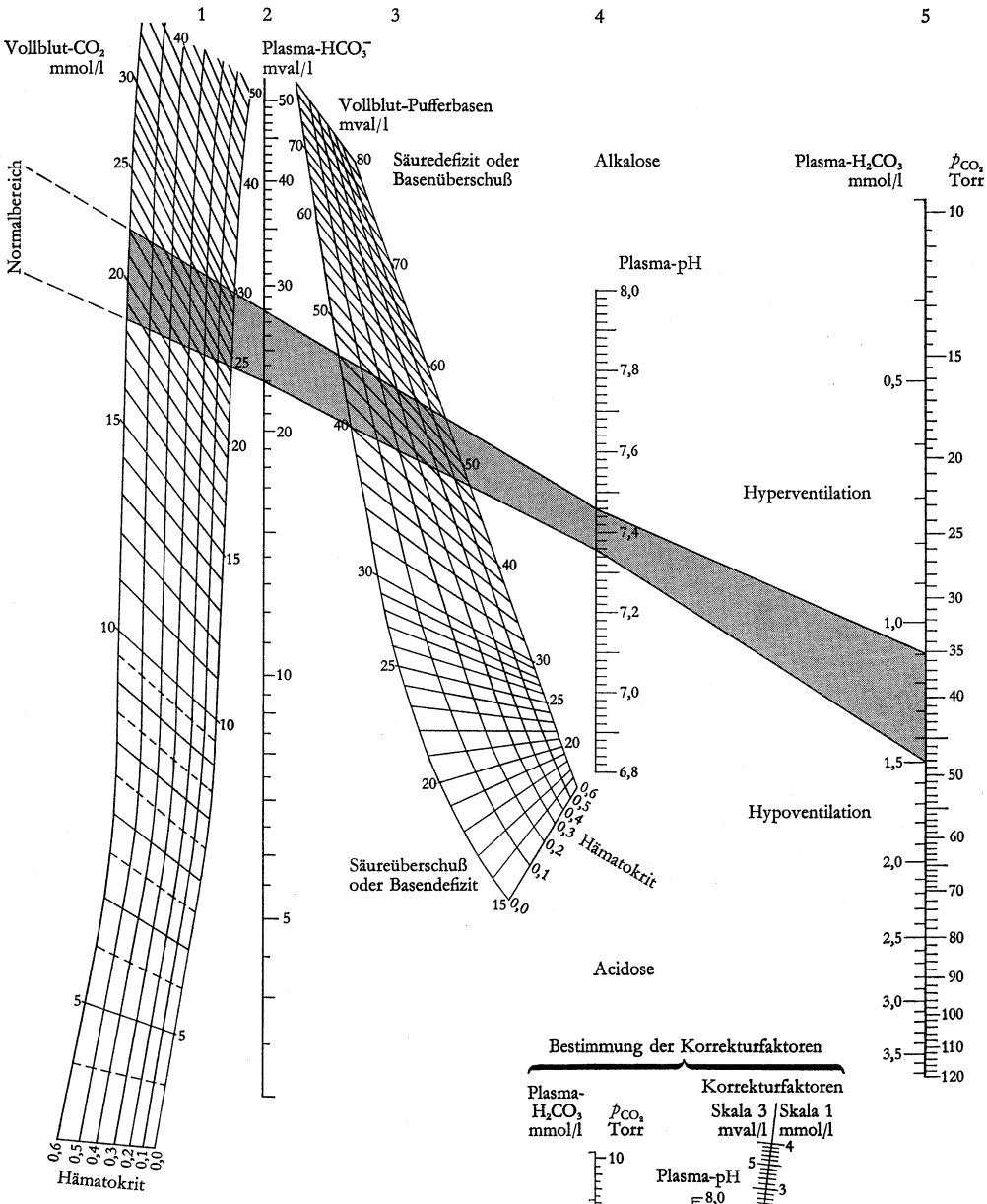
N: Normalwert, ↑: Wert steigt, ↓: Wert fällt

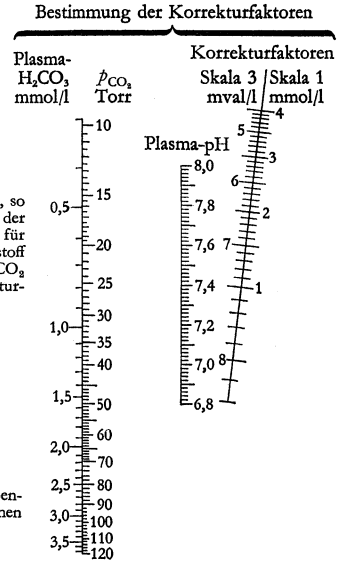
	Im arteriellen Blut			Standard-bicarbonat mval/l Plasma **25** *(22–28)*
	pH **7,41** *(7,38–7,44)*		CO_2-Druck Torr **40** *(36–45)*	
Metabolische Acidose				
unkompensiert	↓	↓	N	↓
(partiell) kompensiert .	(↓)	↓	↓	↓
Respiratorische Acidose				
unkompensiert	↓	↓	↑	N
(partiell) kompensiert .	(↓)	↓	↑	↑
Metabolische Alkalose				
unkompensiert	↑	↑	N	↑
(partiell) kompensiert .	(↑)	↑	↑	↑
Respiratorische Alkalose				
unkompensiert	↑	↑	↓	N
(partiell) kompensiert .	(↑)	↑	↓	↓

* Nach BRØNSTEDT sind Säuren Protonen- (Wasserstoffionen-) Donatoren und Basen Protonen-Akzeptoren.

** Neben dem internationalen Symbol val werden auch die Symbole Eq, equ., equiv., äq. usw. verwendet.

Nomogramm des Säure-Basen-Gleichgewichts im Blut des Menschen bei 37 °C (nach SINGER und HASTINGS[19])





Verbindet man je einen Punkt auf zwei der angegebenen Skalen durch eine Gerade, so ergibt der Schnittpunkt dieser Geraden mit den restlichen Skalen die weiteren Werte der Variablen des Säure-Basen-Gleichgewichts. Der angeführte Normalbereich gilt für arterielles Blut. Erfolgt eine Messung an venösem oder nicht vollständig mit Sauerstoff gesättigtem Blut, so ergeben sich die entsprechenden korrigierten Werte für Vollblut-CO_2 und Vollblut-Pufferbasen* mittels der aus dem Nomogramm ermittelten Korrekturfaktoren f folgendermaßen:

$$(\text{Vollblut-}CO_2)_{\text{korrigiert}} = \text{Vollblut-}CO_2 + (f_{\text{Skala 1}} \times U \times V_c)$$

$$(\text{Vollblut-Pufferbasen})_{\text{korrigiert}} = \text{Vollblut-Pufferbasen} - (f_{\text{Skala 3}} \times U \times V_c)$$

$$V_c = \text{Hämatokrit} = \frac{\text{Volumenprozent an Erythrocyten im Vollblut}}{100}$$

$$U = 1 - \frac{\text{Prozent } O_2\text{-Sättigung}}{100}$$

* Unter Vollblut-Pufferbasen versteht man die Summe der für die Pufferung maßgebenden Anionenbasen (HCO_3^-, $HPO_4^{=}$, Proteinat$^-$) bzw. die diesen äquivalenten Kationen («Pufferkationen»).

III. Serumspiegel der klinisch wichtigsten Elektrolyte *(Fortsetzung)*

Die **Serumwerte der bilanzmäßig wichtigsten Elektrolyte** sind nachstehend auf Grund der Angaben verschiedener Autoren zusammengestellt. Die Werte differieren etwas von Autor zu Autor, wobei auch die Bestimmungsmethoden einen Einfluß haben. Im allgemeinen liefern flammenphotometrische Methoden etwas höhere Werte. Obschon noch innerhalb der physiologischen Variationsbreite liegend, sind die Serumwerte für Na (142 mval/l) und die Gesamthöhe (155 mval/l) des Ionogramms nach GAMBLE[16] als etwas zu hoch zu betrachten.

Zu den in der Tabelle angeführten Elektrolyten kommen noch hinzu: Mg^{++} (1,7 mval/l), Sulfate, ausgedrückt als SO_4^{--} (0,7 mval/l)[27], Anionen organischer Säuren sowie protein- und lipoidgebundene Elektrolytformen. Da die Anionen der organischen Säuren, der Proteine und Lipoide analytisch nur schwer oder gar nicht bestimmt werden können bzw. nur ungefähr zu errechnen sind (Proteine, siehe Fußnote *) ist die Konstruktion der Anionensäule des Ionogramms stets mit einem Unsicherheitsfaktor behaftet. Auf Grund der theoretisch vorauszusetzenden Elektroneutralität geht man in praxi deshalb so vor, daß die Höhe des Ionogramms durch Summierung der analytisch exakt erfaßbaren Kationenkonzentrationen bestimmt wird (Abb. 2, S. 509, linke Säule). Danach trägt man auf der Anionenseite von oben nach unten HCO_3^- und Cl^- ab und, sofern sie bestimmt worden sind, auch Phosphat und Sulfat, die verbleibende Lücke geht dann zu Lasten der Proteine und undeterminierten Säuren («Säurerest»). Die Gesamtäquivalenz der Kationen bzw. der Anionen wird von GAMBLE[16] mit 155 mval/l, von PETERS[4] mit 149 mval/l angegeben. SHOHL[30] gibt einen Wert von 155,2 mval/l für die Kationen- und 150 mval/l für die Anionen-Totaläquivalenz (beide analytisch bestimmt).

Serumspiegel der klinisch wichtigsten Elektrolyte		Normalwerte					Umrechnungsfaktoren	
		GAMBLE[15]		JEANNERET, ROSENMUND, ESSELLIER[29]		PETERS[4]	*mg/100 ml* bzw. *g/100 ml* bzw. *Vol.%* in mval/l	mval/l in *mg/100 ml* bzw. *g/100 ml* bzw. *Vol.%*
	Konzentration	Mittelwerte		Mittel	Bereich	Mittel und Bereich		
Kationen		Serum	Serumwasser**	Serum		Serum	Serum	Serum
Natrium	mval/l	142	152,0	139,2	136,6–141,8	138,0 ± 3,4	0,435	2,30
	mg/100 ml	*326,6*	*349,6*	*320*	*314–326*	*317,5 ± 7,8*		
Kalium	mval/l	5	5,4	5,1	4,1–5,6	4,1 ± 0,3	0,256	3,91
	mg/100 ml	*19,6*	*21,1*	*20*	*16–22*	*16,0 ± 1,2*		
Calcium	mval/l	5	5,4	5,0	4,7–5,2	5,3 ± 0,3	0,499	2,00
	mg/100 ml	*10*	*10,8*	*10*	*9,5–10,5*	*10,6 ± 0,6*		
Anionen								
Chlorid	mval/l	103	110,3	102,9	97,3–107,2	102,2 ± 2,2	0,282	3,55
	mg/100 ml	*365,7*	*391,6*	*365*	*345–380*	*362,8 ± 7,8*		
Alkalireserve:								
Bicarbonat	mval/l	27	28,9	26,9	23,8–34,7	26,5 ± 1,4	0,449***	2,23***
Bicarbonat-CO_2	*Vol.%*	*60,2*	*64,5*	*60*	*53–77*	*59,1 ± 3,1*		
Serumproteine	mval/l	16	17,1	16,9	15,7–18,1	17,3 (inkl. organ. Säuren)	2,41 *	0,41 *
	g/100 ml	*6,6*	*7,5*	*7,0*	*6,5–7,5*			
Phosphat (anorg.)	mval/l	2	2,1	1,7	1,5–2,0	2,0 ± 0,5	0,581 †	1,72 †
Anorg. Phosphor	*mg/100 ml*	*3,4*	*3,6*	*3*	*2,5–3,5*	*3,4 ± 0,86*		

Die mg/100-ml-Werte von GAMBLE und PETERS wurden mittels der oben angeführten Umrechnungsfaktoren aus den von den Autoren angegebenen mval/l-Werten berechnet.

IV. Durchschnittlicher Natrium-, Kalium- und Chloridionengehalt bilanzmäßig wichtiger Körperflüssigkeiten und Sekrete

Die Tabelle auf S. 513 enthält Angaben über den durchschnittlichen Natrium-, Kalium- und Chloridionengehalt von Körperflüssigkeiten, deren Verlust zu einem Elektrolytdefizit führen kann (Vomitus, flüssiger Stuhl, Drainage-, Enterostomie- und Punktionsflüssigkeiten usw.). Die entsprechenden Harnwerte folgen auf S. 514; sie können im Einzelfalle sehr großen Schwankungen unterliegen. Auf Angabe des Kochsalzgehaltes dieser Flüssigkeiten wurde verzichtet, da in den meisten Fällen das Verhältnis von Na zu Cl nicht 1:1 ist.

Eine rationelle Elektrolytersatztherapie ist bei gestörter Nierenfunktion besonders wichtig, namentlich wenn die tubuläre Regulation des Wasser- und Mineralstoffwechsels beeinträchtigt ist (postoperative Zustände usw.). Angesichts der praktischen Schwierigkeiten einer auch nur angenäherten Elektrolytbilanz stellt sich die Frage, weshalb die Ermittlung der Elektrolytwerte im Serum für eine richtige, das heißt quantitativ angepaßte Ersatztherapie nicht genügt. *Natrium*verluste führen zu einer Verminderung der extrazellulären Flüssigkeit, so daß der Natriumspiegel im Serum nicht dem Natriumverlust entsprechend abfällt. Deshalb kann bei starker Abnahme des Körperwassers trotz Natriummangel ein annähernd normaler Serumnatriumspiegel bestehen. Dagegen lassen sich *Chlor*verluste meistens schon auf Grund der Chlorionenkonzentration im Serum feststellen, da der Chlorverlust allein nicht zu einem wesentlichen extrazellulären Wasserverlust führt. *Kalium*defizite werden auf Grund des Serumkaliumspiegels erst spät erkannt, da der Serumkaliumverlust über lange Zeit vom Zellkalium kompensiert wird.

---

* Der Faktor 2,41 nach VAN SLYKE[28] zur Umrechnung des Serumproteingehaltes (g/100 ml) in ionisiertes Serumprotein (mval/l) ist gültig für 38°C, pH 7,4 und einen Albumin-Globulin-Quotienten von 1,6. Bei abnormer Verteilung der Proteinfraktionen sollte es nach VAN SLYKE möglich sein, die Basenäquivalenz der Albumine und Globuline auf Grund folgender Faktoren zu errechnen: 1 g Albuminstickstoff = 1,745 mval, 1 g Globulinstickstoff = 1,205 mval. Nach BROCH[29] ist jedoch die Basenäquivalenz bei Dysproteinämien vielfach herabgesetzt, so daß die VAN-SLYKEsche Umrechnung zu hohe Werte ergäbe.

** Aus dem Serumwert errechnet nach der Formel für Serumwasser[4]: Serumwasser in (ml/100 ml Serum) = 98,4 minus 0,718 mal Proteingehalt in g/100 ml Serum, unter Annahme eines mittleren Proteingehaltes von 7,0 g.

*** Betreffend Umrechnungsfaktoren vgl. Fußnote auf S. 294.

† Umrechnungsfaktoren für pH 7,4 und 38°C.

IV. Durchschnittlicher Natrium-, Kalium- und Chloridionengehalt bilanzmäßig wichtiger Körperflüssigkeiten und Sekrete *(Fortsetzung)*

	Na^+		K^+		Cl^-	
	mval/l	mg/100 ml	mval/l	mg/100 ml	mval/l	mg/100 ml
1. Mittelwerte im Serumwasser nach GAMBLE[15] (vgl. S. 512)	152	350	5,4	21	110	392
2. Serumultrafiltrat	139	320	4,4	17	114,2	405
3. Transsudate	144	331	4,9	19	112	397
4. Schweiß[31], Mittelwert	**58,4**	**134**	**10,0**	**39**	**45,4**	**161**
Standardabweichung s	*15,7*	*36*	*2,4*	*9*	*15,5*	*55*
5. Speichel[32], Mittelwert	**33,1**	**76**	**19,5**	**76**	**33,9**	**120**
Standardabweichung s	*13,4*	*31*	*3,4*	*13*	*10,2*	*36*
6. Gemischter Magensaft[13], Mittelwert	59,0	136	9,3	36	89,0	316
$^2/_3$ der Fälle	31–90	71–107	4,3–12,0	17–47	52–124	184–440
nach[33]	20–80	46–184	5–20	20–78	100–150	355–532
7. Magenfundussaft[30]	35	80	15	59	160	567
Magenpylorussaft[30]	160	368	25	98	140	496
8. Galle[13], Durchschnitt	145,3	334	5,2	20	99,9	354
$^2/_3$ der Fälle	134–156	308–359	3,9–6,3	15–25	83–110	294–390
nach[33]	120–140	276–322	5–15	20–59	80–120	284–425
9. Pancreassekret[13]	141,1	324	4,6	18	76,6	272
nach[33]	120–140	276–322	5–15	20–59	40–80	142–284
10. Dünndarmsekret[13], MILLER-ABBOTT-Sonde						
Durchschnitt	104,9	240	5,1	20	98,9	350
$^2/_3$ der Fälle	72–128	166–296	3,5–6,8	14–27	69–127	245–451
nach[33]	100–140	230–322	5–15	20–59	90–130	319–461
11. Ilealsekret[13], MILLER-ABBOTT-Sonde	116,7	268	5,0	20	105,8	376
Aus frischer Ileostomie, Durchschnitt	129,5	298	16,2	63	109,7	389
$^2/_3$ der Fälle	112–142	258–326		18–55	93–122	330–433
12. Caecostomie[13], Durchschnitt	79,6	183	20,6	81	48,2	171
$^2/_3$ der Fälle	48–116	110–266	11,1–28,3	43–111	35–70	124–248
13. Geformter Stuhl, Werte auf den Wassergehalt bezogen[18], Errechneter Durchschnitt	35	81	72	282	73	259
Extreme Werte	7–96	16–221	34–150	133–587	17–164	60–582

Bemerkungen zur Tabelle

Wegen der großen Schwankungen in den Flüssigkeiten des Verdauungstraktes setzt eine zweckmäßige Elektrolytersatztherapie im Einzelfalle die analytische Ermittlung des Na-, K- und Cl-Ionengehaltes voraus.

Ad 2. Die Werte im Serumultrafiltrat wurden mit den Quotienten Serumwasser/Serumultrafiltrat nach PETERS (Na: 0,9, K: 0,82, Cl: 1,03)[18] aus den Mittelwerten im Serumwasser berechnet. Die Werte im Serumultrafiltrat stimmen weitgehend mit der annähernd proteinfreien interstitiellen Flüssigkeit überein.

Ad 3. Die Quotienten für den Elektrolytgehalt im Serumwasser/Transsudatwasser betragen durchschnittlich 0,96 für Na, 0,92 für K und 1,03 für Cl[18, 34]. Die oben angeführten Werte wurden mit diesen Quotienten aus den Mittelwerten im Serumwasser unter Bezugnahme eines mittleren Transsudatproteingehaltes von 2 g/100 ml berechnet.

Ad 4. Die oben angegebenen Werte beruhen auf den Untersuchungen von Schweißproben am Vorderarm bei Sudation unter künstlicher Wärmeeinwirkung. Nach Anpassung an ein heißes Klima liegen die Na- und Cl-Werte bedeutend tiefer[35]. Nach AHLMAN et al.[31] beträgt der Na/Cl-Konzentrationsquotient (mval/l) $1{,}32 \pm 0{,}15$, nach BERENSON und BURCH[36] 1,14 im Mittel. Im Gegensatz zum Speichel besteht im Schweiß kein diagnostisch signifikanter Na/K-Konzentrationsquotient[31, 36]. Während eines Sudationstestes nimmt die Na- und Cl-Konzentration innerhalb einer Stunde bis auf das Doppelte des Ausgangswertes zu[36]. Die oben angeführten Werte[31] entsprechen den höchsten nach einer Stunde Sudation beobachteten Elektrolytkonzentrationen[36].

Ad 5. Nach FRAWLEY und THORN[37] beträgt der Konzentrationsquotient Na/K (mval/l) im Speichel durchschnittlich $1{,}3 \pm 0{,}5$ bei einer Variationsbreite von 0,33–2,1. Das Na/K-Verhältnis beträgt bei ADDISONscher Krankheit durchschnittlich bei behandelten Fällen 1,8, bei unbehandelten 5. Wenn der Na-Blutserumspiegel unter 132 mval/l liegt, kann diese charakteristische Erhöhung des Na/K-Quotienten nicht bemerkbar sein[38]. Dieser Quotient[37] und die oben angegebenen Natriumwerte[32] wurden bei normaler alimentärer Salzzufuhr und nach Stimulation des Speichelflusses durch Paraffinkauen erhalten. Ohne Stimulation, das heißt lediglich durch Aspiration erhaltener Speichel hat einen bedeutend niedrigeren Natriumgehalt (Mittelwert 8,3 mval/l, Variationsbreite 4,8–14,6 mval/l, nach [39]).

Ad 6. Die obigen durchschnittlichen Nüchternwerte nach RANDALL[13] basieren auf 130 Bestimmungen in anaciden bis hyperaciden Magensäften. In hyperaciden Magensäften kann der Na/Cl-Konzentrationsquotient bis auf $^1/_3$ abfallen. Bei Anacidität kann der gemischte Magensaft gleich viel Chlor- wie Natriumionen enthalten, jedoch nicht in Form von HCl, sondern von Salzen[13, 40]. Ein hoher Natriumgehalt kann auch auf einem Rückfluß von Duodenalsaft beruhen. Der Kaliumwert von 9,3 mval/l nach RANDALL[13] ist niedrig; nach MARTIN[41] beträgt die Kaliumkonzentration durchschnittlich 16,5 mval/l, nach SAEMUNDSSON[42] 17,1–21,8 mval/l, nach MACH[43] 22–29, im Mittel 26 mval/l.

Ad 8 und 9. Werte nach RANDALL[13] in chirurgischen Fistelflüssigkeiten.

Ad 11. Bei Ileostomie findet mit der Zeit eine Abnahme des Elektrolytgehaltes im Sekret statt[44].

Ad 12. Die Na- und Cl-Konzentration im Caecostomiesekret ist etwa halb so groß wie diejenige im Ileostomiesekret[44].

Ad 13. Diese Mineralanalyse bezieht sich auf das Wasser im Stuhl (mval/l Stuhlwasser). Die normale Elektrolytausscheidung kann auch größenordnungsmäßig in Prozent der gesamten Ausscheidung (Stuhl + Urin) ausgedrückt werden; die entsprechenden Werte betragen dann ungefähr Na 5%, K 21%, Cl 2%[30].

Bei *Durchfall* ist es schwierig, den Elektrolytverlust im Stuhl zu schätzen; je wässeriger der Stuhl, um so mehr gleicht sich die Elektrolytkonzentration derjenigen im Ilealsekret an[13]. Nach BARTLETT et al. (zitiert in [45]) betragen die Cl-Werte im Mittel 73 mval/l (63–89 mval/l). Von großer praktischer Bedeutung sind auch die meistens hohen Kaliumverluste bei Durchfall. Bei artifiziellem, durch ein anthrachinonisches Laxativum provoziertem Durchfall[46] wurden Kaliumkonzentrationen von 50–55 mval/l, in Fällen von Colitis ulcerosa[47] solche von 38–43 mval/l beobachtet. Diarrhöischer Säuglingsstuhl enthält etwa 64 mval/l Na, 44 mval/l Cl und 32 mval/l K, bei Stuhlmengen von etwa 250 ml.

V. Nierenfunktionswerte

Unter a) sind einige Angaben über die durchschnittliche Filtration, Rückresorption und Ausscheidung wichtiger Elektrolyte beim Gesunden zusammengestellt. Diese Werte zeigen die hohe Filtrationsleistung der Nieren für Natrium und Chlorid, die in hoher Konzentration im Serum vorhanden sind, und die bedeutend kleinere Filtration von Kalium und Phosphat, die einen niedrigen Serumspiegel aufweisen. Diese Zahlen sowie die Tatsache, daß 137 Liter Glomerulumfiltrat je Tag gebildet werden, geben darüber Aufschluß, warum die Retention von Natrium, Chlorid und Wasser, solange eine Diurese noch erhalten ist, auf einer erhöhten tubulären Rückresorption beruhen muß. Diese Zahlen zeigen auch, daß bei reduziertem Glomerulumfiltrat Phosphat bald retiniert* werden muß, während keine Natrium- und Chloridretention stattfindet.

Unter b) sind die Beziehungen zwischen spezifischem Gewicht und osmotischer Konzentration kurz diskutiert. Unter c) werden die klinisch wichtigen Beziehungen zwischen spezifischem Gewicht und Diurese bei Isosthenurie angeführt.

Unter d) (nächste Seite) figurieren ferner die Angaben über die Normalwerte verschiedener quantitativer Nierenfunktionsproben. Da in der Literatur meist Ergebnisse von Nierenfunktionsprüfungen ohne Normalwerte angeführt werden, war eine entsprechende Zusammenstellung angezeigt.

a) Elektrolytausscheidung

	Durchschnittliche Konzentration im 24-Stunden-Harn		Durchschnittliche Ausscheidung	Glomeruläre Filtration der Elektrolyte	Tubuläre Rückresorption der Elektrolyte
	mval/l	mg/100 ml	g in 24 Stunden	g in 24 Stunden	% der filtrierten Menge
Kationen					
Natrium	180	414	6,22	438	99,4
Kalium*	100	392	5,88	23,6	88
Calcium	10	20	0,30		
Magnesium	16	19,4	0,30		
Ammonium	74 (NH_4^+)	63 (NH_3)	1,90 (NH_3)		
Anionen					
Chlorid	200	710	10,66	562	99
Phosphat	50	149 (anorg. P)	2,24 (anorg. P)	6,1 (anorg. P)	82
Sulfat	80	128 (anorg. S)	1,92 (anorg. S)		
Organische Säuren	50				

Die obigen Durchschnittswerte nach GAMBLE[15] beziehen sich auf einen sauren Harn (pH 5,4) bei entsprechender Durchschnittskost. Die Elektrolytausscheidung wurde auf eine Urinmenge von 1500 ml je 24 Stunden berechnet. Die Werte für die glomeruläre Filtration wurden durch Multiplikation des Glomerulumfiltrates (137 Liter/24 Stunden, siehe S. 515) mit dem mittleren Elektrolytspiegel im Serumultrafiltrat erhalten. Die Elektrolytkonzentration des Glomerulumfiltrates wurde mit Hilfe der Konzentrationsquotienten Serumwasser/Serumultrafiltrat berechnet. Diese Quotienten betragen nach PETERS[18] für Na 0,91, für K 0,82, für Cl 1,03, für das Phosphation 1,2.

b) Das spezifische Gewicht

Das spezifische Gewicht des Harns bringt das Totalgewicht der gelösten Stoffe, die Osmolalität hingegen die Anzahl der in Lösung vorhandenen Teilchen zum Ausdruck. Das spezifische Gewicht und die Milliosmolalität, *letztere praktisch durch den Quotienten Gefrierpunktserniedrigung*/1,858 × 1000 gemessen, brauchen deshalb nicht unbedingt miteinander parallel zu gehen. Eine NaCl-Lösung hat ein niedrigeres spezifisches Gewicht als eine osmotisch gleichwertige, also ungefähr die gleiche Teilchenzahl enthaltende Harnstofflösung. Der Konzentrationstest bezweckt die Ermittlung der maximalen osmotischen Leistungsfähigkeit der Niere. Die höchste erreichbare osmotische Konzentration ist die geeignete Größe, um diese Funktion zu erfassen. Nur der Einfachheit wegen wird für klinische Zwecke im Konzentrationsversuch die Messung des spezifischen Gewichtes derjenigen der Gefrierpunktserniedrigung vorgezogen (SCHADE[49]). Die maximal erreichbare Konzentrationsfähigkeit der menschlichen Niere[50] beträgt rund 1400 mosm/l entsprechend einer Gefrierpunktserniedrigung von 2,6° C. Bei der Auswertung der Konzentrationsprobe muß in Fällen mit Albuminurie oder Glycosurie je 3,9 g/l Protein oder je 2,7 g/l Glucose 0,001 vom spezifischen Gewicht abgezogen werden[51].

Osmotische Konzentrationswerte im Harn und entsprechendes durchschnittliches spezifisches Gewicht bei gemischter Kost

mosm/l	Spez. Gewicht	mosm/l	Spez. Gewicht
200	1,006	800	1,024
400	1,012	1000	1,030
600	1,018	1200	1,036

c) Spezifisches Gewicht und Diurese bei Isosthenurie

In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die kleinsten Harnmengen angegeben, die notwendig sind, um bei einer gegebenen Konzentrationsfähigkeit die harnpflichtigen Substanzen auszuscheiden. Die Werte basieren auf dem Normalwert von 1200 mosm harnpflichtiger Substanzen, die bei normaler Ernährung ausgeschieden werden (GAMBLE[15]). Die Gesamtmenge der harnpflichtigen Substanzen ist bei proteinreicher Kost am größten, bei kohlenhydratreicher Kost am kleinsten. Beim Fasten werden rund 800 mosm harnpflichtiger Stoffe ausgeschieden[22]; bei hochkalorischer, kohlenhydratreicher und proteinarmer Kost, durch welche der Abbau von körpereigenen Proteinen vermindert wird, kann die Menge harnpflichtiger Stoffe noch weiter herabgesetzt werden.

Maximale Konzentrationsfähigkeit		Kleinste Harnmenge in Milliliter zur Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen je 100 Kalorien Nahrungszufuhr		Kleinste Harnmenge in Milliliter zur Ausscheidung von 1200 mosm harnpflichtiger Substanzen
Spezifisches Gewicht	Milliosmol je Liter	Reine Kohlenhydraternährung, Glucoseinfusionen	Gemischte Kost	
1,006	etwa 200	etwa 105	etwa 160	etwa 6000
1,012	400	60	100	3000
1,018	600	40	70	2000
1,024	800	25	50	1500
1,030	1000	20	40	1200
1,036	1200	18	35	1000

* Die Kaliumausscheidung wird wie bei den anderen Elektrolyten durch die tubuläre Rückresorption gesteuert. Außerdem kann aber Kalium durch tubuläre Sekretion ausgeschieden werden[48], so daß eine Hyperkaliämie nur bei hochgradiger Oligurie zustande kommt.

V. Nierenfunktionswerte *(Fortsetzung)*

d) Quantitative glomeruläre und tubuläre Funktionsproben Nierendurchblutung

Glomerulumfiltrat

(nach SMITH[52], ausgenommen das 24-Stunden-Glomerulumfiltrat nach CAMARA et al.[53], alle Werte sind auf eine Körperoberfläche von 1,73 m² bezogen):

Glomerulumfiltrat, nach der Inulin-Clearance-Methode in kurzdauernden Experimenten bestimmt Mann $131 \pm 21{,}5$ ml/min
Frau $117 \pm 15{,}6$ ml/min

Glomerulumfiltrat während 24 Stunden, bei normaler Tätigkeit, nach der «endogenen» Creatinin-Clearance-Methode bestimmt[8] 137 (113–158) Liter/Tag
(auf 1 min umgerechnet: 95,5 ml/min)

Plasmaharnstoffclearance bei einer Diurese *über* 2 ml/min = «Maximum-Clearance» (*Cm*) 70,7 ml/min

Der öfters zitierte Wert von 75 ml/min für die *Cm* (nach PETERS und VAN SLYKE[54]) betrifft die *Totalblut*harnstoffclearance bei Bestimmung des Blutharnstoffes und nicht die übliche *Plasma*harnstoffclearance. Das Verhältnis der Harnstoff-*Cm* zum Glomerulumfiltrat, letzteres durch die Inulinclearance gemessen, beträgt ungefähr 0,6. Die *Cm*-Harnstoffclearance ist also kein Maß des Glomerulumfiltrates wie die Inulinclearance, weil Harnstoff von den Tubuli zum Teil rückresorbiert wird. Da die tubuläre Harnstoffrückresorption bei genügender Tubulusdurchflutung (*Cm*) aber nicht stark variiert, so ist die Harnstoffclearance zur Beurteilung der glomerulären Filtrationsleistung klinisch verwendbar. Die «Standardclearance» (*Cs*) bei einer Diurese *unter* 2 ml/min steht in keinem konstanten Verhältnis zum Glomerulumfiltrat und hat deswegen keinen diagnostischen Wert.

Maximale tubuläre Funktionswerte

(nach SMITH[52], alle Werte auf eine Körperoberfläche von 1,73 m² bezogen)

Maximale tubuläre Paraaminohippurat-ausscheidung (PAH-Tm) Mann $79{,}8 \pm 16{,}7$ ml/min
Frau $77{,}2 \pm 10{,}8$ ml/min

Maximale tubuläre Glucoserückresorption (Glucose-Tm) Mann $375 \pm 79{,}7$ ml/min
Frau $303 \pm 55{,}3$ ml/min

Diese Prüfungen sind ein Maß der Gesamtmasse funktionstüchtigen tubulären Gewebes.

Nierendurchblutung

(nach SMITH[52], wie oben)

Plasmaminutenvolumen in funktionellem Nierengewebe (Paraaminohippuratclearance) Mann 654 ± 163 ml/min
Frau 592 ± 153 ml/min

Tubuläre Sekretion des Phenolsulfonphthaleins

Nach SMITH[52] beträgt die Phenolrotclearance 394 ± 45 ml/min. Die empirische Funktionsprobe nach ROWNTREE und GERAGHTY (zitiert in [51]) wird in verschiedenen Varianten durchgeführt[51, 55]. Sie basiert auf der Messung des Prozentsatzes der injizierten Menge von 6 mg Phenolsulfonphthalein, die während einer bestimmten Zeitdauer im Harn ausgeschieden wird. Während der ersten 65 bis 70 min nach der Einspritzung werden normalerweise 40–60% des Farbstoffes ausgeschieden, während der zweiten Stunde nach der Einspritzung 20–25%.

Literatur

1) EDELMAN et al., *Surg. Gynec. Obstet.*, **95**, 1 (1952). *2)* SCRIBANTE et al., *Helv. physiol. pharmacol. Acta*, **10**, 224 (1952). *3)* HURST et al., *J. Lab. clin. Med.*, **39**, 36 (1952). *4)* PETERS, J. P., *Water Balance in Health and Disease*, in: GARFIELD, G. P. (Hrsg.), *Diseases of Metabolism*, Philadelphia (1953). *5)* SOBERMAN et al., *J. biol. Chem.*, **179**, 31 (1949). *6)* FRIIS-HANS et al., *Pediatrics*, **7**, 321 (1951). *7)* CARDOZO und EDELMAN, *J. clin. Invest.*, **31**, 280 (1952). *8)* LEVITT und GAUDINO, *Amer. J. Med.*, **9**, 208 (1950). *9)* EDELMAN et al., *Science*, **115**, 447 (1952). *10)* GIBSON und EVANS, *J. clin. Invest.*, **16**, 317 (1937). *11)* BERGER et al., *Amer. J. Physiol.*, **162**, 318 (1950). *12)* NEWBURGH und JOHNSTON, *Physiol. Rev.*, **22**, 1 (1942). *13)* RANDALL, H. T., *Surg. Clin. N. Amer.*, **32**, 445 (1952). *14)* WIGGERS, C. J., *Physiology in Health and Disease*, 5. Aufl., Philadelphia (1949). *15)* GAMBLE, J. L., *Chemical Anatomy, Physiology and Pathology of Extracellular Fluid*, 6. Aufl., Cambridge, Mass. (1954). *16)* MARIOTT, H. L., *Water and Salt Depletion*, Springfield (1950). *17)* SCRIBNER et al., *J. Amer. med. Ass.*, **144**, 1167 (1950). *18)* PETERS, J. P., *Body Water. The Exchange of Fluids in Man*, Springfield (1935). *19)* SINGER und HASTINGS, *Medicine (Baltimore)*, **27**, 223 (1948). *20)* SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 255. *21)* MCCANCE, R. A., *Lancet*, **1**, 704 (1936). *22)* WEISBERG, H. F., *Water, Electrolyte and Acid-Base Balance*, Baltimore (1953). *23)* JEANNERET et al., *Helv. med. Acta*, **21**, 191 (1954). *24)* WUNDERLY und WUHRMANN, *Schweiz. med. Wschr.*, **77**, 63 (1947). *25)* SCHWAB und KÜHNS, *Die Störungen des Wasser- und Elektrolyt-Stoffwechsels*, Berlin (1959). *26)* ASTRUP, P., *Klin. Wschr.*, **35**, 749 (1957). *27)* ALBRITTON, E. C., *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952). *28)* VAN SLYKE et al., *J. biol. Chem.*, **79**, 768 (1928). *29)* BROCH, O. J., *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, **5**, 9 (1954). *30)* SHOHL, A. T., *Mineral Metabolism*, New York (1939). *31)* AHLMANN et al., *J. clin. Endocr.*, **13**, 773 (1953). *32)* WHITE et al., *J. clin. Invest.*, **29**, 1445 (1950). *33)* COOKE und CROWLEY, *New Engl. J. Med.*, **246**, 637 (1952). *34)* FOLK et al., *Amer. J. Physiol.*, **153**, 381 (1948). *35)* CONN, J. W., *Arch. intern. Med.*, **83**, 416 (1949). *36)* BERENSON und BURCH, *J. Lab. clin. Med.*, **42**, 58 (1953). *37)* FRAWLEY und THORN, *Proceedings of the Second Clinical ACTH Conference*, Bd. 1: Research, Philadelphia (1951), S. 115. *38)* THORN et al., *Amer. J. Med.*, **10**, 595 (1951). *39)* WARMING-LARSEN et al., *Acta endocr. (Kbh.)*, **11**, 400 (1952). *40)* MACH, R. S., *Les troubles du métabolisme du sel et de l'eau*, Lausanne (1946). *41)* MARTIN, L., *Gastroenterology*, **15**, 326 (1950). *42)* SAEMUNDSEN, J., *Acta med. scand.*, Suppl. 208 (1948). *43)* MACH, R. S., *Schweiz. med. Wschr.*, **84**, 113 (1954). *44)* LOCKWOOD und RANDALL, *Bull. N.Y. Acad. Med.*, **25**, 228 (1949). *45)* MADDOCK, W. G., *Ohio St. med. J.*, **45**, 462 (1949). *46)* SCHWARTZ und RELMAN, *J. clin. Invest.*, **32**, 258 (1953). *47)* POLLARD und BOLT, *Gastroenterology*, **22**, 564 (1952). *48)* BERLINER et al., *Amer. J. Med.*, **11**, 274 (1951). *49)* SCHADE, H., *Die physikalische Chemie in der inneren Medizin*, 3. Aufl., Dresden und Leipzig (1923). *50)* PITTS und SARTORIUS, *Pharmacol. Rev.*, **2**, 161 (1950). *51)* SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950). *52)* SMITH, H. W., *The Kidney, Structure and Function in Health and Disease*, New York (1951). *53)* CAMARA et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 743 (1951). *54)* PETERS und VAN SLYKE, *Quantitative Clinical Chemistry*, Bd. 1, *Interpretations*, 2. Aufl., Baltimore (1946). *55)* SPUEHLER, O., Quantitative Nierenfunktionsprüfungen, in: *Schweizerisches medizinisches Jahrbuch*, Basel (1951), S. LIII.

Übersichtsliteratur

HOEBER, R., *Physikalische Chemie der Zellen und Gewebe*, Bern (1947); SCHADE, H., *Die physikalische Chemie in der inneren Medizin*, 3. Aufl., Dresden und Leipzig (1923); HODGMAN et al. (Hrsg.), *Handbook of Chemistry and Physics 1958/59*, 40. Aufl., Cleveland (1958); LANDOLT-BOERNSTEIN, *Physikalisch-chemische Tabellen*, Berlin (1923 u. ff.); *Int. crit. Tab.*, **4** (1928); LEUTHARDT, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 14. Aufl., Berlin (1959); GAMBLE, J. L., *Chemical Anatomy, Physiology and Pathology of Extracellular Fluid*, 6. Aufl., Cambridge, Mass. (1954); MACH, R. S., *Les troubles du métabolisme du sel et de l'eau*, Lausanne (1946); MARIOTT, H. L., *Water and Salt Depletion*, Springfield (1950); PETERS, J. P., *Body Water. The Exchange of Fluids in Man*, Springfield (1935); PETERS, J. P., *Water Balance in Health and Disease*, in: GARFIELD, G. P. (Hrsg.), *Diseases of Metabolism*, Philadelphia (1953); WEISBERG, H. F., *Water, Electrolyte and Acid-Base Balance*, Baltimore (1953); ELKINTON und DANOWSKI, *The Body Fluids*, Baltimore (1955).

(20°/20°C)

	Normalwerte	Bestimmungsmethode	Bemerkungen
Vollblut			
Männer	1,055–1,064	Kupfersulfatmethode nach PHILLIPS et al., *J. biol. Chem.*, **183**, 305 (1950); Werte nach VAN SLYKE et al., *J. biol. Chem.*, **183**, 349 (1950).	Das spezifische Gewicht des Blutes ist vom Gehalt an Zellelementen abhängig (mittleres spezifisches Gewicht der Erythrocyten zwischen 1,084 und 1,117; vgl. S. 546).
Frauen	1,050–1,056		
Plasma	1,025–1,029		
Serum	1,024–1,028	LEAKE et al., *Amer. J. Physiol.*, **81**, 493 (1927).	Das spezifische Gewicht des Serums und des Plasmas wird in erster Linie durch den Gehalt an Proteinen bestimmt. Man kann deshalb aus dem spezifischen Gewicht auf den Gehalt an Proteinen schließen. Vgl. Nomogramm auf nächster Seite. *Spezifisches Gewicht erniedrigt:* (Blut) bei Anämien; (Plasma) bei Marasmus, hydropischen Nierenerkrankungen. *Spezifisches Gewicht erhöht:* (Blut) Erythrämie; (Plasma) Cholera, Dysenterie, bei schweren Verbrennungen, Plasmocytom (Myelom).

Spezifisches Gewicht / Serumwasser / Feste Bestandteile[1]

Dient zur Umrechnung

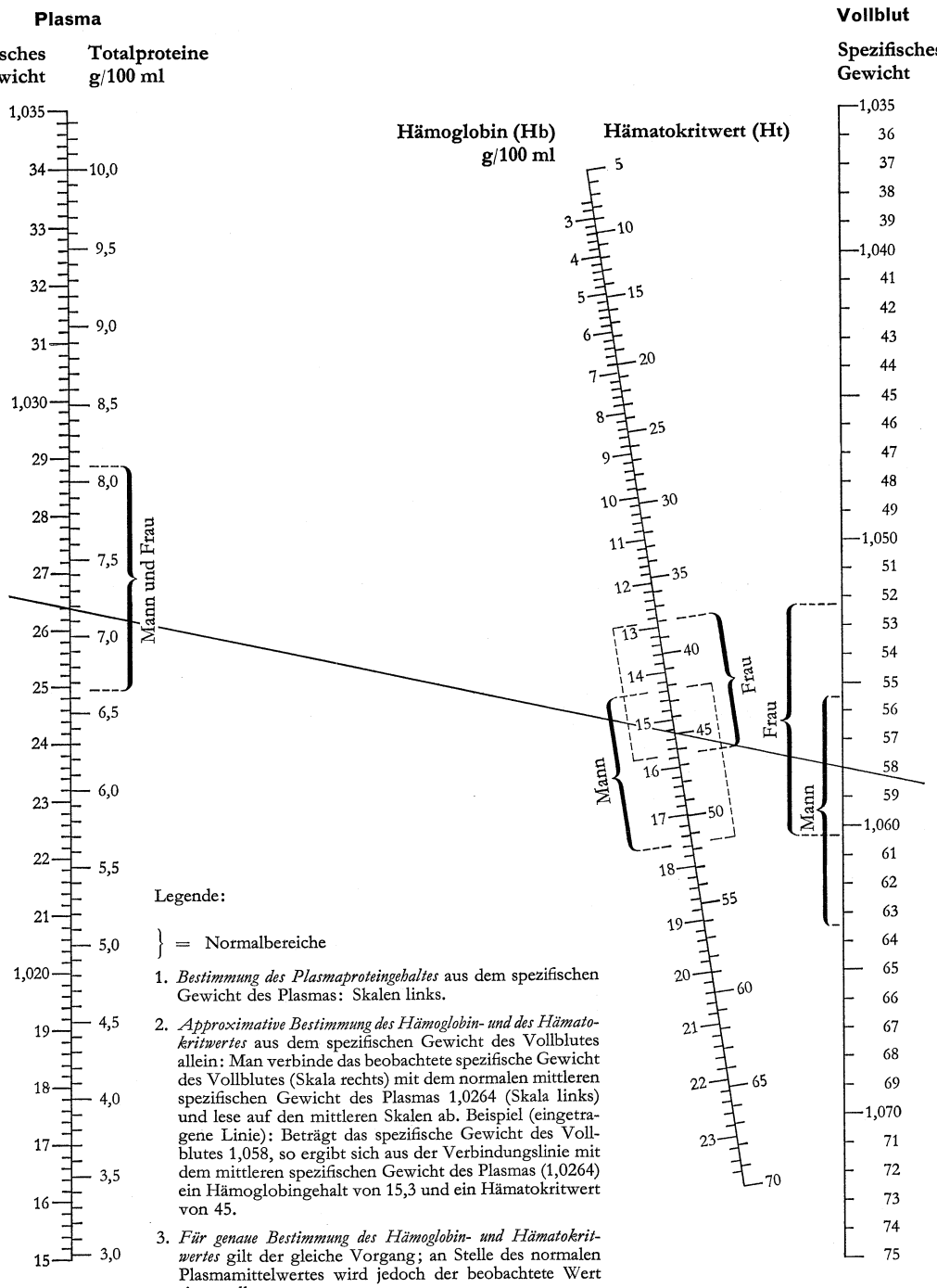
a) der Konzentration eines Stoffes in 1 Liter Serum in die Konzentration dieses Stoffes in 1 kg Serumwasser (Molalität): multipliziere mit den Faktoren der Kolonne 6;

b) der Konzentration eines Stoffes in 1 kg Serumwasser (Molalität) in die Konzentration dieses Stoffes in 1 Liter Serum: multipliziere mit den Faktoren der Kolonne 4 und dividiere durch 1000.

Spezifisches Gewicht	Wasser pro Kilogramm Serum (Gramm)	Feste Bestandteile pro Kilogramm Serum (Gramm)	Wasser pro Liter Serum (Gramm)	Feste Bestandteile pro Liter Serum (Gramm)	Multiplikationsfaktor
1,015	952	48	966	34	1,035
1,016	948	52	964	36	1,038
1,017	945	55	961	39	1,040
1,018	942	58	959	41	1,043
1,019	939	61	957	43	1,045
1,020	936	64	954	46	1,048
1,021	932	68	952	48	1,051
1,022	929	71	949	51	1,053
1,023	926	74	947	53	1,056
1,024	923	77	945	55	1,059
1,025	919	81	942	58	1,061
1,026	916	84	940	60	1,064
1,027	913	87	938	62	1,067
1,028	910	90	935	65	1,069
1,029	906	94	933	67	1,072
1,030	903	97	930	70	1,075
1,031	900	100	928	72	1,078
1,032	897	103	925	75	1,081
1,033	894	106	923	77	1,083
1,034	890	110	921	79	1,086

1) Nach SUNDERMAN, F. W., *J. biol. Chem.*, **113**, 111 (1936).

Nomogramm zur Bestimmung des Hämoglobin- und des Hämatokritwertes sowie des Plasmaproteingehaltes aus den spezifischen Gewichten von Vollblut und Plasma (oder, näherungsweise, des Vollblutes allein)[1]



Legende:

} = Normalbereiche

1. *Bestimmung des Plasmaproteingehaltes* aus dem spezifischen Gewicht des Plasmas: Skalen links.
2. *Approximative Bestimmung des Hämoglobin- und des Hämatokritwertes* aus dem spezifischen Gewicht des Vollblutes allein: Man verbinde das beobachtete spezifische Gewicht des Vollblutes (Skala rechts) mit dem normalen mittleren spezifischen Gewicht des Plasmas 1,0264 (Skala links) und lese auf den mittleren Skalen ab. Beispiel (eingetragene Linie): Beträgt das spezifische Gewicht des Vollblutes 1,058, so ergibt sich aus der Verbindungslinie mit dem mittleren spezifischen Gewicht des Plasmas (1,0264) ein Hämoglobingehalt von 15,3 und ein Hämatokritwert von 45.
3. *Für genaue Bestimmung des Hämoglobin- und Hämatokritwertes* gilt der gleiche Vorgang; an Stelle des normalen Plasmamittelwertes wird jedoch der beobachtete Wert eingestellt.

Korrektur für Oxalatblut: Man zieht von den beobachteten spezifischen Gewichten von Vollblut und Plasma für jedes Milligramm einer 3:2-Mischung NH_4- und K-Oxalate, das pro Milliliter Blut beigemischt wurde, 0,0004 ab. Bezugseinheit des spezifischen Gewichtes ist Wasser derselben Temperatur.

1) Van Slyke et al., *J. biol. Chem.*, **183**, 349 (1950).

Synopsis des Blutes – Physikalische Daten

Normalwerte (Normalbereich siehe Fußnote auf S. 527)

Gesamtvolumen (in Milliliter pro Kilogramm Körpergewicht) (Frauen und Männer als eine Gruppe)

Methode	Mittelwert	Bereich	s
	Vollblut		
(1)	**65,6**	*51,0–80,2*	7,3
(2)	**71,4**	*55,6–87,2*	7,9
(3)	**69,8**	*53,2–86,4*	8,3
	Erythrocyten		
(1)	**25,8**	*20,4–31,2*	2,7
(2)	**30,3**	*19,1–41,5*	5,6
(3)	**27,7**	*20,5–34,9*	3,6
	Plasma		
(1)	**39,8**	*27,6–52,0*	6,1
(2)	**41,1**	*29,9–52,3*	5,6
(3)	**42,1**	*30,5–53,7*	5,8
	Verhältnis Körperhämatokrit: venöser Hämatokrit		
(4)	**0,910**	*0,858–0,962*	0,026

Bestimmungsmethoden und Literatur

(1) Bestimmt mit ^{32}P-markierten Erythrocyten. Werte nach WASSERMAN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 342 (1951). REILLY et al., *Circulation*, **9**, 571 (1954), erhielten mit ^{51}Cr-markierten Erythrocyten praktisch identische Resultate: Mittelwert **65,5**, Standardabweichung 5,95, Normalbereich *53,6–77,4* ml/kg.

(2) Bestimmt mit gleichzeitiger Markierung der Erythrocyten durch radioaktives Natriumchromat und des Plasmas durch radioaktives Chromchlorid. Nach GRAY und FRANK, *J. clin. Invest.*, **32**, 1000 (1953).

(3) Bestimmt mit Farbstoffverdünnungsmethoden. Werte nach WASSERMAN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 342 (1951). Literatur über Farbstoffmethoden: Geigyblau 536: SOMOGYI, J. C., *Schweiz. med. Wschr.*, **71**, 225 (1941); SCHNEIDER, J. A., *Z. ges. inn. Med.*, **5**, 124 (1950); Evans' blue (T-1824): GREGERSEN et al., *Amer. J. Physiol.*, **113**, 54 (1935); CROOKE und MORRIS, *J. Physiol. (Lond.)*, **101**, 217 (1942); WASSERMAN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 342 (1951), sowie die Übersicht von MEIER und ZIERLER, *J. appl. Physiol.*, **6**, 731 (1954); CO-Methode und Vergleich mit Farbstoffmethoden: HOPPER et al., *J. clin. Invest.*, **23**, 628, 636 (1944). – ^{32}P-Methode: WASSERMAN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 342 (1951); MUKHERJEE und ROWLANDS, *Lancet*, **2**, 98 (1951).

(4) Nach CHAPLIN, Jr., et al., *J. clin. Invest.*, **32**, 1309 (1953), in Übereinstimmung mit andern. Diese Zahlen beruhen auf Messungen an 28 Personen, von denen nur 4 gesund, die andern an verschiedenen Leiden erkrankt waren (vor allem Erythrämie und verschiedene Anämien). Für die 4 Gesunden ergaben sich Grenzwerte von 0,878 und 0,909 und ein Mittelwert von 0,8895. Die ^{32}P-Methoden sind genauer als die Farbstoffmethoden, weil ein Zentrifugieren vermieden wird. Die Farbstoffmethoden ergeben größere Totalblutvolumen als die ^{32}P-Methode.

Bemerkungen

Physiologische Variationen: Bei der Geburt beträgt das Blutgesamtvolumen rund 300 ml und verdoppelt sich im ersten Lebensjahr[1]. Nachher vergrößert es sich allmählich bis zur Pubertät entsprechend dem Körperwachstum. Bis zur Pubertät sind die Werte für Knaben und Mädchen gleich, mit der Pubertät vergrößern sich die der Knaben schneller als die der Mädchen. Plasma- und Blutgesamtvolumen stehen mit den Körpermaßen in enger, mit dem Alter nur wenig in Relation[2]. Blut- und Plasmavolumen sind bei Negern geringer[3], bei Eskimos größer[4] als bei Weißen.

Das Blutgesamtvolumen ist relativ konstant; bei oraler oder intravenöser Flüssigkeitszufuhr erfolgt die Angleichung an den Normalzustand sehr schnell[5]. Bettruhe ist mit einer Reduktion des Blutgesamtvolumens verbunden, die zum größten Teil durch Einengung des Plasmavolumens bedingt wird[6]. Sportliche Betätigung führt bei Männern und Frauen zu Vergrößerung des Blutgesamtvolumens und zu Vermehrung des Hämoglobins[7]. Während der Schwangerschaft steigen Plasma- und Blutvolumen[8, 9] (vgl. S. 574). Über Blutvolumen bei Hitze und Kälte vgl. BASS und HENSCHEL[4].

Pathologische Variationen: Stark erhöhte Blut- und Erythrocytengesamtvolumen sind charakteristische Zeichen der Polycythaemia vera[10, 11]. Es wurden bei dieser Krankheit Erythrocytengesamtvolumen von 48,8–93,9 ml pro Kilogramm Körpergewicht gefunden[12], bei gleichzeitiger Verminderung des Plasmavolumens auf durchschnittlich 29 ml/kg. Bei Nephrosen und unter Corticotropin- bzw. Nebennierenrindenhormon-Therapie ist das Plasmavolumen vergrößert, desgleichen bei schwer dekompensierten Herzkranken[13]. Ausgesprochen vermindert ist das Blutgesamtvolumen bei Schock, nach großen akuten Hämorrhagien und bei Dehydratation. Quecksilberdiuretica führen zu einer Verminderung, Theophyllinderivate zu einer Vergrößerung des Plasmavolumens[14]. Ältere Publikationen (bis etwa 1935) über Blutvolumenschwankungen bei verschiedenen Krankheiten sind mit Vorsicht zu beurteilen, weil die damaligen Methoden nicht die Genauigkeit der heutigen Isotopen- oder Farbstoffmethoden besaßen[15].

Der **Körperhämatokrit** (Verhältnis des *Erythrocytengesamtvolumens zum Blutgesamtvolumen)* ist kleiner als der venöse Hämatokrit (vgl. S. 546). Wenn aus Plasmagesamtvolumen und venösem Hämatokrit das Blutgesamtvolumen errechnet werden soll, ist deshalb der venöse Hämatokrit mit dem Korrekturfaktor 0,91 zu multiplizieren. Sicherer ist aber die gleichzeitige Bestimmung des Plasma- und Erythrocytengesamtvolumens nach Methode (2).

Übersicht über Blutvolumen: SJÖSTRAND, T., *Physiol. Rev.*, **33**, 202 (1953); BERLIN et al., *New Engl. J. Med.*, **247**, 675 (1952); GREGERSEN und RAWSON, *Physiol. Rev.*, **39**, 307 (1959).

	Normalwerte	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Osmotischer Druck (bei 0°C) (Serum)	6,47–6,72 atm; Mittelwert 6,62 atm oder 4922–5106 Torr; Mittelwert 5030 Torr (1 Torr = 1 mm Hg; vgl. S. 187)	Berechnung aus der Gefrierpunktserniedrigung (vgl. auch S. 287–290) oder direkte Messung.	Vorwiegend bedingt durch die kristalloiden Bestandteile; auf die Kolloide entfällt ein Teildruck von etwa 0,5% des gesamten osmotischen Druckes.
Kolloidosmotischer (onkotischer) Druck (bei 0°C) (Serum)	20,60–35,31 Torr; Mittelwert 24,27 Torr (1 Torr = 1 mm Hg) oder 280–480 mm H_2O; Mittelwert 330 mm H_2O	Werte nach KEYS und HILL, *J. exp. Biol.*, **11**, 28 (1934), in Übereinstimmung mit neueren Messungen. Neuere Methoden mit osmotischen Waagen: JULLANDER und SVEDBERG, *Nature*, **153**, 523 (1944); mit Osmometer: BOURDILLON, J., *J. biol. Chem.*, **127**, 617 (1939); CLÉMENT, P., *Bull. Soc. chim. Fr.*, 5. Serie, **16**, 781 (1949); HOLM-JENSEN, I., *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, **1**, 87 (1949).	Der kolloidosmotische Druck (KOD) beträgt etwa $^1/_{200}$ des totalen osmotischen Druckes und kann angenähert aus dem Albumin- und Globulinspiegel des Serums errechnet werden. KOD mm H_2O (bei 0°C) $= f\,(45{,}2\,A + 18{,}8\,G)$, wobei A = Albumingehalt und G = Globulingehalt in Gramm% und f ein vom Gesamtproteingehalt des Serums abhängiger Faktor[16] ist (Gesamtprotein = 2%, f = 0,92; = 4%, f = 1,03; = 6%, f = 1,17; = 8%, f = 1,45). Der größte Teil des KOD wird vom Albumin ausgeübt; Fibrinogen zeigt keinen meßbaren KOD. Der Körper hält den KOD konstant, was nach WUHRMANN und WUNDERLY[17, 21] sowie anderen Autoren[18, 19, 20] durch entsprechende Einregulierung des Albuminspiegels erreicht wird.
Gefrierpunktserniedrigung (Serum)	0,535–0,555°C; Mittelwert 0,547°C 0,555–0,570°C; Mittelwert 0,562°C	Mit Kryoskop. Werte nach SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 99. Nach GRAM, H. C., *Amer. J. med. Sci.*, **168**, 511 (1924).	Osmotischer Druck und Gefrierpunktserniedrigung siehe auch S. 287–290. CRAWFORD und NICOSIA, *J. Lab. clin. Med.*, **40**, 907 (1952), beschreiben eine relativ einfache, nur 5 ml Flüssigkeit erfordernde Bestimmungsmethode.

1) BRINES et al., *J. Pediat.*, **18**, 447 (1941). *2)* RUSSELL, S. J. M., *Arch. Dis. Childh.*, **24**, 88 (1949). *3)* BASS et al., *J. appl. Physiol.*, **14**, 801 (1959). *4)* BASS und HENSCHEL, *Physiol. Rev.*, **36**, 128 (1956). *5)* KALTREIDER und MENEELY, *J. clin. Invest.*, **19**, 627 (1940). *6)* TAYLOR et al., *Amer. J. Physiol.*, **144**, 227 (1945). *7)* KJELLBERG et al., *Acta physiol. scand.*, **19**, 146 (1949). *8)* THOMSON et al., *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **36**, 48 (1938). *9)* CATON et al., *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **57**, 471 (1949). *10)* GIBSON et al., *J. clin. Invest.*, **18**, 621 (1939). *11)* HADEN, R. L., *Amer. J. med. Sci.*, **196**, 493 (1938). *12)* BERLIN et al., *Amer. J. Med.*, **9**, 747 (1950). *13)* GUNTON und PAUL, *J. clin. Invest.*, **34**, 879 (1955). *14)* SPÜHLER et al., *Helv. med. Acta*, **15**, 95 (1948). *15)* WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, Philadelphia (1952), S. 280. *16)* KEYS, A., *J. phys. Chem.*, **42**, 11 (1938). *17)* WUHRMANN und WUNDERLY, *Schweiz. med. Wschr.*, **75**, 234 (1945). *18)* BJØRNEBOE, M., *Acta path. microbiol. scand.*, **22**, 323 (1945). *19)* BJØRNEBOE, M., *Acta med. scand.*, **123**, 393 (1946). *20)* BING, J., *Hygiea (Stockh.)*, **107**, in: *Nord. Med.*, **27**, 1455 (1945). *21)* WUHRMANN und WUNDERLY, *Die Bluteiweißkörper des Menschen*, Basel (1952), S. 53.

Normalwerte (Normalbereich siehe Fußnote auf S. 527)

Viskosität

(1) **Relative Viskosität** (Viskosität des Wassers = 1) *in vitro* gemessen:
Vollblut: 3,6–5,4; Mittelwert Frauen 4,5
Männer 5,0
Plasma: 1,9–2,3
Serum: 1,7–2,0

(2) **Absolute Viskosität** *in vivo*, ausgedrückt in **Centipoise**:
Vollblut: *2,46–2,94*, Mittelwert **2,70**
Standardabweichung 0,12

Bestimmungsmethoden: (1) Mit HESS-Viskosimeter und Temperaturkorrektur nach GRAM. Methode nach HESS, W., *Vjschr. naturf. Ges. Zürich*, **51**, 236 (1906); Werte nach GRAM, H. C., *Amer. J. med. Sci.*, **168**, 511 (1924); WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, 3. Aufl., Philadelphia (1952), S. 283. (2) Nach PIROFSKY, B., *J. clin. Invest.*, **32**, 292 (1953). – Zur Messung mit Rheoviskosimeter siehe KROSCH und HEIDELMANN, *Klin. Wschr.*, **33**, 947 (1955).

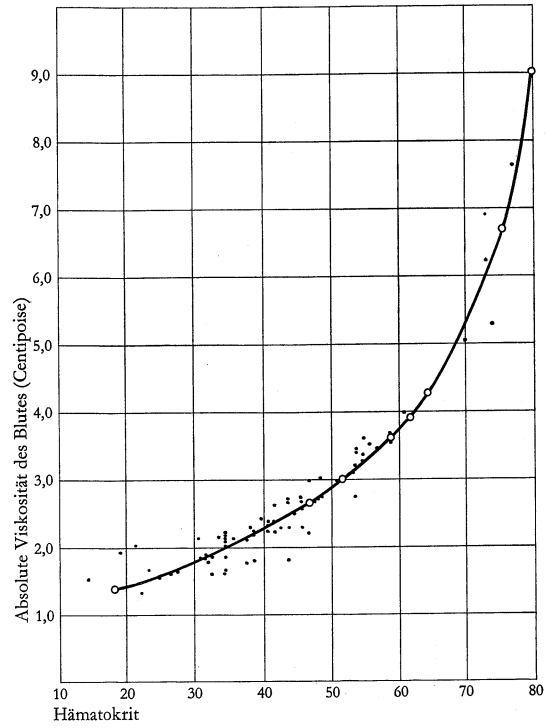
Bemerkungen: Die mit der *In-vitro*-Methode nach HESS (loc. cit.) gemessene relative Viskosität des Vollblutes stimmt aus verschiedenen Gründen, die hier nicht aufgezählt werden können, mit der tatsächlichen Viskosität des Vollblutes *in vivo* nicht überein, kann also zu hämodynamischen Berechnungen nicht benutzt werden. Die Methode nach PIROFSKY (loc. cit.) gestattet auf einfache Weise die Bestimmung der absoluten Viskosität *in vivo*.

Die Viskosität des Vollblutes hängt in erster Linie vom Blutkörperchengehalt, beim Gesunden also vom Erythrocytengehalt ab. Die Viskosität des Plasmas ist durch den Proteingehalt, vor allem durch den Gehalt an Fibrinogen und Globulinen, bestimmt.

Die Viskosität wird ferner beeinflußt durch den CO_2-Gehalt (venöses Blut ist viskoser als arterielles), die Form der Erythrocyten, abnorme Plasmaproteine sowie andere Faktoren.

Die Blutviskosität ist erhöht bei Polycythaemia vera[1], bei Leucämie[2], bei Kryoglobulinämie[3], bei Veränderungen der Plasmaproteinwerte[4], bei Sichelzellenanämie[5], Hypercholesterinämie[6], Hyperglycämie[7].

Normalerweise ist das Blut der Frauen etwas weniger viskos als das der Männer, das Blut der Kinder weniger viskos als das der Erwachsenen.



Zusammenhang zwischen Hämatokrit und absoluter Viskosität des *normalen* Blutes (nach PIROFSKY, B., *J. clin. Invest.*, **32**, 292 [1953]).

Senkungsgeschwindigkeit (Senkungsreaktion [SR]) (morgens, Nüchternblut)

	WESTERGREN-Methoden			LINZENMEIER-Methode[11]
	Original[8]	Modifikation nach ALDER[9] «weites Röhrchen»	Modifikation nach WINTROBE[10]	
Senkungsröhrchen				
Höhe der Blutsäule	200 mm	100 mm	100 mm	50 mm
Durchmesser	2,5 mm	5 mm	2,5 mm	5 mm
Anticoagulans	Na-Citrat, 3,8%ige Lösung	Na-Citrat, 3,8%ige Lösung	2 Teile Kaliumoxalat + 3 Teile Ammoniumoxalat trocken	Na-Citrat, 5%ige Lösung
Menge (mg/100 ml Mischung)	760	760	200	1000
Dadurch bewirkte Blutverdünnung	20%	20%	0	20%
Ablesemethode	Senkung in 1, 2 oder 24 Stunden	Senkung in 1 oder 2 Stunden	Senkung in 1 Stunde	Zeit bis zur Senkung von 18 mm
Normalwerte nach 1 Stunde				
Erwachsene: Männer	bis 7 mm	bis 6 mm	bis 6,5 mm; Mittel 3,7 mm	200–600 Minuten
Frauen	bis 11 mm	bis 7 mm	bis 15 mm; Mittel 9,6 mm	200–600 Minuten
Kinder (12–20 Jahre)[12]	—	—	bis 20 mm; Mittel 4,7 mm	—
Neugeborene	bis 2 mm[13]	—	bis 2 mm[13]	siehe unten
Normalwerte nach 2 Stunden				
Erwachsene: Männer	bis 8 mm	bis 18 mm		
Frauen	bis 16 mm	bis 20 mm		
Normalwerte nach 24 Stunden				
Erwachsene: Männer	bis 50 mm			
Frauen	bis 70 mm			
Normalwerte nach 24 Stunden (Röhrchen nach 2 Stunden 45° schräggestellt)				
Männer	bis 90 mm			
Frauen	bis 110 mm			

Werte der LINZENMEIER-Methode für Säuglinge[14]

Alter	Mittel (Stunden)	Bereich (Stunden)
1 Tag	106	30–185
2 Tage	57	3–180
4 Tage	45	6–120
6 Tage	20	5– 96
8 Tage	14	4– 37
9–14 Tage	10	4– 24
2–12 Monate	1¼	–

Mikromethoden (WESTERGREN) zum Beispiel nach CUTLER[15] und SMITH[13]

1) NYGAARD et al., *Amer. J. Physiol.*, **114**, 128 (1935). 2) STEPHENS, D. J., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **35**, 251 (1936). 3) PETERSEN, W. E., *J. Lab. clin. Med.*, **42**, 641 (1953). 4) CHOPRA und CHOUDHURY, *Indian J. med. Res.*, **16**, 939 (1928/29). 5) MCCORD et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **69**, 19 (1948). 6) BURTON-OPITZ, R., *J. exp. Med.*, **8**, 240 (1906). 7) FISHBERG, E. H., *J. biol. Chem.*, **85**, 465 (1929/30). 8) WESTERGREN, A., *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **26**, 577 (1924). 9) ALDER, A., Aarau, nicht publiziert. 10) WINTROBE und LANDSBERG, *Amer. J. med. Sci.*, **189**, 102 (1935). 11) LINZENMEIER, G., *Arch. Gynäk.*, **113**, 608 (1920). 12) GALLAGHER, J. R., *Amer. J. med. Sci.*, **188**, 450 (1934). 13) SMITH, C. H., *Amer. J. med. Sci.*, **192**, 73 (1936). 14) HURWITZ et al., *J. Pediat.*, **12**, 785 (1938). 15) CUTLER, J. W., *J. Lab. clin. Med.*, **26**, 542 (1940).

Normalwerte

(Normalbereich siehe Fußnote auf S. 527)

Senkungsgeschwindigkeit (Senkungsreaktion [SR]) — Fortsetzung (morgens, Nüchternblut)

Bemerkungen

Der Reaktionsmechanismus des Senkungsablaufes ist nur teilweise bekannt. Einen bestimmenden Einfluß haben in erster Linie die Plasmaproteine, vor allem das Fibrinogen, das weitaus am stärksten die Senkung beschleunigt[1, 2]. Einflußverhältnis[3] von Fibrinogen zu Euglobulin zu Pseudoglobulin zu Albumin wie 100:20:2:1,5. Eine enge Korrelation besteht zwischen Globulin und Senkungsgeschwindigkeit[4, 5], besonders bei Leberkrankheiten, bei denen der Serum-Fibrinogengehalt erniedrigt ist. In zweiter Linie bestimmt die Anzahl, der Hämoglobingehalt, die durchschnittliche Form und Größe der Erythrocyten[6] sowie der Lipidgehalt des Plasmas die Senkungsgeschwindigkeit. Zwischen Blutzucker-, O_2- und CO_2-, Calcium- und Phosphorgehalt des Blutes und Senkungsgeschwindigkeit konnte keine Relation gefunden werden[7, 8]. Die Geldrollenbildung der Erythrocyten, die bei den Senkungsbeschleunigungen in Krankheit und Schwangerschaft die Hauptrolle spielt[9], dürfte auf eine Flockungsreaktion zwischen den Plasmaproteinen und der Lecithoproteinoberfläche der Erythrocyten zurückzuführen sein[10]. Alle diese Angaben verstehen sich für genau senkrecht gestellte Senkungsröhrchen. Schon eine Schrägstellung von nur wenigen Grad wirkt stark senkungsbeschleunigend.

Physiologische Schwankungen: Aus ungeklärten Gründen ist der Ausfall der Senkungsreaktion bei Männern konstanter als bei Frauen (die Menstruation hat auf diesen Umstand nur einen kleinen, klinisch nicht signifikanten Einfluß[9]). Während der Schwangerschaft beginnt die Beschleunigung der Senkungsreaktion mit dem 4. Monat und kehrt erst in der 5.–7. Woche nach der Geburt wieder zur Norm zurück[7, 8]. Im Alter erhöht sich die Senkungsgeschwindigkeit[11].

Pathologische Schwankungen: Vielfach verzögert: bei Polycythämien, kardialer Stauung, Erkrankungen des Leberparenchyms, akuten anaphylaktischen Zuständen, Vagotonie. *In der Regel beschleunigt:* bei allen entzündlichen Zuständen, bei akuten oder aktiven chronischen Infektionen (Tuberkulose), bei Krankheiten, die mit Nekrose und Gewebeabbau verbunden sind; nach Höhensonne, Röntgen, Reizkörpertherapie.

Leitsätze für die Praxis[12] (Westergren-Methoden)

1. Man darf grundsätzlich von der SR nicht mehr verlangen, als was diese *Routinemethode* in ihrer *Einfachheit* und *Unspezifität* dem Arzt am Krankenbett bieten kann. Auch bei normalem Ausfall dispensiert sie nie von einer gründlichen Untersuchung. Im Gegensatz zum rasch ausgeführten Blutbild braucht man für die SR im allgemeinen eine *Zeit von 20–30 Stunden.*
2. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist eine *Senkungserhöhung durch Verschiebungen der Blutproteine* bedingt, und nur recht selten spielen zelluläre Faktoren (Zahl, Form, Oberfläche usw. der Erythrocyten) dabei eine Rolle.
3. Es ist bei der SR, die kaum Tagesschwankungen aufweist, vor allem auf *größere Abweichungen* zu achten; die üblichen *Ein- und Zweistundenwerte* genügen im allgemeinen, wobei die Normalwerte je nach Methode etwas schwanken. Individuelle Unterschiede bestehen, so daß die genaue Kenntnis der Minimalwerte eines Individuums wichtig ist. Stark erhöhte Zweistundenwerte bei normalem Einstundenwert sind nicht häufig und kommen meist nur bei Leberleiden vor.
4. Eine *deutlich erhöhte SR* weist unter allen Umständen auf ein *pathologisches Geschehen* im Organismus hin, ohne daß dieser Befund direkt dem Vorhandensein einer eigentlichen Krankheit gleichgesetzt werden darf (Nachschleppen in der Rekonvaleszenz, in postoperativen Phasen). Eine deutliche Senkungserhöhung, die nicht erklärt werden kann, erfordert weitere Untersuchungen und Kontrollen. Bei starken Beschleunigungen, also bei Einstundenwerten von etwa 50 mm und darüber, ist die SR nach 2 Stunden relativ nur wenig höher, und ihr absoluter Wert ist ohne größere Bedeutung.
5. Eine *auffällig starke initiale Senkungsbeschleunigung,* bei der der Maximalwert von 70 mm und darüber schon nach 15–20 Minuten erreicht wird, ist sehr verdächtig auf ein *Plasmocytom* (Myelom) oder eine Makroglobulinämie.
6. Eine *normale SR* schließt eine Krankheit, auch eine schwere fortschreitende, wie *Tuberkulose oder Karzinom,* nie aus; besonders das hämodynamische Versagen des Kreislaufes hält eine Senkungszunahme oft längere Zeit hintan.
7. Eine fehlende SR-Zunahme unterstützt einen negativen klinischen Untersuchungsbefund, so daß sie in vermehrtem Maße bei Reihenuntersuchungen angewendet werden sollte.
8. Eine *einmalig* angestellte Senkungsreaktion kann in verschiedenen Richtungen irreleiten: Zu *wenig Citrat beschleunigt,* zu viel hemmt. Die *Temperatur* spielt ebenfalls eine Rolle: Meist ist die SR bei hoher Temperatur beschleunigt, doch sind auch gegenteilige Fälle beobachtet worden (siehe darüber Gupta, K. D., *J. Lab. clin. Med.*, **44**, 875 [1954]). Bei klinischen Zweifeln sind Kontrollen unter Umständen innerhalb kurzer Zeitabschnitte am Platze.
9. Die auf dem *Höhepunkt einer Erkrankung* durchgeführte SR erhält erst im Vergleich mit späteren Kontrollen ihre volle Bedeutung; es ist unbiologisch gedacht, bei einer akuten Erkrankung mit der Prüfung der vorerst «zwecklosen» SR zuzuwarten, bis sie sowieso wahrscheinlich wieder normal ist (Fiebermessung!).
10. Auf der anderen Seite soll nicht durch Überbetonung der Wichtigkeit und zu häufige Bestimmung der SR beim Patienten eine *Senkungsneurose* hervorgerufen werden.
11. Der SR-Wert ist oft weniger durch das Grundleiden als durch *sekundäre Komplikationen, wie Mantelpneumonien und Pleuritiden, Thrombophlebitiden, arthritische Komponenten, interkurrente Infekte* usw., bedingt.
12. Wegen ihrer diagnostischen Hinweise ist die SR auch in prognostischer und therapeutischer Hinsicht wertvoll und stellt für die Praxis eines der wichtigsten Triagehilfsmittel dar.
13. *Nebenresultate* der SR, wie Farbe und Klarheit des Plasmas im Senkungsröhrchen (*goldgelb* bei Hämolyse im Organismus, *auffällig hell* bei Eisenmangelanämie, *strohgelb* bei Perniciosa, *trüb* durch vermehrte Lipide und pathologische Proteine bei Nephrosen und Diabetes sowie alimentär nach Fettzufuhr), eventuell pathologische Zellansammlungen bei Leucämien, erlauben wertvolle zusätzliche Schlußfolgerungen.

	Normalwerte	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Oberflächenspannung			
16–18° C (Serum)	57–58 dyn cm^{-1}	Vgl. etwa Loiseleur, J. (Hrsg.), *Techniques de laboratoire,* Paris (1947), S. 52.	
37° C (Serum)	47 dyn cm^{-1}		
Refraktionswert (Nüchternblut)			
(Serum, bei 20° C)	1,34846–1,35132 (Erwachsene)	Mit Abbé-Refraktometer. Werte nach Wuhrmann und Wunderly, *Die Bluteiweißkörper des Menschen,* Basel (1952), S. 61.	Kann zur Schnellbestimmung des Serum-Proteingehaltes verwendet werden (vgl. *Zeißnachrichten* 1939). Die nebenstehenden Refraktionswerte entsprechen einem Proteingehalt von 6,6–8,2% (Erwachsene) oder 5,4–6,5% (Neugeborene). Die Genauigkeit der refraktometrischen Proteinbestimmung hängt weitgehend von der Konzentrationskonstanz der Nichtproteinkörper, vor allem der Lipide und des Bilirubins ab. Bei einer starken Vermehrung der Lipidträger (α- und β-Globuline) ist deshalb die Proteinbestimmung mit der Kjeldahl-Methode vorzuziehen[13].
	1,34575–1,34798 (Neugeborene)		

---

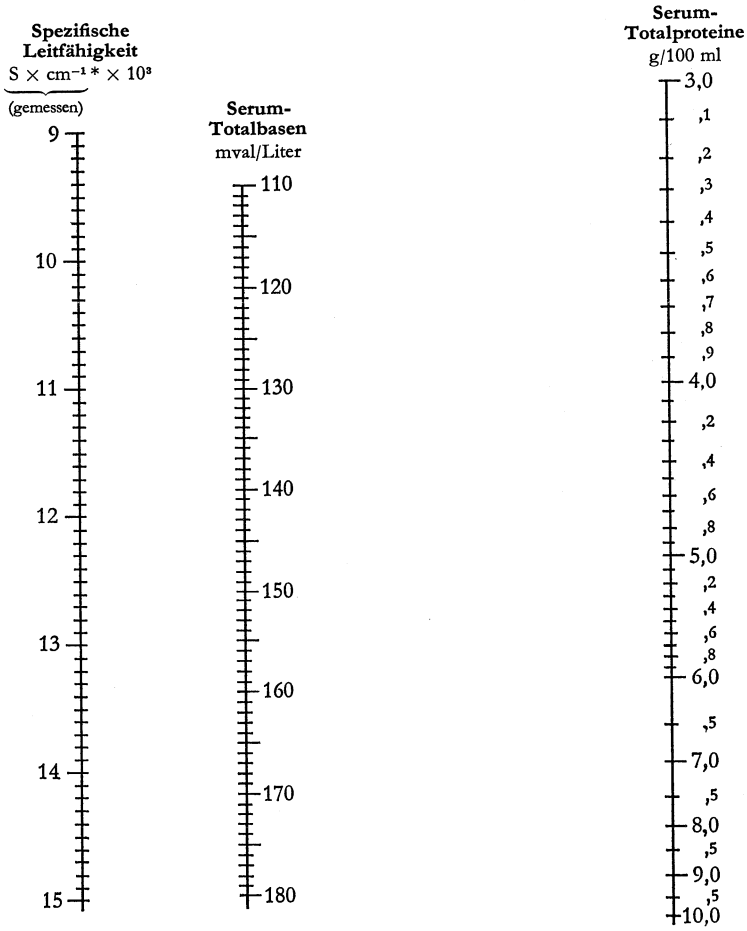
1) Gilligan und Ernstene, *Amer. J. med. Sci.*, **187**, 552 (1934). *2)* Lucia et al., *Amer. J. med. Sci.*, **192**, 179 (1936). *3)* Gordon und Wardley, *Biochem. J.*, **37**, 393 (1943). *4)* Bendien und Snapper, *Biochem. Z.*, **235**, 14 (1931). *5)* Ham und Curtis, *Medicine (Baltimore)*, **17**, 447 (1938). *6)* Thygesen, J. E., *Acta med. scand.*, Suppl. 134 (1942). *7)* Katz und Leffkowitz, *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **33**, 266 (1928). *8)* Wintrobe, M. M., *Ini. Clin.*, **2**, 34 (1936). *9)* Wintrobe, M. M., *Clinical Hematology,* Philadelphia (1952), S. 292. *10)* Hirschboeck, J. S., *Blood,* **2**, 578 (1947). *11)* Olbrich, O., *Edinb. med. J.*, **55**, 100 (1948). *12)* Wuhrmann und Wunderly, *Die Bluteiweißkörper des Menschen,* Basel (1952), S. 168. *13)* Malmros und Blix, *Acta med. scand.*, Suppl. 170, 280 (1946).

Synopsis des Blutes – Physikalische Daten (Fortsetzung)

Normalwerte

(Normalbereich siehe Fußnote auf S. 527)

	Normalwerte	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Spezifische Leitfähigkeit (Serum, bei 25° C)	0,011 73–0,012 29 S × cm^{-1}* ..... Mittel 0,011 90 S × cm^{-1}*	Nach SUNDERMAN, F. W., *Amer. J. clin. Path.*, **15**, 219 (1945).	Die spezifische Leitfähigkeit und der Totalproteingehalt des Serums erlauben eine gute Bestimmung der Serum-Totalbasen.



Nomogramm zur Bestimmung der Serum-Totalbasen aus der spezifischen Leitfähigkeit und dem Totalproteingehalt des Serums

Nach LUFKIN und SUNDERMAN, *Techn. Bull. Registry med. Technologists*, **7**, 118 (1946), Beiheft zu *Amer. J. clin. Path.*, **16** (1946)

Wasserstoffionenkonzentration (pH)	Arterielles Blut (Plasma)	Venöses Blut (Plasma)	Kutanes Blut (Plasma)	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Kinder (Knaben und Mädchen)					
Geburt bis 10. Tag ...	—	7,30–7,46 Mittel 7,38	7,31–7,53 Mittel 7,42	Werte nach SINGER und HASTINGS, *Acid-Base Data for Human Blood: Normal Standards and some Physiological Variations*, Washington (1950).	Vgl. S. 541 und 542.
1. Monat bis 2. Jahr ..	—	Mittel 7,38	—		
6. bis 15. Jahr	7,33–7,47 Mittel 7,40	7,32–7,44 Mittel 7,38	—		
Männer 16–50 Jahre ...	7,33–7,45 Mittel 7,39	7,27–7,43 Mittel 7,35	7,33–7,45 Mittel 7,39	Bestimmungsmethoden: GRAIG et al., *Fed. Proc.*, **10**, 301 (1951); Indikatorfarbstoffe, elektrometrisch oder berechnet aus dem Verhältnis freie H_2CO_3 und Bicarbonat-HCO_3^- (vgl. S. 541 und 542). Eine Apparatur zur serienweisen pH-Bestimmung von arteriellem Blut beschreibt HOLADAY, D. A., *J. Lab. clin. Med.*, **44**, 149 (1954).	
Frauen 16–50 Jahre	—	7,31–7,43 Mittel 7,37	7,35–7,47 Mittel 7,41		
Männer über 50 Jahre ..	7,32–7,52 Mittel 7,42	—	7,32–7,46 Mittel 7,39		
Frauen über 50 Jahre ...	7,34–7,50 Mittel 7,42	—	—		

* S × cm^{-1} = Siemens × cm^{-1} = Ω^{-1} cm^{-1}.

Synopsis des Blutes – Physikalische Daten (Fortsetzung)

Normalwerte

(Normalbereich siehe Fußnote auf S. 527)

	Normalwerte	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Elektrische Ladung (pro Erythrocyt)			
in elektrostatischen Einheiten ...	0,007 34 esE	Wert nach ABRAMSON und MOYER, *J. gen. Physiol.*, **19**, 601 (1936).	Die elektrische Ladung wird nach der elektrophoretischen Beweglichkeit berechnet, wobei man als Gesamtoberfläche eines Erythrocyts 163 μm^2 annimmt.
Elektrophoretische Beweglichkeit			
(1) Erythrocyten	$-1{,}31 \times 10^{-4}$ cm² V⁻¹ s⁻¹ ..	(1) Phosphatpuffer, pH 7,4. Werte nach ABRAMSON und MOYER, *J. gen. Physiol.*, **19**, 601 (1936). (2) Barbital/Barbital-Na-Puffer von Γ/2 (= Ionenstärke) = 0,1, pH 8,6, 2° C. Werte nach ARMSTRONG, Jr., et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **69**, 416 (1947).	
(2) Plasmaproteine			
Albumine	5,7–6,2		
α_1-Globuline	4,6–5,1		
α_2-Globuline	3,6–4,1		
β_1-Globuline	2,8–3,2		
β_2-Globuline	2,5–2,8		
Fibrinogen	1,7–2,3		
γ-Globuline	0,8–1,3		
	× (-10^{-5}) cm² V⁻¹ s⁻¹		
Spezifische Wärme			
in Grammkalorien: Plasma	0,94 cal	Werte nach MENDLOWITZ, M., *Science*, **107**, 97 (1948).	
Erythrocyten	0,77 cal		
Vollblut	0,87 cal		
Permeabilität der Zelloberflächen			
(Einheiten siehe unter Bemerkungen)			
Gegenüber Wasser:			
Erythrocyten	3,6	DITTMER und GREBE (Hrsg.), *Handbook of Circulation*, Philadelphia (1959), S. 49.	Einheit: μm^3 Wasser, die durch 1 μm^2 Zelloberfläche in einer Minute pro Atmosphäre Differenz im osmotischen Druck dringen (Temperatur 18–22° C).
Leucocyten	1,35		
Gegenüber Natrium:			
Erythrocyten, einwärts	0,6–1,6	DITTMER und GREBE (Hrsg.), loc. cit., S. 50.	Geschwindigkeit in cm/h × 10^{-6} (Temperatur 36–38° C).
auswärts	6 –16		
Gegenüber Kalium:			
Erythrocyten, einwärts	1,7	DITTMER und GREBE (Hrsg.), loc. cit., S. 50.	Einheit: mmol/cm²/h × 10^{-7} (Temperatur 36–38° C).
auswärts	1,6		

Osmotische Resistenz der Erythrocyten

Beginnende Hämolyse	0,45–0,39% NaCl
Totale Hämolyse	0,33–0,30% NaCl

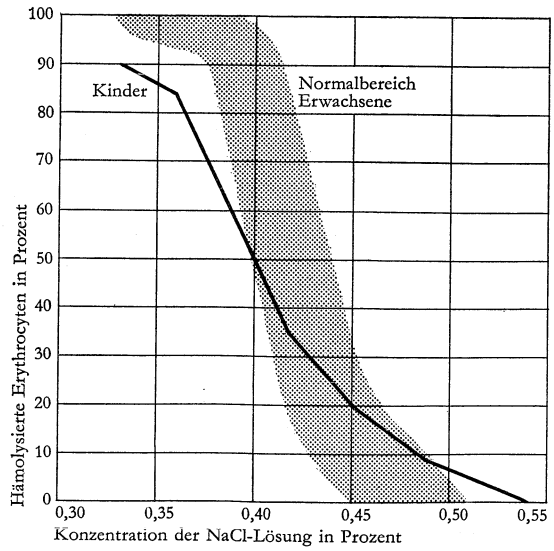
(Methode und Werte nach WINTROBE[7], S. 158.)

Bemerkungen

Die osmotische Resistenz der Erythrocyten ist um so kleiner, je sphärischer sie sind[1, 2]. Sphärocyten stehen deshalb der Hämolyse näher, während die dünneren Erythrocyten resistenter sind und erst bei stärkeren NaCl-Konzentrationen hämolysieren. Einige Autoren betrachten die jüngeren Erythrocyten, besonders die Reticulocyten, als resistenter[2, 3], andere[4, 5] die älteren.

Physiologische Variationen: Die osmotische Resistenz der Erythrocyten aus venösem Blut ist kleiner als jene der Korpuskeln aus arteriellem Blut[6]. Die osmotische Resistenz der Erythrocyten Neugeborener ist etwas kleiner als jene der Erythrocyten Erwachsener[7].

Pathologische Variationen[7]: Die osmotische Resistenz der Erythrocyten ist ausgesprochen *erniedrigt* beim kongenitalen hämolytischen Icterus, ausgesprochen *erhöht* bei Polycythaemia vera, bei COOLEY-Anämie (Thalassaemia major, Mittelmeer-Anämie, Resistenz erhöht bis 0,03% NaCl-Konzentration), bei Sichelzellen- und hypochromen Anämien.



(Nach WHITBY und HYNES, *J. Path. Bact.*, **40**, 219 [1935]).

1) HADEN, R. L., *Amer. J. med. Sci.*, **188**, 441 (1934). 2) DAMESHEK, W., *Blood*, Special Issue, Nr. 2, 43 (1948). 3) DALAND und WORTHLEY, *J. Lab. clin. Med.*, **20**, 1122 (1935). 4) CRUZ et al., *Amer. J. med. Sci.*, **202**, 157 (1941). 5) STEWART et al., *J. exp. Med.*, **91**, 147 (1950). 6) WHITBY und HYNES, *J. Path. Bact.*, **40**, 219 (1935). 7) WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, 3. Aufl., Philadelphia (1952).

Normalwerte

(Normalbereich siehe Fußnote auf S. 527)

Erwachsene (Plasma)

Fraktion	Elektrophorese nach TISELIUS[1]: % Plasma (g/100g Plasma) Mittel*	% Totalproteine (g/100 g Totalproteine des Plasmas) Mittel**	g/100 ml Plasma: Mittelwert	Bereich	s	Werte nach (Literatur)	Aussalzung nach HOWE[2] mit Natriumsulfat und dann nach KJELDAHL[6, 13]: % Plasma (g/100g Plasma) Mittel*	% Totalproteine (g/100 g Totalproteine des Plasmas) Mittel**	g/100 ml Plasma: Mittelwert	Bereich	s	Werte nach (Literatur)
Totalproteine	6,55	100	**6,72**	*6,02 –7,42*	0,35	Errechnet aus 4 (a, b, c, d, e, f)	7,02	100	**7,2**	*6,5– 7,9*	0,35	*3*
Albumine	3,94	60	**4,04**†	*3,50 –4,58*	0,27	*4* (a)	5,07	72,2	**5,2**	*4,7 –5,7*	0,25	*3*
Globuline	2,28	35	**2,34**	*1,90 –2,78*	0,22	Errechnet aus 4 (b, c, d, e)	1,95	27,8	**2,0**	*1,46–2,54*	0,27	*3*
α-Globuline	0,77	11,8	**0,79**	*0,596–0,984*	0,097	Errechnet aus 4 (b, c)	—	—	—	—	—	
α_1-Globuline ..	0,30	4,6	**0,31**	*0,208–0,412*	0,051	*4* (b)	—	—	—	—	—	
α_2-Globuline ..	0,47	7,1	**0,48**	*0,314–0,646*	0,083	*4* (c)	—	—	—	—	—	
β-Globuline	0,79	12,1	**0,81**	*0,558–1,062*	0,126	*4* (d)	—	—	—	—	—	
γ-Globuline	0,72	11,0	**0,74**†	*0,438–1,042*	0,151	*4* (e)	—	—	—	—	—	
Euglobulin	—	—	—	—	—		0,195	2,8	**0,2**	*0 –0,42*	0,11	*3*
Pseudoglobulin I	—	—	—	—	—		1,27	18,1	**1,3**	*0,84–1,76*	0,23	*3*
Pseudoglobulin II	—	—	—	—	—		0,487	6,9	**0,5**	*0,18–0,82*	0,16	*3*
							Gravimetrisch bestimmt					
Fibrinogen	0,33	5,1	**0,34**	*0,222–0,458*	0,059	*4* (f)	0,26	—	**0,27**	*0,17–0,37*	0,051	*5*

Verhältnis Albumine:Globuline — Mittel*** 1,73 — Mittel*** 2,6

Total der austauschbaren Albumingesamtmenge[24] im Körper: 259 ± 40 g; pro Quadratmeter Körperoberfläche: 232 ± 34 g

Zeichenerklärung

* Berechnet aus Mittelwerten in g/100 ml Plasma auf Grund des normalen spezifischen Gewichtes des Plasmas (1,026).
** Berechnet aus Mittelwerten in g/100 ml Plasma unter der Voraussetzung eines normalen Gesamtproteingehaltes von 6,72 g/100 ml Plasma = 100%.
*** Berechnet aus den in g/100 ml angegebenen Plasma-Mittelwerten.
† In Übereinstimmung mit LEVER et al., *J. clin. Invest.*, **30**, 99 (1951).

Die Werte der Standardabweichung von 4 (a, b, c, d, e, f), 4 (b, c, d, e), 4 (b, c) wurden errechnet nach der Formel $s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + \cdots}$

Kinder (Plasma und Serum)

	Alter	Totalproteine (in g/100 ml): KJELDAHL[6, 13] Mittelwert	KJELDAHL Bereich	Werte nach (Literatur)	Refraktometrisch[7] Mittelwert	Refraktometrisch Bereich	Werte nach (Literatur)
Plasma ...	Frühgeburten						
	3–5 Tage ...	4,62	3,62–5,36	*12*			
	8–18 Tage ..	4,42	3,80–5,02	*12*			
	Geburt	5,89	5,46–6,31	*8*			
Serum	Nabelblut ..	6,4	5,3 –7,7	*9*	6,04	5,15–7,43	*10*
	Geburt	5,52	4,36–6,68	*11*			
	1–2 Tage ...	—	—	—	6,03	5,10–7,02	*10*
	3–4 Tage ...	—	—	—	5,89	5,15–6,67	*10*
	5–6 Tage ...	—	—	—	6,02	5,10–7,01	*10*
	7–8 Tage ...	—	—	—	5,93	5,10–6,60	*10*
	5–6 Monate .	6,29	5,63–6,95	*11*			

Fraktion	Alter	Proteinfraktionen (in g/100 ml): Aussalzung nach HOWE[2] mit Natriumsulfat und dann nach KJELDAHL[6, 13] Mittelwert	Bereich	s	(Literatur)
Serum					
Totalproteine ..	Geburt ...	**5,52**	*4,36–6,68*	0,58	*11*
Albumine	Geburt ...	**3,73**	*3,11–4,35*	0,31	*11*
Globuline	Geburt ...	**1,78**	*0,88–2,68*	0,45	*11*
Verhältnis Albumine:Globuline	Geburt ...	**2,16**	*1,42–2,90*	0,37	*11*
Totalproteine ..	5–6 Monate	**6,29**	*5,63–6,95*	0,33	*11*
Albumine	5–6 Monate	**4,28**	*3,52–5,04*	0,38	*11*
Globuline	5–6 Monate	**2,01**	*1,33–2,69*	0,34	*11*
Verhältnis Albumine:Globuline	5–6 Monate	**2,14**	*1,26–3,02*	0,44	*11*

Konzentration von Natriumsulfat und Natriumsulfit zur Fällung der verschiedenen Plasmaproteinfraktionen

Fraktion	Natriumsulfat[2] mol/Liter	Natriumsulfat g/100 ml	Natriumsulfit[18] mol/Liter	Natriumsulfit g/100 ml
Fibrinogen	0,76	10,6	0,906	11,4
Euglobulin	1,00	14,2	1,131	14,25
Pseudoglobulin I und II	1,25	17,7	1,355	17,1
Totalglobulin	1,50	21,5	1,58	19,95

Die durch Elektrophorese und Natriumsulfat erhaltenen Fraktionen stehen in folgendem Zusammenhang: Im *normalen* Serum ist das elektrophoretische Bild nach Fällung der Euglobuline (13,5% Natriumsulfat) in der Regel unverändert; Fällung des Euglobulins + Pseudoglobulins (17,4% Natriumsulfat) entfernt etwa 50% der α-Globuline und 25% der β-Globuline (keine γ-Globuline). 21,5% Natriumsulfat entfernen alle γ-Globuline, 75% der β-Globuline und 50% der α-Globuline.

Bestimmungsmethoden[22]:

Totalproteine: Mikro-KJELDAHL[6, 13], refraktometrisch[7], kolorimetrisch (Biuretmethode)[14, 15, 16], aus dem spezifischen Gewicht des Plasmas (vgl. S. 517), gravimetrisch[23].

Proteinfraktionen: Aussalzungsmethoden nach HOWE[2], nach MAJOOR[17], nach CAMPBELL[18], nach WOLFSON[16], elektrophoretisch[1, 22], papierelektrophoretisch[19, 25], gravimetrische Bestimmung des Fibrins[20, 23] (vgl. auch MORRISON[21]). Die Schnellmikromethode nach WOLFSON[16] gibt für Albumine, α-, β- und γ-Globuline Werte, die mit den elektrophoretisch gewonnenen gut übereinstimmen.

Albumingesamtmenge: mit ^{131}I-markiertem Albumin (Verdünnungsmethode)[24].

1) TISELIUS, A., *Trans. Faraday Soc.*, **33**, 524 (1937); *Svensk kem. Tidskr.*, **50**, 58 (1938); *Kolloid-Z.*, **85**, 129 (1938); *Harvey Lect.*, **35**, 37 (1939/40). *2)* HOWE, P. E., *J. biol. Chem.*, **49**, 93, 109 (1921). *3)* GUTMAN et al., *J. clin. Invest.*, **20**, 765 (1941) (36 Untersuchungen an Gesunden). *4)* a, b, c, d, e, f: DOLE, V. P., *J. clin. Invest.*, **23**, 708 (1944). *5)* SMITH et al., *Fed. Proc.*, **10**, 370 (1951) (975 Untersuchungen). *6)* Vgl. HILLER et al., *J. biol. Chem.*, **176**, 1401 (1948). *7)* Vgl. S. 520. *8)* Nach POMMERENKE (1936), in: SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 104. *9)* Nach ANDERSCH und OBERST (1936), in: SUNDERMAN und BOERNER, loc. cit., S. 104. *10)* Nach DENZER et al. (1939), in: SUNDERMAN und BOERNER, loc. cit., S. 105. *11)* DARROW und CARY, *J. Pediat.*, **3**, 573 (1933). *12)* Nach YOUNG et al. (1941), in: SUNDERMAN und BOERNER, loc. cit., S. 105. *13)* Mikro-KJELDAHL, siehe in: PREGL und ROTH, *Die quantitative organische Mikroanalyse*, 4. Aufl., Berlin (1935), S. 105. *14)* KINGSLEY, G. R., *J. Lab. clin. Med.*, **27**, 840 (1942). *15)* WEICHSELBAUM, T. E., *Techn. Bull. Registry med. Technologists*, **7**, 40 (1946), Beiheft zu *Amer. J. clin. Path.*, **16** (1946). *16)* WOLFSON et al., *Amer. J. clin. Path.*, **18**, 723 (1948). *17)* MAJOOR, C. L. H., *J. biol. Chem.*, **169**, 583 (1947). *18)* CAMPBELL und HANNA, *J. biol. Chem.*, **119**, 15 (1937). *19)* CRAMER, F., *Papierchromatographie*, 4. Aufl., Weinheim (1958), S. 77. *20)* GRAM, H. C., *Amer. J. med. Sci.*, **168**, 511 (1924). *21)* MORRISON, P. R., *J. Amer. chem. Soc.*, **69**, 2723 (1947). *22)* Übersicht und Darstellung verschiedener Untersuchungsmethoden siehe WUHRMANN und WUNDERLY, *Die Bluteiweißkörper des Menschen*, Basel (1952), S. 69 (Elektrophorese S. 82). *23)* Methode von LANG, K., in: HINSBERG und LANG, *Medizinische Chemie*, München (1951), S. 527. *24)* STERLING, K., *J. clin. Invest.*, **30**, 1228 (1951). *25)* JENCKS et al., *Biochem. J.*, **60**, 205 (1955).

Normalwerte

Plasmaproteinfraktionen nach COHN[1, 2], neue Methode (Nr. 10)[3]

Elektrophoretische Fraktionen	Fraktionen nach COHN	Approximativer Gehalt im Plasma g/100 ml	Sedimentationskonstante	Molekulargewicht	Approximative Molekülgröße in Ångström Länge	Durchmesser
Serumalbumine	V	3,2	4,6	69 000	150	38
α_1-Globuline	IV-1	0,2	5,0	200 000	300	50
	IV-4	0,1	4–5	(70 000)	...	...
α_2-Globuline	IV-6	0,1	9,0	(300 000)	...	...
β_1-Globuline	IV-7	0,2	5,5	90 000	190	37
	III-0, III-2	0,2	7,0	(150 000)	...	...
	III-0	0,1	20,0	500 000–1 000 000	...	...
	III-0	0,2	...	1 300 000	185	185
β_2-Globuline	III-1	0,2	7,0	(150 000)	...	...
γ-Globuline	II	0,5	7,2	156 000	235	44
	II	0,1	10,0	(300 000)	...	...
Fibrinogen	I-2	0,2	9,0	400 000	700	38

Eine Schnellmethode zur Plasmafraktionierung nach LEVER et al.[4] in der Methodik von COHN (vgl. oben) für kleine Blutmengen führt in 3 Stufen zu folgenden 4 Fraktionen (ohne Zerstörung der biologischen Aktivität der in den Fraktionen enthaltenen Proteine):

Fraktionen nach COHN[3]	VI	IV + V	I + III	II
Prozentanteil an Totalplasmaproteinen	0,2–3,3; Mittel 2,2	59,8–71,7; Mittel 65,6	15,8–32,0; Mittel 22	9,3–14,0; Mittel 10,8
Cholesterin der einzelnen Fraktionen als Prozente des Totalcholesterins	unmeßbar	18,0–33,3; Mittel 26,6	54,8–83,1; Mittel 71,4	1,5–6,9; Mittel 4,0
Phospholipide der einzelnen Fraktionen als Prozente der Totalphospholipide	unmeßbar	33,0–57,0; Mittel 46,7	51,0–56,6; Mittel 52,8	0,8–2,3; Mittel 1,5
Kohlenhydrate (Hexosen) in mg/100 ml	0,52	11,5	17,6	0,64
Elektrophoretische Fraktionen (Mittelwerte) in Prozenten der Fraktion	—	**Albumine 81,3**	Albumine 0,5	Albumine 3,1
	—	α_1-Globuline 7,8	α_1-Globuline 3,5	α_1-Globuline 0,1
	—	α_2-Globuline 4,7	α_2-Globuline 13,3	α_2-Globuline 0
	—	β_1-Globuline 5,5	**β_1-Globuline 49,4**	β_1-Globuline 0
	—	β_2-Globuline 0,7	**β_2-Globuline** } **26,5**	β_2-Globuline 3,8
	—	Fibrinogen 0	**Fibrinogen** }	**γ-Globuline 93,0**
	—	γ-Globuline 0	γ-Globuline 6,8	
Enthält neben oder in den oben angeführten Komponenten	Spuren der Frakt. IV + V α_1-Glycoproteine α_2-Proteine β_1-Proteine Weitere Proteine u. Peptide kleiner Molekülgröße	β_1-metallbindendes Protein α_2-Glycoproteine α_2-Mucoproteine α_1-Lipoproteine Jodproteine	β_1-Lipoproteine β_1-lipidarme Euglobuline Coeruloplasmin Isoagglutinine Plasminogen	Immunantikörper
	Harnstoff Glucose	Cholinesterase Alkalische Phosphatase	Kälteunlösliche Proteine Prothrombin	

Eigenschaften und Wechselwirkungen der Plasma-Proteinkomponenten[3]

Hauptsächliche Proteinkomponenten

Proteinkomponenten	Geschätzter Prozentsatz der Plasmaproteine	Sedimentationskonstante	Approximativer isoelektrischer Punkt	*Spezifische chemische Wechselwirkungen mit* oder Träger von
Serumalbumine	52	4,6	4,9	Fettsäuren, Farbstoffen, gallensauren Salzen, Arzneimitteln und Quecksilber
Mercaptalbumin	(34)			
α_2-Glycoproteine	1,2	9	4,9	Kohlenwasserstoffen u. Barium
α_2-Mucoproteine	0,5	9	4,9	
Fibrinogen	4	9	<5,3	*Thrombin*
Kälteunlösliches Globulin	0,15		<5,3	
α_1-Lipoproteine	3	5	5,2	Steroiden und Carotinen
β_1-Lipoproteine	5	7	5,4	
β_1-lipidarme Euglobuline	2	7	5,5	
	1	20		
β_1-metallbindendes Protein	3	5,0	5,8	Eisen und Kupfer
β_2-Globuline	3	7	6,3	
γ-Globuline	11	7	6,3	*Antigenen* Antikörpern
	—	10	7,3	
Total	86			

Weitere Proteinkomponenten

Proteinkomponenten	Geschätzter Prozentsatz der Plasmaproteine	Sedimentationskonstante	Approximativer isoelektrischer Punkt	*Spezifische chemische Wechselwirkungen mit* oder Träger von
Prothrombin	0,1	...	...	Calcium und Thromboplastin
Plasminogen	...	...	...	Streptokinase
Hypertensinogen	...	...	...	Renin
Jodproteine	...	...	...	Thyroxin, Jod
Isoagglutinine	(0,03)	...	6,3	*inkompatiblen Erythrocyten*
Komplementkomponenten	0,4	...	...	Antigen-Antikörper-Komplex
Properdin	0,03	24–27	...	Siehe Note *
Amylase	...	...	...	*Stärke*
Cholinesterase	0,005	...	4,5	*Cholinestern*
Alkalische Phosphatase	...	...	...	*Phosphaten*
Peptidase	...	...	...	L-*Leucylglycylglycin*
β-Glucuronidase	...	...	...	β-*Glucuroniden*
Coeruloplasmin	...	...	4,4	Kupfer
α_1-saure Proteine kleiner Molekülgröße	0,5	2,9	3,0	
α_1-Bilirubin-Globulin	0,05	...	4,7	Bilirubin
α_2-Proteine	0,1	2,9	...	Barium
β_1-Proteine	0,05	5	...	

* Das Properdin ist ein vor wenigen Jahren entdecktes Euglobulin. Es spielt in den natürlichen oder angeborenen Resistenzmechanismen eine bedeutende Rolle. Sein Molekulargewicht ist 8mal höher als das der γ-Globuline. Es wirkt nur bei Anwesenheit von Mg-Ionen und Komplementstoffen («Properdin-System»). Übersichtsarbeiten von DELAUNAY et al., *Presse méd.*, **64**, 65 (1956), und ISLIKER, H. C., *Vox Sang. (Basel)*, **1**, 8 (1956).

1) COHN et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **68**, 459 (1946); COHN, E. J., *Experientia (Basel)*, **3**, 125 (1947). *2)* COHN, E., Plasma Fractionation, Kapitel 28 in: ANDRUS et al. (Hrsg.), *Advances in Military Medicine; the History of the Committee on Medical Research*, Boston (1948). *3)* COHN et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **72**, 465 (1950). *4)* LEVER et al., *J. clin. Invest.*, **30**, 99 (1951).

Aminosäuren, N- und S-Zusammensetzung von Albumin, γ-Globulin und Fibrinogen[1]

	Albumin %	γ-Globulin %	Fibrinogen %
Glycocoll (Glycin)	1,6	4,2	5,6
Alanin	—	—	3,7
Valin	7,7	9,7	4,1
Leucin	11,0	9,3	7,1
Isoleucin	1,7	2,7	4,8
Prolin	5,1	8,1	5,7
Phenylalanin	7,8	4,6	4,6
Cystein	0,70	0,70	0,4
Cystin	5,58	2,37	2,3
Methionin	1,28	1,06	2,5
Tryptophan	0,19	2,86	3,3
Arginin	6,15	4,80	7,8
Histidin	3,5	2,50	2,6
Lysin	12,3	8,1	9,2
Asparaginsäure	10,4	8,8	13,1
Glutaminsäure	17,4	11,8	14,5
Serin	3,7	11,4	7,0
Threonin	5,0	8,4	6,1
Tyrosin	4,66	6,75	5,5
Gesamt-N	15,95	16,03	16,90
Gesamt-S	1,96	1,02	1,26
Amid-N	0,880	1,11	—
Indol-N	0,013	0,20	—
Guanidin-N	1,500	1,16	—
Imidazol-N	0,641	0,45	—
Peptid-N	11,555	12,22	—

Bemerkungen zu den Seiten 523 und 524 (Plasmaproteine)

Allgemeines

Die Plasmaproteine werden – was schon durch frühere klinische und experimentelle Beobachtungen nahegelegt worden war[2–6] – zum größten Teil (Albumine und Fibrinogen ganz, Globuline zu 80%) in der Leber synthetisiert, wie aus Perfusionsversuchen[6] an überlebenden Lebern mit ^{14}C-Lysin hervorgeht. Die synthetische Kapazität der Leber reicht aus zu einer täglichen Erneuerung von etwa 9% der Leberproteine und von etwa 25% der zirkulierenden Plasmaproteine[6]. Direkte Messung der austauschbaren Albumingesamtmenge (vgl. S. 523) mit ^{131}I-markiertem Albumin ergab zum Beispiel eine Albuminerneuerung von 6,7% ± 0,93% pro Tag (17,2 g ± 2,7 g pro Tag total bzw. 15,4 g ± 2 g pro Tag pro Quadratmeter Körperoberfläche)[7]. Die ausschließliche Synthese der Albumine (und des Fibrinogens) in der Leber ergibt zusammen mit der teilweisen extrahepatischen Synthese der Globuline die Erklärung für das umgekehrte Albumin-Globulin-Verhältnis bei fortgeschrittener Lebercirrhose mit klinischen Zeichen portaler Obstruktion[6].

Die Plasmaproteinfraktionen Albumine, Globuline und Fibrinogen stehen in einer engen Relation zueinander, die ausgedrückt werden kann als[8] $K = A^{0,62} \times G^{0,328} \times F^{0,052}$ (oder $\log K = \log A \times 0{,}62 + \log G \times 0{,}328 + \log F \times 0{,}052$), wobei A, G, F den Gehalt (in Dezimalbrüchen ausgedrückt; zum Beispiel $A = 0{,}60$) an Albumin, Globulin und Fibrinogen und K die resultierende Konstante darstellen. Nach 80 TISELIUS-Diagrammen (Elektrophorese)[8] von Gesunden zwischen 20 und 45 Jahren ist $K = 0{,}442$ (± 0,002 physiologische Schwankungsbreite), zwischen 0 und 45 Jahren $K = 0{,}441$ (± 0,005), zwischen 70 und 95 Jahren $K = 0{,}435$. Die Resultante $K = 0{,}442$ (+) zwischen 20 und 45 Jahren stellt das Maximum dar, das niemals überschritten wird, weil jede Gehaltsänderung einer einzelnen Proteinfraktion zu einer Erniedrigung dieses Maximums führt[8]. Dieser Umstand berechtigt zur Annahme einer zentralen Regulierung des Plasmaproteinbildes, wobei eventuell im kolloidosmotischen Druck der steuernde Faktor[9] zu erblicken ist. Als hauptsächlichster vom Organismus zur Regulierung verwendeter Faktor sind dabei die Albumine anzusehen, bei denen wohl (pathologisch) relative Gehaltsabnahmen, aber noch nie (pathologisch) relative Gehaltszunahmen beobachtet wurden[10].

Totalproteingehalt

Der Totalproteingehalt läßt sich streng nur in Relation mit dem Plasmagesamtvolumen, etwas weniger streng nur in Relation mit dem Hämatokritwert beurteilen, da eine Erhöhung der Blutplasmakonzentration auch durch Bluteindickung oder Blutverdünnung vorgetäuscht bzw. ein abnormer Proteingehalt durch die angeführten Umstände als normal maskiert werden kann. In der Praxis genügt die Feststellung des Hämoglobingehaltes und der Erythrocytenzahl[10]. Da die Totalproteinkonzentration beim Gesunden ziemlich variiert, sind nur erhebliche Ausschläge klinisch bedeutsam.

Der Totalproteingehalt ist erhöht bei Salzverlust infolge Cholera und anderer Krankheiten mit starker Diarrhöe, infolge schweren Erbrechens (Albumine und Globuline proportional erhöht); bei vielen Infektionskrankheiten, wie Kala-Azar usw., sowie bei Plasmocytom (Myelom) (Vermehrung hauptsächlich der Globuline).

Der Totalproteingehalt ist erniedrigt bei Nierenkrankheiten, speziell bei Nephrose, bei Unterernährung (Hungerödem), manchen Fällen von Diabetes (in allen diesen Fällen ist hauptsächlich der Albumingehalt erniedrigt), bei konsumierenden Krankheiten, wie Karzinom, Tuberkulose. — Nach Operationen tritt (unabhängig vom Operationstypus und von der nachherigen Verpflegung) ein plötzliches Fallen der Plasmaproteine ein, speziell der Albumine. Bald danach steigt der Globulinspiegel und überschreitet das präoperative Niveau[11] (vgl. auch Blutchloride, S. 537).

---

1) Nach BRAND, E., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **47**, 187 (1946); ergänzt nach BRAND und EDSALL, *Ann. Rev. Biochem.*, **16**, 223 (1947); TRISTRAM, G. R., *Advanc. Protein Chem.*, **5**, 83 (1949). *2)* MADDEN und WHIPPLE, *Physiol. Rev.*, **20**, 194 (1940). *3)* WHIPPLE und MADDEN, *Medicine (Baltimore)*, **23**, 215 (1944). *4)* JANSSEN, L. W., *Verh. Akad. Wet. Amst., Afd. Natuurk.*, Sect. 2, Deel 47, Nr. 3 (1951). *5)* WHIPPLE et al., *J. exp. Med.*, **81**, 171 (1945). *6)* MILLER et al., *J. exp. Med.*, **94**, 431 (1951). *7)* STERLING, K., *J. clin. Invest.*, **30**, 1228 (1951). *8)* ECKER und FRACKELTON, *Fed. Proc.*, **10**, 353 (1951). *9)* WUHRMANN und WUNDERLY, *Gastroenterologia (Basel)*, **69**, 121 (1944). *10)* WUHRMANN und WUNDERLY, *Die Bluteiweißkörper des Menschen*, Basel (1952), S. 140. *11)* WILKINSON et al. *Lancet*, **1**, 315 (1951).

Bemerkungen

Totalproteingehalt (Fortsetzung)

Leitsätze für die Praxis[1]

1. Der leicht bestimmbare Totalproteinwert im Serum bzw. Plasma ist im allgemeinen bei akuten und kurzdauernden Krankheiten ohne größere klinische Bedeutung.
2. Es dürfen klinisch nur *erhebliche* Abweichungen verwertet werden, bei denen neben *quantitativen* Verschiebungen gleichzeitig auch *qualitative* Veränderungen vorliegen.
3. Klinisch wichtig sind vor allem die *absoluten Proteinmangelzustände* im Blut bei chronischen Erkrankungen, vor allem bei konsumierenden Leiden, wie Karzinom und Tuberkulose, weiterhin bei vielen chronischen Lebererkrankungen, vor allem bei den Lebercirrhosen und chronischen Inanitionszuständen.
4. Die ausgesprochensten Hypoproteinämien werden beim nephrotischen Syndrom beobachtet.
5. Die stärksten Hyperproteinämien, gelegentlich bis zur Verdoppelung des Normalwertes, kommen vor allem bei den Plasmocytomen (Myelomen) vor.
6. Der Totalproteinwert an sich zeigt eine weitgehende *Unabhängigkeit vom Ausfall der Senkungsreaktion* (Blutsenkungsgeschwindigkeit), *den verschiedenen Trübungs- und Flockungsreaktionen, der Hitzekoagulationsschwelle und des Nephelogramms*; nur bei extremen Abweichungen, die immer auch qualitative Veränderungen einschließen, finden sich entsprechende Beziehungen.
7. Bei stärkeren Abweichungen im Totalproteingehalt ist immer auch der Mineralstoffwechsel, insbesondere die Serumwerte für Calcium und Kalium, zu untersuchen (vgl. S. 538).
8. An Stelle des Hämatokritwertes gibt für die Praxis die wiederholte Bestimmung des Hämoglobingehaltes und der Erythrocytenanzahl genügend Anhaltspunkte über eine eventuelle Verdünnung oder Eindickung des untersuchten Blutes.

Die einzelnen Plasmaproteinfraktionen

(Vgl. auch «Allgemeines» auf S. 525)

Es gibt gegenwärtig zahlreiche *Methoden zur Fraktionierung*[2] der Plasmaproteine. Sie lassen sich in groben Zügen wie folgt einteilen:

1. Elektrophoretische Methoden (TISELIUS-Methode, ein- oder zweidimensionale Papierelektrophorese, Säulenelektrophorese).
2. Physikalisch-chemische Fällungsmethoden [Zusatz von $(NH_4)_2SO_4$, von Na_2SO_4 (HOWE-Methode), Zusatz von Äther, die Methoden von COHN und ähnliche].
3. Ultrazentrifugierung (und «Flotation») und Ultrafiltration.
4. Immunobiologische Methoden (zum Beispiel OUCHTERLONY-Platten).

Die gebräuchlichsten dieser Methoden sind: die Elektrophorese, die Methode Nr. 10 von COHN et al., die Ultrazentrifugierung und die Fällung mit Natriumsulfat. Die erste und die letzte der genannten Methoden eignen sich für klinische Zwecke; die beiden andern sind komplizierter und werden meist nur in Forschungslaboratorien ausgeführt.

Die üblichen elektrophoretischen Methoden lassen die folgenden Fraktionen unterscheiden: Albumine, Globuline (α_1, α_2, β und γ) und Fibrinogen. Dieses Fraktionieren wurde aber von einzelnen Forschern noch viel weiter getrieben. So beschreiben zum Beispiel BERRY und CHANUTIN, *J. clin. Invest.*, **34**, 1513 (1955), nicht weniger als 17 verschiedene Fraktionen in den Elektrophoresediagrammen von Gesunden.

Die HOWE-Methode (Fällung mit verschiedenen Na_2SO_4-Konzentrationen) ergibt als Fraktionen Albumine und Globuline, wobei sich bei den letztern Euglobuline sowie Pseudoglobuline I und II unterscheiden (Fibrinogen wird vorgängig durch Coagulation eliminiert).

Mit der neuen Methode von COHN (Nr. 10) lassen sich mittels komplizierter Verfahren Fraktionen gewinnen, die mit Nummern bezeichnet werden (IV-1, III-2 usw.) und deren Relation mit den oben beschriebenen Fraktionen noch mangelhaft geklärt ist. Diese COHNsche Methode ist zur Bestimmung großer Plasmamengen (Blutbanken) ausgearbeitet worden und wird kaum klinisch verwendet.

Durch Ultrazentrifugieren erreicht man die Trennung der Plasmaproteine nach ihren Sedimentations- oder Flotationskonstanten.

Physiologisch ist eine Globulinzunahme und eine Albuminabnahme während der Schwangerschaft (siehe S. 575) und bei Streß (siehe Note S. 444) festzustellen, *pathologisch* bei zahlreichen Krankheiten, von der Entzündung bis zum irreversiblen Organumbau, von Störungen der inneren Sekretion bis zu malignen Tumoren[3, 4]. Die Tatsache, daß die Albumine, im Gegensatz zu den Globulinen, relativ nur ab-, aber nie zunehmen, beeinträchtigt die klinische Bedeutung des Albumin-Globulin-Verhältnisses stark. Es ist offensichtlich, daß trotz einem «normalen» Albumin-Globulin-Quotienten ein pathologisch verändertes Proteinspektrum bestehen kann. Die Bestimmung der Blutsenkungsgeschwindigkeit, die verschiedenen Flockungs- und Trübungsreaktionen als einfach und schnell auszuführende Methoden liefern daher im allgemeinen genauere Angaben.

Über die biologische Bedeutung, die physikalischen Größen und chemischen Eigenschaften sowie über die Konzentrationen der einzelnen Plasmafraktionen geben die vorhergehenden Seiten Aufschluß. Zusammenfassend sei festgehalten:

1. Albumine. Sie sind in erster Linie verantwortlich für das Plasmagesamtvolumen (siehe S. 518) und für den kolloidosmotischen Druck (siehe S. 518). Dank ihrer geringen Molekülgröße besitzt ihre Gesamtmenge eine sehr große Oberfläche, was sie befähigt, als Träger einer Vielzahl von Stoffen zu dienen. *Die Albumine sind in der Regel bei allen pathologischen Zuständen vermindert.*

2. Globuline. Die gröber dispersen Globuline zerfallen elektrophoretisch in eine größere Anzahl von Unterfraktionen mit ganz verschiedenen Aufgaben. Die α- und β-Lipoglobuline – Träger von etwa 75% der Plasmalipide[5] – sind bei allen Krankheiten, die mit einer Erhöhung des Blutlipidgehaltes einhergehen, vermehrt. Die Konzentration der γ-Globuline, der Träger der Antikörper, ist bei allen Infektionskrankheiten und Zuständen, welche die Immunisierungsprozesse auslösen, erhöht. Dies ist der Grund der *annähernd gleichen Erhöhung der Globulinfraktion bei der Mehrzahl der Krankheiten.* Festgehalten sei, daß eine Hyperglobulinämie bei weitem nicht immer mit einer Hyperproteinämie einhergeht[6]. (Vgl. auch Erhöhung während der Schwangerschaft, S. 575.) – Es sind Fälle von hereditärer oder erworbener Agammaglobulinämie bekannt[7]. Man kann eine Beziehung zwischen dem Gehalt an den (durch Ultrazentrifugierung charakterisierten) Lipoproteinen *Sf* 12–100, dem Alter und der Arteriosklerose feststellen[8], jedoch ohne dabei die Ursache von der Wirkung unterscheiden zu können.

3. Fibrinogen. Das Fibrinogen wird am besten als Fibrin ausgefällt und gravimetrisch bestimmt, weil bei Aussalzung, besonders in pathologischen Fällen, auch andere grobdisperse Proteine mitgefällt und dann fälschlicherweise als Fibrin mitbestimmt werden. Reihenuntersuchungen[9] (975 Messungen an 333 Personen) haben ergeben, daß 3–7 Tage nach Beginn einer akuten bakteriellen Lungenerkrankung, 4–5 Tage nach einer Operation, 5 Tage nach Beginn einer Anticoagulanstherapie mit Dicumarol, bei akuter Pancreatitis, bei unbehandelten malignen Tumoren, 3–4 Tage nach radiologischer Behandlung der Fibrinogengehalt verdoppelt oder sogar vervierfacht ist. Bei Virusinfektionen beginnt das Fibrinogen von der zweiten Woche an zu sinken und kann bis zu 7 Monaten unter dem normalen Stand bleiben. Fibrinopenien beobachtet man in der Regel bei Leberparenchymschädigungen (vor allem bei akuter gelber Leberatrophie), bei Leberstörungen nach ausgedehnten Verbrennungen, bei Leucämien, Stauungsleber, Herzinsuffizienz[12]. Konstitutionelle Afibrinogenämie[1] ist selten, desgleichen konstitutionelle Fibrinopenie[10] und erworbene Fibrinasthenie[11, 12] (funktionell minderwertiges Fibrinogen). Über Fibrinogen und Blutsenkung siehe S. 520.

---

1) WUHRMANN und WUNDERLY, *Die Bluteiweißkörper des Menschen*, Basel (1952), S. 164. *2)* Übersicht: RIVA, G., *Das Serumeiweißbild*, Bern (1957). *3)* WUHRMANN und WUNDERLY, *Gastroenterologia (Basel)*, **69**, 121 (1944). *4)* LEINWAND, I., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 532 (1951). *5)* ONCLEY et al., *J. Amer. chem. Soc.*, **72**, 458 (1950). *6)* FEINSTEIN und PETERSDORF, *Ann. intern. Med.*, **44**, 899 (1956). *7)* FAVOUR, C. B., *Stanf. med. Bull.*, **14**, 172 (1956). *8)* GOFMAN et al., *Science*, **111**, 166 (1950); GOFMAN et al., *Circulation*, **2**, 161 (1950); GOFMAN et al., *J. Geront.*, **6**, 105 (1951); LINDGREN et al., *J. phys. Colloid Chem.*, **55**, 80 (1951); JONES et al., *Amer. J. Med.*, **11**, 358 (1951); GOFMAN et al., *Circulation*, **5**, 119 (1952); GOFMAN, J. W., *Bull. N.Y. Acad. Med.*, **28**, 279 (1952). *9)* SMITH et al., *Fed. Proc.*, **10**, 370 (1951). *10)* RISAK, E., *Z. klin. Med.*, **128**, 605 (1935); GLANZMANN et al., *Schweiz. med. Wschr.*, **70**, 1243 und 1261 (1940). *11)* FANCONI, G., *Schweiz. med. Wschr.*, **71**, 255 (1941). *12)* FANCONI, G., *Schweiz. med. Wschr.*, **76**, 791 (1946).

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut	Plasma oder Serum	Bestimmungsmethode	Bemerkungen
Stickstoff				
Total-N (in chemischer Bindung) ... (Stickstoff als N_2 siehe Blutgase)	2,6–4,3 g/100 ml	1,1–1,4 g/100 ml	KJELDAHL	*Gesamtblut:* Mittel in der Regel 3%. Protein-N über 99% des Gesamt-N im Gesamtblut, *im Plasma* oder *Serum* über 96%. N-Erhöhung und -Erniedrigung siehe Proteine.
Totalprotein-N	2,5–4,3 g/100 ml	1,0–1,4 g/100 ml	KJELDAHL	

Reststickstoff [1]

	Vollblut		Korpuskeln		Plasma oder Serum	
	Bereich*	Mittel	Bereich*	Mittel	Bereich*	Mittel
Total-Rest-N	28–39	32	38–55	44	22–29	25
Harnstoff-N	8,9–15,2	12	8–13	10	9,6–17,6	12
Nicht-Harnstoff-N	16–26	20	25–45	33	6–18	12
Aminosäuren-N	4,6–6,8	5,6	6,5–9,6	7,4	3,4–5,0	4,4
Creatin-N	1,0–1,6	1,3	1,9–3,2	2,6	—	—
Creatinin-N	0,4–0,6	0,5	—	—	0,4–0,5	0,4
Harnsäure-N	0,3–1,3	0,7	—	—	0,7–1,3	1,3
Glutathion-N	4,4–4,8	4,6	9,5–10,5	10,0	—	—
Nucleotid-N	4,4–7,4	5,8	10–16	13	—	—
Ergothionein-N	*0,3–6,3*	**3,3,** *s* 1,5	*1–11,8*	**6,4,** *s* 2,7	—	—
Ammoniak-N	0,1–0,3	—	—	—	0,1–0,2	—

Reststickstoff (Serum): Erhöht bei Niereninsuffizienz sowie bei extrarenalen Störungen, wie Hypochlorämie, ADDISONscher Krankheit usw.

Vergleiche untenstehende Bemerkungen bei Harnstoff.

Im Reststickstoff sind enthalten (Serum): Der Stickstoff von freien Aminosäuren, Creatin, Creatinin, Guanidinoessigsäure, Purinderivaten, Indican, Phenolen, Bilirubin, Urobilin, Cholin, Histamin, Glutathion usw. (vgl. folgende Seiten).

1) SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 110.

Reststickstoffsubstanzen	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	*s*	Mittelwert*	Bereich*	*s*		
Harnstoff, Urea								
(1) Männer	—	—	—	**27,1**	*18,1–36,1*	4,5	Urease: GENTZKOW, C. J., *J. biol. Chem.*, **143**, 531 (1942); OWINGS und MANDEL, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **78**, 363 (1951). Andere (einfache) Methode: KIBRICK und SKUPP, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **73**, 432 (1950). Werte nach: (1) (2) KREBS, H. A., *Ann. Rev. Biochem.*, **19**, 409 (1950). (3) *(Plasma)* errechnet aus (1) und (2); *(Vollblut)* SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 110. (4) ADDIS et al., *J. clin. Invest.*, **26**, 869 (1947).	**Serum:** Der Harnstoff bildet mit etwa 50% den Hauptbestandteil des Reststickstoffes. Bei beginnender *Niereninsuffizienz* steigt der Harnstoff neben der Harnsäure nicht nur absolut, sondern auch relativ zur Rest-N-Zunahme und beträgt dann in der Regel mehr als 50% des Rest-N. Bei schwerer Niereninsuffizienz fällt der Prozentanteil des Harnstoffes am Rest-N, während die prozentualen Anteile der Aminosäuren und des Creatinins steigen, die aus einem verstärkten und veränderten Proteinabbau stammen. Bei akuter Nephritis steigt nur der Harnstoff- und Harnsäurespiegel.
(2) Frauen	—	—	—	**26,4**	*10,2–42,6*	8,1		
(3) Männer und Frauen als 1 Gruppe	25,6	19–32,5	—	**26,8**	*14,2–39,4*	6,3		
Harnstoffspiegel in Relation zur Proteineinnahme								
(junge Männer)								
(4) 0,5 g Protein } pro Kilogramm	—	—	—	**19,3**	*13,5–25,1*	2,9		
(4) 1,5 g Protein } Körpergewicht	—	—	—	**38,6**	*24,4–52,8*	7,1		
(4) 2,5 g Protein } und Tag	—	—	—	**45,5**	*31,1–59,9*	7,2		
Freie Aminosäuren (total)	50	38–53	—	—	—	—	Mikrobiologische Bestimmungsmethode: SELIGSON et al., *J. Lab. clin. Med.*, **35**, 640 (1950). *Vollblut:* Werte nach GUTMAN und ALEXANDER, *J. biol. Chem.*, **168**, 527 (1947); JOHNSON und BERGEIM, *J. biol. Chem.*, **188**, 833 (1951). *Plasma:* Zusammenstellung in KREBS, H. A., *Ann. Rev. Biochem.*, **19**, 409 (1950), ergänzt nach JOHNSON und BERGEIM, *J. biol. Chem.*, **188**, 833 (1951); STEIN und MOORE, *J. biol. Chem.*, **211**, 915 (1954); HIER und BERGEIM, *J. biol. Chem.*, **163** 129 (1946).	Vgl. Harnstoff und Rest-N. – Vermutlich sind neben den angeführten Aminosäuren noch Serin und Hydroxyprolin im Serum vorhanden, da diese in Tierseren nachgewiesen wurden. Unter Corticotropin steigt der Aminosäuren-Serumspiegel stark an (BERGENSTAHL et al., *Proceedings of the Second Clinical ACTH Conference*, Bd. 1 [1951], S. 250).
(Nicht-Protein-Aminosäuren)								
Alanin	**4,0**	*2,76–5,24*	0,62	**3,97**	*2,57–5,37*	0,7		
Arginin	**0,99**	*0,43–1,55*	0,28	**2,34**	*1,10–3,58*	0,62		
Asparaginsäure	—	—	—	0,58	—	—		
Citrullin	—	—	—	0,5	0,38–0,59	—		
Cystin	**0,94**	*0,62–1,26*	0,16	**1,47**	*0,89–2,05*	0,29		
Glutamin	—	—	—	**5,78**	*2,68–8,88*	1,55		
Glutaminsäure	—	—	—	**3,41**	*0,63–6,19*	1,39		
Glycocoll (Glycin)	**2,02**	*1,74–2,30*	0,14	**1,77**	*1,25–2,29*	0,26		
Histidin	**1,24**	*1,04–1,44*	0,20	**1,42**	*1,06–1,78*	0,18		
Isoleucin	**1,10**	*0,76–1,44*	0,17	**1,60**	*0,98–2,22*	0,31		
Leucin	**1,70**	*1,38–2,02*	0,16	**1,91**	*1,23–2,59*	0,34		
Lysin	**1,80**	*1,28–2,32*	0,26	**2,95**	*2,11–3,79*	0,42		
Methionin	**0,52**	*0,32–0,72*	0,10	0,85	0,46–1,48	—		
Phenylalanin	**0,99**	*0,75–1,23*	0,12	**1,38**	*0,74–2,02*	0,32		
Prolin	—	—	—	2,36	—	—		
Threonin	**1,63**	*1,23–2,03*	0,20	**2,02**	*1,12–2,92*	0,45		**Rest-N und Corticotropin- bzw. Cortisol oder Cortisontherapie.** Infolge der antianabolen Wirkung von Corticotropin bzw. Cortisol oder des diesem sehr ähnlich wirkenden Cortisons sind unter der entsprechenden Therapie die Blutspiegel von allen Reststickstoffsubstanzen in der Regel leicht erhöht. Besonders gilt dies für die freien Aminosäuren.
Tryptophan	**0,79**	*0,53–1,05*	0,13	**1,08**	*0,66–1,50*	0,21		
Tyrosin	**1,05**	*0,71–1,39*	0,17	**1,48**	*0,74–2,22*	0,37		
Valin	**2,36**	*1,84–2,88*	0,26	**2,83**	*2,15–3,51*	0,34		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Synopsis des Blutes – Reststickstoffsubstanzen (Fortsetzung)

Normalwerte in **mg/100 ml**, wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Creatin								
(1) Männer und Frauen als 1 Gruppe	4,0	3,0–5,0	—	0,49	0,32–0,72	—	(1) *Vollblut:* Werte nach SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 110. *Serum:* nach ALLINSON, M. J. C., *J. biol. Chem.*, **157**, 169 (1945); (2) nach TIERNEY und PETERS, *J. clin. Invest.*, **22**, 595 (1943); ausführliche Beschreibung der Methode: PETERS, J. H., *J. biol. Chem.*, **146**, 179 (1942).	Vgl. Harnstoff und Rest-N.
(2) Männer	—	—	—	—	0,17–0,50	—		
(2) Frauen	—	—	—	—	0,35–0,93	—		
Creatinin								
(1) Männer und Frauen als 1 Gruppe	1,3	1,2–1,5	—	0,89	0,62–1,02	—	(1) *Vollblut:* Werte nach SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 110. *Serum:* nach ALLINSON, M. J. C., *J. biol. Chem.*, **157**, 169 (1945). (2) Bereich nach CAMARA et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 743 (1951); Mittelwert nach ADDIS et al., *J. clin. Invest.*, **30**, 206 (1951). Über Fehler, verursacht durch Chromogene, bei der Bestimmungsmethode nach JAFFÉ, siehe LAUSON, H. D., *J. appl. Physiol.*, **4**, 227 (1951).	Der Creatininspiegel des Blutes ist relativ konstant und variiert nicht mit der Nahrungsproteineinnahme, außer wenn die Proteine (reichlich) in Form von Fleisch zugeführt werden.
(2) Männer	—	—	—	1,03	0,95–1,29	—		
(2) Frauen	—	—	—	0,79	0,77–0,98	—		
Ammoniak (als N)	0,0795	0,0741–0,0849	0,00268	—	—	—	CALKINS, W. G., *J. Lab. clin. Med.*, **47**, 343 (1956).	Bei Leberleiden erhöht.
Guanidinoessigsäure	—	—	—	0,26	0,24–0,28	—	Werte nach HOBERMAN, H. D., *J. biol. Chem.*, **167**, 721 (1947), und LEVEDAHL und SAMUELS, *J. biol. Chem.*, **176**, 327 (1948).	
Methylguanidin	0,25	0,2–0,3	—	—	—	—	Werte nach PFIFFNER und MYERS, *J. biol. Chem.*, **87**, 345 (1930).	
Purinderivate								
Nucleotide	41	31–52	—	—	—	—	JACKSON, H., *J. biol. Chem.*, **57**, 121 (1923).	
Pyridinnucleotide (als DPN)	**3,6** **7,7**	*2,6–4,6* Erythrocyten: *6,1–9,3*	0,5 0,8	0,07	0,02–0,12	—	LEVITAS et al., *J. biol. Chem.*, **167**, 169 (1947).	DPN = Diphosphopyridinnucleotid, TPN = Triphosphopyridinnucleotid (vgl. S. 425 und 426). Das Verhältnis von DPN : TPN in den Erythrocyten wird auf 8 : 1 geschätzt.
Ribonucleinsäure	—	—	—	4,9	3,9–5,9	—	MANDEL und MÉTAIS, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **142**, 241 (1948).	
Desoxyribonucleinsäure	—	—	—	0,8	0–1,6	—	MANDEL und MÉTAIS, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **142**, 241 (1948).	
Adenosintriphosphat (ATP)								
Männer	46	38–54	—	—	—	—	BUELL, M. V., *J. biol. Chem.*, **108**, 273 (1935).	
Frauen	39	30–48	—	—	—	—		
Adenosin plus Adenylsäure (als Adenosin)	—	—	—	**1,09**	*0,32–1,86*	0,385	GREEN et al., *Clin. Sci.*, **8**, 65 (1949).	
Allantoin	—	—	—	—	0,3–0,6	—	Werte nach ARCHIBALD, R. M., *J. biol. Chem.*, **156**, 121 (1944).	
Harnsäure	2,0	1,0–3,0	—	—	—	—	Serumwerte nach Yü, zitiert nach MCEWEN und ZIFF, *Med. Clin. N. Amer.*, **39**, 765 (1955).	Siehe auch Harnstoff und Rest-N. – Bei Gicht bis zu 18 mg/100 ml erhöht. Über eine neue Bestimmungsmethode siehe BIDMEAD, D. S., *J. clin. Path.*, **4**, 370 (1951).
Männer	—	—	—	**5,3**	*1,9–8,7*	1,7		
Frauen	—	—	—	**4,3**	*2,3–6,3*	1,0		
Cholin								
Total	—	—	—	—	26–35	—	LUECKE und PEARSON, *J. biol. Chem.*, **153**, 259 (1944) (desgleichen freies Cholin im Vollblut). Plasmawerte nach APPLETON et al., *Fed. Proc.*, **10**, 157 (1951).	Beim einzelnen Individuum konstant während langer Perioden. Bei Krankheiten normale Werte, ausgenommen bei Nierenerkrankungen, wo die Werte an der oberen Grenze des Normalbereiches oder darüber liegen. Bei normalem Blutspiegel kein Cholin im Harn. Intravenös appliziertes Cholin wird innerhalb einer Stunde ausgeschieden (APPLETON et al., *Fed. Proc.*, **10**, 157 [1951]).
Freies Cholin	2,5	1,0–4,0	—	—	0,2–2	—		
Acetylcholin								
Gesunde	—	—	—	**0,00128**	*0–0,00368*	0,0012	Werte nach SCUDAMORE et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 860 (1951).	Vgl. Cholinesterase, Blut, S. 534. Das Verhältnis von Acetylcholin zu Cholin an der Erythrocytenoberfläche beträgt 1 : 300 (nach MARQUARDT und HIRSCH, *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **289**, 131 [1952]).
Asthmatiker	—	—	—	**0,00397**	*0,00109–0,00685*	0,00144		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in **mg/100 ml**, wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	*s*	Mittelwert*	Bereich*	*s*		
Histamin	—	—	—	—	0,002–0,008	—	Werte nach CODE, C. F., *Physiol. Rev.*, **32**, 47 (1952), in Übereinstimmung mit ROSE, B., *Recent Progr. Hormone Res.*, **7**, 375 (1952).	Das Histamin ist sehr wahrscheinlich in den segmentkernigen Leucocyten enthalten, worauf der stark erhöhte Bluthistamingehalt bei Leucämien hinweist (VALENTINE und LAWRENCE, *Amer. J. med. Sci.*, **216**, 619 [1948]), *sicher aber nicht in den Eosinophilen* (HERBERT et al., *J. Allergy*, **21**, 12 [1950]). Vgl. ROSE, R., *Recent Progr. Hormone Res.*, **7**, 375 (1952).
Glutathion	35,4	26,9–41,4	—	0	0	—	CAREN und CARNE, *Amer. J. med. Sci.*, **221**, 307 (1951).	Siehe Bemerkungen unter Glucose, S. 530. *Erhöht* bei Diabetes mellitus (durch Insulin nicht beeinflußbar); *erniedrigt* sowohl bei Gesunden wie bei Diabetikern unter Corticotropin- bzw. Cortisol- oder Cortisontherapie.
Ergothionein	9,6	*8,96–10,24*	0,32	0	0	—	FRASER, R. S., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 199 (1951) (94 Untersuchungen, Durchschnittsalter 29½ Jahre).	Signifikant *erniedrigt* allein bei Hypothyreose, *erhöht* bei akuter Appendicitis, Anämien, Koronarsklerose und Kreislaufkrankheiten, Nephrose und Nephritis, Dermatiden, Frakturen, nichttuberkulösen Lungeninfektionen, akuten Infektionen des Nasenrachenraumes, Cholecystitis und Cholelithiasis (FRASER, R. S., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 199 [1951]).
Harn-Indican (3-Indoxylschwefelsäure)	—	—	—	—	0,026–0,085	—	Werte nach TOWNSEND, S. R., *J. Lab. clin. Med.*, **23**, 809 (1938).	Erhöht bei Obstipation und Niereninsuffizienz. Bei Urämien Phenole immer über 2,0 mg/100 ml (GABERMAN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 544 [1951]).
Phenole	—	2–8	—	—	1–2	—	STOUGHTON, R. W., *J. biol. Chem.*, **115**, 293 (1936).	
Bilirubin								
Total (indirekt reagierendes)	—	—	—	**0,5**	*0–1,1*	0,3	Mittels der VAN-DEN-BERGH-Diazoreaktion, HIJMANS VAN DEN BERGH, A. A., *Der Gallenfarbstoff im Blute*, Leipzig (1918). Werte in Übereinstimmung mit DUCCI und WATSON (Literatur siehe nächste Seite).	
Direkt reagierendes	—	—	—	—	max. 0,25	—		

Bemerkungen zu Bilirubin[1] (Literatur siehe S. 530)

Die bis vor kurzem noch allgemein akzeptierten Hypothesen über das Bilirubin bedürfen im Lichte der neuesten Forschung einer Revision. Das im Organismus anfallende Bilirubin ist nicht, wie bisher allgemein angenommen, ein ausschließliches Produkt der Blutmauserung. Es ist – wie radiobiologisch mit isotopenmarkierten Aminosäuren nachgewiesen werden konnte – normalerweise zu etwa 15% ein Produkt der Hämoglobinsynthese, zu etwa 85% ein Produkt des Erythrocytenzerfalls. Unter pathologischen Verhältnissen kann der Anteil des aus der Hämoglobinsynthese anfallenden Bilirubins bis zu 50% erreichen.

Bei der Gelbsucht ist zunächst zwischen *extrahepatischem* und *hepatischem* Icterus zu unterscheiden. Der *extrahepatische Icterus* ist die Folge einer zu großen Bilirubinproduktion *(Produktionsicterus)*, sei es auf Grund einer abnorm vermehrten Hämoglobinsynthese *(synthetischer Produktionsicterus)* oder eines abnorm vermehrten Erythrocytenzerfalls *(hämolytischer Produktionsicterus)*. Der *hepatische Icterus* kann zwei Ursachen haben: eine herabgesetzte Ausscheidungskapazität der Leberzelle *(Retentionsicterus)* oder einen Übertritt der Gallensekretion in die Lymphbahnen *(lymphogener Icterus)*, entweder auf Grund einer Regurgitation aus rupturierten Gallengängen *(Regurgitationsicterus)* oder auf Grund eines noch unbekannten Sekretionsweges *(nichtregurgitiver lymphogener Icterus)*. Letzteres muß zum Beispiel in den Anfangsstadien eines Verschlußicterus der Fall sein, weil bei der schnell sich entwickelnden Gelbsucht der Druck in den Gallengängen zunächst so niedrig ist, daß eine Ruptur der Gallenkapillaren kaum angenommen werden kann.

Es sind infolgedessen zu unterscheiden:

1. Extrahepatischer Icterus
   - Produktionsicterus
     - 1a) hämolytisch
     - 1b) synthetisch

2. Hepatischer Icterus
   - 2a) Retentionsicterus
   - 2b) Lymphogener Icterus
     - Regurgitationsicterus
     - nichtregurgitiv

Beim nichthämolytischen hereditären Icterus dürfte es sich um einen synthetischen Produktionsicterus handeln, beim Icterus neonatorum um eine Kombination von Produktions- und Retentionsicterus. Der Verschlußicterus ist eine Kombination von lymphogenem und Retentionsicterus, wobei die lymphogene Komponente zunächst nichtregurgitiv, später überwiegend regurgitiv ist. Der parenchymatische Icterus ist ebenfalls eine Kombination zwischen Retentions- und lymphogenem Icterus, weil die Leberzellnekrose die Passage zwischen den Gallenkapillaren und den Lymphbahnen öffnet. Bei jedem schnell sich entwickelnden Icterus überwiegt die lymphogene Komponente (Verschlußicterus, Parenchymicterus bei Virushepatitis), während eine schwere Gelbsucht nur dann als reiner Retentions- oder Produktionsicterus beurteilt werden kann, wenn sie sich im Zeitraum von mindestens einer Woche oder mehr allmählich entwickelt. Auf Grund experimenteller Feststellungen kann angenommen werden, daß eine Verminderung der Bilirubinausscheidung auf ein Drittel oder eine dreifache Produktionsvermehrung zu Gelbsucht führen.

Das Bilirubin ist im Blut an ein Albumin gebunden. Es wird von allen Geweben, hauptsächlich vom RES, gebildet. Bei Gelbsucht wandert es nach einer gewissen Dauer in die Gewebe ein und wird dort gebunden (vermutlich an Elastin). Bilirubin wird im Gastrointestinaltrakt nicht absorbiert. Es passiert den Dünndarm unverändert, wird im Dickdarm durch bakterielle Enzyme (Dehydrogenase aus abgestorbenen *Bacilli coli*) unter H-Lieferung durch Cystein oder durch *Clostridium lentoputrescens* zu Tetrahydromesobilan (bisher Stercobilinogen) hydriert. Bei darmsterilisierender Therapie mit Antibiotica kann Bilirubin infolgedessen unverändert in den Fäces erscheinen. Die Nieren-Clearance für Bilirubin ist außerordentlich klein und beträgt etwa 0,1–0,5 ml/min. Der Nierenausscheidungs-Schwellenwert der Bilirubin-Serum-Kon-

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

Bemerkungen zu Bilirubin[1] (Fortsetzung)

zentration zeigt starke individuelle Variationen und ist vermutlich bei entstehender und abflauender Gelbsucht nicht gleich groß; bei hämolytischem Icterus neonatorum ist er höher als bei anderen Icterusformen. Die Harnausscheidung der Urobiline gehorcht anderen Gesetzen als jenen des Bilirubins. Urobilin findet sich im Serum in kleinsten Konzentrationen von maximal 0,5 mg/100 ml. Es wird sowohl im Harn als auch in der Galle leicht ausgeschieden. Über seine Herkunft läßt sich nichts aussagen.

Vor kurzem hat man bewiesen, daß Bilirubin sich mit Glucuronsäure in den Leberzellen kuppelt (möglicherweise auch mit anderen Substanzen) und hauptsächlich als Diglucuronid, in kleinerer Menge als Monoglucuronid, in die Galle abgesondert wird. Dadurch erklärt sich der Unterschied zwischen direkter und indirekter VAN-DEN-BERGH-Reaktion. Eine eingehende Beschreibung über die direkte und indirekte VAN-DEN-BERGH-Reaktion siehe unter Porphyrine, S. 347. Klinisch ist die Unterscheidung zwischen direkt und indirekt reagierendem Bilirubin sowohl differentialdiagnostisch als auch prognostisch bedeutsam. *Die Beurteilung hat dabei vom Totalbilirubinspiegel auszugehen* (= Total des indirekt reagierenden Bilirubins). Als obere Normalgrenze ist 1 mg/100 ml anzusehen. Bei Totalbilirubinspiegeln (indirekt reagierend) in diesem Bereich ist die Bestimmung des *direkt reagierenden Bilirubins* wertvoll in zwei Richtungen: 1. *differentialdiagnostisch:* bei Pegeln unter 0,2–0,25 mg pro 100 ml kann mit extrahepatischem, darüber mit hepatischem (Parenchym- oder Verschluß-) Icterus gerechnet werden; 2. *prognostisch:* ein Verbleiben des Pegels des direkt reagierenden Bilirubins über der erwähnten Normalgrenze zeigt ein Persistieren der Aktivität des Leberprozesses an, selbst dann, wenn der Gehalt des indirekt reagierenden Totalbilirubins sich normalisiert hat, während ein Rückgang des direkt reagierenden Bilirubins auf die Norm auch bei noch erhöhtem Totalbilirubinspiegel stark für Rückbildung des Leberprozesses spricht. Diese Überlegungen gelten, wie schon erwähnt, nur bei Totalbilirubinspiegeln knapp über dem Normalbereich; *bei stark erhöhten Totalbilirubinkonzentrationen kommt der Bestimmung des direkt reagierenden Bilirubins keine Bedeutung zu. Die Bestimmung stark erhöhter Spiegel des indirekt reagierenden Totalbilirubins ist aber insofern von Interesse, als Konzentrationen von über 30 mg/100 ml mit höchster Wahrscheinlichkeit für einen parenchymatischen Icterus sprechen und einen Verschlußicterus ausschließen lassen.*

1) BAUMGÄRTEL, T., *Arch. inn. Med.*, **1**, 40 (1949); BAUMGÄRTEL, T., *Physiologie und Pathologie des Bilirubinstoffwechsels als Grundlagen der Ikterusforschung*, Stuttgart (1950); DUCCI, H., in: SHERLOCK, S., *Liver Disease*, London (1951), S. 218 (Diskussion); EDLUND, Y., *Acta chir. scand.*, **96**, suppl. 136 (1948); GRAY et al., *Biochem. J.*, **45**, Proc. XVI (1949); JIMÉNEZ-DÍAZ et al., *Bull. Inst. med. Res. (Madr.)*, **1**, 111 (1948); KLATSKIN und BUNGARDS, *J. clin. Invest.*, **35**, 537 (1956); POPPER, H., in: SHERLOCK, S., *Liver Disease*, London (1951), S. 219 (Diskussion); SBOROV et al., *J. Lab. clin. Med.*, **34**, 1743 (1949); SBOROV et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 52 (1951); SCHAFFNER et al., *Amer. J. med. Sci.*, **219**, 307 (1950); WATSON, C. J., in: SHERLOCK, S., *Liver Disease*, London (1951), S. 219 (Diskussion); WITH, T. K., *Acta med. scand.*, **128**, 25 (1947); WITH, T. K., *New Engl. J. Med.*, **238**, 415 (1948); WITH, T. K., *Acta med. scand.*, **136**, Suppl. 234, 331 (1949); WITH, T. K., in: SHERLOCK, S., *Liver Disease*, London (1951), S. 202.

Kohlenhydrate und verwandte Verbindungen	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	*s*	Mittelwert*	Bereich*	*s*		
Glucose								
a) Erwachsene, nüchtern							MILLER und VAN SLYKE, *J. biol. Chem.*, **114**, 583 (1936); SOMOGYI, M., *J. biol. Chem.*, **174**, 189, 597 (1948).	Das an die Blutkörperchen gebundene Glutathion ist – neben der Glucose – die wichtigste reduzierende Substanz im Blut. – Zur Bestimmung des Glucosegehaltes im *venösen Blut* soll für die Venenpunktion nicht gestaut werden, weil dadurch die Ergebnisse verfälscht werden können (CHESROW und BLEYER, *Geriatrics*, **9**, 276 [1954]). – Der Blutzuckergehalt ist bei Diabetes erhöht; er ist vermindert bei Hyperinsulismus, ADDISONscher Krankheit, Glycogenspeicherkrankheit. – Bei alten Leuten liegt der Blutzuckerspiegel etwas höher.
Venöses Blut	**83**	*75–91*	4	97	61–130	—		
Kapillarblut	**92**	*86–98*	3	—	Maximum 180	—		
b) Neugeborene (1–12 Stunden alt)	—	—	—	—	30–75	—	CREERY und PARKINSON, *Arch. Dis. Childh.*, **28**, 134 (1953).	Der Blutzuckerspiegel sinkt während der ersten Lebensstunden, steigt dann aber langsam während wenigstens 10 Tagen wieder an. Siehe darüber FARQUHAR, J. W., *Arch. Dis. Childh.*, **29**, 519 (1954).
Glycogen	5,5	1,2–16,2	—	0	0	—	WAGNER, R., *Arch. Biochem.*, **11**, 249 (1946).	
Kohlenhydrate in Form von Glycoproteinen								
Hexosen (Galactose + Mannose)	—	—	—	121	—	—	WINZLER, R. J., *Meth. biochem. Anal.*, **2**, 279 (1955).	Unter pathologischen Verhältnissen ist der Serumspiegel an Glycoproteinen häufig erhöht (zum Beispiel bei Tuberkulose, Krebs, Pneumonie, bakterieller Endocarditis, rheumatischem Fieber). Eine Erniedrigung ist selten (zum Beispiel bei Lipoidnephrosis). Übersicht siehe WINZLER, R. J., loc. cit.
Hexosamin (Glucosamin + Galactosamin)	—	—	—	83,4	—	—		
Fucose	—	—	—	8,9	—	—		
Sialsäure	—	—	—	60	—	—		
Pentosen								
Total	—	—	—	**2,55**	*1,81–3,29*	0,37	GREEN et al., *Clin. Sci.*, **8**, 65 (1949); STONER und GREEN, *J. Path. Bact.*, **61**, 114 (1949); GREEN et al., *J. Path. Bact.*, **61**, 101 (1949).	Im ersten Wert (Total) sind die freien Pentosen, die Nucleotid- und Nucleosidpentosen inbegriffen; der zweite Wert (phosphorylierte Pentosen) gilt für die Nucleotidpentosen allein.
Phosphoryliert	—	—	—	**2,19**	*1,59–2,79*	0,30		
Hexuronate (als Glucuronsäure)	6,7	4,1–9,3	—	—	0,4–1,4	—	*Vollblut:* RATISH und BULLOWA, *Arch. Biochem.*, **2**, 381 (1943), zitiert in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 89. *Serum:* DEICHMANN und DIERKER, *J. biol. Chem.*, **163**, 753 (1946).	Gilt für Substanzen, die mit Naphthoresorcin eine Farbreaktion ergeben.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

Lipide**	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Total der «ätherlöslichen Stoffe»	559	397–722	—	530	385–675	—	Bestimmungsmethode siehe SPERRY und BRAND, *J. biol. Chem.*, **213**, 69 (1955).	Bei der Geburt ist der Totalfett- und Lipoidgehalt des Blutes gering. Ein plötzlicher Anstieg setzt 3–4 Tage nach der Geburt ein, und nach etwa 20 Tagen ist der Normalspiegel der Erwachsenen erreicht. Der Fettgehalt des Blutes ist sehr schwankend; nach einer fettreichen Mahlzeit kann er bis 2000 mg/100 ml betragen.
Fette								
Neutralfette	134	85–237	—	—	0–150	—	*Vollblut:* BOYD, E. M., *J. clin. Invest.*, **13**, 347 (1934). *Serum:* BOYD, E. M., *J. biol. Chem.*, **143**, 131 (1942); THANNHAUSER, S. J., *New Engl. J. Med.*, **237**, 515, 546 (1947).	
Fettsäuren, total	—	290–420	—	**383**	*243–523*	70	Serumwerte nach BILLING et al., *J. Lab. clin. Med.*, **45**, 363 (1955).	Die Fettsäuren liegen fast ausschließlich in veresterter Form als Glyceride, Phospholipide und Cholesterinester in der Form von Lipoproteinkomplexen vor. Unter den gesättigten Fettsäuren hat die Palmitinsäure den größten prozentualen Anteil, unter den ungesättigten die Ölsäure. Der Gehalt an Linolen- und Arachidonsäure (Vitamin F) beträgt 5% bzw. 3% der Totalfettsäuren. – Man hat im Plasma von Gesunden geringe Mengen unveresterter («freier») Fettsäuren nachgewiesen. Siehe GORDON und CHERKES, *J. clin. Invest.*, **35**, 206 (1956).
Männer	—	—	—	**438**	*286–590*	76		
Frauen	—	—	—	**331**	*203–459*	64		
Flüchtige Fettsäuren	1,8	—	—	—	—	—		
Steroide							**Bemerkungen zu den Steroiden**	
Totalsteroide	—	—	—	170	120–230	—	Zu den wichtigsten Steroidfraktionen gehören: das Cholesterin, die Steroidhormone, die Gallensäuren und weitere, zum Teil noch unbekannte Stoffe. Die nebenstehenden Steroidfraktionen (nach MONASTERIO und BERTI, *Klin. Wschr.*, **30**, 111 [1952]) sind durch ihre chemischen Eigenschaften einwandfrei definiert. Totalsteroide: mit Digitonin fällbare + mit Digitonin nicht fällbare Steroide. LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide: Steroide, die allgemein als Cholesterin bezeichnet werden. Mit Digitonin fällbare, LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide: gewöhnlich als freies Cholesterin bezeichnet. Nicht mit Digitonin fällbare, LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide: entspricht annähernd der veresterten Cholesterinfraktion. Mit Digitonin fällbare, nicht-LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide: keinesfalls Cholesterin. *Mikromethode* zur Bestimmung des Total-, freien und veresterten Cholesterins: siehe SCHOENHEIMER und SPERRY, *J. biol. Chem.*, **106**, 745 (1934). *Einfache Bestimmungsmethode* für Totalcholesterin: ABELL et al., *J. biol. Chem.*, **195**, 357 (1952). *Werte:* Totalcholesterin im Vollblut: nach BRUN, G. C., *Acta med. scand.*, Suppl. 99 (1939); Totalcholesterin im Serum: nach TUCKER und KEYS, *J. clin. Invest.*, **30**, 869 (1951); alle übrigen Werte nach THANNHAUSER, S. J., *New Engl. J. Med.*, **237**, 515, 546 (1947). Weitere, nach Altersgruppen und Geschlecht geordnete Werte geben ADLERSBERG et al., *J. Amer. med. Ass.*, **162**, 619 (1956). Cholesterin-Phosphatid-Verhältnis siehe unter Phosphatide, S. 532 – Relation Cholesterin–Grundumsatz–proteingebundenes Jod siehe unter Jod, S. 541.
Mit Digitonin fällbare Steroide	—	—	—	131	100–180	—		
Mit Digitonin fällbare, LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide	—	—	—	112	80–160	—		
Mit Digitonin fällbare, nicht-LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide	—	—	—	20	0–40	—		
Nicht mit Digitonin fällbare, aber LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide	—	—	—	40	0–80	—		
LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide, total	—	—	—	130	80–190	—		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

** Lipide = alle alkohol- und ätherlöslichen Substanzen = Fette + Lipoide + Lipochrome + weitere fettlösliche Substanzen.
Lipoide = Cholesterin + weitere Steroide + Phosphatide (Phospholipide).
Fette = Glycerinester höherer Fettsäuren.

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Steroide (Fortsetzung)								
Cholesterin								
Total, 18–56 Jahre	—	129–228	—	**237,8**	*128,2–347,4*	54,8	**Totalcholesterin:** *Physiologische Variationen:* Junge Leute haben einen bedeutend niedrigeren Totalcholesterinspiegel als ältere, Frauen einen wesentlich höheren als Männer (Hobson et al., *Lancet*, **2**, 961 [1953]). Während der Schwangerschaft ist der Cholesteringehalt des Serums proportional zum erhöhten Totallipidgehalt ebenfalls erhöht. Vom diätetischen Standpunkt aus interessiert die Feststellung von Mayer et al., *Amer. J. clin. Nutr.*, **2**, 316 (1954), wonach der Cholesteringehalt des Blutes von der Cholesterinzufuhr unabhängig ist, aber von den in der Nahrung enthaltenen tierischen oder pflanzlichen Fetten beeinflußt wird. Bei fettreicher Ernährung (40% der Gesamtkalorien in Form von Fetten) ist der mittlere Cholesteringehalt des Blutes um 25–50% höher als bei fettarmer Ernährung (maximal 20% der Gesamtkalorien in Form von Fetten). So sind zum Beispiel in Neapel die mittleren Blut-Cholesterinspiegel um *40–60 mg* pro *100 ml* niedriger als in Minnesota. Siehe darüber Keys et al., *Clin. Chem.*, **1**, 34 (1955). *Pathologische Erhöhungen:* bei Xanthomatose, Verschlußicterus, Diabetes, Lipämie: unternormaler Gehalt ist diagnostisch bedeutungslos. – Das Cholesterin ist im Blut zu 75% an Lipoproteine gebunden (vgl. Plasmaproteine, S. 525).	
Total, 18–25 Jahre	—	—	—	**188,6**	*116,0–261,2*	36,3		
Total, 45–56 Jahre	—	—	—	**261,3**	*169,9–352,7*	45,7		
Freies Cholesterin	—	—	—	—	40–70	—		
Verestertes Cholesterin (in Prozent des Totalcholesterins)	—	—	—	—	70–75	—	**Verestertes Cholesterin:** Vermindert bei schwerer Leberschädigung; prognostisch sehr bedeutsam bei chirurgischen Eingriffen.	
Cholsäure	—	—	—	0	—	—		
Desoxycholsäure								
Männer	—	—	—	35	25–45	—	Kier, L. C., *J. Lab. clin. Med.*, **40**, 762 (1952).	Der Desoxycholsäuregehalt des Plasmas ist bei Lebercirrhose vermindert, bei Obstruktion der Gallengänge erhöht.
Frauen	—	—	—	42	32–52	—		
Gallensalze (als Natriumglycocholat)	—	—	—	—	7–12	—	Shattuck et al., *Amer. J. med. Sci.*, **175**, 103 (1928).	Nach den zitierten Autoren liegt der Schwellenwert für die renale Ausscheidung der Gallensalze bei etwa 20 mg/100 ml Serum, was zur Erklärung des Fehlens dieser Salze im Harn bei zahlreichen chronischen Lebererkrankungen beiträgt.
Phosphatide (Phospholipide) (siehe auch unter Phosphor, S. 537)								
Total	—	—	—	200	150–250	—	Thannhauser, S. J., *New Engl. J. Med.*, **237**, 515, 546 (1947); Taurog et al., *J. biol. Chem.*, **156**, 385 (1944).	Phosphatide = Lecithin + Cephalin + Sphingomyelin.
Lecithin	—	—	—	107	50–200	—	Thannhauser et al., *J. biol. Chem.*, **129**, 709 (1939); Kirk, E., *J. biol. Chem.*, **123**, 637 (1938); Hack, M. H., *J. biol. Chem.*, **169**, 137 (1947).	Das Verhältnis von Phosphatid-P zum freien Cholesterin beträgt nach Albrink et al., *J. clin. Invest.*, **29**, 781 (1950): (Phosphatid-P minus 3,7)/freies Cholesterin = 0,106, wobei die Konzentrationen in mg/100 ml ausgedrückt sind. Bei Schwangeren ist der Bereich dieses Quotienten 0,067–0,182, bei einem Mittel von 0,113.
Cephalin	65	31–118	—	—	0–36	—		
Sphingomyelin	—	—	—	—	8–47	—		
Acetalphosphatide (Plasmalogene)	—	—	—	**3,89**	*1,93–5,85*	0,98	Nach Voit und Seckfort, *Klin. Wschr.*, **33**, 225 (1955).	
Vitamine Siehe S. 416–441								
Hormone Siehe S. 442–468								
Alkohol								
(Äthylalkohol)	+	immer abnorm	—	—	—	—	*Wirkung des Alkohols:* Die Giftwirkung ist je nach der Person sehr unterschiedlich. Harger, R. N., *J. crim. Law Criminol.*, **35**, 202 (1944), gibt folgende Zahlen (in g/100 ml Blut; 0,1 g/100 g = 1‰): 0–0,05: nicht betrunken; 0,05–0,15: Konzentration erschwert; 0,15–0,5: betrunken; über 0,5: Todesgefahr; über 0,55: tödlicher Ausgang.	

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2\,s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

Intermediäre Stoffwechselprodukte	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Ketonkörper	—	—	—	—	—	—		Der Gehalt der Erythrocyten an Ketonkörpern ist niedrig; die Ketonkörperkonzentration im Vollblut ist deshalb um rund 20% kleiner als jene des Plasmas. – *Stark vermehrt:* Ketosis; bei Diabetes, Hunger. Die Ketonkörper bestehen zu etwa 80% aus β-Hydroxybuttersäure und zu rund 20% aus Acetessigsäure. Aceton ist nur in Spuren vorhanden.
(Nicht-nüchtern-Blut)								
Total (als β-Hydroxybuttersäure)	0,5	—	—	—	0,3–0,9	—	Weichselbaum und Somogyi, *J. biol. Chem.*, **140**, 5 (1941).	
Acetessigsäure	—	—	—	—	0,08–0,28	—	Rosenthal, S. M., *J. biol. Chem.*, **179**, 1235 (1949).	
Total-α-Ketosäuren								
Erwachsene	1,3	0 –3,1	—	—	0,6–2,1	—	*Vollblut* (Erwachsene): Friedemann und Haugen, *J. biol. Chem.*, **147**, 415 (1943); *Vollblut* (Neugeborene): Allibone und Finch, *Arch. Dis. Childh.*, **21**, 165 (1946). *Serum:* Westerkamp, H., *Biochem. Z.*, **263**, 239 (1933).	
Neugeborene	0,8	0,6–1,0	—	—	—	—		
α-Ketoglutarsäure	0,13	0,05–0,27	—	0,8	—	—	*Vollblut:* Biserte und Dassonville, *Clin. chim. Acta*, **1**, 49 (1956). *Serum:* Krebs, H. A., *Biochem. J.*, **32**, 108 (1938).	Siehe Brenztraubensäure.
Brenztraubensäure	**0,76**	*0,414–1,106*	0,173	**1,1**	*0,5–1,7*	0,3	*Vollblut:* Klein, D., *J. biol. Chem.*, **145**, 35 (1942). *Serum:* Kirk und Chieffi, *J. Nutr.*, **38**, 353 (1949) (249 Untersuchungen). Bonting, S. L., *Arch. Biochem.*, **58**, 100 (1955), beschreibt eine kolorimetrische Bestimmungsmethode, mit der sich Mengen von einem Mikrogramm Brenztraubensäure erfassen lassen. Über die verschiedenen Bestimmungsmethoden siehe Biserte und Dassonville, *Clin. chim. Acta*, **1**, 49 (1956).	Weitere Ketosäuren, wie α-Ketoisovalerian-, α-Ketoisocapron- und α-Keto-β-methylvaleriansäure, konnten im Blut nachgewiesen werden, so daß die angegebenen Werte für Brenztraubensäure und α-Ketoglutarsäure etwas zu hoch sein dürften. Vgl. dazu: Kaeser et al., *Rev. franç. Et. clin. biol.*, **4**, 138 (1959). – Der Brenztraubensäurespiegel im Blut ändert sich nicht mit dem Alter. Die Brenztraubensäurewerte (sowie die aller α-Ketosäuren und der Milchsäure) sind *erhöht* bei Vitamin-B_1-Mangel (vgl. S. 422), nach Muskelarbeit, starker psychischer Erregung, bei Alkalosis, Dyspnoe, kardiovaskulären Störungen, Thyreotoxikose. Über eine Bestimmung des Vitamin-B_1-Mangels vgl. Horwitt und Kreisler, *J. Nutr.*, **37**, 411 (1949).
Milchsäure	**9,9**	*4,7–15,1*	2,6	**11,5**	*6,1–16,9*	2,7	Nach Gibbs et al., *J. biol. Chem.*, **144**, 325 (1942).	Siehe Brenztraubensäure.
Citronensäure								
Erwachsene	1,9	1,3–2,3	—	2,4	1,6–3,2	—	*Vollblut:* Wolcott und Boyer, *J. biol. Chem.*, **172**, 729 (1948); *Serum:* Natelson et al., *J. clin. Invest.*, **27**, 446 (1948).	
Kinder	—	—	—	2,8	1,8–3,8	—		
Neugeborene	—	—	—	—	3–6	—		
Äpfelsäure	0,46	0,24–0,75	—	0,5	0,1–0,9	—	Hummel, J. P., *J. biol. Chem.*, **180**, 1225 (1949).	
Bernsteinsäure	—	—	—	0,5	—	—	Krebs, H. A., *Ann. Rev. Biochem.*, **19**, 417 (1950).	
Fumarsäure	< 0,3	—	—	—	—	—	Marshall et al., *J. biol. Chem.*, **179**, 1127 (1949).	
Phenole siehe S. 529								

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Synopsis des Blutes – Enzyme, Proenzyme, Coenzyme

Normalwerte (die verwendete Einheit ist jedesmal besonders angegeben)

Enzyme, Proenzyme, Coenzyme	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Adenosinpolyphosphatase								
Sauer	—	—	—	41	21–61	—	MEISTER, A., *Science*, **106**, 167 (1947); *J. clin. Invest.*, **27**, 263 (1948).	Ausgedrückt in Mikromol Phosphor pro Stunde und 100 ml Serum, bei pH 4,8 (sauer), pH 8,9 (alkalisch) und 37° C.
Alkalisch	—	—	—	30	10–50	—		
Aldolase	—	—	—	490	350–800	—	Methode nach SIBLEY und LEHNINGER, *J. biol. Chem.*, **177**, 859 (1949); Werte nach SIBLEY und LEHNINGER, *J. nat. Cancer Inst.*, **9**, 303 (1949).	Ausgedrückt in Mikrogramm Fructosediphosphat pro Stunde und 100 ml Serum, bei pH 8,6 und 38° C.
Amylase (ausgedrückt in Milligramm Glucose pro 100 ml Serum oder Plasma; man bestimmt den Glucosegehalt des Serums, vermischt dieses mit Stärke und bestimmt nach 15 oder 30 min Inkubation den Glucosegehalt nochmals. Die Differenz [2. Bestimmung minus 1. Bestimmung] ergibt den Amylasegehalt, ausgedrückt in der Menge der aus Stärke gebildeten Glucose)	—	—	—	—	40–145 (Inkubation 15 min)	—	LEWISON, E. F., *Surg. Gynec. Obstet.*, **72**, 202 (1941); ANDERSCH, M. A., *J. biol. Chem.*, **166**, 705 (1946). – Bestimmungsmethoden siehe STREET und CLOSE, *Clin. chim. Acta*, **1**, 256 (1956).	Erhöht bei Pancreasaffektionen (bei intakter Nierenfunktion, das heißt, wenn die Amylaseausscheidung im Harn ebenfalls erhöht ist) oder bei schwerer Niereninsuffizienz (Pancreasfunktion normal, Nierenausscheidung verringert) sowie, nach WALLMAN und VIDOR, *Lancet*, **1**, 1105 (1955), bei Mumps-Meningoencephalitis. – *Differentialdiagnostisch* wichtig: *Opiate* (zum Beispiel Codeinsulfat) vermögen den Amylase- (und Lipase-) Gehalt des Serums während 24 Stunden nach der Verabreichung *stark zu steigern* (GROSS et al., *Proc. Mayo Clin.*, **26**, 81 [1951]).
	—	—	—	—	95–250 (Inkubation 30 min)	—		
Arginase	2000	800–3400	—	—	—	—	KOCHAKIAN et al., *Conference on Metabolic Aspects of Convalescence, Transactions of the Seventeenth Meeting*, New York (1948), S. 187; KOCHAKIAN, C.D., *J. biol. Chem.*, **155**, 579 (1944).	Ausgedrückt in den von KOCHAKIAN beschriebenen Einheiten. – Der Arginasegehalt ist bei Unterernährung erniedrigt.
Cadaverinase								
Männer	—	—	—	0,48	0–1,1	—	KAPELLER-ADLER und RENWICK, *Clin. chim. Acta*, **1**, 197 (1956).	Ausgedrückt in «Permanganat-Einheiten» (siehe Originalpublikation). – Bei Schwangeren erhöht.
Frauen	—	—	—	0,65	0,1–1,5	—		
Cholinesterase (ausgedrückt in ΔpH/Stunde = Sinken von pH-Einheiten pro Stunde und 100 ml untersuchte Flüssigkeit)		Erythrocyten:					Elektrometrische Methode nach GLICK, D., *Biochem. J.*, **31**, 521 (1937); SANZ, M., *Helv. physiol. pharmacol. Acta*, **2**, C29 (1944); RADOUCO und FROMMEL, *Helv. physiol. pharmacol. Acta*, **10**, C39 (1952).	Werte nach SCUDAMORE et al., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 860 (1951). – Vgl. Acetylcholin, S. 528. – Die Serumcholinesterase wird häufig als *Pseudocholinesterase* bezeichnet.
Gesunde	**0,67**	*0,47–0,87*	0,10	**0,94**	*0,56–1,32*	0,19		
Asthmatiker	**0,68**	*0,24–1,12*	0,22	**0,96**	*0,76–1,16*	0,10		
Cocarboxylase (Thiaminpyrophosphat)							Siehe auch unter Vitamin B_1. Ausgedrückt in µg/100 ml. – *Methoden:* (1) *Manometrisch;* Werte errechnet nach RÄIHÄ und FORSANDER, *Acta paediat. (Uppsala)*, **42**, 514 (1953). (2) *Mikrobiologisch:* Werte nach BEERSTECHER und SPANGLER, in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 116. (3) Werte nach SMITS und FLORIJN, *Biochim. biophys. Acta*, **3**, 44 (1949). – Der Cocarboxylasegehalt der Blutkörperchen ist bei Männern wesentlich höher als bei Frauen. – Vgl. S. 421.	
(1) Kinder: 0– 3 Jahre	**12,6**	*5,5–19,7*	3,55	—	—	—		
3–11 Jahre	**10,5**	*5,32–15,68*	2,59	—	—	—		
(1) Jugendliche: 11–25 Jahre	**9,7**	*6,32–13,08*	1,69	—	—	—		
(2) Männer	8,9	—	—	—	—	—		
(2) Frauen	7,6	—	—	—	—	—		
		Erythrocyten:						
(2) Männer	10,0	7–14	—	—	—	—		
(2) Frauen	6,5	5–8	—	—	—	—		
		in 10^{11} Erythrocyten:						
(3) als freies Thiamin: Männer	**1,5**	*1,34–1,66*	0,08	—	—	—		
Frauen	**1,3**	*1,12–1,48*	0,09	—	—	—		
		in 10^{11} Leucocyten:						
(3) als freies Thiamin: Männer	**290**	*184–396*	53	—	—	—		
Frauen	**270**	*202–338*	34	—	—	—		
Coenzym A (als gebundene Pantothensäure)	—	Erythrocyten: 0,210–0,280	—	—	—	—	KAPLAN und LIPMANN, *J. biol. Chem.*, **174**, 37 (1948).	Ausgedrückt in mg/100 ml.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte (die verwendete Einheit ist jedesmal besonders angegeben)

	Vollblut			Plasma oder Serum				
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Coeruloplasmin	—	—	—	**3,60**	*2,14–5,06*	0,73	BEARN und KUNKEL, *J. clin. Invest.*, **33**, 400 (1954).	Ausgedrückt in Mikromol des pro Milliliter Serum und pro Stunde gebrauchten Sauerstoffs. – Das Coeruloplasmin ist ein α_2-Globulin, das etwa 0,32% Kupfer enthält; sein Molekulargewicht beträgt annähernd 151 000, sein Molekül enthält 8 Atome Kupfer. Es hat die Eigenschaften einer Oxydase. – Bei WILSONscher Krankheit ist der Coeruloplasmingehalt im Serum erniedrigt; während der Schwangerschaft und bei chronischen Infektionen ist er erhöht (MARKOWITZ et al., *J. clin. Invest.*, **34**, 1498 [1955]).
Dehydropeptidase	—	—	—	359	191–527	—	MEISTER und GREENSTEIN, *J. nat. Cancer Inst.*, **8**, 169 (1948).	Ausgedrückt in Mikromol NH_3 pro 30 min und 100 ml Serum; Substrat: *dl*-Alanyldehydroalanin; pH 8,1; 37° C.
Desoxyribonuclease I ... (Depolymerase)	—	—	—	**0,46**	*0,34–0,58*	0,06	KOWLESSAR und MCEVOY, *J. clin. Invest.*, **35**, 1325 (1956).	Ausgedrückt in Mikrogramm Phosphordesoxypentose pro Milliliter Serum und 1 Stunde Inkubation. – Vermehrt bei akuter hämorrhagischer Pancreatitis.
	Erythrocyten:							
Flavinadenindinucleotide (Dinucleotide des Riboflavins)	0,075	—	—	0,010	—	—	KLEIN und KOHN, *J. biol. Chem.*, **136**, 177 (1940).	Ausgedrückt in mg/100 ml untersuchte Flüssigkeit. – Siehe S. 422 und 423.
β-Glucuronidase								
Männer	—	—	—	—	0–181	—	FISHMAN et al., *J. biol. Chem.*, **173**, 449 (1948).	Ausgedrückt in Mikrogramm Phenolphthalein pro Stunde und 100 ml Serum; Substrat: Phenolphthaleinglucuronid; pH 4,5; 38° C.
Frauen	—	—	—	—	37–230	—		
Glutaminsäure-Oxalessigsäuretransaminase (Aminopherase)	—	—	—	**22,1**	*8,5–35,7*	6,8	MOLANDER et al., *J. Lab. clin. Med.*, **46**, 831 (1955). – Bestimmungsmethode siehe auch STEINBERG et al., *J. Lab. clin. Med.*, **48**, 144 (1956).	Ausgedrückt in den von den Autoren beschriebenen Einheiten. – Bei Herzinfarkt in der Regel erhöht (Maximum 24 Stunden nach pathognomonischem Schmerz), nicht aber bei anginösem Syndrom; ebenfalls erhöht bei nekrotischen Leberschädigungen und in den meisten Fällen von Icterus (CHINSKY et al., *J. Lab. clin. Med.*, **47**, 108 [1956]).
Glyoxalase	611,6	425–705	—	—	—	—	COHEN und SOBER, *Cancer Res.*, **5**, 631 (1945).	Ausgedrückt in Milliliter CO_2 pro 20 min und 100 ml Vollblut; Substrat: Methylglyoxal; pH 7,2; 26° C; in Anwesenheit von Glutathion.
	Erythrocyten:							
	1398	1320–1500	—	—	—	—		
Histaminase	36	30–40	—	18	0–36	—	WERLE und EFFKEMANN, *Klin. Wschr.*, **19**, 717 (1940).	Ausgedrückt in Mikrogramm abgebauten Histamins pro 90 min und 100 ml untersuchter Flüssigkeit, bei 37° C. – Bei Schwangeren erhöht.
Katalase								
Männer	**19,73**	*12,29–27,17*	3,72	**13,90**	*9,74–18,06*	2,08	Errechnet nach den Angaben von YAMAGATA et al., *Tohoku J. exp. Med.*, **57**, 85 (1952).	Ausgedrückt in den von den Autoren beschriebenen Einheiten.
Frauen	**15,94**	*10,26–21,62*	2,84	**14,30**	*9,96–18,64*	2,17		
Lipase	—	—	—	—	0–150	—	COMFORT und OSTERBERG, *Med. Clin. N. Amer.*, **24**, 1137 (1940).	Ausgedrückt in Milliliter 0,05 n-NaOH pro 24 Stunden und 100 ml Serum; Substrat: Olivenölemulsion. – Der Serumlipasespiegel verhält sich wie der Serumamylasespiegel. Siehe S. 534.
Lysozym	**5,64**	*1,54–9,74*	2,05	—	—	—	FOGELSON et al., *Amer. J. Digest. Dis.*, **21**, 327 (1954).	Ausgedrückt in Mikrogramm kristallisierten Lysozyms (aus Eiweiß) pro Milliliter Vollblut.
Milchsäuredehydrogenase	—	—	—	**181**	*91–271*	45	ZIMMERMAN und WEINSTEIN, *J. Lab. clin. Med.*, **48**, 607 (1956).	Ausgedrückt in Mikromol reduzierten Diphosphopyridinnucleotids ($DPNH_2$) pro 100 ml Serum pro 30 min bei 37° C und pH 10 in einem Substrat, das Milchsäure und DPN enthält. – Erhöht bei Herzinfarkt und PFEIFFERschem Drüsenfieber (infektiöse Mononucleose).

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte (die verwendete Einheit ist jedesmal besonders angegeben)

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Pepsinogen								
Männer: 0– 9 Jahre	—	—	—	**391**	*338,8–443,2*	26,1	Errechnet nach den Angaben von MIRSKY et al., *J. Lab. clin. Med.*, **40**, 188 (1952).	Ausgedrückt in Mikrogramm freigesetzten «Tyrosins» pro Milliliter Plasma bei pH 1,5. – Der Plasmapepsinogengehalt weist keine wesentlichen Schwankungen auf, weder im Verlaufe von 24 Stunden noch von einem Tag zum andern. Er ist in der Regel erhöht bei Kranken mit *Duodenal*geschwür (in 60% der Fälle nach HIRSCHOWITZ, B. I., *J. Lab. clin. Med.*, **46**, 568 [1955]; der gleiche Autor berichtet, daß bei 13 von 15 Kranken mit einem *Magen*geschwür der Pepsinogengehalt des Blutes normal war); vermindert bei perniziöser Anämie.
10–19 Jahre	—	—	—	**521**	*441,2–600,8*	39,9		
20–59 Jahre	—	—	—	**636**	*540,2–731,8*	47,9		
60–89 Jahre	—	—	—	**703**	*592,4–813,6*	55,3		
Frauen: 0– 9 Jahre	—	—	—	**449**	*396,8–501,2*	26,1		
10–19 Jahre	—	—	—	**471**	*425,8–516,2*	22,6		
20–59 Jahre	—	—	—	**601**	*537,0–665,0*	32,0		
60–89 Jahre	—	—	—	**636**	*516,4–755,6*	59,8		
Phenolsulfatase	—	—	—	—	30–1550	—	HUGGINS und SMITH, *J. biol. Chem.*, **170**, 391 (1947).	Ausgedrückt in den von den Autoren beschriebenen Einheiten.
Phosphatase								
Sauer: «Total»	—	—	—	—	0,5–5,0 KING-ARMSTRONG-Einheiten pro 100 ml Serum	—	FISHMAN et al., *J. clin. Invest.*, **32**, 1034 (1953).	Die Phosphataseaktivität wird in der Regel in BODANSKY- oder in KING-ARMSTRONG-Einheiten ausgedrückt. BODANSKY-Einheit: benötigte Phosphatasemenge, um 1 mg Phosphor nach einstündiger Inkubation bei 37° C in einem Substrat von Natrium-β-glycerophosphat als Phosphation freizusetzen (pH etwa 5 für saure Phosphatase, pH etwa 10 für alkalische Phosphatase). KING-ARMSTRONG-Einheit: benötigte Phosphatasemenge, um 1 mg Phenol nach 15 min Inkubation bei 37° C in einem Substrat von Dinatriumphenylphosphat freizusetzen (pH etwa 5 für saure Phosphatase, pH 9,8 für alkalische Phosphatase). – Eine BODANSKY-Einheit entspricht etwa 2,5 KING-ARMSTRONG-Einheiten (KING, E. J., *Brit. Med. Bull.*, **9**, 160 [1953]; nähere Einzelheiten finden sich in der zitierten Originalarbeit sowie bei COLOWICK und KAPLAN, *Methods in Enzymology*, Bd. 2, New York [1955], S. 523–561, und JONES, J. H., in: GYÖRGY, P., *Vitamin Methods*, Bd. 2, New York [1951], S. 379 ff.).
«Prostatisch»	—	—	—	—	0–0,5 KING-ARMSTRONG-Einheiten pro 100 ml Serum	—		
Alkalisch: Kinder	—	—	—	7,8	3–13	—	KING, E. J., *Brit. Med. Bull.*, **9**, 160 (1953).	
Erwachsene	—	—	—	17	11–20	—		
				KING-ARMSTRONG-Einheiten pro 100 ml Plasma				*Die alkalische Phosphatase* findet sich in größter Konzentration in der Prostata, im Knochenmark, in den Nieren, der Leber, der Intestinalschleimhaut und den Erythrocyten. Die alkalische Phosphatase im Serum ist erhöht bei aktiven Knochenerkrankungen, bei Rachitis oder Verschlußicterus; sie ist erniedrigt bei Hypophosphatasie. *Die saure Phosphatase* ist in der Regel bei Prostatakarzinom-Knochenmetastasen erhöht; nach Behandlung mit Östrogenen nimmt sie in wenigen Wochen wieder ab. TUCHMAN et al., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 227 (1956), beschreiben übrigens 8 Fälle von GAUCHERscher Krankheit, bei denen sie erhöht war.
Profibrinolysin	—	—	—	—	50–125	—	GUEST et al., *Amer. J. Physiol.*, **150**, 661 (1947).	Ausgedrückt in Fibrinolysin-Einheiten pro 100 ml Plasma.
Pteroylglutaminsäurekonjugase (Folsäurekonjugase)	—	—	—	—	80–100	—	WOLFF et al., *Science*, **109**, 612 (1949).	Ausgedrückt in Mikrogramm Folsäure, die pro 100 ml Serum in 90 min aus Hefeextrakt bei pH 4,5 und 37° C freigesetzt werden.
Pyridinnucleotide								
Total	3,6	2,6–4,6	—	0,070	0,020–0,120	—	LEVITAS et al., *J. biol. Chem.*, **167**, 169 (1947).	In mg/100 ml. – Das Verhältnis von Diphosphopyridinnucleotiden (DPN) zu Triphosphopyridinnucleotiden (TPN) wird auf 8 : 1 geschätzt.
(Nucleotide der Nicotinsäure)		Erythrocyten:						
als Diphosphopyridinnucleotide (DPN)	7,7	6,1–9,3	—	—	—	—		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Synopsis des Blutes – Anorganische Bestandteile

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

Anorganische Bestandteile	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Phosphor, P								
(1) Total (als P)	—	28–48	—	12,1	10,0–14,1	—	(1) Stearns und Warweg, *J. biol. Chem.*, **102**, 749 (1933). (2) *Vollblut:* Helve, O., *Acta med. scand.*, **125**, 505 (1946); *Serum:* Wertheim et al., *J. clin. Invest.*, **33**, 565 (1954). (3) Bullock, J. K., *Amer. J. Dis. Child.*, **40**, 725 (1930).	Der Gehalt an anorganischem Phosphor im Plasma ist beim Jugendlichen deutlich höher als beim Erwachsenen, gleicht sich aber mit dem Ende der Skelettverknöcherung dem des Erwachsenen an. *Vermindert* bei Rachitis; oft bei Osteomalazie; generalisierter Ostitis fibrosa; bei Hyperparathyreoidismus; durch Insulin. *Vermehrt* bei chronischer Nephritis; Coma diabeticum; nach schweren Knochenbrüchen.
Anorganisch (als P)								
(2) Erwachsene	2,9	2,1–3,8	—	**3,36**	*2,56–4,16*	0,40		
		Erythrocyten:						
	2,4	0,91–3,3	—	—	—	—		
(3) Kinder (1–19 Jahre)	—	—	—	4,8	3,6–5,9	—		
Organischer oder veresterter Phosphor (als P)	23,1	18,6–28,6	—	0,6	0–4	—	*Vollblut* und *Erythrocyten:* Helve, O., *Acta med. scand.*, **125**, 505 (1946). *Serum:* Stearns und Warweg, *J. biol. Chem.*, **102**, 749 (1933).	= säurelösliche Phosphate, ausgenommen anorganische Orthophosphate.
		Erythrocyten:						
	49,7	38,5–58,7	—	—	—	—		
Lipoid-Phosphor (als P)	11,2	8–18	—	8,0	6,1–9,9	—	Stearns und Warweg, *J. biol. Chem.*, **102**, 749 (1933).	= organische, in Äthylalkohol oder Äther lösliche Phosphate. Lipoid-P × 25 = Lecithin Lipoid-P × 23,5 = Phospholipide
Adenosintriphosphat- (ATP-) Phosphor (als P)	8,1	5,1–10,4	—	—	—	—	Kerr und Daoud, *J. biol. Chem.*, **109**, 301 (1935).	Adenosintriphosphat im Blut, siehe S. 528.
Diphosphoglycerat-Phosphor (als P)	12,4	8,1–16,7	—	—	—	—	Helve, O., *Acta med. scand.*, **125**, 505 (1946).	
Nucleotid-Phosphor (als P)	2,8	2,2–3,4	—	—	—	—	Kerr und Daoud, *J. biol. Chem.*, **109**, 301 (1935).	
Hexosephosphat-Phosphor (als P)	3,2	1,4–5,0	—	—	—	—	Helve, O., *Acta med. scand.*, **125**, 505 (1946).	
Schwefel, S								
(ohne Protein-S) Total (als S)	—	3,84–5,06	—	3,38	2,95–3,75	—	Sturm und Pothmann, *Z. klin. Med.*, **137**, 467 (1940).	
Anorganisch (als S)	—	0,28–0,65	—	1,57	1,00–1,85	—	Sturm und Pothmann, *Z. klin. Med.*, **137**, 467 (1940).	Vermehrt bei Niereninsuffizienz. Vgl. anorganische Sulfate, Harn, S. 503.
Verestert (als S)	—	0,07–0,96	—	0,39	0,25–0,65	—	Sturm und Pothmann, *Z. klin. Med.*, **137**, 467 (1940).	= organische Substanzen, aus denen durch saure Hydrolyse Sulfate freigesetzt werden (= Kohlenhydrat- und Phenol-Schwefelsäureester).
Neutralschwefel (als S)	—	3,19–4,32	—	1,42	0,90–1,95	—	Sturm und Pothmann, *Z. klin. Med.*, **137**, 467 (1940).	= Substanzen, die durch Oxydation in Sulfate übergeführt werden (Schwefel enthaltende Aminosäuren, Taurin, Thiosulfate, Thiocyanate, Thiamin).
Chloride (als Cl)**								
In mval/l	—	77,0–90,6	—	—	100,0–107,4	—	*Vollblut:* Gram, H. C., *Amer. J. med. Sci.*, **168**, 511 (1924). *Serum:* Snyder und Katzenelbogen, *J. biol. Chem.*, **143**, 223 (1942); in Übereinstimmung mit Hald et al., *J. clin. Invest.*, **26**, 983 (1947); Gram, H. C., *Amer. J. med. Sci.*, **168**, 511 (1924). – Neue Bestimmungsmethode siehe Hübener und Schmidt, *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **289**, 67 (1952).	*Vermindert* nach schwerem Erbrechen, bei Addisonscher Krankheit, schweren Verbrennungen, Quecksilbervergiftung, Pneumonien. *Vermehrung* diagnostisch ohne Bedeutung. – Nach *Operationen:* Einem unmittelbaren Fall der Vollblutchloride, manchmal verbunden mit einer inkonstanten Reduktion der Plasmachloride, folgt ein Steigen des Vollblutchloridspiegels über den Normalwert. Gleichartige Veränderung des Natriumgehaltes des Vollblutes. (Wilkinson et al., *Lancet*, **1**, 315 [1951]). Die Chloriderhöhung ist die Folge der durch die Operation erfolgten Stimulierung der hypophysär gesteuerten Nebennierenrindenfunktion.
In mg/100 ml	—	273–321	—	—	355–381	—		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

** Sobald Vollblut mit Luft in Kontakt gerät, wandert CO_2 aus den Erythrocyten aus und wird durch Cl-Ionen des Plasmas ersetzt («Chlorid-shift» der englischen Literatur). Der tatsächliche Chloridgehalt des Plasmas kann deshalb nur bestimmt werden, wenn sämtliche Prozeduren bis zur Abtrennung der Erythrocyten unter Luftabschluß vorgenommen werden.

Synopsis des Blutes – Anorganische Bestandteile (Fortsetzung)

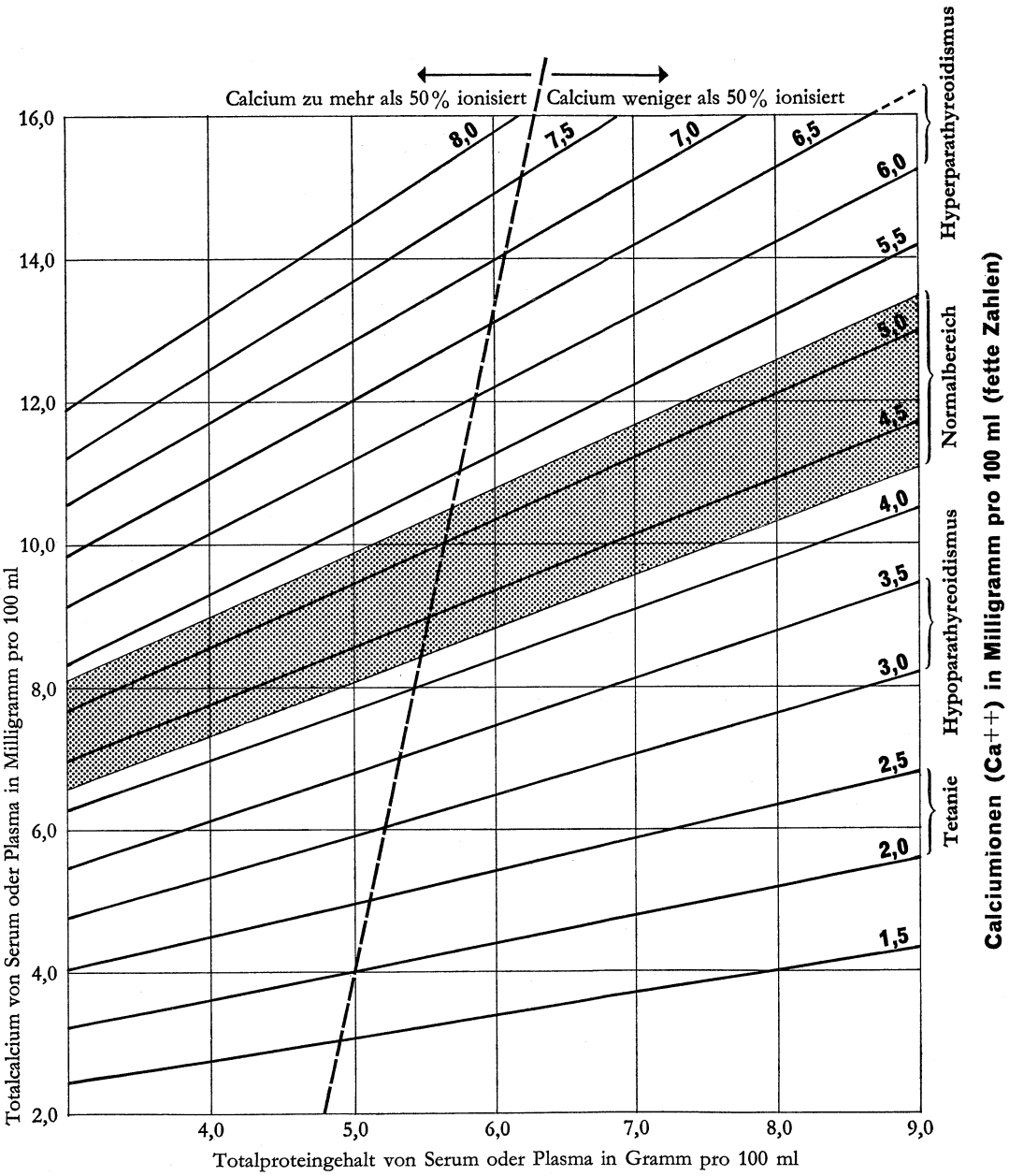
Normalwerte in **mg/100 ml**, wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Totalkationen								
In mval/Liter	—	—	—	152,5	147,6–156,0	—	Nach TALBOTT, zitiert in: SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 154.	Errechnet aus der Summierung aller Kationen. Bei Frühgeburten erhöht (Mittel 159 mval/Liter) nach REARDON et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **79**, 372 (1950).
In mval/Liter	—	—	—	146,5	144,0–149,0	—	Nach SUNDERMAN, zitiert in: SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 154.	Bestimmt aus der spezifischen Leitfähigkeit, siehe S. 521.
Natrium, Na								
In mval/Liter	85,4	79,3–91,0	—	**144,7**	*134,7–154,7*	5	Methode nach MOSHER et al., *Amer. J. clin. Path.*, **19**, 461 (1949). Werte nach: *Vollblut:* HALD, P. M., *J. biol. Chem.*, **163**, 429 (1946); *Serum:* ELLIOTT und HOLLEY, *Fed. Proc.*, **10**, 180 (1951) (400 Untersuchungen), in Übereinstimmung mit SMITH et al., *Amer. J. clin. Path.*, **20**, 263 (1950); MARINIS et al., *J. Lab. clin. Med.*, **32**, 1208 (1947); OVERMAN und DAVIS, *J. biol. Chem.*, **168**, 641 (1947); HALD, P. M., *J. biol. Chem.*, **167**, 499 (1947).	Vgl. die Bemerkungen bei Chloride und Kalium.
	21,2	Erythrocyten: 15,7–25,3	—	—	—	—		
In mg/100 ml	196,3	182,3–209,2	—	**333**	*310–356*	11,5		
	48,7	Erythrocyten: 36,1–58,2	—	—	—	—		
Magnesium, Mg								
In mval/Liter	—	—	—	**1,58**	*1,34–1,82*	0,12	SIMONSEN et al., *J. biol. Chem.*, **169**, 39 (1947), in Übereinstimmung mit SMITH et al., *Amer. J. clin. Path.*, **20**, 263 (1950).	Im Hungerzustand bis zu 40% erhöht (SUNDERMAN, F. W., *Amer. J. clin. Path.*, **17**, 169 [1947]). – Vermindert bei Delirium tremens und chronischem Alkoholismus mit Delirium (FLINK et al., *J. Lab. clin. Med.*, **43**, 169 [1954]).
In mg/100 ml	—	—	—	**1,92**	*1,63–2,21*	0,146		
Kalium, K								
In mval/Liter	**43,0**	*32,2–53,8*	5,4	**4,3**	*3,3–5,3*	0,5	Nach VIDEBAEK und ACKERMANN, *J. Geront.*, **8**, 63 (1953).	Das Kalium ist größtenteils intrazellulär, das Natrium extrazellulär. *Erhöhte* Werte (Serum) bei ADDISONscher Krankheit und bei Urämie mit renaler Retention. *Erniedrigte* Werte bei Diarrhöe, bei mit akutem Gewebeabbau verbundenen Krankheiten, bei Nierenschäden, bei alimentärem K-Mangel, unter anderem bei intravenöser Ernährung ohne K (MARTIN et al., *Calif. Med.*, **72**, 133 [1950]; 390 Fälle).
	94,6	Erythrocyten: *81,8–107,4*	6,4	—	—	—		
In mg/100 ml	**168,1**	*125,9–210,3*	21,1	**16,8**	*12,88–20,72*	1,96		
	369,9	Erythrocyten: *319,9–419,9*	25,0	—	—	—		
Calcium, Ca								
Total	6	—	—	10,0	8,2–11,6	—	HALD, P. M., *J. biol. Chem.*, **103**, 471 (1933); in Übereinstimmung mit: SNYDER und KATZENELBOGEN, *J. biol. Chem.*, **143**, 223 (1942).	*Vermindert* bei Tetanie (infantile, rachitische oder nach Parathyreoidektomie), D-Avitaminose. *Vermehrt* nach zu großen Dosen Parathormon oder starker Vitamin-D-Überdosierung während längerer Zeit, ebenso bei (benigner oder maligner) infantiler idiopathischer Hypercalcämie. – In den Blutkörperchen befindet sich sozusagen kein Calcium.
Ionisiertes Ca	—	—	—	4,8	4,25–5,25	—	MCLEAN und HASTINGS, *Amer. J. med. Sci.*, **189**, 601 (1935). Titrimetrische Methode, siehe BUCKLEY, Jr., et al., *J. Lab. clin. Med.*, **38**, 751 (1951).	
Silicium, Si (als SiO_2)								
Männer (210 Untersuchungen)	0,84	0,36–1,32	0,24	—	—	—	Methode nach URBACH, C., *Mikrochemie*, **14**, 198 (1934) in der Modifikation nach KRAUT und WEBER, *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **275**, 127 (1942). Werte nach WORTH, G., *Klin. Wschr.*, **30**, 82 (1952).	Keine signifikanten Unterschiede nach Alter, Geschlecht oder Krankheit (auch nicht bei Silikose).
Frauen (54 Untersuchungen)	0,80	0,30–1,30	0,25	—	—	—		
Männer und Frauen als eine Gruppe (264 Untersuchungen)	0,83	0,35–1,31	0,24	—	—	—		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Nomogramm zur Berechnung der Calciumionen (Ca^{++}) aus Totalprotein- und Totalcalciumgehalt des Serums oder Plasmas

Nach McLean und Hastings, *Amer. J. med. Sci.*, **189**, 601 (1935)



Synopsis des Blutes – Anorganische Bestandteile (Fortsetzung)

Normalwerte in **mg/100 ml**, wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Aluminium, Al	0,013	bis 0,035	—	0,024	bis 0,048	—	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	Findet sich zum größten Teil im Serum.
Blei, Pb	0,025	0,015–0,035	—	0,0015	bis 0,0041	—	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940); KEHOE et al., *J. Nutr.*, **20**, 85 (1940).	Nach KEHOE, R. A., *Industria Hygiene and Toxicology*, Bd. 2, New York (1949) (in Übereinstimmung mit SCHMIDT und WEYRAUCH, *Über die Diagnostik der Bleivergiftung im Lichte moderner Forschung*, Jena [1933], S. 37; BRUGSCH, T., *Lehrbuch der inneren Medizin*, Bd. 2, 13. Aufl., Berlin [1948], S. 1531; PORTHEINE, F., *Klin. Wschr.*, **30**, 83 [1952]), liegt die oberste Normalgrenze des Blutbleispiegels bei 0,060 mg/100 ml Vollblut. Eine Erhöhung über diese Grenze weist auf eine abnorme Bleiaussetzung oder Bleiaufnahme hin, ohne daß dabei schon pathologische Veränderungen erkennbar werden oder später eindeutig aufzutreten brauchen. Werte unter 0,060 mg/100 ml sind noch als normal, über 0,060 mg als kritisch, bei 0,080 mg als gefährlich zu betrachten. Bei Werten über 0,080 mg sind Gefährdete von weiterer Arbeit mit Blei auszuschließen, auch wenn keine eindeutigen Symptome einer Bleivergiftung vorliegen. Wenn der Blutbleispiegel unter 0,050 mg/100 ml gefallen ist, kann ein ehemals Gefährdeter wieder mit Blei arbeiten.
Erythrocyten:	0,024	0,012–0,036	—	—	—	—		
Eisen, Fe								
(1) Männer	—	44–56	—	—	—	—	(1) SACHS et al., *Arch. intern. Med.*, **52**, 366 (1933); **55**, 227 (1935); **71**, 489 (1943). (2) CHALOUPKA und LEVERTON, *Fed. Proc.*, **10**, 377 (1951) (*o*-Phenanthrolin-Methode). (3) FOWLER und BARER, *Amer. J. med. Sci.*, **223**, 633 (1952). (4) SMITH et al., *Amer. J. clin. Path.*, **20**, 263 (1950).	*Plasma oder Serum:* Da bei guternährten Personen stündliche Schwankungen von 0,02–0,03 mg gefunden werden, sind Werte über 0,06 mg/100 ml als normal anzusehen. – Zwischen Serumeisen- und Hämoglobingehalt des Blutes besteht keine Korrelation (CHALOUPKA und LEVERTON, *Fed. Proc.*, **10**, 377 [1951]). – *Vermindert* bei Eisenmangelanämien, *vermehrt* bei unbehandelten makrocytären Anämien und schwerer Hepatitis. – Nach BUTZENGEIGER und LANGE, *Ärztl. Wschr.*, **7**, 250 (1952), ist das Verhältnis Serumeisen zu Serumkupfer das beste differentialdiagnostische Zeichen zur Unterscheidung zwischen Parenchymicterus und Verschlußicterus, indem bei schwerer Hepatitis das Serumeisen stark, das Serumkupfer weniger erhöht ist, während beim Verschlußicterus die Verhältnisse *umgekehrt* sind; interferierend sind bloß andere entzündliche Erkrankungen, wie Tuberkulose oder chronische Polyarthritis, die den Serumeisenspiegel senken. Über den Eisenstoffwechsel bei Kindern siehe STURGEON, P., *Pediatrics*, **13**, 107 (1954).
(1) Frauen	—	42–48	—	—	—	—		
(2) Frauen 17–25 Jahre	—	—	—	0,125	—	—		
(2) Frauen 30–40 Jahre	—	—	—	0,119	—	—		
(2) Frauen 40–50 Jahre	—	—	—	0,113	—	—		
(2) Frauen 50–60 Jahre	—	—	—	0,122	—	—		
(2) Frauen 60–70 Jahre	—	—	—	0,110	—	—		
(2) Frauen 70–80 Jahre	—	—	—	0,095	—	—		
(2) Frauen 80–86 Jahre	—	—	—	0,093	—	—		
bei selbstgewählter Diät								
(3) Männer und Frauen als 1 Gruppe	—	—	—	**0,1062**	*0–0,2288*	0,0613		
(4) Männer und Frauen als 1 Gruppe (spektrographisch bestimmt)	—	—	—	**0,190**	*0,050–0,330*	0,070		
Kupfer, Cu	**0,098**	*0,072–0,124*	0,013	—	—	—	LAHEY et al., *J. clin. Invest.*, **32**, 322 (1953).	Das im Blut vorhandene Kupfer ist fast völlig an ein Protein gebunden, mit dem es ein Enzym, das Coeruloplasmin, bildet (siehe S. 524). – Der Kupfergehalt des Vollblutes und des Plasmas ist während der Schwangerschaft sowie bei zahlreichen subakuten oder chronischen Infektionen erhöht. Der Plasmakupferspiegel ist bei WILSONscher Krankheit erniedrigt. Eine Übersicht über dieses Gebiet geben MCELROY und GLASS (Hrsg.), *Copper Metabolism*, Baltimore (1950). Siehe auch unter Eisen.
Männer	—	—	—	**0,105**	*0,073–0,137*	0,016		
Frauen	—	—	—	**0,116**	*0,084–0,148*	0,016		
Erythrocyten:	**0,115**	*0,071–0,159*	0,022	—	—	—		
Mangan, Mn	0,015	bis 0,033	—	0,004	bis 0,010	—	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940).	Findet sich zum größten Teil in den Blutkörperchen.
Zink, Zn	0,880	0,488–1,272	—	0,300	0–0,613	—	VALLEE und GIBSON, *J. biol. Chem.*, **176**, 445 (1948).	
Erythrocyten:	1,440	0,911–1,979	—	—	—	—		
Leucocyten:	0,0032	(auf 10^8 Zellen)	—	—	—	—		
Zinn, Sn	0,012	bis 0,032	—	0,002	bis 0,0028	—	KEHOE et al., *J. Nutr.*, **19**, 579 (1940); **20**, 85 (1940).	Findet sich zum größten Teil in den Blutkörperchen.
Brom, Br	—	0,0007–0,001	—	—	—	—	GRAY und MOORE, *J. Lab. clin. Med.*, **27**, 680 (1942).	Erhöht nach Medikation mit Brom.
Fluor, F	0,028	0,011–0,045	—	0,028	0,010–0,045	—	Werte nach LARGENT und CHOLAK, zitiert nach LARGENT, E. J., in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 119.	

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Normalwerte in **mg/100 ml,** wenn nicht anders vermerkt

	Vollblut			Plasma oder Serum			Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s		
Jod, I								
Total, Erwachsene	0,0043	0,0036–0,0052	—	0,0071	0,0048–0,0086	—	*Vollblut:* Methode nach LEITCH und HENDERSON, *Biochem. J.*, **20**, 1003 (1926). Werte nach FOWWEATHER, F. S., *Brit. J. exp. Path.*, **11**, 400 (1930); leicht abweichende Werte in: ORR und LEITCH, *Spec. Rep. Ser. med. Res. Coun. (Lond.)*, Nr. 123 (1929). *Serum:* Werte nach SACHS, A., *Arch. intern. Med.*, **71**, 489 (1943), zitiert in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 119.	Im menschlichen *Plasma* sind die Werte für Total- und proteingebundenes Jod sozusagen identisch, im Gegensatz zu andern Species, zum Beispiel Huhn und Hund. – Das proteingebundene Jod ist ein guter Wertmesser der Schilddrüsenaktivität, besonders dort, wo diese nicht nach dem Grundumsatz beurteilt werden kann, wie zum Beispiel bei Corticotropintherapie. Werte unter 0,004 mg/100 ml sind signifikant für Hypothyreose. Siehe Thyroxin S. 449.
Proteingebundenes Jod (in µg/100 ml)								
(1) Erwachsene (Männer und Frauen)	—	—	—	**5,1** µg	*3,1–7,1* µg	1 µg	(1) BARKER et al., *J. clin. Invest.*, **30**, 55 (1951); in Übereinstimmung mit: HARSHA W. N., *Amer. J. med. Sci.*, **221**, 626 (1951); SALTER und ROSENBLUM, *J. Endocr.*, **7**, 180 (1951) (Bestimmungsmethode mit 0,5 ml Serum). – (2) TUCKER und KEYS, *J. clin. Invest.*, **30**, 869 (1951). – (3) TALBOT et al., *J. biol. Chem.*, **153**, 479 (1944).	
(2) Männer 18–25 Jahre	—	—	—	**6,24** µg	*3,32–9,16* µg	1,46 µg		
(2) Männer 45–56 Jahre	—	—	—	**5,63** µg	*3,21–8,05* µg	1,21 µg		
(2) Männer 18–56 Jahre	—	—	—	**5,83** µg	*3,19–8,47* µg	1,32 µg		
(3) Kinder	—	—	—	5,5 µg	4–7 µg	—		

Proteingebundenes Jod in Relation zu Alter, Grundumsatz und Totalcholesterin

Alter	Proteingebundenes Jod in µg/100 ml Plasma			Grundumsatz in ml O_2/m^2			Totalcholesterin in mg/100 ml Plasma			Untersuchungen
	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s	Mittelwert*	Bereich*	s	
18–25 Jahre	**6,24**	*3,32–9,16*	1,46	**128,2**	*104,8–151,6*	11,7	**188,6**	*116,0–261,2*	36,3	130
45–56 Jahre	**5,63**	*3,21–8,05*	1,21	**116,3**	*93,1–139,5*	11,6	**261,3**	*169,9–352,7*	45,7	272
18–56 Jahre	**5,83**	*3,19–8,47*	1,32	**120,2**	*94,4–146,0*	12,9	**237,8**	*128,2–347,4*	54,8	402

Obige Werte wurden bei Männern gefunden, dürften aber auch für Frauen ähnlich sein. Es ist dazu noch zu bemerken: 1. Zwischen dem Grundumsatz (O_2-Verbrauch) und dem Gehalt an proteingebundenem Jod besteht eine schwache positive Korrelation ($r = +0{,}113$); Grundumsatzdifferenzen zwischen Gesunden hängen größtenteils von anderen Faktoren ab als vom zirkulierenden proteingebundenen Jod; 2. Männer mittleren Alters (45 bis 56 Jahre) haben einen signifikant *niedrigeren* Plasmaspiegel an proteingebundenem Jod und einen signifikant *höheren* Totalcholesterinspiegel als junge Männer; 3. bei Männern mittleren Alters ist zwischen proteingebundenem Jod und Cholesterin eine positive Korrelation festzustellen, im Gegensatz zu jungen Männern, wo eine Korrelation fehlt. Nach TUCKER und KEYS, *J. clin. Invest.*, **30**, 869 (1951).

Blutgase (zu S. 542)

Sauerstoffkapazität

Mit *Sauerstoffkapazität* bezeichnet man den O_2-Gehalt eines mit O_2 gesättigten Blutes. Die O_2-Kapazität zerfällt in zwei Fraktionen: den chemisch (an das Hämoglobin) gebundenen und den physikalisch gelösten Sauerstoff. In der Regel wird aber die Sauerstoffkapazität mit dem an das Hämoglobin gebundenen O_2 gleichgesetzt und nicht bestimmt, sondern errechnet (vgl. Fußnote *3* auf S. 542).

CO_2-Kapazität und damit zusammenhängende Begriffe

Mit *CO_2-Kapazität* wird der CO_2-Gehalt eines Vollblutes oder Plasmas bezeichnet, das mit CO_2 von 40 Torr (mm Hg) Druck äquilibriert wurde (ein CO_2-Druck von 40 Torr entspricht der CO_2-Spannung in der normalen Alveolarluft). Praktisch wird nur die Kapazität des Plasmas bestimmt: Arterielles Blut wird unter Luftabschluß gewonnen und bis zur Koagulation stehengelassen. Nach Abtrennung des Plasmas wird dieses, wie oben erwähnt, äquilibriert und mit einer schwachen Säure (meist Milchsäure) zur Freisetzung des ionisch gebundenen CO_2 versetzt. Die erhaltenen Gasvolumen sind auf die Normbedingungen (STPD) zurückzuführen (0° C, 760 Torr, trocken) (vgl. S. 263). Das gesamte aus dem auf diese Weise behandelten Plasma extrahierbare CO_2 stellt die (Total-) CO_2-Kapazität des Plasmas dar.

Die (Total-) CO_2-Kapazität des Plasmas umfaßt die zwei Unterfraktionen des physikalisch gelösten und des ionisch gebundenen CO_2, *freie* und *gebundene Kapazität* genannt. Die freie Kapazität ist identisch mit dem Kohlensäuregehalt des Plasmas, die gebundene Kapazität ihrerseits wird meistens als *CO_2-Bindungsvermögen* oder **Alkalireserve** bezeichnet. Das CO_2 der Alkalireserve ist größtenteils als Bicarbonat gebunden und wird deshalb auch Bicarbonat-CO_2 genannt.

Das pH des Blutes ist in erster Linie vom Verhältnis Kohlensäure : Bicarbonat ($H_2CO_3 : BHCO_3$) abhängig, darstellbar durch die Gleichung von HENDERSON

$$[H^+] = K\,[H_2CO_3] / [BHCO_3]$$

oder in logarithmischer Form nach HENDERSON-HASSELBALCH

$$pH = pK + \log [BHCO_3] - \log [H_2CO_3]$$

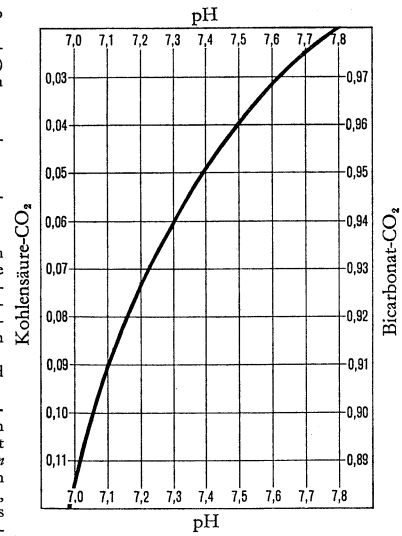
wobei [ ] = molare Konzentration, K = Dissoziationskonstante der Kohlensäure,

$$pH = -\log [H^+],\ pK = -\log K.$$

Der Nenner der HENDERSON-Gleichung läßt sich durch die Bestimmung der Alkalireserve für die meisten klinischen Belange genügend genau ermitteln. Für exakte Untersuchungen ist eine Bestimmung des tatsächlichen *CO_2-Gehaltes* und eine pH-Bestimmung am unter Luftausschluß gewonnenen und untersuchten Blute notwendig.

Über Alkalosen und Acidosen vgl. Wasser- und Elektrolythaushalt, S. 510.

O_2-Gehalt, CO_2-Gehalt und damit zusammenhängende Begriffe beziehen sich auf den tatsächlichen Sauerstoff- bzw. Kohlendioxydgehalt des *unter Luftabschluß gewonnenen und untersuchten Blutes* (Plasma). Sie dürfen nicht mit den oben beschriebenen Gaskapazitäten verwechselt werden, welche sich stets auf Blut (Plasma) beziehen, das mit den betreffenden Gasen gesättigt bzw. äquilibriert wurde.



Nach SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 158.

Abbildung: pH und Verteilung des CO_2-Totalgehaltes

Beispiel: Bei einem pH von 7,39 verteilt sich der CO_2-Totalgehalt zu 0,05 (5%) auf Kohlensäure und zu 0,95 (95%) auf Bicarbonat. Bei einem CO_2-Totalgehalt von zum Beispiel 60 Vol.% und pH 7,39 ist demnach $0{,}05 \times 60 = 3$ Vol.% (= 1,4 mmol/l*) Kohlensäure-CO_2 und $0{,}95 \times 60 = 57$ Vol.% (= 25,6 mmol/l*) Bicarbonat-CO_2 (letzteres entspricht 25,6 mval/l* HCO_3^--Ionen).

* Umrechnungsfaktor Vol.% CO_2 in mmol/l (und mval/l) = 1/2,226 = 0,449; vice versa = 2,226.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Synopsis des Blutes – Blutgase

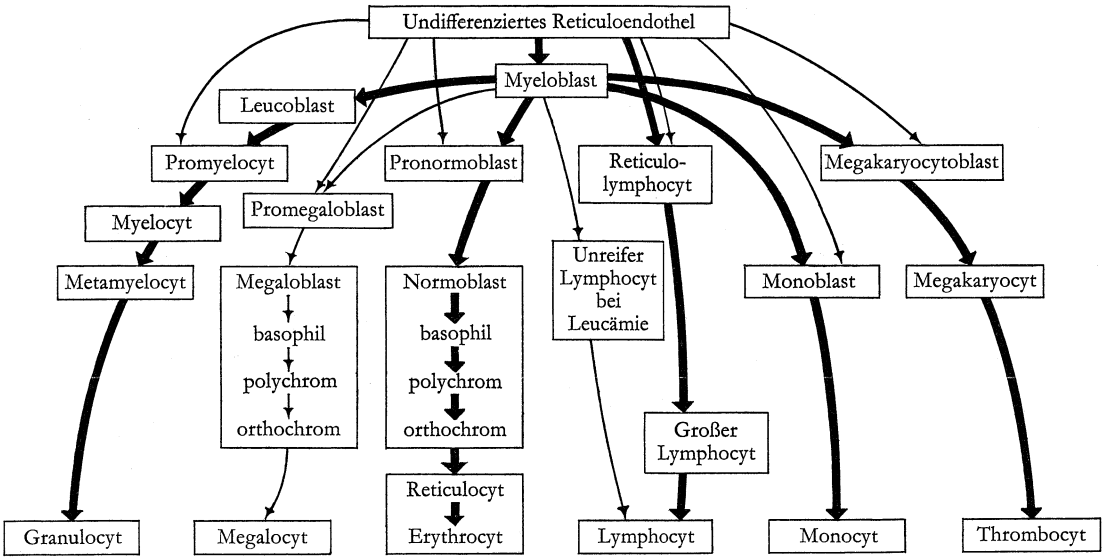
Zahlreiche Werte dieser Tafel sind aus zugrunde gelegten Annahmen, Faktoren und Konstanten errechnet worden. Sie besitzen deshalb nicht durchweg dieselbe Gültigkeit wie tatsächlich gemessene Werte. Frauenwerte sind in der Regel weniger gesichert als Männerwerte. Besonders die Werte des Carbamino-CO_2 (der an Proteine gebundene Anteil des chemisch gebundenen CO_2) sind eher als Angaben der Größenordnung denn als exakte Werte zu betrachten. Die Zeilen 1–13 und 17–40 sind einer auf 50 Publikationen beruhenden Zusammenstellung, in ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 120, entnommen. Die Zeilen 14–16 (Vollblut) nach HARRISON, G. A., *Chemical Methods in Clinical Medicine*, 3. Aufl., London (1947), S. 343, (Plasma) nach GUEST, G. M., in: *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, Philadelphia (1950), in allgemeiner Übereinstimmung mit anderen Autoren.
Abkürzungen: M = Männer, F = Frauen; art. = arteriell, ven. = venös.

	Blutgase			ml Gas in 100 ml Vollblut	ml Gas in 45,0 ml (M) bzw. in 40,0 ml (F[1,2]) Erythrocyten	ml Gas in 55,0 ml (M) bzw. 60,0 ml (F[1,2]) Plasma	ml Gas in 100 ml Erythrocyten in Kontakt mitPlasma	ml Gas in 100 ml Plasma in Kontakt mit Erythrocyten	Blutgasdruck (Blutgasspannung) Torr	Faktoren und Konstanten
Sauerstoff			M	20,4[4]			45,3[6]			
1	**Kapazität**[3]		F	18,0[4,6]			45,3[7]			
2	**Gehalt** total	art.	M	20,3[8,9]	20,1	0,142	44,7	0,258	94	5,00 } Diff. art. minus
3			F	17,9	17,7	0,155	44,7	0,258	94[7]	4,20 } ven. O_2
4		ven.[10]	M	15,3	15,2	0,060	33,9	0,110	40[11]	
5			F	13,7	13,6	0,068	34,4	0,113	41[11]	
6	In physikalischer Lösung	art.	M	0,285[8]	0,144	0,142	0,319	0,258	94	Faktor[12] Faktor[13]
7	(«freier» O_2)		F	0,282	0,126	0,156	0,319	0,258	94[7]	0,0258[12] 0,02089[13]
8		ven.[10]	M	0,122	0,061	0,061	0,136	0,110	40[11]	
9			F	0,124	0,055	0,068	0,139	0,113	41[11]	
10	Chemisch gebunden	art.	M	20,0	20,0	0	44,4	0	94	98
11	(Hämoglobin-O_2)		F	17,6	17,6	0	44,4	0	94[7]	98 } Hämoglobin-O_2-Sättigung
12		ven.[10]	M	15,2	15,2	0	33,6	0	40[11]	73,5 } in Prozent
13			F	13,6	13,6	0	34,3	0	41[11]	74,5
Kohlendioxyd, CO_2										
14	**Kapazität**		M,F	43–56[14]				53–68[14]		Bemerkung: Plasmawerte von nicht mit Erythrocyten in Kontakt stehendem Plasma.
15	Kapazität in physikalischer Lösung (freie Kapazität)		M,F	2,7[14]				2,4–3,4[14]		
16	Kapazität, chemisch gebunden, total (chemisch gebundene CO_2-Kapazität, Alkalireserve)		M,F	41–53[14]				50–65[14] 22–30 mval HCO_3		
17	**Gehalt** total	art.	M	49,0	16,2	32,8	36,0	59,6[15]	41	1,217 4,1 } Diff. art. minus
18			F	48,0[17]	13,6	34,4	34,3	57,0[17]	39[18, 19]	1,187 Faktor[15] 3,4 } ven. CO_2[16]
19		ven.[10]	M	53,1	18,0	35,1	40,1	63,8	46,5[19]	1,201
20			F	51,4	14,9	36,5	37,7	60,4[17]	43[19]	1,175
21	In physikalischer Lösung (Gehalt an freiem CO_2 = Kohlensäure-CO_2)	art.	M	3,384	1,820	1,564	2,356	2,844	41	Faktor[20] Faktor[20]
22			F	2,532	0,891	1,641	2,250	2,717	39[18, 19]	0,4399 Erythrocyten 0,5311 Plasma
23		ven.[10]	M	2,997	1,211	1,786	2,690	3,248	46,5[19]	
24			F	2,785	0,965	1,820	2,437	3,013	43[19]	
	Chemisch gebunden, total (Totalgehalt an chemisch gebundenem CO_2)									Wasserstoffionenkonzentration, pH
25		art.	M	45,6	14,4	31,2	33,6	56,8	41	7,19 7,40
26			F	45,5	12,7	32,8	32,1	54,3	39	7,20 Erythrocyten 7,40[7] Plasma
27		ven.[10]	M	50,1	16,8	33,3	37,4	60,5[8]	46,5	7,17 7,37[21]
28			F	48,7	14,0	34,7	35,3	57,4	43	7,18 7,38[19]
29	Carbamino-CO_2	art.	M	2,2[8]	1,7	0,4	3,9	0,8	41	0,115 0,014
30			F	1,9[8]	1,5	0,5	3,7	0,8	39	0,116 Faktor Erythrocyten[22] 0,014 Faktor Plasma[22]
31		ven.[10]	M	3,1	2,6	0,5	5,8	0,8	46,5	0,154 0,014
32			F	2,7	2,2	0,5	5,5	0,8	43	0,156 0,014
33	Bicarbonat-CO_2	art.	M	43,4	12,6	30,8	29,8	56,0	41	
34			F	43,5	11,2	32,3	28,3	53,5	39	
35		ven.[10]	M	47,0	14,2	32,8	31,6	59,7	46,5	
36			F	46,0	11,8	34,2	29,8	56,6	43	
Stickstoff, N_2										
37	(in physikalischer Lösung)	art.	M	0,979	0,494	0,484	1,099	0,881	572[23]	Faktor[24] Faktor[24]
38			F	0,970	0,437	0,534	1,103	0,884	574[23]	Erythrocyten Plasma
39		ven.[10]	M	0,979	0,494	0,484	1,099	0,881	572[23]	0,0146 0,0117
40			F	0,970	0,437	0,534	1,103	0,884	574[23]	

1) Die hier verwendeten Hämatokritwerte sind etwas niedriger als die auf S. 546 angegebenen klinischen Normalwerte, was teilweise auf die Zunahme des Plasmavolumens in liegender Stellung (Abnahme im Stehen) zurückzuführen ist. *2)* Die bei der Berechnung dieser Tafel verwendeten exakten Werte sind 39,6 (Hämatokrit) bzw. 60,4 (= 100 minus Hämatokrit = Plasma/100 ml Vollblut). *3)* Sauerstoffkapazität = Hämoglobin in Gramm mal 1,36. Der Faktor 1,36 gründet sich auf einen Eisengehalt des Hämoglobins von 0,339%. Vgl. auch Fußnote *1*. *4)* Berechnet für einen Hämoglobingehalt von 15 g (Männer) bzw. 13,2 g (Frauen) pro 100 ml Vollblut. Diese Werte liegen ein wenig unter den auf S. 548 angegebenen klinischen Werten (vgl. Fußnote *1*). *5)* Der bei den weiteren Berechnungen verwendete exakte Wert beträgt 17,95. *6)* Äquivalent zu 33,3 g Hämoglobin pro 100 ml Erythrocyten = 20 mmol pro Liter Erythrocyten. *7)* Unter der Annahme gleicher Werte wie bei den Männern. *8)* Eventuelle ins Auge fallende Unterschiede zwischen den berechneten und den in der Tafel angeführten Werten sind auf Auf- oder Abrunden zurückzuführen, nachdem die Berechnung gemacht worden ist. *9)* Das arithmetische Mittel aus 9 Mittelwerten der Literatur beträgt 19,5, entsprechend einem Hämoglobingehalt von 14,34 g. *10)* Gemischtes venöses Blut. *11)* Der Durchschnitt der in der Literatur zu findenden Mittelwerte für gemischtes venöses Blut der Männer liegt etwas tiefer, bei 38. *12)* Das physikalisch gelöste O_2 in 100 ml Erythrocyten wird berechnet zu 100 mal 0,0258 mal O_2-Druck/760. *13)* Das physikalisch gelöste O_2 in 100 ml (Pferde-) Plasma wird berechnet zu 100 mal 0,02089 mal O_2-Druck/760. *14)* Die CO_2-Kapazität und die mit ihr zusammenhängenden Begriffe (freie Kapazität, gebundene Kapazität = Alkalireserve der klinischen Literatur) beziehen sich auf Vollblut oder Plasma, das mit CO_2 von 40 Torr (mm Hg) bei Normbedingungen (0°C, 760 Torr, trocken; STPD: standard temperature and pressure, dry) äquilibriert worden ist (40 Torr CO_2-Druck entsprechen dem CO_2-Druck normaler Alveolarluft). Zur Freisetzung des ionisch gebundenen CO_2 wird das äquilibrierte Vollblut oder Plasma mit einer schwachen Säure versetzt. Das gesamte extrahierbare CO_2, trocken und bei normaler Temperatur und normalem Druck (siehe oben) als Vol.% berechnet, ergibt die (totale) CO_2-Kapazität. Gebundene CO_2-Kapazität (= Alkalireserve) = Totalkapazität minus CO_2 in physikalischer Lösung (freie Kapazität). Vgl. S. 541. *15)* Plasma-CO_2 = entsprechender Faktor mal Vollblut-CO_2; dieser Faktor hängt vom pH, von der O_2-Kapazität und von der Hämoglobin-O_2-Sättigung (in Prozent) ab. *16)* Arteriovenöse CO_2-Differenz, berechnet als arteriovenöse O_2-Differenz, multipliziert mit dem normalen respiratorischen Quotienten von 0,82. *17)* Der Blut-CO_2-Gehalt der Frauen liegt etwa 1 ml unter dem der Männer (Cubitalvenenblut). *18)* Kann vor der Menstruation weniger betragen. *19)* Berechnet nach der Gleichung $pH = 6{,}10 + (A - kB)/kB$, wobei pH = pH-Werte der Zeilen 25–28 (Kolonne Plasma), $k = 0{,}0314$ = Faktor der Kolonne Plasma der Zeilen 21–24 mal 100 dividiert durch (2,226 mal 760), A = Werte der Kolonne 100 ml Plasma der Zeilen 17–20 mal 2,226, und B = CO_2-Druck. *20)* Milliliter CO_2 (einschließlich H_2CO_3) in physikalischer Lösung in 100 ml Erythrocyten = 0,4399 mal 100 mal CO_2-Druck/760. Für Plasma gilt die gleiche Formel mit dem entsprechenden Faktor. *21)* Berechnet aus dem arteriellen Wert der Männer unter Benützung der normalen arteriovenösen pH-Differenz von 0,03. *22)* Carbamino-CO_2 = Totalgehalt an chemisch gebundenem CO_2 mal entsprechender Faktor. Dieser Faktor ist als provisorisch anzusehen, da nicht alle ihm zugrunde liegenden Faktoren des menschlichen Blutes schon bestimmt worden sind. *23)* Unter der Annahme, daß arterieller und venöser N_2-Druck dem alveolären N_2-Druck entsprechen. Letzterer wird berechnet als Differenz aus 760 minus der Summe von O_2-, CO_2- und Wasserdampfdruck [Drucke in Torr: O_2 = 100; CO_2 = (M) 41, (F) 39; Wasserdampf = 47]. Man merke sich, daß das Total der Blutgase und des Wasserdampfes sich mit dem atmosphärischen Druck verändert (Normaldruck 760 Torr). *24)* Milliliter N_2 in physikalischer Lösung in 100 ml Erythrocyten = 0,0146 mal 100 mal N_2-Druck/760. Die gleiche Formel mit entsprechendem Faktor gilt für Plasma.

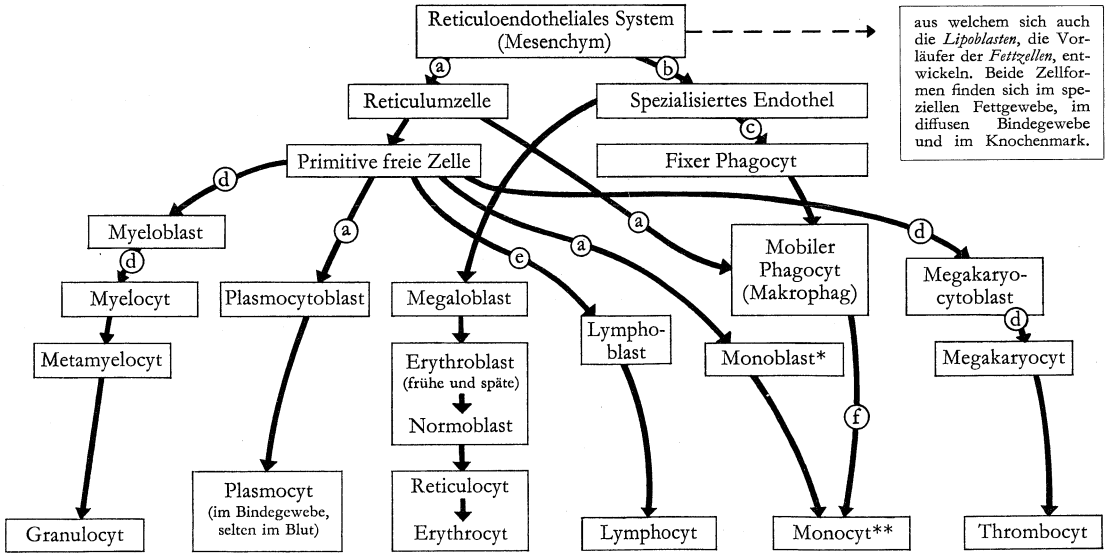
Genealogie (der geformten Blutelemente des Erwachsenen)

Modifizierte neo- (unitarische) monophyletische Theorie nach DOWNEY, von JONES, O. P.[1], 1952



Legende: Die fetten Linien zeigen die normale Entwicklung der Blutzelle beim Erwachsenen, die dünnen Linien die verschiedenen Entwicklungsmöglichkeiten unter pathologischen und experimentellen Bedingungen.

Polyphyletische (dualistische) Theorie nach und von DOAN, C. A.[2], 1952



Legende: a) Im diffusen Bindegewebe und in Organparenchymen; b) in den Endothelien von Knochenmark, Lymphknoten, Milz, Leber (KUPFFER-Zellen); c) in Lymphknoten, Milz und Leber (KUPFFER-Zellen); d) im Knochenmark; e) in Lymphknoten und Milz; f) bei Bedarf, aus den Makrophagen können sich auch Fettzellen (und umgekehrt) entwickeln.

* In Gewebekulturen können sich aus Monoblasten auch Myeloblasten entwickeln.

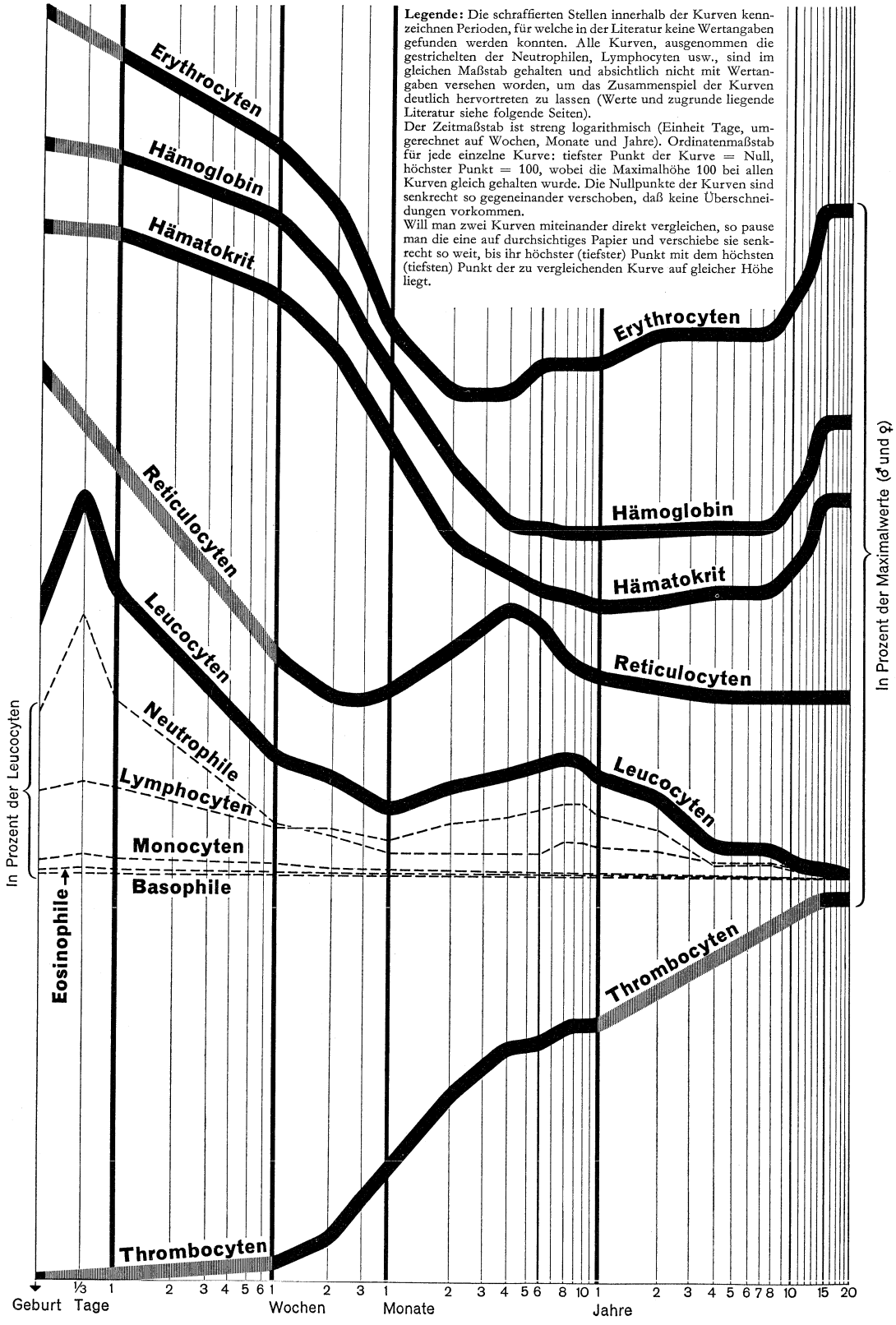
** In Gewebekulturen können sich aus Monocyten auch fibroblastenähnliche Zellen entwickeln, die sich bei Bedarf in Monoblasten zurückverwandeln. Aus Monocyten können sich auch die epitheloiden Zellen der fettigen Degeneration (bei käsiger Tuberkulose) oder auch LANGHANSsche- oder Fremdkörper-Riesenzellen entwickeln.

---

1) Nach JONES, O. P., in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 68. Siehe auch DOWNEY, H., in: DOWNEY, H. (Hrsg.), *Handbook of Hematology*, New York (1938), Bd. 2, S. 1275, und Bd. 3, S. 1965; SUNDBERG und DOWNEY, *Amer. J. Anat.*, **70**, 455 (1942); JONES, O. P., *Arch. Path. (Chicago)*, **35**, 752 (1943). *2*) Nach DOAN, C. A., in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 69. Siehe auch DOAN et al., *Contributions to Embryology*, Nr. 83, Publication 361 of the Carnegie Institution, Washington (1925); CUNNINGHAM et al., *Contributions to Embryology*, Nr. 84, Publication 361 of the Carnegie Institution, Washington (1925); DOAN, C. A., *Medicine*, **10**, 323 (1931); DOAN, C. A., *Bull. N.Y. Acad. Med.*, **15**, 668 (1939); DOAN, C. A., *J. Lab. clin. Med.*, **26**, 89 (1940).

Synopsis des Blutes – Blutwerte und Wachstumsalter

Vergleichende Übersicht über das Verhalten der Blutwerte während des Wachstumsalters



Legende: Die schraffierten Stellen innerhalb der Kurven kennzeichnen Perioden, für welche in der Literatur keine Wertangaben gefunden werden konnten. Alle Kurven, ausgenommen die gestrichelten der Neutrophilen, Lymphocyten usw., sind im gleichen Maßstab gehalten und absichtlich nicht mit Wertangaben versehen worden, um das Zusammenspiel der Kurven deutlich hervortreten zu lassen (Werte und zugrunde liegende Literatur siehe folgende Seiten).

Der Zeitmaßstab ist streng logarithmisch (Einheit Tage, umgerechnet auf Wochen, Monate und Jahre). Ordinatenmaßstab für jede einzelne Kurve: tiefster Punkt der Kurve = Null, höchster Punkt = 100, wobei die Maximalhöhe 100 bei allen Kurven gleich gehalten wurde. Die Nullpunkte der Kurven sind senkrecht so gegeneinander verschoben, daß keine Überschneidungen vorkommen.

Will man zwei Kurven miteinander direkt vergleichen, so pause man die eine auf durchsichtiges Papier und verschiebe sie senkrecht so weit, bis ihr höchster (tiefster) Punkt mit dem höchsten (tiefsten) Punkt der zu vergleichenden Kurve auf gleicher Höhe liegt.

(Genealogie siehe S. 543)

Erythroblasten

(in **Prozent** der kernhaltigen Zellen)

	Normalwerte	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Erwachsene	0	Nach DIAMOND, L. K., in: NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, 5. Aufl., Philadelphia (1950), S. 1093.	Die bei Erythroblastenausschwemmung zunächst im Blute erscheinenden *Normoblasten* sind mit Ausnahme des Zellkernes den Erythrocyten in Form, Färbbarkeit, Hämoglobingehalt und Größe schon weitgehend ähnlich. Erythroblastenausschwemmung steht (nicht immer) im Zusammenhang mit der Reticulocytenvermehrung. Erythroblastose ist aber weniger ein Zeichen einer Hyperfunktion als einer Dysfunktion der Blutbildung (nach HEILMEYER). – Über Entwicklungsgang siehe S. 543, über Morphologie usw. der Erythroblasten siehe einschlägige Literatur.
Neugeborene			
Geburt	1–5		
2 Tage	2		
nachher	0		

Reticulocyten

(in **Promille** der Erythrocyten)

Zählung im Objektträgerausstrich.

Erwachsenenwerte nach WATSON, C. J., *Arch. intern. Med.*, **86**, 797 (1950) (Werte der Gruppe ♂ + ♀, korrigiert auf Geschlechtsverhältnis 1 : 1).

Kinderwerte nach DE CHASTONAY, E., *Helv. paediat. Acta*, **6**, 257 (1951); in Übereinstimmung mit WASHBURN, A. H., *Amer. J. Dis. Child.*, **62**, 530 (1941).

Reticulocyten, Synonym vitalgranulierte Erythrocyten = vitalgefärbte Erythrocyten, bei denen die Vitalgranulation oder *Substantia reticulo-filamentosa* sichtbar ist. Meistens etwas größer als der Durchschnitt der Erythrocyten und widerstandsfähiger gegen Hämolyse. Reticulocyten sind jugendliche Erythrocyten. Zwischen Männern und Frauen besteht ein Unterschied von durchschnittlich 3‰. *Vermehrt* bei der Blutregeneration in der Reparationsphase von Anämien. – Abrupte Erhöhung der Werte auf 4% bis 40% = Reticulocytenkrise, zum Beispiel nach Einleitung der Behandlung bei Perniciosa oder schweren hypochromen Anämien (nach SCHULTEN). – Die Intensität der Reticulocytenausschwemmung ist im allgemeinen ein Wertmesser für die Aktivität der Blutregeneration. – Über Korrelation der Reticulocytenanzahl mit Erythrocyten-Coproporphyrin siehe S. 549. – Vergleich zwischen Entwicklung der Reticulocytenanzahl und den andern Blutwerten während der Adoleszenz siehe S. 544. *Physiologisch vermehrt* bei Kindern, *pathologisch dauernd vermehrt* (bis zu 20%) bei familiärem hämolytischem Icterus.

Alter	Mittelwert*	Bereich*	s
1–24 Stunden	**39,2**	—	—
1.– 7. Tag	**22,3**	—	—
7.–10. Tag	**10,6**	—	—
10.–30. Tag	**7,9**	*0,3–15,5*	3,8
1.– 2. Monat	**12,9**	*0 –27,7*	7,4
2.– 6. Monat	**10,6**	*0 –24,8*	7,1
6.–12. Monat	**7,5**	*0 –17,3*	4,9
1. Jahr	**7,5**	*0 –16,3*	4,4
2. Jahr	**7,1**	*0 –15,1*	4,0
3. Jahr	**7,2**	*0 –15,4*	4,1
4. Jahr	**8,1**	*0 –18,1*	5,0
5. Jahr	**8,2**	*0 –17,2*	4,5
6. Jahr	**7,5**	*0 –15,5*	4,0
7. Jahr	**7,6**	*0,6–14,6*	3,5
8. Jahr	**6,8**	*0,4–13,2*	3,2
9. Jahr	**7,5**	*0,9–14,1*	3,3
10. Jahr	**7,6**	*1,2–14,0*	3,2
11.–15. Jahr	**7,4**	*0 –15,4*	4,0
Männer und Frauen als eine Gruppe	**7,5**	*1,3–13,7*	3,1
Männer	**6**	*1,6–10,4*	2,2
Frauen	**9**	*2,6–15,4*	3,2
(Unterschied zwischen Männern und Frauen signifikant)			

Polychrome Erythrocyten

Färbungen mit basischen Farbstoffen.

Polychromasie = Auftreten diffuser bläulicher Farbkomponenten in verschiedener Intensität von Erythrocyten zu Erythrocyten bei Färbungen mit basischen Farbstoffen. Geht mit der Vitalgranulation parallel und ist wie diese Zeichen einer verstärkten Regeneration. Polychrome Erythrocyten sind meistens Makrocyten.

Basophil granulierte Erythrocyten

Wie oben.

Ebenfalls Zeichen einer verstärkten (aber degenerativen) Regeneration: beim Erwachsenen ist basophile Punktierung keine normale Durchgangsform in der Entwicklung der Erythrocyten wie Vitalgranulation und Polychromasie und geht durchaus nicht immer parallel mit den letzteren. Tritt hauptsächlich während und nach Bleivergiftung auf.

Innenkörperchen

HEINZsche Innenkörperchen

Vitalfärbung.

Erscheinen bei Färbung mit Nilblausulfatlösung als blaue Kügelchen am Rande des Erythrocytenkörpers, seltener nahe der Mitte. HEINZsche Innenkörperchen werden beobachtet bei Vergiftungen (Anilin, Phenylhydrazin, Sulfonamide u. a.) und öfters auch bei Splenektomierten.

HOWELL-JOLLYsche Körperchen

Färbung mit Kernfarbstoffen.

1–2 µm große Gebilde, mit Kernfarbstoffen sich dunkel färbend, die in vereinzelten Erythrocyten zu beobachten sind. Sehr wahrscheinlich Kernreste. – Treten gelegentlich (spärlich) auf bei Anämien, massenhaft bei Splenektomierten.

CABOTsche Ringe

Zarte Ringe und Schleifen in den Erythrocyten von Blutkranken. Treten häufig zusammen auf mit Polychromasie und HOWELL-JOLLYschen Körperchen. Sehr wahrscheinlich Reste von Kernmembranen.

---

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

(Vgl. auch S. 543 und 544)

Erythrocyten	Mittelwert*	Bereich*	s	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Spezifisches Gewicht $\left(\frac{25}{4}°C\right)$	—	1,084–1,117	—	HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953), S. 1.	Das relativ große spezifische Gewicht der Erythrocyten bedingt in erster Linie das spezifische Gewicht des Vollblutes. Siehe spezifisches Gewicht von Blut und Plasma und Hämoglobingehalt der Erythrocyten. – Die Erythrocyten zählen mit 67–60% H_2O-Gehalt zu den «trokkensten» Zellen des Organismus.
Wasserstoffionenkonzentration (pH)	7,36	7,28-7,41	—	GRAM, H. C., *Amer. J. med. Sci.*, **168**, 511 (1924).	
Lebensdauer (Tage)					
Frauen und Männer als eine Gruppe	115	—	—	LONDON et al., *J. biol. Chem.*, **179**, 463 (1949); CALLENDER et al., *J. Path. Bact.*, **57**, 129 (1945).	Bestimmt mit durch radioaktiven ^{15}N markiertem Glycin. Entspricht einem Erythrocytenersatz von etwa 0,83% je Tag. Pathologische Variationen der Lebensdauer bestehen ausschließlich in einer Abnahme. Übersicht vgl. BERLIN et al., *Physiol. Rev.*, **39**, 577 (1959).
Männer	120	—	—		
Frauen	109	—	—		

Weitere physikalische und chemische Daten vgl. S. 518, 519, 522, 527, 528, 534–538, 540, 541

Erythrocytenzahl (in Millionen je Kubikmillimeter des peripheren venösen Blutes)					
Alter					
(1) Geburt, 1. Untersuchungsserie ...	**4,82**	*4,04–5,60*	0,39	(1) Nach DEMARSH et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **75**, 860 (1948); (2) MERRITT und DAVIDSON, *Amer. J. Dis. Child.*, **46**, 990 (1953); (3) WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, 3. Aufl., Philadelphia (1952), S. 95; in Übereinstimmung mit GUEST et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **56**, 529 (1938).	*Neugeborene* (1. Woche): Die Erythrocytenanzahl des kutanen (kapillaren) Blutes ist größer als jene des Blutes aus dem sagittalen Sinus. – Wenn die Nabelschnur erst nach der Lösung der Placenta unterbunden wird, ist die Erythrocytenanzahl um etwa 560 000/1 mm³ größer, als wenn die Nabelschnur sofort nach der Geburt unterbunden wird (DEMARSH et al., *J. Amer. med. Ass.*, **116**, 2568 [1941]). *Physiologisch vermehrt* bei Akklimatisation in Höhenlagen. – Bestimmungen mit durch ^{32}P markierten Erythrocyten haben bedeutend niedrigere Gesamtzahlen der im Körper zirkulierenden Erythrocyten ergeben, als sich aus den Konzentrationen im peripheren venösen Blut errechnen ließen. – Als absoluter Wert für eine diagnostische Beurteilung ist die Erythrocytenkonzentration des peripheren venösen Blutes nur bei einer gleichzeitigen Bestimmung des Gesamtblutvolumens voll gültig: bei einer Erhöhung des Gesamtblutvolumens kann zum Beispiel die Gesamterythrocytenanzahl im Körper vergrößert sein (Polycythämie) und die Konzentration im peripheren venösen Blut trotzdem normal erscheinen. Andrerseits sind im peripheren venösen Blut bei Hydrämie unternormale Erythrocytenkonzentrationen festzustellen, während die Gesamterythrocytenanzahl des Körpers normal ist.
(2) 1. Tag	5,95	4,6 –6,8	—		
(2) 1. Monat	5,19	3,9 –5,9	—		
(2) 2. Monat	4,74	3,7 –5,9	—		
(2) 3. Monat	4,65	3,9 –5,4	—		
(2) 4. Monat	4,61	3,6 –5,2	—		
(2) 5. Monat	4,67	3,9 –5,5	—		
(2) 6. Monat	4,73	3,8 –5,2	—		
(2) 7. Monat	4,70	3,9 –5,3	—		
(2) 8. Monat	4,65	3,8 –5,3	—		
(2) 9. Monat	4,79	4,2 –6,3	—		
(2) 10. Monat	4,74	4,2 –5,6	—		
(2) 11. Monat	4,70	3,9 –5,4	—		
(2) 12. Monat	4,67	4,1 –5,3	—		
(3) 1. Jahr	4,5	—	—		
(3) 2. Jahr	4,6	—	—		
(3) 3. Jahr	4,5	—	—		
(3) 4. Jahr	**4,6**	*3,4 –5,8*	0,6		
(3) 5. Jahr	4,6	—	—		
(3) 6.–10. Jahr	4,7	—	—		
(3) 11.–15. Jahr	4,8	—	—		
(3) Männer	**5,4**	*3,8 –7,0*	0,8		
(3) Frauen	**4,8**	*3,6 –6,0*	0,6		
Hämatokritwert (= Anteil der Erythrocyten am aliquoten Volumen des peripheren venösen Blutes, ausgedrückt **in Volumenprozent**)					
Alter					
Geburt	56,6	—	—	Durch Zentrifugieren; aus den spezifischen Gewichten von Vollblut und Plasma, vgl. S. 517. Kinder: Werte nach GLASER, K., in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 38; Erwachsene: WATSON, C. J., *Arch. intern. Med.*, **86**, 797 (1950).	Der Hämatokritwert ist in erster Linie von der Erythrocytenkonzentration abhängig, weshalb für ihn das gleiche gilt, wie oben erwähnt. Weiter hängt er ab von der Form und der Größe der Erythrocyten. Diese große Relativität des Hämatokritwertes ist bei der Beurteilung pathologischer Verhältnisse in Rechnung zu stellen.
1. Tag	56,1	—	—		
1. Woche (Ende)	52,7	—	—		
2. Woche (Ende)	49,6	—	—		
3. Woche (Ende)	46,6	—	—		
4. Woche (Ende)	44,6	—	—		
2. Monat (Ende)	38,9	—	—		
4. Monat (Ende)	36,5	—	—		
6. Monat (Ende)	36,2	—	—		
8. Monat (Ende)	35,8	—	—		
10. Monat (Ende)	35,5	—	—		
12. Monat (Ende)	35,2	—	—		
2. Jahr (Ende)	35,5	—	—		
4. Jahr (Ende)	37,1	—	—		
6. Jahr (Ende)	37,9	—	—		
8. Jahr (Ende)	38,9	—	—		
10. Jahr (Ende)	39,0	—	—		
12. Jahr (Ende)	39,6	—	—		
Männer und Frauen als eine Gruppe ...	**42,9**	*35,9–49,9*	3,5		
Männer	**46,2**	*43,2–49,2*	1,5		
Frauen	**40,6**	*35,8–45,4*	2,4		

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

Erythrocyten

	Mittelwert*	Bereich*	s	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Mittleres Erythrocytenvolumen (in **Kubikmikrometer**: μm^3)					
Erwachsene	86	78–94	—	Erwachsene: Werte nach WHITBY und BRITTON, *Disorders of the Blood*, 5. Aufl., London (1946), S. 57; Kinder: GLASER, K., in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 38.	Erythrocytenvolumen in Kubikmikrometer = (Hämatokritwert in Milliliter je 100 ml Blut dividiert durch Erythrocytenanzahl je Kubikmillimeter in Millionen) × 10. Das mittlere Erythrocytenvolumen kann insofern als absoluter Wert betrachtet werden, als er höchstens durch die Form der Erythrocyten verfälscht werden könnte, was aber bei der Plastizität der Zellen und dem hohen, durch die Zentrifugalkraft ausgeübten Druck bei der Hämatokritmethode kaum mehr in Erscheinung tritt.

Kinder

Alter	Mittel	Alter	Mittel	Alter	Mittel
Geburt	106	2. Monat (Ende)	85	2. Jahr (Ende)	78
1. Tag	106	4. Monat (Ende)	79	4. Jahr (Ende)	80
1. Woche (Ende)	101	6. Monat (Ende)	78	6. Jahr (Ende)	80
2. Woche (Ende)	96	8. Monat (Ende)	77	8. Jahr (Ende)	80
3. Woche (Ende)	93	10. Monat (Ende)	77	10. Jahr (Ende)	80
4. Woche (Ende)	91	12. Monat (Ende)	77	12. Jahr (Ende)	81

	Mittelwert*	Bereich*	s	Bestimmungsmethoden, Literatur, Bemerkungen
Mittlerer Durchmesser (in **Mikrometer**: μm)				**Bestimmung:** Durch direkte mikroskopische Messung.
Alter				**Werte** nach WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, 3. Aufl., Philadelphia (1952), S. 95.
Geburt	8,6	—	—	**Bemerkungen:** Einteilung der Erythrocyten nach der Größe: *Normocyten* zwischen 6,5–8,5; *Mikrocyten* unter 5 und darunter; *Makrocyten* über 10. – Bei Überwiegen der einen oder der anderen: *Mikro-* bzw. *Makrocytose*. Die Standardabweichung s des Erythrocytendurchmessers ist das Maß für die *Anisocytose*, das heißt für das gleichzeitige Auftreten größerer und kleinerer Erythrocyten. Berechnung der Standardabweichung siehe Kapitel «Statistik».
14.–60. Tag	8,1	—	—	
3.–5. Monat	7,7	—	—	
6.–11. Monat	7,4	—	—	
1. Jahr	7,3	—	—	
3.–10. Jahr	7,4	—	—	
Erwachsene	**7,5**	*6,9–8,1*	0,3	*Mikrocytose* (ohne starke Anisocytose) besonders bei kompensatorischem hämolytischem Icterus, *Makrocytose* (ohne starke Anisocytose) relativ schnell auftretend bei Lebererkrankungen (Durchschnittswerte bei Hepatitis epidemica **8,15** μm, s 0,64; bei Lebercirrhose **8,45** μm, s 0,66) ohne Vermehrung der Poikilocyten; bei Perniciosa; bei B_1-Mangel nach LÜDIN, H., *Helv. med. Acta*, **17**, 340 [1950]). *Ausgeprägte Anisocytose* vor allem bei Eisenmangelanämien.
				Die Abnahme des Erythrocytendurchmessers, verbunden mit einer dazu parallel einhergehenden Verminderung des Hämoglobingehaltes, führt beim Säugling im Alter von 3–3½ Monaten physiologischerweise zu einer *Mikrocytose*, verbunden mit *Hypochromie*, die sich im 7. Monat wieder normalisiert haben.
Numerische Exzentrizität ε				**Bestimmung:** $\varepsilon = \sqrt{1-(b:a)^2}$ (a = größter Durchmesser, b = kleinster Durchmesser).
Prozentsatz der Erythrocyten				**Werte** nach ZINI und LEUBNER, *Schweiz. med. Wschr.*, **81**, 382 (1951).
82%	0,00	—	—	**Bemerkungen:** Überwiegen regelmäßig ovaler Formen: *Elliptocytose*.
9,2%	—	0,01–0,70	—	*Konstitutionelle Elliptocytose* (sehr selten; 0,04%; harmlos) mit gleichförmigem Bild der Elliptocyten.
8,2%	—	0,71–0,80	—	
0,3%	—	0,81–0,90	—	
0,2%	—	0,91–0,98	—	*Symptomatische Elliptocytose* mit ungleichgeformten Elliptocyten und verbunden mit einer parallelen Vermehrung der Poikilocyten bei vielen Krankheiten, die mit Veränderungen des Blutstatus (Hämoglobin, Erythrocytenanzahl, Verschiebung der PRICE-JONES-Kurve) einhergehen, besonders bei Perniciosa und Leucämien, aber auch bei Lungentuberkulose. Symptomatische Elliptocytose prognostisch und zur Beurteilung des Krankheitsverlaufes bedeutsam, da sich die Elliptocytose nur bei Krankheiten, die vollkommen ausheilen, normalisiert (nach ZINI und LEUBNER, *Schweiz. med. Wschr.*, **81**, 382 [1951]).
				Ganz unregelmäßig geformte Erythrocyten: *Poikilocyten*. Sind sehr wahrscheinlich ein Zeichen abnormer Deformierbarkeit (vgl. symptomatische Elliptocytose).
				Die *Sichelzellen* bilden eine besondere Form der Poikilocytose und wurden beinahe ausschließlich bei Negern gefunden oder bei Individuen, deren Blut eine Beimischung von Negerblut enthält (etwa 10% der Neger haben die Sichelerbanlage). Ihr Vorhandensein ist meist, aber nicht immer, verbunden mit einer erblichen chronischen, hämolytischen Anämie, bekannt unter dem Namen *Sichelzellenanämie*.
Dickendurchmesser (in **Mikrometer**: μm)	—	1,84–2,05	—	**Bestimmung:** Direkte mikroskopische Messung.
				Werte nach WINTROBE, M. M., *Medicine (Baltimore)*, **9**, 195 (1930).
				Bemerkungen: Bei vergrößertem Dickendurchmesser = Form mehr sphärisch = *Sphärocyt* (nach NAEGELI). *Sphärocytose* ist in der Regel ein Zeichen von Verminderung der osmotischen Resistenz der Erythrocyten (im Laufe der Hämolyse wandeln sich die Erythrocyten vor dem Zerfall in Sphärocyten) und tritt deshalb ausgeprägt in Erscheinung bei Hämolyse. In 0,5%iger NaCl-Lösung sind die Erythrocyten meistens vollständig sphärisch, Breiten- wie Dickendurchmesser ~ 4–5 μm, das Erythrocytenvolumen bleibt dabei ziemlich gleich. – Nach DAMESHEK, W., *Blood*, Special Issue Nr. 2, 43 (1948).
Oberfläche (in **Quadratmikrometer**: μm^2)	~ 140	—	—	**Wert** nach WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, 3. Aufl., Philadelphia (1952), S. 86.
				Bemerkungen: Die Gesamtoberfläche aller Erythrocyten eines durchschnittlichen Mannes beträgt etwa 3820 Quadratmeter oder das 2000fache der Körperoberfläche.

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

(Vgl. auch S. 544)

Erythrocyten

Hämoglobingehalt

(g/100 ml des peripheren venösen Blutes)

Alter	Mittelwert*	Bereich*	s
Geburt	**19,5**	*9,5–29,5*	5,0
2.–3. Tag	19,0	—	—
4.–8. Tag	**18,3**	*10,3–26,3*	4,0
9.–13. Tag	16,5	—	—
14.–60. Tag	**14,0**	*7,4–20,6*	3,3
3.–5. Monat	**12,2**	*7,6–16,8*	2,3
6.–11. Monat	11,8	—	—
1. Jahr	11,2	—	—
2. Jahr	11,5	—	—
3. Jahr	12,5	—	—
4.–5. Jahr	12,6	—	—
6.–10. Jahr	12,9	—	—
11.–15. Jahr	13,4	—	—
Männer	**16,0**	*12,0–20,0*	2,0
Frauen	**14,0**	*10,0–18,0*	2,0

Bestimmungsmethoden, Literatur, Bemerkungen

Bestimmungsmethoden: Hämometer (kolorimetrisch), spektrometrisch, aus dem O_2-Bindungsvermögen, dem Fe-Gehalt, dem spezifischen Gewicht von Plasma und Serum.

Werte nach WINTROBE, M. M., *Clinical Hematology*, 3. Aufl., Philadelphia (1952), S. 95.

Bemerkungen: *Neugeborene* (1. Woche): Der Hämoglobingehalt des kutanen (kapillaren) Blutes ist größer als jener des Blutes aus dem sagittalen Sinus. – Wenn die Nabelschnur erst nach der Lösung der Placenta unterbunden wird, ist der Hämoglobingehalt um etwa 2,6 g/100 ml höher, als wenn die Nabelschnur sofort nach der Geburt unterbunden wird. Während der Schwangerschaft sinkt der Hämoglobingehalt (PAABY, P., *Acta obstet. gynec. scand.*, **37**, 69 [1958]). Ein Hämoglobinspiegel unter 12 mg/100 ml bei Schwangeren sollte als abnorm betrachtet werden (CAMILLERI, A. P., *J. Obstet. Gynaec. Brit. Emp.*, **65**, 266 [1958]). – Das Hämoglobin des Fötus (Hb-F) unterscheidet sich vom normalen Hämoglobin des Erwachsenen (Hb-A) durch eine verschiedene Aminosäurezusammensetzung. Nach der Geburt fällt der Gehalt an Hb-F von anfänglich 50% des Gesamthämoglobins rasch ab. Ein abnormer Gehalt an Hb-F findet sich bei Erwachsenen in Fällen von Thalassämie. Von den zahlreichen bekannten weiteren genetisch bedingten Varianten des Hämoglobins, die sich alle nur in der Aminosäurezusammensetzung unterscheiden, sind noch von Bedeutung: Hb-S (Sichelzellenhämoglobin, weit verbreitet unter Negern), Hb-E (bei über 10% der Bevölkerung in Siam und Burma) und Hb-D (bei etwa 1% der Bevölkerung in Indien). Übersicht siehe LEHMANN, H., *Brit. med. Bull.*, **15**, 40 (1959).

Der Hämoglobingehalt des Blutes ist in erster Linie eine Funktion der Erythrocytenkonzentration und steigt und fällt deshalb mit der Erythrocytenanzahl. Da die Struktur des Hämoglobins nicht bekannt ist, beruhen die heutigen Hämoglobin-Bestimmungen auf empirisch bestimmten Faktoren, wie zum Beispiel, daß 1 g Hb 1,34 cm^3 O_2 zu binden vermag oder daß 1 g Hb 0,335% Eisen enthält. Diese Faktoren wurden seinerzeit aus Hämoglobin von anderen Species errechnet und sind von BERNHART und SKEGGS, *J. biol. Chem.*, **147**, 19 (1943), an menschlichem Hämoglobin nachkontrolliert worden. Die Autoren erhielten Werte von 0,340% Eisen und einen O_2-Bindungsfaktor von 1,36 cm^3 je Gramm Hämoglobin. Dies läßt vermuten, daß die auf Grund der früheren Konstanten errechneten Hämoglobin-Gehaltswerte etwa 1,5% zu hoch liegen.

Hämoglobinbestimmung mittels Hämometers

Da die für klinische Zwecke konstruierten Hämometer auf verschiedenen Normen beruhen und bei ihnen die Ablesung aus praktischen Gründen gemacht werden muß, bevor alles Hämoglobin in salzsaures Hämatin umgewandelt worden ist, sind Hämoglobingehaltsangaben der Literatur, die auf solchen Hämometermethoden basieren, nur bedingt zu vergleichen und nur dann, wenn die Methode einschließlich Ablesezeit definiert ist. – Die Bestimmung des Hämoglobins aus dem spezifischen Gewicht von Blut und Plasma führt in der Regel zu besser vergleichbaren Werten, nicht weil die Methode an sich genauer wäre, aber weil ihr weniger spezifische und subjektive Fehlerquellen anhaften (siehe spezifisches Gewicht, S. 517).

Mittlerer Hämoglobingehalt der Erythrocyten (Hb_E)

(in Mikro-Mikrogramm = μμg = 10^{-12} g)

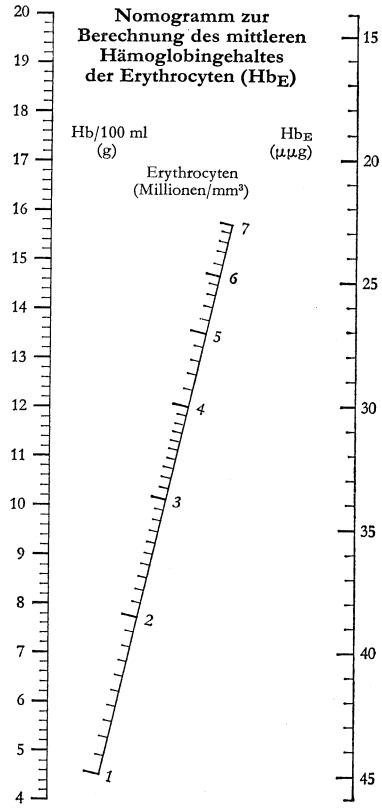
Mittelwert	Bereich	
31,2	27,4–35,0	(in Meereshöhe)
—	28,2–37,8	(in 3730 m Höhe)
—	28,9–38,9	(in 4540 m Höhe)
		(Männer und Frauen, Kinder siehe unten)

Bestimmungsmethode: (*Hämoglobin* in Gramm je 100 ml Blut dividiert durch *Erythrocytenanzahl* je Kubikmillimeter in Millionen) × 10 (vgl. nebenstehendes Nomogramm).

Werte nach HURTADO et al., *Arch. intern. Med.*, **75**, 284 (1945).

Bemerkungen: Hämoglobingehalt unter, über oder innerhalb des Normalbereiches = hypo-, hyper- oder normochrom. Der mittlere Hämoglobingehalt der Erythrocyten ist ein einwandfreier und vergleichbarer Bezugswert zur Bestimmung der Hypo-, Normo- und Hyperchromie.

Der sogenannte **Färbeindex** (= Hämoglobingehalt des Blutes in Prozent der Norm dividiert durch Erythrocytenzahl in Prozent der Norm) soll das gleiche besagen, tut dies aber nur dann, wenn 1. für Frauen und Männer separate Normen verwendet werden und 2. die Hämoglobinnorm und die Erythrocytenzahlnorm so angesetzt sind, daß sie dem Verhältnis von 15,8 : 5 entsprechen. Färbeindexangaben der Literatur sind nur dann untereinander vergleichbar, wenn sie gemäß einer mitgegebenen Definition auf eine einheitliche Basis umgerechnet worden sind. Angabe des tatsächlichen Erythrocyten-Hämoglobingehaltes in Mikro-Mikrogramm sind deshalb vorzuziehen und erübrigen den Färbeindex.



Man verbindet den vorliegenden Hämoglobingehalt (Skala links) mit der vorliegenden Erythrocytenanzahl (Skala Mitte) und erhält den mittleren Hämoglobingehalt der Erythrocyten auf der Skala rechts.

Mittlere Hämoglobinkonzentration

(in Prozent des Zellvolumens)

Mittelwert	Bereich	
34,1	31,3–36,9	(in Meereshöhe)
—	33,0–36,6	(in 3730 m Höhe)
—	32,7–36,7	(in 4540 m Höhe)
		(Männer und Frauen, Kinder siehe unten)

Bestimmungsmethode: (*Hämoglobin* in Gramm je 100 ml Blut dividiert durch den *Hämatokritwert*) × 100.

Werte nach HURTADO et al., *Arch. intern. Med.*, **75**, 284 (1945).

Mittlerer Hämoglobingehalt und mittlere Hämoglobinkonzentration in der Adoleszenz

Alter	Hb-Geh. μμg	Hb-Konz. %	Alter	Hb-Geh. μμg	Hb-Konz. %
Geburt	38	38	8. Monat (Ende)	26	33,8
1. Tag	38	37,8	10. Monat (Ende)	26	33,5
1. Woche (Ende)	37	37,2	12. Monat (Ende)	25	33,0
2. Woche (Ende)	35	36,3	2. Jahr (Ende)	25	33,0
3. Woche (Ende)	34	35,6	4. Jahr (Ende)	27	34,0
4. Woche (Ende)	33	35,0	6. Jahr (Ende)	27	33,5
2. Monat (Ende)	30	34,2	8. Jahr (Ende)	27	33,2
4. Monat (Ende)	27	34,0	10. Jahr (Ende)	27	33,3
6. Monat (Ende)	27	34,0	12. Jahr (Ende)	28	33,8

Werte nach ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 38.

Hämoglobingehalt des Plasmas je 100 ml

0–0,5 mg (Männer und Frauen)

Bestimmungsmethode: Spektrometrisch.

Bemerkungen: Vermehrt bei Hämolyse jeglicher Genese. Der renale Schwellenwert für das Hämoglobin des Serums liegt bei 150 mg/100 ml; ausgeprägte Hämoglobinämie ist deshalb möglich, ohne zu Hämoglobinurie zu führen.

* Siehe Fußnote auf nebenstehender Seite.

Synopsis des Blutes – Geformte Zellelemente – Erythrocyten (Fortsetzung)
Thrombocyten

Erythrocyten	Mittelwert*	Bereich*	s	Bestimmungsmethoden und Literatur	Bemerkungen
Carboxyhämoglobin ..... (in **Prozent** des Hämoglobins)	**3,4**	*0,0–8,2*	2,4	Nach PACE et al., *Amer. J. Physiol.*, **147**, 352 (1946).	Vgl. S. 344.
Ausgedrückt als CO in **Volumenprozent** des Vollblutes	**0,15**	*0,05–0,25*	0,05	Nach EVERETT, M. R., *Medical Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1946), S. 532.	
Hämiglobin ..... (Methämoglobin, Ferrihämoglobin, in **Prozent** des Hämoglobins)	0,4	0,0–1,1	—	Nach VAN SLYKE et al., *J. biol. Chem.*, **166**, 121 (1946).	Vgl. S. 344.
Protoporphyrin IX ..... (in **Mikrogramm je 100 ml** Erythrocyten)				.....	Vgl. S. 341 und S. 342. – Der Protoporphyringehalt der Erythrocyten ist mit der Reticulocytenzahl nicht so streng korreliert, wie dies beim Coproporphyrin der Fall ist. Protoporphyringehalt schwach erhöht bei hämolytischen Anämien (60–120 µg), stark erhöht bei Eisenmangelanämien (180–390 µg), höchste Werte bei Bleivergiftung (200–1300 µg). Bei Perniciosa innerhalb der Normalgrenzen.
Männer und Frauen als eine Gruppe	**36,4**	*19,4–53,4*	8,5	WATSON, C. J., *Arch. intern. Med.*, **86**, 797 (1950).	
Männer | Unterschied zwischen den Ge-	**28,5**	*19,5–37,5*	4,5		
Frauen / schlechtern sehr signifikant.	**41,7**	*29,9–53,5*	5,9		
Coproporphyrin III ..... (in **Mikrogramm je 100 ml** Erythrocyten)				.....	Vgl. S. 341 und S. 343. – Der Coproporphyringehalt ist streng korreliert mit der Reticulocytenzahl und ist bei Krankheiten mit gehemmter Hämoglobinsynthese am höchsten, wie bei Bleivergiftung (2–60 µg) und hämolytischen Anämien (30–50 µg). Schwach erhöht bei Eisenmangelanämie (bis 5 µg). Null bei unbehandelter Perniciosa, nach Vitamin B_{12} in gleichem Maße, aber rascher ansteigend als die Reticulocyten (nach WATSON, loc. cit.). – Die Coproporphyrin-III-Harnausscheidung ist mit dem Coproporphyringehalt der Erythrocyten nicht korreliert.
Männer und Frauen als eine Gruppe	**0,5**	*0–1,58*	0,54	Nach WATSON, loc. cit.	
Männer	**0,3**	*0–1,08*	0,39		
Frauen	**0,7**	*0–1,9*	0,6		
Verdohämoglobin ..... (in **Prozent** des Hämoglobins)	—	5–8	—	HAVEMANN, R., *Klin. Wschr.*, **20**, 543 (1941).	

Thrombocyten (Genealogie siehe S. 543; Thrombocyten und andere Blutwerte in der Adoleszenz vgl. S. 544)

Tausende je Kubikmillimeter Kutanes Blut					
Alter					
Geburt	227	140–290	—	Direkte Methode nach WOOD et al., *Laboratory Technique*, 3. Aufl., New York (1929), S. 26. Werte nach MERRITT und DAVIDSON, *Amer. J. Dis. Child.*, **46**, 990 (1933).	Die Anzahl der Plättchen ist im venösen Blut etwa 15% höher als im kutanen und im arteriellen Blut etwa 12% höher als im venösen. Bei der Frau fällt die Plättchenanzahl vor der Menstruation und steigt nachher wieder an (siehe Abbildung). Nach dem 60. Altersjahr ist die Plättchenanzahl deutlich geringer als bei jungen Personen. Die Plättchenanzahl und -verteilung hängt zudem noch ab vom Körperbau, von der körperlichen Anstrengung, der Höhe über Meer und der Umgebungstemperatur.
1. Woche	233	160–320	—		
2. Woche	242	170–370	—		
3. Woche	269	160–380	—		
1. Monat	277	200–370	—		
2. Monat	320	200–470	—		
3. Monat	348	200–480	—		
4. Monat	324	180–450	—		
5. Monat	345	200–470	—		
6. Monat	350	200–480	—		
7. Monat	330	200–460	—		
8. Monat	346	220–480	—		
9. Monat	333	200–440	—		
10. Monat	340	200–450	—		
11. Monat	361	220–480	—		
12. Monat	339	250–470	—		
Erwachsene	—	273–545	—	Direkte Werte nach AGGELER et al., *Blood*, **1**, 472 (1946).	
Erwachsene	250	180–358	—	Direkte Methode. Werte nach TOCANTINS, L. M., *Amer. J. med. Sci.*, **192**, 150 (1936); *Medicine (Baltimore)*, **17**, 155 (1938).	
Erwachsene	—	500–900	—	Indirekte Methode. Werte nach DAMESHEK, W., *Arch. intern. Med.*, **50**, 579 (1932).	
Venöses Blut	310	150–690	—	Direkte Methode. Werte nach TOCANTINS, *Medicine (Baltimore)*, **17**, 155 (1938).	

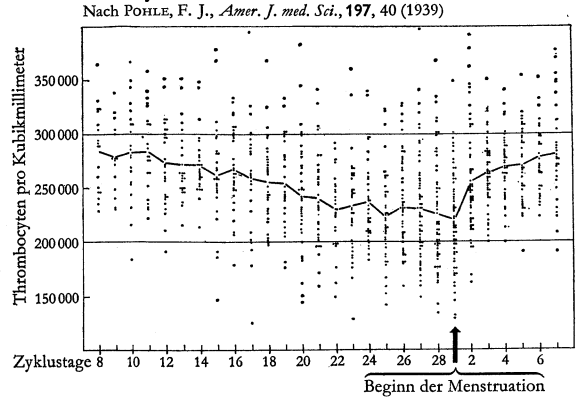
Durchmesser (in **Mikrometer: µm**)

13–18% der Thrombocyten	1,8	—	
72% der Thrombocyten	2,3	—	
9–10% der Thrombocyten	3,6	—	

Volumen (in **Kubikmikrometer: µm³**)

Nach VAN ALLEN, C. M., *Münch. med. Wschr.*, **74**, 141 (1927)	0,49	0,35–0,67	
Nach HORWITZ, S., *Klin. Wschr.*, **10**, 1613 (1931)	5	2,5–10	
Nach TOCANTINS, L. M., *Medicine (Baltimore)*, **17**, 155 (1938)	—	10–12	

Thrombocytenwerte während der Menstruation
Nach POHLE, F. J., *Amer. J. med. Sci.*, **197**, 40 (1939)



* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 × Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

(Vgl. auch S. 543 und 544)

Leucocyten-Gesamtanzahl je Kubikmillimeter und -Verteilung in den verschiedenen Lebensaltern

Lebensalter	Total-Leucocyten	Neutrophile		Eosinophile		Basophile		Lymphocyten		Monocyten		Neutrophile Myelocyten	
	Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
1. Tag[1]	15 250–45 000	8628–33 525	53–82,5	0– 921	0–6	0–636	0–2	2000–8722	9–36	696–5175	3,0–11,5	0–1908	0–13
3.–5. Tag[1]	4 000–18 000	1800–10 152	32–59	168–1110	1,5–13	0–215	0–2	600–5184	15–44,5	920–4324	10–23	0–174	0–1,5
6.–8. Tag[1]	7 600–16 400	2156– 8 528	26,5–67	160– 727	1,5–7	0–196	0–1,5	1292–7015	17–61	760–2362	7–19,5	0–437	0–3
9.–11. Tag[1]	8 100–16 500	1976– 6 141	18,5–46	205– 873	1,5–6,5	0–269	0–2	2937–9453	22–69	1164–3738	8,5–28	0–102	0–1
3 Monate bis 3 Jahre[2]	7 500–14 000	2000– 7 000	40–50	25– 700	0,5–5	0– 50	0–0,5	4000–9000	50–60	25– 700	0,5–5	—	—
3–5 Jahre[2]	6 000–12 500	3000– 8 000	50–60	50– 700	1–5	0– 50	0–0,5	2500–6000	40–50	25– 700	0,5–5	—	—
5–15 Jahre[2]	5 500–10 800	3000– 7 000	55–65	50– 500	1–5	0– 50	0–0,5	1500–4500	30–40	25– 600	0,5–6	—	—
Erwachsene[2].....	5 000–10 000	3000– 7 000	60–70	50– 400	1–4	0– 50	0–0,5	1000–3000	20–30	100– 600	2–6	—	—
Erwachsene, Mittel ..	7000	4500	66	100	1,5	25	0,5	1800	26	450	6	—	—

Eosinophile[3]

Physiologische Schwankungen:

1. Dauernde, kurzfristige Schwankungen im Abstand von wenigen Minuten, über die methodische Fehlerbreite hinausgehend.
2. Ausgeprägte Tagesperiodik mit niedrigen Werten spätnachmittags sowie frühmorgens (bis etwa −20% des 24-h-Mittelwertes) und einem Maximum um Mitternacht (bis etwa + 30% des gleichen Mittelwertes). Diese Fluktuation besteht im wesentlichen beim *Nüchternen.*
3. Jahreszeitliche Schwankungen (Zunahme im Frühjahr und Herbst).
4. Veränderungen im Rahmen des weiblichen Zyklus (menstrueller Gipfel, postovulatorischer Tiefpunkt).

Pathologische Veränderungen:

1. Eosinophilie: bei Parasitenbefall, bei allergischen Reaktionen, durch Funktionsstörungen der Milz, bei Erkrankungen der blutbildenden Organe und des Zentralnervensystems.
2. Eosinopenie: durch vermehrte Abwanderung ins Gewebe bei unzureichendem Nachschub, bei Verdrängung oder Aplasie der Myelopoese im Knochenmark, durch vermehrte Corticosteroidausschüttung oder -zufuhren (vgl. den Test nach Thorn zur Bewertung der Funktionsfähigkeit der Nebennierenrinde, S. 461).

Basophile[4]

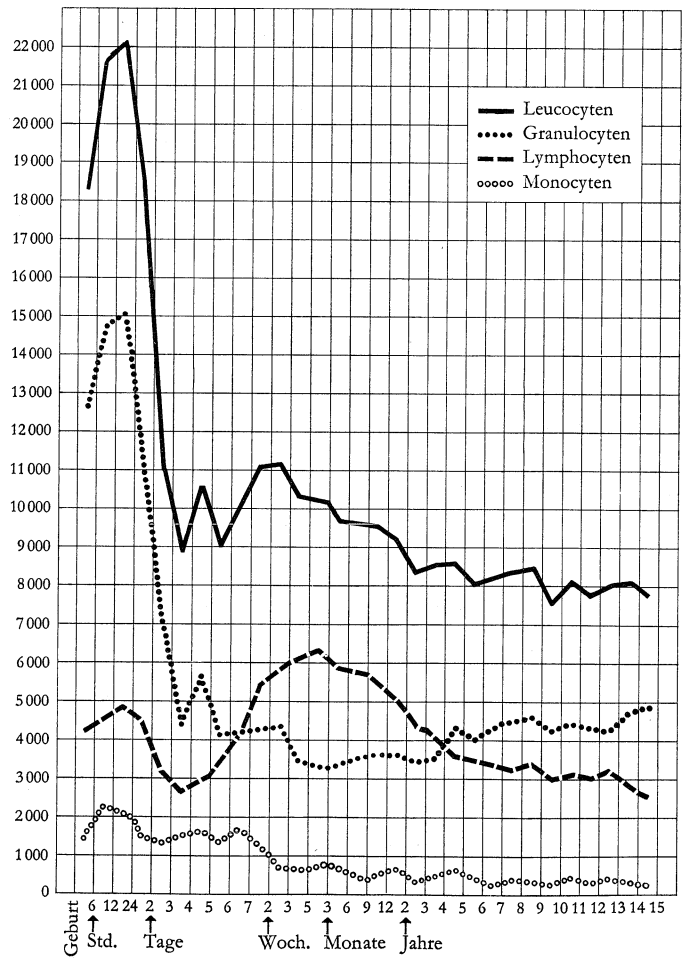
In enger funktioneller Beziehung mit den Blutbasophilen stehen die gewebsständigen Mastzellen. Die physiologische Bedeutung dieser Zellen dürfte vor allem mit dem Heparingehalt zusammenhängen.

Physiologische und pathologische Schwankungen:

1. Vermehrung: hochgradig bei chronischer myeloischer Leucämie und Polycythämie, signifikant bei Diabetes mellitus und Myxödem.
2. Verminderung: hochgradig bei Hyperthyreosen, nach Gaben von Glucocorticoiden und während der Schwangerschaft.

Abnahme der Leucocyten zwischen Geburt und 15 Jahren

Nach Kato, K., *J. Pediat.*, **7**, 7 (1935)

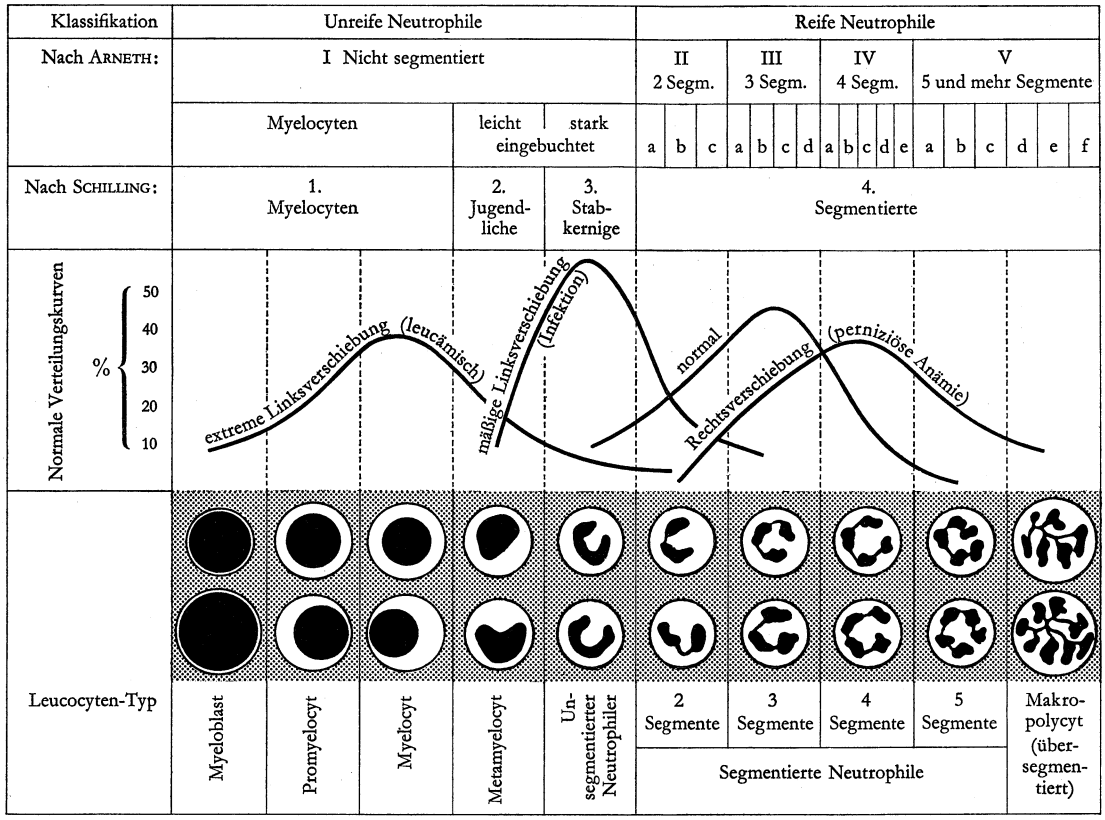


1) Nach Forkner, C. E., *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **45**, 75 (1929). *2)* Nach Zarafonetis, C. J. D., in: Kolmer et al. (Hrsg.), *Approved Laboratory Technic*, 5. Aufl., London (1952), S. 103. *3)* Gross, R., in: Braunsteiner, H. (Hrsg.), *Physiologie und Physiopathologie der weißen Blutzellen*, Stuttgart (1959), S. 1. *4)* Braunsteiner, H., in: Braunsteiner, H. (Hrsg.), loc. cit., S. 49.

Hämogramm nach SCHILLING

Normalverhältnis von unreifen Neutrophilen (Myelocyten + jugendliche + stabkernige) zu den reifen (segmentierten) Neutrophilen = 1/13 oder kleiner	Basophile	Eosinophile	Myelocyten	Neutrophile			Lymphocyten	Monocyten
				jugendliche	stabkernige	segmentierte		
Normalbereich (%)	0,5–1,5	2–4	0	0–1	3–5	51–67	20–30	5–10

Klassifikation nach ARNETH und SCHILLING



Nach HADEN, R. L., *Principles of Hematology*, 2. Aufl., Philadelphia (1940) (modifiziert).

Knochenmark (Vgl. auch Genealogie der Blutkörperchen, S. 543)
Myelogramm (Sternalpunktat)[1], Männer und Frauen als eine Gruppe

Zelltypen			Mittelwert* %	Bereich** %
Rote Serie 19,1%	Frühe Erythroblasten 2,9%	Proerythroblasten	0,5	0,2 – 4,0
		Frühe Normoblasten	2,4	1,5 – 5,8
	Späte Erythroblasten 16,2%	Intermediäre Normoblasten	11,7	5,0 –26,4
		Späte Normoblasten	4,5	1,6 –21,5
Weiße Serie und andere 70%	Granulocyten 57,4%	Myeloblasten	1,2	0,3 – 3,1
		Progranulocyten	3,0	0,5 – 4,5
		Myelocyten	8,7	0,9 –20,3
		Metamyelocyten	11,0	5,6 –22
		Stabkernige	17,9	6,1 –36
		Segmentierte	15,6	8,7 –27
	Andere 12,6%	Lymphocyten	9,8	2,7 –24
		Monocyten	1,4	0,7 – 2,8
		Megakaryocyten	0,2	0,03– 0,4
		Plasmocyten (Plasmacyten)	0,6	0,1 – 1,5
		Reticulumzellen	0,6	0,03– 1,6
Nichtidentifizierbare 10,9%	Nichtidentifizierbare 10,9%	Nichtklassifizierte Zellen	1,7	0,02– 3,3
		Desintegrierte Zellen	9,2	1,1 –20,8

* Mittelwert aller Autoren-Mittelwerte. ** Bereich der Autoren-Mittelwerte.
1) Durchschnittswerte von 21 Autoren und 750 Untersuchungen, in: ALBRITTON, E. C. (Hrsg.), *Standard Values in Blood*, Philadelphia (1952), S. 72.

Theorie

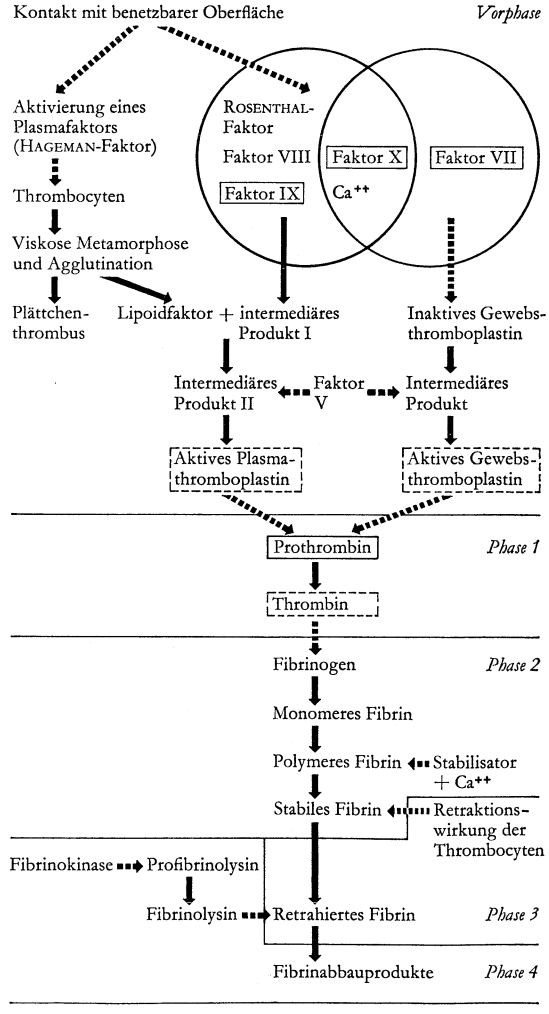
Die komplizierten Vorgänge, die sich bei der Gerinnung des Blutes abspielen, sind auch heute noch nicht restlos geklärt. Von den meisten Forschern werden zwar grundsätzlich übereinstimmende, in den Einzelheiten aber oft beträchtlich abweichende Auffassungen vertreten. Die Übersicht und das Verständnis werden noch dadurch erschwert, daß die Autoren oft verschiedene Bezeichnungen für identische Faktoren benutzen. Das International Committee on the Nomenclature of Blood Clotting Factors (Vorsitzender: Prof. IRVING WRIGHT, New York) ist bemüht, die Forschungsergebnisse kritisch zu sichten und zu koordinieren. Um das Studium der Literatur zu erleichtern, sind in der Tabelle die gebräuchlichsten Synonyme der wichtigsten Faktoren zusammengestellt.

Übersicht über die wichtigsten Faktoren und ihre Synonyme

1. Fibrinogen	Faktor I
2. Profibrin	Fibrinogen B
	Monomeres Fibrin
3. Prothrombin	Faktor II
	Prosérozyme
	Prothrombin B
	Thrombogen
	Thrombozym
	Plasmozym
4. Thromboplastin	Faktor III
	Thrombokinase
	Zymoplastin
	Zytozym
	Thrombokinin
5. Calcium	Faktor IV
6. Faktor V	Thrombogène
	Prothrombin A
	Labile factor
	Accelerator factor
	Prothrombin accelerator
	Thromboplastin-co-Faktor
	Plasma-Ac-Globulin
	Proprothrombinase
	Prothrombinogenase
	Plasma prothrombin conversion factor
	Proaccelerin
	Prothrombinokinase
	Labile component
	Serum-Ac-Globulin
	Prothrombinase
	Serum accelerator
	Accelerin
7. Faktor VII	Co-Faktor V
	Prothrombin accelerator
	Prothrombin conversion factor
	Prothrombin converting factor
	Co-Thromboplastin
	Plasma precursor
	Proconvertin
	Prothrombinogen
	Sérozyme
	Stable component
	Serum prothrombin conversion accelerator
	Convertin
	Serum prothrombin converting factor
8. Faktor VIII	Antihämophiles Globulin
	Antihämophiles Globulin A
	Antihaemophilic factor
	Plasmakinin
	Thromboplastinogen
	Thrombozytolysin
	Thrombokatalysin
	Thromboplastic plasma component
	Prothrombokinase
	Facteur antihémophilique A
	Plasma thromboplastic factor
	Plasma thromboplastic factor A
9. Faktor IX	CHRISTMAS factor
	Plasma thromboplastin component
	Plasma factor X
	Facteur antihémophilique B
	Plasma thromboplastic factor B
10. Faktor X	STUART-PROWER-Faktor
11. ROSENTHAL-Faktor	Plasma thromboplastic antecedent
12. HAGEMAN-Faktor	Plasma thromboplastic factor E
13. Profibrinolysin	Plasminogen
	Proplasmin
	Prolysin
	Lytic factor
14. Fibrinolysin	Plasmin
	Lysin
15. Fibrinokinase	Fibrinolysokinase

Der Ablauf der Gerinnung des Blutes läßt sich in vier Phasen unterteilen. Die Vorphase ist durch die Bildung von aktivem Plasma- und von aktivem Gewebsthromboplastin, die erste Phase durch die Bildung des Thrombins aus dem Prothrombin und die zweite durch die Umwandlung des Fibrinogens in Fibrin charakterisiert. In der dritten Phase findet die Retraktion des Gerinnsels und anschließend in der vierten Phase die Fibrinolyse statt.

Schema der Blutgerinnung



* Von Dr. C. MONTIGEL, Forschungslaboratorien der J.R. Geigy A.G.

Die Gerinnung des Blutes beginnt normalerweise, wenn das Blut durch eine Verletzung aus den Gefäßen austritt und in Kontakt mit einer fremden, benetzbaren Oberfläche (Gewebe) kommt. Durch den Kontakt des Blutes mit einer solchen Oberfläche wird in Gegenwart von Calciumionen einerseits ein Plasmafaktor (vermutlich HAGEMAN-Faktor) aktiviert, der auf bis jetzt nicht näher bekanntem Weg eine Metamorphose der Thrombocyten hervorruft. Andererseits wird in Gegenwart von Calciumionen eine Reaktion zwischen antihämophilem Globulin (Faktor VIII), CHRISTMAS Factor (Faktor IX), STUART-PROWER-Faktor (Faktor X) und ROSENTHAL-Faktor hervorgerufen, die zur Bildung eines intermediären Produktes I führt. Durch die Metamorphose werden die Thrombocyten labilisiert, so daß sie an der benetzbaren Oberfläche, aneinander und an anderen Zellen agglutinieren. Dadurch bildet sich einerseits ein Plättchenthrombus, andererseits wird eine Anzahl von Wirkstoffen freigesetzt, von denen ein Lipoidfaktor mit dem intermediären Produkt I ein weiteres intermediäres Produkt II bildet. Letzteres geht unter dem Einfluß von Faktor V in das aktive Plasmathromboplastin über.

Gleichzeitig mit diesen Vorgängen findet auch die Bildung des aktiven Gewebsthromboplastins im verletzten Gewebe statt. Faktor VII und STUART-PROWER-Faktor (Faktor X) wirken in Gegenwart von Calciumionen auf die Gewebsflüssigkeit (inaktives Thromboplastin). Es bildet sich ein intermediäres Produkt, das durch den Faktor V zum aktiven Gewebsthromboplastin aktiviert wird. Alle bisher geschilderten Vorgänge gehören der sogenannten Vorphase der Gerinnung an.

Die beiden aktiven Thromboplastine (Plasma- und Gewebsthromboplastin) wirken in der ersten Phase der Gerinnung auf das Prothrombin ein und verursachen seine Umwandlung in Thrombin. Heparin hemmt sowohl die Aktivität der Thromboplastine als auch die des Thrombins. Auch andere Hemmstoffe, die noch verhältnismäßig wenig erforscht sind, greifen in das Gerinnungsgeschehen ein.

Das Thrombin bewirkt in der zweiten Phase der Gerinnung die Umwandlung des Fibrinogens in monomeres lösliches Fibrin. Dieses polymerisiert sich weiter und wird unter dem Einfluß eines Stabilisators und von Calciumionen zum stabilen Fibrin.

Das Fibringerinnsel retrahiert sich unter dem Einfluß der Thrombocyten (dritte Phase der Gerinnung) und wird schließlich durch das fibrinolytische System des Blutes abgebaut (vierte Phase). Bei diesem Vorgang entstehen lösliche Fibrinabbauprodukte. Das wirksame Ferment Fibrinolysin ist ein wenig spezifisches, proteolytisches Enzym, das unter pathologischen Bedingungen auch Fibrinogen und weitere Proteine des Gerinnungssystems abzubauen vermag. Das Fibrinolysin wird durch die Fibrinokinase aus einer inaktiven Vorstufe, dem Profibrinolysin, gebildet. Die aktivierende Wirkung der Fibrinokinase wird ihrerseits durch die Antifibrinokinase gehemmt. Dem gebildeten Fibrinolysin wirkt das Antifibrinolysin entgegen.

Methoden*

Blutungszeit

Begriff ..... Mit der Bestimmung der Blutungszeit wird das Phänomen der Blutstillung sowohl bei aus Kapillaren als auch aus kleinen Venen und Arteriolen blutenden Wunden erfaßt. Die Stillung der Blutung kommt dabei im wesentlichen durch die Bildung eines Plättchenthrombus zustande.

Methode ..... Einstich in Ohrläppchen oder Fingerbeere mit Schnepper oder Lanzette, immer gleich tief (etwa 3 mm). Dann entweder
a) Abtupfen des austretenden Blutes mit Filterpapier in regelmäßigen Abständen von wenigen Sekunden[1, 2] oder
b) Eintauchen des Fingers in physiologische Kochsalzlösung und Feststellen des Zeitpunktes, in welchem der ausfließende Blutfaden abbricht[3–5].
c) Gleiche Technik wie b), aber durch Blutdruckmanschette erzeugter Druck von 40 Torr gewährleistet Offenbleiben der Kapillaren[6].

Normalwerte ..... Nach a): 0–7,5 min[1]; Mittel: 2,5 min.
Nach b): 2,5–7 min[5].

Bemerkungen ..... Bei a) und b) ist die Blutungszeit stark von der Retraktion der Kapillaren abhängig. Bei c) ist die erhaltene Zeit unabhängig vom Kapillareffekt.

1) DUKE, W.W., *J. Amer. med. Ass.*, **55**, 1185 (1910).
2) DUKE, W.W., *Arch. intern. Med.*, **10**, 445 (1912).
3) ROSKAM, J., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **112**, 1245 (1933).
4) MARX und KÖPPEL, *Sangre (Santiago)*, **2**, 142 (1957).
5) IVY et al., *Surg. Gynec. Obstet.*, **60**, 781 (1935).
6) TOCANTINS, L. M., *Amer. J. clin. Path.*, **6**, 160 (1936); COPLEY und LALICH, *J. clin. Invest.*, **21**, 145 (1942).

Blutgerinnungszeit

Begriff ..... Unter der Blutgerinnungszeit versteht man die Zeit, die natives, durch Punktion mit siliconierten oder paraffinierten Spritzen entnommenes Blut in vitro bei 37 °C zur völligen Gerinnung benötigt.

Methode ..... Venenblut wird ohne Zusatz durch Punktion mit paraffinierten oder siliconierten Spritzen entnommen, in Teströhrchen übergeführt und bei 37 °C der Zeitpunkt des völligen Festwerdens ermittelt[1, 4]. Die Modifikation von DALE und LAIDLAW[2] arbeitet mit Kapillarblut, diejenige von BIGGS und MACFARLANE[3] mit gleicher Technik wie LEE und WHITE[1], aber unter Verwendung von siliconierten Teströhrchen.

Normalwerte ..... Gewöhnliche Reagensgläser, venöses Blut: 6–12 min[4].
Gewöhnliche Reagensgläser, Kapillarblut: 1,5–3 min[2].
Venöses Blut, siliconierte Gläser: 18–25 min[3].

Bemerkungen ..... Es muß berücksichtigt werden, daß die Werte von einer Unzahl äußerer Faktoren abhängen, zum Beispiel Art des Glasmaterials, der Blutentnahme, der Geschwindigkeit, mit der das Röhrchen gekippt wird usw. Der Test gibt bei fachgemäßer technischer Durchführung wertvolle Hinweise für die Erkennung und Beurteilung hämorrhagischer Diathesen.

1) LEE und WHITE, *Amer. J. med. Sci.*, **145**, 495 (1913).
2) DALE und LAIDLAW, *J. Path. Bact.*, **16**, 351 (1911).
3) BIGGS und MACFARLANE, *Human Blood Coagulation and its Disorders*, 2. Aufl., Oxford (1957).
4) JÜRGENS und STUDER, *Helv. physiol. pharmacol. Acta*, **6**, 130 (1948).

Rekalzifizierungszeit

Begriff ..... Nach Rekalzifizierung im Citrat- oder Oxalatplasma gemessene Gerinnungszeit.

Methode ..... Blut wird durch Venenpunktion entnommen, mit $^1/_8$ des Endvolumens mit isotonischer Natrium-Citratlösung oder $^1/_{10}$ des Endvolumens mit isotonischer Natrium-Oxalatlösung in der Spritze gemischt. Nach Zentrifugieren werden 0,2 ml Plasma mit 0,2 ml einer entsprechend konzentrierten Calciumchloridlösung rekalzifiziert und die Zeitspanne von der Zugabe des Calciumchlorids bis zum Gerinnungseintritt gemessen (HOWELL-Zeit).

Normalwerte ..... 1,5–4 min[1].

1) BIGGS und MACFARLANE, *Human Blood Coagulation and its Disorders*, 2. Aufl., Oxford (1957).
2) JÜRGENS und BELLER, *Klinische Methoden der Blutgerinnungsanalyse*, Stuttgart (1959).

* Ausführliche Beschreibungen aller mit der Gerinnung des Blutes in Zusammenhang stehenden Methoden finden sich zum Beispiel in JÜRGENS und BELLER, *Klinische Methoden der Blutgerinnungsanalyse*, Stuttgart (1959), sowie in BIGGS und MACFARLANE, *Human Blood Coagulation and its Disorders*, 2. Aufl., Oxford (1957).

Rekalzifizierungszeit (Schluß)

Bemerkungen ..... Ähnliche Resultate werden auch bei Messung der Rekalzifizierungszeit im Vollblut erhalten. Für geringste Blutmengen kann die Rekalzifizierungszeit im Ammonoxalatplasma nach JÜRGENS[2] verwendet werden. Bei stark verlängerter Plasma-Rekalzifizierungszeit ist es vorteilhaft, in verdünntem Plasma (0,2 ml Plasma + 1 ml physiologische Kochsalzlösung) zu arbeiten[2].

Prothrombinzeit

Begriff ..... Die Rekalzifizierungszeit des citrierten oder oxalierten Blutes oder Plasmas wird unter Zusatz eines Thromboplastinpräparats gemessen. Letzteres bewirkt eine starke Verkürzung der Rekalzifizierungszeit.

Methode ..... Citriertes oder oxaliertes Blut oder Plasma wird mit geeigneten Mengen eines Thromboplastinpräparats bei 37 °C versetzt, rekalzifiziert und der Zeitpunkt des Eintritts der Gerinnung (1. Fibrinfaden) festgestellt. Mit 0,1 ml Plasma arbeitet die Methode von QUICK[1] und zahlreiche Modifikationen, zum Beispiel SCHULTZE[2], MONTIGEL und PULVER[3]. Andere Methoden benützen geringere Mengen Plasma oder Vollblut[4].

Normalwerte ..... Mit Humanhirnthromboplastin: 10–12 s.
Mit Kaninchenhirnthromboplastin: 12–14 s.
Mit Lungenthromboplastin: 14–16 s.

Bemerkungen ..... Die Prothrombinzeit des normalen Plasmas oder Blutes hängt von der Aktivität des verwendeten Thromboplastinpräparats und von dessen Wirkungsmechanismus ab. Der Test wird hauptsächlich zur Kontrolle der Wirkung von Cumarin- oder Indandionpräparaten bei der Anticoagulantienbehandlung verwendet. Für die Interpretation der Resultate ist es nötig, zu wissen, auf welche der in Frage stehenden Gerinnungsfaktoren (Faktor II, V, VII, X) das verwendete Thromboplastinpräparat anspricht[5].

1) QUICK et al., *Amer. J. med. Sci.*, **190**, 501 (1935).
2) SCHULTZE, H. E., *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak.*, **207**, 173 (1949).
3) MONTIGEL und PULVER, *Schweiz. med. Wschr.*, **82**, 132 (1952).
4) MONTIGEL, C., *Ther. Umsch.*, **9**, 17 (1952); FIECHTER, N., *Schweiz. med. Wschr.*, **70**, 259 (1940); JÜRGENS, J., *Z. klin. Med.*, **146**, 516 (1950); MARX und BAYERLE, *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.*, **283**, 243 (1948).
5) MONTIGEL, C., *Schweiz. med. Wschr.*, **89**, 1259 (1959).

Retraktion

Begriff ..... Nach Beendigung der Gerinnung zieht sich das Gerinnsel zusammen und preßt Serum aus. Der Vorgang beginnt 10–30 min nach der Gerinnung und ist in 2–3 Stunden beendet.

Methode ..... Die Methoden zu Retraktionsmessung beruhen
1. auf der Messung der volumetrischen Größe der Retraktion[1, 2];
2. auf der Messung der Retraktionszeit;
3. auf der Messung der Retraktionskraft, ausgedrückt in Dyn[3].
Außerdem: Bestimmung der Retraktion im Kapillarblut[4, 5].

Normalwerte ..... Volumetrisch nach MACFARLANE[1]: Vol.% ausgepreßtes Serum: 48–64, Mittel 54,7.
Retraktionskraft (Schrotkügelchen-Methode)[6]: 224–558 mg, entsprechend 220–547 dyn.
Messung der Zeitdauer bis zum Austreten eines Tropfens Serum aus Blutstropfen (Ricinusölmethode[4]): 20–45 min, Mittel 33 min.

Bemerkungen ..... Die Bestimmung der Retraktion ist klinisch von Interesse, da die Retraktion bei gewissen Thrombocytopathien und andern Coagulopathien sowie bei Heparintherapie verzögert abläuft.

1) MACFARLANE, R. G., *Lancet*, **1**, 1199 (1939).
2) JÜRGENS, J., *6th Congress of the European Society of Hematology*, Transactions, Kopenhagen (1957); FONIO, A., *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **4**, 1 (1953).
3) BAYERLE et al., *Klin. Wschr.*, **27**, 237 (1949).
4) HIRSCHBOECK, J. S., *J. Lab. clin. Med.*, **33**, 347 (1948).
5) MATIS, P., *Dtsch. med. Wschr.*, **74**, 618 (1949); MATIS und GROSS, *Med. Welt*, **20**, 492 (1951).
6) FONIO, A., *Schweiz. med. Wschr.*, **84**, 372 (1954); ibid., *Acta haemat. (Basel)*, **11**, 251 (1954).

Heparintoleranztest

Begriff ..... Heparintoleranztest in vitro[1]: Zur Messung der Coagulabilität des Blutes benutzte Methode. Im Prinzip wird die Rekalzifizierungszeit unter Zusatz bestimmter Mengen von Heparin (verzögerte Gerinnung) gemessen. Eine ähnliche Methode ist der Kochsalztoleranztest nach JÜRGENS, bei dem die Rekalzifizierungszeit unter Zusatz bestimmter Mengen von Kochsalz an Stelle des Heparins bestimmt wird[2]. Heparintoleranztest in vivo: Bestimmung der Rekalzifizierungszeit nach Injektion bestimmter Mengen Heparin.

Methode ..... Blut einer normalen Kontrollperson muß stets gleichzeitig mit demjenigen des zu testenden Patienten entnommen und gleichzeitig auf derselben Zentrifuge bei 1000 U./min zentrifugiert werden. Dann erfolgt der Zusatz des Heparins bei 37 °C und Messung der Rekalzifizierungszeit. Zur Erhöhung der Genauigkeit können 3 abgestufte Heparinkonzentrationen parallel verwendet werden. Der Test kann auch im Vollblut durchgeführt werden. Für den Test in vivo erfolgt die Messung der Rekalzifizierungszeit 10 min nach der Injektion des Heparins. Beim Kochsalztoleranztest wird die Messung der Rekalzifizierungszeit des Patientenblutes nach Zusatz einer bestimmten Menge Kochsalz in vitro bei 37 °C ausgeführt.

Normalwerte ..... Heparintoleranz in vitro: 1 IE Heparin pro 0,5 ml Plasma: 8–12 min.
Heparintoleranz in vivo: 40–49 min (25 mg Heparin i.v.).
5–7 min (10 mg Heparin i.v.). Bei Raumtemperatur.
Kochsalztoleranz: 2–2,25 min (0,1 ml Plasma + 0,1 ml 2,5%ige Natriumchloridlösung)[2].

Bemerkungen ..... Heparintoleranz in vitro: Aus dem Quotienten der Rekalzifizierungszeit des Blutes der Kontrollperson und des Patienten unter Zusatz der gleichen Heparinmenge werden Schlüsse auf die sogenannte Coagulabilität des Blutes des Patienten gezogen. Ist die Gerinnungszeit des Blutes des Patienten größer als die des Blutes der Kontrollperson, so besteht beim Patienten Hypocoagulabilität, ist sie kleiner, Hypercoagulabilität. Beim Kochsalztoleranztest genügt die Messung des Patientenblutes und Vergleich mit dem bekannten Normalwert zur Beurteilung des Coagulationszustandes.

1) SOULIER und LE BOLLOCH, *Sem. Hôp. Paris*, **26**, 3702 (1950); ibid., *Rev. Hémat.*, **5**, 148 (1950); WAUGH und RUDDICK, *Canad. med. Ass. J.*, **50**, 547 (1944).
2) JÜRGENS, J., *Blut*, **2**, 301 (1956).

Synopsis des Blutes – Blutgruppen

Von PD Dr. med. L. P. Holländer, Blutspendezentrum Basel-Stadt des Schweizerischen Roten Kreuzes

Allgemeines[1]

Unter Blutgruppen versteht man erbbare Erythrocyteneigenschaften, die sich serologisch mit Hilfe von spezifischen Antikörpern als Antigene feststellen lassen. Die Eigenschaften werden in Form von Genen nach den Mendelschen Regeln vererbt. Die Blutgruppen ändern sich im Laufe des Lebens nicht; sie werden durch Klima oder andere äußere Ursachen und im allgemeinen auch durch Krankheit nicht beeinflußt. Die einzelnen Blutgruppeneigenschaften lassen sich zu Systemen zusammenfassen. Jedes dieser Systeme wird am separaten Chromosom vererbt (Abb. 1). Die bisher bekannten Systeme sind: **ABO, MNSs, P, Rh, Lutheran, Kell, Lewis, Duffy** und **Kidd***. Gewisse Systeme bestehen nur aus einem einzigen allelen Genpaar, wie zum Beispiel die Systeme **Lutheran** und **Kidd**. Andere setzen sich aus enggekoppelten Genpaaren zusammen, wie das **MNSs**-System oder, nach der Meinung englischer Forscher, auch das **Rh**-System. Die einzelnen Systeme werden voneinander unabhängig weitervererbt.

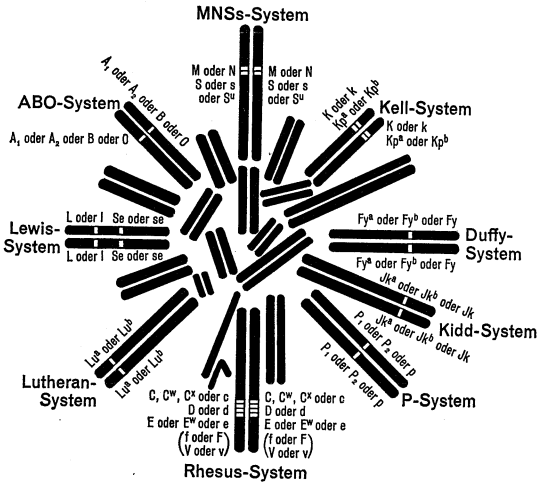


Abb. 1. Schema der menschlichen Chromosomen

Die Antikörper können zur Bestimmung der Blutgruppenantigene dienen und sind entweder Iso- oder Heteroantikörper**. Sie treten beim Menschen entweder als sogenannte natürlich vorkommende Antikörper «spontan» auf, das heißt, ohne daß der antigene Reiz bekannt wäre, oder als Immunantikörper infolge eines Immunisierungsvorgangs, das heißt nach Schwangerschaften oder ungleichnamigen Transfusionen und Blutinjektionen. Antikörperhaltige Seren, mit denen wir Erythrocyten auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer gewissen Blutgruppeneigenschaft prüfen, werden Testseren genannt. Die Reaktion zwischen den antigentragenden Erythrocyten und den Antikörpern der Testseren führt zu einer Agglutination – unter Umständen zu einer Lyse – der ersteren.

Die Antikörper werden nach ihrem Reaktionsmodus in Agglutinine und inkomplette Antikörper eingeteilt (Tabelle 1).

Agglutinine sind Antikörper, die gegen in physiologischer NaCl-Lösung aufgeschwemmte korrespondierende Erythrocyten (die das der Spezifität der Antikörper entsprechende Antigen aufweisen) wirksam sind. Unter ihrer Einwirkung werden die Erythrocyten zusammengeballt, agglutiniert. Inkomplette Antikörper führen dann zu einer Agglutination, wenn die Erythrocyten in einem viskösen Medium – zum Beispiel einer 20%igen Rinderalbuminlösung – aufgeschwemmt werden.

Tabelle 1

	Reagiert mit Erythrocyten	
	in physiologischer NaCl-Lösung	in 20–30%iger Rinderalbuminlösung†
Agglutinine (andere Bezeichnungen: komplette Antikörper, NaCl-Agglutinine, bivalente Antikörper)	+	+
Inkomplette Antikörper†† (andere Bezeichnungen: blockierende Antikörper, univalente Antikörper, Glutinine, hyperimmune Antikörper, Albuminantikörper)	–	+

† Auch andere viskose Medien, wie menschliches Serum, Gummi arabicum, Gelatine, makromolekulare Lösungen usw., können mehr oder weniger gut verwendet werden.

†† Unter sogenannten Kryptagglutininen werden inkomplette Antikörper verstanden, die *nur* im indirekten Coombs-Test nachweisbar sind.

Eine empfindliche Nachweismethode inkompletter Antikörper ist der Antiglobulintest (Coombs, Mourant und Race[2]), auch Coombs-Test genannt. Er beruht auf der Tatsache, daß die inkompletten Antikörper (γ-Globuline) die Erythrocyten nur beladen, aber nicht agglutinieren. Mit Hilfe eines meistens durch wiederholte γ-Globulin-Injektionen beim Kaninchen erzeugten Antiglobulinserums werden dann die Erythrocyten agglutiniert (Abb. 2).

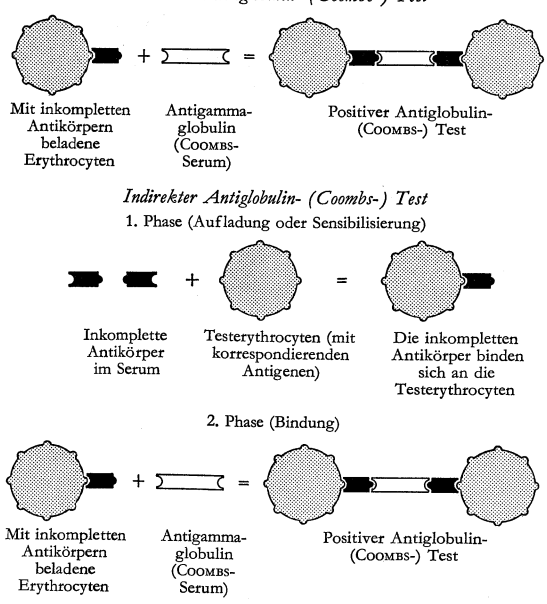


Abb. 2 Direkter und indirekter Antiglobulin-Test in schematischer Darstellung

1) Einige neuere Werke über Blutgruppen und Anwendungsgebiete: Boorman und Dodd, *An Introduction to Blood Group Serology*, London (1957); Boyd, W. C., *Tab. biol. (Amst.)*, **17**, 113 (1939); Dunsford und Bowley, *Techniques in Blood Grouping*, Springfield (1956); James, J. D., *Practical Blood Transfusion*, Oxford (1958); Mollison, P. L., *Blood Transfusion in Clinical Medicine*, 2. Aufl., Oxford (1956); Mourant, A. E., *The Distribution of the Human Blood Groups*, Oxford (1954); Race und Sanger, *Blood Groups in Man*, 3. Aufl., Oxford (1958); Stratton und Renton, *Practical Blood Grouping*, Oxford (1958); Wiener, A. S., *Blood Groups and Transfusion*, 3. Aufl., Springfield (1943); Wiener und Wexler, *Heredity of the Blood Groups*, New York (1958).

2) Coombs et al., *Brit. J. exp. Path.*, **26**, 255 (1945); *Lancet*, **1**, 264 (1946).

* Weitere Systeme, wie **Diego** und **Sutter**, werden zur Zeit abgeklärt. Die Antigene scheinen nur bei Angehörigen gewisser Rassen vorhanden zu sein.

** Iso = der gleichen Gattung, hetero = einer andern Gattung.

Eine weitere Methode zum Nachweis inkompletter Antikörper besteht in der Vorbehandlung der Erythrocyten mit proteolytischen Enzymen, wie Trypsin[1], Papain[2], Ficin[3] usw. Die der Enzymwirkung ausgesetzten und in physiologischer NaCl-Lösung suspendierten Erythrocyten werden durch korrespondierende inkomplette Antikörper agglutiniert. Eine besonders empfindliche Nachweismethode besteht in der Kombination des Enzymtests mit dem Antiglobulintest[4].

Die klinische Bedeutung der Blutgruppen

Von großer Wichtigkeit sind die Blutgruppen bei der *Bluttransfusion*. Trotz den zahlreichen Gruppeneigenschaften der Blutkörperchen werden bei der Blutübertragung primär nur die Eigenschaften **A**, **B** und **D** (Rh_0) berücksichtigt. Hätte man alle bekannten Blutgruppen bei der Transfusion zu berücksichtigen, so müßte jeder Blutspendedienst von vorneherein kapitulieren. Bei wiederholten Bluttransfusionen, eventuell intramuskulären Blutinjektionen, können beim Empfänger Antikörper (Immunantikörper) gegen weitere Blutgruppeneigenschaften auftreten. In diesen Fällen muß das Blut besonders sorgfältig und mit Hilfe einer empfindlichen serologischen Verträglichkeitsprobe gewählt werden. Bei Frauen können auch Schwangerschaften zur Immunantikörperbildung führen. Dies ist auch der pathogenetische Mechanismus für die Entstehung des Morbus haemolyticus neonatorum beim Menschen. Die Mutter besitzt eine Blutgruppeneigenschaft (meistens die **Rh**-Eigenschaft **D** = Rh_0) *nicht*, die aber auf den Fötus von väterlicher Seite vererbt wurde. Als Antigen gelangt diese Eigenschaft in den Organismus der Mutter und führt zur Bildung von Antikörpern. Die Antikörper ihrerseits passieren die Placentabarriere und schädigen das Kind. Welche Antikörper der einzelnen Blutgruppensysteme für die Auslösung einer hämolytischen Transfusionsreaktion verantwortlich gemacht werden können und inwiefern sie bei der Entstehung des Morbus haemolyticus neonatorum eine Rolle spielen, zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2

Blutgruppensystem	Vorkommen der Antikörper bei Personen, die nie schwanger waren und nie Transfusionen oder intramuskuläre Blutinjektionen erhalten haben	Ursache einer hämolytischen Transfusionsreaktion	Ursache eines Morbus haemolyticus neonatorum
ABO	regelmäßig	ja	ja
MNSs	selten	selten	sehr selten
P	regelmäßig	sehr selten	0
Rh	außerordentlich selten	ja	ja
Lutheran	außerordentlich selten	fraglich	0
Kell	0	selten	selten
Lewis	gelegentlich	selten	fraglich
Duffy	fraglich	selten	sehr selten
Kidd	0	sehr selten	sehr selten

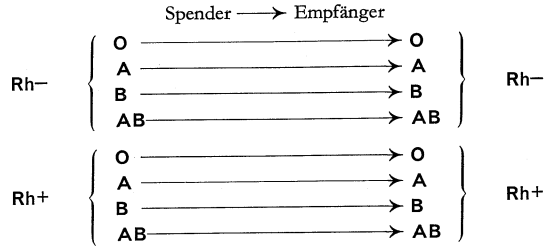
Die Forderungen bei der Durchführung einer Bluttransfusion können in folgende Punkte zusammengefaßt werden:

1. Zuverlässige Bestimmung der **ABO**-Gruppe und der **Rh**-Zugehörigkeit des Empfängers (Röhrchentest: gleiche Teile von Testserum und Erythrocytenaufschwemmung werden in kleinen Röhrchen von 7 × 50 mm inkubiert und das Sediment mikroskopisch auf Agglutination untersucht).

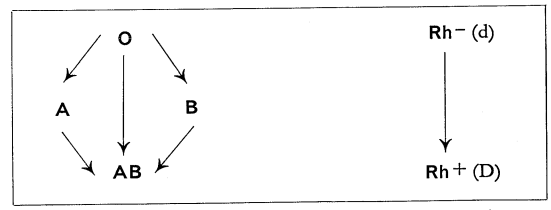
2. Serologische Verträglichkeitsprobe (Kreuzprobe, crossmatch) zwischen Empfängerserum und Spendererythrocyten: Je 2 Tropfen frisches Empfängerserum, 5%ige Spendererythrocytensuspension in physiologischer NaCl-Lösung und 20–30%ige Rinderalbuminlösung werden in 2 kleine Röhrchen (A und B) gebracht. Beide Röhrchen werden 1 Minute bei 1000 Touren zentrifugiert und mit bloßem Auge auf Agglutination bzw. Hämolyse untersucht. Bei negativem Ausfall wie folgt weiterfahren: Röhrchen A 15 Minuten bei 37°C im Wasserbad aufbewahren, 1 Minute bei 1000 Touren zentrifugieren und die sedimentierten Erythrocyten mikroskopisch auf Agglutination untersuchen. Agglutination bedeutet Unverträglichkeit. Röhrchen B nach 15 Minuten Wasserbad (37°C) im indirekten Coombs-Test weiterverarbeiten. Positiver Ausfall bedeutet Unverträglichkeit.

3. Für Dringlichkeitsfälle gilt folgendes: **ABO**- und **Rh**-Bestimmung im Objektträgertest. Orientierende Verträglichkeitsprobe vor der Transfusion: Je 2 Tropfen frisches Empfängerserum, 5%ige Spendererythrocytensuspension in physiologischer NaCl-Lösung sowie 20–30%ige Rinderalbuminlösung werden in kleinen Röhrchen 1 Minute bei 1000 Touren zentrifugiert und auf Agglutination bzw. Hämolyse untersucht.

4. Grundsätzlich wird *gruppengleiches Blut* übertragen.



Ist solches (nach obigem Schema) nicht verfügbar, so bestehen folgende *Ausweichmöglichkeiten*:



5. Nur mit pyrogenfreiem Material und unter aseptischen Kautelen konserviertes Blut soll verabreicht werden. Überaltertes und/oder hämolytisches Konservenblut soll nicht gegeben werden. Direktübertragungen sind auf Fälle besonderer Indikation zu beschränken.

Das ABO-Blutgruppensystem

Erkannt wurden die **ABO**-Gruppen um die Jahrhundertwende von Landsteiner[5]. Von Dungern und Hirschfeld[6] haben die Gruppe **A** in A_1 und A_2 unterteilt. Die genaue Art der Vererbung der **ABO**-Gruppen hat der Mathematiker Bernstein[7] beschrieben. Seine sogenannte 3-Gen-Theorie wurde im Hinblick auf die **A**-Untergruppen von Thomsen, Friedenreich und Worsaae[8] in eine 4-Gen-Theorie erweitert. Eine besondere Form der Gruppe **A** hat Friedenreich[9] beschrieben und als A_3 bezeichnet. Im Ersten Weltkrieg entdeckte das Ehepaar Hirschfeld[10], daß Angehörige verschiedener Rassen unterschiedliche Verteilung der **ABO**-Gruppen aufweisen. Dies war der Beginn einer neuen Forschungsrichtung, der Seroanthropologie. Die Häufigkeitszahlen der einzelnen Gene können für eine bestimmte Bevölkerungsgruppe errechnet werden. Die strenge Regelmäßig-

1) Morton und Pickles, *Nature*, **159**, 779 (1947); Wheeler et al., *J. Immunol.*, **65**, 39 (1950).
2) Kuhns und Bailey, *Amer. J. clin. Path.*, **20**, 1067 (1950); Stratton, F., *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **3**, 43 (1953); Stratton, F., *Lancet*, **1**, 1169 (1953).
3) Haber und Rosenfield, *P. H. Andresen, Papers in Dedication of his 60th Birthday*, Kopenhagen (1957), S. 45.
4) Unger, L. J., *J. Lab. clin. Med.*, **37**, 825 (1951).
5) Landsteiner, K., *Zbl. Bakt., I. Abt. Orig.*, **27**, 357 (1900); *Wien. klin. Wschr.*, **14**, 1132 (1901).
6) Von Dungern und Hirschfeld, *Z. Immun.-Forsch.*, **8**, 526 (1911).
7) Bernstein, F., *Klin. Wschr.*, **3**, 1495 (1924).
8) Thomsen et al., *Acta path. microbiol. scand.*, **7**, 157 (1930).
9) Friedenreich, V., *Z. Immun.-Forsch.*, **89**, 409 (1936).
10) Hirschfeld und Hirschfeld, *Lancet*, **2**, 675 (1919).

keit des Erbganges führte zur Anwendung der Blutgruppenbestimmungen in Fällen strittiger Abstammung und bei Klärung anderer forensischer Fragen. Über die klinische Bedeutung orientiert Tabelle 2. Die meisten und die schwersten hämolytischen Transfusionszwischenfälle werden durch Unstimmigkeit im **ABO**-System ausgelöst.

Die Bestimmung der **ABO**-Gruppen an den Erythrocyten erfolgt mit Hilfe der normalerweise und regelmäßig in menschlichen Seren vorkommenden Isoagglutinine **Anti-A** und **Anti-B** (Tabelle 3).

Tabelle 3

Reaktion mit				
Anti-A	—	+	—	+
Anti-B	—	—	+	+
Blutgruppe	**O**	**A**	**B**	**AB**

Die Erythrocyten sind Träger der Antigene, während im Serum nur gegen entgegengesetzte Antigene gerichtete Antikörper zu finden sind (Tabelle 4).

Tabelle 4

Blutgruppe	Antigene an den Erythrocyten	Antikörper im Serum
O	—	**Anti-A** + **Anti-B**
A	**A**	**Anti-B**
B	**B**	**Anti-A**
AB	**A** und **B**	keine

Fast alle **Anti-A**-Seren (von Spendern der Gruppe **B**) bestehen aus zwei Komponenten, nämlich **Anti-A** und **Anti-A_1**. Mit Hilfe von **Anti-A_1** kann ein **A**-Blut als A_1 oder A_2 bzw. ein **AB**-Blut als A_1B oder A_2B näher bestimmt werden. Das **Anti-A_1** reagiert nur mit den Erythrocyten der Gruppen A_1 und A_1B, während das **Anti-A** sowohl mit A_1 als A_2 bzw. A_1B und A_2B reagiert. Durch diese Unterteilung von **A** erhöht sich die Zahl der möglichen Blutgruppen auf 6, nämlich: A_1, A_2, **B**, A_1B, A_2B und **O**. Diesen 6 Phänotypen entsprechen 10 Genotypen (Tabelle 5).

Tabelle 5

Phänotyp	Genotyp
A_1	A_1A_1, A_1A_2, A_1O
A_2	A_2A_2, A_2O
B	**BB**, **BO**
A_1B	A_1B
A_2B	A_2B
O	**OO**

Da man nicht über einen spezifisch gegen das Antigen «**O**» wirksamen Antikörper verfügt, kann man die Gruppe **O** nur durch die negative Reaktion mit den Antiseren **Anti-A** und **Anti-B** definieren. Auch ist es auf serologischem Wege nicht möglich, die Genotypen **AA** und **AO** bzw. **BB** und **BO** auseinanderzuhalten. In Tabelle 6 ist das Wesentlichste über die Serologie der A_1A_2BO-Blutgruppen zusammengefaßt.

Durch die intensive Forschung auf dem Gebiete der Blutgruppen wurde manches noch über die **ABO**-Blutgruppen aufgeklärt. So haben wir in genetischer Hinsicht Kenntnis über sogenannte modifizierende Gene, welche die phänotypische Ausprägung der **ABO**-Gruppen beeinflussen[1]. Auch ist die Chemie der Gruppensubstanzen weitgehend erforscht[2]. Die Antigene **A** und **B** konnten auch an Blutplättchen und Leucocyten nachgewiesen werden[3]. Gewisse Pflanzenextrakte haben die Wirkung spezifischer Agglutinine[4]. Nicht restlos gelöst ist die Frage der genauen genetischen Beziehung zwischen den **ABO**- und den **Lewis**-Gruppen (siehe noch später) oder gewisser selten vorkommender Varianten der Eigenschaften **A** und **B** (A_x[5], A_m[6], A_g[7], B_3[8], B_w[9]).

Tabelle 6

Blutgruppe	Reaktion mit Testserum			Antikörper, die regelmäßig im Serum vorhanden sind	Antikörper, die gelegentlich im Serum vorhanden sind
	Anti-A	Anti-A_1	Anti-B		
O	—	—	—	**Anti-A** (+ **Anti-A_1**) **Anti-B**	—
A_1	+	+	—	**Anti-B**	—
A_2	+	—	—	**Anti-B**	**Anti-A_1** in etwa 2%
B	—	—	+	**Anti-A** (+ **Anti-A_1**)	—
A_1B	+	+	+	keine	—
A_2B	+	—	+	keine	**Anti-A_1** in etwa 25%

Sekretoren und Nichtsekretoren

Allen menschlichen Erythrocyten ist die Substanz **H** eigen, eine Grundsubstanz, aus der wahrscheinlich die Substanzen **A** und **B** unter dem Einfluß der **A**- und **B**-Gene entstehen. **O**-Erythrocyten haben die meiste **H**-Substanz und in abnehmender Menge die A_2-, A_2B-, **B**-, A_1- und schließlich die A_1B-Erythrocyten. Daß auch A_1B-Blutkörperchen **H**-Substanz besitzen, ist ein Beweis dafür, daß **H** nicht mit **O** identisch ist.

Die Antigene **A**, **B** und **H** sind in vielen Fällen auch im Speichel und anderen Körperflüssigkeiten nachweisbar[10]. Diese Tatsache ist durch ein Genpaar bedingt, das sich nach den MENDELschen Gesetzen vererbt[11]. Individuen, bei denen die gelösten Substanzen **A**, **B** und **H** nachweisbar sind, nennt man Sekretoren, solche, bei denen sie nicht nachweisbar sind, Nichtsekretoren (Symbole **Se** bzw. **se**). FRIEDENREICH und HARTMANN[12] unterscheiden zwei Arten der Antigensubstanzen: 1. Die in wasserlöslicher Form, welche an den Erythrocyten nicht, bei Ausscheidern (Sekretoren) aber in den meisten Körperflüssigkeiten nachweisbar sind. Die Anwesenheit dieser Antigensubstanzen wird durch das Sekretor-Gen (**Se**) determiniert. 2. Die alkohollösliche Form des Antigens, welche in allen Geweben (mit Ausnahme der Hirnsubstanz) und vor allem an den Blutkörperchen vorhanden ist, nicht aber in den Körperflüssigkeiten. Diese alkohollösliche Form wird durch das Gen **Se** nicht beeinflußt. Die Gene **Se** und **se** werden unabhängig von den Genen des **ABO**-Systems vererbt. GRUBB[13] konnte zeigen, daß das Sekretionsphänomen in enger Beziehung zu dem **Lewis**-System steht (siehe später). Der Anteil der Sekretoren in der Bevölkerung beträgt etwa 75%[14].

Das MNSs-Blutgruppensystem

Die Antigene **M** und **N** menschlicher Erythrocyten wurden 1927 von LANDSTEINER und LEVINE[15] mit Hilfe von Kaninchenimmunseren entdeckt. Die Tiere wurden mit menschlichem Blut, welches das Antigen **M** bzw. **N** enthielt, vorbehandelt. Die gleichen Forscher stellten durch Familienuntersuchungen fest, daß die Eigenschaften **M** und **N** nach den MENDELschen Gesetzen vererbt werden[16], und errechneten auch die Genhäufigkeit für **M** und **N**[17]. Die Verhältnisse im **MN**-System gehen aus Tabelle 7 hervor.

1) RACE und SANGER, *P. H. Andresen, Papers in Dedication of his 60th Birthday*, Kopenhagen (1957), S. 172.
2) KABAT, E. A., *Blood Group Substances*, New York (1956).
3) DAUSSET, J., *Immuno-hématologie biologique et clinique*, Paris (1956), S. 459 und 594.
4) KRÜPE, M., *Blutgruppenspezifische pflanzliche Eiweißkörper (Phytagglutinine)*, Stuttgart (1956).
5) FISCHER und HAHN, *Z. Immun.-Forsch.*, **84**, 177 (1935).
6) WIENER und GORDON, *Brit. J. Haemat.*, **2**, 305 (1956).
7) VAN LOGHEM, Jr., et al., *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **2**, 16 (1957).
8) MOULLEC et al., *Rev. Hémat.*, **10**, 574 (1955).
9) LEVINE et al., *Proceedings of the 6th Congress of the International Society of Blood Transfusions*, Paris (1958), S. 132.
10) LEHRS, H., *Z. Immun.-Forsch.*, **66**, 175 (1930); PUTKONEN, T., *Acta Soc. Med. «Duodecim»*, **A 14**, Fasc. 2, 1 (1932).
11) SCHIFF und SASAKI, *Klin. Wschr.*, **11**, 1426 (1932).
12) FRIEDENREICH und HARTMANN, *Z. Immun.-Forsch.*, **92**, 141 (1938).
13) GRUBB, R., *Acta path. microbiol. scand.*, **28**, 61 (1951).
14) CLARKE, C. A., *Brit. med. J.*, **2**, 725 (1956).
15) LANDSTEINER und LEVINE, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **24**, 600 und 941 (1927).
16) LANDSTEINER und LEVINE, *J. exp. Med.*, **48**, 731 (1928).
17) LANDSTEINER und LEVINE, *J. exp. Med.*, **47**, 757 (1928).

Tabelle 7

Reaktion mit:			
Anti-M	+	+	—
Anti-N	—	+	+
Phänotyp (oder Gruppe)	**M**	**MN**	**N**
Genotyp	**MM**	**MN**	**NN**

Erst 1947 wurde klar, daß dieses Blutgruppensystem sich nicht so einfach gestaltet. WALSH und MONTGOMERY[1] fanden 1947 ein menschliches Serum, welches Immunantikörper enthielt gegen ein Antigen, das in engster Beziehung zu **M** und **N** steht[2]. Dieses Antigen wurde mit **S**, die Antikörper mit **Anti-S** bezeichnet. 1951 fanden LEVINE, KUHMICHEL, WIGOD und KOCH[3] einen Antikörper, der mit dem bis dahin hypothetisch angenommenen **s** reagierte. Die Antikörper **Anti-M** und **Anti-N** kommen auch als irreguläre spezifische Kälteagglutinine in menschlichen Seren vor. Die Antiseren **Anti-S** und **Anti-s** konnten beim Tier durch Immunisierung nicht erzeugt werden. Durch die Reaktion mit den vier Antiseren **Anti-M, Anti-N, Anti-S** und **Anti-s** kann man folgende Genotypen unterscheiden (Tabelle 8).

Tabelle 8

	MS/MS	**MS/Ms**	**Ms/Ms**	**MS/NS**	**MS/Ns***	**Ms/NS***	**Ms/Ns**	**NS/NS**	**NS/Ns**	**Ns/Ns**
Anti-M	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Anti-N	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+
Anti-S	+	+	—	+	+	+	—	+	+	—
Anti-s	—	+	+	—	+	+	+	—	+	+

* Die Genotypen **MS/Ns** bzw. **Ms/NS** können mit Hilfe der Reaktion der vier Antiseren (**Anti-M, Anti-N, Anti-S** und **Anti-s**) nicht unterschieden werden.

Seltene Formen der **M**- und **N**-Antigene sind das N_2 (CROME[4]) und das M_2 (FRIEDENREICH und LAURIDSEN[5]). Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß sie nicht mit allen **Anti-N**- bzw. **Anti-M**-Seren reagieren. Bekannt geworden ist noch das **Mc** (DUNSFORD, IKIN und MOURANT[6]), ein Antigen, das nicht nur mit den meisten zur Prüfung zugezogenen **Anti-M**-, sondern auch mit einigen **Anti-N**-Seren reagiert. Das **Mc**-Gen wird als Intermediärgen zwischen **N** und **M** betrachtet. Das außerordentlich seltene **Mg** (ALLEN, Jr., CORCORAN, KENTON und BREARE[7]) ist insofern beachtenswert, als es weder mit **Anti-M** noch **Anti-N** reagiert. Das spezifische **Anti-Mg** scheint als natürlich vorkommendes Agglutinin im menschlichen Serum keine Seltenheit zu sein; etwa in 3% menschlicher Seren soll dieser Antikörper vorkommen.

Während **M** und **N** bzw. **S** und **s** enggekoppelte allele Genpaare bilden, ist die genetische Lokalisation der Eigenschaften **Hu**[9] und **He**[9] sowie **Mia**[10] und **Vw**[11], die alle ohne Zweifel zu dem **MNSs**-Blutgruppensystem gehören, noch nicht geklärt. Das Antigen **Hu** wurde vorwiegend, das Antigen **He** ausschließlich nur bei Angehörigen der Negerrasse vorgefunden. **Mia** und **Vw** wurden anfänglich als «private» Antigene (siehe später) betrachtet. Ihre Zugehörigkeit zum **MNSs**-System steht nun fest, obgleich ihre genauere genetische Lokalisation ebenfalls noch ungeklärt ist. Auch das jüngstens beschriebene Antigen **Vr** gehört zu den **MNSs**-Gruppen[12], wenn auch die genaue Lokalisation des entsprechenden Gens am Chromosom noch nicht gelungen ist.

WIENER, UNGER und GORDON[13] haben einen Antikörper beschrieben, der Ursache einer tödlichen Transfusionsreaktion war und den diese Autoren **Anti-U** nannten. GREENWALT et al.[14] konnten später zeigen, daß das **Anti-U Ss**-Spezifität besitzt, wobei die Erythrocyten der Individuen, welche diesen Antikörper bilden, weder **S** noch **s** besitzen, sondern homozygot **SuSu** sind. Ein **Anti-Su** wurde bisher nicht gefunden.

Wenn auch das **MNSs**-System genetisch kompliziert ist und noch viele Probleme bietet, ist seine klinische Bedeutung nicht groß, wie das auch aus Tabelle 2 hervorgeht.

Das P-Blutgruppensystem

Das Antigen **P** wurde 1927 von LANDSTEINER und LEVINE[15] im Laufe der Immunisierungsversuche an Kaninchen, die zu der Entdeckung der **M**- und **N**-Eigenschaften führten, festgestellt. **P**-negative Menschen bilden häufig meist schwachtitrige und nur in der Kälte wirksame **Anti-P**-Körper. Gute **Anti-P**-Testseren sind oft tierischer Herkunft[16]. Da ein **Anti-p**-Serum nicht gefunden wurde, blieb es bei der einfachen Einteilung des menschlichen Blutes in **P**-positiv und **P**-negativ, wobei für die Eigenschaft **P** die «dominante» Vererbung angenommen wurde[17]. **P**-positives Blut hat den Genotyp **PP** oder **Pp**, während das **P**-negative Blut als **pp** aufgefaßt wird. LEVINE, BOBBITT, WALLER und KUHMICHEL[18] beschrieben 1951 das Antigen **Tja**. Anfänglich galt es als «public»-Antigen (siehe später), bis 1955 das **Tja** von SANGER[19] als Teil des **P**-Blutgruppensystems erkannt wurde.

Tabelle 9

		Phänotyp	Genotyp
Anti-P	+	**P** +	**PP** oder **Pp**
	—	**P** —	**pp**

Nach der heute gültigen Auffassung besteht das **P**-Blutgruppensystem in Analogie zu den A_1A_2O-Blutgruppen aus drei allelen Genen, nämlich P_1 (früher **P**), P_2 (früher **p**) und **p** (früher **Tjb**). Tabelle 10 veranschaulicht diese Auffassung.

Tabelle 10

Reaktion mit:			
Anti-P + P_1 (**Tja**)	+	+	—
Anti-P_1 (**P**)	+	—	—
Genotyp	P_1P_1 (PP) P_1P_2 (Pp) P_1p (PT_j^b)	P_2P_2 (pp) P_2p (pTj^b)	pp ($T_j^bT_j^b$)

( ) = Bezeichnung vor 1955.

Die sehr seltenen **pp**- (**$TjbTj^b$**) Individuen weisen regelmäßig in ihrem Serum **Anti-P**- (früher **Anti-Tja**-) Antikörper auf, welche in die Komponenten **Anti-P_1** und **Anti-P_2** aufgetrennt werden können. P_2P_2- (früher **pp**-) Individuen bilden, in Analogie zu den A_2-Individuen mit **Anti-A_1**, in ihrem Serum gelegentlich **Anti-P_1**- (früher **Anti-P**-) Antikörper.

Die klinische Bedeutung des **P**-Blutgruppensystems ist gering (Tabelle 2). Nur vereinzelt wurde über einen durch **Anti-P_1** verursachten Transfusionszwischenfall berichtet[20–22].

1) WALSH und MONTGOMERY, *Nature*, **160**, 504 (1947).
2) SANGER und RACE, *Nature*, **160**, 505 (1947).
3) LEVINE et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **78**, 218 (1951).
4) CROME, W., *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.*, **24**, 167 (1935); FRIEDENREICH, V., *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.*, **25**, 358 (1935).
5) FRIEDENREICH und LAURIDSEN, *Acta path. microbiol. scand.*, Suppl. 38, 155 (1938).
6) DUNSFORD et al., *Nature*, **172**, 688 (1953).
7) ALLEN, Jr., et al., *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **3**, 81 (1958).
8) LANDSTEINER et al., *J. Immunol.*, **27**, 469 (1934); CHALMERS et al., *Brit. med. J.*, 2, 175 (1953).
9) IKIN und MOURANT, *Brit. med. J.*, **1**, 456 (1951).
10) LEVINE et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **77**, 402 (1951).
11) VAN DER HART et al., *Vox Sang. (Basel)*, **4**, 108 (1954).
12) VAN DER HART et al., *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **3**, 261 (1958).
13) WIENER et al., *J. Amer. med. Ass.*, **153**, 1444 (1953).
14) GREENWALT et al., *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.)*, **40**, 1126 (1954).
15) LANDSTEINER und LEVINE, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **24**, 941 (1927).
16) LANDSTEINER und LEVINE, *J. Immunol.*, **20**, 179 (1931).
17) LANDSTEINER und LEVINE, *J. Immunol.*, **18**, 87 (1930); **20**, 179 (1931).
18) LEVINE et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **77**, 403 (1951).
19) SANGER, R., *Nature*, **176**, 1163 (1955).
20) WIENER und PETERS, *Ann. intern. Med.*, **13**, 2306 (1940).
21) WIENER, A. S., *Amer. J. clin. Path.*, **12**, 302 (1942).
22) MOUREAU, P., *Rev. belge Sci. méd.*, **16**, 258 (1945).

Das Rhesus-Blutgruppensystem

1940 haben LANDSTEINER und WIENER[1] mit den Erythrocyten von *Macacus-rhesus*-Affen Kaninchen und Meerschweinchen immunisiert. Die von den Versuchstieren gebildeten Antikörper agglutinierten nicht nur Affen-Blutkörperchen, sondern auch menschliche Erythrocyten von 85% der Blutproben, die aus der weißen Bevölkerung New Yorks stammten. Individuen, deren Blut positiv reagierte, wurden als **Rh**-positiv (**Rh+**) und die restlichen 15% als **Rh**-negativ (**Rh–**) bezeichnet. LEVINE und STETSON[2] haben bereits 1939 bei einer Zweitgebärenden Immunantikörper gefunden, die eine Transfusionsreaktion bei der Mutter und einen Morbus haemolyticus beim Neugeborenen verursacht haben. In der Folge konnte nachgewiesen werden, daß diese Antikörper in ihrer Spezifität identisch waren mit den von LANDSTEINER und WIENER gefundenen **Rhesus**-Antikörpern. WIENER und PETERS[3] konnten ihrerseits beweisen, daß bei hämolytischen Transfusionsreaktionen, trotz **ABO**-gleicher Blutübertragung, im Serum der Empfänger **Rh**-Antikörper gefunden werden. Durch intensive Forschung ist es seit 1941 klar geworden, daß es sich bei den **Rh**-Blutgruppen um ein zusammengesetztes System handelt, dessen genetische Interpretation bis heute nicht einheitlich ist, was auch in zwei unterschiedlichen Nomenklaturen zum Ausdruck kommt. Das **Rh+**-Antigen von LANDSTEINER und WIENER wird nun als **D** oder $\mathbf{Rh_0}$ und das ursprüngliche **Anti-Rh** als **Anti-D** oder $\mathbf{Anti\text{-}Rh_0}$ bezeichnet.

Der heutige Stand der Erkenntnisse über das Rh-System

Während nach der Auffassung von WIENER[4] das **Rh**-Blutgruppensystem durch eine *einzige* Serie multipler Allele vererbt wird, sind FISHER und RACE[5] der Auffassung, daß es sich um *mehrere enggekoppelte* allelomorphe Genpaare handelt. Nach WIENER entspricht jedem Gen ein Antigen (komplexes Agglutinogen), das wiederum mehrere Faktoren besitzt, die ihrerseits mit den spezifischen Antikörpern reagieren. Nach FISHER und RACE sind an den Erythrocyten den Genen entsprechende Antigene lokalisiert, welche mit den korrespondierenden Antikörpern reagieren. Für Gen, Antigen und Antikörper werden die gleichen Symbole verwendet. Die wesentlichsten Genpaare sind **C**–**c**, **D**–**d** und **E**–**e**. Drei enggekoppelte Gene am Chromosom entsprechen einem Genkomplex nach WIENER (Tabelle 11).

Angeführt in dieser Tabelle sind noch die sogenannten Kurzsymbole (short symbols), die den verbalen Gebrauch der FISHER-RACEschen Nomenklatur erleichtern.

Durch Gegenüberstellung anhand des Beispiels des **Rh**-Chromosoms $\mathbf{R^1}$ oder **CDe** veranschaulicht Tabelle 12 den Unterschied in der Auffassung von WIENER (oben) und der von FISHER und RACE (unten).

Tabelle 11 Die bis 1955 aufgefundenen **Rh**-Chromosomen, ihre Bezeichnung nach FISHER und RACE sowie nach WIENER und ihre Kurzsymbole (short symbols).

FISHER und RACE	WIENER	Kurzsymbol
CDe	R^1	R_1
cDE	R^2	R_2
cDe	R^0	R_0
CDE	R^z	R_z
Cde	r'	R'
cdE	r''	R''
CdE	r^y	R_y
cde	r	r
CwDe	R^{1w}	R_1^w
Cwde	r'^w	R'^w
CwdE	—	R_y^w
CwDE	—	R_z^w
CuDe	—	—
cvDE	—	—
CxDe	—	—
CDue	R^1	R_1^u
cDuE	R^2	R_2^u
cDue	R^0	R_0^u
CDuE	—	R_z^u
CwDue	—	—
cDEu	—	—
cdex	—	—
cDEw	—	—
-D-	R^{0x}	—
cD-	R^{0u}	—

Tabelle 12 Nach RACE und SANGER, *Blood Groups in Man*, 3. Aufl., Oxford (1958), S. 159.

Gen	Agglutinogen	Faktor	Antikörper
$\mathbf{R^1}$	$\mathbf{Rh_1}$	$\mathbf{Rh_0}$	$\mathbf{Anti\text{-}Rh_0}$
		rh'	**Anti-rh'**
		hr''	**Anti-hr''**
C	**C**		**Anti-C**
D	**D**		**Anti-D**
e	**e**		**Anti-e**

Unsere Kenntnisse über den heutigen Stand des **Rh**-Blutgruppensystems sind wie folgt zusammengefaßt:

D, **Du**, **d**	**Anti-D**	**E**, **e**, **Eu**, **Ew**	**Anti-E**, **Anti-e**, **Anti-Ew**
C, **c**, **Cw**, **Cu**	**Anti-C**, **Anti-c**, **Anti-Cw**	**f**, **F**	**Anti-f**
Cx, **cv**	**Anti-Cx**	**V**, **v**	**Anti-V**

Dies entspricht der genetischen Auffassung von FISHER und RACE. Die mit Akkoladen zusammengefaßten Eigenschaften sind Allele, das heißt, am Chromosom ist zum Beispiel entweder **C** oder **c** vorhanden, nicht aber beide. Die Reihenfolge der Gene am **Rh**-Chromosom scheint **D**, **C**, **E** zu sein. Es ist noch nicht ganz abgeklärt, ob das Gen **V** mit dem hypothetischen **v** ein weiteres Genpaar repräsentiert. Möglich ist auch, daß **V** ein Allel von **f** ist.

Die allelen **Rh**-Eigenschaften bzw. die ihnen entsprechenden Antigene können in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. In solche, die direkt durch spezifische Antikörper nachweisbar sind. Diese sind: **D**, $\mathbf{C}^{6}$, $\mathbf{c}^{7}$, $\mathbf{C^w}^{8}$, $\mathbf{C^x}^{9}$, $\mathbf{E}^{10}$, $\mathbf{e}^{11}$, $\mathbf{E^w}^{12}$, $\mathbf{f}^{13}$ und $\mathbf{V}^{14}$.

2. In solche, gegen die keine spezifischen Antikörper existieren. Das sind die Antigene $\mathbf{D^u}^{15}$, $\mathbf{C^u}^{16}$, $\mathbf{E^u}^{17}$ und $\mathbf{c^v}^{16}$, die sich von **D**, **C**, **E** und **c** dadurch unterscheiden, daß sie bei Verwendung mehrerer Antiseren gleicher Spezifität gewisse Reaktionsausfälle zeigen.

3. In solche Antigene, die man serologisch nicht erfassen kann; so bedeutet **d** das Fehlen von **D** und $\mathbf{D^u}$, **F** das Fehlen von **f**, **v** das Fehlen von **V**.

1) LANDSTEINER und WIENER, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **43**, 223 (1940), zitiert nach: RACE und SANGER, *Blood Groups in Man*, 3. Aufl., Oxford (1958), S. 116.
2) LEVINE und STETSON, *J. Amer. med. Ass.*, **113**, 126 (1939).
3) WIENER und PETERS, *Ann. intern. Med.*, **13**, 2306 (1940).
4) WIENER, A. S., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **54**, 316 (1943).
5) RACE, R. R., *Nature*, **153**, 771 (1944).
6) LANDSTEINER und WIENER, *J. exp. Med.*, **74**, 309 (1941).
7) LEVINE et al., *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **42**, 925 (1941).
8) CALLENDER und RACE, *Ann. Eugen. (Lond.)*, **13**, 102 (1946/47).
9) STRATTON und RENTON, *Brit. med. J.*, **1**, 962 (1954).
10) RACE et al., *Nature*, **152**, 563 (1943).
11) MOURANT, A. E., *Nature*, **155**, 542 (1945).
12) GREENWALT und SANGER, *Brit. J. Haemat.*, **1**, 52 (1955).
13) ROSENFIELD et al., *Brit. med. J.*, **1**, 975 (1953).
14) DENATALE et al., *J. Amer. med. Ass.*, **159**, 247 (1955).
15) STRATTON, F., *Nature*, **158**, 25 (1946).
16) RACE et al., *Nature*, **161**, 316 (1948).
17) CEPPELLINI et al., *Boll. Ist. sieroter. milan.*, **29**, 123 (1950).

1950 wurde erstmals das **Rh**-Chromosom **-D-** beschrieben (RACE, SANGER, SELWYN[1]). Erythrocyten von Individuen mit dem **Rh**-Genotyp **-D-/-D-** besitzen lediglich das Antigen **D**, alle anderen **Rh**-Antigene fehlen. Ein weiteres, «defektes» **Rh**-Chromosom wurde von WIENER, GORDON und COHEN[2] beschrieben und mit **Rᵒᵘ** (**cD-**) bezeichnet.

Einen Positionseffekt im **Rh**-System haben RACE et al.[3] beobachtet. Bei Genotypen mit **C** und **E** auf demselben Chromosom (Cis-Position) wird das Antigen **C**, bei Genotypen mit **C** und **E** auf entgegengesetzten Chromosomen (Trans-Position) das Antigen **E** abgeschwächt. Ebenso wird das Antigen **D** beim Genotyp **CDe/Cde**, bedingt durch das **Cde**, erheblich eingedämmt (CEPPELLINI et al.[4]).

Die bisher bekannten **Rh**-Eigenschaften ermöglichen 288 verschiedene Chromosom- und etwa 42 000 Genotypen-Kombinationen. Ein Teil kommt bei Europäern außerordentlich selten oder überhaupt nicht vor. Das Antigen **V** wurde nur bei Angehörigen der Negerrasse gefunden.

Da den Eigenschaften **f** und **V** keine klinische Bedeutung zukommt, werden diese sowie die sehr seltenen Allele von **C** und **E** in der folgenden Darstellung nicht berücksichtigt. Nach ALLEN, Jr., und TIPPETT[5] sind die meisten **Anti-CD**-Seren gegen ein **Rh**-Antigen «**G**» gerichtet.

Das Rhesus-Blutgruppensystem in der klinischen Praxis

Für klinische Zwecke ist die einfache Einteilung in **Rh**-positiv und **Rh**-negativ im allgemeinen ausreichend, wobei mit **Rh+** = **D+** = **Rh₀+** ein Blut bezeichnet wird, das mit dem **Anti-D-** (**Anti-Rh₀-**) Serum positiv reagiert. Bei gewissen Fragestellungen ist die Kenntnis des Genotyps wichtig. Zu deren Feststellung wird mit den Antiseren **Anti-C**, **Anti-D**, **Anti-E**, **Anti-c** und **Anti-e** geprüft. (Die meisten **Anti-C**-Seren sind auch gegen die **Cᵂ**-Eigenschaft wirksam. Bei «reinen» **Anti-C**-Seren wird mit einem **Anti-Cᵂ**-Serum mitgeprüft.) Tabelle 13 zeigt, inwiefern der gefundene Phänotyp über den Genotyp Auskunft erteilt. In vielen Fällen klärt erst die weitere Familienuntersuchung den wahren Genotyp auf. Wenn dieser nicht eruierbar ist, wird vom wahrscheinlichsten Genotyp gesprochen. Zum Beispiel sind bei der Reaktion **Anti-C+**, **Anti-D+**, **Anti-E–**, **Anti-c+**, **Anti-e+** drei Genotypen möglich: **CDe/cDe**, **CDe/cde** und **cDe/CDe**. Da das **CDe/cde** (siehe Tabelle 13) bedeutend häufiger vorkommt als die anderen zwei, nehmen wir diesen Genotyp an, soweit wir durch Untersuchung bei Familienangehörigen nicht eines anderen belehrt werden.

Wenn eine Mutter **Rh**-negativ ist und **Rh**-Antikörper gebildet hat, ist die Kenntnis vom **Rh**-Genotyp des Vaters bzw. seiner Homo- oder Heterozygotie bezüglich **D** für die Prognose der kommenden Kinder von Wichtigkeit. Die wesentlichsten 36 Genotypen-Kombinationen sind in Tabelle 14 angeführt.

Natürlich vorkommende **Rh**-Antikörper gehören zur größten Seltenheit. **Rh**-Antikörper werden durch Immunisierung, das heißt durch ungleichnamige Schwangerschaften, Transfusionen, intramuskuläre Blutinjektionen, erworben. In der überwiegenden Zahl der Fälle sind **Rh**-Antikörper von **Anti-D**-Spezifität, oft auch kombiniert als **Anti-CD**, seltener als **Anti-DE**. Meistens sind es **Rh**-negative Individuen (**cde/cde**), welche **Rh**-Antikörper bilden.

Tabelle 13 Die Häufigkeit der **Rh**-Genotypen*

Reaktion mit Anti-					Mögliche Genotypen	Häufigkeit in Prozent
-C	-D	-E	-c	-e		
—	—	—	+	+	**cde/cde**	15,10
—	+	—	+	+	**cDe/cde**	2,0
					cDe/cDe	0,07
—	—	+	+	+	**cdE/cde**	0,92
—	—	+	+	—	**cdE/cdE**	0,01
—	+	+	+	—	**cDE/cDE**	1,99
					cDE/cdE	0,34
—	+	+	+	+	**cDE/cDe**	0,72
					cDE/cde	10,97
					cDe/cdE	0,06
+	—	—	+	+	**cde/Cde**	0,76
+	+	—	+	+	**CDe/cDe**	2,09
					CDe/cde	31,68
					cDe/Cde	0,05
+	+	+	+	+	**CDe/cDE**	11,50
					CDe/cdE	0,97
					cDE/Cde	0,28
					cde/CDE	0,19
					cDe/CDE	0,01
+	+	+	+	—	**cDE/CDE**	0,07
					cdE/CDE	0,0058
+	—	—	—	+	**Cde/Cde**	0,0097
+	+	+	—	+	**CDe/CDE**	0,20
					Cde/CDE	0,0048
+	+	+	—	—	**CDE/CDE**	0,0006

* Abgeändert nach einer Originaltabelle von RACE et al., *Blood*, **3**, 689 (1948). Die Häufigkeitsprozente beziehen sich auf die englische Bevölkerung. Die Verteilungszahlen weichen in den andern europäischen Ländern nur wenig von diesen ab.

Anti-E und **Anti-c** werden häufiger gebildet als **Anti-C**. Die antigene Wirkung der **Rh**-Eigenschaften ist unterschiedlich, nämlich **D** > **E**, **C** > **c**, **e** > (**d**). Eine praktische Bedeutung kommt auch der **Rh**-Eigenschaft **Dᵘ** zu. **Rh**-negative Empfänger von **Dᵘ**-Blut können zum Beispiel mit Bildung von **Rh**-Antikörpern reagieren, anderseits können **Dᵘ**-Individuen ein **Anti-D** bilden. Die **Dᵘ**-Eigenschaft ist nicht einheitlich. Manche unterscheiden sich von **D** nur durch Reaktionsausfälle mit gewissen agglutinierenden **Anti-D**-Seren («high grade **Dᵘ**»). Andere sind nur mit wenigen **Anti-D**-Seren im indirekten COOMBS-Test erfaßbar («low grade **Dᵘ**»).

Dem **Rh**-System kommt neben dem **ABO**-System die größte klinische Bedeutung zu. Die meisten Fälle von Morbus haemolyticus neonatorum werden durch **Anti-D** verursacht. Bei den hämolytischen Transfusionsreaktionen – außerhalb des **ABO**-Systems – spielen diese Antikörper die wichtigste Rolle. Die Berücksichtigung der **Rh**-Zugehörigkeit bei Bluttransfusionen ist eine unumgängliche Notwendigkeit. Nicht jede Person bildet zwar nach ungleichnamigen Bluttransfusionen und/oder Schwangerschaften **Rh**-Antikörper. Im allgemeinen bildet die Bluttransfusion den stärkeren Anreiz zur Immunantikörperbildung, hauptsächlich, wenn sie in Abständen von einigen Monaten wiederholt

Tabelle 14

CDe/CDe	**cde/cde**	**cDE/cDE**	**cDe/cDe**	**cdE/cdE**	**Cde/Cde**	**CDE/CDE**	**CdE/CdE**
CDe/cde	←	←	←	←	←	←	←
CDe/cDE	**cde/cDE**	←	←	←	←	←	←
CDe/cDe	**cde/cDe**	**cDE/cDe**	←	←	←	←	←
CDe/cdE	**cde/cdE**	**cDE/cdE**	**cDe/cdE**	←	←	←	←
CDe/Cde	**cde/Cde**	**cDE/Cde**	**cDe/Cde**	**cdE/Cde**	←	←	←
CDe/CDE	**cde/CDE**	**cDE/CDE**	**cDe/CDE**	**cdE/CDE**	**Cde/CDE**	←	←
CDe/CdE	**cde/CdE**	**cDE/CdE**	**cDe/CdE**	**cdE/CdE**	**Cde/CdE**	**CDE/CdE**	←

1) RACE et al., *Nature*, **166**, 520 (1950).
2) WIENER et al., *Amer. J. hum. Genet.*, **4**, 363 (1952).
3) RACE et al., *Nature*, **174**, 460 (1954).
4) CEPPELLINI et al., *Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.)*, **41**, 283 (1955).
5) ALLEN, Jr., und TIPPETT, *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **3**, 321 (1958).

wird. Die Menge des übertragenen Blutes spielt dabei keine Rolle. Wenn die Immunisierung durch Schwangerschaft erfolgt, dann ist das erste Kind (wenn die Mutter nicht schon durch eine Transfusion sensibilisiert war) in der Regel nicht geschädigt. Ausnahmen kommen selten vor. Mit den folgenden Schwangerschaften nimmt die Schädigung der Kinder in der Regel zu. Ist eine Person einmal immunisiert worden, so können Antikörper zeitlebens bestehenbleiben. Wenn einmal eine Frau ein Morbus-haemolyticus-Kind geboren hat, so ist bei bestehender Homozygotie des Vaters mit ungeschädigten Kindern *nicht mehr* zu rechnen. Aus den Antikörperwerten im Serum der Mutter kann man für das kommende Kind keine sicheren prognostischen Schlüsse ziehen. Bei Heterozygotie des Vaters ist die Chance für **Rh**-negative und dadurch nicht von Morbus haemolyticus befallene Kinder 50%. Sichere prophylaktische Maßnahmen oder eine antinatale Therapie des Morbus haemolyticus neonatorum kennt man nicht. Die Therapie der Wahl ist die möglichst bald nach der Geburt durchgeführte Austauschtransfusion[1]. Die Indikation dazu richtet sich 1. nach den klinischen und hämatologischen Befunden (Bilirubin- und Hämoglobinwert) und 2. nach den serologischen Befunden (**Rh**-Antagonismus zwischen Mutter und Kind mit **Rh**-Antikörper im Serum der Mutter, positiver direkter Coombs-Test mit dem Nabelschnurblut).

Das Lutheran-Blutgruppensystem

Callender und Race[2] haben 1946 einen Antikörper beschrieben, der mit etwa 8% der Blutproben aus der englischen Bevölkerung positive Reaktionen gab. Das Antigen konnte keinem der bekannten Blutgruppensysteme zugeordnet werden. Nach dem Spender des Blutes, das zur Bildung der genannten Antikörper geführt hat, wurde das «neue» Blutgruppensystem «**Lutheran**» genannt. Die Nomenklatur[3] hiefür (siehe Tabelle 15) und dann für die Systeme **Lewis**, **Duffy** und **Kidd** wurde nach neueren Gesichtspunkten einheitlich gestaltet. Zehn Jahre später wurde ein Antikörper gefunden, der mit dem Antigen des bis anhin hypothetisch angenommenen Allels **Lu**^{b} reagierte (Cutbush und Chanarin[4]). Der Phänotyp **Lu(a-b-)** wurde bisher noch nie beobachtet. Die Kenntnisse über das **Lutheran**-Blutgruppensystem sind in Tabelle 15 zusammengefaßt.

Tabelle 15

Gene	**Lu**^{a}, **Lu**^{b}
Antigene	**Lu**^{a}, **Lu**^{b}
Genotypen	**Lu**^{a}**Lu**^{a}, **Lu**^{a}**Lu**^{b}, **Lu**^{b}**Lu**^{b}
Phänotypen	**Lu(a+b–)**, **Lu(a+b+)**, **Lu(a–b+)**
Antikörper	**Anti-Lu**^{a}, **Anti-Lu**^{b}

Die klinische Bedeutung dieses Blutgruppensystems ist gering. Die kausale Rolle der **Anti-Lu**^{a} bei der Auslösung hämolytischer Transfusionsreaktionen ist fraglich. Es wurde kein Fall von Morbus haemolyticus neonatorum beobachtet, der durch Antikörper des **Lutheran**-Blutgruppensystems hervorgerufen worden wäre. In genetischer Hinsicht ist die Vermutung einer Koppelung mit dem **Lewis**-Blutgruppensystem (Mohr[5]) von Interesse.

Das Kell-Blutgruppensystem

Kurz nach seiner Beschreibung hat die Anwendung des Antiglobulintests im Serum einer Mutter zum Auffinden von Antikörpern bis dahin unbekannter Spezifität geführt (Coombs, Mourant und Race[6]). Die Antikörper reagierten mit etwa 9% der geprüften Blutproben und wurden **Anti-Kell** (**Anti-K**) genannt. Hypothetisch wurden zunächst ein mit einem **Anti-k** reagierendes Antigen und das Gen **k** angenommen. Antikörper von **Anti-k**-Spezifität wurden 1949 von Levine et al.[7] gefunden und unter dem Namen **Anti-Cellano** mitgeteilt. Das **Kell**-Blutgruppensystem gestaltet sich, wie dies Tabelle 16 zeigt.

Tabelle 16

Reaktion mit:			
Anti-K	+	+	—
Anti-k (Cellano)	—	+	+
Phänotyp	**K**	**Kk**	**kk**
Genotyp	**KK**	**Kk**	**kk**

Nur selten bewirken **Anti-K** eine Agglutination der in physiologischer NaCl-Lösung suspendierten **K**-positiven Erythrocyten. Fast alle **Anti-K** sind inkomplette Antikörper und am besten im indirekten Antiglobulintest nachweisbar. Die klinische Bedeutung des **Kell**-Blutgruppensystems ist beträchtlich, da sowohl durch **Anti-K** verursachte schwere Fälle von Morbus haemolyticus neonatorum als auch schwere bis tödlich verlaufende hämolytische Transfusionsreaktionen bekannt sind.

Das **Anti-k** wird selten aufgefunden, was auch verständlich ist, da **KK**-Individuen, die solche Antikörper bilden könnten, nur in etwa 0,2% der Bevölkerung vorkommen. Das erste beschriebene Exemplar von **Anti-k** war die Ursache eines leichten Morbus haemolyticus neonatorum.

Neuerdings sind weitere Antigene des **Kell**-Blutgruppensystems bekannt geworden. Das **Kp**^{a} (Allen, Jr., und Lewis[8]) und das **Kp**^{b} (Allen, Jr., Lewis und Fudenberg[9]) werden von den Erstbeschreibern als ein weiteres alleles Genpaar am Chromosom des Kell-Systems interpretiert, während Race und Sanger[10] auch die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß **Kp**^{a} ein Allel von **K** und **k** ist und das **Anti-Kp**^{b} einem Antikörper **Anti-Kk** entspricht (ähnlich wie das **Anti-Ss** im **MNSs**-System).

Das Lewis-Blutgruppensystem

Ein Antikörper, der etwa mit 22% der von Engländern stammenden Blutproben reagiert und die sogenannte **Le**^{a}-Eigenschaft erfaßt, wurde 1946 von Mourant[11] gefunden. Andresen[12] fand zwei Jahre später den Antikörper **Anti-Le**^{b} und stellte auch fest, daß die **Le**^{a}-Eigenschaft beim Erwachsenen rezessiv vererbt wird. Einen wichtigen Beitrag brachte Grubb[13], in dem er zeigen konnte, daß Individuen, an deren Erythrocyten das Antigen **Le**^{a} nachweisbar ist, im Speichel keine **ABH**-Substanzen ausscheiden (siehe 557). Trotz allen Bemühungen ist es bis heute nicht gelungen, den genauen Erbgang des **Lewis**-Systems und die genetischen Beziehungen zum **ABO**-System und den Sekretor-Nichtsekretor-Eigenschaften gänzlich zu klären. Man neigt heute zur Ansicht, daß das **Lewis**-System kein eigentliches Antigensystem der Erythrocyten,

Tabelle 17

Genotypen	Phänotypen: Speichel **ABH**	Speichel **Le**^{a}	Speichel **Le**^{b}	Erythrocyten
SeSe LL **SeSe Ll** **Sese LL** **Sese Ll**	+	+	+	**Le (a–b+)**
sese LL **sese Ll**	—	+	—	**Le (a+b–)**
SeSe ll **Sese ll**	+	—	—*	**Le (a–b–)**
sese ll	—	—	—	**Le (a–b–)**

* Nach Grubb.

1) Wallerstein, H., *Science*, **103**, 583 (1946).
2) Callender und Race, *Ann. Eugen. (Lond.)*, **13**, 102 (1946/47).
3) Anonym, *Nature*, **163**, 580 (1949).
4) Cutbush und Chanarin, *Nature*, **178**, 855 (1956).
5) Mohr, J., *Acta path. microbiol. scand.*, **28**, 207 (1951).
6) Coombs et al., *Lancet*, **1**, 264 (1946).
7) Levine et al., *Science*, **109**, 464 (1949).
8) Allen, Jr., und Lewis, *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **2**, 81 (1957).
9) Allen, Jr., et al., *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **3**, 1 (1958).
10) Race und Sanger, *Blood Groups in Man*, 3. Aufl., Oxford (1958), S. 197.
11) Mourant, A. E., *Nature*, **158**, 237 (1946).
12) Andresen, P. H., *Acta path. microbiol. scand.*, **25**, 728 (1948).
13) Grubb, R., *Nature*, **162**, 933 (1948).

sondern des Speichels und des Serums ist und die **Lewis**-Substanzen erst sekundär an den Erythrocyten haftenbleiben. Nach CEPPELLINI[1] bewirkt das dominante Gen **L** die Ausscheidung von **Le**a-Substanz im Speichel. Das Sekretorengenpaar für die Ausscheidung der **ABH**-Substanz **Se–se** ist mit **L–l** nicht gekoppelt. Die genetische Stellung des Antigens **Le**^{b} ist noch unklar, wahrscheinlich handelt es sich um ein Kombinationsprodukt der Gene **Se** und **L**. Die sehr plausible genetische Theorie der **Lewis**-Gruppen von CEPPELLINI ist in Tabelle 17 wiedergegeben[2].

Lewis-Antikörper können die Ursache schwerer hämolytischer Transfusionszwischenfälle sein[3]. Auch für die Entstehung von Morbus haemolyticus neonatorum sind die Antikörper verantwortlich gemacht worden[4].

Das Duffy-Blutgruppensystem

Die Antikörper **Anti-Fy**^{a} wurden 1950 (CUTBUSH, MOLLISON und PARKIN[5]), **Anti-Fy**^{b} 1951 (IKIN, MOURANT, PETTENKOFER und BLUMENTHAL[6]) beschrieben. Diese Antikörper reagieren mit zwei Antigenen, nämlich **Fy**^{a} und **Fy**^{b}, menschlicher Erythrocyten. Diesen entsprechen die Gene **Fy**^{a} und **Fy**^{b}, die ein alleles Genpaar bilden. SANGER, RACE und JACK[7] fanden bei Negern den Phänotyp **Fy(a–b–)**. Man nimmt daher noch ein drittes Allel an, das – solange die entsprechenden Antikörper nicht gefunden werden –, mit **Fy** bezeichnet wird. Der Phänotyp **Fy(a–b–)** kommt bei Angehörigen der weißen Rasse anscheinend nicht vor. Unsere Kenntnisse über das Blutgruppensystem **Duffy** sind in Tabelle 18 zusammengefaßt.

Tabelle 18

Gene	**Fy**^{a}, **Fy**^{b}, **[Fy]**
Antigene ..	**Fy**^{a}, **Fy**^{b}, **[Fy]**
Phänotypen	**Fy(a+b–)**, **Fy(a+b+)**, **Fy(a–b+)**, **[Fy(a–b–)]**
Genotypen .	**Fy^{a}Fy^{a}**, **Fy^{a}Fy^{b}**, **Fy^{b}Fy^{b}**, **[Fy^{a}Fy, Fy^{b}Fy, FyFy]**

[ ] = Kommt nur bei Angehörigen der Negerrasse vor.

Alle bisher aufgefundenen Exemplare von **Anti-Fy**^{a} sind mit wenigen Ausnahmen in vitro nur im indirekten Antiglobulintest wirksam. Die klinische Bedeutung des **Duffy**-Blutgruppensystems geht aus Tabelle 2 hervor.

Das Kidd-Blutgruppensystem

Der Antikörper **Anti-Jk**^{a}, der zum Auffinden der **Kidd**-Blutgruppen führte, wurde von ALLEN, Jr., DIAMOND und NIEDZIELA 1951 beschrieben[8]. Über das **Anti-Jk**^{b} haben zwei Jahre später PLAUT, IKIN, MOURANT, SANGER und RACE[9] erstmals berichtet. Das **Anti-Jk**^{a} wirkt meistens am besten im Antiglobulintest. Serum mit **Anti-Jk**^{b}-Gehalt wurde nur selten gefunden. Genetisch besteht das **Kidd**-Blutgruppensystem aus zwei allelen Genen: **Jk**^{a} und **Jk**^{b}. Der sicher sehr seltene Phänotyp **Jk(a–b–)** wurde bei einer Philippinerin beobachtet[10]. In Tabelle 19 sind die heutigen Kenntnisse über das **Kidd**-Blutgruppensystem zusammengefaßt.

Über die Rolle der **Kidd**-Antikörper bei der Entstehung des Morbus haemolyticus neonatorum und der hämolytischen Transfusionsreaktion orientiert Tabelle 2.

Tabelle 19

Gene	**Jk**^{a}, **Jk**^{b}, **[Jk]**
Antigene ..	**Jk**^{a}, **Jk**^{b}, **[Jk]**
Phänotypen	**Jk(a+b–)**, **Jk(a+b+)**, **Jk(a–b+)**, **[Jk(a–b–)]**
Genotypen .	**Jk^{a}Jk^{a}**, **Jk^{a}Jk^{b}**, **Jk^{b}Jk^{b}**, **[Jk^{a}Jk, Jk^{b}Jk, JkJk]**
Antikörper .	**Anti-Jk**^{a}, **Anti-Jk**^{b}

[ ] = wurde bei Angehörigen der weißen oder der Negerrasse bisher nicht gefunden.

Antigene mit geringer Verbreitung («private» antigens)

Außer den 9 bekannten Blutgruppensystemen kennt man noch Antigene, deren Vorkommen sich oft nur auf eine Familie beschränkt. Die dazugehörenden Antikörper wurden meist bei Müttern und die entsprechenden Antigene beim Kind und beim Vater des Kindes gefunden. Die genetische Einordnung der Familienantigene ist schwierig und beschränkt sich in der Regel auf den Nachweis der Unabhängigkeit von den andern bekannten Blutgruppensystemen. Die Daten über die bisher gefundenen Familienantigene sind in Tabelle 20 zusammengefaßt.

Tabelle 20

Bezeichnung des Antigens	Entdecker	Entstehungsweise der Antikörper	Differenzierung gegenüber früher beschriebenen «privaten» Antigenen
Levay	CALLENDER und RACE, 1946[11]	Transfusion	
Jobbins	GILBEY, 1947[12]	Schwangerschaft	
Becker	ELBEL und PROKOP, 1951[13]	Schwangerschaft	
Ven	VAN LOGHEM und VAN DER HART, 1952[14]	Schwangerschaft	**Gr***
Wr^{a}	HOLMAN, 1953[15]	Schwangerschaft	**Levay**
Be^{a}	DAVIDSOHN, STERN, STRAUSER und SPURRIER, 1953[16]	Schwangerschaft	
Ca	WIENER und BRANCATO, 1953[17]	Schwangerschaft	**Be^{a}**
Rm	VAN DER HART, BOSMAN und VAN LOGHEM, 1954[18]	Schwangerschaft	**Ven, Wr^{a}**
By	SIMMONS und WERE, 1955[19]	Schwangerschaft	**Levay, Becker, Ven, Wr^{a}, Be^{a}, Ca, Rm**

* **Gr** = **Vw** (siehe **MNSs**-System).

Gesondert sei das Antigen **Di**^{a} (LAYRISSE, ARENDS und DOMINGUEZ[20]) erwähnt, das zum Beispiel bei den südamerikanischen Indianern häufig vorkommt, während es bei Angehörigen der weißen Rasse im allgemeinen nicht nachgewiesen wird.

1) CEPPELLINI, R., *Proceedings of the 6th Congress of the International Society of Blood Transfusions*, Paris (1955), S. 207.
2) RACE und SANGER, *Blood Groups in Man*, 3. Aufl., Oxford (1958), S. 208.
3) Literaturübersicht siehe HOLLÄNDER und HÄSSIG, *P. H. Andresen, Papers in Dedication of his 60th Birthday*, Kopenhagen (1957), S. 10.
4) SCHWENZER und SPIELMANN, *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **2**, 428 (1957).
5) CUTBUSH et al., *Nature*, **165**, 188 (1950).
6) IKIN et al., *Nature*, **168**, 1077 (1951).
7) SANGER et al., *Brit. J. Haemat.*, **1**, 370 (1955).
8) ALLEN, Jr., et al., *Nature*, **167**, 482 (1951).
9) PLAUT et al., *Nature*, **171**, 431 (1953).
10) PINKERTON et al., *Vox Sang. (Basel)*, neue Folge, **4**, 155 (1959).
11) CALLENDER und RACE, *Ann. Eugen. (Lond.)*, **13**, 102 (1946/47).
12) GILBEY, B. E., *Nature*, **160**, 362 (1947).
13) ELBEL und PROKOP, *Z. Hyg. Infekt.-Kr.*, **132**, 120 (1951).
14) VAN LOGHEM und VAN DER HART, *Bulletin van het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst van het Nederlandse Rode Kruis*, **2**, 225 (1952).
15) HOLMAN, C. A., *Lancet*, **2**, 119 (1953).
16) DAVIDSOHN et al., *Blood*, **8**, 747 (1953).
17) WIENER und BRANCATO, *Amer. J. hum. Genet.*, **5**, 350 (1953).
18) VAN DER HART et al., *Vox Sang. (Basel)*, **4**, 108 (1954).
19) SIMMONS und WERE, *Med. J. Austral.*, **42**, 55 (1955).
20) LAYRISSE et al., *Acta med. venez.*, **3**, 132 (1955).

Antigene mit weiter Verbreitung («public» antigens)

SUSSMAN und MILLER[1] haben 1952 einen Antikörper beschrieben, der – gegen 10 000 Blutproben geprüft – nur mit 4 Proben ein negatives Resultat gab. Dieser **Anti-Vel**, wie die Autoren den Antikörper nannten, war die Ursache einer hämolytischen Transfusionsreaktion.

EATON, MORTON, PICKLERS und WHITE[2] beschrieben den Antikörper **Anti-Yt^a**, der im indirekten Antiglobulintest mit trypsinvorbehandelten Erythrocyten reagierte. Bei 37°C gaben 99,7% der geprüften Blutproben eine positive Reaktion. Mutmaßlicherweise entstanden die **Anti-Yt^a** nach wiederholten Bluttransfusionen.

Unsere Kenntnisse über die Antigene menschlicher Erythrocyten sind in Tabelle 21 zusammengefaßt.

In der Tabelle 21 sind 60 Antigene menschlicher Erythrocyten, die mit Hilfe von Antikörpern faßbar sind, aufgeführt. Weitere 7 Antigene wurden hypothetisch aufgenommen. Die Antigene können 10 separaten genetischen Systemen zugeordnet werden. Manche der unter «**Private**»- und «**Public**»-Antigene angeführten Eigenschaften werden vielleicht in der Zukunft näher definiert werden können und entweder einem der bereits bekannten Blutgruppensysteme zugeordnet werden oder die Zahl der feststehenden Systeme vermehren.

1) SUSSMAN und MILLER, *Rev. Hémat.*, **7**, 368 (1952).
2) EATON et al., *Brit. J. Haemat.*, **2**, 333 (1956).

Tabelle 21 Nach RACE und SANGER, *Blood Groups in Man*, 3. Aufl., Oxford (1958), S. 276.

Blutgruppensystem	Die Antigene sind nachweisbar: durch positive Reaktion mit spezifischen Antikörpern	Die Antigene sind nachweisbar: durch positive und negative Reaktionen mit Antikörpern gleicher Spezifität	Antigene, deren Existenz wegen negativer Reaktionsausfälle angenommen wird und gegen die keine korrespondierenden Antikörper existieren
A_1A_2BO	A_1, B, H	A_2, A_3, A_x	
MNSs	M, N, S, s, Mi^a, Vw, Hu, He, M^g, Vr	M_2, N_2, M^c	S^u
P	P_1, P^k	P_2	p
Rh	D, C, c, C^w, C^x, E, e, E^w, f, V,	D^u, C^u, c^v, E^u	d, F, v
Lutheran	Lu^a, Lu^b		
Kell	K, k, Kp^a		
Lewis	Le^a, Le^b		
Duffy	Fy^a, Fy^b		Fy
Kidd	Jk^a, Jk^b		Jk
Diego	Di^a		
«Private»	Levay, Gr, Becker, Ven, Wr^a, Be^a, Ca, Rm, By, Di^a		Allele-Eigenschaften existieren wahrscheinlich
«Public»	Vel, Yt^a		Allele-Eigenschaften existieren wahrscheinlich

Die blutgruppenspezifischen Antikörper

Blutgruppensystem	Spezifität	Vorkommen und Charakteristikum
ABO	Anti-A	Bei allen B- und O-Individuen
	Anti-A_1	Bei etwa 1–2% der A_2- und 25% der A_2B-Individuen
	Anti-B	Bei allen A_1-, A_2- und O-Individuen
	Anti-O	1. Sehr selten; 2. Beim seltenen «Bombay»-Typus regelmäßig vorkommend
	Anti-H	Normale Kälteagglutinine
MNSs	Anti-M, Anti-N	Selten als spezifischer Kälteantikörper beim Menschen. Werden durch Immunisierung beim Tier erzeugt
	Anti-S	Immunantikörper, nur selten als irregulärer Antikörper bei 20°C wirksam
	Anti-s	Immunantikörper
	Anti-U	Immunantikörper bei Negern
	Anti-Hu, Anti-He	Durch Immunisierung beim Tier mit Erythrocyten von Negern erzeugt
	Anti-Mia, Anti-Vw	Als irregulärer Antikörper natürlich vorkommend oder als Immunantikörper
	Anti-Mg	Als natürlich vorkommender Antikörper in etwa 1–3% der Seren
	Anti-Ve	Als Begleitantikörper von **Anti-S**
P	Anti-P_1	Als natürlich vorkommender sogenannter irregulärer Antikörper oder durch Immunisierung beim Tier
	Anti-P+P_1 (Tja)	Bei den sehr seltenen pp-Individuen regelmäßig auftretend
Rh	Anti-D	Der häufigste Immunantikörper (außer **Anti-A** und **Anti-B**)
	Anti-C	Oft als Begleitantikörper von **Anti-D**. Erfaßt meistens auch die Eigenschaft **Cw**
	Anti-Cw	Als Immunantikörper oder auch als natürlich vorkommender Antikörper
	Anti-c	Immunantikörper, oft mit **Anti-E** zusammen auftretend
	Anti-Cx	Seltener Immunantikörper
	Anti-E	Nach **Anti-D** der häufigste Rh-Antikörper, auch als natürlich vorkommender Antikörper. Oft in Kombination mit **Anti-D** oder **Anti-c**
	Anti-Ew	Bisher nur in einem Exemplar gefunden
	Anti-e	Immunantikörper, oft auch zusammen mit **Anti-C** auftretend
	Anti-f	Wahrscheinlich **Anti-c+e**
	Anti-V	Das Antigen **V**, welches dieser Antikörper erfaßt, kommt hauptsächlich bei Negern vor (West-Afrika 90%, Engländer 0,5%)
	Anti-G	**Anti-CD**-Spezifität
Lutheran	Anti-Lu^a	Immuncharakter fraglich
	Anti-Lu^b	Seltener Immunantikörper
Kell	Anti-K, Anti-k	Immunantikörper
	Anti-Kpa, Anti-Kpb	Seltener Immunantikörper
Lewis	Anti-Le^a	Spezifische Kälteantikörper, welche auch als Hämolysine und komplementbindende inkomplette Antikörper vorkommen können. **Anti-Le^b** schwächer und seltener
	Anti-Le^b	
	Anti-X	Ist anzunehmen, daß es sich um **Anti-Le^a+Le^b** handelt
Duffy	Anti-Fy^a	Immunantikörper, meistens nur im Antiglobulin-Test wirksam
	Anti-Fy^b	Sehr seltener Immunantikörper
Kidd	Anti-Jk^a	Immunantikörper, welcher im Antiglobulin-Test unter Komplementzusatz oder im kombinierten Trypsin-Antiglobulin-Test reagiert
	Anti-Jk^b	Seltener Immunantikörper
Diego	Anti-Di^a	Die Antigene, welche durch diese Antikörper erfaßt werden, sind nur bei Angehörigen bestimmter Rassen nachweisbar
Sutter	Anti-Js^a	
«Private»	Anti-Levay	Entstanden nach Bluttransfusion
	Anti-Jobbins, Anti-Becker, Anti-Ven	Gefunden bei Müttern mit Morbus-haemolyticus-neonatorum-Kindern
	Anti-Wr^a	Bei etwa 1% der Seren als natürlich vorkommender irregulärer Antikörper
	Anti-Be^a, Anti-Ca	Gefunden bei Müttern mit Morbus-haemolyticus-neonatorum-Kindern
	Anti-Rm, Anti-By	In der Schwangerschaft aufgetreten
	Anti-I	Kältespezifischer Antikörper
«Public»	Anti-Vel	Der Antikörper reagiert mit 4 unter 10 000 Blutproben negativ
	Anti-Yt^a	Nicht mit allen Antiglobulin-Seren und am besten im Trypsin-Antiglobulin-Test nachweisbar

Synopsis des Liquors (Lumballiquor) *

	Normalwerte	Literatur[1]	Bemerkungen
Physikalisch-chemische Eigenschaften			
Aussehen	wasserhell, klar		Der Liquor ist *pathologisch*, wenn er *gefärbt* oder *getrübt* ist, der Fall einer durch Punktion verursachten Blutung ausgenommen. Die *Trübung* der Flüssigkeit beginnt, wenn die Anzahl der Leucocyten ungefähr 200 pro Kubikmillimeter übersteigt. Die Flüssigkeit kann hauptsächlich rot, gelb oder braun gefärbt sein. *Rotfärbung* (Erythrochromie), wenn sich im Verlaufe der Punktion oder höchstens 5–6 Stunden vorher Blut beimischte (wenn die Anzahl der Erythrocyten geringer als 30 pro Kubikmillimeter ist, tritt die Färbung nicht in Erscheinung). *Gelbfärbung* (Xanthochromie), wenn sich früher als 6 Stunden vor der Punktion Blut beimischte oder wenn die Permeabilität der Meningealschranke für verschiedene Farbstoffe (Bilirubin, Carotine, Lipochrome) erhöht ist, was unter anderm bei Meningitiden jeder Ätiologie sowie bei Zirkulationsblockierungen des Liquors auftritt (Tumoren). *Braunfärbung* bei Melanosarkom des Zentralnervensystems oder der Meningen.
Menge	100–150 ml		Bezieht sich auf die Menge, die durch Lumbalpunktion erhalten wird.
Druck	6–20 cm H_2O = 4,5–15 Torr (mm Hg)		Der Liquordruck ist sehr unterschiedlich; die hier angegebenen Daten sind die noch als normal zu betrachtenden Grenzwerte, wenn der Druck gemessen wird, während sich der Patient in Seitenlage befindet. Zahlreiche Faktoren beeinflussen den Meßwert, insbesondere: die Lage des Patienten (Schwankungen von 5–10 cm H_2O), das Einatmen gewisser Gase (CO_2: Erhöhung um 20–30 cm H_2O; Rich et al., *Circ. Res.*, **1**, 389 [1953]), die Hyperventilation (Erniedrigung um durchschnittlich 6 cm H_2O; Rich et al., loc. cit.), die Einnahme von $NaHCO_3$ (Erhöhung um durchschnittlich 12,5 cm H_2O; Rich et al., loc. cit.). Übrigens führen die Atmung und die Herzschläge zu rhythmischen Schwankungen des Liquordruckes im Umfang von einigen Millimetern H_2O.
Queckenstedt-Test: Der Liquordruck erhöht sich bei Kompression der beiden Jugularvenen und wird wieder normal, sobald die Kompression aufhört. Erhöht sich der Liquordruck bei Kompression einer einzigen Jugularvene, so weist dies auf eine Thrombose des lateralen Sinus venosus der andern Seite hin.			
Zellgehalt*	0–3 pro Kubikmillimeter		Diese wenigen Elemente sind meistens Lymphocyten. Das Vorhandensein von Erythrocyten ist grundsätzlich immer pathologisch, jedoch gelangen bei einer Punktion fast unvermeidlich einige in die Flüssigkeit. Sie ist pathologisch, wenn sie mehr als 4 Elemente pro Kubikmillimeter enthält.
Spezifisches Gewicht*	1,005–1,009	Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), S. 315.	
pH	Mittelwert: **7,32** Standardabweichung: 0,09 Normalbereich**: *7,14–7,50*	Cooper et al., *Amer. J. Med.*, **18**, 613 (1955).	Mittelwert von 20 gesunden Versuchspersonen. Die von Reichner, H., *Z. ges. Neurol. Psychiat.*, **123**, 434 (1930), angegebenen Werte stimmen damit überein.
Gefrierpunktserniedrigung	0,56–0,60 °C	Lickint, F., *Z. ges. Neurol. Psychiat.*, **120**, 148 (1929).	Plasma und Liquor sind bis auf eine Differenz von etwa 2 mmol isotonisch. Einer Gefrierpunktserniedrigung von 0,56 °C entspricht eine Tonizität, das heißt eine Gesamtkonzentration osmotisch wirksamer Teilchen, von 301,4 mmol/1000 g H_2O. Dieser kleine Unterschied ergibt sich aus dem höheren Proteingehalt des Plasmas (die Tonizität aller anderen osmotisch wirksamen Teilchen ist in beiden Flüssigkeiten gleich groß).
Brechungsindex	1,33494–1,33510	Hallmann, L., *Klinische Chemie und Mikroskopie*, 6. Aufl., Stuttgart (1950).	
Oberflächenspannung bei 20 °C		Künzel, O., *Dtsch. Z. Nervenheilk.*, **139**, 265 (1936).	Wurde der Liquor vor mehr als 2 Stunden entnommen, dann ist die statische Oberflächenspannung der dynamischen gleich geworden.
Dynamisch	62,1–65,1, Mittel 63,3 dyn cm^{-1}		
Statisch	59,5–62,5, Mittel 61,0 dyn cm^{-1}		
Viskosität bei 38 °C	1,020–1,027 (Wasser = 1,000)	Levinson, A., *Cerebrospinal Fluid in Health and Disease*, St. Louis (1919).	

* Die in dieser Übersicht angegebenen Werte beziehen sich auf den Liquor, der durch *Lumbal*punktion bei einem gesunden *Erwachsenen* entnommen wird. In den Tabellen auf S. 567 finden sich 1. die wesentlichsten Liquorwerte des Neugeborenen und 2. die Unterschiede zwischen dem beim Erwachsenen durch Lumbal-, Suboccipital- oder Ventrikelpunktion entnommenen Liquor.

** Definition des Normalbereichs siehe S. 549.

1) Siehe auch *2)* und *3)* sowie Davson, H., *Physiology of the Ocular and Cerebrospinal Fluids*, London (1956), Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), sowie Merritt und Fremont-Smith, *Cerebrospinal Fluid*, Philadelphia (1937).

2) Luds und Haan, *The Cerebrospinal Fluid*, New York (1954).

3) Hoppe-Seyler und Thierfelder, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

	Normalwerte	Literatur[1]	Bemerkungen
Leitfähigkeit			
Bei 18 °C	$1{,}198 \times 10^{-2}$ S × cm^{-1} **	Teschler, L., *Dtsch. Z. Nervenheilk.*, **103**, 87 (1928).	
Bei 25 °C	$1{,}425 \times 10^{-2}$ bis $1{,}549 \times 10^{-2}$ S × cm^{-1} **	Eckel, J. L., *Human Cerebrospinal Fluid*, New York (1926), S. 143.	
Alkalireserve	59,5 Vol.% CO_2	Pincus und Kramer, *J. biol. Chem.*, **57**, 463 (1923).	Mittelwert aus der einzigen in der Literatur auffindbaren Untersuchung an zwei bestimmt gesunden Personen. Zahlreiche Autoren geben nur sehr vage Grenzen an: 40–60 Vol.% CO_2.
Organische Bestandteile			
Proteine*			
Total	20–40 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	Für genaue Bestimmungen: Mikro-Kjeldahl oder Wu und Ling, *Chin. J. Physiol.*, **1**, 161 (1927). Übersicht über die Methoden: Lindenmeyer, E., *Mschr. Psychiat. Neurol.*, **109**, 57 (1944).
Verteilung in Prozent			
Proteine ρ	0–4,4%	Métais et al., *Ann. Biol. clin.*, **15**, 398 (1957). Elektrophoretische Bestimmung nach Demineralisation und Konzentration.	Verschiedene leicht auszuführende Reaktionen geben mehr oder weniger genau Aufschluß über die im Liquor enthaltenen Mengen an Proteinen. Unter den meistausgeführten nennen wir einerseits die Nonne-Apeltsche und die Pandysche Reaktion, die bei positivem Ausfall eine Vermehrung der Globuline anzeigen, und anderseits die Kolloidreaktionen (Benzoe-, Mastix- und Goldsolreaktion), deren Ergebnisse die Modifikationen des Albumin-Globulin-Verhältnisses anzeigen. Nach Guillain et al., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **83**, 1380 (1920), liefert die Benzoereaktion viel genauere Resultate als die Mastixreaktion; sie ist übrigens einfacher durchzuführen und birgt weniger Fehlerquellen als die Goldsolreaktion von Lange (Guillain und Lechelle, *Rev. neurol. [Paris]*, **28**, 80 [1921]).
Albumine	51,3–60,0%		
α_1-Globuline	4,7–8,0%		
α_2-Globuline	7,5–11,6%		
β-Globuline	9,2–18,0%		
Fibrinogen	0–8,0%		
γ-Globuline	5,6–10,0%		
Verhältnis Albumine : Globuline	etwa 4 : 1	Hoppe-Seyler[3], S. 310.	Sehr veränderlich. In der Regel bei chronischen Prozessen erhöht, bei akuten unverändert[2].
Stickstoff			
Total	15,7–22,0 Mittel 18,5 mg/100 ml	Hoppe-Seyler[3], S. 321.	
Reststickstoff	11–20 mg/100 ml	Hoppe-Seyler[3], S. 321.	
Aminosäuren (als N) ..	1,6–2,7 Mittel 2,2 mg/100 ml	Hoppe-Seyler[3], S. 336.	Die im Liquor vorkommenden Aminosäuren sind, in der Reihenfolge abnehmender Konzentration aufgeführt: Arginin, Lysin und Threonin, Valin, Tyrosin, Phenylalanin, Cystin, Histidin, Leucin, Isoleucin, Methionin (Solomon et al., *J. biol. Chem.*, **171**, 695 [1947]).
Harnstoff	10–30 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	Keine klinische Bedeutung bekannt.
Harnsäure	0,5–2,6 mg/100 ml	Lups und Haan[2], S. 66.	
Creatin	0,46–1,87 mg/100 ml	Hoppe-Seyler[3], S. 324.	
Creatinin	0,54–1,91 Mittel 1,11 mg/100 ml	Cockrill, J. R., *Arch. Neurol. Psychiat. (Chicago)*, **25**, 1297 (1931).	
Glucose*	45–80 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	Der Liquor enthält außer Glucose praktisch keine andern reduzierenden Substanzen. Der Liquorzuckergehalt ist in der Regel *vermindert* bei: Kokken-, tuberkulösen und grippösen Meningitiden, Meningitiden bei akuter Syphilis im Sekundärstadium, progressiver Paralyse; er ist in der Regel *vermehrt* bei: Mumps-Meningitis, Gehirnabszessen, -tumoren und -blutungen, kongenitaler Syphilis, Tabes, Polyneuritiden, Poliomyelitis, Encephalitis lethargica, Nierenerkrankungen, Arteriosklerose und Diabetes. (Nach Greenfield und Carmichael, *The Cerebrospinal Fluid in Clinical Diagnosis*, New York [1925]).

* Siehe erste Note auf S. 564.

** S × cm^{-1} = Siemens × cm^{-1} = Ohm^{-1} × cm^{-1}.

1) Siehe auch *2)* und *3)* sowie Davson, H., *Physiology of the Ocular and Cerebrospinal Fluids*, London (1956), Sunderman und Boerner, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), sowie Merritt und Fremont-Smith, *Cerebrospinal Fluid*, Philadelphia (1937).

2) Lups und Haan, *The Cerebrospinal Fluid*, New York (1954).

3) Hoppe-Seyler und Thierfelder, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

	Normalwerte	Literatur[1]	Bemerkungen
Inosit	2,7 mg/100 ml	NIXON, D. A., *J. Physiol. (Lond.)*, **119**, 18P (1953).	Mittelwert von Messungen an 17 gesunden Personen. Der durchschnittliche Inositgehalt im Plasma dieser 17 Untersuchten betrug 0,6 mg/100 ml.
Brenztraubensäure	Mittelwert: **0,905** mg/100 ml Standardabweichung: 0,177 Normalbereich**: *0,551–1,259* mg/100 ml	LASCH, F., *Klin. Wschr.*, **31**, 941 (1953).	Mittelwert von 20 Fällen. Diese Werte stimmen mit den von AMATUZIO und NESBITT, *J. clin. Invest.*, **29**, 1486 (1950), angegebenen überein.
Milchsäure	11–27 Mittel 19 mg/100 ml	GLASER, J., *J. biol. Chem.*, **69**, 539 (1926).	Messungen an 13 gesunden Personen.
Aldehyde und Ketone (bisulfitbindende Substanzen)	0,42–3,07 mg/100 ml	HOPPE-SEYLER[3], S. 326.	Normalerweise findet sich weder Aceton noch β-Hydroxybuttersäure oder Acetessigsäure im Liquor.
Bernsteinsäure	0,3–0,4 mg/100 ml	THUNBERG, T., *Acta med. scand.*, Suppl. 90, 122 (1938).	
Citronensäure	4,5 mg/100 ml	BENNI, B., *Biochem. Z.*, **221**, 270 (1930).	
Äthylalkohol	7,3 mg/100 ml	GABRIEL und NOVOTNY, *Arch. Psychiat. Nervenkr.*, **108**, 279 (1938).	
Cholesterin	0,06–0,5 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur.	
Fettsäuren	1–5 mg/100 ml	HOPPE-SEYLER[3], S. 328.	
Histamin	0,2–3,0 Mittel 0,97 µg/100 ml	JACKSON und ROSE, *J. Lab. clin. Med.*, **34**, 250 (1949).	Je mehr Leucocyten der Liquor enthält, um so reicher ist er an Histamin.
Vitamine	—		Man hat im Liquor Vitamin C (immer in reduzierter Form), Vitamin B_1 und Nicotinsäure festgestellt. Siehe HOPPE-SEYLER[3], S. 334 ff.
Enzyme	—		Man hat im Normalliquor unzählige Enzyme festgestellt, deren klinische Bedeutung jedoch noch nicht einwandfrei feststeht. Wir nennen unter anderen: die Cholinesterase und die Pseudocholinesterase (JEFFERSON, M., *Clin. Sci.*, **13**, 599 [1954]), die Milchsäuredehydrogenase (FLEISHER et al., *Proc. Mayo Clin.*, **32**, 188 [1957]), die Phosphohexoisomerase und die Phosphoriboisomerase (BRUNS et al., *Clin. chim. Acta [Amst.]*, **1**, 63 [1956]), die Ribonuclease (KOVÁCS, E., *Canad. J. med. Sci.*, **31**, 437 [1953]), die Glutaminsäure-Oxalessigsäure-Transaminase (FLEISHER et al., *Proc. Mayo Clin.*, **32**, 188 [1957]). Siehe auch HOPPE-SEYLER[3], S. 332.
Anorganische Bestandteile			
Aluminium	12,5 µg/100 ml	HOPPE-SEYLER[3], S. 306.	
Brom	100–400 µg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur. Siehe auch HOPPE-SEYLER[3], S. 307.	
Calcium	4,1–5,9, Mittel 5,0 mg/100 ml, das heißt 2,0–2,9, Mittel 2,45 mval/l	COHN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **24**, 609 (1939).	Dieser Gehalt entspricht dem diffusiblen Blutcalciumgehalt.
Chloride* (Cl^-)	410–470 mg/100 ml	LUPS und HAAN[2], S. 85.	Als NaCl: 710–780 mg/100 ml.
Kupfer	Mittelwert: **6,2** µg/100 ml Standardabweichung: 2,4 Normalbereich**: *1,4–11,0* µg pro 100 ml	GUBLER et al., *J. clin. Invest.*, **36**, 1208 (1957).	
Eisen	23–52 µg/100 ml	LUPS und HAAN[2], S. 89.	
Jod	7–18 µg/100 ml	HOPPE-SEYLER[3], S. 307.	Die in der Literatur enthaltenen Angaben sind sehr abweichend: Gewisse Autoren geben als normalen Jodgehalt des Liquors 0,58 µg/100 ml (SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia [1950]), oder sogar 0,2 µg/100 ml (GILDEA und MAN, *Arch. Neurol. Psychiat. [Chicago]*, **49**, 93 [1943]).

* Siehe die erste Note auf S. 564. ** Definition des Normalbereichs siehe S. 549.

1) Siehe auch *2)* und *3)* sowie DAVSON, H., *Physiology of the Ocular and Cerebrospinal Fluids*, London (1956), SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), sowie MERRITT und FREMONT-SMITH, *Cerebrospinal Fluid*, Philadelphia (1937).

2) LUPS und HAAN, *The Cerebrospinal Fluid*, New York (1954).

3) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

	Normalwerte	Literatur[1]	Bemerkungen
Magnesium	1–3 mg/100 ml	Mittelwerte aus der Literatur, nach STARY et al., *Z. ges. exp. Med.*, **66**, 671 (1929).	Nach Ansicht der meisten Autoren findet sich Magnesium im Liquor in höherer Konzentration als im Blut.
Phosphor			
Total	1,37–2,15 mg/100 ml	TROPP et al., *Biochem. Z.*, **290**, 320 (1937).	
Anorganisch	1,0–1,5 Mittel 1,4 mg/100 ml	COHN et al., *J. Lab. clin. Med.*, **24**, 609 (1939).	
Blei	14–38 µg/100 ml	HOPPE-SEYLER[3], S. 306.	
Kalium	Mittelwert: **11,57** mg/100 ml = **2,96** mval/l Standardabweichung: 1,76 mg/100 ml = 0,45 mval/l Normalbereich**: *8,05–15,09* mg/100 ml = *2,06–3,86* mval/l	COOPER et al., *Amer. J. Med.*, **18**, 613 (1955).	Spektrophotometrische Bestimmung an 20 gesunden Personen. Die von SHAW und HOLLEY, *J. Lab. clin. Med.*, **38**, 574 (1951), angegebenen Werte stimmen damit überein. Der mittlere Serumkaliumspiegel der 20 von COOPER et al. Untersuchten betrug 17,44 mg pro 100 ml, das heißt 4,46 mval/l. (Siehe auch die Bemerkungen unter Natrium.)
Natrium	Mittelwert: **324,6** mg/100 ml = **141,2** mval/l Standardabweichung: 13,8 mg/100 ml = 6,0 mval/l Normalbereich**: *297,0–352,2* mg/100 ml = *129,2–153,2* mval/l	COOPER et al., *Amer. J. Med.*, **18**, 613 (1955).	Photometrische Bestimmungen an 20 gesunden Personen. Die von SHAW und HOLLEY, *J. Lab. clin. Med.*, **38**, 574 (1951), angegebenen Werte stimmen damit überein. Der mittlere Natriumserumspiegel der 20 von COOPER et al. Untersuchten betrug 323,3 mg/100 ml, das heißt 140,6 mval/l, war also geringer als der Gehalt im Liquor. Während der Kaliumgehalt des Liquors vom Blutkaliumspiegel relativ unabhängig ist, variiert sein Natriumgehalt entsprechend dem Blutnatriumspiegel, außer bei sehr schweren Affektionen des Zentralnervensystems (COOPER et al., *Amer. J. Med.*, **18**, 613 [1955]).
Schwefel			
Total	47,2–60,0 mg/100 ml	FÜRTH et al., *Biochem. Z.*, **251**, 161 (1932).	
Sulfate	18,6–26,5 mg/100 ml		
Rhodan (CNS^-)	30–290 µg/100 ml	HOPPE-SEYLER[3], S. 308.	

Hauptsächlichste Merkmale des Liquors von Neugeborenen (Geburt bis 6 Monate†) (modifiziert nach LUPS und HAAN[2], S. 109)

Alter in Monaten	Zellgehalt pro mm^3	PANDYsche Reaktion	Proteine: Total mg/100 ml	Proteine: Globuline mg/100 ml	Proteine: Albumine mg/100 ml	Glucose mg/100 ml	Chloride mg/100 ml
0–0,5	3	+ oder ++	40–80	10–30	25–55	30–70	
0,5–1	3	Opaleszenz oder +	30–50	10–20	20–40	oft gesenkt sehr veränderlich: 55–70	680–850††
1–2	2	Opaleszenz oder +	25–45	5–15	15–40	55–70	
2–3	2	— oder Opaleszenz	20–40	5–10	15–30	55–70	
3–6	1	— oder Opaleszenz	20–40	2–10	10–30	55–70	700–770††
über 6	1	—	20–40	2–10	10–20	55–70	

† Bei Kindern über 6 Monaten ist die Zusammensetzung des Liquors die gleiche wie beim Erwachsenen. †† Nach HOPPE-SEYLER[3], S. 307.

Unterschiede im Liquor je nach Punktionsstelle

In der Tabelle ist die Ziffer 1 demjenigen Liquor zugeordnet, der die höchste Konzentration des jeweiligen Stoffes aufweist, die Ziffer 2 dem folgenden, die Ziffer 3 demjenigen mit der geringsten Konzentration.

	Proteine	Albumine	Globuline	Verhältnis Albumine: Globuline	Zellgehalt	Kolloidreaktionen	Glucose	Dichte
Ventrikelliquor	3	3	3	3	3	negativ	1	weniger dicht
Zisternalliquor	2	2	2	2	2	manchmal sehr schwach +	2	
Lumballiquor	1	1	1	1	1	manchmal schwach +	3	dichter

Bei pathologischen Fällen sind die Veränderungen im Lumballiquor oft weit ausgeprägter als im Zisternalliquor, in diesem jedoch deutlicher als im Ventrikelliquor.

---

* Siehe die erste Note auf S. 564. ** Definition des Normalbereichs siehe S. 549.

1) Siehe auch 2) und 3) sowie DAVSON, H., *Physiology of the Ocular and Cerebrospinal Fluids*, London (1956), SUNDERMAN und BOERNER, *Normal Values in Clinical Medicine*, Philadelphia (1950), sowie MERRITT und FREMONT-SMITH, *Cerebrospinal Fluid*, Philadelphia (1937).

2) LUPS und HAAN, *The Cerebrospinal Fluid*, New York (1954).

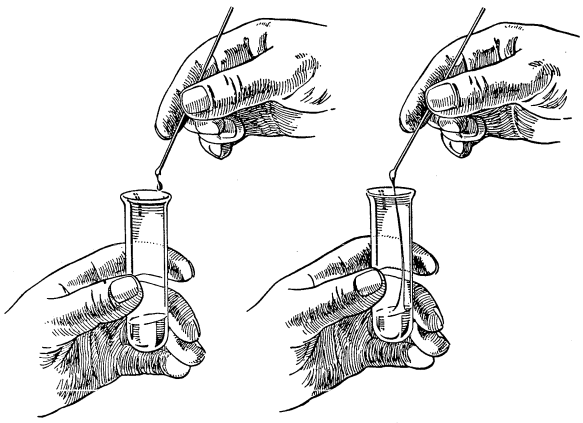
3) HOPPE-SEYLER und THIERFELDER, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. 5, *Untersuchung der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen*, Berlin (1953).

Frisches Sperma

	Normalwerte	Literatur	Bemerkungen
Volumen eines Ejakulates	Mittel **3,4** ml Normalbereich (Mittel ± 2 s): *0,2–6,6* ml Standardabweichung s: 1,6 ml	MacLeod, J., *Fertil. and Steril.*, **2**, 115 (1951) (1000 Fälle).	Nach mindestens 3tägiger Abstinenz. Ist beim gleichen Individuum sehr variabel. Bei wiederholtem Coitus nimmt das Volumen ab; kann nach längerer Abstinenz bis zu 13 ml erreichen. – Ein normales Volumen scheint wegen der größeren Pufferungsreserve gegenüber dem sauren Scheidensekret wichtig zu sein; ein zu großes Volumen ist im Hinblick auf die Fertilität kein günstiges Zeichen (größere Verdünnung der Spermatozoen, Verluste durch Herausrinnen aus der Vagina). Nach Hotchkiss, R. S., *Etiology and Diagnosis in the Treatment of Infertility in Men*, Springfield (1952), S. 31.
Sekretanteil der am Ejakulat beteiligten Drüsen	Das Volumen des Ejakulates ist in erster Linie abhängig von der Sekretion der Prostata und der Samenbläschen, während der Sekretanteil der Cowperschen Drüsen und der Nebenhoden klein, jener der Hoden (einschließlich Spermatozoenanteil) verschwindend klein ist.	Hotchkiss, R. S., *Fertility in Men*, Philadelphia (1944); *Etiology and Diagnosis in the Treatment of Infertility in Men*, Springfield (1952).	Bei der Ejakulation werden zunächst 1–2 Tropfen glasigen Aussehens, Sekret der Cowperschen Drüsen, ausgestoßen, die das saure pH der Harnröhre für das nachfolgende Ejakulat neutralisieren. Dann folgt zunächst milchigtrübes, von Spermatozoen in der Regel freies Prostatasekret, dann die die Spermatozoen enthaltende Mittelportion, zuletzt das glasig-gelatinöse, oft an Tapioka erinnernde, hochviskose Sekret der Samenbläschen.
Farbe und Aussehen	milchig-trüb, leicht opaleszierend, mit glasigen, klebrigen Fäden sowie sago- und tapiokaähnlichen Körnern durchsetzt. Die Opaleszenz geht proportional mit der Spermienkonzentration.		
Gerinnung	Unmittelbar nach der Ejakulation findet eine Gerinnung statt, deren Mechanismus noch unbekannt ist.		Nach Oettle, A. G., *Fertil. and Steril.*, **5**, 227 (1954), erfolgt die Gerinnung, entgegen der allgemeinen Annahme, schon vor der Ejakulation.
Verflüssigung	Die Erweichung und Verflüssigung beginnt nach wenigen Minuten und ist 15 Minuten später beendigt bis auf einige sagoähnliche Körner, die oft bis zu einer Stunde ihre Konsistenz bewahren.	Mann, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954); Oettle, A. G., *Fertil. and Steril.*, **5**, 227 (1954).	Diese Verflüssigung erfolgt unter dem Einfluß proteolytischer Enzyme (vorwiegend der Prostata) und führt zu einer relativ hohen Konzentration an freien Aminosäuren. In einigen Fällen von Azoospermie ist die Verflüssigung stark verzögert.

Sperma 15 Minuten und mehr nach der Ejakulation

Wasserstoffionenkonzentration (pH)	7,2–7,39	Hotchkiss, R. S., *Fertility in Men*, Philadelphia (1944), S. 69 und 102.	Wenn das Entweichen von CO_2 aus der Probe verhütet wird. Ohne diese Vorsichtsmaßnahme wird das Sperma etwas alkalischer: etwa pH 7,6–8,0. – Die Motilität der Spermatozoen hängt vom pH ab, im sauren Vaginalsekret (pH 3,5–4,2) verlieren sie schnell ihre Beweglichkeit (vgl. unter Volumen). Bei normalem Ablauf der natürlichen Funktionen kommen aber die (befruchtenden) Spermatozoen mit dem Vaginalsekret nicht oder kaum in Berührung, weil die am Muttermund befindlichen Spermatozoen durch die durch den Orgasmus ausgelöste Saugwirkung der Cervix schnell in den oberen Cervixhals (pH 7,8) befördert werden. Sie konnten dort schon drei Minuten nach der Ejakulation beobachtet werden. Die Eigenbeweglichkeit der Spermatozoen würde eine solche rasche Fortbewegung niemals ermöglichen. In diesem Umstande dürfte die Ursache liegen, daß bei frigiden Frauen die Konzeptionsfähigkeit durchschnittlich deutlich vermindert ist.
Spezifisches Gewicht	1,020–1,040	Belonoschkin, B., *Zeugung beim Menschen*, Stockholm (1949), S. 117.	
Gefrierpunktserniedrigung (°C)	0,56–0,58 nach 1 Stunde 0,74–0,78 nach 16 Stunden	Zagami, V., *Arch. Sci. biol. (Bologna)*, **25**, 208 (1939).	
Elektrische Leitfähigkeit	0,0088–0,0108 S × cm^{-1}* (20 °C)	Zagami, loc. cit.	
Oberflächenspannung	66 dyn cm^{-1} (bei 20 °C) 52–59,5 dyn cm^{-1} (15 °C)	Zagami, loc. cit. Shedlovsky et al., *Proceedings of the 2nd Conference on Biology of the Spermatozoa*, National Committee on Maternal Health (1940).	
Viskosität	6,45 (bei 20 °C) im Vergleich zu Wasser = 1	Zagami, V., *Arch. Sci. biol. (Bologna)*, **25**, 208 (1939).	Nach Hotchkiss, R. S., *Fertility in Men*, Philadelphia (1944), S. 69 und 102, ist die Viskosität bei der Beurteilung des Spermas von einiger Bedeutung, besonders bei jenen Ejakulaten, in denen die Spermatozoen eine verringerte Lebensfähigkeit und Motilität zeigen. Zur Beurteilung der Viskosität gibt Hotchkiss einige einfache Methoden, von denen eine nebenstehend abgebildet ist; man quirlt das Sperma (bei Zimmertemperatur) in einem Reagensgläschen mit einem Glasstäbchen ein wenig und prüft die Viskosität, wie abgebildet.



Normale Viskosität — Erhöhte Viskosität

* S × cm^{-1} = Siemens × cm^{-1} = Ohm^{-1} × cm^{-1}.

Chemische Zusammensetzung der Spermalflüssigkeit

(ohne Spermatozoen, wenn nicht anders vermerkt)

	Normalwerte in mg/100 ml, wenn nicht anders vermerkt	Literatur	Bemerkungen
Trockensubstanz	10–20% (1–2% Salze, 8–10% organische Substanzen, 2–6% Proteine, 0,21% ätherlösliche Substanzen)	WEISMAN, A. I., *Spermatozoa and Sterility*, New York (1941).	
Proteine	1,58–1,80 g	SHEDLOVSKY et al., *Proceedings of the 2nd Conference on Biology of the Spermatozoa*, National Committee on Maternal Health (1940).	Nach MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), bestehen die Spermaproteine hauptsächlich aus Albuminen, Globulinen (α, β, γ), Mucoproteinen, Nucleoproteinen, Thromboplastin und verschiedenen Enzymen (Fibrinolysin, Fibrinogenase, Aminosäureoxydase, proteolytische Enzyme, Phosphatasen und anderen).
Reststickstoff	55–80	HUGGINS und JOHNSON, *Amer. J. Physiol.*, **103**, 574 (1933).	
Aminosäuren	bis zu 100	MACLEOD, J., *Fertil. and Steril.*, **7**, 368 (1956).	Nachgewiesen wurden: Glycin, Alanin, Serin, Threonin, Leucin, Lysin, Valin, Cystin, Prolin, Tyrosin, Phenylalanin, Asparaginsäure, Glutaminsäure (nach LUNDQUIST, F., *Acta physiol. scand.*, **25**, 178 [1952], und MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London [1954]).
Ergothionein	1,5	HAAG und MACLEOD, *J. appl. Physiol.*, **14**, 27 (1959).	
Glutathion	30	INFANTELLINA, F., *Boll. Soc. ital. Biol. sper.*, **20**, 322 (1945).	
Spermin und Spermidin in Körpergeweben	90–200 mg/100 ml 1– 30 mg/100 g	EVERETT, M. R., *Medical Biochemistry*, 2. Aufl., New York (1946), S. 362.	Das Spermin stammt zum größten Teil aus der Prostata. Nach der Ejakulation reagiert Spermin mit Phosphorsäure unter Bildung von Sperminphosphat, das nach einiger Zeit auskristallisieren kann.
Harnstoff	72	GOLDBLATT, M. W., *Biochem. J.*, **29**, 1346 (1935).	
Fructose	91–520	MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), S. 32.	Der Fructosegehalt des Spermas schwankt stark und stammt vorwiegend aus den Samenbläschen. Vor Beginn der Pubertät und nach Kastration ist keine Fructose nachweisbar. Die Fructose scheint für den Spermatozoenstoffwechsel wichtig zu sein (in Form einer anaeroben Glycolyse; Sauerstoff ist dagegen toxisch), indem sie als Energiequelle für die Motilität der Spermatozoen dient. Im Sperma von Diabetikern ist der Fructosegehalt signifikant höher (MACLEOD, J., *Fertil. and Steril.*, **7**, 368 [1956]).
Milchsäure	36–51; 4,0–5,6 mval/l nach GOLDBLATT, M. W., *Biochem. J.*, **29**, 1346 (1935), 90–100	SHEDLOVSKY et al., *Proceedings of the 2nd Conference on Biology of the Spermatozoa*, National Committee on Maternal Health (1940).	
Citronensäure	96–1430	MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), S. 32.	Über die physiologische Bedeutung der Citronensäure ist kaum etwas bekannt.
Cholesterin	103	SCOTT, W. W., *J. Urol. (Baltimore)*, **53**, 712 (1945).	Das Cholesterin stammt vorwiegend aus der Prostata.
Phosphatide	84	SCOTT, loc. cit.	Die Phosphatide stammen vorwiegend aus der Prostata.
Cholin	bis 2120	KAHANE und LÉVY, *Bull. Soc. Chim. biol. (Paris)*, **19**, 959 (1937); MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), S. 168.	Unmittelbar nach der Ejakulation ist kein freies Cholin nachweisbar. Unter dem Einfluß der sauren Phosphatase der Prostata wird dann allmählich Cholin aus dem Phosphorylcholin und Glycerylphosphorylcholin der Samenbläschen in Freiheit gesetzt und erreicht nach 6 Stunden einen Wert von 2120.
Vitamin C	13	BERG et al., *Amer. J. Physiol.*, **133**, 82 (1941).	
Östrogene Hormone siehe S. 463			
Phosphor			
Anorganischer	40–50	GOLDBLATT, M. W., *Biochem. J.*, **29**, 1346 (1935).	
Säurelöslicher	95	GOLDBLATT, loc. cit.	
Chlor	100–203	MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), S. 32.	

	Normalwerte in mg/100 ml, wenn nicht anders vermerkt	Literatur	Bemerkungen
Natrium	240–319	MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), S. 32.	
Kalium	66–107	MANN, loc. cit.	
Calcium	21–28	MANN, loc. cit.	
Magnesium	14	MANN, loc. cit.	
Kohlendioxyd	41–60 Vol.%	MANN, loc. cit.	Siehe pH, S. 568.
Phosphatase			
Saure	540–4000 KING-ARMSTRONG-Einheiten	GUTMAN und GUTMAN, *Endocrinology*, **28**, 115 (1941).	Stammt zum größten Teil aus der Prostata. Während der Phosphatasegehalt verschiedener Ejakulate desselben Mannes ziemlich konstant ist, sind bei verschiedenen Individuen große Unterschiede festzustellen. Nach GUTMAN und GUTMAN, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **39**, 529 (1938), und GUTMAN et al., *Amer. J. Cancer*, **28**, 485 (1936), beträgt der Phosphatasegehalt der Prostata, bezogen auf 1 g Gewebe, im Alter von vier Jahren 1–2 Einheiten, erreicht in der Pubertät 73 Einheiten und steigt im Erwachsenenalter bis auf 522–2284 Einheiten an. Der Phosphatasegehalt der Prostata übersteigt damit weit jenen der Leber, der Knochen, Nieren und der Duodenalschleimhaut.
Alkalische (pH 9)	0,1–1 KING-ARMSTRONG-Einheit	GUTMAN und GUTMAN, loc. cit.	Stammt vorwiegend aus den Samenbläschen.
Hyaluronidase (in Sperma plus Spermatozoen)	100 Einheiten	1 Einheit = jene Menge an Hyaluronidase in 1 ml Sperma (mit Spermatozoen), die ausreicht, um 2,5 mg Hyaluronsäure zu depolymerisieren. Methode nach MCCLEAN, D., *Biochem. J.*, **37**, 169 (1943); Berechnung nach KURZROK et al., *Amer. J. Med.*, **1**, 491 (1946).	Die Hyaluronidase ist lose an der Zelloberfläche der Kopfregion der Spermatozoen gebunden und wird leicht an die Spermaflüssigkeit abgegeben. Die Hyaluronidasekonzentration steigt mit dem Spermiengehalt; eine direkte Korrelation ist nur zwischen 50 und 100 Millionen je Milliliter festzustellen, das heißt, unter 50 Millionen ist der Hyaluronidasegehalt 0 oder verschwindend, über 100 Millionen steigt er nicht mehr immer proportional zur Spermienzahl weiter an. Zwischen der Spermatozoenmorphologie und dem Hyaluronidasegehalt besteht keine Korrelation. Hyaluronidase fehlt in Hoden ohne reife Spermatozoen.
Geformte Elemente	Außer den Spermatozoen finden sich im Sperma noch Riesenzellen, SERTOLI-Zellen, Leucocyten, Epithelzellen, Prostatazellen, Lecithin-Körperchen, BÖTTCHER-, CHARCOT- und Fettkristalle, Sperminphosphat, Testikelzylinder, Corpora amylacea, Mucus und Bakterien.		Vgl. Prostatasekret (unten).

Zusammensetzung des Prostatasekrets

Nach einer Zusammenstellung in HUGGINS, C., *Physiol. Rev.*, **25**, 281 (1945)

	Normalwerte		Normalwerte
pH	6,3–6,45 (37°C)	Stickstoff, total	295–511 mg/100 ml
Spezifisches Gewicht	1,022	Reststickstoff	30–90 mg/100 ml
Wasser	92,7–93,6 g/100 ml	Proteine	2,46–2,64 g/100 ml
Natrium	149–158 mval/l	Glucose	Spur–16,4 mg/100 ml
Kalium	28,7–61,4 mval/l	Ätherlösliche Stoffe	62–105 mg/100 ml
Calcium	28,7–32,7 mval/l	Cholesterin	86–618 mg/100 ml
Chloride	34,8–46,1 mval/l	Citronensäure	0,48–2,68 g/100 ml
Phosphor, säurelöslicher	0,65–1,77 mval/l	Saure Phosphatase	255–1727 KING-ARMSTRONG-Einheiten
Kohlendioxyd, CO_2 (als Bicarbonat)	3,1–5,4 mval/l	Vitamin C	0,54 mg/100 ml

Geformte Elemente. *Lecithinkörperchen* (kleine, runde, lichtbrechende Pünktchen bis zu Erythrocytengröße), die aber von SCOTT, W. W., *J. Urol. (Baltimore)*, **53**, 712 (1945), als Fettkügelchen angesehen werden; *Corpora amylacea*, sphärisch, hellgelb bis bräunlich, etwa 250 µm Durchmesser, bestehen zum größten Teil aus Protein und Nucleinsäuren, sind schwach acidophil; *Epithelzellen*; wenige *Leucocyten*; *granulierte Prostatazellen*, groß, rund oder unregelmäßig geformt, die den Eindruck machen, als ob sie nur aus Granulationen zusammengesetzt seien.

Außerdem enthält das Prostatasekret noch Fibrinolysin bzw. Fibrinogenase (HUGGINS und VAIL, *Amer. J. Physiol.*, **139**, 129 [1943]; HUGGINS und NEAL, *J. exp. Med.*, **76**, 527 [1942]), Spermin und freie Aminosäuren (besonders Glutaminsäure). Der Zinkgehalt der Prostata ist mit 68 mg/100 g Trockensubstanz größer als der aller anderen Körpergewebe (MAWSON und FISCHER, *Canad. J. med. Sci.*, **30**, 336 [1952]).

Zusammensetzung des Samenbläschensekrets

Nach MANN, T., *The Biochemistry of Semen*, London (1954), mit Ergänzungen nach MACLEOD, J., *Fertil. and Steril.*, **7**, 368 (1956)

pH	7,29	Proteine	7,78 g/100 ml
Wasser	89,0 g/100 g	Fructose	315 mg/100 ml
Kalium	17,8 mval/l	Citronensäure	125 mg/100 ml
Phosphor, säurelöslicher	14,7 mval/l	Vitamin C	5 mg/100 ml
Stickstoff, total	1,28 g/100 ml		
Reststickstoff	99 mg/100 ml		

Der Natriumgehalt des Samenbläschensekrets ist gering, dagegen der Bicarbonatgehalt hoch. Die gelbe Pigmentierung des Sekrets ist auf einen Gehalt an Flavinen zurückzuführen. Ergothionein ist in geringer Konzentration vorhanden, und der Inositgehalt liegt gewöhnlich unter 0,1%.

Morphologie. Siehe nebenstehende Abbildung sowie die graphische Darstellung normaler und abnormer Spermatozoen, S. 573. Über elektronenmikroskopische Untersuchungen siehe HAMMEN et al., *Fertil. and Steril.*, **5**, 411 (1954); MACLEOD, J., *Fertil. and Steril.*, **7**, 368 (1956).

Chemie. Spermatozoen enthalten 50% Feststoffe. Der Gesamtlipoidgehalt (mit einem hohen Anteil an Acetalphosphatiden) beträgt 13% der Trockensubstanz und ist in den Schwänzen dreimal so hoch wie in den Köpfen und Mittelteilen. Der Lipidgehalt ist für die Opaleszenz verantwortlich. Der Schwefelgehalt von 1,8% der Trockensubstanz ist auf einen hohen Gehalt an Cystin und Methionin, der Phosphorgehalt von 3,1% der Trockensubstanz auf den Gehalt an Desoxyribosenucleinsäuren zurückzuführen. Der Zinkgehalt beträgt 2 mg/g Trockensubstanz. Weitere Bestandteile: Enzyme (besonders Hyaluronidase), Cytochrome (a, b, c), freie Aminosäuren (besonders Arginin), Heptacosan und Androsteron.

Spermatogenese und Vitamine. Die Zusammenhänge sind noch ganz ungeklärt. Ein deutlich fördernder (direkter) Einfluß wurde bis jetzt noch bei keinem Vitamin nachgewiesen, außer indirekt darin, daß bei schweren Avitaminosen auch die Spermatogenese in Mitleidenschaft gezogen wird.

Spermatogenese und Hormone. Testosteron hemmt die Spermatogenese deutlich und ist deshalb nur in jenen Fällen indiziert, bei denen die Sterilität auf Unterentwicklung der Kopulationsorgane oder auf Impotenz zurückzuführen ist.

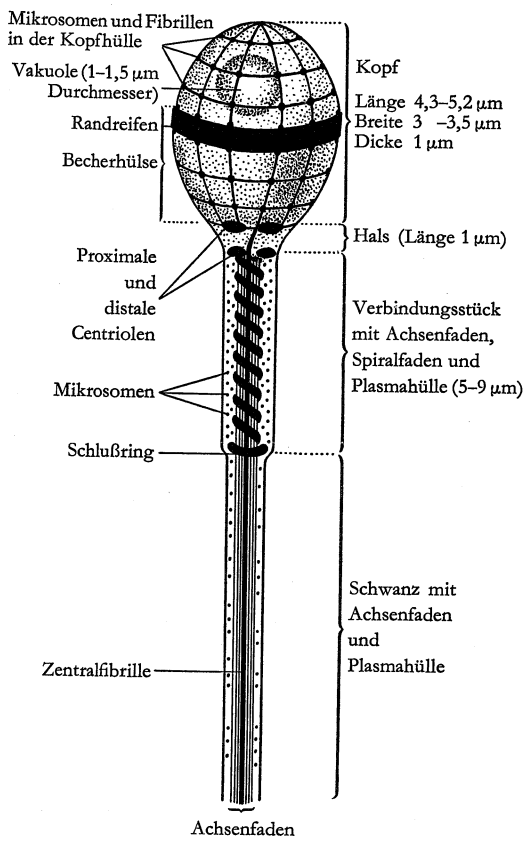
Neuerdings wurde beobachtet, daß mehrere Monate (bis zu 16–27) nach einer durch Testosteron erzwungenen, zeitlich begrenzten Azoospermie bei oligospermen Männern die Spermatozoenanzahl stark in die Höhe schnellte (zum Beispiel von 10 Millionen vor der Behandlung auf 160 Millionen). Vgl. HECKEL und MCDONALD, *Fertil. and Steril.*, **3**, 49 (1952); CHARNY, C.W., *J. Amer. med. Ass.*, **160**, 98 (1956).

Nach HOTCHKISS, R. S., *Etiology and Diagnosis in the Treatment of Infertility in Men*, Springfield (1952), S. 7, ist ein deutlich fördernder Einfluß auch beim gonadotropen Hormon (Hypophyse und Placenta) nicht nachgewiesen. – Einen günstigen Einfluß auf die Fertilität zeigt Thyroxinbehandlung bei Hypothyreotikern (allenfalls thyreotropes Hormon). Ein Versuch ist auch bei jenen Fällen angezeigt, bei denen die Unterfunktion der Schilddrüse nicht offen zutage tritt (vgl. TAYMOR und SELENKOW, *Fertil. and Steril.*, **9**, 560 [1958]).

Fertilität und Spermienkonzentration (vgl. Nomogramm auf nächster Seite). Eine absolute Korrelation zwischen Spermienkonzentration und Unfruchtbarkeit bzw. Fruchtbarkeit besteht nicht, wohl aber eine relative: durchschnittlich ist bei unfruchtbaren Männern der Spermiengehalt des Ejakulates vermindert. Zu dieser relativen gesellt sich bei einem kleinen Ejakulatvolumen noch die absolute Verminderung der Spermatozoenzahl, bei übergroßem Ejakulatvolumen die daraus resultierende Spermienverdünnung.

Der Normalgehalt beträgt nach KAUFMAN, S. A., *Hum. Fertil.*, **11**, 3 (1946), 28–225 Millionen je Milliliter. Von mehreren Autoren wird ein Mindestgehalt von 60 Millionen als die untere Grenze für ein fruchtbares Sperma betrachtet. – Die Spermienkonzentration eines Mannes kann sehr stark schwanken und wird vor allem von heftigen psychischen Erregungen und durch körperliche Anstrengungen negativ beeinflußt. Auch langandauernde sexuelle Abstinenz vermindert in gewissen Fällen den Spermiengehalt (vergrößert vor allem den Prozentsatz abnormer Formen), desgleichen Übertemperierung der Hoden (Grund der Hodendegenerierung bei Kryptorchismus). Saisonmäßige Schwankungen wurden beobachtet (Verminderung der Spermienkonzentration in den heißen Monaten), sind aber statistisch nicht signifikant. – Bei der Beurteilung der Spermienkonzentration ist auch das Ejakulatvolumen in Betracht zu ziehen.

Fertilität und Morphologie (vgl. Nomogramm auf nächster Seite). Auch in dieser Beziehung besteht eine allerdings nur relative, jedoch deutliche Korrelation, indem bei sicher unfruchtbaren Männern durchschnittlich ein deutlich erhöhter Prozentsatz an abnormen Spermatozoenformen im Sperma festzustellen ist. –



Nach STIEVE, H., *Harn- und Geschlechtsapparat*, Bd. 7, 2. Teil des «Handbuchs der mikroskopischen Anatomie des Menschen», herausgegeben von VON MÖLLENDORFF, Berlin (1930), S. 103.

Nach HOTCHKISS, R. S., *Fertility in Men*, Philadelphia (1944), S. 117, beträgt die durchschnittliche Zusammensetzung:

	Mittel	Schwankungsbereich
Ovale (normale) Spermatozoen	89,8%	66–99%
Spitz zulaufende Formen	3,6%	0–24%
Runde Formen	1,6%	0– 9%
Doppelformen	1,8%	0–11%
Riesen- und Stecknadelformen	0,6%	0– 8%
Amorphe Gruppe	2,1%	0–12%

KAUFMAN, S. A., *Hum. Fertil.*, **11**, 3 (1946), fand bei Gesunden einen Durchschnitt von 89,4% an normalen Spermien, die gleiche Zahl gibt MACLEOD, *Conference on Diagnosis in Sterility*, National Committee on Maternal Health (1946). Nach MOENCH, G. L., *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **32**, 406 (1936), stellt ein Prozentsatz von 8–10 für spitz zulaufende Formen die Grenze für ein fruchtbares Sperma dar.

Für einen abnormen Verlauf der Schwangerschaft dagegen dürfte nach MACLEOD, loc. cit., die Morphologie der Spermatozoen hinsichtlich des Gehalts an abnormen Formen nicht verantwortlich sein.

Fertilität und chemische Zusammensetzung. Der Gehalt an Desoxyribosenucleinsäuren (DNS), die einen integralen Bestandteil der Chromosomen darstellen, ist in Spermatozoen von Männern mit normaler Fertilität konstant und von annähernd gleicher Größe, während der DNS-Gehalt der Spermatozoen von Männern mit zweifelhafter Fertilität sowohl innerhalb des Individiums als auch von Individuum zu Individuum stark schwankt (vgl. WEIR und LEUCHTENBERGER, *Fertil. and Steril.*, **8**, 373 [1957]).

Motilität und Lebensdauer. Im frischen Ejakulat sind die Spermien noch relativ unbeweglich. Mit der Verflüssigung steigt auch die Beweglichkeit und hält sich bei Zimmertemperatur ohne Abfall bis zu 3–5 Stunden. Im Cervixsekret bleibt die Motilität viel länger erhalten, weil dort den Spermien metabolisch benötigte Substanzen zur Verfügung stehen, die *in vitro* fehlen. Wärme steigert die Motilität, vermindert aber die Lebensdauer (vorzeitiger Verbrauch der Nahrungsdepots durch die gesteigerte Aktivität). Nach ihrer Beweglichkeit können die Spermatozoen nach WEISMAN, A. I., *Spermatozoa and Sterility*, New York (1941), in folgende Kategorien eingeteilt werden (Zahlen = Normalprozente): 1. unbewegliche (tote) Spermien (15%); 2. langsam und sich schwerfällig bewegende Spermien (15%); 3. mäßig bewegliche und 4. sehr bewegliche Spermatozoen (zusammen wenigstens 75%).

Die Geschwindigkeit normal beweglicher Spermatozoen beträgt in vivo ungefähr 3 mm je Minute, in vitro dagegen nur 0,7 bis 0,9 mm je Minute.

KAUFMAN, S. A., *Hum. Fertil.*, **11**, 3 (1946), gibt folgende Werte für die abnehmende Beweglichkeit der Spermien: normal beweglich nach 3 Stunden 61%, nach 6 Stunden 46%, nach 12 Stunden 28%. – Die abnehmende Motilität ist kein Maß für die abnehmende Befruchtungsfähigkeit, da letztere sich noch schneller verringert.

Mit Condom gewonnene Spermaproben sind zur Beurteilung der Motilität unbrauchbar, weil die Beweglichkeit der Spermatozoen aus solchen Proben regelmäßig schwer beeinträchtigt ist. Eine einfache objektive mechanische Methode zur Bestimmung der Motilität wird von GASSNER et al., *Fertil. and Steril.*, **10**, 488 (1959), beschrieben.

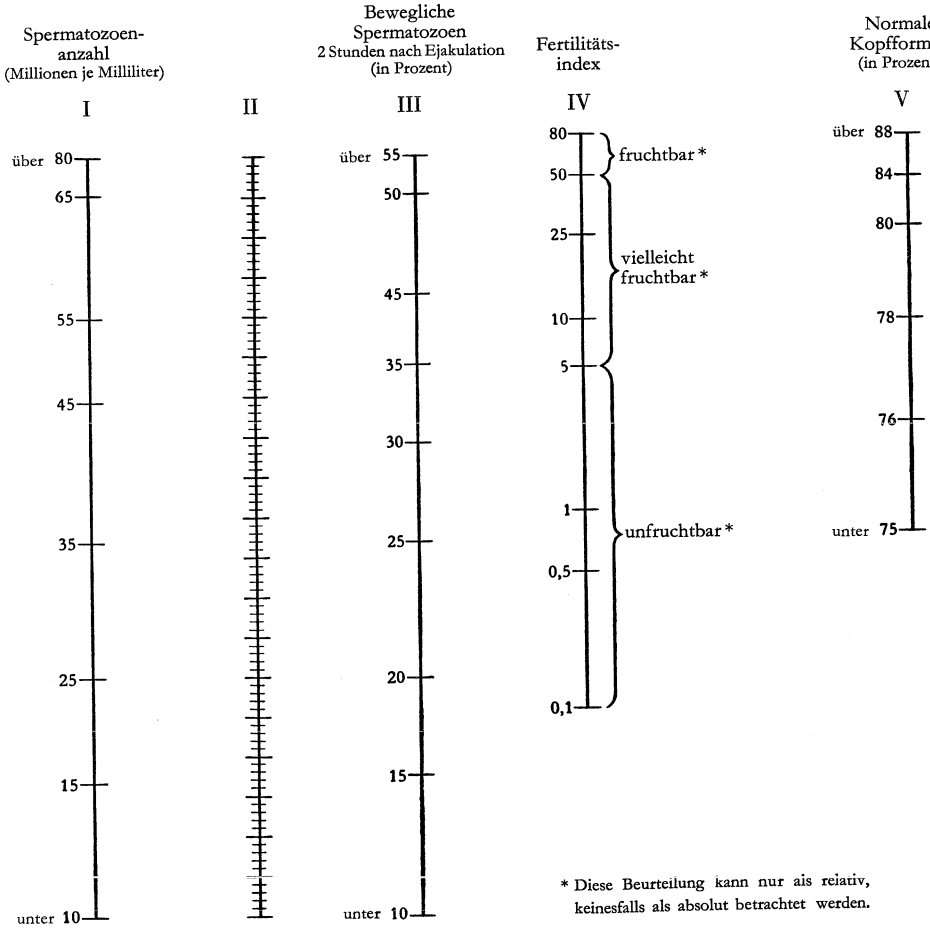
Nach JOËL und KORNHAUSER, *Fertil. and Steril.*, **7**, 430 (1956), wird durch Penicillin und Chloramphenicol die Motilität und damit die Lebensdauer der Spermatozoen verlängert.

Eosinfärbung zur Schnelldifferenzierung lebender und nichtlebender Spermien siehe HEINKE, E., *Z. Haut- u. Geschl.-Kr.*, **10**, 254 (1951); und JOËL und KWIAT, *Schw. med. Wschr.*, **85**, 428 (1955).

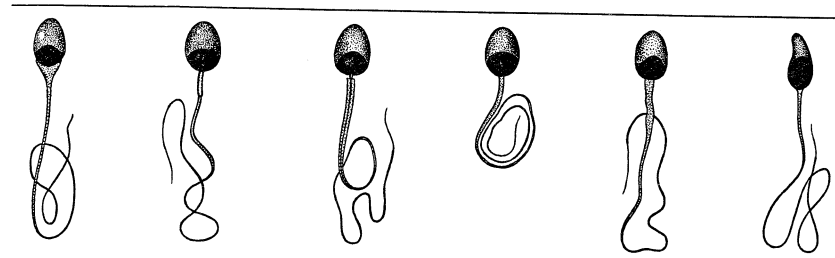
Beurteilung der Fertilität. Nach dem heutigen Stand ist es nicht möglich, Unfruchtbarkeit oder Fruchtbarkeit eines Spermas in absoluter Weise zu beurteilen, außer in den durch wiederholte Untersuchungen bestätigten Fällen von Azoo- oder Nekrospermie. Sind jedoch bei einem Manne aus steriler Ehe – bei sonst normalen Umständen – wiederholt abnorme Werte hinsichtlich Ejakulatvolumen, Spermazusammensetzung, Spermienkonzentration und vor allem stark erhöhte Werte an abnorm geformten, schwer- oder unbeweglichen, schnell absterbenden Spermien festgestellt worden, so liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit der Grund der Unfruchtbarkeit in der Minderwertigkeit des Spermas.

Nomogramm zur Beurteilung der Samenqualität auf Grund von Anzahl, Motilität und Normalkopfformen der Spermatozoen

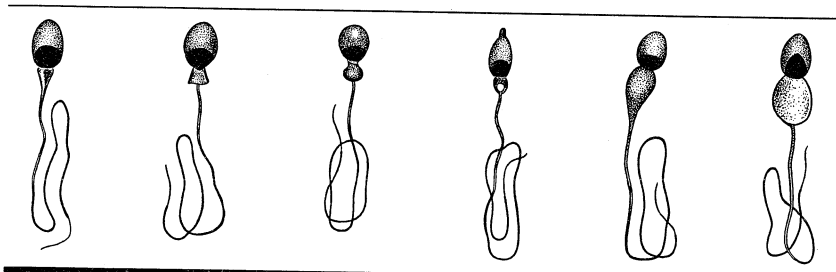
Man verbindet die gefundene Spermienanzahl (auf Skala I) mit der gefundenen Prozentzahl der beweglichen Spermatozoen (Skala III) durch eine Gerade und markiert den Schnittpunkt dieser Geraden auf Skala II. Nun verbindet man diesen markierten Schnittpunkt auf Skala II mit der gefundenen Prozentzahl normaler Kopfformen auf Skala V durch eine Gerade und liest auf Skala IV ab. Nach PAGE und HOULDING, *Fertil. and Steril.*, **2**, 140 (1951).



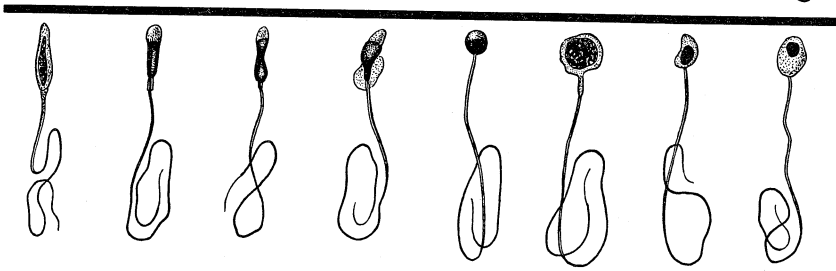
* Diese Beurteilung kann nur als relativ, keinesfalls als absolut betrachtet werden.



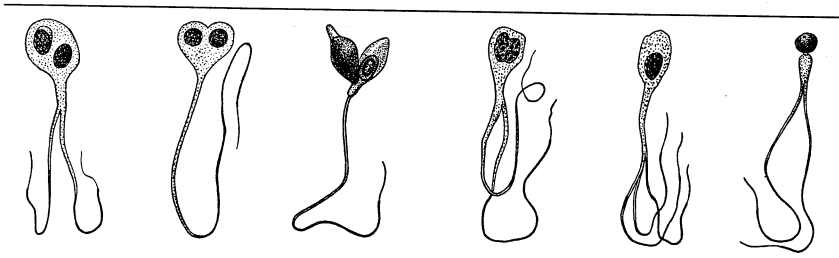
Normale, ovale Spermatozoen
Rechts außen Seitenansicht



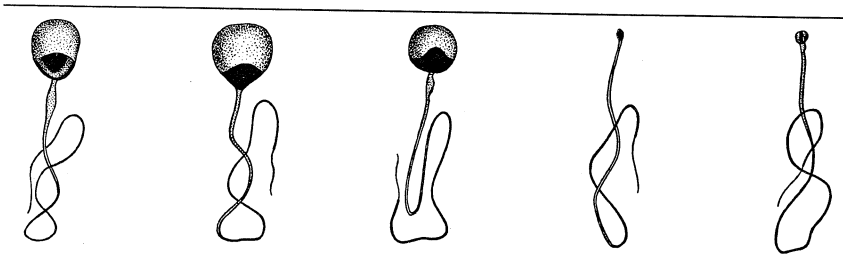
Normale, ovale Spermatozoen
mit Cytoplasmaanhängseln



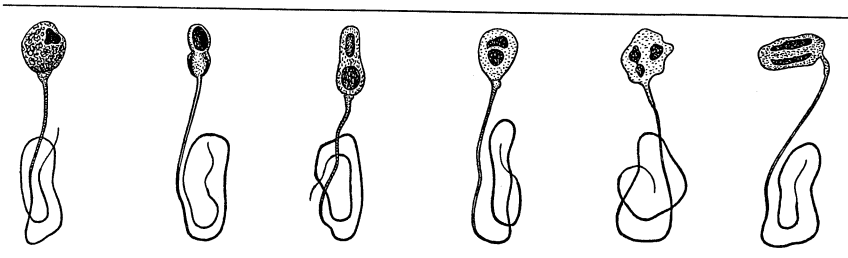
Abnorme Spermatozoen (von links nach rechts):
1–4 spitzzulaufende
5–8 runde Formen



Abnorme Spermatozoen
Doppelformen



Abnorme Spermatozoen
Riesen- und Stecknadelformen



Abnorme Spermatozoen
Amorphe Formen

1) Nach Hotchkiss, R. S., *Fertility in Men*, Philadelphia (1944), S. 117.

Blut[1]	Ante partum*			Post partum*		
	10.–15. Woche	26.–35. Woche	36. Woche bis zum Termin	2.–6. Tag	10.–15. Tag	10.–25. Tag
Erythrocyten (Millionen/mm³)	*3,60–5,30*	*3,12–4,65*	*3,45–5,05*	*3,04–4,70*	*3,00–5,24*	—
Hämatokrit (%)	*32,9–46,3*	*28,5–45,3*	*30,4–46,2*	*28,2–43,8*	—	*26,6–48,8*
Hämoglobin (g/100 ml)	*10,1–17,1*	*8,8–16,2*	*9,8–16,2*	*8,5–15,7*	—	*7,9–15,9*
Mittleres Erythrocytenvolumen (µm³)	**90**	**94**	**90,3**	**93,8**	**91,3**	—
Mittlerer Hämoglobingehalt der Erythrocyten (µµg)	**30,4**	**29,7**	**28,6**	—	**27,2**	—
Mittlere Hämoglobinkonzentration der Erythrocyten (µµg/µm³)	**34,2**	**32,9**	**32,5**	—	—	**31,1**
Elektrische Leitfähigkeit (in % von NaCl)	*0,756–0,804*	*0,750–0,810*	*0,745–0,801*	*0,763–0,819*	*0,762–0,802*	—
Totalbasen (Millival)	*142,8–166,4*	*144,0–160,4*	*138,6–162,6*	*140,5–165,3*	*140,7–166,3*	—
CO_2-Gehalt des Serums (Vol.%)	**53**	**54**	**53**	**54**	**55**	—
pH des Serums	**7,4**	**7,39**	**7,39**	**7,39**	**7,39**	—
NaCl (Serum) (mg/100 ml)	*577,3–629,3*	*583,7–630,9*	*573,7–636,5*	*571,7–622,9*	*585,0–629,4*	—
Plasma-Fibrinogen (%)	*0,20–0,60*	*0,13–0,73*	*0,24–0,72*	*0,25–0,85*	*0,23–0,63*	—
Serum-Protein (%)	*5,95–7,59*	*5,62–7,22*	*5,57–7,45*	*4,83–7,43*	*5,66–7,94*	—
Plasma-Cholesterin (mg/100 ml)	*112,5–426,5*	*180,6–434,6*	*137,1–525,1*	*157,7–463,7*	*102,1–512,1*	—

Plasmavolumen und Wasserhaushalt[2]

Das Plasmavolumen steigt ausgeprägt während der Schwangerschaft und erreicht sein Maximum zwischen dem 68. und 5. Tag vor der Geburt. Verglichen mit dem Plasmavolumen 30 Tage nach der Geburt, beträgt die Zunahme 49%. In den letzten Wochen der Schwangerschaft zeigt sich im Durchschnitt ein signifikantes Abnehmen des Plasmavolumens ungefähr um 25% der vorangegangenen Zunahme. Das Plasmavolumen erreicht am 30. Tag post partum wieder den Normalwert.

Während der Schwangerschaft zeigt sich auch eine Zunahme des extravaskulären Flüssigkeitsvolumens, die besonders im letzten Trimester beschleunigt ist, ohne kurz vor der Geburt eine Abnahme zu zeigen. In der ersten Woche des Puerperiums nimmt das Volumen des extravaskulären Wassers um 2500 ml ab und zeigt zwischen dem 26. bis 66. Tag nach der Geburt eine Abnahme um 59% gegenüber dem Maximalwert während der Schwangerschaft.

Die Zunahme des vaskulären und extravaskulären Wassers zeigt gegenseitige Verschiebungen, indem im 1. und 2. Trimester das Plasmavolumen schneller zunimmt als das extravaskuläre Flüssigkeitsvolumen. Im letzten Trimester vergrößert sich das extravaskuläre Flüssigkeitsvolumen mehr als das Plasmavolumen.

Hormone während der Schwangerschaft

Gonadotropine ..... S. 442
Prolactin ..... S. 445
Östrogene ..... S. 463
Progesteron ..... S. 467

Chemische Werte des Blutes, die während der Schwangerschaft von den Normalwerten abweichen[3]

Proteine	5,8–7,9	g/100 ml
Albumin	2,9–4,3	g/100 ml
Globulin	2,3–3,8	g/100 ml
Albumin-Globulin-Verhältnis	1,0–1,8	
Calcium	8,6–9,5	mg/100 ml
Chloride (als NaCl)	494–612	mg/100 ml
CO_2	45–58	Vol.%
Phosphatase	erhöht während der Wehen	
Phospholipide	195	mg/100 ml
Fettsäuren	362	mg/100 ml
Neutralfett	154	mg/100 ml
Lipide	erhöht	

In der Regel beginnt im 1. Trimester zuerst der Phospholipidspiegel zu steigen, gefolgt von einer Zunahme des Cholesterins. Auch die Neutralfette nehmen rasch zu.

Manchmal beginnt die Zunahme der Serum-Lipide erst später, hin und wieder erst im 8. Monat.

Muttermilch

Chemische Zusammensetzung ..... S. 480, 484 und 485

Grundumsatz während der Schwangerschaft

Vor, während und nach der Schwangerschaft ..... S. 594
Vgl. auch Abschnitt Grundumsatz ..... S. 591–595

Plasmaproteine und spezifisches Gewicht des Vollblutes[4]

	Plasmaproteine (g/100 ml Plasma)		Spezifisches Gewicht (Vollblut)	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
In den letzten Monaten der Schwangerschaft (Primipara)	5,1	7,3	1,030	1,040
In den letzten Monaten der Schwangerschaft (Multipara)	5,0	7,3	1,033	1,040
Zu Beginn der Wehen	5,9	6,9	1,033	1,046
Bei der Geburt	6,4	7,1	1,037	1,047
7–9 Tage nach der Geburt	6,2	7,6	1,039	1,050
Umbilicalvenenblut	5,3	6,7	1,040	1,051

* Wenn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

1) Dieckmann und Wegner, *Arch. intern. Med.*, **53**, 71, 188, 345, 353, 527 und 540 (1934). *2)* Caton et al., *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **57**, 471 (1949). *3)* Dieckmann, W. J., *Toxemias of Pregnancy*, 2. Aufl., St. Louis (1952). *4)* Nach Oberst und Plass, *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **31**, 61 (1936).

Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett (Fortsetzung)

Plasmaproteinfraktionen vor, während und nach der Schwangerschaft

Nach MACK, H. C., *The Plasma Proteins in Pregnancy*, Springfield (1955) (Werte in Gramm je 100 ml)

	Zahl der Fälle	Zahl der Bestimmungen	Albumin	Globuline					Verhältnis Albumin zu Globulin	Totalproteine
				$Alpha_1$	$Alpha_2$	Beta	Gamma	Fibrinogen		
Nichtschwangere Frauen	12	22								
Mittel			4,65	0,36	0,68	1,01	0,97	0,51	1,32	8,18
Bereich			3,92–5,31	0,26–0,53	0,54–0,92	0,83–1,22	0,77–1,26	0,38–0,68	1,16–1,56	6,87–9,62
Schwangere Frauen										
Erstes Trimester (4–7 Wochen)	3	3								
Mittel			4,22	0,40	0,70	0,96	0,73	0,55	1,26	7,56
Bereich			3,79–4,62	0,32–0,45	0,67–0,76	0,90–1,04	0,64–0,87	0,51–0,57	1,20–1,34	6,88–8,06
Zweites Trimester (17–26 Wochen)	7	7								
Mittel			3,89	0,44	0,77	1,20	0,69	0,58	1,06	7,57
Bereich			3,27–4,41	0,34–0,53	0,65–1,00	0,92–1,48	0,56–0,83	0,49–0,73	0,94–1,21	6,57–8,70
Drittes Trimester (28–51 Wochen)	14	15								
Mittel			3,43	0,51	0,87	1,36	0,68	0,65	0,84	7,50
Bereich			2,43–4,07	0,32–0,72	0,66–1,15	0,94–1,95	0,46–0,90	0,50–0,92	0,64–1,11	5,96–8,68
Geburt	16	16								
Mittel			3,41	0,48	0,94	1,40	0,62	0,70	0,82	7,55
Bereich			2,51–4,60	0,40–0,66	0,46–1,32	1,11–1,93	0,32–0,87	0,45–1,07	0,59–0,96	5,86–10,26
Post partum										
12–24 Stunden	3	3								
Mittel			2,68	0,54	0,86	1,22	0,50	0,67	0,71	6,47
Bereich			2,45–2,91	0,43–0,66	0,58–1,10	1,17–1,29	0,44–0,56	0,61–0,76	0,68–0,75	5,93–7,23
5–6 Tage	9	9								
Mittel			3,15	0,69	1,10	1,38	0,54	0,69	0,72	7,55
Bereich			2,78–3,58	0,59–0,77	0,71–1,29	1,17–1,57	0,27–0,64	0,54–0,90	0,63–0,85	6,67–8,48
6–12 Wochen	13	13								
Mittel			4,07	0,42	0,66	1,05	0,78	0,43	1,22	7,41
Bereich			3,40–4,71	0,33–0,51	0,59–0,89	0,83–1,29	0,27–1,15	0,28–0,65	1,06–1,60	6,26–8,20
Venöses Blut der Mutter (Geburt)	11	11								
Mittel			3,46	0,49	0,97	1,41	0,64	0,73	0,82	7,71
Bereich			2,59–4,60	0,40–0,66	0,79–1,32	1,11–1,93	0,32–0,87	0,45–1,07	0,59–0,96	6,80–10,26
Entsprechendes Umbilicalblut	11	11								
Mittel			3,73	0,32	0,54	0,57	0,87	0,43	1,36	6,47
Bereich			2,95–4,57	0,18–0,55	0,38–0,76	0,37–0,91	0,60–1,16	0,29–0,65	1,14–1,79	5,44–8,60

Bemerkungen (Literaturzusammenstellung siehe [1])

Im allgemeinen sind diese vorwiegend quantitativen Veränderungen der Plasmaproteine[2, 3] Adaptationen des mütterlichen Organismus an die physiologische Überbeanspruchung während der Schwangerschaft und dienen dazu, den Bedarf des wachsenden Fötus zu decken. Abfall des Albuminspiegels und Anstieg des Totalglobulinspiegels beginnen im ersten Trimester und schreiten bis zur Geburt fort, wobei der Anstieg den Abfall nicht zu kompensieren vermag, so daß sich im ganzen ein Abfall der Totalproteine ergibt. Wegen der Vergrößerung des totalen Blutvolumens während der Schwangerschaft (siehe gegenüberliegende Seite) hat dies nicht unbedingt einen Mangel an verfügbarem Protein oder Albumin im Blut zur Folge. Das im Blut zirkulierende Totalprotein kann sogar während der Schwangerschaft erhöht sein.

Die Veränderungen der Proteinspiegel können durch beschleunigte Diffusion der kleineren Albuminmoleküle in die Gewebe und durch die Membranen der Placenta wie auch durch eine im Verhältnis zum Verbrauch ungenügende Albuminsynthese verursacht sein. Ein Zustand, der einem Proteinmangel nahekommt, ist als Folge des während der Schwangerschaft enorm erhöhten Bedarfs an Proteinen im allgemeinen zu erwarten. Es ist deshalb von klinischer Bedeutung, nach Möglichkeit eine genügende Proteinzufuhr aufrechtzuerhalten und Schwächezustände zu vermeiden.

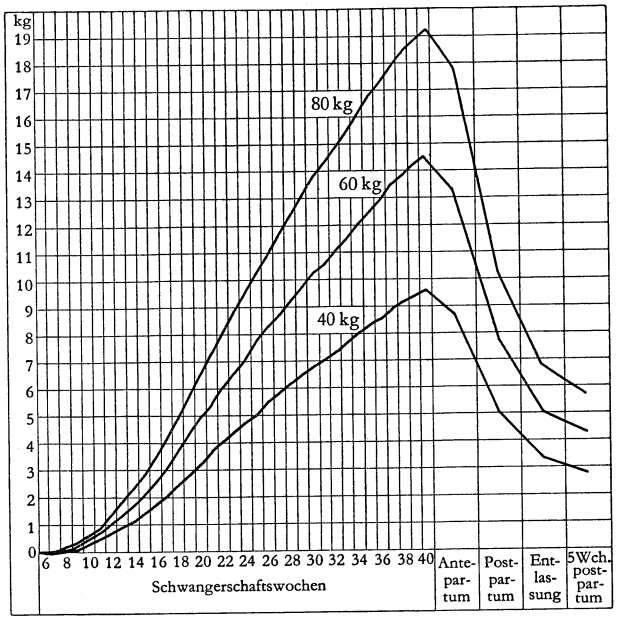
Die Verhältnisse der Plasmaproteine im Umbilicalblut entsprechen eher dem Blut nichtschwangerer Frauen als dem Schwangerenblut. Die Veränderungen im mütterlichen Blut können daher als die Folge davon angesehen werden, daß der mütterliche Organismus danach trachtet, das Kind bei der Geburt mit einem dem Bedarf angepaßten normalen Blut zu versehen. Über die Beziehungen zwischen den Plasmaproteinen des Fötus und der mütterlichen Ernährung siehe[4–6].

Der Anstieg des Totalglobulinspiegels unterstützt die osmotische Kompensation der geringeren Anzahl von Albuminmolekülen und auf diesem Wege die Verhinderung von Flüssigkeitsverlusten in das Gewebe (Schwangerschaftsödem). Da die α- und β-Globuline Träger der meisten Plasmalipide sind, kann der Anstieg dieser zwei Fraktionen mit der Lipämie und der Hypercholesterinämie während der Schwangerschaft in Zusammenhang gebracht werden.

Wegen der Beziehungen der γ-Globuline zu den Antikörpern ist die während der Schwangerschaft verringerte Konzentration dieser Fraktion von klinischer Bedeutung wegen der Verunmöglichung, sowohl Immunität auszubilden als auch gegen erworbene Infektionen Antikörper zu erzeugen[7]. Dies äußert sich in einem gehäuften Vorkommen der Sepsis von Neugeborenen bei Unterernährung der Mutter und in der Anfälligkeit der Schwangeren gegen die paralysierende Wirkung des Poliomyelitisvirus. Der γ-Globulinspiegel des Umbilicalbluts ist bedeutend höher als derjenige des mütterlichen Bluts, und es ist bemerkenswert, daß die transplacentare, intrauterine Übertragung der Poliomyelitis auf den Fötus selten vorkommt. Der Fötus erhält den hohen γ-Globulin-Spiegel auf Kosten des mütterlichen Bluts über die Placenta wahrscheinlich durch selektive Filtration des γ-Globulins durch die letztere. Dieser hohe Gehalt ist wahrscheinlich eine der Ursachen für die relativ große Widerstandsfähigkeit der Neugeborenen gegen gewöhnliche Bakterien- und Virusinfektionen. Über Beziehungen zwischen Immunitätsmechanismen und γ-Globulin-Konzentrationen im Plasma beim Neugeborenen siehe [8] und [9].

Der im Vergleich zum hohen Fibrinogengehalt des mütterlichen Bluts niedrige Spiegel im Umbilicalblut hat zweifellos seine Ursache in der geringen Diffusionsfähigkeit dieser großen und asymmetrischen Moleküle. Dadurch ist der mütterliche Organismus gegen Blutungen einigermaßen geschützt, während das Neugeborene (das auch einen Prothrombinmangel aufweist[10]) und vor allem die Frühgeburten gegen die hämorrhagische Diathese besonders anfällig sind. Bei Schwangeren mag der hohe Fibrinogenspiegel mit ein Grund für die Neigung zur Bildung von Thrombophlebitiden sein.

1) ALHA, A.-L., *Ann. Chir. Gynaec. Fenn.*, **39**, Suppl. 4 (1950). 2) CORYELL et al., *J. clin. Invest.*, **29**, 1559 (1950). 3) MACY und MACK, *Physiological Changes in Plasma Proteins Characteristic of Human Reproduction*, Children's Fund of Michigan, Detroit (1952). 4) DIECKMANN et al., *J. Amer. diet. Ass.*, **27**, 1046 (1951). 5) SMITH et al., *Obstet. and Gynec.*, **1**, 46 (1953). 6) TOVERUD et al., *Maternal Nutrition and Child Health*, Bulletin of the National Research Council, Nr. 123, Washington (1950). 7) CANNON, P. R., in: YOUMANS, J. B. (Hrsg.), *Symposia on Nutrition of the Robert Gould Research Foundation*, Bd. 2: *Plasma Proteins*, Springfield (1950). 8) SMITH, C. A., *The Physiology of the Newborn Infant*, 3. Aufl., Oxford (1959). 9) BRAMBELL et al., *Antibodies and Embryos*, London (1951). 10) STRAUMFJORD und QUAIFE, *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **61**, 369 (1946).



Normale Gewichtsveränderungen während der Schwangerschaft (Gewicht zu Beginn der Schwangerschaft 40, 60 und 80 kg). Nach STANDER und PASTORE[1].

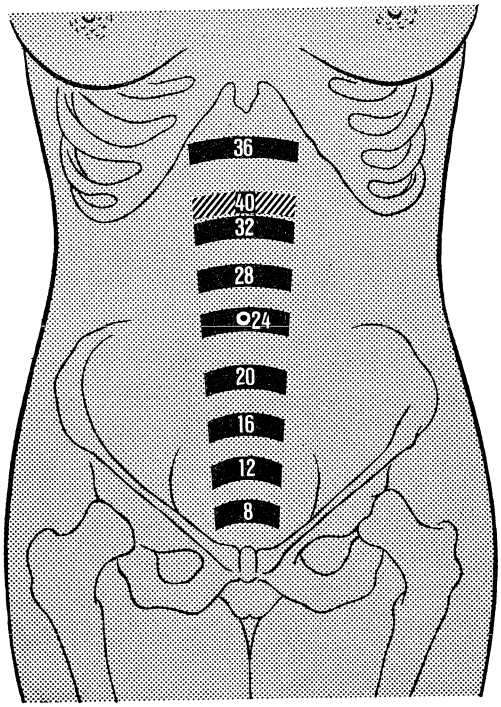
Normale Gewichtsveränderung während der Schwangerschaft[1]

	%	kg
Gewichtszunahme bis zur 40. Woche	24,10	13,9
Gewichtsverlust vor der Geburt	1,58	1,11
Gewichtsverlust während der Geburt	7,74	5,35
Gewichtsverlust in den ersten 10 Tagen nach der Geburt	3,77	2,30
Gewichtsverlust während der letzten 5 Wochen des Puerperiums	1,11	0,68

Involution des Uterus nach der Geburt[2]

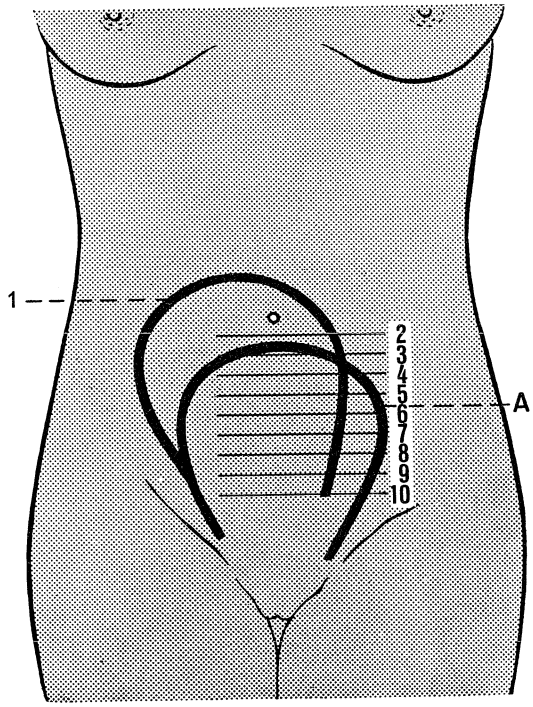
Tage nach der Geburt	Höhe (cm)	Breite (cm)
1	10,91	11,00
2	13,55	12,27
3	11,16	10,93
4	10,21	10,27
5	9,29	9,66
6	8,22	8,96
7	7,61	8,32
8	7,32	8,19

Größenzunahme des Uterus während der Schwangerschaft[2]



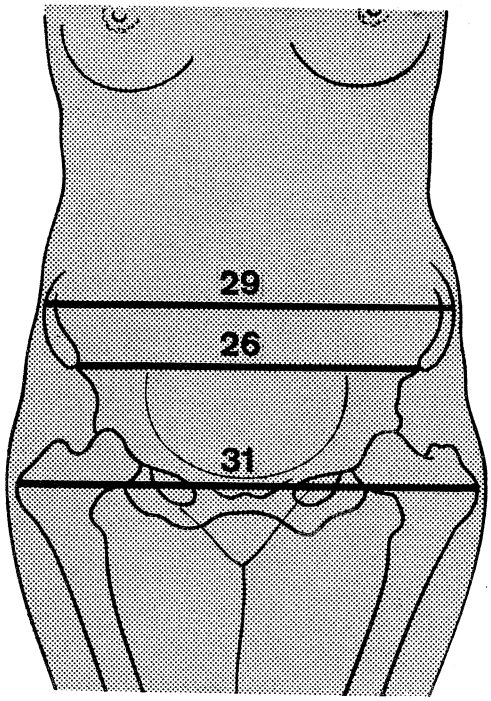
Zahlen = Wochen

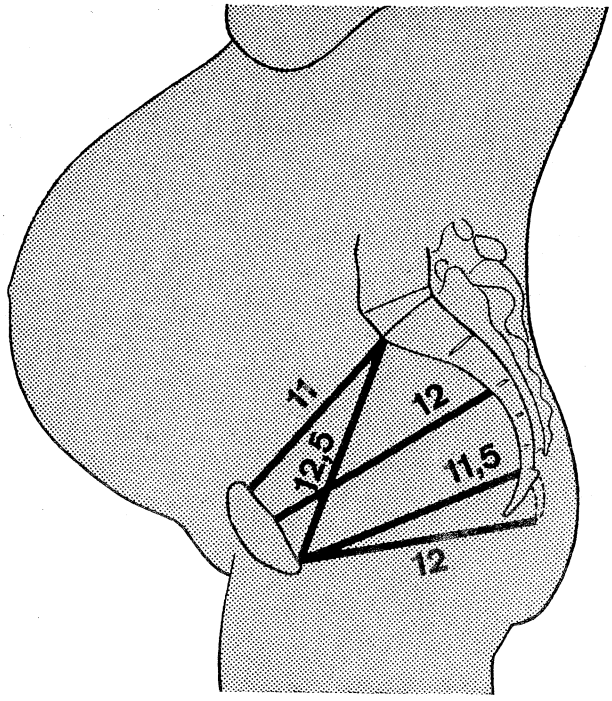
Involution des Uterus nach der Geburt[2]
(bei leerer Blase)



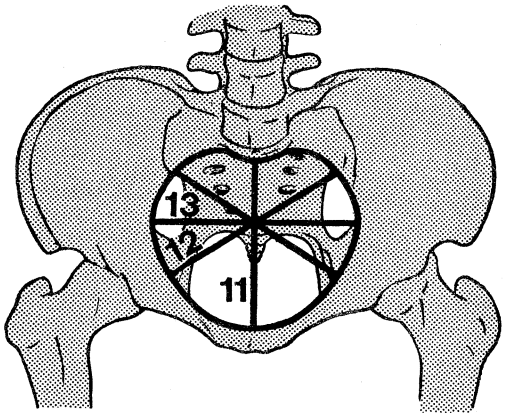
A = unmittelbar nach der Geburt
1, 2, 3, ... = am 1., 2., 3., ... Tag nach der Geburt

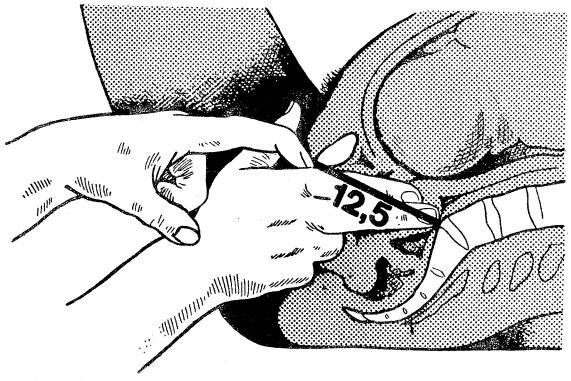
1) STANDER und PASTORE, *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **39**, 928 (1940) (aus einem statistischen Material von 2935 Fällen).
2) Nach DELEE und GREENHILL, *The Principles and Practice of Obstetrics*, 9. Aufl., Philadelphia (1947).

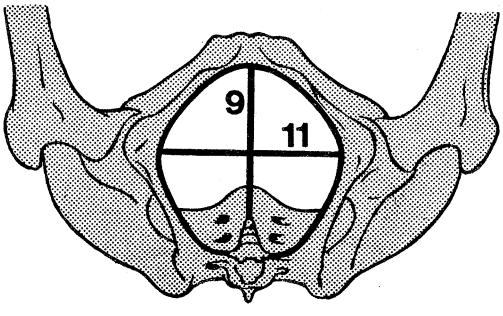


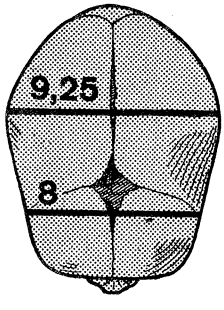


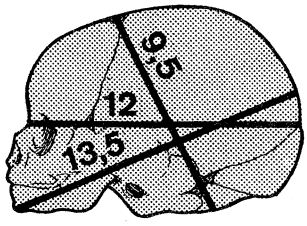
Externe Maße











1) Nach Bumm, E., *Grundriß zum Studium der Geburtshilfe*, München (1921). DeLee und Greenhill, *The Principles and Practice of Obstetrics*, 9. Aufl., Philadelphia (1947).

Durchmesser des Chorionsackes, Scheitel-Fersen- und Scheitel-Steiß-Länge, Gewicht des Embryos[1]

Alter des Embryos	Scheitel-Steiß-Länge mm	Scheitel-Fersen-Länge mm	Durchmesser des Chorionsackes mm	Gewicht g
1 Woche	0,1*	—	0,2	—
2 Wochen	0,2*	—	3	—
3 Wochen	2,0	—	10	—
4 Wochen	5,0	—	20	0,02
5 Wochen	8,0	—	25	—
6 Wochen	12,0	—	30	—
7 Wochen	17,0	19,0	40	—
8 Wochen	23,0	30,0	50	1
12 Wochen	56,0	73,0	—	14
16 Wochen	112,0	157,0	—	105
20 Wochen	160,0	239,0	—	310
24 Wochen	203,0	296,0	—	640
28 Wochen	242,0	355,0	—	1080
32 Wochen	277,0	409,0	—	1670
36 Wochen	313,0	458,0	—	2400
Termin (266 Tage)	350,0	500,0	—	3300

Körperlänge des Embryos

(Regel nach AHLFELD und HAASE)

Monate zu 4 Wochen	1. Monat	**1** × 1	1 cm	vom Scheitel bis zur Sohle, Körper gestreckt
	2. Monat	**2** × 2	4 cm	
	3. Monat	**3** × 3	9 cm	
	4. Monat	**4** × 4	16 cm	
	5. Monat	**5** × 5	25 cm	
	6. Monat	**6** × *5*	30 cm	
	7. Monat	**7** × *5*	35 cm	
	8. Monat	**8** × *5*	40 cm	
	9. Monat	**9** × *5*	45 cm	
	10. Monat	**10** × *5*	50 cm	

Tägliche Gewichtszunahme von Brustkindern

Bis zur	4.	Woche etwa	30 g
Von der	5.–12.	» »	26–28 g
» »	13.–20.	» »	20–24 g
» »	21.–36.	» »	16–18 g
» »	37.–52.	» »	10–15 g

Gewichtsänderungen in den ersten Lebenstagen

(nach GREGORY)

Stunden	Tage	Abnahme	
0– 12	1.	— 81 g	— 139 g
12– 24		— 58 g	
24– 36	2.	— 52 g	— 64 g
36– 48		— 12 g	
		Zunahme	
48– 60	3.	8 g	33 g
60– 72		25 g	
72– 84	4.	20 g	50 g
84– 96		30 g	
96–108	5.	25 g	50 g
108–120		25 g	
120–132	6.	20 g	36 g
132–144		16 g	

Gewichtszunahme des Säuglings

Das Sollgewicht des Säuglings läßt sich approximativ nach folgender Formel berechnen: Geburtsgewicht + (a × Anzahl der Lebensmonate), a = 600 g im 1. Halbjahr, a = 500 g im 2. Halbjahr[2]

	Brustkinder		Künstlich ernährte Knaben und Mädchen g
	Knaben g	Mädchen g	
Geburtsgewicht	3 480	3 240	3 390
Ende der 4. Woche ...	4 170	3 810	3 730
» » 8. » ...	5 080	4 560	4 340
» » 12. » ...	5 870	5 270	4 950
» » 16. » ...	6 580	5 900	5 610
» » 20. » ...	7 140	6 520	6 270
» » 24. » ...	7 650	6 920	6 900
» » 28. » ...	8 140	7 380	7 300
» » 32. » ...	8 540	7 800	7 750
» » 36. » ...	8 900	8 090	8 130
» » 40. » ...	9 220	8 400	8 270
» » 44. » ...	9 650	8 720	8 650
» » 48. » ...	9 970	8 970	8 910
» » 52. » ...	10 210	9 660	9 980

Gewicht verschiedener Organe des Säuglings[3]

(Die Werte in Klammer beziehen sich auf Kropfgegenden)

Alter	Körpergewicht kg	Herz g	Gehirn g	Leber g	Lungen g	Milz g	Nieren g	Thymus g	Hypophyse g	Nebennieren g	Schilddrüse g	Testes g	Ovarien g	Uterus g
Neugeborene, Knaben	3,54	20	353	134	52	9,4	24	11,2	0,121	9,01	2,09 (6,6)	0,67		
Mädchen	3,43	19	347	137	51	9,4	22			9,03			0,29	4,70
0–3 Monate, Knaben	5,92	19	435	143	69	14,6	30	19,3	0,161	4,66	1,71 (3,18)	0,91		
Mädchen	5,62	17	411	133	64	11,4	27			4,60			0,63	2,88
3–6 Monate, Knaben	8,4	27	600	184	94	18,9	43	22,9		3,61	2,11 (4,4)	1,12		
Mädchen	7,9	25	534	178	93	15,9	37			4,37			0,45	3,00
6–12 Monate, Knaben	10,8	37	877	261	135	24	61	22,1		4,97	2,04 (3,44)	1,39		
Mädchen	10,6	33	726	250	128	21	55			4,60			0,74	4,83

* Totallänge der Keimscheibe.

1) Nach AREY, L. B., *Developmental Anatomy*, 5. Aufl., Philadelphia (1949), S. 115.

2) Nach SALMI, T., in: FANCONI und WALLGREN, *Lehrbuch der Pädiatrie*, Basel (1954), S. 1.

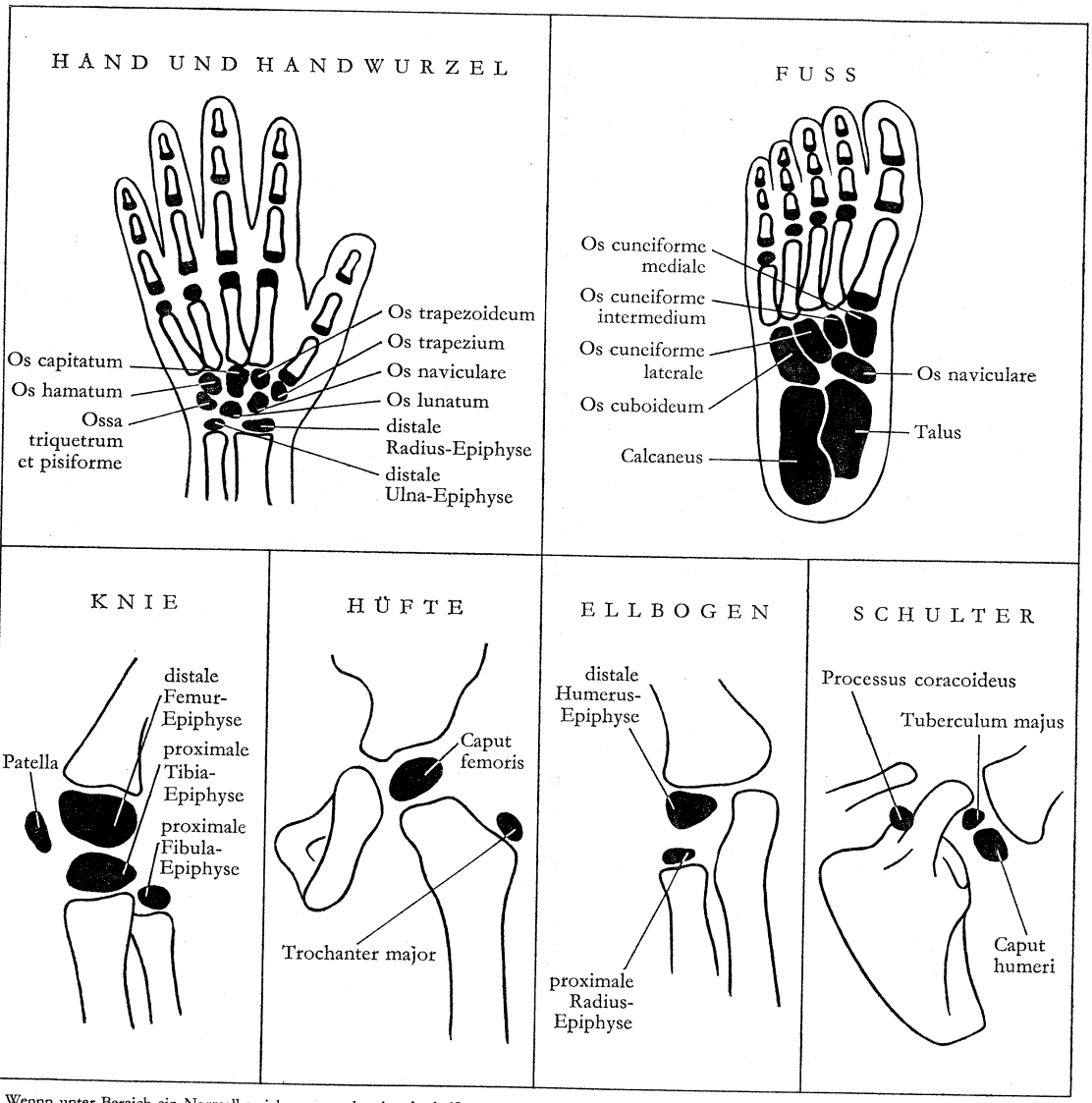
3) Nach SPECTOR, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 162.

Auftreten der sekundären Ossifikationszentren

Zur Beurteilung der Skelettentwicklung sind verschiedene Methoden ausgearbeitet worden, wobei in der Regel irgendeine Skelettregion, zum Beispiel Fuß oder Hand (vgl. S. 580 und 581), als repräsentativ für die Ossifikation des Gesamtskelettes erachtet wird. Da aber die Verknöcherung einzelner Skelettregionen oft nicht streng koordiniert verläuft, sind diese Methoden nicht immer zuverlässig.

Zur Beurteilung des Skelettalters ist deshalb nach CAFFEY, J., *Pediatric X-Ray Diagnosis*, 3. Aufl., Chicago (1956), die Methode von SONTAG et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **58**, 949 (1939), vorzuziehen. Die Technik ist die folgende: Die ganze linke Körperhälfte einschließlich Scapula wird auf Film aufgenommen, alle Ossifikationszentren (vgl. Abbildung) ausgezählt und mit den in der Tabelle angegebenen Sollwerten verglichen. Die gezählten Ossifikationszentren umfassen dabei alle Zentren in den Röhrenknochen der Arme, Hände, Beine und Füße, in den Hand- und Fußwurzelknochen und dem Coracoid der Scapula, bei größeren Kindern ist auch das Ossifikationszentrum des Trochanter major femoris zu berücksichtigen.

Alter in Monaten	Anzahl der Ossifikationszentren					
	Knaben			Mädchen		
	Mittelwert *	Bereich *	s	Mittelwert *	Bereich *	s
1	**4,11**	*1,29– 6,93*	1,41	**4,58**	*1,06– 8,10*	1,76
3	**6,63**	*2,91–10,35*	1,86	**7,78**	*3,46–12,10*	2,16
6	**9,61**	*5,71–13,51*	1,95	**11,44**	*6,38–16,50*	2,53
9	**11,88**	*6,56–17,20*	2,66	**15,36**	*5,52–25,20*	4,92
12	**13,96**	*6,04–21,88*	3,96	**22,40**	*8,54–36,26*	6,93
18	**19,27**	*6,05–32,49*	6,61	**34,10**	*17,22–50,98*	8,44
24	**29,21**	*13,01–45,41*	8,10	**43,44**	*30,14–56,74*	6,65
30	**37,59**	*22,79–52,39*	7,40	**48,91**	*35,91–61,91*	6,50
36	**43,42**	*32,74–54,10*	5,34	**52,73**	*41,77–63,69*	5,48
42	**47,06**	*36,54–57,58*	5,26	**56,61**	*48,65–64,57*	3,98
48	**51,24**	*42,06–60,42*	4,59	**57,94**	*50,12–65,76*	3,91
54	**53,94**	*45,24–62,64*	4,35	**59,89**	*53,17–66,61*	3,36
60	**56,24**	*48,10–64,38*	4,07	**61,52**	*56,14–66,90*	2,69



* Wennn unter Bereich ein Normalbereich zu verstehen ist, das heißt, wenn er nach der Formel: Mittelwert $\pm$ 2 $\times$ Standardabweichung ($\bar{x} \pm 2s$) berechnet wurde, ist der **Mittelwert fett gedruckt,** der *Bereich in Kursiv;* Mittelwerte und Bereiche in gewöhnlichen Ziffern bezeichnen experimentelle, statistisch nicht untersuchte Ergebnisse.

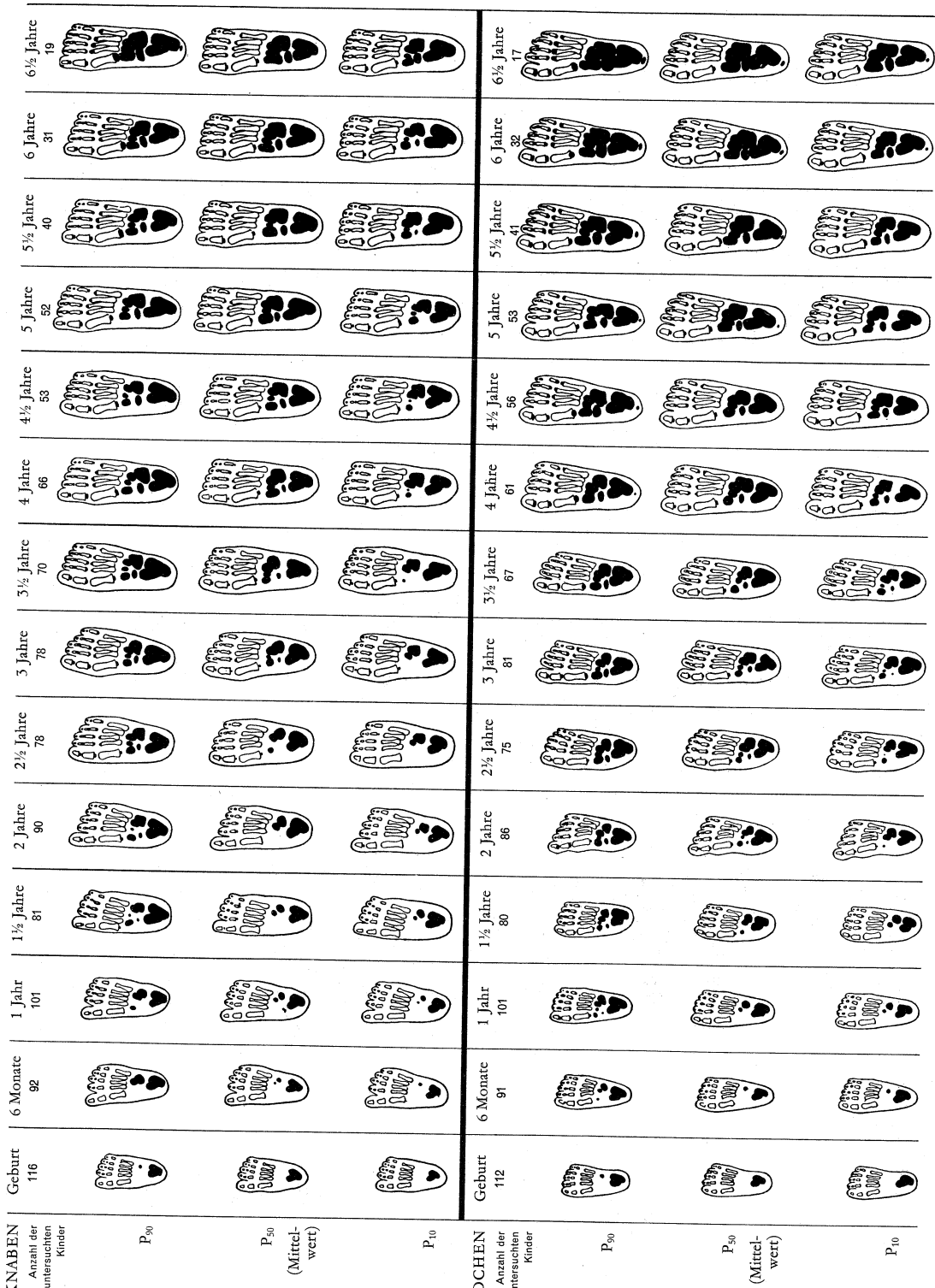
Auftreten der sekundären Ossifikationszentren – Hand

Nach Vogt und Vickers, *Radiology*, **31**, 441 (1938)

P = Symbol für Perzentil (vgl. Index).

Auftreten der sekundären Ossifikationszentren – Fuß

Nach Vogt und Vickers, *Radiology*, **31**, 441 (1938)



P = Symbol für Perzentil (vgl. Index).

Entwicklung des Gebisses

Nach SCHOUR und MASSLER, *J. Amer. dent. Ass.*, **28**, 1153 (1941) (Separatdruck 1944)

Normalmaße des Wachstumsalters[1] – Geburt bis 2 Jahre

Die Tabellen sind das Resultat zweier Untersuchungen an Bevölkerungsgruppen rein westeuropäischer Abstammung in den USA. Die eine Untersuchung umfaßt den Zeitraum: Geburt bis 4½ Jahre, die andere: 5 bis 18 Jahre. Die Sitzhöhenwerte basieren auf einer weiteren Untersuchung. Gewichte in Kilogramm, Längenmaße in Zentimeter. P = Perzentil (vgl. Index).

Knaben

94% der Werte aller Normalindividuen							
	80% aller Werte						
		50% aller Werte					
			Mittelwert				
	P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
Geburt							
Gewicht	2,63	2,86	3,13	**3,4**	3,76	4,13	4,58
Körperlänge	46,3	48,1	49,3	**50,6**	52,0	53,3	54,6
Hüftbreite	7,1	7,4	7,7	**8,1**	8,4	8,7	9,0
Kopfumfang	33,0	33,5	34,4	**35,3**	36,2	37,0	37,5
Brustumfang	29,8	30,6	31,8	**33,2**	34,4	35,7	36,8
3 Monate							
Gewicht	4,81	5,03	5,35	**5,72**	6,17	6,58	7,44
Körperlänge	56,8	57,8	59,3	**60,4**	61,8	62,8	63,7
Hüftbreite	9,8	10,0	10,2	**10,6**	11,2	11,5	12,1
Kopfumfang	38,7	39,2	40,0	**40,9**	41,5	42,1	43,2
Brustumfang	37,6	38,3	39,3	**40,6**	41,6	42,9	44,1
Bauchumfang	33,6	35,5	36,8	**38,5**	39,8	41,4	43,5
6 Monate							
Gewicht	6,35	6,71	7,08	**7,58**	8,16	8,71	9,43
Körperlänge	63,0	63,9	65,2	**66,4**	67,8	69,3	70,4
Sitzhöhe	41,4	42,3	43,4	**44,8**	46,2	47,4	48,4
Hüftbreite	10,5	10,8	11,2	**11,6**	12,0	12,4	13,1
Kopfumfang	42,1	42,7	43,3	**43,9**	44,8	45,4	45,9
Brustumfang	40,1	41,6	42,5	**43,7**	45,0	46,3	47,2
Bauchumfang	36,4	38,4	39,8	**41,4**	43,2	45,0	46,0
9 Monate							
Gewicht	7,53	8,07	8,48	**9,07**	9,75	10,39	11,07
Körperlänge	67,7	68,6	69,8	**71,2**	72,9	74,2	75,9
Hüftbreite	11,0	11,5	11,9	**12,3**	12,7	13,1	13,7
Kopfumfang	43,8	44,5	45,1	**46,0**	46,5	47,1	47,8
Brustumfang	42,0	43,7	44,8	**46,0**	47,5	48,9	49,9
Bauchumfang	38,1	40,1	41,7	**43,4**	45,6	47,6	48,4
12 Monate							
Gewicht	8,39	8,89	9,48	**10,07**	10,8	11,52	12,38
Körperlänge	71,3	72,4	73,7	**75,2**	76,9	78,1	80,3
Sitzhöhe	45,1	46,1	47,4	**48,7**	50,1	51,2	52,4
Hüftbreite	11,4	11,9	12,4	**12,8**	13,2	13,7	14,2
Kopfumfang	44,9	45,5	46,5	**47,3**	47,8	48,4	48,9
Brustumfang	43,5	45,1	46,3	**47,6**	49,3	50,7	51,9
Bauchumfang	39,3	41,1	42,9	**44,6**	47,0	48,9	50,0
15 Monate							
Gewicht	8,98	9,53	10,16	**10,75**	11,52	12,34	13,33
Körperlänge	74,4	75,6	77,0	**78,5**	80,3	81,5	84,2
Hüftbreite	11,8	12,4	12,8	**13,3**	13,7	14,2	14,7
Kopfumfang	45,6	46,3	47,1	**48,0**	48,5	49,2	49,8
Brustumfang	44,7	46,1	47,3	**48,6**	50,1	51,7	52,8
Bauchumfang	40,0	41,7	43,5	**45,1**	47,4	49,3	50,5
18 Monate							
Gewicht	9,57	10,12	10,8	**11,43**	12,2	13,15	14,29
Körperlänge	77,5	78,8	80,3	**81,8**	83,7	85,0	88,2
Sitzhöhe	48,3	49,2	50,3	**51,6**	52,9	54,1	55,4
Hüftbreite	12,1	12,8	13,2	**13,7**	14,2	14,7	15,2
Kopfumfang	46,2	47,0	47,7	**48,7**	49,2	49,9	50,6
Brustumfang	45,9	47,0	48,2	**49,5**	50,9	52,6	53,7
Bauchumfang	40,6	42,2	44,0	**45,5**	47,8	49,6	50,9
2 Jahre							
Gewicht	10,57	11,2	11,93	**12,56**	13,47	14,47	15,83
Körperlänge	82,7	84,2	85,8	**87,5**	89,4	91,1	94,6
Sitzhöhe	50,6	51,4	52,5	**53,8**	55,1	56,3	57,6
Hüftbreite	12,8	13,5	13,9	**14,4**	15,0	15,5	16,1
Kopfumfang	47,0	48,0	48,7	**49,7**	50,2	51,0	51,7
Brustumfang	47,4	48,4	49,5	**50,8**	52,2	53,9	54,9
Bauchumfang	41,6	43,4	44,8	**46,2**	48,4	50,2	51,5

Mädchen

94% der Werte aller Normalindividuen							
	80% aller Werte						
		50% aller Werte					
			Mittelwert				
	P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
Geburt							
Gewicht	2,63	2,81	3,13	**3,36**	3,67	3,9	4,26
Körperlänge	47,1	47,8	49,0	**50,2**	51,0	51,9	53,6
Hüftbreite	7,0	7,2	7,4	**7,7**	8,2	8,5	8,9
Kopfumfang	32,5	33,4	33,9	**34,7**	35,4	36,0	36,6
Brustumfang	30,0	30,8	31,8	**32,9**	34,0	35,0	36,0
3 Monate							
Gewicht	4,45	4,85	5,17	**5,62**	5,99	6,35	6,76
Körperlänge	55,8	56,9	57,9	**59,5**	60,7	61,7	63,1
Hüftbreite	9,4	9,6	9,9	**10,4**	10,9	11,4	12,2
Kopfumfang	37,9	38,5	39,2	**40,0**	40,8	41,7	42,3
Brustumfang	36,5	37,6	38,8	**39,8**	40,9	42,0	43,0
Bauchumfang	32,3	34,4	36,8	**38,4**	40,4	41,7	42,7
6 Monate							
Gewicht	5,76	6,4	6,8	**7,26**	7,94	8,44	9,07
Körperlänge	61,1	62,5	63,7	**65,2**	66,6	67,8	68,8
Sitzhöhe	40,0	41,0	42,1	**43,3**	44,5	45,6	46,8
Hüftbreite	10,3	10,5	10,8	**11,3**	11,8	12,4	13,2
Kopfumfang	40,9	41,4	42,0	**42,8**	43,6	44,5	45,4
Brustumfang	39,4	40,6	41,8	**43,0**	44,2	45,4	46,6
Bauchumfang	36,2	37,9	39,5	**41,4**	43,5	45,0	46,2
9 Monate							
Gewicht	6,85	7,53	8,03	**8,71**	9,43	10,16	10,98
Körperlänge	65,4	67,0	68,4	**70,1**	71,7	72,9	74,1
Hüftbreite	11,0	11,3	11,5	**12,0**	12,5	13,1	13,8
Kopfumfang	42,6	43,2	43,8	**44,6**	45,4	46,3	47,2
Brustumfang	41,7	42,7	44,0	**45,4**	46,6	47,9	49,2
Bauchumfang	38,0	39,9	41,3	**43,4**	45,7	47,7	49,2
12 Monate							
Gewicht	7,62	8,35	8,98	**9,75**	10,43	11,25	12,29
Körperlänge	68,9	70,6	72,3	**74,2**	75,9	77,1	78,8
Sitzhöhe	44,2	45,2	46,3	**47,5**	48,7	49,8	50,9
Hüftbreite	11,4	11,7	12,0	**12,4**	13,0	13,6	14,4
Kopfumfang	43,6	44,3	45,0	**45,8**	46,7	47,7	48,4
Brustumfang	43,1	44,2	45,6	**47,0**	48,2	49,5	50,9
Bauchumfang	38,7	40,9	42,4	**44,5**	46,9	49,2	51,1
15 Monate							
Gewicht	8,21	8,98	9,66	**10,43**	11,16	12,07	13,15
Körperlänge	71,9	73,7	75,6	**77,6**	79,4	80,8	82,8
Hüftbreite	11,6	12,1	12,4	**12,9**	13,5	14,1	14,8
Kopfumfang	44,3	44,9	45,6	**46,5**	47,4	48,4	49,1
Brustumfang	44,1	45,1	46,5	**47,9**	49,2	50,5	51,9
Bauchumfang	39,3	41,5	43,0	**45,0**	47,3	49,8	51,8
18 Monate							
Gewicht	8,8	9,62	10,3	**11,11**	11,88	12,84	14,02
Körperlänge	74,9	76,8	79,0	**80,9**	82,9	84,5	86,7
Sitzhöhe	47,1	48,1	49,2	**50,4**	51,6	52,7	53,9
Hüftbreite	11,8	12,4	12,8	**13,3**	13,9	14,5	15,2
Kopfumfang	44,9	45,5	46,2	**47,1**	48,0	49,0	49,8
Brustumfang	45,0	46,0	47,3	**48,8**	50,2	51,4	52,9
Bauchumfang	39,8	42,1	43,6	**45,5**	47,6	50,3	52,5
2 Jahre							
Gewicht	9,8	10,66	11,48	**12,29**	13,25	14,38	15,6
Körperlänge	80,1	82,0	84,7	**86,6**	88,9	91,0	93,3
Sitzhöhe	49,2	50,2	51,4	**52,7**	54,0	55,2	56,4
Hüftbreite	12,5	13,1	13,5	**14,1**	14,7	15,3	16,1
Kopfumfang	45,8	46,4	47,2	**48,1**	49,1	50,1	50,9
Brustumfang	46,3	47,4	48,6	**50,1**	51,8	53,0	54,2
Bauchumfang	40,7	42,8	44,4	**46,3**	48,5	51,4	53,5

1) Zitiert nach STUART und STEVENSON, in: NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, 5. Aufl., Philadelphia (1950), S. 59.

Normalmaße des Wachstumsalters[1] – 2½ bis 6 Jahre

(Gewichte in Kilogramm, Längenmaße in Zentimeter)

Knaben

94% der Werte aller Normalindividuen							
	80% aller Werte						
		50% aller Werte					
			Mittelwert				
	P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
2½ Jahre							
Gewicht	11,43	12,07	12,88	**13,61**	14,61	15,65	16,78
Körperlänge	86,9	88,5	90,2	**92,1**	94,1	96,2	99,5
Sitzhöhe	52,2	53,1	54,2	**55,6**	56,9	58,1	59,5
Hüftbreite	13,6	14,2	14,6	**15,1**	15,7	16,2	16,7
Kopfumfang	47,5	48,5	49,2	**50,2**	50,9	51,6	52,3
Brustumfang	48,2	49,3	50,3	**51,7**	53,2	54,9	55,8
Bauchumfang	42,0	44,0	45,5	**46,7**	49,1	50,7	52,0
3 Jahre							
Gewicht	12,25	13,02	13,74	**14,61**	15,65	16,69	17,78
Körperlänge	90,6	92,3	93,9	**96,2**	98,5	100,5	102,8
Sitzhöhe	53,5	54,5	55,6	**57,1**	58,5	59,7	61,1
Hüftbreite	14,2	14,8	15,2	**15,8**	16,4	16,9	17,4
Kopfumfang	47,9	48,9	49,6	**50,4**	51,3	51,9	52,7
Brustumfang	48,9	49,9	51,0	**52,4**	54,1	55,8	57,0
Bauchumfang	42,1	44,6	46,0	**47,2**	49,6	51,1	52,7
3½ Jahre							
Gewicht	12,93	13,79	14,65	**15,56**	16,65	17,74	18,82
Körperlänge	94,3	96,0	97,5	**99,8**	102,5	104,5	106,5
Sitzhöhe	54,8	55,8	57,0	**58,6**	60,0	61,2	62,6
Hüftbreite	14,7	15,3	15,7	**16,3**	16,9	17,4	17,9
Brustumfang	49,6	50,5	51,6	**53,1**	54,9	56,6	58,0
4 Jahre							
Gewicht	13,65	14,56	15,42	**16,51**	17,69	18,78	20,09
Körperlänge	97,5	99,3	100,8	**103,4**	106,5	108,5	110,4
Sitzhöhe	56,0	57,1	58,3	**60,0**	61,4	62,6	64,0
Hüftbreite	15,2	15,8	16,2	**16,9**	17,5	18,0	18,5
Brustumfang	50,1	51,1	52,2	**53,7**	55,5	57,2	58,9
4½ Jahre							
Gewicht	14,33	15,33	16,19	**17,42**	18,78	19,91	21,5
Körperlänge	100,6	102,4	104,0	**106,7**	109,9	112,3	114,3
Sitzhöhe	57,1	58,3	59,6	**61,3**	62,8	64,0	65,4
Hüftbreite	15,7	16,2	16,6	**17,3**	18,0	18,5	19,1
Brustumfang	50,7	51,7	52,9	**54,4**	56,3	58,0	59,3
5 Jahre[2]							
Gewicht	15,65	16,6	17,96	**19,41**	21,09	22,54	24,13
Körperlänge	102,1	105,3	108,3	**111,3**	114,2	116,7	119,5
Sitzhöhe	58,2	59,5	60,9	**62,6**	64,2	65,4	66,8
Hüftbreite		17,0	17,6	**18,3**	18,9	19,6	
Brustumfang		51,6	52,8	**54,5**	56,2	57,5	
Wadenumfang		21,0	21,7	**22,6**	23,6	24,6	
5½ Jahre							
Gewicht		17,6	19,05	**20,68**	22,36	24,09	
Körperlänge		108,3	111,2	**114,4**	117,5	120,1	
Sitzhöhe	59,3	60,7	62,1	**63,9**	65,6	66,8	68,2
Hüftbreite		17,4	18,0	**18,7**	19,4	20,1	
Brustumfang		52,4	53,6	**55,3**	57,1	58,5	
Wadenumfang		21,4	22,2	**23,1**	24,1	25,2	
6 Jahre							
Gewicht	17,46	18,55	20,14	**21,91**	23,63	25,58	27,71
Körperlänge	108,5	111,2	114,1	**117,5**	120,8	123,5	126,2
Sitzhöhe	60,4	61,8	63,3	**65,2**	66,9	68,2	69,6
Hüftbreite		17,7	18,4	**19,1**	19,8	20,5	
Brustumfang		53,2	54,4	**56,1**	57,9	59,5	
Wadenumfang		21,8	22,6	**23,6**	24,6	25,7	

Mädchen

94% der Werte aller Normalindividuen							
	80% aller Werte						
		50% aller Werte					
			Mittelwert				
	P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
2½ Jahre							
Gewicht	10,7	11,57	12,43	**13,43**	14,47	15,69	17,33
Körperlänge	84,5	86,3	89,3	**91,4**	93,8	96,4	98,7
Sitzhöhe	50,9	51,9	53,1	**54,4**	55,7	57,0	58,3
Hüftbreite	13,2	13,7	14,2	**14,8**	15,4	16,1	16,9
Kopfumfang	46,3	47,0	47,8	**48,8**	49,8	50,8	51,5
Brustumfang	47,3	48,4	49,7	**51,2**	52,8	54,3	55,5
Bauchumfang	41,7	43,6	45,2	**47,0**	49,4	52,6	54,7
3 Jahre							
Gewicht	11,61	12,52	13,43	**14,42**	15,69	16,96	18,96
Körperlänge	88,4	90,5	93,4	**95,7**	98,1	101,1	103,5
Sitzhöhe	52,2	53,4	54,6	**56,0**	57,4	58,7	60,0
Hüftbreite	13,8	14,3	14,8	**15,4**	16,1	16,8	17,7
Kopfumfang	46,8	47,5	48,4	**49,3**	50,3	51,1	52,0
Brustumfang	47,9	49,3	50,5	**51,9**	53,5	55,1	56,7
Bauchumfang	42,7	44,5	46,0	**47,7**	50,2	53,6	55,8
3½ Jahre							
Gewicht	12,47	13,38	14,29	**15,38**	16,78	18,33	20,55
Körperlänge	92,0	94,2	96,9	**99,5**	102,0	105,4	108,0
Sitzhöhe	53,6	54,8	56,1	**57,5**	59,0	60,3	61,6
Hüftbreite	14,4	14,9	15,4	**16,0**	16,7	17,4	18,3
Brustumfang	48,5	50,1	51,2	**52,5**	54,1	55,8	58,1
4 Jahre							
Gewicht	13,25	14,15	15,2	**16,42**	17,96	19,73	21,86
Körperlänge	95,2	97,6	100,3	**103,2**	105,8	109,6	112,3
Sitzhöhe	54,9	56,1	57,4	**58,9**	60,4	61,7	62,1
Hüftbreite	15,0	15,4	15,9	**16,5**	17,2	17,9	18,9
Brustumfang	49,2	50,7	51,7	**53,1**	54,7	56,5	59,0
4½ Jahre							
Gewicht	13,93	14,92	16,01	**17,46**	19,1	21,18	23,09
Körperlänge	98,1	100,9	103,6	**106,8**	109,3	113,5	116,2
Sitzhöhe	56,1	57,4	58,7	**60,2**	61,7	63,1	64,5
Hüftbreite	15,5	15,9	16,4	**17,0**	17,7	18,5	19,4
Brustumfang	49,8	51,3	52,3	**53,7**	55,4	57,3	59,6
5 Jahre[2]							
Gewicht	15,29	16,37	17,51	**18,78**	20,05	21,86	23,5
Körperlänge	102,6	105,0	107,2	**109,7**	112,9	115,4	118,0
Sitzhöhe	57,3	58,6	59,9	**61,4**	63,0	64,4	65,9
Hüftbreite		17,0	17,4	**18,0**	18,7	19,4	
Brustumfang		50,2	51,4	**52,9**	54,6	56,5	
Wadenumfang		21,1	21,8	**22,8**	23,8	24,7	
5½ Jahre							
Gewicht		17,24	18,51	**19,96**	21,41	23,22	
Körperlänge		107,8	110,2	**112,8**	116,1	118,9	
Sitzhöhe	58,6	59,9	61,2	**62,7**	64,3	65,8	67,3
Hüftbreite		17,4	17,8	**18,4**	19,1	20,0	
Brustumfang		50,9	52,2	**53,7**	55,5	57,4	
Wadenumfang		21,5	22,3	**23,3**	24,3	25,3	
6 Jahre							
Gewicht	16,87	17,96	19,46	**21,09**	22,77	24,58	26,63
Körperlänge	108,0	110,6	113,2	**115,9**	119,3	122,3	125,4
Sitzhöhe	59,9	61,2	62,5	**64,1**	65,6	67,1	68,7
Hüftbreite		17,7	18,2	**18,8**	19,5	20,5	
Brustumfang		51,5	52,9	**54,5**	56,3	58,2	
Wadenumfang		21,9	22,7	**23,8**	24,8	25,8	

1) Zitiert nach STUART und STEVENSON, in: NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, 5. Aufl., Philadelphia (1950), S. 59.
2) Siehe Einführungstext S. 583.

Normalmaße des Wachstumsalters[1] – 6½ bis 10 Jahre

(Gewichte in Kilogramm, Längenmaße in Zentimeter)

Knaben

94% der Werte aller Normalindividuen								
	80% aller Werte							
		50% aller Werte						
			Mittelwert					
P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}		
							6½ Jahre	
	19,69	21,36	**23,22**	25,13	27,4		Gewicht	
	114,1	117,2	**120,8**	124,2	127,0		Körperlänge	
61,5	62,9	64,5	**66,4**	68,2	69,6	71,0	Sitzhöhe	
	18,1	18,8	**19,5**	20,2	21,0		Hüftbreite	
	54,1	55,3	**57,0**	58,9	60,6		Brustumfang	
	22,2	23,1	**24,1**	25,2	26,3		Wadenumfang	
							7 Jahre	
19,5	20,77	22,54	**24,54**	26,43	29,21	31,71	Gewicht	
114,0	116,9	120,3	**124,1**	127,6	130,5	133,4	Körperlänge	
62,6	64,1	65,8	**67,6**	69,4	71,0	72,4	Sitzhöhe	
	18,5	19,2	**19,9**	20,6	21,4		Hüftbreite	
	54,9	56,1	**57,8**	59,8	61,6		Brustumfang	
	22,6	23,5	**24,6**	25,7	26,9		Wadenumfang	
							7½ Jahre	
	22,0	23,86	**25,9**	28,17	31,16		Gewicht	
	120,0	123,5	**127,1**	130,9	133,9		Körperlänge	
63,7	65,4	67,0	**68,8**	70,7	72,3	73,8	Sitzhöhe	
	18,9	19,6	**20,3**	21,0	21,9		Hüftbreite	
	55,8	57,1	**58,8**	61,0	62,9		Brustumfang	
	23,1	24,1	**25,2**	26,3	27,6		Wadenumfang	
							8 Jahre	
21,77	23,22	25,17	**27,26**	29,71	33,11	36,02	Gewicht	
119,6	123,1	126,6	**130,0**	134,2	137,3	140,2	Körperlänge	
64,9	66,6	68,2	**70,0**	72,0	73,6	75,1	Sitzhöhe	
	19,2	19,9	**20,7**	21,4	22,3		Hüftbreite	
	56,7	58,0	**59,8**	62,1	64,1		Brustumfang	
	23,6	24,6	**25,7**	26,8	28,2		Wadenumfang	
							8½ Jahre	
	24,4	26,44	**28,62**	31,25	34,93		Gewicht	
	125,7	129,1	**132,8**	137,0	140,0		Körperlänge	
66,0	67,7	69,3	**71,2**	73,2	74,8	76,4	Sitzhöhe	
	19,6	20,3	**21,1**	21,8	22,7		Hüftbreite	
	57,6	59,0	**60,8**	63,3	65,4		Brustumfang	
	24,1	25,1	**26,3**	27,4	28,9		Wadenumfang	
							9 Jahre	
23,81	25,54	27,71	**29,94**	32,8	36,74	40,73	Gewicht	
124,2	128,3	131,6	**135,5**	139,8	142,6	145,3	Körperlänge	
67,0	68,6	70,3	**72,2**	74,2	76,0	77,6	Sitzhöhe	
	19,9	20,6	**21,4**	22,2	23,0		Hüftbreite	
	58,4	59,9	**61,8**	64,4	66,7		Brustumfang	
	24,5	25,6	**26,8**	28,0	29,5		Wadenumfang	
							9½ Jahre	
	26,63	28,89	**31,3**	34,47	38,78		Gewicht	
	130,6	134,0	**137,9**	142,1	145,1		Körperlänge	
67,9	69,5	71,2	**73,1**	75,2	77,1	78,8	Sitzhöhe	
	20,2	21,0	**21,7**	22,6	23,5		Hüftbreite	
	59,3	60,9	**62,9**	65,5	68,1		Brustumfang	
	24,9	26,0	**27,3**	28,5	30,1		Wadenumfang	
							10 Jahre	
25,76	27,71	30,07	**32,61**	36,11	40,78	45,36	Gewicht	
128,7	132,8	136,3	**140,3**	144,4	147,5	150,3	Körperlänge	
68,8	70,3	72,0	**73,9**	76,1	78,1	79,9	Sitzhöhe	
	20,4	21,3	**22,0**	22,9	23,9		Hüftbreite	
	60,1	61,8	**63,9**	66,6	69,4		Brustumfang	
	25,3	26,4	**27,7**	29,0	30,7		Wadenumfang	

Mädchen

94% der Werte aller Normalindividuen						
	80% aller Werte					
		50% aller Werte				
			Mittelwert			
P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
						6½ Jahre
	19,14	20,64	**22,41**	24,18	26,17	
	113,7	116,2	**119,1**	122,6	125,6	
61,2	62,5	63,8	**65,4**	66,9	68,4	70,0
	18,1	18,6	**19,2**	20,0	21,1	
	52,2	53,7	**55,3**	57,2	59,2	
	22,3	23,2	**24,3**	25,4	26,4	
						7 Jahre
18,73	20,19	21,82	**23,68**	25,54	27,76	30,53
114,0	116,8	119,2	**122,3**	125,9	128,9	131,7
62,5	63,7	65,0	**66,6**	68,2	69,7	71,3
	18,4	18,9	**19,6**	20,4	21,6	
	52,8	54,4	**56,1**	58,0	60,1	
	22,7	23,7	**24,8**	25,9	27,0	
						7½ Jahre
	21,14	22,95	**25,04**	27,13	29,76	
	119,5	122,0	**125,2**	128,8	131,8	
63,6	64,9	66,2	**67,8**	69,4	70,9	72,6
	18,8	19,3	**20,1**	20,9	22,1	
	53,5	55,1	**57,0**	59,0	61,2	
	23,1	24,2	**25,3**	26,4	27,7	
						8 Jahre
20,55	22,04	24,09	**26,35**	28,71	31,71	35,79
119,1	122,1	124,8	**128,0**	131,6	134,6	137,4
64,6	65,9	67,3	**68,9**	70,5	72,1	73,8
	19,1	19,7	**20,5**	21,3	22,6	
	54,2	55,8	**57,8**	59,9	62,3	
	23,5	24,6	**25,8**	26,9	28,3	
						8½ Jahre
	22,95	25,17	**27,67**	30,35	33,79	
	124,6	127,3	**130,5**	134,4	137,5	
65,5	66,8	68,2	**69,8**	71,4	73,1	74,9
	19,4	20,1	**20,9**	21,8	23,1	
	54,9	56,5	**58,7**	60,9	63,5	
	23,9	25,0	**26,3**	27,5	28,9	
						9 Jahre
22,27	23,86	26,26	**28,94**	31,98	35,88	40,78
123,6	127,0	129,7	**132,9**	137,1	140,4	143,4
66,3	67,7	69,1	**70,7**	72,4	74,1	76,0
	19,7	20,5	**21,3**	22,2	23,5	
	55,5	57,2	**59,6**	61,9	64,7	
	24,2	25,4	**26,8**	28,1	29,5	
						9½ Jahre
	24,9	27,4	**30,44**	33,93	38,28	
	129,4	132,2	**135,8**	139,9	143,2	
67,1	68,5	70,0	**71,7**	73,4	75,2	77,1
	20,1	20,9	**21,8**	22,8	24,1	
	56,2	58,0	**60,5**	63,2	66,1	
	24,7	25,9	**27,3**	28,6	30,2	
						10 Jahre
24,13	25,9	28,49	**31,89**	35,88	40,69	46,22
127,7	131,7	134,6	**138,6**	142,6	146,0	149,3
67,8	69,4	71,1	**72,8**	74,5	76,3	78,3
	20,5	21,2	**22,2**	23,3	24,6	
	56,9	58,7	**61,4**	64,4	67,4	
	25,1	26,3	**27,7**	29,1	30,9	

1) Zitiert nach STUART und STEVENSON, in: NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, 5. Aufl., Philadelphia (1950), S. 59.

Normalmaße des Wachstumsalters[1] – 10½ bis 14 Jahre

(Gewichte in Kilogramm, Längenmaße in Zentimeter)

Knaben

94% der Werte aller Normalindividuen								
	80% aller Werte							
		50% aller Werte						
			Mittelwert					
P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}		
							10½ Jahre	
	28,89	31,3	**33,93**	37,83	42,91		Gewicht	
	135,1	138,4	**142,3**	146,8	149,7		Körperlänge	
69,6	71,0	72,7	**74,6**	76,9	78,9	80,8	Sitzhöhe	68,6
	20,8	21,6	**22,3**	23,2	24,4		Hüftbreite	
	60,9	62,8	**64,9**	67,7	70,7		Brustumfang	
	25,7	26,8	**28,1**	29,5	31,4		Wadenumfang	
							11 Jahre	
28,03	30,07	32,48	**35,2**	39,55	45,04	50,67	Gewicht	26,26
133,4	137,3	140,5	**144,2**	149,2	151,8	154,4	Körperlänge	132,3
70,2	71,7	73,4	**75,3**	77,6	79,8	81,7	Sitzhöhe	69,6
	21,1	21,8	**22,6**	23,5	24,8		Hüftbreite	
	61,7	63,7	**65,9**	68,8	71,9		Brustumfang	
	26,0	27,1	**28,5**	30,0	32,0		Wadenumfang	
							11½ Jahre	
	31,39	33,84	**36,74**	41,55	47,4		Gewicht	
	139,8	142,9	**146,9**	151,4	154,8		Körperlänge	
70,9	72,5	74,2	**76,2**	78,5	80,7	82,8	Sitzhöhe	70,7
	21,5	22,2	**23,1**	24,0	25,3		Hüftbreite	
	62,5	64,6	**66,9**	69,9	73,1		Brustumfang	
	26,4	27,6	**29,0**	30,6	32,8		Wadenumfang	
							12 Jahre	
30,48	32,66	35,15	**38,28**	43,55	49,71	56,34	Gewicht	28,85
138,1	142,4	145,2	**149,6**	153,5	157,9	161,9	Körperlänge	137,8
71,6	73,3	75,0	**77,2**	79,7	81,9	84,2	Sitzhöhe	72,0
	21,9	22,6	**23,5**	24,5	25,8		Hüftbreite	
	63,3	65,5	**67,8**	70,9	74,2		Brustumfang	
	26,8	28,0	**29,5**	31,2	33,5		Wadenumfang	
							12½ Jahre	
	33,84	36,56	**40,23**	46,27	52,8		Gewicht	
	144,5	147,5	**152,3**	157,2	161,6		Körperlänge	
72,4	74,1	76,0	**78,3**	81,0	83,4	86,0	Sitzhöhe	73,7
	22,3	23,1	**24,1**	25,1	26,5		Hüftbreite	
	64,2	66,5	**69,1**	72,4	75,8		Brustumfang	
	27,3	28,6	**30,1**	32,0	34,2		Wadenumfang	
							13 Jahre	
32,66	34,97	37,97	**42,18**	48,94	55,88	62,6	Gewicht	32,75
142,2	146,6	149,7	**155,0**	160,8	165,3	169,5	Körperlänge	143,7
73,3	75,0	77,0	**79,6**	82,5	85,4	88,1	Sitzhöhe	75,2
	22,7	23,6	**24,6**	25,6	27,2		Hüftbreite	
	65,0	67,4	**70,3**	73,8	77,4		Brustumfang	
	27,8	29,2	**30,8**	32,7	34,8		Wadenumfang	
							13½ Jahre	
	37,29	40,64	**45,5**	52,39	59,01		Gewicht	
	149,4	153,1	**158,9**	164,6	168,9		Körperlänge	
74,3	76,1	78,4	**81,2**	84,3	87,4	89,9	Sitzhöhe	76,6
	23,2	24,1	**25,2**	26,4	27,8		Hüftbreite	
	66,3	68,8	**72,4**	75,8	79,4		Brustumfang	
	28,5	29,9	**31,6**	33,4	35,3		Wadenumfang	
							14 Jahre	
36,2	39,55	43,32	**48,81**	55,84	62,1	68,31	Gewicht	37,69
146,4	152,1	156,5	**162,7**	168,4	172,4	177,1	Körperlänge	148,2
75,6	77,4	80,0	**82,9**	86,1	89,3	91,4	Sitzhöhe	77,9
	23,6	24,6	**25,8**	27,1	28,3		Hüftbreite	
	67,6	70,2	**74,5**	77,8	81,4		Brustumfang	
	29,1	30,6	**32,3**	34,1	35,8		Wadenumfang	

Mädchen

94% der Werte aller Normalindividuen						
	80% aller Werte					
	50% aller Werte					
		Mittelwert				
P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
10½ Jahre						
Gewicht	27,17	30,12	**33,79**	38,15	43,14	
Körperlänge	134,4	137,5	**141,7**	145,9	149,7	
Sitzhöhe 68,6	70,4	72,2	**73,9**	75,7	77,6	79,6
Hüftbreite	21,0	21,7	**22,9**	24,0	25,3	
Brustumfang	57,8	59,9	**62,8**	65,8	69,0	
Wadenumfang	25,6	26,8	**28,3**	29,9	31,8	
11 Jahre						
Gewicht 26,26	28,4	31,71	**35,74**	40,42	45,54	51,21
Körperlänge 132,3	137,0	140,3	**144,7**	149,2	153,4	157,4
Sitzhöhe 69,6	71,5	73,4	**75,3**	77,2	79,2	81,2
Hüftbreite	21,4	22,2	**23,5**	24,6	26,0	
Brustumfang	58,6	61,1	**64,2**	67,2	70,5	
Wadenumfang	26,0	27,3	**28,9**	30,6	32,6	
11½ Jahre						
Gewicht	29,98	33,57	**37,74**	42,64	48,08	
Körperlänge	139,8	143,1	**148,1**	152,9	157,0	
Sitzhöhe 70,7	72,8	74,8	**76,8**	78,9	81,0	83,2
Hüftbreite	21,9	22,8	**24,2**	25,4	26,8	
Brustumfang	59,6	62,5	**65,5**	68,5	72,2	
Wadenumfang	26,6	27,9	**29,5**	31,2	33,2	
12 Jahre						
Gewicht 28,85	31,52	35,38	**39,74**	44,82	50,58	57,92
Körperlänge 137,8	142,6	145,9	**151,9**	156,6	160,6	164,6
Sitzhöhe 72,0	74,2	76,4	**78,7**	80,8	82,9	85,1
Hüftbreite	22,4	23,4	**24,9**	26,2	27,6	
Brustumfang	60,6	63,8	**66,7**	69,7	73,8	
Wadenumfang	27,1	28,5	**30,1**	31,8	33,8	
12½ Jahre						
Gewicht	33,88	37,97	**42,37**	47,58	53,52	
Körperlänge	145,9	149,3	**154,3**	159,1	162,7	
Sitzhöhe 73,7	76,0	78,2	**80,3**	82,4	84,6	86,8
Hüftbreite	23,0	24,0	**25,5**	26,8	28,3	
Brustumfang	61,8	64,9	**67,7**	70,9	75,3	
Wadenumfang	27,7	29,1	**30,7**	32,4	34,3	
13 Jahre						
Gewicht 32,75	36,24	40,55	**44,95**	50,35	56,47	64,55
Körperlänge 143,7	149,1	152,6	**157,1**	161,5	164,8	168,4
Sitzhöhe 75,2	77,5	79,7	**81,8**	83,8	86,0	88,2
Hüftbreite	23,6	24,6	**26,0**	27,4	29,0	
Brustumfang	62,9	65,9	**68,6**	72,0	76,7	
Wadenumfang	28,2	29,7	**31,2**	32,9	34,8	
13½ Jahre						
Gewicht	38,78	42,91	**47,04**	52,35	58,47	
Körperlänge	151,1	154,4	**158,4**	162,6	165,9	
Sitzhöhe 76,6	78,9	81,0	**83,1**	85,0	87,0	89,1
Hüftbreite	24,2	25,2	**26,5**	27,8	29,5	
Brustumfang	63,8	66,6	**69,3**	72,9	77,7	
Wadenumfang	28,7	30,2	**31,6**	33,4	35,1	
14 Jahre						
Gewicht 37,69	41,28	45,27	**49,17**	54,29	60,46	68,4
Körperlänge 148,2	153,0	156,1	**159,6**	163,7	167,0	170,7
Sitzhöhe 77,9	80,0	81,9	**84,0**	85,9	87,8	89,8
Hüftbreite	24,8	25,8	**26,9**	28,1	29,9	
Brustumfang	64,6	67,2	**69,9**	73,7	78,6	
Wadenumfang	29,2	30,6	**32,0**	33,8	35,4	

1) Zitiert nach STUART und STEVENSON, in: NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, 5. Aufl., Philadelphia (1950), S. 59.

Normalmaße des Wachstumsalters[1] – 14½ bis 18 Jahre

(Gewichte in Kilogramm, Längenmaße in Zentimeter)

Knaben

94% der Werte aller Normalindividuen						
	80% aller Werte					
		50% aller Werte				
			Mittelwert			
P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
	42,32	46,22	**51,66**	58,56	64,59	
	155,0	159,4	**165,3**	170,7	174,6	
77,0	78,9	81,7	**84,7**	87,7	90,7	92,7
	24,1	25,1	**26,3**	27,5	28,7	
	69,4	72,3	**76,3**	79,6	83,1	
	29,8	31,3	**32,9**	34,6	36,2	
41,41	45,09	49,08	**54,48**	61,23	67,04	73,3
151,7	157,8	162,3	**167,8**	173,0	176,7	181,8
78,5	80,6	83,4	**86,3**	89,2	91,9	93,7
	24,6	25,6	**26,7**	27,9	29,1	
	71,1	74,4	**78,0**	81,3	84,8	
	30,4	31,9	**33,4**	35,1	36,6	
	47,72	51,48	**56,65**	63,37	69,22	
	160,3	164,7	**169,7**	174,8	178,2	
80,3	82,5	85,0	**87,7**	90,4	92,8	94,6
	25,1	26,0	**27,1**	28,2	29,4	
	72,8	75,8	**79,4**	82,9	86,3	
	30,9	32,3	**33,8**	35,5	37,0	
46,9	50,35	53,84	**58,83**	65,5	71,35	77,34
156,5	162,8	167,1	**171,6**	176,6	179,7	185,6
82,0	84,1	86,4	**88,9**	91,4	93,6	95,3
	25,6	26,4	**27,4**	28,4	29,6	
	74,4	77,2	**80,7**	84,5	87,8	
	31,3	32,7	**34,2**	35,8	37,3	
	51,85	55,16	**60,33**	67,09	73,03	
	164,2	168,4	**172,7**	177,4	180,7	
83,2	85,2	87,5	**89,8**	92,1	94,2	95,9
	25,9	26,7	**27,6**	28,6	29,8	
	75,4	78,1	**81,6**	85,4	88,8	
	31,5	32,9	**34,4**	36,1	37,6	
50,12	53,3	56,47	**61,78**	68,67	74,66	79,65
159,0	165,5	169,7	**173,7**	178,1	181,6	186,6
83,9	86,0	88,4	**90,4**	92,7	94,6	96,4
	26,1	26,9	**27,8**	28,7	29,9	
	76,4	78,9	**82,5**	86,2	89,7	
	31,7	33,1	**34,6**	36,3	37,8	
	53,89	57,06	**62,41**	69,67	75,66	
	165,9	170,1	**174,1**	178,5	182,0	
84,4	86,5	88,8	**90,7**	93,1	94,9	96,7
	26,3	27,0	**27,9**	28,8	30,0	
	77,0	79,4	**83,0**	86,7	90,2	
	31,8	33,3	**34,8**	36,5	38,0	
51,26	54,43	57,65	**63,05**	70,62	76,66	81,19
159,6	166,3	170,5	**174,5**	178,9	182,4	187,6
84,7	86,8	89,0	**90,9**	93,4	95,0	96,8
	26,5	27,1	**28,0**	28,9	30,1	
	77,5	79,8	**83,4**	87,1	90,7	
	31,9	33,4	**34,9**	36,6	38,1	

Mädchen

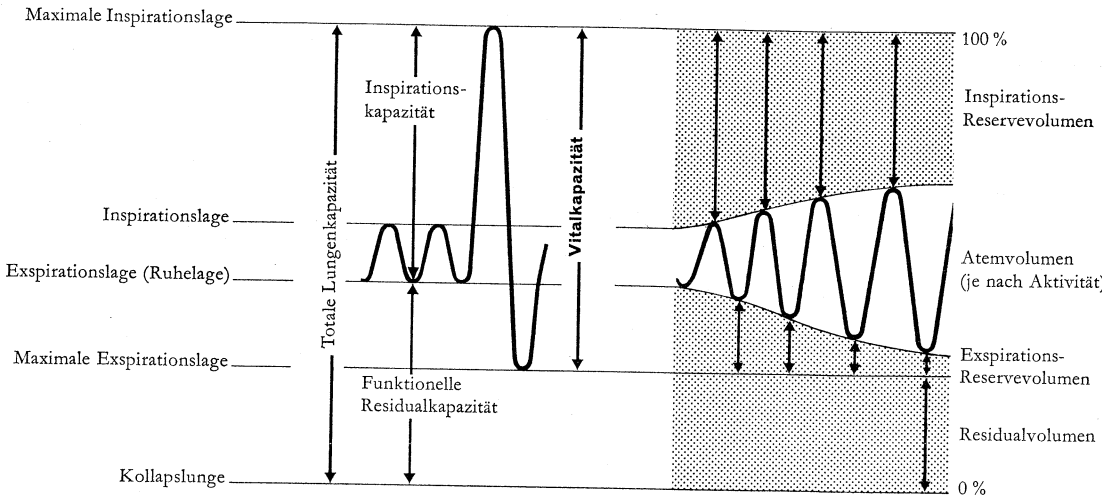
94% der Werte aller Normalindividuen						
	80% aller Werte					
		50% aller Werte				
			Mittelwert			
P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
	42,73	46,49	**50,35**	55,25	61,55	
	154,1	156,9	**160,4**	164,3	167,6	
79,1	80,9	82,7	**84,7**	86,6	88,4	90,2
	25,2	26,2	**27,2**	28,4	30,3	
	65,1	67,7	**70,4**	74,2	79,2	
	29,6	30,9	**32,3**	34,1	35,7	
40,37	44,18	47,67	**51,48**	56,2	62,64	70,4
150,2	155,2	157,7	**161,1**	164,9	168,1	171,6
80,0	81,7	83,4	**85,2**	87,0	88,7	90,4
	25,6	26,5	**27,5**	28,7	30,6	
	65,5	68,1	**70,9**	74,7	79,8	
	29,9	31,1	**32,6**	34,3	35,9	
	45,0	48,44	**52,3**	56,97	63,32	
	155,7	158,2	**161,7**	165,3	168,6	
80,7	82,3	83,9	**85,6**	87,4	89,0	90,5
	25,9	26,7	**27,8**	29,0	30,8	
	65,8	68,4	**71,3**	75,1	80,2	
	30,1	31,4	**32,9**	34,5	36,1	
41,64	45,77	49,17	**53,07**	57,7	64,0	71,53
150,8	156,1	158,6	**162,2**	165,7	169,0	172,0
81,2	82,7	84,2	**85,9**	87,6	89,1	90,6
	26,1	26,9	**28,0**	29,2	31,0	
	66,1	68,7	**71,6**	75,4	80,5	
	30,3	31,6	**33,1**	34,6	36,3	
	46,22	49,62	**53,57**	58,24	64,5	
	156,2	158,8	**162,4**	165,9	169,2	
81,4	82,9	84,4	**86,1**	87,7	89,2	90,7
	26,2	27,0	**28,2**	29,3	31,1	
	66,3	69,0	**71,9**	75,7	80,7	
	30,5	31,8	**33,3**	34,8	36,5	
42,59	46,63	50,08	**54,02**	58,79	65,0	72,35
151,0	156,3	159,0	**162,5**	166,1	169,4	172,2
81,6	83,1	84,6	**86,2**	87,8	89,3	90,8
	26,3	27,1	**28,3**	29,4	31,2	
	66,4	69,2	**72,1**	75,9	80,9	
	30,6	31,9	**33,4**	34,9	36,6	
	46,81	50,26	**54,2**	59,06	65,27	
	156,3	159,0	**162,5**	166,1	169,4	
81,7	83,2	84,7	**86,3**	87,9	89,4	90,8
	26,4	27,2	**28,4**	29,5	31,3	
	66,5	69,3	**72,2**	76,0	81,0	
	30,7	32,0	**33,5**	35,0	36,7	
42,87	46,95	50,44	**54,39**	59,33	65,54	72,89
151,0	156,3	159,0	**162,5**	166,1	169,4	172,2
81,7	83,2	84,7	**86,3**	87,9	89,4	90,8
	26,4	27,2	**28,4**	29,5	31,3	
	66,6	69,4	**72,3**	76,1	81,1	
	30,8	32,1	**33,6**	35,1	36,8	

	Knaben	Mädchen
14½ Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
15 Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
15½ Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
16 Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
16½ Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
17 Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
17½ Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	
18 Jahre		
	Gewicht	
	Körperlänge	
	Sitzhöhe	
	Hüftbreite	
	Brustumfang	
	Wadenumfang	

1) Zitiert nach STUART und STEVENSON, in: NELSON, W. E. (Hrsg.), *Mitchell-Nelson Textbook of Pediatrics*, 5. Aufl., Philadelphia (1950), S. 59.

Größe (in Schuhen) cm	Durchschnittsgewicht[1] in Kilogramm (in Hauskleidern)								Idealgewicht[2] in Kilogramm (in Hauskleidern), 25 Jahre und älter		
	15–16 Jahre	17–19 Jahre	20–24 Jahre	25–29 Jahre	30–39 Jahre	40–49 Jahre	50–59 Jahre	60–69 Jahre	leichter Knochenbau	mittelschwerer Knochenbau	schwerer Knochenbau
Männer											
153	44,9	51,7	55,7	58,4	59,7	61,1	62,0	60,7			
154	45,6	52,1	56,2	58,9	60,3	61,6	62,5	61,2			
155	46,3	52,6	56,7	59,5	60,8	62,2	63,1	61,7			
156	47,2	53,2	57,2	60,0	61,3	62,7	63,6	62,2			
157	48,1	53,7	57,8	60,5	61,9	63,2	64,1	62,8	50,5–54,2	53,3–58,2	56,9–63,7
158	49,0	54,3	58,4	61,2	62,5	63,9	64,7	63,3	51,1–54,7	53,8–58,9	57,4–64,2
159	49,9	55,1	59,1	61,9	63,2	64,6	65,2	63,9	51,6–55,2	54,3–59,6	58,0–64,8
160	50,8	55,8	59,9	62,6	63,9	65,3	65,8	64,4	52,2–55,8	54,9–60,3	58,5–65,3
161	51,7	56,5	60,6	63,1	64,7	66,0	66,5	65,1	52,7–56,3	55,4–60,9	59,0–66,0
162	52,6	57,2	61,3	63,7	65,4	66,7	67,2	65,8	53,2–56,9	55,9–61,4	59,6–66,7
163	53,5	58,0	61,9	64,2	66,1	67,5	67,9	66,6	53,8–57,4	56,5–61,9	60,1–67,5
164	54,4	58,7	62,5	64,8	66,8	68,2	68,6	67,3	54,3–57,9	57,0–62,5	60,7–68,2
165	55,3	59,4	63,0	65,3	67,5	68,9	69,4	68,0	54,9–58,5	57,6–63,0	61,2–68,9
166	56,1	60,1	63,5	66,0	68,2	69,6	70,0	68,7	55,4–59,2	58,1–63,7	61,7–69,6
167	57,0	60,8	64,1	66,7	68,9	70,3	70,8	69,4	55,9–59,9	58,6–64,4	62,3–70,3
168	57,9	61,6	64,6	67,3	69,7	71,1	71,5	70,2	56,5–60,6	59,2–65,1	62,9–71,1
169	58,8	62,2	65,1	67,9	70,4	72,0	72,4	71,1	57,2–61,3	59,9–65,8	63,6–72,0
170	59,7	62,9	65,7	68,4	71,1	72,9	73,3	72,0	57,9–62,0	60,7–66,6	64,3–72,9
171	60,6	63,6	66,4	69,1	71,8	73,6	74,1	72,7	58,6–62,7	61,4–67,4	65,1–73,8
172	61,5	64,3	67,1	69,8	72,5	74,3	74,8	73,4	59,4–63,4	62,1–68,3	66,0–74,7
173	62,4	65,1	67,8	70,5	73,2	75,0	75,5	74,2	60,1–64,2	62,8–69,1	66,9–75,5
174	63,3	65,8	68,5	71,2	73,9	75,8	76,2	75,1	60,8–64,9	63,5–69,9	67,6–76,2
175	64,2	66,5	69,2	71,9	74,7	76,5	76,9	76,0	61,5–65,6	64,2–70,6	68,3–76,9
176	64,9	67,2	69,9	72,6	75,5	77,3	77,8	76,9	62,2–66,4	64,9–71,3	69,0–77,6
177	65,7	67,9	70,6	73,4	76,4	78,2	78,7	77,8	62,9–67,3	65,7–72,0	69,7–78,4
178	66,4	68,6	71,4	74,1	77,3	79,1	79,6	78,7	63,6–68,2	66,4–72,8	70,4–79,1
179	67,1	69,3	72,1	74,8	78,0	79,8	80,5	79,5	64,4–68,9	67,1–73,6	71,2–80,0
180	67,8	70,1	72,8	75,5	78,7	80,5	81,3	80,4	65,1–69,6	67,8–74,5	71,9–80,9
181	68,5	70,9	73,6	76,3	79,5	81,3	82,2	81,3	65,8–70,3	68,5–75,4	72,7–81,8
182	69,2	71,8	74,5	77,2	80,4	82,2	83,1	82,2	66,5–71,0	69,2–76,3	73,6–82,7
183	70,0	72,7	75,4	78,1	81,3	83,1	84,0	83,1	67,2–71,8	69,9–77,2	74,5–83,6
184	70,9	73,4	76,1	79,0	82,0	83,8	84,7	84,0	67,9–72,5	70,7–78,1	75,2–84,5
185	71,7	74,1	76,8	79,9	82,7	84,5	85,4	84,9	68,6–73,2	71,4–79,0	75,9–85,4
186	72,6	74,8	77,5	80,8	83,5	85,3	86,2	85,8	69,4–74,0	72,1–79,9	76,7–86,2
187	73,5	75,5	78,2	81,7	84,4	86,2	87,1	86,7	70,1–74,9	72,8–80,8	77,6–87,1
188	74,4	76,2	79,0	82,6	85,3	87,1	88,0	87,6	70,8–75,8	73,5–81,7	78,5–88,0
189	75,3	76,9	79,7	83,3	86,2	88,0	88,9	88,5	71,5–76,5	74,4–82,6	79,4–88,9
190	76,2	77,7	80,4	84,0	87,1	88,9	89,8	89,4	72,2–77,2	75,3–83,5	80,3–89,8
191	77,1	78,4	81,0	84,7	88,1	89,9	90,8	90,3	72,9–77,9	76,2–84,4	81,1–90,7
192	78,0	79,1	81,5	85,4	89,2	91,0	91,9	91,4	73,6–78,6	77,1–85,3	81,8–91,6
193	—	79,8	82,1	86,2	90,2	92,0	92,9	92,5	74,4–79,3	78,0–86,1	82,5–92,5
194	—	80,5	82,6	86,9	91,3	93,1	94,0	93,6	75,1–80,1	78,9–87,0	83,2–93,4
195	—	81,2	83,2	87,6	92,4	94,2	95,1	94,6	75,8–80,8	79,8–87,9	84,0–94,3
Frauen											
148	44,4	45,3	46,6	48,9	52,4	55,6	56,9	57,8	42,0–44,8	43,8–48,9	47,4–54,3
149	44,9	45,8	47,2	49,4	52,8	55,9	57,3	58,2	42,3–45,4	44,1–49,4	47,8–54,9
150	45,4	46,3	47,7	50,0	53,1	56,3	57,7	58,6	42,7–45,9	44,5–50,0	48,2–55,4
151	46,0	46,9	48,2	50,5	53,7	56,9	58,2	58,9	43,0–46,4	45,1–50,5	48,7–55,9
152	46,5	47,4	48,8	51,0	54,2	57,4	58,8	59,3	43,4–47,0	45,6–51,0	49,2–56,5
153	47,1	48,1	49,4	51,6	54,8	57,9	59,3	59,8	43,9–47,5	46,1–51,6	49,8–57,0
154	47,9	48,8	50,1	52,1	55,3	58,5	59,8	60,3	44,4–48,0	46,7–52,1	50,3–57,6
155	48,6	49,5	50,8	52,6	55,8	59,0	60,4	60,8	44,9–48,6	47,2–52,6	50,8–58,1
156	49,3	50,2	51,3	53,2	56,3	59,5	60,9	61,3	45,4–49,1	47,7–53,2	51,3–58,6
157	50,0	50,9	51,9	53,7	56,9	60,0	61,4	61,9	46,0–49,6	48,2–53,7	51,9–59,1
158	50,6	51,5	52,4	54,3	57,4	60,6	62,1	62,5	46,5–50,2	48,8–54,3	52,4–59,7
159	51,1	52,1	53,0	54,8	58,0	61,1	62,8	63,2	47,1–50,7	49,3–54,8	53,0–60,2
160	51,7	52,6	53,5	55,3	58,5	61,7	63,5	63,9	47,6–51,2	49,9–55,3	53,5–60,8
161	52,2	53,3	54,0	55,9	59,0	62,4	64,2	64,7	48,2–51,8	50,4–56,0	54,0–61,5
162	52,8	54,0	54,6	56,5	59,6	63,1	64,9	65,4	48,7–52,3	51,0–56,8	54,6–62,2
163	53,4	54,8	55,2	57,0	60,1	63,8	65,7	66,1	49,2–52,9	51,5–57,5	55,2–62,9
164	54,1	55,5	55,9	57,7	60,7	64,3	66,4	66,8	49,8–53,4	52,0–58,2	55,9–63,7
165	54,8	56,2	56,6	58,5	61,2	64,8	67,1	67,5	50,3–53,9	52,6–58,9	56,7–64,4
166	55,5	56,7	57,3	59,2	61,9	65,5	67,8	68,2	50,8–54,6	53,3–59,8	57,3–65,1
167	56,2	57,3	58,1	59,9	62,6	66,2	68,5	68,9	51,4–55,3	54,0–60,7	58,1–65,8
168	56,9	57,8	58,7	60,5	63,2	66,9	69,2	69,7	52,0–56,0	54,7–61,5	58,8–66,5
169	57,4	58,3	59,2	61,1	63,8	67,6	69,9	70,4	52,7–56,8	55,4–62,2	59,5–67,2
170	58,0	58,9	59,8	61,6	64,3	68,4	70,6	71,1	53,4–57,5	56,1–62,9	60,2–67,9
171	58,6	59,6	60,5	62,3	65,0	69,1	71,3	71,8	54,1–58,2	56,8–63,6	60,9–68,6
172	59,4	60,3	61,2	63,0	65,7	69,8	72,1	72,5	54,8–58,9	57,5–64,3	61,6–69,3
173	60,1	61,0	61,9	63,7	66,4	70,5	72,8	73,2	55,5–59,6	58,3–65,1	62,3–70,1
174	60,8	61,7	62,6	64,4	67,1	71,2	73,5	73,9	56,3–60,3	59,0–65,8	63,1–70,8
175	61,5	62,4	63,3	65,1	67,9	71,9	74,2	74,7	57,0–61,0	59,7–66,5	63,8–71,5
176	62,2	63,1	64,0	65,8	68,6	72,8	75,1	75,4	57,7–61,9	60,4–67,2	64,5–72,3
177	62,9	63,8	64,7	66,6	69,3	73,7	75,9	76,1	58,4–62,8	61,1–67,8	65,2–73,2
178	63,6	64,6	65,5	67,3	70,0	74,6	76,8	76,8	59,1–63,6	61,8–68,6	65,9–74,1
179	—	65,5	66,4	68,2	70,9	75,5	77,7	—	59,8–64,4	62,5–69,3	66,6–75,0
180	—	66,4	67,3	69,1	71,8	76,4	78,6	—	60,5–65,1	63,3–70,1	67,3–75,9
181	—	67,3	68,2	70,0	72,7	77,2	79,6	—	61,3–65,8	64,0–70,8	68,1–76,8
182	—	68,2	69,1	70,9	73,6	78,1	80,7	—	62,0–66,5	64,7–71,5	68,8–77,7
183	—	69,1	70,0	71,8	74,5	79,0	81,8	—	62,7–67,2	65,4–72,2	69,5–78,6
184	—	70,0	70,9	72,7	75,4	79,9	82,9	—	63,4–67,9	66,1–72,9	70,2–79,5
185	—	70,9	71,8	73,6	76,3	80,8	83,9	—	64,1–68,6	66,8–73,6	70,9–80,4

1) Nach Society of Actuaries (Hrsg.), *Build and Blood Pressure Study*, Bd. 1, Chicago (1959), S. 16. Auf metrische Maße umgerechnet. *2)* Nach Metropolitan Life Insurance Company, *Statistical Bulletin*, Bd. 40 (1959). Auf metrische Maße umgerechnet. — Idealgewicht: Gewicht mit der höchsten Lebenserwartung.



Definition des Lungenvolumens und der zugehörigen Begriffe (nach COMROE et al., *Fed. Proc.*, **9**, 602 [1950])

Normale Lungenvolumen ruhender Erwachsener

Nach KALTREIDER et al., *Amer. Rev. Tuberc.*, **37**, 662 (1938)

	50 Männer		50 Frauen	
	Mittelwert	s	Mittelwert	s
Alter (Jahre)	22,9	3,3	23,1	3,4
Größe (cm)	176,2	5,1	163,4	4,2
Gewicht (kg)	72,5	11,2	57,2	9,4
Inspirationskapazität (Liter)	3,79	0,52	2,42	0,36
Exspirations-Reservevolumen (Liter)	0,98	0,26	0,73	0,19
Vitalkapazität (Liter)	4,78	0,59	3,14	0,41
Residualvolumen (Liter)	1,19	0,35	1,10	0,30
Funktionelle Residualkapazität (Liter)	2,18	0,50	1,82	0,39
Totale Lungenkapazität (Liter)	5,97	0,81	4,24	0,57

Ventilation

Nach SPECTOR, W. S. (Hrsg.), *Handbook of Biological Data*, Philadelphia (1956), S. 267

	Atemfrequenz		Atemvolumen		Minutenvolumen*	
	Atemzüge pro Minute		Milliliter		Liter	
	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich
Frühgeburt	33	—	12,4	8,4–17,3	0,41	0,28–0,58
Neugeborene, schlafend	43	24–116	16,7	10,0–27	0,72	0,43–1,41
Erwachsene						
Männer:						
ruhend	11,7	10,1–13,1	750	757–895	7,4	5,8–10,3
leicht arbeitend	17,1	15,7–18,2	1670	1510–1770	29	27–31
schwer arbeitend	21,2	18,6–23,3	2030	1900–2110	60	50–90
Frauen:						
ruhend	11,7	10,4–13,0	339	285–393	4,5	4,0–7,0
leicht arbeitend	19	—	860	836–885	16,3	15,9–16,8
schwer arbeitend	30	25–33	880	490–1270	24,5	17,3–32,0

* Minutenvolumen = Atemvolumen × Atemfrequenz.

Vitalkapazität bei Knaben und Mädchen

Nach STEWART und SHEETS, *Amer. J. Dis. Child.*, **24**, 83, 451 (1922)

Normale Knaben

Alter in Jahren	Anzahl der untersuchten Individuen	Größe (cm)	Vitalkapazität in Milliliter			
			Mittlere	Minimale	Maximale	s
4	6	103,4	792	500	900	
5	20	106,8	927	600	1150	
6	62	112,2	1154	800	1600	182
7	112	116,9	1290	900	2200	194
8	98	121,8	1468	1050	2100	220
9	110	129,9	1715	1200	2300	246
10	87	133,4	1872	1400	2650	262
11	113	137,8	1991	1300	2800	270
12	114	142,4	2182	1300	3300	340
13	132	148,7	2458	1700	4000	430
14	177	154,8	2712	1400	4300	484
15	155	159,9	3145	1850	4400	551
16	67	167,2	3425	2100	4300	573
17	23	171,4	3776	2400	4500	

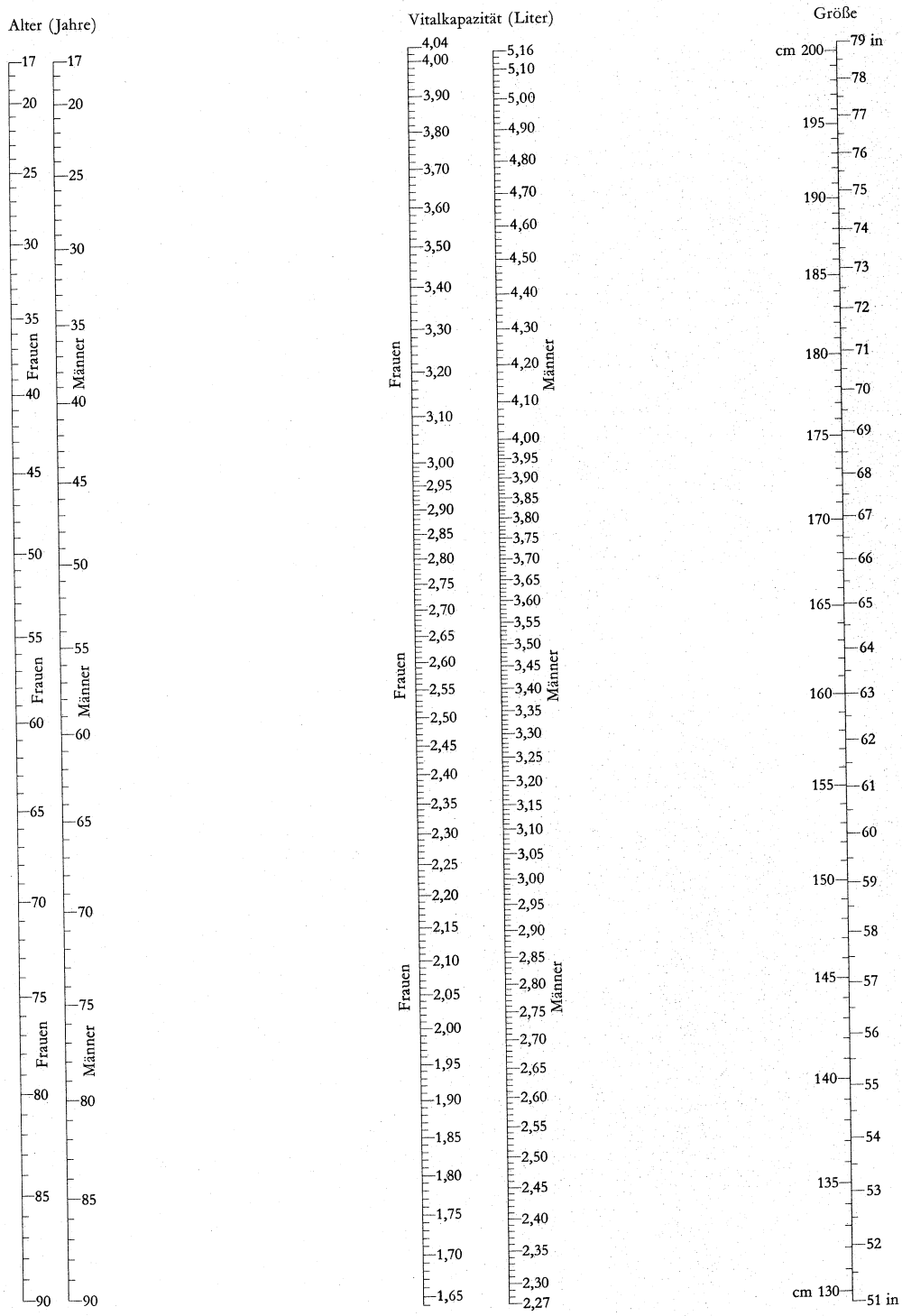
Normale Mädchen

4	9	95,4	664	350	850	
5	26	106,4	888	600	1200	
6	62	111,5	1085	700	1600	163
7	81	114,4	1228	900	1800	181
8	76	121,0	1401	800	1950	199
9	73	127,0	1513	1000	2250	229
10	117	132,1	1672	900	2400	273
11	119	135,9	1799	1250	2550	241
12	135	144,0	2053	1400	2900	343
13	162	151,4	2349	1550	3600	409
14	192	156,6	2607	1900	3800	361
15	131	157,8	2702	1900	3700	413
16	29	160,1	2778	2050	3500	
17	7	162,6	2943	2250	3400	

Abnahme der Vitalkapazität mit dem Alter bei Erwachsenen siehe Nomogramm auf nachstehender Seite.

Nomogramm zur Bestimmung der Vitalkapazität[1]

Man verbindet Alter und Körpergröße durch eine Gerade. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der mittleren Skala ergibt die Vitalkapazität in Liter



1) Nach der Formel von COURNAND, A., zitiert in ROSSIER et al., *Physiologie und Pathophysiologie der Atmung*, 2. Aufl., Berlin (1958), S. 95.
Männer: $[27{,}63 - (0{,}112 \times A)] \times H$; Frauen: $[21{,}78 - (0{,}101 \times A)] \times H$, wobei A = Alter in Jahren, H = Größe in Zentimeter.

Definition

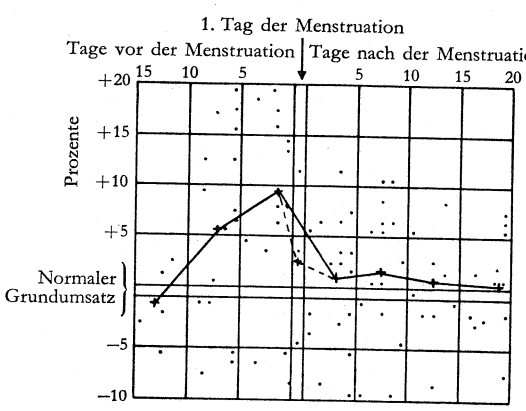
Der Grundumsatz ist der Kalorienverbrauch eines nüchternen, körperlich und geistig ruhenden Menschen bei Zimmertemperatur (etwa 20°C). Er entspricht dem Grundstoffwechsel plus der Wärmeproduktion zur Erhaltung der Körpertemperatur plus dem Minimum an innerer Arbeit.

Der Grundumsatz ist vor allem abhängig von der Körperoberfläche, dann vom Alter und Geschlecht (siehe Sollwerte der verschiedenen Standards auf den folgenden Seiten). Während der Menstruation und der Schwangerschaft ist der Grundumsatz physiologischerweise erhöht (siehe untenstehende Abbildung und S. 594).

Schwankungen innerhalb ± 10% des Sollwertes werden als normal betrachtet, vereinzelt sind auch größere Abweichungen noch als normal anzusehen (auf dem Nomogramm auf S. 595 kann die Normalitätswahrscheinlichkeit des beobachteten Grundumsatzes direkt abgelesen werden).

Pathologischerweise ist der Grundumsatz in der Regel erhöht bei Hyperthyreosen, im Fieber und oft auch bei Leucämien, erniedrigt bei Hypothyreosen sowie bei gewissen Formen von Asthenie.

Die Grundumsatzbestimmung wird vielfach als das zur Differentialdiagnose des Hyperthyreoidismus wichtigste Hilfsmittel angesehen. Sie ist aber in dieser Beziehung unzuverlässig, da sowohl in positiver als auch in negativer Hinsicht zahlreiche Ausnahmen von der Regel vorkommen, zum Beispiel Grundumsatzerhöhungen bei Hyperaktivität der Nebennierenrinde, wobei sogar eine Hyperaktivität der Schilddrüse bestehen kann. Die Vorbedingungen zu einwandfreien Grundumsatzbestimmungen sind in der Praxis zudem oft schwer oder gar nicht zu erfüllen (vollständige körperliche und geistige Ruhe), besonders bei Kindern, so daß zur Diagnose von Hypo- und Hyperthyreosen mehr und mehr andere Diagnosemittel herangezogen werden, wie Bestimmung des proteingebundenen Jodes (siehe S. 449 und 541) oder (am einwandfreisten) das Verhalten der Schilddrüse hinsichtlich der Akkumulation von radioaktivem Jod (siehe S. 449). Es muß betont werden, daß der Grundumsatzbestimmung bei der Diagnose von Hyperthyreosen keine ausschlaggebende Bedeutung zukommt und daß die gefundenen Zahlen nur im Rahmen der gesamten klinischen Befunde beurteilt werden dürfen.



Zyklische Veränderung des Grundumsatzes
Nach WAKEHAM, G., *J. biol. Chem.*, **56**, 555 (1923)

Bestimmung des Grundumsatzes

Die kalorimetrische Bestimmung des Grundumsatzes erfordert umfangreiche Apparaturen. In der Praxis wird deshalb die Bestimmung meist auf Grund des O_2-Verbrauches, der CO_2-Abgabe, unter Umständen (wenn große Genauigkeit erwünscht ist) auch noch auf Grund der im Harn ausgeschiedenen Harnstoffmengen durchgeführt.

Das Verhältnis aus CO_2-Abgabe und Sauerstoffverbrauch ergibt den sogenannten **respiratorischen Quotienten (RQ):**

$$\frac{CO_2\text{-Bildung (Volumen)}}{O_2\text{-Verbrauch (Volumen)}} = RQ$$

Der RQ gibt einen Anhaltspunkt über die Stoffwechselvorgänge im Körper.

1. **Approximative Bestimmung des Grundumsatzes** durch Messung des Sauerstoffverbrauches allein (unter der Annahme eines mittleren RQ von 0,82 und unter Vernachlässigung des N-Stoffwechsels): 1 Liter verbrauchter O_2 = Grundumsatz von 4,825 Kalorien; Umrechnung in Sauerstoffverbrauch pro Quadratmeter pro Minute und Ablesung auf Nomogramm, S. 595. Vorteil: schnell und einfach, aber wenig zuverlässig.
2. **Genauere Bestimmung** durch Messung des Sauerstoffverbrauches und des RQ unter Vernachlässigung des N-Stoffwechsels: Man entnimmt auf Grund des beobachteten RQ aus Tabelle 2 (S. 592) den Kalorienwert pro Liter verbrauchten Sauerstoffs und rechnet um in Kalorien pro Stunde. Die Genauigkeit dieser Bestimmung ist (bei normaler Kost) für die Klinik meistens ausreichend.
3. **Genaue Bestimmung** des Grundumsatzes unter Berücksichtigung des N-Stoffwechsels:
   a) Man bestimmt aus dem 24-Stunden-Harn die Harnstoffausscheidung pro Stunde. 1 g ausgeschiedener Harnstoff pro Stunde entspricht einer Kalorienerzeugung von 26,54 Kalorien pro Stunde (nach LOEWY) und einem Sauerstoffverbrauch von 5,939 Litern Sauerstoff pro Stunde (im N-Stoffwechsel). Auf Grund dieser beiden Werte wird die Harnstoffausscheidung umgerechnet in **Kal./Stunde$_{(N)}$** und **O_2/Stunde$_{(N)}$**.
   b) Nun bestimmt man den RQ und den Sauerstoffverbrauch mit der Apparatur und rechnet den Wert des letzteren um in Sauerstoffverbrauch pro Stunde = **O_2/Stunde$_{(total)}$**.
   Nun ist **O_2/Stunde$_{(total)}$** minus **O_2/Stunde$_{(N)}$** = **O_2/Stunde$_{(Kohlenhydrat\ +\ Fett)}$**.
   c) Die Kalorien für O_2/Stunde$_{(KH\ +\ Fett)}$ werden aus Tabelle 2 (S. 592) jener Kolonne entnommen, die dem beobachteten RQ entspricht = Kal./Stunde$_{(KH\ +\ Fett)}$.

Es ist nun der Grundumsatz = Kal./Stunde$_{(KH\ +\ Fett)}$ + Kal./Stunde$_{(N)}$ = Kal./Stunde$_{(total)}$.

Diese Bestimmungen gelten nicht für Diabetiker
(genaue Grundumsatzbestimmung nur mit Kalorimetrie möglich)
Die gemessenen Sauerstoffvolumen sind immer auf Normvolumen zu reduzieren, bevor daraus die Kalorien berechnet werden (siehe S. 263).

4. **Vergleich des beobachteten Grundumsatzes mit Normal-Standards (Sollwerten).** Es werden verschiedene Standards benützt. Die gebräuchlichsten (für Erwachsene) sind die von HARRIS-BENEDICT, AUB und DU BOIS sowie BOOTHBY et al. Für Kinder müssen spezielle Kinderstandards benützt werden (siehe folgende Seiten). – Man weiß heute, daß die ältern Standards zu hoch sind, da sie auf Untersuchungen beruhen, die an ungeübten Personen gemacht wurden.
   a) HARRIS-BENEDICT-*Standard* (S. 592). Er basiert auf biometrischen Messungen. Vergleichsgrundlagen: Totalkalorien pro Stunde, Größe, Gewicht und Alter des Exploranden.
   b) *Standards mit Angabe des Kalorienverbrauches pro Quadratmeter Körperoberfläche pro Stunde* (BOOTHBY et al., AUB und DUBOIS u. a., siehe S. 593 und 595).
   Vergleichsgrundlagen: Kalorien pro Quadratmeter pro Stunde, Alter und Geschlecht des Exploranden.
   Ausrechnung der Körperoberfläche aus Größe und Gewicht, siehe Nomogramme S. 596 und 597.

Tabelle 1. Kalorischer Wert, Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureabgabe pro Gramm der im Körper verbrannten Proteine, Fette und Kohlenhydrate sowie pro Gramm im Harn ausgeschiedenen Harnstoffes[1].

1 g	Verbrauchter Sauerstoff cm³	Abgegebene Kohlensäure cm³	RQ	Kalorien (kcal) nach RUBNER	nach LOEWY	pro Liter Sauerstoff	pro Liter Kohlensäure
Protein	966,3	773,9	0,801	4,10	4,316	4,485	5,579
Harnstoff	5939,0	4757,0	0,801	25,63	26,54	4,485	5,579
Fett	2019,3	1427,3	0,707	9,3	9,461	4,686	6,629
Kohlenhydrat	828,8	828,8	1,000	4,1	4,182	5,047	5,047

1) Nach PETERS und VAN SLYKE, *Quantitative Clinical Chemistry*, Bd. 1, 2. Aufl., Baltimore (1946), S. 7.

Tabelle 2. RQ, Kalorien pro Liter verbrauchten Sauerstoffs und prozentualer Anteil der Kohlenhydrate und Fette am Sauerstoffverbrauch und an der Kalorienerzeugung[1].

Respiratorischer Quotient	Prozentualer Anteil am Gesamt-Sauerstoffverbrauch		Prozentualer Anteil an der Gesamt-Kalorienerzeugung		Kalorien pro Liter Sauerstoff	
	Kohlenhydrat (1)	Fett (2)	Kohlenhydrat (3)	Fett (4)	(5)	$\log_{10}$
0,707	0	100,0	0	100,0	**4,686**	0,67080
0,71	1,02	99,0	1,10	98,9	**4,690**	0,67114
0,72	4,44	95,6	4,76	95,2	**4,702**	0,67228
0,73	7,85	92,2	8,40	91,6	**4,714**	0,67342
0,74	11,3	88,7	12,0	88,0	**4,727**	0,67456
0,75	14,7	85,3	15,6	84,4	**4,739**	0,67569
0,76	18,1	81,9	19,2	80,8	**4,751**	0,67682
0,77	21,5	78,5	22,8	77,2	**4,764**	0,67794
0,78	24,9	75,1	26,3	73,7	**4,776**	0,67906
0,79	28,3	71,7	29,9	70,1	**4,788**	0,68018
0,80	31,7	68,3	33,4	66,6	**4,801**	0,68129
0,81	35,2	64,8	36,9	63,1	**4,813**	0,68241
0,82	38,6	61,4	40,3	59,7	**4,825**	0,68352
0,83	42,0	58,0	43,8	56,2	**4,838**	0,68463
0,84	45,4	54,6	47,2	52,8	**4,850**	0,68573
0,85	48,8	51,2	50,7	49,3	**4,862**	0,68683
0,86	52,2	47,8	54,1	45,9	**4,875**	0,68793
0,87	55,6	44,4	57,5	42,5	**4,887**	0,68903
0,88	59,0	41,0	60,8	39,2	**4,899**	0,69012
0,89	62,5	37,5	64,2	35,8	**4,911**	0,69121
0,90	65,9	34,1	67,5	32,5	**4,924**	0,69230
0,91	69,3	30,7	70,8	29,2	**4,936**	0,69339
0,92	72,7	27,3	74,1	25,9	**4,948**	0,69447
0,93	76,1	23,9	77,4	22,6	**4,961**	0,69555
0,94	79,5	20,5	80,7	19,3	**4,973**	0,69663
0,95	82,9	17,1	84,0	16,0	**4,985**	0,69770
0,96	86,3	13,7	87,2	12,8	**4,998**	0,69877
0,97	89,8	10,2	90,4	9,58	**5,010**	0,69984
0,98	93,2	6,83	93,6	6,37	**5,022**	0,70091
0,99	96,6	3,41	96,8	3,18	**5,035**	0,70197
1,00	100,0	0	100,0	0	**5,047**	0,70303

Gleichungen für Tabelle 2:

Kolonne 1: $\text{Prozente} = 100\,\frac{\text{RQ} - 0{,}707}{0{,}293}$

Kolonne 2: $\text{Prozente} = 100\,\frac{1 - \text{RQ}}{0{,}293}$

Kolonne 3: $\text{Prozente} = \frac{504{,}7\,(\text{RQ} - 0{,}707)}{5{,}047\,(\text{RQ} - 0{,}707) + 4{,}686\,(1 - \text{RQ})}$

Kolonne 4: $\text{Prozente} = \frac{468{,}6\,(1 - \text{RQ})}{5{,}047\,(\text{RQ} - 0{,}707) + 4{,}686\,(1 - \text{RQ})}$

Kolonne 5: $\text{Kalorien} = 4{,}686 + \frac{\text{RQ} - 0{,}707}{0{,}293} \times 0{,}361$

Harris-Benedict-Standard[2] zur Bestimmung der Normal- (Gesamt-) Kalorien pro Stunde

Die Tafeln 1 und 2 beruhen auf folgender Gleichung:

Männer: $W = 66{,}473 + 13{,}7516\,G + 5{,}0033\,H - 6{,}7550\,A$

Frauen: $W = 655{,}0955 + 9{,}5634\,G + 1{,}8496\,H - 4{,}6756\,A$

(W = Totalkalorien in 24 Stunden, G = Gewicht in Kilogramm, H = Größe in Zentimeter, A = Alter in Jahren.)

Die Normalkalorien pro Stunde erhält man durch Addition der Werte aus Tafel 1 zu den entsprechenden Werten aus Tafel 2. Ungerade Gewichte der Tafel 1 müssen interpoliert werden.

1) Nach Zuntz und Schumburg, modifiziert von Lusk, G., *J. biol. Chem.*, **59**, 41 (1924).

2) Harris und Benedict, *A Biometric Study of Basal Metabolism in Man*, Publication No. 279 of the Carnegie Institution of Washington (1919).

Tafel 1. Kalorien nach Gewicht

Gewicht in Kilogramm	Gesamtkalorien pro Stunde		Gewicht in Kilogramm	Gesamtkalorien pro Stunde	
	Männer	Frauen		Männer	Frauen
12	9,7	—	72	44,0	56,0
14	10,8	—	74	45,2	56,8
16	12,0	—	76	46,3	57,6
18	13,1	—	78	47,5	58,4
20	14,3	—	80	48,6	59,2
22	15,4	—	82	49,7	60,0
24	16,6	—	84	50,9	60,8
26	17,7	37,6	86	52,0	61,6
28	18,8	38,4	88	53,2	62,4
30	19,9	39,2	90	54,3	63,2
32	21,1	40,0	92	55,5	64,0
34	22,2	40,8	94	56,6	64,8
36	23,4	41,6	96	57,8	65,6
38	24,5	42,4	98	58,9	66,4
40	25,7	43,2	100	60,1	67,2
42	26,8	44,0	102	61,2	68,0
44	28,0	44,8	104	62,4	68,8
46	29,1	45,6	106	63,5	69,6
48	30,3	46,4	108	64,7	70,4
50	31,4	47,2	110	65,8	71,2
52	32,6	48,0	112	67,0	72,0
54	33,7	48,8	114	68,1	72,8
56	34,9	49,6	116	69,3	73,6
58	36,0	50,4	118	70,4	74,4
60	37,2	51,2	120	71,6	75,2
62	38,3	52,0	122	72,7	76,0
64	39,5	52,8	124	73,9	76,8
66	40,6	53,6	126	75,0	77,6
68	41,8	54,4	128	76,1	78,4
70	42,9	55,2	130	77,2	79,2

Tafel 2. Standard zur Bestimmung der Kalorien nach Alter und Größe

Größe (cm)	Männer										
	Alter in Jahren										
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
150	25,6	24,2	22,8	21,4	20,0	18,6	17,2	15,8	14,4	13,0	11,6
155	26,6	25,2	23,8	22,4	21,0	19,6	18,2	16,8	15,4	14,0	12,6
160	27,7	26,3	24,9	23,5	22,1	20,7	19,3	17,9	16,5	15,1	13,7
165	28,7	27,3	25,9	24,5	23,1	21,7	20,3	18,9	17,5	16,1	14,7
170	29,8	28,4	27,0	25,6	24,2	22,8	21,4	20,0	18,6	17,2	15,8
175	30,8	29,4	28,0	26,6	25,2	23,8	22,4	21,0	19,6	18,2	16,8
180	31,9	30,4	29,1	27,6	26,2	24,8	23,4	22,0	20,6	19,2	17,8
185	32,9	31,5	30,1	28,7	27,3	25,9	24,5	23,1	21,7	20,3	18,9
190	34,0	32,5	31,2	29,7	28,3	26,9	25,5	24,1	22,7	21,3	19,9
195	35,0	33,6	32,2	30,8	29,4	28,0	26,6	25,2	23,8	22,4	21,0
200	36,1	34,6	33,2	31,8	30,4	29,0	27,6	26,2	24,8	23,4	22,0

Größe (cm)	Frauen										
	Alter in Jahren										
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
150	7,7	6,7	5,7	4,7	3,8	2,8	1,8	0,9	0,0	–1,0	–2,0
155	8,1	7,1	6,1	5,1	4,2	3,2	2,2	1,2	0,2	–0,7	–1,7
160	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	3,6	2,6	1,6	0,6	–0,3	–1,3
165	8,8	7,8	6,9	5,9	4,9	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	–0,9
170	9,2	8,2	7,3	6,3	5,3	4,3	3,4	2,4	1,4	0,5	–0,5
175	9,6	8,6	7,6	6,7	5,7	4,7	3,7	2,8	1,8	0,8	–0,2
180	10,0	9,0	8,0	7,0	6,1	5,1	4,1	3,2	2,2	1,2	0,2
185	10,4	9,4	8,4	7,5	6,5	5,5	4,5	3,5	2,6	1,6	0,6
190	10,8	9,8	8,8	7,8	6,8	5,9	4,9	3,9	3,0	2,0	1,0
195	11,2	10,2	9,2	8,2	7,2	6,2	5,3	4,3	3,3	2,4	1,4
200	11,5	10,5	9,6	8,6	7,6	6,7	5,7	4,7	3,7	2,7	1,8

Standards zur Bestimmung der Normalkalorien pro Quadratmeter Körperoberfläche pro Stunde

(Oberfläche nach der Formel von Du Bois und Du Bois, siehe S. 596 und 597)

Standard von AUB und DU BOIS (14–80 Jahre)

Arch. intern. Med., **19**, 823 (1917)

Alter	kcal/m²/h	
	Männer	Frauen
14–16	46,0	43,0
16–18	43,0	40,0
18–20	41,0	38,0
20–30	39,5	37,0
30–40	39,5	36,5
40–50	38,5	36,0
50–60	37,5	35,0
60–70	36,5	34,0
70–80	35,5	33,0

Standard von BOOTHBY, BERKSON und DUNN (6–69 Jahre)

Amer. J. Physiol., **116**, 468 (1936)

Männer		Frauen	
Alter	kcal/m²/h	Alter	kcal/m²/h
6	53,00	6	50,62
7	52,45	6½	50,23
8	51,78	7	49,12
8½	51,20	7½	47,84
9	50,54	8	47,00
9½	49,42	8½	46,50
10	48,50	9–10	45,90
10½	47,71	11	45,26
11	47,18	11½	44,80
12	46,75	12	44,28
13–15	46,35	12½	43,58
16	45,72	13	42,90
16½	45,30	13½	42,10
17	44,80	14	41,45
17½	44,03	14½	40,74
18	43,25	15	40,10
18½	42,70	15½	39,40
19	42,32	16	38,85
19½	42,00	16½	38,30
20–21	41,43	17	37,82
22–23	40,82	17½	37,40
24–27	40,24	18–19	36,74
28–29	39,81	20–24	36,18
30–34	39,34	25–44	35,70
35–39	38,68	45–49	34,94
40–44	38,00	50–54	33,96
45–49	37,37	55–59	33,18
50–54	36,73	60–64	32,61
55–59	36,10	65–69	32,30
60–64	35,48		
65–69	34,80*		

* Durch Extrapolation erhalten.

Vgl. die graphische Darstellung des BOOTHBY- und des BENEDICT-Standards auf S. 594. Ein Vergleich zeigt sofort, daß der BOOTHBY-Standard der Altersentwicklung besser folgt als jener von BENEDICT (und auch von DU BOIS), die beide für Mann und Frau nur eine mehr oder weniger konstante Abnahme des Grundumsatzes aufweisen.

Standard von SHOCK (11½–17½ Jahre)

Amer. J. Dis. Child., **64**, 19 (1942)

Alter	kcal/m²/h	
	Knaben	Mädchen
11½	43,63	41,65
12	45,03	40,99
12½	44,37	40,43
13	44,13	39,90
13½	43,22	38,82
14	43,46	37,96
14½	42,91	36,45
15	42,82	35,68
15½	41,41	34,35
16	41,13	34,23
16½	40,96	34,62
17	40,96	33,44
17½	40,63	33,39

Standard von LEWIS, DUVAL und ILIFF (2–15 3/4 Jahre)

J. Pediat., **23**, 1 (1943)

Alter	kcal/m²/h		Alter	kcal/m²/h	
	Knaben	Mädchen		Knaben	Mädchen
2	56,9	52,9	9	45,0	42,7
2¼	56,2	52,4	9¼	44,6	42,4
2½	55,6	52,0	9½	44,3	42,1
2¾	55,0	51,6	9¾	44,0	41,7
3	54,5	51,3	10	43,6	41,4
3¼	53,9	50,9	10¼	43,2	41,1
3½	53,4	50,6	10½	42,8	40,8
3¾	53,0	50,2	10¾	42,5	40,6
4	52,6	49,9	11	42,2	40,4
4¼	52,2	49,5	11¼	41,9	40,3
4½	51,8	49,1	11½	41,7	40,2
4¾	51,4	48,7	11¾	41,6	39,9
5	51,0	48,4	12	41,5	39,7
5¼	50,6	48,0	12¼	41,5	39,4
5½	50,3	47,6	12½	41,4	39,1
5¾	50,0	47,2	12¾	41,4	38,7
6	49,6	46,9	13	41,4	38,4
6¼	49,2	46,5	13¼	41,3	38,0
6½	48,9	46,2	13½	41,2	37,6
6¾	48,6	45,8	13¾	41,2	37,2
7	48,2	45,5	14	41,1	36,8
7¼	47,8	45,1	14¼	41,0	36,4
7½	47,4	44,7	14½	40,9	36,0
7¾	47,0	44,3	14¾	40,7	35,6
8	46,6	44,0	15	40,5	35,2
8¼	46,2	43,6	15¼	40,2	34,8
8½	45,8	43,3	15½	39,8	34,5
8¾	45,4	43,0	15¾	39,5	34,1

Standard von FLEISCH (1–80 Jahre)

Helv. med. Acta, **18**, 23 (1951)

Alter	kcal/m²/h		Alter	kcal/m²/h	
	Knaben	Mädchen		Männer	Frauen
1	53,0	53,0	17	40,8	36,3
2	52,4	52,4	18	40,0	35,9
3	51,3	51,2	19	39,2	35,5
4	50,3	49,8	20	38,6	35,3
5	49,3	48,4	25	37,5	35,2
6	48,3	47,0	30	36,8	35,1
7	47,3	45,4	35	36,5	35,0
8	46,3	43,8	40	36,3	34,9
9	45,2	42,8	45	36,2	34,5
10	44,0	42,5	50	35,8	33,9
11	43,0	42,0	55	35,4	33,3
12	42,5	41,3	60	34,9	32,7
13	42,3	40,3	65	34,4	32,2
14	42,1	39,2	70	33,8	31,7
15	41,8	37,9	75	33,2	31,3
16	41,4	36,9	80	33,0	30,9

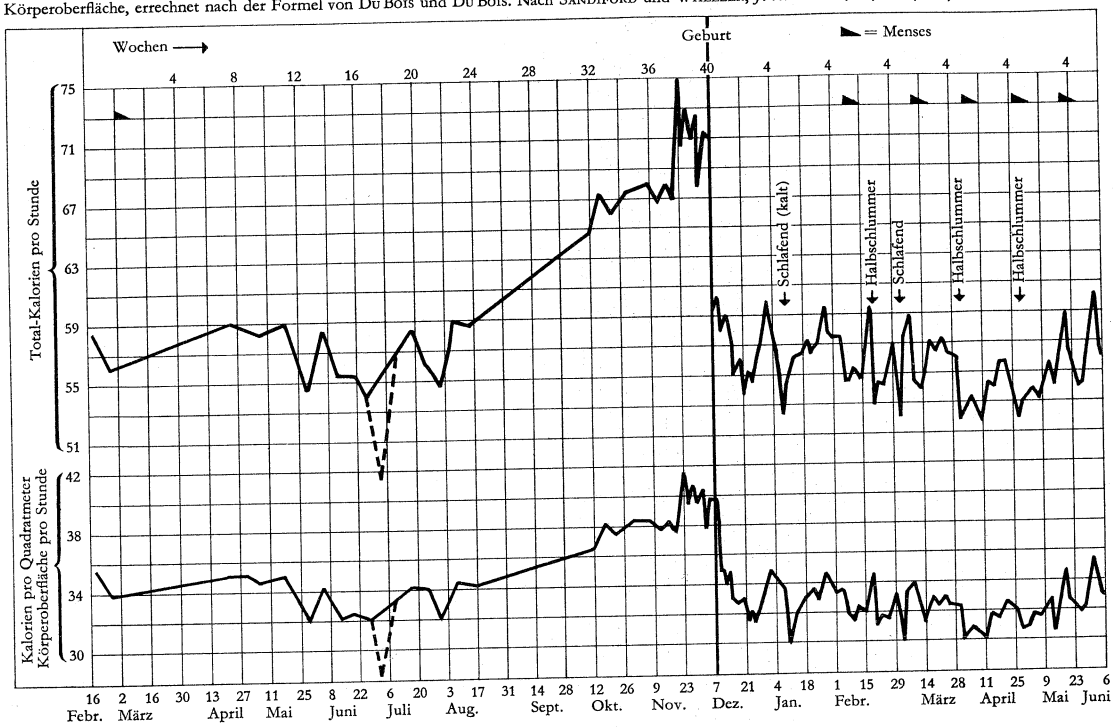
Standard von ROBERTSON und REID (3–75 Jahre)

Lancet, **1**, 940 (1952)

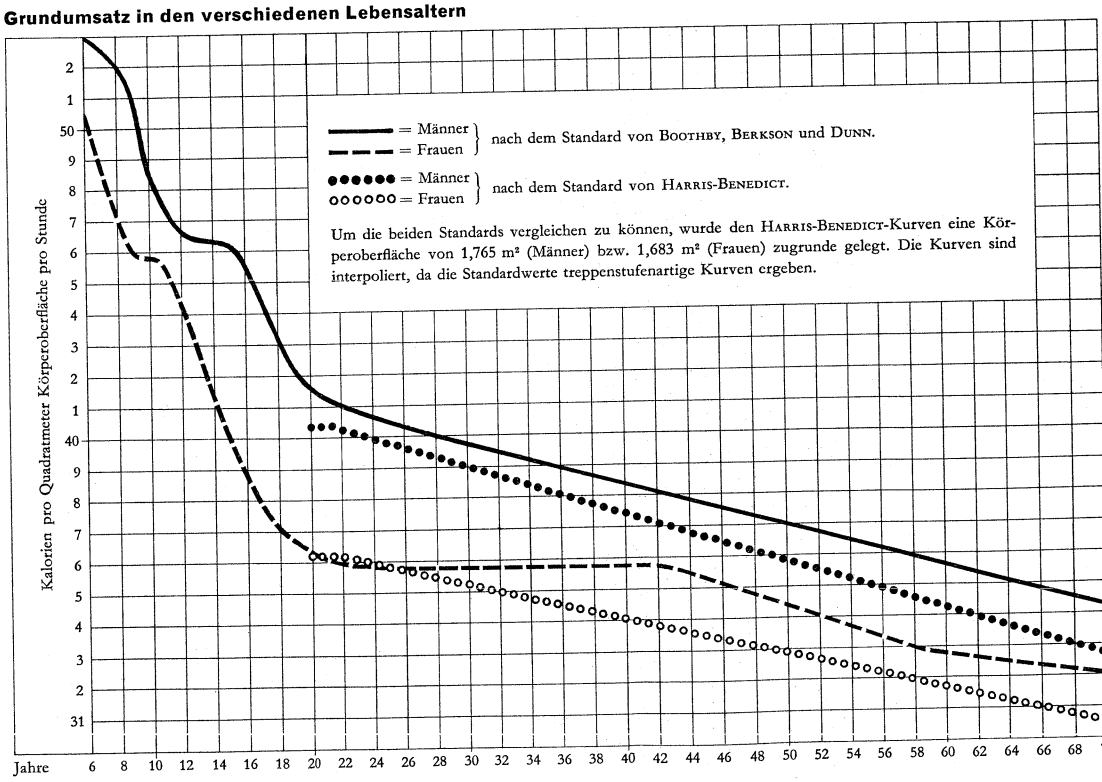
Alter	kcal/m²/h		Alter	kcal/m²/h	
	Knaben	Mädchen		Männer	Frauen
3	60,1*	54,5*	17	39,7	35,3
4	57,9	53,9	18	39,2	34,9
5	56,3	53,0	19	38,8	34,5
6	54,2	51,8	20	38,4	34,3
7	52,1	50,2	25	37,1	34,0
8	50,1	48,4	30	36,4	34,1
9	48,2	46,4	35	35,9	33,5
10	46,6	44,3	40	35,5	32,6
11	45,1	42,4	45	34,1	32,2
12	43,8	40,6	50	33,8	31,9
13	42,7	39,1	55	33,4	31,6
14	41,8	37,8	60	33,1	31,3
15	41,0	36,8	65	32,7	31,0
16	40,3	36,0	70	32,4*	30,7
			75	32,0*	—

* Durch Extrapolation erhalten oder auf weniger als 7 Untersuchungen gestützt.

Grundumsatz vor, während und nach der Schwangerschaft. Obere Kurve: Total-Kalorien; untere Kurve: Kalorien pro Quadratmeter Körperoberfläche, errechnet nach der Formel von Du Bois und Du Bois. Nach Sandiford und Wheeler, *J. biol. Chem.*, **62**, 329 (1924).

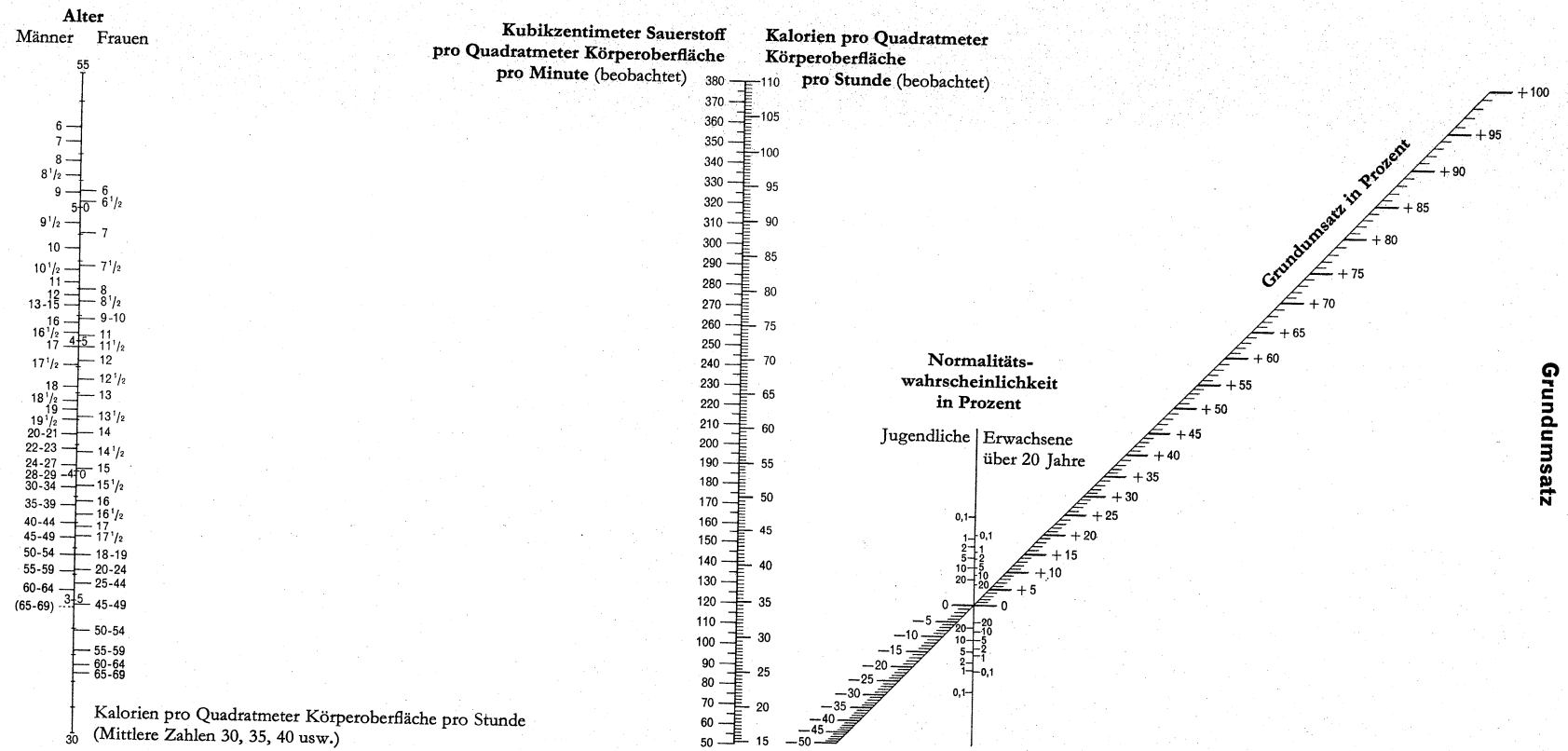


Grundumsatz in den verschiedenen Lebensaltern



Nomogramm zur Bestimmung des Grundumsatzes und der Normalitätswahrscheinlichkeit in Prozent

Nach Boothby, Berkson und Dunn, *Amer. J. Physiol.*, **116**, 468 (1936)



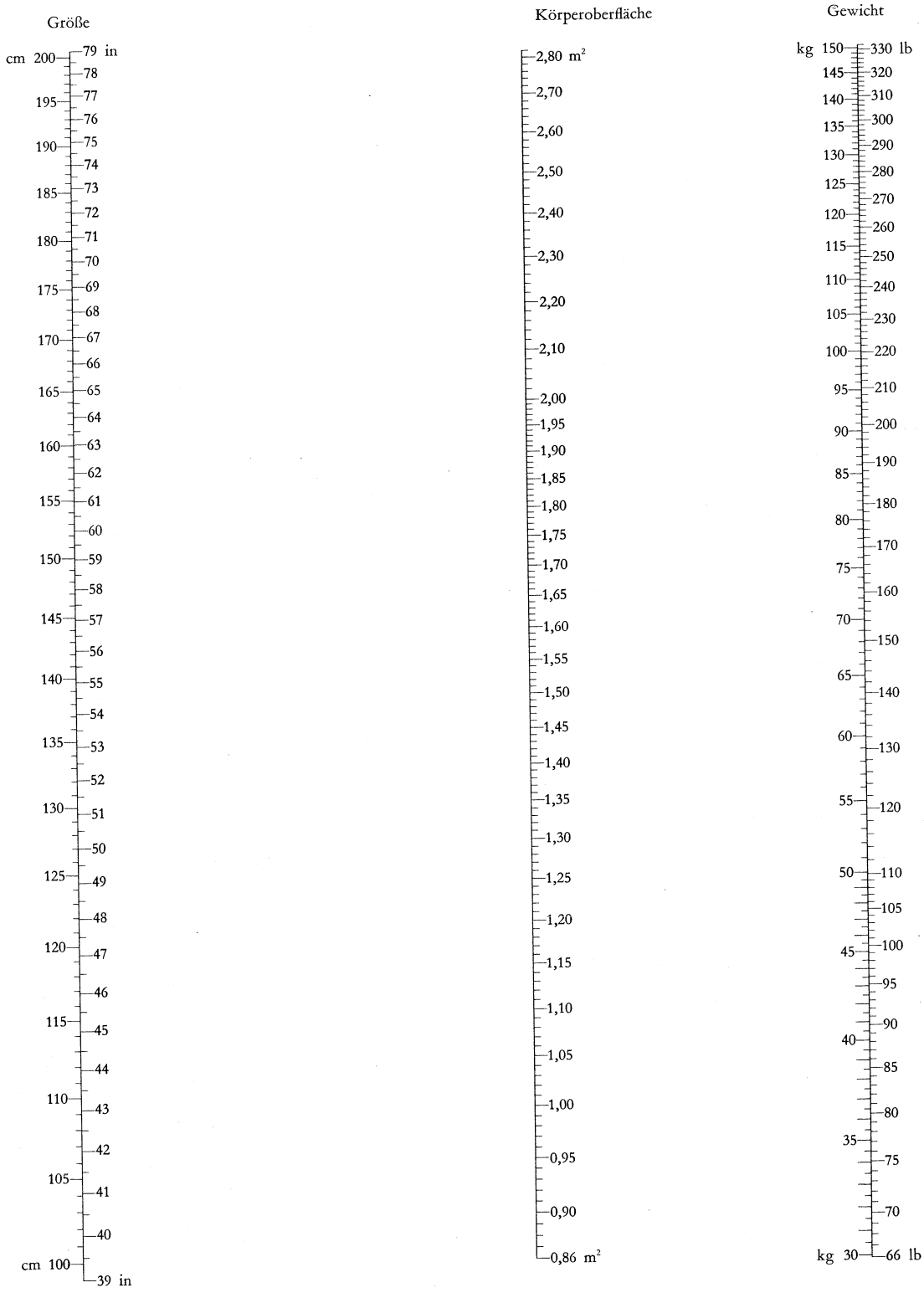
Legende:

1. *Bestimmung der Grundumsatzprozente unter Annahme eines mittleren RQ*: Man verbindet den dem Alter und Geschlecht des Exploranden entsprechenden Punkt auf der Skala links mit dem beobachteten Sauerstoffverbrauch pro Quadratmeter pro Minute auf der mittleren Skala durch eine Gerade und liest am Schnittpunkt dieser Geraden mit der schrägen Skala den Grundumsatz in Prozent ab.

2. *Bestimmung des Grundumsatzes aus den Kalorien pro Quadratmeter pro Stunde* (das heißt unter Berücksichtigung des RQ, mit oder ohne Vernachlässigung des N-Stoffwechsels): Verbindung der entsprechenden Punkte, Ablesung wie unter 1.

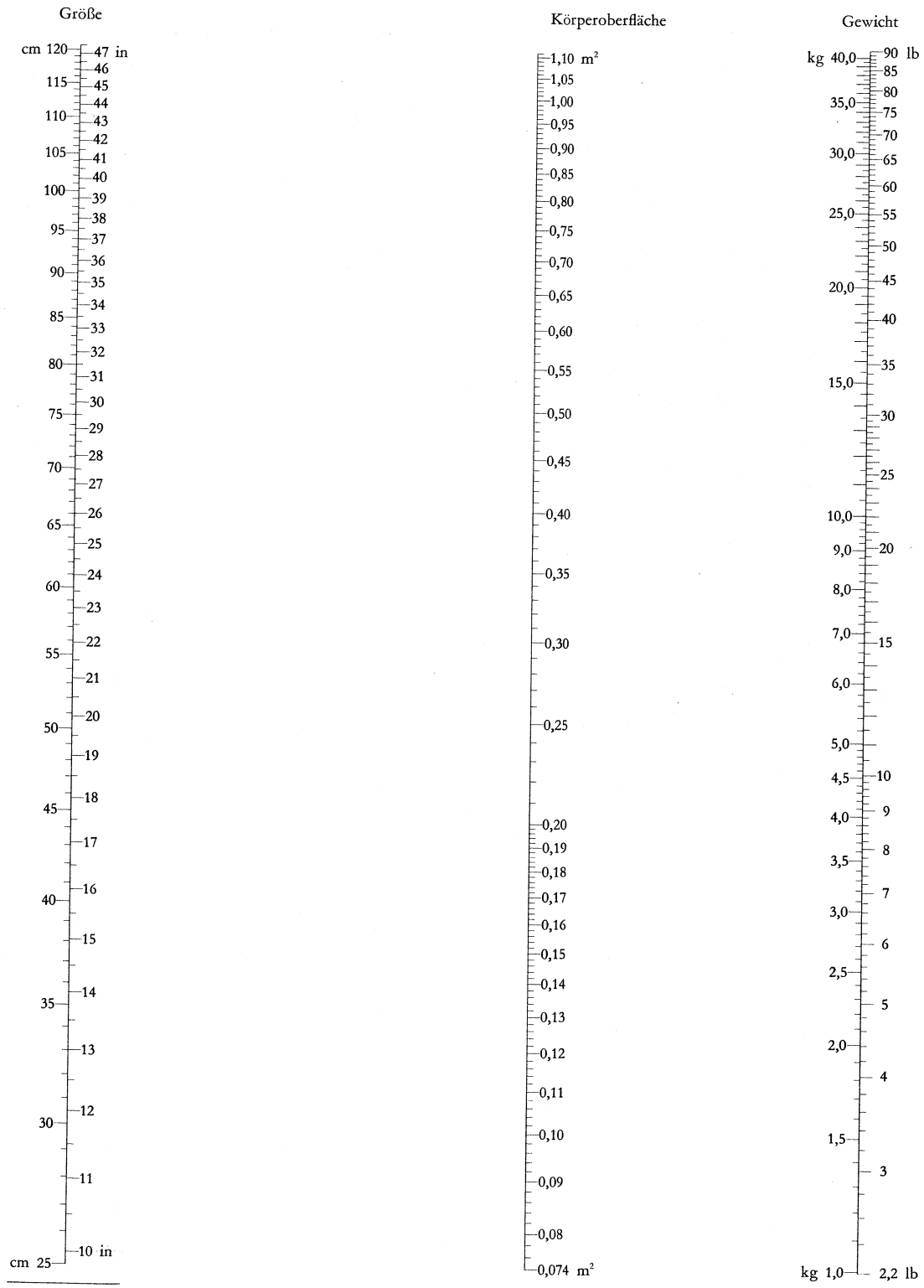
3. *Normalitätswahrscheinlichkeit*: Man liest am Schnittpunkt der gleichen Geraden, mit der man die Grundumsatzprozente bestimmt, mit der kleinen, senkrechten Skala rechts ab und erhält damit die Wahrscheinlichkeit für die Normalität des gefundenen Grundumsatzes. Eine Normalitätswahrscheinlichkeit von 0,1% besagt zum Beispiel, daß bei der Untersuchung von 1000 normalen Personen der beobachtete Grundumsatz bei einer Person zu erwarten ist.

Nomogramm zur Bestimmung der Körperoberfläche aus Größe und Gewicht[1] (Erwachsene)



1) Nach der Formel von Du Bois und Du Bois, *Arch. intern. Med.*, **17**, 863 (1916): $O = G^{0,425} \times H^{0,725} \times 71,84$ oder:
$\log O = \log G \times 0,425 + \log H \times 0,725 + 1,8564$ (O = Körperoberfläche in Quadratzentimeter, G = Gewicht in Kilogramm, H = Größe in Zentimeter).

Nomogramm zur Bestimmung der Körperoberfläche aus Größe und Gewicht[1] (Kinder)



1) Nach der Formel von Du Bois und Du Bois, *Arch. intern. Med.*, **17**, 863 (1916): $O = G^{0,425} \times H^{0,725} \times 71,84$ oder:
$\log O = \log G \times 0,425 + \log H \times 0,725 + 1,8564$ (O = Körperoberfläche in Quadratzentimeter, G = Gewicht in Kilogramm, H = Größe in Zentimeter).

Blutdruck

Normalwerte in Torr (= mm Hg). Definition des Mittelwertes siehe Fußnote auf S. 579

Arterieller Blutdruck

Alter	Systolisch				Diastolisch				Literatur
	Männer		Frauen		Männer		Frauen		
	Mittelwert	s	Mittelwert	s	Mittelwert	s	Mittelwert	s	
Neugeborene	69	6			38				1
1 Tag	70	5							1
3 Tage	72	6							1
9 Tage	73	6							1
3 Wochen	77	5							1
3 Monate	86	5							1
6–12 Monate	89	14,5	93	9,1	60	10,0	62	9,3	2
1 Jahr	96	15,2	95	11,9	66	12,3	65	15,0	2
2 Jahre	99	12,4	92	12,2	64	12,3	60	11,7	2
3 »	100	12,4	100	11,2	67	11,7	64	8,3	2
4 »	99	10,1	99	10,6	65	5,1	66	9,8	2
5 »	92	6,0	92	6,5	62	7,5	62	6,5	3
6 »	94	6,5	94	7,0	64	7,5	64	7,0	3
7 »	97	6,5	97	7,0	65	7,5	66	7,5	3
8 »	100	6,5	100	7,0	67	7,0	68	7,0	3
9 »	101	6,5	101	7,0	68	6,5	69	7,0	3
10 »	103	6,5	103	7,0	69	6,0	70	6,5	3
11 »	104	6,5	104	7,0	70	5,5	71	6,5	3
12 »	106	6,5	106	7,0	71	5,0	72	7,0	3
13 »	108	6,5	108	6,5	72	5,0	73	7,5	3
14 »	110	6,5	110	6,5	73	5,0	74	8,5	3
15 »	112	7,0	112	7,0	75	5,5	76	9,5	3
16 »	118	12,2	116	12,1	73	10,3	72	9,6	4
17 »	121	12,9	116	11,5	74	9,4	72	9,2	4
18 »	120	12,0	116	11,4	74	10,0	72	8,6	4
19 »	122	15,0	115	11,9	75	10,3	71	8,9	4
20– 24 »	123	13,8	116	11,8	76	9,9	72	9,7	4
25– 29 »	125	12,6	117	11,4	78	9,0	74	9,1	4
30– 34 »	126	13,6	120	14,0	79	9,7	75	10,8	4
35– 39 »	127	14,2	124	13,9	80	10,4	78	10,0	4
40– 44 »	129	15,1	127	17,1	81	9,5	80	10,6	4
45– 49 »	130	16,9	131	19,5	82	10,8	82	11,6	4
50– 54 »	135	19,2	137	21,3	83	11,3	84	12,4	4
55– 59 »	138	18,8	139	21,4	84	11,4	84	11,7	4
60– 64 »	142	21,1	144	22,3	85	12,4	85	13,0	4
65– 69 »	143	26,0	154	29,0	83	9,9	85	13,8	5
70– 74 »	145	26,3	159	25,8	82	15,3	85	15,3	5
75– 79 »	146	21,6	158	26,3	81	12,9	84	13,1	5
80– 84 »	145	25,6	157	28,0	82	9,9	83	13,1	5
85– 89 »	145	24,2	154	27,9	79	14,9	82	17,3	5
90– 94 »	145	23,4	150	23,6	78	12,1	79	12,1	5
95–106 »	145	27,5	149	23,5	78	12,7	81	12,5	5

Literatur: *1)* (Systolisch) HOLLAND und YOUNG, *Brit. med. J.*, **2**, 1331 (1956); (Diastolisch) DEXTER et al., *Preeclamptic and Eclamptic Toxemia of Pregnancy*, Boston (1941), zitiert nach SMITH, C. A., *The Physiology of the Newborn Infant*, Oxford (1959). *2)* ALLEN-WILLIAMS, G. M., *Arch. Dis. Childh.*, **20**, 125 (1945). *3)* FABER und JAMES, *Amer. J. Dis. Child.*, **22**, 7 (1921). *4)* MASTER et al., *Normal Blood Pressure and Hypertension*, Philadelphia (1952). *5)* MASTER et al., *Ann. intern. Med.*, **48**, 284 (1958).

Venöser, kapillarer und kardialer Blutdruck

	Mittelwert	Bereich	Literatur
Venöser Blutdruck			
Vena mediana basilica (in der Ellenbeuge)			
Kinder, 3– 5 Jahre	3,4	2,2– 4,6	1
5–10 Jahre	4,3	2,4– 5,4	1
Erwachsene, Männer	7,4	3,7–10,3	1
Frauen	6,9	4,4– 9,4	1
Venae digitales pedis dorsales	12,9	9,1–15,4	1
Blutdruck in den Kapillaren der Hand (Hand auf Herzhöhe)			
Blutige Methode			
Im arteriellen Anteil	~ 32	—	2
Im venösen Anteil	~ 12	—	2
Unblutige Methode (2500 Messungen)			
Kapillaren	27,2	22,8–31,6	3
Arteriolen	47,1	44,9–49,3	3
Kardialer Blutdruck			
Blutdruck in der rechten Vorkammer	—	– 2 bis + 5	4
Blutdruck im rechten Ventrikel			
Maximaler systolischer Druck	—	17–31,5	4
Ende der Diastole	—	– 0,5 bis + 7	4
Blutdruck in der Arteria pulmonalis			
Maximaler systolischer Druck	—	11–29	4
Ende der Diastole	—	4–13	4

Literatur: *1)* BURCH, G. E., *A Primer of Venous Pressure*, Philadelphia (1950), zitiert nach DITTMER und GREBE (Hrsg.), *Handbook of Circulation*, Philadelphia (1959), S. 111. *2)* LANDIS, E. M., *Heart*, **15**, 209 (1930); *Amer. J. Physiol.*, **75**, 548 (1926). *3)* KÜCHMEISTER, H., *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **4**, 463 (1953). *4)* Aus Messungen von insgesamt 72 Versuchspersonen, zusammengestellt von FOWLER et al., *Amer. Heart J.*, **46**, 264 (1953).

Arterieller Blutdruck, Bestimmungsmethoden

Indirekt (Apparat nach RIVA-ROCCI). Die indirekt erhaltenen Werte weichen von den direkt gemessenen nur unbedeutend ab (STEELE, J. M., *J. Mt Sinai Hosp.*, **8**, 1042 [1942]). *Direkte Messung* mit Manometerapparatur nach HAMILTON et al., *Amer. J. Physiol.*, **107**, 427 (1934). Um zuverlässige Resultate zu erhalten, sollte der Blutdruck bei der ersten Untersuchung an beiden Armen gemessen werden, da sowohl beim Gesunden als auch beim Kreislaufkranken oft signifikante Druckunterschiede zwischen den beiden Armen gefunden werden (RUEGER, M. J., *Ann. intern. Med.*, **35**, 1023 [1951]).

Arterieller Blutdruck, Bemerkungen

«Klinischer Normalbereich» des systolischen bzw. diastolischen Blutdrucks von Erwachsenen: Mittelwert $\pm$ 1,282 s; untere Hypertoniegrenze: Mittelwert + 2 s (MASTER et al., *Normal Blood Pressure and Hypertension*, Philadelphia [1952]). Blutdruck, verbunden mit der höchsten Lebenserwartung (bei 30–59jährigen Männern und 20–49jährigen Frauen): systolisch 98–127 Torr, diastolisch 48–67 Torr (nach Society of Actuaries [Hrsg.], *Build and Blood Pressure Study*, Bd. 1, Chicago [1959]). Unter 170 Torr systolischem Blutdruck keine Hämorrhagiegefahr. Diastolischer Blutdruck über 130 Torr gefährlich.

Blutdruck temporär erhöht nach körperlicher Anstrengung (5–10 min), bei psychischer Erregung (nur systolischer Druck, variable Dauer), bei akuter Nephritis (wenige Wochen), bei Eklampsie, in der Menopause (Monate, Jahre oder dauernd). *Blutdruck dauernd erhöht* bei essentieller Hypertonie; bei gewissen Nierenkrankheiten (Nephrosklerose, in späteren Stadien der subakuten Glomerulonephritis, als Resultat einer Pyelonephritis oder bei Druckschädigungen der Nieren, zum Beispiel durch Harnstauung bei vergrößerter Prostata); bei endokrinen Störungen (Hypophyse; Nebennieren; exzessive Rindenhormonproduktion führt in der Regel zu dauernden, erhöhte Adrenalinausschüttung eher zu paroxysmalen Erhöhungen des Blutdrucks); bei Arteriosklerose; bei erhöhter Blutviskosität (zum Beispiel bei Polycythämie); bei Erhöhung des intrakraniellen Druckes; bei Obesitas; bei gewissen Myocardschädigungen (rechter Vorhof); Blutdruckerhöhung durch Rückstau.

Blutdruck zeitweise erniedrigt bei Schock und Kollaps, nach starken Blutungen, bei Diarrhöe; *dauernd erniedrigt:* konstitutionell (Astheniker, Debile), endokrine Störungen, Myocarddegeneration, bei chronischen Anämien.

Klinische Formen der Hypertonie

1. Essentielle Hypertonie (genuiner, «roter» Hochdruck)

Kennzeichen: stärkeres Ansteigen des systolischen Drucks bei relativ geringer Erhöhung des diastolischen (große Druckamplitude), keine nachweisbare Nierenbeteiligung, relativ gute therapeutische Beeinflussung durch NaCl-freie Diät, Bettruhe und Sedativa, rötliche bis rötlichblaue Gesichtsfarbe. Die Blutdrucksteigerung bei der essentiellen Hypertonie kommt durch Verringerung der Elastizität der großen Arterien und durch eine mäßige bis mittlere Erhöhung des peripheren Widerstandes (bewirkt durch Arteriolenkonstriktion) zustande. Wegen der Nierenschädigung gesellt sich bei längerem Bestehen zum genuinen Hochdruck die nephrogene Komponente.

2. Renaler Hochdruck

a) Hochdruck bei chronischen Nierenentzündungen und Nephrosklerose («weißer» Hochdruck).

Kennzeichen: Fixierter Hochdruck mit starker Steigerung des *diastolischen* Drucks, blasses Aussehen, Retinitis angiospastica, Niereninsuffizienz. – Die Blutdrucksteigerung wird vor allem durch eine allgemeine Verengerung der Arteriolen bedingt: Widerstandshochdruck.

b) Hypertonie bei akuter Glomerulonephritis.

Kennzeichen: Allgemeine Arteriolen- und Kapillarenkonstriktion: Erhöhung des peripheren Widerstandes.

Venöser Blutdruck, Bestimmungsmethoden

Mit Membranmanometern: WIGGERS, C. J., *The Pressure Pulses in the Cardiovascular System*, Monographs on Physiology, London (1928); MÜLLER et al., *Helv. physiol. pharmacol. Acta*, **6**, 783 (1948); HANSEN und WARBURG, *Acta physiol. scand.*, **19**, 306 (1950), und HANSEN, A. TYBJAERG, ibid., **19**, 333 (1950); mit photoelektrischen Manometern: REIN et al., *Pflüg. Arch. ges. Physiol.*, **243**, 329 (1940); mit piezoelektrischen Manometern: LANGEVIN und GOMEZ, *C.R. Soc. Biol.* (*Paris*), **113**, 1123 (1933); MACLEOD und COHN, *Amer. Heart J.*, **21**, 345 (1941); mit Induktionsmanometern: WETTERER, E., *Z. Biol.*, **101**, 332 (1943); mit magneto-elektrischen Manometern: HAMPEL, A., *Pflüg. Arch. ges. Physiol.*, **244**, 171 (1941); mit Widerstandsmanometern: BRAUNSTEIN et al., *Science*, **105**, 267 (1947); LAMBERT und WOOD, *Proc. Soc. exp. Biol.* (*N.Y.*), **64**, 186 (1947); mit Kapazitätsmanometern: HANSEN und WARBURG, *Amer. Heart J.*, **33**, 709 (1947); HANSEN, A. TYBJAERG, *Acta physiol. scand.*, **19**, Suppl. 68 (1949); mit Membranmanometern mit elektrischer Übertragung: CLEMEDSON und PETTERSSON, *J. Lab. clin. Med.*, **38**, 631 (1951).

Venöser Blutdruck, Bemerkungen

Der venöse Blutdruck vergrößert sich mit zunehmender Distanz zum Herzen (an der Peripherie größerer Druck). Er ist die algebraische Summe des positiven Restdruckes der arteriellen Seite und des negativen Druckes, der durch die Thoraxhöhlung auf die Blutsäule ausgeübt wird. Er variiert je nach der Lage der Vene in bezug auf den rechten Vorhof als Resultat der dadurch veränderten Einwirkung der Gravitationskraft.

Blutdruck in den Kapillaren der Hand

Der venöse Blutdruck in den Kapillaren ist niedriger als der osmotische Druck des Plasmas.

Kardialer Blutdruck, Bemerkungen

Die Blutdruckmessungen im rechten Herzen erfolgten durch Katheterisieren nach der Art von COURNAND und RANGES, *Proc. Soc. exp. Biol.* (*N.Y.*), **46**, 462 (1941).

Nach der ursprünglichen Definition von WAKSMAN[1] sind Antibiotica Substanzen, die von Mikroorganismen (im allgemeinen Bakterien oder Schimmelpilze) gebildet werden und eine hemmende oder zerstörende Wirkung auf andere Mikroorganismen entfalten. Von den mehreren Hundert bisher isolierten Antibiotica werden etwa 20 klinisch verwendet: am häufigsten Penicilline, Streptomycin und Dihydrostreptomycin, Chloramphenicol, Erythromycin und die Tetracycline (Tetracyclin, Chlortetracyclin, Oxytetracyclin). Die Antibiotica sind heute die eindrücklichsten Waffen des Arztes zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten. Sie werden deshalb auch in großem Umfang verwendet; so betrug die Antibioticaproduktion 1957 in den USA über 1 Million Kilogramm, das sind wertmäßig etwa zwei Drittel der gesamten Arzneimittelproduktion; die jährliche Weltproduktion von Penicillin beträgt etwa 200 Tonnen.

Im allgemeinen braucht man die Antibiotica in der Praxis sicher zu häufig, wobei vielfach auch gewisse Gefahren in ihrer Verwendung mißachtet werden: Nach Schätzungen von berufener Seite werden sie in über 50% der Fälle gegeben, wo sie entweder unwirksam oder bezüglich der Krankheitsschwere entbehrlich sind oder durch andere erprobte Mittel zu ersetzen wären. Dieser häufige Mißbrauch in der Verwendung der Antibiotica ist sicher zum großen Teil für die Resistenzvermehrung der Infektionserreger gegenüber den Antibiotica verantwortlich.

Toxizität und Nebenwirkungen der Antibiotica[2]

Die gefährlichste Nebenwirkung ist ein *anaphylaktischer Schock*, der meist bei der Verwendung von Penicillin und gelegentlich von Tetracyclinen beobachtet wird. Anaphylaktische Reaktionen erscheinen vor allem bei intramuskulärer, gelegentlich auch bei oraler Verabreichung von Penicillin; insgesamt bei etwa 2–8% der mit Penicillin behandelten Patienten. Penicillin sollte deshalb nur gegeben werden, nachdem man sich über die Unempfindlichkeit des Patienten gegenüber Penicillin vergewissert hat. Besteht Verdacht einer Überempfindlichkeit, so ist der Patient 30 Minuten lang nach der Gabe des Antibioticums unter Kontrolle zu halten. Der Hauttest bei intradermaler Anwendung von Penicillin ist aber nicht 100% verläßlich. Die Mortalität in Fällen von anaphylaktischer Reaktion auf Grund von Penicillin beträgt etwa 10%. Über Behandlung von anaphylaktischem Schock siehe Notfälle.

Eine weitere Gefahr in der Anwendung von Antibiotica liegt in dem Auftreten von Superinfektionen, vor allem als Folge einer Verwendung von Tetracyclinen mit ihrem breiten antibakteriellen Spektrum. Als Superinfektionen sind besonders gefährlich: Staphylokokken-Enterocolitis als Folge einer Störung des natürlichen Gleichgewichts der Bakterienflora mit einer Mortalität von etwa 40% und Wundinfektionen in Spitälern durch resistente Bakterienstämme. Außer Staphylokokken sind vor allem Soorpilze (*Candida albicans*, vgl. S. 654) als Erreger von Superinfektionen in Betracht zu ziehen.

Chloramphenicol verursacht hin und wieder Blutdyskrasien, zumeist in Form einer aplastischen Anämie. Seine Anwendung sollte deshalb auf jene Fälle beschränkt bleiben, die gegenüber anderen Antibiotica resistent sind oder für die es typisch indiziert ist, wie zum Beispiel bei Typhus und anderen *Salmonella*-Infektionen.

Bei Anwendung von Penicillin, vor allem bei den langwirkenden Präparaten, wie Benzathin-Penicillin G, kann es zu einer fatalen exfoliativen Dermatitis kommen. Streptomycin kann Kontaktdermatitis verursachen.

Streptomycin schädigt die Gleichgewichts-, Dihydrostreptomycin die Hörfunktion des Ohres, und da es sich um irreversible Schäden handelt, sollten bei einer Dauermedikation nicht mehr als 500 mg täglich (Erwachsene) gegeben werden. Die Kombination von Streptomycin und Dihydrostreptomycin bietet keinen Vorteil hinsichtlich reduzierter Toxizität, vielmehr scheint eine Mischung der beiden *eher* Taubheit zu verursachen als Streptomycin allein[3].

Von den weniger verwendeten Antibiotica sind Neomycin und Polymyxin in größeren Dosen neurotoxisch; Bacitracin und Neomycin beeinträchtigen die Nierenfunktion.

Eine nicht zu unterschätzende Gefahr der Antibioticatherapie liegt auch darin, daß die Krankheitsanfälligkeit des Körpers, im ganzen gesehen, erhöht wird, indem mit der Unterdrückung der Infektion auch die allenfalls eintretenden Immunitätsvorgänge ausgeschaltet bzw. geschwächt werden, wodurch die Möglichkeit von Rezidiven und Neuinfektionen besteht[4].

Bakterienresistenz[6]

Die Beschränkungen in der Anwendbarkeit der Antibiotica sind wohl zum größten Teil eine Ursache der noch immer wachsenden Resistenz der Bakterien gegenüber den Antibiotica. Die Entwicklung resistenter Mutanten eines Mikroorganismus kann schrittweise erfolgen, wie zum Beispiel bei Penicillin, oder es kann auch nach einer einmaligen Anwendung eines Antibioticums zu einem hohen Grad von Resistenz kommen, wie bei Streptomycin. Wird eine Resistenz gegenüber einem bestimmten Antibioticum erworben, so bezieht sich diese gewöhnlich auch auf alle jene Antibiotica, die einen ähnlichen Wirkungsmechanismus besitzen (Kreuzresistenz): einer der Gründe, die gegen eine unbegrenzte Anwendung von Antibioticakombinationen sprechen. Vor allem die Staphylokokken entwickelten gegen alle Antibiotica, mit denen sie bisher bekämpft wurden, eine Resistenz, die vor allem in Spitälern bei der Bekämpfung von Staphylokokkeninfektionen große Schwierigkeiten verursacht. Möglicherweise könnte eine gesetzlich vorgeschriebene Beschränkung einer Verwendung von Erythromycin eine Ausbreitung von erythromycinresistenten Staphylokokkenstämmen verhindern[6].

Theoretisch läßt sich der Resistenzentwicklung auf zweierlei Art begegnen: erstens durch Anwendung des Antibioticums in solch hohen Dosen, daß auch die resistenten Stämme unterdrückt werden, sofern die Toxizität des betreffenden Antibioticums eine hohe Dosierung zuläßt und sich die Resistenz schrittweise und nicht sprunghaft, wie bei Streptomycin, entwickelt, und zweitens durch gleichzeitige Verwendung zweier Antibiotica (Kombinationstherapie), sofern die Möglichkeit einer Entwicklung von doppelt resistenten Mutanten nur gering ist.

Kombinationstherapie[7]

Die Ansicht, daß eine Kombination von Antibiotica die Resistenzzunahme eines Erregers eher verhindert und verzögert als eine aufeinanderfolgende Anwendung zweier Antibiotica, kann noch für kein Paar von Antibiotica als völlig bewiesen betrachtet werden, wenn auch bekannt ist, daß die Kombination von Streptomycin mit den Chemotherapeutica Isoniazid oder Paraaminosalicylsäure die Resistenzentwicklung von Tuberkelbazillen hinausschiebt (siehe S. 632). Eine synergistische Wirkung der einzelnen Komponenten, wie sie für viele handelsübliche Präparate beansprucht wird, läßt sich in nur wenigen Fällen tatsächlich beweisen. Auch für gemischte oder nicht erkannte Infektionen sind Kombinationen nicht unbedingt erforderlich, da auch der Einsatz eines einzelnen Antibioticums mit breitem Wirkungsspektrum einen gleichen Erfolg erzielt. Auch die angebliche Verringerung der Toxizität von Kombinationen rechtfertigt nicht ihre kritiklose Anwendung. Eine ernstliche Gefahr bei Kombinationstherapie liegt in der Möglichkeit der Ausbildung einer Kreuzresistenz. So wird zum Beispiel durch das Antibioticum Oleandomycin als Kombinationsbestandteil bei Staphylokokken eine Resistenz gegenüber Erythromycin entwickelt[8]. Unter gewissen Umständen wurde auch ein Antagonismus zwischen zwei Antibiotica beobachtet, wie beispielsweise bei Penicillin und Erythromycin[12].

Auf Grund der zweifelhaften Vorteile und unzweifelhaften Nachteile von Antibioticakombinationen sollte ihre Anwendung vermieden werden, falls nicht ein ausreichender Beweis ihrer *klinischen* Wirksamkeit vorliegt oder eine Infektion tatsächlich nicht gleichwertig durch ein einzelnes Antibioticum bekämpft werden kann. Auf keinen Fall sollte eine Kombinationstherapie als Ersatz für eine eingehende Diagnose herangezogen werden.

In vivo zeigen folgende Kombinationen von Antibiotica eine eindeutige synergistische Wirkung:

1. Penicillin + Streptomycin bei Streptokokken-Endocarditis (siehe S. 624).
2. Streptomycin + ein Tetracyclin oder Chloramphenicol bei Brucellose (siehe S. 610 und 611).
3. Penicillin + Chlortetracyclin bzw. Streptomycin + Oxytetracyclin bei Staphylokokken-Endocarditis.

Lokale Verabreichung von Antibiotica

Angesichts der Gefahr einer Resistenzentwicklung und einer Sensibilisierungsreaktion sollte, sofern nicht Lebensgefahr für den Patienten besteht, eine lokale Anwendung auf solche Antibiotica beschränkt werden, die nicht systemisch angewendet werden. Zur

Behandlung gemischter Hautinfektionen eignen sich Kombinationen von Bacitracin und Neomycin oder Bacitracin und Polymyxin B, die beide ein breites Wirkungsspektrum aufweisen. Auch hier sollten zuerst die bewährten Chemotherapeutica versucht werden.

Antibiotica und nichtbakterielle Erkrankungen

Gegen «richtige» Viren (vgl. S. 642) sind die heutigen Antibiotica unwirksam. Die bei manchen Viruserkrankungen zu beobachtenden günstigen Wirkungen sind indirekter Art, für die eine gesicherte Erklärung noch aussteht, die aber vermutlich in irgendeiner Störung einer symbiotischen Beziehung zwischen Bakterien und Viren bestehen dürfte. Angesichts der gefährlichen Nebenwirkungen und Folgen einer Antibioticatherapie sollten diese auch bei der Bekämpfung sekundärer bakterieller Infektionen nur mit Vorsicht angewendet werden[9].

Antibiotica haben sich auch als wirksam gegen verschiedene Protozoen und Pilze erwiesen, so zum Beispiel Tetracycline bei Amöbiasis und Trichomoniasis, Griseofulvin bei Dermatomycosen, Nystatin bei Moniliasis und Amphotericin B bei systemischen Mykosen. Für gewisse Antibiotica wurde neuerdings auch eine Antitumorwirkung nachgewiesen, wie beispielsweise für Actinomycin D in Fällen von metastatischem Sarkom bei Kindern[10].

Antibiotica werden heute in großem Umfang in der Veterinärmedizin, als Zusatz zu Viehfutter, als Konservierungsmittel für Nahrungsmittel und als Pflanzenschutzmittel verwendet. Eine gewisse Gefahr liegt in dieser breiten Anwendung insofern, als Rückstände von Antibiotica in Nahrungsmitteln vorhanden sein können und so zum Beispiel zu einer gesteigerten Überempfindlichkeit gegen Penicillin Anlaß geben können[11].

***

Angaben über chemische Konstitution, Eigenschaften und Anwendungen der klinisch wichtigen Antibiotica sind in einer Tabelle, S. 685–692, zusammengefaßt. In der Tabelle über Infektionserreger, S. 601–671, sind die gegen die entsprechende Krankheit wirksamen Antibiotica angegeben. Einzelheiten des internationalen Standards für Antibiotica finden sich auf S. 696.

Literatur: *1)* Waksman, S. A., *Mycologia*, **39**, 565 (1947). *2)* Herrell, W. E., *J. Amer. med. Ass.*, **168**, 1875 (1958); Welch et al., *Antibiot. Med.*, **4**, 800 (1957); Welch et al., *Antibiotics Annual, 1957–1958*, New York (1958), S. 296; Editorial, *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 927 (1958); Dunlop und Murdoch, *Brit. med. Bull.*, **16**, 67 (1960). *3)* Wier et al., *Dis. Chest.*, **30**, 628 (1956). *4)* Editorial, *Practitioner*, **176**, 1 (1956). *5)* Für eine Übersicht siehe Finland, M., *New Engl. J. Med.*, **252**, 570 (1955), und **253**, 909, 969 und 1019 (1955); Bryson und Demerec, *Amer. J. Med.*, **18**, 723 (1955); Lowbury, E. J. L., *Brit. med. Bull.*, **16**, 73 (1960). *6)* Editorial, *Lancet*, **1**, 193 (1956). *7)* Editorial, *New Engl. J. Med.*, **255**, 1057 (1956); Dowling, H. F., *J. Amer. med. Ass.*, **164**, 44 (1957); Editorial, *Lancet*, **2**, 177 (1957); Wiesmann, E., *Schweiz. med. Wschr.*, **87**, 1045 (1957); Editorial, *New Engl. J. Med.*, **257**, 289 (1957); Lacey, B. W., *Brit. med. Bull.*, **16**, 42 (1960). *8)* Garrod, L. P., *Brit. med. J.*, **2**, 57 (1957). *9)* Editorial, *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 53 (1957). *10)* Tan et al., *Pediatrics*, **24**, 544 (1959). *11)* Welch, H., *J. Amer. med. Ass.*, **170**, 2093 (1959). *12)* Jones, Jr., und Finland, *New Engl. J. Med.*, **255**, 1019 (1956).

Dosierung der wichtigsten Antibiotica

Dosen in **Milligramm**, wenn nichts anderes vermerkt (E = Einheiten); o. = peroral, r. = rektal, i.v. = intravenös, i.m. = intramuskulär, i.sp. = intraspinal, i.pl. = intrapleural

Arzneimittel	Erwachsenendosierung					Kinderdosierung (im allgemeinen über 24 h verteilt)		
	Art der Verabreichung	Gebrauchsdosen		Maximaldosen		Art der Verabreichung	bis 30 Monate	30 Monate bis 15 Jahre
		einzel	pro Tag	einzel	pro Tag			
Bacitracin	i.m.	10 000–20 000 E/8 h steigend bis 25 000 E/6 h		25 000 E	100 000 E	i.m.	200 E/kg/8 h steigend bis 400 E/kg/6 h	
Carbomycin	o.	500–1000	2000–4000			o.	50–100/kg	50–100/kg
Chloramphenicol	o.	250–500	2000–3000			o., r.	50/kg	50/kg
						Zusätzlich immer Vitamin-B-Komplex		
Chlortetracyclin (-hydrochlorid)	o.	250–500	1500–3000			o.	50/kg	50/kg
	i.v.		20–25/kg			i.v.	20–25/kg	20–25/kg
						Zusätzlich immer Vitamin-B-Komplex		
Dihydrostreptomycin (-salze)	i.m.	500–1000	500–2000			i.m.	50–30/kg	30–20/kg
						o.	50–30/kg	
Erythromycin	o.	200–500	800–2000			o.	6–8 kg/6 h	
Neomycin (-sulfat)	o.	100/h für 4 Dosen, dann 100/4 h während 1–3 Tagen (präoperative Colondesinfektion)						
	i.m.	2,5–4/kg	10–15/kg		100 (Max. 10 Tage)			
Oxytetracyclin (-hydrochlorid)	o.	250–500	1000–3000			o.	25–40/kg	25–40/kg
	i.v.	250–500	500–1000		2000	i.v.	10–20/kg	10–20/kg
	i.m.	100	200–300			Zusätzlich immer Vitamin-B-Komplex		
Penicillin G (Benzylpenicillin-Natrium)	i.m.	20 000 bis 50 000 E (bis 300 000 E)	150 000 bis 1 500 000 E			i.m.	60 000 bis 40 000 E/kg	40 000 bis 20 000 E/kg
						Bei Säuglingen relativ höher dosieren!		
	i.sp.			20 000	20 000			
Polymyxin B (-sulfat)	i.m.	0,5–0,8/kg	1,5–2,5/kg		200			
	i.sp.	5/24 h während 3–4 Tagen, dann 5 jeden 2. Tag				i.sp.	2/24 h während 3–4 Tagen, dann 2,5 jeden 2. Tag	Wie für Erwachsene
Procain-Penicillin G	i.m.	300 000 bis 1 200 000 E	300 000 bis 1 200 000 E			i.m.		40 000 bis 20 000 E/kg
	i.sp.			20 000 E	20 000 E			
Streptomycin (-salze)	i.m.	500–1000	500–2000			i.m.	60–50/kg	50–30/kg
	i.sp.	25–100				i.sp.	3–2/kg	2–1/kg
	i.pl.	250–500						
Tetracyclin (-hydrochlorid)	Ähnliche Dosierung wie Oxytetracyclinhydrochlorid							

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675

Legende

1. Kolonne: **Fette Zahlen** = Bezugszahlen, die mit den **fetten Zahlen** der Systematik der *Schizomycetes, Rickettsiales, Virales, Eumycetes, Protozoa und Vermes*, S. 672–675, korrespondieren, um zu einer in dieser Tabelle angeführten Species deren Zugehörigkeit zu Genus, Familie, Ordnung usw. bestimmen zu können.
2. Kolonne: *Kursive Zahlen* = Bezugszahlen, die mit den *kursiven Zahlen* in der Tabelle «*Namen und Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten*» auf S. 676 ff. korrespondieren: Man suche in dieser alphabetisch geordneten Tabelle zu einem Namen eines Infektionserregers oder einer Infektionskrankheit, über die man Auskunft wünscht, die entsprechende *kursive Zahl* und geht darauf mit ihr in diese Tabelle ein.
3. Kolonne: Name und Synonyme der Infektionserreger.
4. Kolonne: Einige Eigenschaften der Infektionserreger.
5. Kolonne: Je nach Sinn der Ausführungen: «Habitat», Überträger, Wirt, Zwischenwirt usw.
6. Kolonne: Durch den erwähnten Erreger verursachte Infektionskrankheit(en).
7. Kolonne: Klinische Anwendung der Antibiotica: 1 = in erster Linie zu verwenden (Mittel der Wahl: **Fettdruck**), 2 = in zweiter Linie zu verwenden usw., 0 = Wirkung nicht von klinischer Bedeutung, ? = Wirkung unbekannt.
8. Kolonne: Bemerkungen (weitere Antibiotica, Chemotherapeutica, Anthelminthica und andere Ausführungen).

Allgemeine Literatur (Bakterien): Breed et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7. Aufl., Baltimore (1957); Dougherty und Lamberti, *Textbook of Bacteriology*, 3. Aufl., St. Louis (1954); Pullen, R. L. (Hrsg.), *Communicable Diseases*, Philadelphia (1950); Manson-Bahr, P. H. (Hrsg.), *Manson's Tropical Diseases*, 14. Aufl., London (1954); Mackie et al. (Hrsg.), *A Manual of Tropical Medicine*, 2. Aufl., Philadelphia (1954); Stitt et al., *Practical Bacteriology, Hematology and Animal Parasitology*, 10. Aufl., Philadelphia (1948); Kauffmann, F., *Enterobacteriaceae*, 2. Aufl., Kopenhagen (1954); Dubos, R. J. (Hrsg.), *Bacterial and Mycotic Infections of Man*, 3. Aufl., London (1958); *Antibiotics Annual*, New York; und *Antibiotica et Chemotherapia*, Basel.

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
37	*1*	**Pseudomonas aeruginosa** (Schroeter) Migula *Bacillus pyocyaneus, Bacterium aeruginosum, Pseudomonas pyocyanea*, Bacille pyocyanique, Blue pus organism	Gram-negativ. Schlanke Stäbchen, lebhaft beweglich, 1–3 endständige Geißeln, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten. Gallertartige Kolonien von süßlichem Geruch, die Umgebung grünfluoreszierend färbend. Bringt Milch zur Gerinnung, auf Blutagar β-Hämolyse. Fakultativ aerob	Ubiquitärer Saprophyt: Wasser, Abwasser, Erde, Luft; Intestinaltrakt, Haut	Mischinfizierender Keim in Wundinfektionen (blaugrüner Eiter), bei Mittelohreiterungen, Puerperalsepsis, Entzündungen der Gallen- und Harnwege, bei Kindern Pyocyaneusruhr, eitrige Meningitis, hämorrhagische Sepsis (Pyocyaneussepsis der Säuglinge), Hautgangrän (Ecthyma gangraenosum)		**Polymyxin B**[1]		
37	*2*	**Pseudomonas pseudomallei** (Whitmore) Haynes *Bacillus pseudomallei, Bacillus whitmori, Loefflerella pseudomallei, Malleomyces pseudomallei*, Whitmore-Bazillus	Gram-negativ. Kurze Stäbchen, einzeln oder kurze Ketten, beweglich, 1–4 endständige Geißeln. Auf Agar dicke gelbliche Kolonien. Langsame Hämolyse. Fakultativ aerob	Equiniaähnliche Infektionen (Melioidosis) bei Mensch und Tier im Fernen Osten	Isoliert aus Blut und Läsionen beim Menschen sowie aus Wasser				
63	*3*	**Vibrio comma** (Schroeter) Winslow et al. *Microspira comma, Spirillum choleraeasiaticae, Vibrio choleraeasiaticae*, Choleravibrio, Kommabazillus	Gram-negativ. Kurze, kommaförmige Stäbchen, einzeln oder spiralförmige Ketten. Beweglich, mit einer Geißel. α-Hämolyse auf Blutagar. Besonders gutes Wachstum auf Peptonnährböden. Aerob, Wachstum unter anaeroben Verhältnissen sehr langsam	Intestinalgehalt von Cholerakranken, kontaminiertes Wasser, Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände	Erreger der Cholera. Siehe unten	0	2	1	Siehe unten

1) Jawetz, E., *Arch. intern. Med.*, **89**, 90 (1952); Forkner et al., *Amer. J. Med.*, **25**, 877 (1958).

Cholera *(Nr. 3)*

Die Cholera ist endemisch in einzelnen Gegenden Indiens, Pakistans, Indochinas und Burmas. Epidemien an anderen Orten sind meistens auf dem Seewege aus diesen Ländern eingeschleppt worden. Die Infektion des Menschen erfolgt nur per os, in der Regel durch kontaminiertes Trinkwasser oder durch Nahrungsmittel, zum Beispiel durch Trinkwasser bei der letzten großen Epidemie in Europa (Hamburg, 1892), durch Dattelkuchen bei der letzten Epidemie in Ägypten (1947).

Die Inkubationszeit beträgt 3–5 Tage. Die Krankheit beginnt obligat im Dünndarm, die ersten Symptome sind Erbrechen und Diarrhöe. Bei der typischen Cholera haben die Stühle eine reiswasserähnliche Konsistenz und enthalten Epithelzellen, Mucus und Cholerabazillen in Massen. Im weiteren Verlauf der Krankheit kommt es zu schwerer Dehydration, Hypochlorämie, Kreislaufversagen, Untertemperatur und Anurie. Das schädigende Agens ist nicht der Erreger per se, sondern es sind die von ihm aus-

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
63	4	**Vibrio proteus** Buchner Finkler-Prior-Bazillus	Gram-negativ. Gebogene bewegliche Stäbchen mit einer Geißel. Fakultativ aerob	Intestinalinhalt der Erkrankten, kontaminiertes Wasser, Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände	Erreger der Cholera infantum (Cholera nostras)	0	2	1	
63	5	**Vibrio niger** (Rist) Prévot *Spirillum nigrum*	Gram-negativ. Lange, schlanke, komma- oder S-förmige Zellen mit schwarzem Granulum. Beweglich. Strikt anaerob	Pathologisch beim Menschen	Isoliert bei eitriger Otitis, Mastoiditis, aus Lungengangrän, bei Meningitis und Appendicitis				
63	6	**Vibrio sputorum** Prévot	Gram-negativ. Gerade oder leicht gekrümmte Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten auftretend. Sehr beweglich, mit 1–3 endständigen Geißeln. Benötigt angereicherte Nährböden. Auf Blutagar teilweise α-Hämolyse. Anaerob	Mund	Isoliert bei fusospirochätalen Mundkrankheiten				
69	7	**Spirillum minus** Carter *Spirochaeta muris*	Gram-negativ. Kurze, dicke, bewegliche Zellen mit 2–3 Windungen. Auf künstlichen Nährböden noch nicht gezüchtet. Fakultativ aerob	Ratten und Mäuse, weit verbreitet	Klassisches Rattenbißfieber (Sodoku), vgl. auch *Streptobacillus moniliformis, Nr. 90*	2	2	1	Inkubationszeit 1–3 Wochen, alsdann Entzündung und Schwellung an der Bißstelle. 1–2 Tage dauernde Fieberschübe in unregelmäßigen Intervallen von 3–10 Tagen
71	8	**Selenomonas sputigena** (Flügge) Dobell *Spirillum sputigenum, Vibrio sputigenus*	Gram-negativ. Komma- oder halbmondförmige Zellen, dicker und länger als Cholera-vibrio, teilweise in Paaren. Vibrierende und rotierende Bewegung	Mund	Isoliert aus dem Mund. Nicht pathogen				
88	9	**Chromobacterium janthinum** (Zopf) Holland *Bacterium janthinum*	Gram-negativ. Einzelne Stäbchen, beweglich mit peritrichen Geißeln. Violettgefärbte Kulturen. Fakultativ aerob	Wasser und Boden	Verursacht tödliche Septikämie in Mensch und Tier				
89	10	**Alcaligenes faecalis** Castellani und Chalmers *Bacillus faecalis alcaligenes, Bacterium alcaligenes*	Gram-negativ. Stäbchen, einzeln, in Paaren und Ketten, beweglich, laterale Geißeln, oft nur eine, in Zuckermedien weder säure- noch gasbildend. Gleicht in vielen Eigenschaften *Salmonella typhosa*. Verflüssigt nicht Gelatine. Aerob	Intestinaltrakt	Normaler Darmsaprophyt. Isoliert aus Fäces, mit dem Intestinaltrakt in Verbindung stehenden Abszessen, gelegentlich aus dem Blut	0	2	1 Darm: **Neomycin**	
89	11	**Alcaligenes metalcaligenes** Castellani und Chalmers	Ähnlich *A. faecalis*, aber unbeweglich. Fakultativ aerob	Intestinaltrakt	Normaler Darmsaprophyt	0	2	1 Darm: **Neomycin**	
89	12	**Alcaligenes bookeri** (Ford) Bergey et al. *Bacillus bookeri*	Ähnlich *A. faecalis*, aber einzeln. Fakultativ aerob. Verflüssigt Gelatine und Blutserum	Intestinaltrakt	Isoliert aus dem Stuhlgang von Kindern mit Cholera infantum	0	2	1 Darm: **Neomycin**	

Cholera *(Fortsetzung)*

geschiedenen Toxine[1]. Antibiotica haben sich nicht bewährt[2]. Die Tetracycline verbessern die Sterbensrate bei der Cholera nicht in signifikanter Weise, obgleich die Vibrios schon nach dem dritten Behandlungstage aus den Fäces verschwinden. Der Wert einer Behandlung mit Antibiotica liegt deshalb in einer Einschränkung von Epidemien. Chloramphenicol ist weniger wirksam. Kurze Immunität (3–6 Monate) erzielt man durch Schutzimpfung mit abgetöteten Choleravibrionen.

Literatur: *1)* Metchnikoff, E., *Ann. Inst. Pasteur*, **7**, 403, 562 (1893). *2)* Das et al., *Indian med. Gaz.*, **86**, 437 (1951); Seal et al., *Brit. med. J.*, **1**, 740 (1954); Dutta und Habbu, *Brit. J. Pharmacol.*, **10**, 153 (1955); der interessierte Leser findet eine kritische detaillierte Literaturübersicht in *Bull. Org. mond. Santé*: (Geschichte der Cholera) Pollitzer, R., **10**, 421 (1954); (Epidemiologie) Swaroop und Pollitzer, **12**, 311 (1955); Pollitzer, R., **16**, 783 (1957); (Prophylaxe und Kontrolle) Pollitzer, R., **17**, 67 (1957); (Bakteriologie) Pollitzer, R., **12**, 777 (1955); (Immunologie und Serologie) Pollitzer und Burrows, **12**, 945 (1955); (Bakteriophagen) Pollitzer, R., **13**, 1 (1955); (Pathologie) Pollitzer, R., **13**, 1075 (1955); (Laboratoriumsdiagnose) Burrows und Pollitzer, **18**, 275 (1958).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin | Streptomycin | Tetracycline	Bemerkungen
89	*13*	**Alcaligenes recti** (FORD) BERGEY et al. *Bacterium recti*	Ähnlich *A. faecalis*. Verflüssigt Gelatine, nicht aber Serum. Fakultativ aerob	Intestinaltrakt	Isoliert aus dem Rektum	0 | 2 | 1 Darm: **Neomycin**	
94	*14*	**Escherichia coli** (MIGULA) CASTELLANI und CHALMERS *Bacillus coli, Bacillus escherichii, Bacterium coli, Bacterium coli commune*, Colibazillus, Colonbazillus	GRAM-negativ. Stäbchen, manchmal kokkenähnlich, einzeln, gepaart oder in kurzen Ketten, beweglich oder unbeweglich, manche Stämme mit Geißeln, gewöhnlich eingekapselt, einige Stämme auf Blutagar β-Hämolyse. Fäkaler Geruch. Aerob und fakultativ anaerob. Übersicht vgl. [1]	Intestinaltrakt von Mensch und Tier	Normaler Saprophyt des Colons und (seltener) unteren Dünndarmabschnitts von Mensch und Tier, in der Natur weit verbreitet. Häufiger Erreger von Infektionen des Urogenitalsystems (bis 30% der Fälle) (paranephritische Abszesse, Pyelonephritis, Cystitis), von Cholecystitis und Peritonitis	0 | 2 | 1 Darm: **Neomycin**	In den Agoniestadien wandern die *E. coli* vielfach in die Gewebe und in den Blutstrom ein. Mehrere Stämme verursachen schwere Säuglingsdiarrhöen: Neomycin. In Säuglingsabteilungen jeweils gesunde und kranke Säuglinge behandeln, um Epidemie auszumerzen. Weitere Literatur siehe [1–12]
94	*15*	**Escherichia aurescens** (PARR) MALLIGO et al. *Bacterium aurescens*	Ähnlich *E. coli*, bildet goldbraune bis rote Pigmente. Aerob	Fäces	Isoliert im Falle eines infizierten Auges, auch aus Wasser		
94	*16*	**Escherichia freundii** (BRAAK) YALE *Bacterium freundii, Citrobacter freundii*	Ähnlich *E. coli*, bildet Schwefelwasserstoff auf Peptonkulturen. Aerob, fakultativ anaerob	Intestinaltrakt, Boden, Wasser			
94	*17*	**Escherichia intermedia** (WERKMAN und GILLEN) VAUGHN und LEVINE *Citrobacter intermedium*	Ähnlich *E. coli*	Intestinaltrakt, Boden, Wasser			
95	*18*	**Aerobacter aerogenes** (KRUSE) BEIJERINCK *Bacillus aerogenes, Bacterium aerogenes, Bacterium lactis aerogenes*	GRAM-negativ. Stäbchen, einzeln, gewöhnlich unbeweglich, in der Regel eingekapselt. Aerob, fakultativ anaerob	Auf Pflanzen, in variabeln Mengen in Wasser, saurer Milch, im Intestinaltrakt von Mensch und Tier, in der Natur weit verbreitet	Normaler Darmsaprophyt. Häufiger Erreger von Infektionen des Urogenitalsystems (bis 40% der Fälle). Wurde auch schon aus dem Blute isoliert	0 | 2 | 1 Darm: **Neomycin**	Bericht über 20 Fälle von Bacteriämie durch *A. aerogenes* vgl. [13]
95	*19*	**Aerobacter cloacae** (JORDAN) BERGEY et al. *Bacillus cloacae, Bacterium cloacae*	GRAM-negativ. Stäbchen, einzeln, gewöhnlich beweglich mit peritrichen Geißeln, nicht gekapselt, fäkaler Geruch. Aerob und fakultativ anaerob	Menschliche und tierische Fäces, Abwässer, Boden, Wasser	Normaler Darmsaprophyt. Verursacht gelegentlich eitrige Meningitis [14] und Sepsis [15]	0 | 2 | 1 Darm: **Neomycin**	
96	*20*	**Klebsiella pneumoniae** (SCHROETER) TREVISAN *Bacillus pneumoniae, Bacterium pneumoniae crouposae, Hyalococcus pneumoniae, Klebsiella crouposa*, FRIEDLÄNDER-Bazillus, NEUMANN-Bazillus, Pneumobazillus	GRAM-negativ. Unbewegliche Stäbchen mit abgerundeten Enden, einzeln oder in Paaren, gekapselt, auf Blutagar keine Hämolyse. Aerob und fakultativ anaerob	Obere Atemwege	Normaler Saprophyt der oberen Atmungswege [16]. Erreger der FRIEDLÄNDERschen Pneumonie, das sind etwa 50% aller lobären und lobulären Pneumonien, die in der Regel schwerer verlaufen als die durch *Diplococcus pneumoniae* verursachten. Ferner Erreger von Tonsillitiden (speziell bei Kindern), von Meningitiden (trotz Antibiotica noch 50% Mortalität [17]) und von Entzündungen der Nebenhöhlen und des Mittelohres	0 | 2 | 1 3: Chloramphenicol	Mittel der Wahl: **Tetracycline** [18–21]. Bei durch *Klebsiella* verursachten Infektionen wirken die Tetracycline oder Chloramphenicol zu Penicillin oder Streptomycin antagonistisch [22]. Bei älteren Alkoholikern ist jede Pneumonie FRIEDLÄNDER-verdächtig [23]: Sofort mit Tetracyclinen behandeln! Bei Säuglingen *K. pneumoniae* häufig in den oberen Atemwegen, aber relativ selten pathogen, obschon in letzter Zeit eine Zunahme der FRIEDLÄNDER-Pneumonie im Kindesalter zu beobachten ist [24]

1) KAUFFMANN, F., *Enterobacteriaceae*, 2. Aufl., Kopenhagen (1954). *2)* ADAM, A., *Jr. Kinderheilk.*, **101**, 295 (1923); ibid., **116**, 8 (1927); *Acta paediat. (Uppsala)*, **11**, 145 (1930); *Ärztl. Forsch.*, **6**, 59 (1952). *3)* KAUFFMANN und DUPONT, *Acta path. microbiol. scand.*, **27**, 552 (1950). *4)* OCKLITZ, H. W., *Arch. Kinderheilk.*, Beiheft Nr. 28 (1954). *5)* Editorial, *J. Amer. med. Ass.*, **154**, 837 (1954). *6)* GRABER und DUNLOP, *J. Lab. clin. Med.*, **44**, 417 (1954). *7)* ADAM, A., in: BROCK, J. (Hrsg.), *Biologische Daten für den Kinderarzt*, 2. Aufl., Bd. 1, Berlin (1954), S. 626. *8)* COOPER et al., *Pediatrics*, **16**, 215 (1955). *9)* NETER, E., *Amer. J. Dis. Child.*, **89**, 564 (1955). *10)* QUILLIGAN, J. J., Jr., *Amer. J. Dis. Child.*, **89**, 696 (1955); QUILLIGAN, Jr., und SHADOMY, ibid., **95**, 134 (1958). *11)* MARIE et al., *Sem. Hôp. Paris*, **31**, 2232 (1955). *12)* ØRSKOV, F., *Acta path. microbiol. scand.*, **39**, 137 (1956). *13)* MARTIN et al., *Proc. Mayo Clin.*, **29**, 542 (1954). *14)* JESSEN, O., *Acta path. microbiol. scand.*, **43**, 219 (1958). *15)* FRITZSCHE, R., *Schweiz. med. Wschr.*, **88**, 951 (1958). *16)* BEESON, P. B., *Principles of Internal Medicine*, 2. Aufl., London (1954), S. 847. *17)* BELL, A. L. *New Engl. J. Med.*, **252**, 1026 (1955). *18)* STULBERG et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **90**, 125 (1955). *19)* LEGLER, F., *Zbl. Bakt.*, **159**, 101 (1952). *20)* NATARO et al., *J. Amer. med. Ass.*, **144**, 12 (1950). *21)* WYLIE und KIRSHNER, *Amer. Rev. Tuberc.*, **61**, 465 (1950). *22)* DOWLING et al., *J. Amer. med. Ass.*, **151**, 813 (1953). *23)* LIMSON et al., *Antibiotics Annual, 1955–1956*, New York (1956), S. 786; *Ann. intern. Med.*, **44**, 1070 (1956). *24)* STEINER und PUTNOKY, *Arch. Dis. Child.*, **31**, 96 (1956).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
96	*21*	**Klebsiella ozaenae** (ABEL) BERGEY et al. *Bacillus mucosus ozaenae, Bacillus ozaenae, Bacterium ozaenae,* ABEL-Bazillus	Ähnlich *K. pneumoniae,* aber einzeln auftretend		Isoliert bei Ozaena und atrophischer Rhinitis	0	2	1	
96	*22*	**Klebsiella rhinoscleromatis** TREVISAN Rhinosklerombazillus VON FRISCH	Ähnlich *K. pneumoniae,* bildet aber öfters kurze Ketten		Isoliert aus Nasensekret bei Rhinosklerom	0	2	1	
97	*23*	**Paracolobactrum aerogenoides** BORMAN, STUART und WHEELER Para-aerogenes	Gleiche Eigenschaften wie *Aerobacter aerogenes* und *Aerobacter cloacae,* aber verzögerte Lactosegärung	Oberflächliches Wasser, Boden, Intestinaltrakt von Mensch und Tier	Saprophyt. Vereinzelt Erreger von Enteritiden und Infektionen des Urogenitaltraktes	0	2	1 Darm: **Neomycin**	
97	*24*	**Paracolobactrum intermedium** BORMAN, STUART und WEBER Para-freundii	Gleiche Eigenschaften wie *E. freundii* und *E. intermedia,* aber verzögerte Lactosegärung	Siehe *Nr. 23*	Siehe *Nr. 23*	0	2	1 Darm: **Neomycin**	
97	*25*	**Paracolobactrum coliforme** BORMAN, STUART und WHEELER Para-coli	Gleiche Eigenschaften wie *E. coli,* aber verzögerte Lactosegärung	Siehe *Nr. 23*	Siehe *Nr. 23*	0	2	1 Darm: **Neomycin**	
100	*26*	**Serratia piscatorum** (LEHMANN und NEUMANN) BREED *Bacterium piscatorum, Serratia urinae,* Microbe rouge de la sardine	GRAM-negativ. Kurze Stäbchen, in Paaren, manchmal in Tetraden. Auf Fleischbrühe in langen Fäden. Bildet alkohollösliche rote Pigmente	Wahrscheinlich in Fischen weit verbreitet	Isoliert aus rotgefärbten Eiterungen von Fischarbeitern, aber nicht pathogen				
101	*27*	**Proteus vulgaris** HAUSER *Bacterium vulgare*	GRAM-negativ. Stäbchen einzeln, in Paaren, oft in langen Ketten, beweglich mit peritrichen Geißeln. Fauliger Geruch. Aerob und fakultativ anaerob. Vgl. Fußnotentabelle	Regulär auf faulendem Material, in Abwässern, Intestinaltrakt, Harnwege	*Nr. 27–31: Proteus*-Bazillen werden in neuerer Zeit bei suppurativen Läsionen häufiger beobachtet, was mit ihrer relativen Unempfindlichkeit gegenüber verschiedenen Antibiotica zusammenhängen dürfte. Auf *Pr. mirabilis* entfallen 72%, auf *Pr. morganii* 12%, auf *Pr. vulgaris* 11%, auf *Pr. rettgeri* 5% aller bei verschiedenen Läsionen isolierten Species. *Pr. mirabilis* befällt vor allem den Urogenitaltrakt, wurde aber auch aus oberflächlichen Wunden, aus Sputum und Pharynx, Nasenhöhlen, Otitis, Peritonitis, Galle und Liquor isoliert, während die anderen Species sozusagen ausschließlich im Harn gefunden wurden[1]	Darm: **Neomycin**			*Darmdesinfektion:* **Neomycin,** *Gesamtkörper:* 1. Chloramphenicol, 2. Streptomycin, 3. Penicillin in höchsten Dosen. Approximative Empfindlichkeit von *Pr. mirabilis* in µg/ml[1]: Chlor- und Oxytetracyclin ..... 600 Erythromycin ..... 500 Tetracyclin ..... 380 Penicillin ..... 350 Streptomycin ..... 100 Chloramphenicol .... 90 Neomycin ..... 80 Empfindlichkeit von *Pr. morganii, Pr. vulgaris* und *Pr. rettgeri* Penicillin, Erythromycin, Streptomycin, alle über 600 Tetracycline, alle über 500 Chloramphenicol .... 250 Neomycin 40
101	*28*	**Proteus mirabilis** HAUSER *Bacterium mirabilis*	Ähnlich *Pr. vulgaris.* Vgl. Fußnotentabelle	Vgl. *Nr. 27*		Darm: **Neomycin**			
101	*29*	**Proteus morganii** (WINSLOW et al.) RAUSS *Bacillus morgani, Bacterium morgani, Salmonella morgani,* MORGAN-Bazillus Typ 1	GRAM-negativ. Bewegliche, einzelne Stäbchen mit peritrichen Geißeln. Aerob und fakultativ anaerob. Vgl. Fußnotentabelle	Vgl. *Nr. 27*		Darm: **Neomycin**			

1) POTEE et al., *J. Lab. clin. Med.,* **44,** 463 (1954).

Biochemische Unterscheidungsmerkmale der Proteus-Species

Legende: S = säurebildend, SG = säure- und gasbildend, + = positive Reaktion, — = negative Reaktion oder keine Vergärung, schnell = innerhalb 48 Std., langsam = 3–31 Tage. Nach RUSTIGIAN und STUART, *J. Bact.,* **49,** 419 (1945); BREED et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology,* 7. Aufl., Baltimore (1957).

Reagens	*Pr. vulgaris*	*Pr. mirabilis*	*Pr. morganii*	*Pr. rettgeri*	*Pr. inconstans*
Saccharose-Gärung	SG	SG, langsam	—	S, langsam	SG, langsam
Maltose-Gärung	SG	+	—	—	—
Mannit-Gärung	—	—	—	SG	—
Indolbildung	+	—	+	+	+
Citrat als einzige Kohlenstoffquelle	— oder +	meist +	—	+	meist +
Harnstoffhydrolyse	+ schnell	+ schnell	+ langsam	+ schnell	—

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin / Streptomycin / Tetracycline	Bemerkungen
101	*30*	**Proteus rettgeri** (Hadley et al.) Rustigian und Stuart *Bacterium rettgeri, Proteus enteric us, Shigella rettgeri*	Gram-negativ. Gewöhnlich unbewegliche Stäbchen, einzeln, in Paaren, gelegentlich in langen Ketten. Aerob, fakultativ anaerob. Vgl. Fußnotentabelle S. 604	Vgl. *Nr. 27*		Darm: **Neomycin**	Vgl. *Nr. 27*
101	*31*	**Proteus inconstans** (Ornstein) Shaw und Clarke *Bacillus inconstans*	Gram-negativ. Bewegliche Stäbchen mit peritrichen Geißeln. Vgl. Fußnotentabelle S. 604	Vgl. *Nr. 27*		Darm: **Neomycin**	Vgl. *Nr. 27*
102	*32*	**Salmonella choleraesuis** (Smith) Weldin *Bacterium cholerae suis, Pasteurella salmoni*	Gram-negativ. Stäbchen, einzeln, mit 4–5 peritrichen Geißeln, beweglich. Aerob und fakultativ anaerob	Beim Schwein als sekundärer Erreger bei der (Virus-) Schweinecholera	Nur beim Schwein ein regulärer Krankheitserreger. Beim Menschen verursacht sie gelegentlich Septikämien, Pneumonien, Abszesse, Gastroenteritis, seltener enteritische Krankheitsformen	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607
102	*33*	**Salmonella typhimurium** (Loeffler) Castellani und Chalmers *Bacillus typhi murium*, Nocard-Bazillus	Gram-negativ. Stäbchen, einzeln, mit peritrichen Geißeln beweglich. Aerob und fakultativ anaerob	In erkrankten Tieren und Menschen. Wichtige Ansteckungsquellen: Geflügel, besonders Enten und deren Eier, Schweine, Mäuse und Ratten, Rindvieh, Katzen und Hunde	Obligat pathogen für alle Warmblütler inklusive Menschen. Beim Menschen verläuft die Infektion unter dem Bilde einer Nahrungsmittelvergiftung	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607
102	*34*	**Salmonella enteritidis** (Gärtner) Castellani und Chalmers *Bacillus enteritidis*, Gärtner-Bazillus	Gram-negativ. Stäbchen, einzeln, in Paaren oder gelegentlich in kurzen Ketten, mit peritrichen Geißeln beweglich. Aerob und fakultativ anaerob	Weit verbreitet bei Mensch und Tier, besonders Nagern	Enteritiserreger, häufig bei Fleischvergiftungen	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607
102	*35*	**Salmonella typhosa** (Zopf) White *Bacillus typhi, Bacillus typhi abdominalis, Bacillus typhosus, Bacterium typhi, Bacterium typhosum, Bacterium (Eberthella) typhi, Salmonella typhi*, Eberth-Bazillus, Typhus-Bazillus	Ähnlich *S. enteritidis*	In Erkrankten, Fäces, kontaminiertem Wasser	Erreger des Typhus des Menschen, für Tiere nur pathogen, wenn parenteral appliziert	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607
102	*36*	**Salmonella hirschfeldii** Weldin *Bacillus paratyphosus C*, Hirschfeld-Bazillus, Paratyphus-C-Bazillen	Ähnlich *S. typhimurium*	In Erkrankten	Enteritiserreger, obligat pathogen für Menschen	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607
102	*37*	**Salmonella paratyphi** (Kayser) Castellani und Chalmers *Bacterium paratyphi, Bacterium paratyphi A*, Bacille paratyphique A	Ähnlich *S. typhimurium*	Intestinalinhalt Erkrankter, kontaminiertes Wasser und kontaminierte Lebensmittel	Obligat pathogen für den Menschen. Enteritiserreger	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607
102	*38*	**Salmonella schottmülleri** (Winslow et al.) Bergey et al. *Bacillus paratyphi alcaligenes, Bacillus schottmülleri, Bacterium paratyphi B*, Bacille paratyphique B	Gram-negativ. Stäbchen, einzeln und in Paaren. Beweglich mit peritrichen Geißeln. Aerob, fakultativ anaerob	Wie *S. paratyphi*	Enteritiserreger. Obligat pathogen für den Menschen, für Tiere weniger	**Chloramphenicol** 0 | 3 | 2	Vgl. S. 606 und 607

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Salmonellen, Nahrungsmittelvergiftung, Paratyphus, Typhus *(Nr. 32–39)*

Die durch eine Anzahl kultureller und biochemischer Merkmale verbundene Gattung der Salmonellen wird auf Grund serologischer Kriterien in verschiedene Gruppen (A, B, C, ...) mit zahlreichen Serotypen eingeteilt. Bis 1956 wurden über 300 Serotypen beschrieben[6,7], die sich durch ihre somatischen (Antigen O) und Flagellen-Antigene (Antigen H) unterscheiden lassen. Eine Auswahl häufigerer Serotypen ist nebenan zusammengestellt. Über Systematik und Bakteriologie der Salmonellen vgl.[1–7].

Die vielen Serotypen und der Umstand, daß jährlich noch weitere entdeckt werden, machen den Anschein, als ob die Gattung der Salmonellen sich noch in voller Entwicklung befände, wobei die Spezialisierung auf Wirt und Krankheitsform unter Aufsplitterung in immer zahlreichere Serotypen weitergeht[8]. Innerhalb dieser Entwicklungsreihe scheint die ubiquitäre, für fast alle Warmblütler pathogene, verschiedene Krankheitsformen verursachende *S. typhimurium* eine Urform darzustellen, während sich *S. schottmülleri* und *S. typhosa* auf den Menschen, *S. abortivoequina (S. abortusequi)*, *S. typhisuis*, *S. abortusovis* auf Pferd, Schwein, Schaf, *S. gallinarum* und *S. pullorum* auf das Geflügel spezialisiert haben, unter weitgehendem Verlust ihrer Pathogenität für andere Arten[9].

Unter den Salmonellen gibt es keine natürlichen Saprophyten, alle sind für eine oder mehrere Tierarten pathogen. Aus diesem Grunde sollte bei jeder sporadischen oder epidemischen Salmonelleninfektion die Übertragungskette bis zum Schlußglied, einem in der Regel erkrankten Menschen oder Tier, zurückverfolgt werden[10]. Vielfach stößt man allerdings auch auf stumme Bazillenträger, weil – charakteristisch für Salmonelleninfektionen – nach überstandener Krankheit noch während Wochen, manchmal während Monaten und Jahren Salmonellen mit dem Stuhl ausgeschieden werden.

Beim Menschen erfolgen die Salmonelleninfektionen in der Regel per os, wonach sich die Bazillen entweder unmittelbar (Nahrungsmittelvergiftungen) oder über den Umweg von Lymphbahnen und Blutstrom (Paratyphus, Typhus) im Intestinaltrakt ansiedeln. Fieberhafte gastroenteritische Symptome sind deshalb typisch für die meisten Salmonelleninfektionen. Seltener dominieren andere Krankheitsformen, wie es zum Beispiel aus einer Übersicht über *S.-choleraesuis*-Infektionen hervorgeht, wonach nur in 20% der Fälle eine Gastroenteritis, daneben aber Septikämien in 55%, Pneumonien in 10%, Abszesse in 7%, Osteomyelitis und -arthritis in 6% und Meningitis in 1% der Fälle beobachtet wurden[11]. Die Salmonelleninfektionen des Menschen werden gewöhnlich durch Nahrungsmittel (bei Nahrungsmittelvergiftung und bei Paratyphus) oder durch das Trinkwasser oder durch Kontakt verursacht (bei Typhus). Während die durch Nahrungsmittel übertragenen Infektionen auch in hochzivilisierten Ländern eher im Zunehmen begriffen sind, ist der Typhus in temperierten Zonen, besonders in den Städten, zur Bedeutungslosigkeit herabgesunken. In ländlichen, tropischen und unterentwickelten Regionen bildet er aber immer noch ein medizinisch-hygienisches Problem[12]. Malaria, Rückfallfieber, Oroyafieber und Sichelzellenanämie scheinen für eine Salmonelleninfektion spezifisch zu prädisponieren[20].

Nahrungsmittelvergiftung

Von den infektiösen Salmonellen-Nahrungsmittelvergiftungen sind jene viel selteneren Fälle abzugrenzen, die nur durch Bakterientoxine (Botulismus, Staphylokokken) verursacht werden. Der häufigste Erreger bakterieller Nahrungsmittelvergiftungen ist *S. typhimurium* (80% der Fälle), gefolgt von *S. enteritidis*. Nebenstehende Liste zeigt aber, daß außer diesen noch viele andere Serotypen in Betracht kommen (vgl. 2. Kolonne, E = enteritische Form). Zur Auslösung einer Nahrungsmittelvergiftung braucht es eine massive Zufuhr von Millionen von Salmonellen[13]. Solche Konzentrationen sind in frischem Fleisch oder Eiern selbst stark infizierter Tiere selten (am gefährlichsten in dieser Hinsicht sind das Fleisch notgeschlachteter Kühe und Enteneier). Im privaten Haushalt und im bäuerlichen Betrieb sind Nahrungsmittelvergiftungen deshalb nicht häufig. Andererseits sind in Großbetrieben, wie Schlachthäusern, Konserven- und Eiscremefabriken, Bäckereien und Großküchen, die Voraussetzungen für eine Kontaminierung und ungehemmte Bakterienvermehrung viel günstiger, besonders wenn die hygienischen Verhältnisse, wie es im unpersönlichen Großbetrieb trotz strenger Vorschriften häufig der Fall ist, zu wünschen übriglassen. Es braucht hier nur einen stummen Bazillenträger, nur wenige infizierte Mäuse oder Ratten, das Fleisch nur einer erkrankten Kuh, nur wenige infizierte Eier, um

Auswahl verschiedener Salmonella-Serotypen

Nach KAUFFMANN-WHITE, in: KAUFFMANN, F., *Enterobacteriaceae*, 2. Aufl., Kopenhagen (1954), S. 106

Legende der Krankheitsformen (Kolonne 2): C = mit Cystitis verbunden, E = enteritisch, M = oft meningeale Lokalisation, S = septikämisch

Serotype	Krankheitsform	Gruppe	O-Antigene	H-Antigene Phase 1	H-Antigene Phase 2
paratyphi	S	**A**	1, 2, 12	a	—
kisangani	E	**B**	1, 4, 5, 12	a	1, 2
arechavaleta	E	**B**	4, 5, 12	a	1, 7
bispebjerg	E	**B**	1, 4, 12	a	e, n, x
schottmülleri	S	**B**	1, 4, 5, 12	b	1, 2
abony	S	**B**	1, 4, 5, 12	b	e, n, x
schleissheim	E	**B**	4, 12, 27	b	—
altendorf	E	**B**	4, 12	c	1, 7
stanley	E	**B**	4, 5, 12	d	1, 2
reading	E	**B**	4, 12	e, h	1, 5
kaposvár	E	**B**	4, 5, 12	e, (h)	1, 5
chester	E	**B**	4, 5, 12	e, h	e, n, x
derby	E, M	**B**	1, 4, 12	f, g	—
essen	E	**B**	4, 12	g, m	—
budapest	E	**B**	1, 4, 12	g, t	—
typhimurium	E, M	**B**	1, 4, 5, 12	i	1, 2
bredeney	E, M	**B**	1, 4, 12, 27	l, v	1, 7
brandenburg	E	**B**	4, 12	l, v	e, n, z_{15}
heidelberg	E	**B**	4, 5, 12	r	1, 2
coeln	E	**B**	4, 5, 12	y	1, 2
oslo	E	**C**	6, 7	a	e, n, x
hirschfeldii	S, M	**C**	6, 7, Vi	c	1, 5
choleraesuis	S, E, M	**C**	6, 7	c	1, 5
mission	E	**C**	6, 7	d	1, 5
braenderup	E	**C**	6, 7	e, h	e, n, z_{15}
montevideo	E	**C**	6, 7	g, m, s	—
oranienburg	E	**C**	6, 7	m, t	—
thompson	E	**C**	6, 7	k	1, 5
irumu	E	**C**	6, 7	l, v	1, 5
virchow	E	**C**	6, 7	r	1, 2
bareilly	E	**C**	6, 7	y	1, 5
narashino	S	**C**	6, 8	a	e, n, x
muenchen	E	**C**	6, 8	d	1, 2
newport	E	**C**	6, 8	e, h	1, 2
kottbus	E	**C**	6, 8	e, h	1, 5
manchester	E	**C**	6, 8	l, v	1, 7
fayed	E	**C**	6, 8	l, w	1, 2
bovismorbificans	E, S	**C**	6, 8	r	1, 5
duesseldorf	E	**C**	6, 8	z_4, z_{24}	—
glostrup	E	**C**	6, 8	z_{10}	e, n, z_{15}
sendai	S	**D**	1, 9, 12	a	1, 5
onarimon	S	**D**	1, 9, 12	b	1, 2
typhosa (typhi)	S, M	**D**	9, 12, Vi	d	—
eastbourne	S	**D**	1, 9, 12	e, h	1, 5
enteritidis	E, M	**D**	1, 9, 12	g, m	—
blegdam	E	**D**	9, 12	g, m, q	—
dublin	E	**D**	1, 9, 12	g, p	—
moscow	E	**D**	9, 12	g, q	—
panama	E	**D**	1, 9, 12	l, v	1, 5
goettingen	E	**D**	9, 12	l, v	e, n, z_{15}
daressalam	S	**D**	1, 9, 12	l, w	e, n
gallinarum	E	**D**	1, 9, 12	—	—
pullorum	E	**D**	9, 12	—	—
shangani	E	**E**	3, 10	d	1, 5
vejle	E	**E**	3, 10	e, h	1, 2
muenster	E	**E**	3, 10	e, h	1, 5
anatum	E	**E**	3, 10	e, h	1, 6
nyborg	E	**E**	3, 10	e, h	1, 7
meleagridis	E	**E**	3, 10	e, h	l, w
give	E	**E**	3, 10	l, v	1, 7
uganda	S	**E**	3, 10	l, z_{13}	1, 5
amager	E	**E**	3, 10	y	1, 2
newington	E	**E**	3, 15	e, h	1, 6
selandia	E	**E**	3, 15	e, h	1, 7
newbrunswick	E	**E**	3, 15	l, v	1, 7
niloese	E	**E**	1, 3, 19	d	z_6
senftenberg	E	**E**	1, 3, 19	g, s, t	—
aberdeen	E	**F**	11	i	1, 2
senegal	E	**F**	11	r	1, 5
rubislaw	E	**F**	11	r	e, n, x
wichita	E	**G**	1, 13, 23	d	z_{37}
havana	M	**G**	1, 13, 23	f, g	—
poona	E	**G**	13, 22	z	1, 6
onderstepoort	E	**H**	(1), 6, 14, 25	e, (h)	1, 5
carrau	E	**H**	6, 14, 24	y	1, 7
hvittingfoss	E	**I**	16	b	e, n, x
gaminara	E	**I**	16	d	1, 7
orientalis	E	**I**	16	k	e, n, z_{15}
kirkee	E	Weitere Gruppen	17	b	1, 2
memphis	E		18	k	1,5
cerro	E		18	z_4, z_{23}	—
waycross	C		41	z_4, z_{23}	—

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
102	*39*	**Salmonella gallinarum** (KLEIN) BERGEY et al. *Bacillus gallinarum, Bacterium pullorum, Salmonella gallinarum-pullorum, Salmonella pullorum*	GRAM-negativ. Einzelne Stäbchen. In Blut kurze Ketten, unbeweglich. Aerob, fakultativ anaerob	In erkranktem Geflügel und seinen Exkrementen	Erreger des Geflügeltyphus und der weißen Diarrhöe bei jungen Kücken. Gelegentlich Ursache von Lebensmittelvergiftung und Gastroenteritis beim Menschen	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 606 und unten
103	*40*	**Shigella dysenteriae** (SHIGA) CASTELLANI und CHALMERS *Bacillus dysenteriae, Bacillus shigae, Shigella shigae*, OGATA-Bazillus, SHIGA-Bazillus, SHIGA-KRAUSE-Bazillus	GRAM-negativ. Einzelne, unbewegliche, nicht sporenbildende, unverkapselte Stäbchen. Vergären viele Kohlenhydrate unter Säure-, aber nicht Gasbildung. Besitzen antigenische Struktur. Aerob, fakultativ anaerob	In Fäces infizierter Personen	Erreger schwerer epidemischer Dysenterie (Ruhr). Avirulent, aber für den Menschen toxisch. Hauptsächlich im tropischen Ostasien	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608

Salmonellen, Nahrungsmittelvergiftung, Paratyphus, Typhus *(Fortsetzung)*

große Massen entsprechender Nahrungsmittel zu verseuchen. Es ist deshalb begreiflich, daß Nahrungsmittelvergiftungen vorwiegend von *stark manipulierten Nahrungsmitteln* ausgehen, besonders wenn noch ein Zusatz von Mehl und/oder Zucker erfolgt und wenn die Speisen vor dem Genuß noch längere Zeit aufbewahrt oder ein zweites Mal aufgewärmt werden. Etwa 50% aller Nahrungsmittelvergiftungen entfallen auf Fleischprodukte (nur 1% auf frisches Fleisch), 20% auf Enten- und 5% auf Hühnereier, 15% auf Süßspeisen, wie Dessertcremen, Eiscremen usw., und je 5% auf Konserven und Milchprodukte[14].

Die Inkubationszeit beträgt bei einer Nahrungsmittelvergiftung 2–10 Stunden, die Dauer der gastroenteritischen Symptome 2–3 Tage, manchmal länger. Die Mortalität ist gering. Antibiotische Behandlung ist nur in länger dauernden Fällen oder zur Abkürzung der Bakterienausscheidungsperiode angezeigt. Der Nachweis erfolgt durch bakteriologische Stuhluntersuchung und gelingt in der Regel schon bei den ersten Diarrhöen.

Paratyphus, Typhus

Die häufigsten Erreger der septikämischen Salmonelleninfektionen sind *S. schottmülleri (S. paratyphi B)* und *S. typhosa*, gefolgt von *S. paratyphi (S. paratyphi A)*, *S. hirschfeldii (S. paratyphi C)*, *S. sendai* und *S. choleraesuis*. Klinisch lassen sich Paratyphus und Typhus in der Regel kaum unterscheiden. Bei Paratyphus ist die Fieberkurve etwas steiler und höher, die Fieberdauer kürzer als bei Typhus. Der Erreger ist schon vor Ausbruch der enteritischen Symptome im Blute nachweisbar. Paratyphus wird gewöhnlich durch Nahrungsmittel, Typhus durch Trinkwasser übertragen. Die Kranken müssen isoliert, die Stühle desinfiziert werden. Genesene, die noch Bakterien ausscheiden, sind strengen Hygienevorschriften zu unterstellen oder noch besser erst dann zu entlassen, wenn die Bakterienausscheidung aufgehört hat.

Paratyphus und Typhus hinterlassen eine länger dauernde Immunität. Die *Impfprophylaxe*, in der Regel mit Tripeltoxoiden (Paratyphus A und B, Typhus), hat sich deshalb bewährt und ist immer zu empfehlen, wenn aus irgendeinem Grunde eine größere Ansteckungsgefahr zu befürchten ist (vor Reisen und Expeditionen in unterentwickelte Länder; in abgelegenen Arbeitslagern bei großen Bauprojekten; bei Überschwemmungen, welche die Wasserversorgung in Mitleidenschaft ziehen; im Kriege).

Salmonellenmeningitis

Sie ist selten. Nur etwa 3% aller suppurativen Meningitiden werden von Salmonellen verursacht, vor allem durch *S. typhimurium*, *S. typhosa*, *S. bredeney* und *S. havana*. Betroffen werden hauptsächlich Neugeborene und Säuglinge. Die Mortalität ist hoch, früher an die 90%, heute mit den Antibiotica noch etwa 50%. Vorausgehende Diarrhöen werden nur bei etwa 60% beobachtet. Salmonellenmeningitiden sind selten mischinfiziert. Übersichten über Salmonellenmeningitiden im Kindesalter vgl. [15].

Antibiotische Behandlung

Chloramphenicol ist das Mittel der Wahl bei allen Salmonelleninfektionen. Beinahe ebenso gut sind die Tetracycline, besonders Oxytetracyclin. In schweren Fällen ist eine Kombination beider Mittel zu empfehlen, besonders bei Meningitiden. Bei Typhus[16] dosiere man je nach Krankheitsschwere 250–500 mg Chloramphenicol alle 4–6 Stunden während der ersten 2–3 Tage, danach bis zur Afebrilität 250–500 mg alle 6 Stunden und schließlich 250 mg alle 6–8 Stunden während 10–12 Tagen[17]. Eine große Initialdosis ist wegen der Gefahr toxischer Krisen nicht zu empfehlen[18]. In kritischen Typhusfällen vermag manchmal Cortisol oder Cortison eine Wendung zum Besseren herbeizuführen[11, 19]. Prognostisch ist in schweren Fällen nur auf den typhösen Zustand abzustellen, weil die antibiotische Behandlung die Anzahl ernster Komplikationen (Blutungen, Perforationen) kaum vermindert hat. Auch die Rezidivgefahr ist nach antibiotischer Behandlung eher größer, weshalb von einzelnen Autoren eine nachträgliche Impfung empfohlen wird.

Literatur: *1)* KAUFFMANN und MITSUI, *Z. Hyg. InfektKr.*, **111**, 749 (1930). *2)* KAUFFMANN und BURÓN, *Z. Hyg. InfektKr.*, **117**, 650 (1935). *3)* KAUFFMANN, F., *Die Bakteriologie der Salmonellagruppe*, Kopenhagen (1941). *4)* EDWARDS et al., *Acta path. microbiol. scand.*, **31**, 5 (1952); ibid., **33**, 191 (1953). *5)* KAUFFMANN et al., *Acta path. microbiol. scand.*, **35**, 156 (1954). *6)* EDWARDS und EWING, *Identification of Enterobacteriaceae*, Minneapolis (1955). *7)* KAUFFMANN und PETERSEN, *Acta path. microbiol. scand.*, **38**, 481 (1956). *8)* SAVAGE et al., *Proc. roy. Soc. Med.*, **33**, 357 (1940). *9)* SAVAGE, W., *Brit. med. J.*, **2**, 317 (1956). *10)* BUXTON, A., *Proc. roy. Soc. Med.*, **48**, 636 (1955); EDWARDS, P. R., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 598 (1958). *11)* SAPHRA und WASSERMANN, *Amer. J. med. Sci.*, **228**, 525 (1954). *12)* Epidemiological and Morbidity Statistics Section WHO, *Bull. Org. mond. Santé*, **13**, 173 (1955). *13)* HORMAECHE und SALSAMENDI, *Arch. urug. Med.*, **9**, 665 (1936); ibid., **14**, 375 (1939); MCCULLOUGH und EISELE, *J. infect. Dis.*, **88**, 278 (1951); ibid., **89**, 209, 259 (1952). *14)* SAVAGE, W., *J. prev. Med. (Baltimore)*, **6**, 425 (1932); Food Poisoning in England and Wales 1951, 1952 and 1953, *Monthly Bull. Minist Hlth (Lond.)*, **13**, 12 (1954); ibid., **14**, 34 (1955). *15)* HENDERSON, L. L., *Amer. J. Dis. Child.*, **75**, 351 (1948); SMITH, E. S., *Amer. J. Dis. Child.*, **88**, 732 (1954). *16)* HÖRING und STEINBRECHER, *Antibiot. et Chemother. (Basel)*, **4**, 158 (1957). *17)* WATSON, K. C., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **48**, 526 (1954). *18)* GALPINE, J. F., *Brit. med. J.*, **2**, 1047 (1949); STEPHENS, P. R., *Lancet*, **1**, 731 (1950); EL RAMLI, A. H., *Lancet*, **1**, 927 (1953). *19)* SMADEL et al., *Ann. intern. Med.*, **34**, 1 (1951); DURAND und RENOUX, *Sem. Hôp. Paris*, **29**, 2555 (1953). BENNETT und HOOK; *Ann. Rev. Med.*, **10**, 1 (1959).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
103	*41*	**Shigella schmitzii** (Weldin und Levine) Hauduroy et al. *Bacillus ambiguus, Bacillus dysenteriae* «Schmitz», *Bacterium schmitzii, Shigella ambigua, Shigella parashigae,* Schmitz-Bazillus	Mit *Sh. dysenteriae* morphologisch und kulturell identisch	In Fäces infizierter Personen	Isoliert in Fällen von Dysenterie. Ziemlich selten	**Chloramphenicol** 0	3	2	Siehe unten

Shigellen[1] *(Nr. 40–47)*

Die epidemisch oder sporadisch auftretende Bazillenruhr (-dysenterie), die durch Erreger der Gattung *Shigellae* verursacht wird, muß von der Amöbenruhr (vgl. S. 659) unterschieden werden (bakteriologische Stuhluntersuchung). Bei Kleinkindern kommt auch noch die Differentialdiagnose gegen Coli-Gastroenteritiden in Frage. Im Dysenteriestuhl findet sich das Blut meist in Streifen beigemischt, im Gegensatz zur diffus rötlichen Stuhlfärbung bei Amöbenruhr. Bei Coli-Gastroenteriden wird in der Regel kein Blut in den Fäces beobachtet. In England werden über 95% der registrierten Fälle von Bazillenruhr durch *Sh. sonnei* verursacht[2].

Die Inkubationszeit beträgt 2–3 Tage. Die durch *Sh. flexneri, boydii* und *sonnei* verursachten Dysenterien verlaufen in der Regel sehr mild und heilen ohne Behandlung spontan[3]. Blut findet sich nur in 30% der Stühle; der Arzt wird oft gar nicht aufgesucht. Die (in der Regel) tropischen Dysenterien, vor allem die durch *Sh. dysenteriae* verursachten, verlaufen viel schwerer (Mortalität rund 20%). Nach Ablauf der Krankheit besteht eine gewisse Immunität, die aber nicht lange dauert. Shigellen vermehren sich ausschließlich in der Mucosa des Dickdarmes, sind selten in den Mesenterialdrüsen und *nie* im Blute zu finden. Bei einer Einzelerkrankung in einer Familie sind gewöhnlich alle Familienglieder angesteckt.

Bei den leichten Dysenterien ist eine antibiotische Behandlung klinisch nicht notwendig, sollte aber aus hygienischen Gründen, zur Verkürzung der Bakterienausscheidungsdauer, durchgeführt werden, wobei Familienangehörige mit zu behandeln sind. Das beste Antibioticum ist Chloramphenicol, gefolgt von den Tetracyclinen. Dosierung siehe Salmonellen, S. 607. Eine steigende Resistenz gegenüber Sulfonamiden wurde beobachtet[4], die Resistenz gegenüber Antibiotica ist dagegen weniger ausgeprägt.

Literatur: *1)* Übersicht: Bensted, H. J., *Canad. J. Microbiol.*, **2**, 163 (1956). *2) Report of the Medical Research Council, 1957–1958*, London (1959), S. 20. *3)* MacLeod, R. C., *Brit. med. J.*, **2**, 255 (1955). *4)* Rozansky et al., *J. Lab. clin. Med.*, **52**, 728 (1958).

Biochemische Differenzierung der Shigellen

Nach Breed et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7. Aufl., Baltimore (1957), S. 384, und Dougherty und Lamberti, *Textbook of Bacteriology*, 3. Aufl., St. Louis (1954)

	Vergärung von: Mannit	Dulcit	Sorbit	Rhamnose	Lactose	Sucrose	Arabinose	Xylose	Bildung von Indol
Sh. dysenteriae	—	—	—	—	—	—	—		—
Sh. schmitzii	—	—	±	+	—	—	+ langsam		+
Sh. arabinotarda	—			—			+ langsam		—*
Sh. boydii	+			—	—			+	
Sh. flexneri	+	—	±	±	—	±		—	±
Sh. alkalescens	+	+	+	—	—	±			+
Sh. sonnei	+	—	—	+	+ langsam	+			—
Sh. dispar	+	+	+	+	+ langsam	+			+

* Ausgenommen Typ 7

Nomenklatur der Serountergruppen und *Serotypen* der Shigellen

(*Enterobacteriaceae*, Unterkomitee, Komitee für Nomenklatur der Internationalen Gesellschaft für Mikrobiologie, 1953)

Nach Edwards und Ewing, *Identification of Enterobacteriacea*, Minneapolis (1955)

Untergruppe A: *Shigella dysenteriae*		Untergruppe B: *Shigella flexneri*				Untergruppe C: *Shigella boydii*				Untergruppe D: *Shigella sonnei*
Typ	Frühere Synonyme	Typ	Frühere Synonyme englisch	deutsch	andere	Typ	Frühere Synonyme englisch	deutsch	andere	Frühere Synonyme
1	Shiga-Kruse-Bazillus, *Bacterium shigae* ..	1a	V	B, C	Flexner	1	170		IX	E (deutsch)
		1b	VZ	A		2	P.288		X	Sonne-Duval
2	*Shigella ambigua, S. schmitzii, Bacterium ambiguus*	2a	W	D	Strong, Hiss-Russel	3	D.1		XI	Sonne III
						4	P.274	R	XIV	*S. ceylonensis A*
3	Q 771	2b	WX	DX		5	P.143		XIII	
4	Q 1167	3	Z	H		6	D.19		XII	
5	Q 1030 Large-Sachs-Gruppe	4a	103	F	Lentz Y2	7		N	Lavington, Typ T,	
6	Q 454 (*S. arabinotarda*)	4b	103Z	J, F	*S. saigonensis, S. rio*				T, *S. etousae*	
7	Q 902					8			Serotyp 112	
8	Serotyp 599–52	5	P.119	G		9		P	Serotyp 1296/7	
		6	88	L	*S. newcastle*	10			Serotyp 430	
		X	X		VII	11			Serotyp 34	
		Y	Y	Y	VIII Hiss-Russel					

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
103	42	**Shigella arabinotarda** CHRISTENSEN und GOWEN	Mit *Sh. dysenteriae* morphologisch und kulturell identisch	Nur in Fäces infizierter Personen	Gelegentlich in Fällen von Dysenterie, verursacht durch *Sh. flexneri*	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608
103	43	**Shigella boydii** EWING	Ähnlich *Sh. dysenteriae*, aber einige Stämme vom Typ 2 eventuell eingekapselt	Nur in Fäces infizierter Personen	Selten. Isoliert in Fällen von Dysenterie	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608
103	44	**Shigella flexneri** CASTELLANI und CHALMERS *Bacillus dysenteriae* FLEXNER, *Bacillus dysenteriae* SHIGA, *Bacillus paradysenteriae*, *Shigella paradysenteriae*, FLEXNER-Bazillus	Ähnlich *Sh. dysenteriae*, aber Zellen sind häufig fadenförmig bzw. unregelmäßig geformt in alten Kulturen	In Fäces infizierter Personen	Häufigster Erreger epidemischer Dysenterie. Auch Erreger infantiler Gastroenteritis. Hauptsächlich in den USA	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608
103	45	**Shigella alkalescens** (ANDREWES) WELDIN *Bacillus alkalescens*, *Proshigella alkalescens*	Ähnlich *Sh. dysenteriae*, Zellen einzeln und in Paaren auftretend	Intestinaltrakt	Isoliert aus Fäces von Dysenterie-Rekonvaleszenten, aber auch Gesunder, ferner aus Blutkulturen und bei Fällen von Bacillurie. Möglicherweise ein Erreger von Diarrhöe	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608
103	46	**Shigella sonnei** (LEVINE) WELDIN *Bacillus dispar*, *Bacterium sonnei*, *Proshigella sonnei*, SONNE-Bazillus, DUVAL-Bazillus	Ähnlich *Sh. dysenteriae*, aber charakteristisch pleomorphe Agarkolonien	In Fäces infizierter Personen und Trinkwasser	Erreger milder Dysenterie. Auf der ganzen Erde verbreitet. Zum Beispiel verantwortlich für 95% der Fälle von Bakterien-Dysenterie in England[1]	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608
103	47	**Shigella dispar** (ANDREWES) BERGEY et al. *Bacillus ceylanensis B*, *Bacillus dispar*, *Castellanus castellanii*, *Proshigella dispar*	Morphologisch ähnlich *Sh. dysenteriae*, kulturell ähnlich *Sh. sonnei*	Blut, Fäces, Urin	Pathogen für Harnwege. Selten die Ursache von Dysenterie. Isoliert aus Urin bei Cystitis, Pyelitis und Pyelonephritis, aus Blut bei Blutvergiftung und aus Fäces bei Dysenterie	**Chloramphenicol** 0	3	2	Vgl. S. 608
104	48	**Pasteurella pestis** (LEHMANN und NEUMANN) HOLLAND *Bacterium pestis*, KITASATO-Bazillus, Pest-Bazillus	GRAM-negativ. Einzelne, unbewegliche Stäbchen, charakteristisch blasen-, sicherheitsnadel- oder ringförmig. Polare Färbung. Aerob, fakultativ anaerob	Infizierte Nager, besonders Ratten, Rattenflöhe, Mensch, übertragen durch Flöhe	Erreger der Bubonen- und der Lungenpest. Pathogen für alle Nager und den Menschen	0	1	2	Siehe unten
104	49	**Pasteurella pseudotuberculosis** (PFEIFFER) TOPLEY und WILSON *Bacilus pseudotuberculosis*, *Streptobacillus pseudotuberculosis rodentium*	GRAM-negativ, ellipsen-, kokken- oder stäbchenförmige Zellen, einzeln, in Gruppen oder Ketten. Gelegentlich auch fadenförmig. Bei 37° C unbeweglich, bei 22° C beweglich mit peritrichen Geißeln. Aerob, fakultativ anaerob	Säugetiere, besonders Nager, Vögel, aber auch Boden, Staub, Wasser, Milch. Weit verbreitet	Isoliert aus Blut, Milz, Leber, Gallenblase, Appendix und Cerebrospinalflüssigkeit des Menschen. Erreger der Pseudotuberkulose bei Tieren und von akuter Lymphadenitis beim Menschen[2–4]				
104	50	**Pasteurella tularensis** (MCCOY und CHAPIN) BERGEY et al. *Bacterium tularense*	GRAM-negativ. Etwa zu gleichen Teilen kokkenähnlich und Stäbchen, einzeln. Gelegentlich bipolare Färbung. Extrem pleomorph, unbeweglich. Strikt aerob	Säugetiere, besonders Nager, übertragen durch blutsaugende Insekten, Kontakt oder Trinkwasser	Erreger der Tularämie in Mensch und Nager. Infektion auch durch unverletzte Haut. Vor allem in Leber, Blut, Lymphknoten und Milz	0	1	2	

1) *Report of the Medical Research Council, 1957–1958*, London (1959). 2) HECKER, W. C., *Arch. Kinderheilk.*, **156**, 151 (1957). 3) GIRARD et al., *Presse méd.*, **67**, 249 (1959). 4) KNAPP, W., *New Engl. J. Med.*, **259**, 776 (1958).

Pest *(Nr. 48)*

Als beste Antibiotica gegen Bubonen- und Lungenpest haben sich das Streptomycin und die Tetracycline erwiesen. Auch Sulfonamide wirken gut, wenn sie früh genug, vor dem septikämischen Stadium, verabreicht werden können. Sulfonamide eignen sich deshalb besonders für die Prophylaxe, können auch als erstes Mittel bei Bubonenpest versucht werden, sind aber – wenn unwirksam oder bei Lungenpest – sofort durch die obenerwähnten Antibiotica zu ersetzen. Penicillin ist ganz wirkungslos.

Literatur: POLLITZER, R., *Bull. Org. mond. Santé*, **9**, 59, 131 (1953); SOKHEY et al., *Bull. Org. mond. Santé*, **9**, 637 (1953); Comité d'experts de la peste, *Bull. Org. mond. Santé*, **9**, 718 (1953); MCCRUMB et al., *Amer. J. Med.*, **14**, 284 (1953); KARTMAN et al., *Ann. N.Y.. Acad. Sci.*, **70**, 668 (1958).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
105	*51*	**Bordetella pertussis** (Holland) Moreno-López *Haemophilus pertussis*, Bordet-Gengou-Bazillus, Microbe de la coqueluche	Gram-negativ. Winzige, unbewegliche Kokken, einzeln, paarig, manchmal in kurzen Ketten. Gelegentlich bipolare Färbung. Kein Wachstum auf den üblichen Nährböden. Aerob	Atemwege infizierter Personen	Erreger von Keuchhusten	3	3	1	Siehe unten
						2: Chloramphenicol			
105	*52*	**Bordetella parapertussis** (Eldering und Kendrick) Moreno-López *Bacillus para-pertussis, Haemophilus parapertussis*	Morphologisch ähnlich *B. pertussis*. Ziemlich schnelles Wachstum auf reinem Agar. Aerob	Atemwege infizierter Personen	Erreger einer keuchhustenähnlichen Krankheit				
106	*53*	**Brucella melitensis** (Hughes) Meyer und Shaw *Micrococcus melitensis, Streptococcus melitensis*	Gram-negativ. Kurze, ellipsoide Stäbchen, einzeln oder in Paaren, selten in kurzen Ketten, unbeweglich. Beste Färbung nach Hansen und Koster, *Svensk. VetTidskr.*, **46**, 69 (1941). Aerob	Hauptsächlich Milchziegen. Auf der ganzen Welt verbreitet, vor allem aber in den Mittelmeergebieten	Brucellose bei Mensch und Haustier	0	2	1	Siehe unten
106	*54*	**Brucella abortus** (Schmidt und Weis) Meyer und Shaw *Bacterium abortus*, Bangs Abortus-Bazillus	Wie *B. melitensis*, gewöhnt sich aber an aerobe Verhältnisse erst nach einigen Zwischenkulturen, bedarf zur Isolierung bei den meisten Stämmen 5% CO_2, kann von *B. melitensis*, nicht aber von *B. suis* durch den Agglutinationsabsorptionstest unterschieden werden	Hauptsächlich Milchkühe. Auf der ganzen Welt verbreitet, vor allem in Amerika, Zentral- und Nordeuropa	Brucellose bei Mensch und Haustier. Seuchenhaftes Verwerfen bei der Kuh (Bangsche Krankheit, Avortement épizootique) und Schwundkrankheit bei Hühnern. Vgl. Fußnote	0	2	1	Siehe unten
106	*55*	**Brucella suis** Huddleson *Bacillus abortus*	Wie *B. melitensis*	Hauptsächlich Schwein	Brucellose bei Mensch und Haustier, Verwerfen beim Schwein und Schwundkrankheit bei Hühnern	0	2	1	Siehe unten

Bordetella pertussis, Keuchhusten *(Nr. 51)*

Die antibiotische Behandlung des Keuchhustens bleibt ein Problem. Es scheint sich bei dieser Infektion um eine Erkrankung zu handeln, die, einmal in Gang gesetzt, trotz Eliminierung der Erreger aus noch unbekannten Gründen ihren weiteren Verlauf nimmt. Der Krankheitscharakter kann gemildert werden, wenn die antibiotische Behandlung früh genug – in den ersten 8 Tagen – eingeleitet werden kann. Auch dann ist der Effekt nicht dramatisch. Bestanden die Keuchhustensymptome schon über eine Woche, ist die antibiotische Behandlung wirkungslos.

Die besten Antibiotica gegen *B. pertussis* sind die Tetracycline und Chloramphenicol. Die Dosierung beider Antibiotica beträgt im 1. Lebensjahr 1 g je Tag, im 2. und 3. Lebensjahr 1,5 g, danach 2 g.

Prophylaktisch ist die Schutzimpfung (vom 3.–4. Lebensmonat an) zu empfehlen, am besten mit Tripeltoxoid (Diphtherie-Pertussis-Tetanus). Entsprechende Literatur vgl. Diphtherie, S. 627.

Literatur: Wehrle et al., *J. Pediat.*, **39**, 435 (1951); LaBoccetta und Dawson, *Amer. J. Dis. Child.*, **84**, 184 (1952); Treatment of Whooping-Cough with Antibiotics, *Lancet*, **1**, 1109 (1953); Khalil et al., *Arch. Pediat.*, **72**, 88 (1955).

Brucellosen *(Nr. 53–55)*

Brucella abortus ist hauptsächlich beim Rindvieh, *B. melitensis* bei Ziegen und Schafen, *B. suis* bei Schweinen verbreitet. Die Brucellen sind aber für viele Haustierarten pathogen, ein Schwein kann zum Beispiel auch mit *B. melitensis* infiziert sein. Parallel zur Verbreitung der Hauptwirte wechselt auch die Häufigkeit der Erreger menschlicher Brucellosen. In Ländern mit ausgedehnter Rindviehhaltung verursacht *B. abortus* etwa 75% aller menschlichen Brucellosen[1, 2], gefolgt von *B. melitensis*, während *B.-suis*-Infektionen seltener sind. Die Infektion des Menschen erfolgt meistens durch den Genuß roher Milch oder schwachfermentierter Käse, bei Landwirten, Schaf-, Ziegen- und Schweinehütern, bei Schlachthauspersonal und Tierärzten auch durch Kontakt.

Die Inkubationszeit überschreitet in der Regel 4 Wochen nicht, kann aber manchmal bis zu einigen Monaten betragen. Die Krankheitssymptome der Brucellosen bestehen in Fieber, Malaise, Kopf-, Gelenk- und Muskelschmerzen, wobei in der Regel – charakteristisch für Brucellosen – die Leucocytenanzahl schwach vermindert oder normal ist (manchmal relative Lymphocytose). Es lassen sich folgende Verlaufsformen unterscheiden[3, 4]:

1. Akute, heftige, zeitlich begrenzte Fieberperiode, der anscheinend Genesung folgt (häufig);
2. länger dauernde Erkrankung mit Fieberexazerbationen (*Febris undulans*, häufig);
3. chronischer Verlauf ohne ersichtliche Fieberexazerbationen, mit Tendenz zu lokalen Komplikationen, besonders Spondylitiden (seltener).

In der Regel heilen die durch *B. abortus* und *B. suis* verursachten Brucellosen von selbst[3, 5] und neigen wenig zu lokalen Komplikationen. *B.-melitensis*-Infektionen verlaufen chronischer, reagieren nicht so gut auf Antibiotica und zeigen starke Tendenz zu lokalen Komplikationen und Rückfällen[1]. *(Fortsetzung nächste Seite)*

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
107	*56*	**Haemophilus influenzae** (Lehmann und Neumann) Winslow et al. *Bacterium influenzae*, Influenza-Bazillus, Pfeiffer-Bazillus, Morax-Axenfeld-Bazillus, Bacille de la grippe	Gram-negativ. Sehr schmale Stäbchen, unbeweglich, einzeln, in Paaren, manchmal in kurzen Ketten oder langen Fäden. Manche Stämme eingekapselt. Häufig Tendenz zu bipolarer Färbung. Aerob, fakultativ anaerob	Atmungswege	Häufiger Erreger von Erkrankungen der Atmungswege, von akuter Conjunctivitis und von purulenten Kinder-Meningitiden	0	3	1	Vgl. unten
107	*57*	**Haemophilus aegyptius** (Trevisan) Pittman und Davis *Bacillus aegyptius*, *Bacterium aegyptiacum*, *Haemophilus conjunctivitidis*, Koch-Weeks-Bazillus, Weeks-Bazillus	Gram-negativ. Kleine, unbewegliche Stäbchen, einzeln, in kurzen Ketten und gelegentlich auch in Fäden. Bipolare Färbung. Aerob, fakultativ anaerob	Conjunctiva	Erreger der akuten und subakuten infektiösen Conjunctivitis in warmen Zonen	2: Chloramphenicol			
107	*58*	**Haemophilus haemolyticus** Bergey et al. Bazillus X Pritchett und Stillman	Morphologisch und kulturell ähnlich *H. influenzae*, aber Hämolyse auf Blutagar	Obere Atmungswege	Im allgemeinen nicht pathogen, gelegentlich Erreger subakuter Endocarditis				
107	*59*	**Haemophilus parainfluenzae** Rivers	Morphologisch und kulturell ähnlich *H. influenzae*	Obere Atmungswege	Gewöhnlich nicht pathogen, gelegentlich Erreger subakuter Endocarditis				
107	*60*	**Haemophilus aphrophilus** Khairat	Gram-negativ. Unbewegliche Kokken, einzeln oder in Klumpen. Fadenförmig nach mehreren Kulturen. Micro-aerophil, fakultativ anaerob		Wahrscheinlich nicht pathogen. Isoliert aus Blut und Herzklappe bei einer Endocarditis				

Brucellosen *(Fortsetzung)*

Die *Diagnose* kann nur durch eine positive Brucellenkultur (aus Blut, Knochenmark, Lymphknoten oder eventuellen Abszessen) oder eine positive Agglutinationsprobe mit geprüften Antigenen gesichert werden. Andere Tests sind nicht beweisend[4, 6].

Antibiotische Behandlung[1, 2, 4, 7]. Obschon die Brucellen gegen die spezifischen Antibiotica keine Resistenzzunahme zeigen, sind Rückfälle nach antibiotischer Behandlung häufig (15–20% bei *B. abortus*, bis zu 50% bei *B. melitensis*). Die Behandlung ist deshalb mit Unterbrüchen über längere Zeit auszudehnen. Rezidive können mit dem gleichen Antibioticum bekämpft werden wie der vorausgegangene Anfall. Begleitende Hormonbehandlung mit Cortisol oder einem ähnlichen Hormon führt zu schnellerem Fieberabfall (täglich etwa 0,2–0,5 g Cortisol oder Cortison oral während einiger Tage). Chronische Brucellosen mit Lokalherden reagieren manchmal auf Antibiotica besser, wenn gleichzeitig Brucellenantigene verabreicht werden (Vorsicht!). Die besten Antibiotica bei *alleiniger* Anwendung sind die Tetracycline (etwa 3 g je Tag, während 2–3 Wochen). Die beste *Kombination* (vor allem bei *B.-melitensis*-Infektionen) besteht in Streptomycin und einem der Tetracycline (je etwa 2 g täglich in 5 Tagesperioden mit je 5 Tagen Unterbruch, während 3–4 Wochen). Die Zufügung von Sulfonamiden zeigte gute Erfolge (3–5 g je Tag). Penicillin ist ganz unbefriedigend, dagegen wurden mit Erythromycin gute Erfolge erzielt[8].

Literatur: *1)* Spink, W. W., *Bull. Org. mond. Santé*, **9**, 385 (1953). *2)* McCullough, N. B., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 541 (1958). *3)* Joint FAO/WHO Expert Panel on Brucellosis, Report on the First Session, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 37 (1951). *4)* Joint FAO/WHO Expert Committee on Brucellosis, Second Report, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 67 (1953). *5)* Spink und Magoffin, *Symposium on Brucellosis*, Bethesda, Md., 1949, Washington (1950). *6)* Castañeda, M. R., *Bull. Org. mond. Santé*, **9**, 399 (1955); Stevenson et al., *Amer. J. Hyg.*, **59**, 133 (1954). *7)* Herrell und Barber, *Proc. Mayo Clin.*, **24**, 138 (1949); Castañeda und Ibarra, *Antibiot. and Chemother.*, **2**, 86 (1952); Hall, W. H., *Minn. Med.*, **36**, 460 (1953); Magill und Killough, *Arch. intern. Med.*, **91**, 204 (1953); Magill et al., *Amer. J. Med.*, **16**, 810 (1954); Sánchez et al., *Antibiot. Med.*, **1**, 158 (1955). *8)* Urteagá et al., *Antibiot. Med.*, **1**, 513 (1955).

Haemophilus influenzae *(Nr. 56)*

Haemophilus influenzae ist ein Saprophyt der oberen Atemwege, der bei geschwächter Resistenz des Wirtes sich unermeßlich vermehren kann und oft pathogen wird. So findet man ihn bei Influenza, ätiologisch eine Viruskrankheit, auf den Schleimhäuten der oberen Atemwege geradezu in Reinkultur (Name!). Er ist ein häufiger Erreger von Erkrankungen der oberen Atemwege, von Conjunctivitiden und eitrigen Meningitiden, letzteres besonders bei Kindern. Selten verursacht er auch Pneumonien (0,1% aller Pneumonien[2]), bei denen es sich nicht wie nach der üblichen Beschreibung um Broncho-, sondern um Lappenpneumonien handelt[1]. Die Diagnose wird durch die Blutkultur gesichert[2], die bei Pneumonien nur selten gemacht wird, was mit ein Grund zur außerordentlichen Seltenheit der *H.-influenzae*-Pneumonien darstellen dürfte.

Die größte In-vitro-Empfindlichkeit zeigt *H. influenzae* gegenüber Penicillin, das in vivo merkwürdigerweise kaum wirksam ist. Mittel der Wahl sind die Tetracycline, gefolgt von Chloramphenicol und Streptomycin in üblicher Dosierung und Applikationsweise[1, 3].

Literatur: *1)* Crowell und Loube, *Arch. intern. Med.*, **93**, 921 (1954). *2)* Nyhan et al., *Pediatrics*, **16**, 31 (1955). *3)* Del Love, Jr., und Finland, *J. Pediat.*, **45**, 531 (1954); Lepper et al., *Amer. J. Dis. Child.*, **83**, 763 (1952).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
107	*61*	**Haemophilus ducreyi** (Neveu-Lemaire) Bergey et al. *Bacillus ulceris cancrosi, Coccobacillus ducreyi,* Ducrey-Bazillus	Gram-negativ. Kurze Stäbchen mit abgerundeten Enden, einzeln oder in kurzen Ketten, unbeweglich. Benötigt Hämin und andere Nährstoffe zum Wachsen. Langsam hämolytisch. Aerob, fakultativ anaerob	Äußere Genitalien von Erkrankten	Erreger des weichen Schankers (Chancroid, Chancre mou)	0	2	1	1. Streptomycin plus Sulfonamid, 2. Tetracycline, vgl. unten
108	*62*	**Actinobacillus lignieresii** Brumpt	Gram-negativ. Entwickelt unbewegliche kokken- und diplokokkenähnliche Formen auf Agar und streptobazilläre Formen auf Serum. Häufig bipolare Färbung. Aerob, fakultativ anaerob. Primärkultur microaerophil	In erkrankten Tieren	Actinobacillose bei Kühen und Schweinen (aber oft verwechselt mit Actinomycose, vgl. *Nr. 191* und *192*. Vereinzelte Infektionen beim Menschen	?	?	?	
108	*63*	**Actinobacillus actinomycetemcomitans** Topley und Wilson *Bacterium actinomycetem comitans, Bacterium comitans*	Gram-negativ. Unbewegliche Stäbchen oder Kokken in dichten Haufen. Aerob, fakultativ anaerob. Wahrscheinlich identisch mit *A. lignieresii*	Läsionen bei Actinomycose		?	?	?	
108	*64*	**Actinobacillus mallei** (Zopf) Thompson *Bacillus mallei, Malleomyces mallei, Pfeifferella mallei,* Rotz-Bazillus, Glanders bacillus, Bacille de la morve	Gram-negativ. Schlanke Stäbchen mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren und in Gruppen, in Kulturen auch in Fäden. Unbeweglich. Unregelmäßige Färbung. Aerob, fakultativ anaerob	Einhufer, gelegentlich *Felidae* und Mensch	Erreger der Rotzkrankheit (Glanders, Morve). Isoliert aus den Wunden eines befallenen Pferdes	?	1	?	
109	*65*	**Calymmatobacterium granulomatis** Aragão und Vianna *Donovania granulomatis,* Donovan-Körper, epithelische Zellparasiten	Gram-negativ. Pleomorphe, unbewegliche Stäbchen mit abgerundeten Enden, einzeln oder in Gruppen. Intrazelluläre Formen meist verkapselt. Gutes Wachstum im Dottersack des Hühnerembryos	Läsionen beim Menschen	Erreger von Granuloma inguinale. Nicht pathogen für Tiere	0	2	1	Tetracycline sind wirksam[1]
110	*66*	**Moraxella lacunata** (Eyre) Lwoff *Bacillus duplex, Bacillus lacunatus, Bacterium conjunctivitidis, Bacterium duplex, Diplobacillus moraxaxenfeld*	Gram-negativ. Kurze, unbewegliche Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, wächst nur auf Blutserum enthaltenden Nährböden, wechselnd hämolytisch. Aerob, fakultativ anaerob	Conjunctiva	Erreger der Lidwinkelconjunctivitis (Blepharoconjunctivitis angularis), Maladie de Morax	0	2	1	

1) Zises und Smith, *Amer. J. Syph.*, **35**, 294 (1951); Maynard et al., *Amer. J. Syph.*, **38**, 606 (1954).

Haemophilus ducreyi, weicher Schanker *(Nr. 61)*

Die Inkubationszeit des weichen Schankers beträgt ungefähr 6–7 Tage. In einer Militärstation waren rund 30% aller venerischen Erkrankungen chancroid, der Rest gonorrhoisch[1]. Eine gleichzeitige Infektion mit Syphilis ist heute selten[1]. Der weiche Schanker ist oft schwer von ähnlichen anderen, aber nichtvenerischen Infektionen zu unterscheiden, um so mehr als die bakteriologische Untersuchung des Abstrichs oder die Kultur rund 30%, der *H.-ducreyi*-Antigen-Hauttest rund 60% Versager aufweisen[2]. Hilfreicher ist oft eine Vorbehandlung mit einem der üblichen Desinficientia, zum Beispiel mit Kaliumpermanganat, auf das nichtvenerische Infektionen in der Regel reagieren, chancroide aber nicht.

H. ducreyi ist empfindlich auf Sulfonamide[3], auf Streptomycin[4] und die Tetracycline[1, 2, 5]. Um eine gleichzeitige Infektion mit Syphilis nicht zu maskieren, besteht das Mittel der Wahl in der sehr wirksamen Kombination von Streptomycin und einem guten Sulfonamid. Dosierung: 1 g Streptomycin und 4 mal 1 g Sulfonamid je Tag, während 4–7 Tagen. Die Heilung erfolgt in der Regel innerhalb einer Woche, obschon bis zur Ausheilung der anatomischen Läsionen etwas längere Zeit verstreichen kann. Den gleichen Erfolg erzielt man mit den Tetracyclinen (4 mal 0,25 g je Tag, während 4–7 Tagen), sollte dann aber den Patienten auf Syphilis weiter beobachten, was nur selten möglich sein wird.

Literatur: *1)* Paparella, J. A., *Amer. J. Syph.*, **38**, 345 (1954). *2)* Mendell et al., *Amer. J. Syph.*, **38**, 483 (1954). *3)* Robinson, R. C. V., *Amer. J. Syph.*, **34**, 273 (1950). *4)* Asin, J., *Amer. J. Syph.*, **36**, 483 (1952). *5)* Zheutlin und Robinson, *Amer. J. Syph.*, **34**, 71 (1950); Niedelman et al., *Amer. J. Syph.*, **35**, 482 (1951).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
110	*67*	**Moraxella liquefaciens** (McNab) Murray *Diplobacillus liquefaciens*, Diplobacille liquéfiant	Gram-negativ. Unbewegliche Stäbchen, in Paaren, manchmal einzeln. Blutserum für Wachstum nicht erforderlich. Aerob	Conjunctiva	Erreger von Conjunctividen, auch verbunden mit Ulceration der Cornea	0	2	1	
111	*68*	**Noguchia granulosis** (Noguchi) Olitsky et al. *Bacterium granulosis*	Gram-negativ. Meist bewegliche Stäbchen mit einer meist polaren Geißel. In alten Kulturen Involutionsformen. Aerob, fakultativ anaerob		Als ein Erreger des Trachoms angesehen[1]	?	?	?	
112	*69*	**Bacteroides fragilis** (Veillon und Zuber) Castellani und Chalmers *Bacillus fragilis, Ristella fragilis*	Gram-negativ. Stäbchen, mit abgerundeten Enden, Polfärbung etwas tiefer, einzeln oder in Paaren, unbeweglich. Anaerob	Intestinaltrakt	Isoliert bei akuten Appendicitiden, Lungengangrän, Abszessen des Urogenitaltraktes und Septikämien (Bacteroidosis)	0	0	1	**Gilt für alle Bacteroides** (vgl. unten): Approximative *Empfindlichkeit* in µg/ml und *Resistenz* in Prozent aller Stämme gegenüber verschiedenen Antibiotica[2]:
112	*70*	**Bacteroides furcosus** (Veillon und Zuber) Hauduroy et al. *Bacillus furcosus, Ristella furcosa*	Gram-negativ. Kleine, unbewegliche Stäbchen mit gegabelten Enden. Anaerob	Intestinaltrakt, Lungen	Isoliert bei akuter Appendicitis und Lungenabszessen	0	0	1	
112	*71*	**Bacteroides trichoides** (Potez und Compagnon) Hauduroy et al. *Bacillus trichoides, Ristella trichoides*	Gram-negativ. Unbewegliche Stäbchen. Pleomorph, in Kulturen Fäden. Anaerob	Vorwiegend Intestinaltrakt	Isoliert in einem Fall von Cholecystitis	0	0	1	
112	*72*	**Bacteroides terebrans** (Brocard und Pham) Kelly *Bacillus terebrans, Ristella terebrans*	Gram-negativ. Unbewegliche Stäbchen. Pleomorph mit aufgeblähten Körpern und chromatischen Granula. Anaerob		Pathogenität nicht sicher. Isoliert in einem Fall von gangränösem Erysipel	0	0	1	
112	*73*	**Bacteroides melaninogenicus** (Oliver und Wherry) Roy und Kelly *Bacterium melaninogenicum, Ristella melaninogenica*	Gram-negativ. Unbewegliche Stäbchen. Bildet schwarze Pigmente (Hämatin) auf Hämoglobin enthaltenden Nährböden. Ohne Körperflüssigkeit nur schlechtes Wachstum. Anaerob	Schleimhaut	Isoliert aus Mund, äußeren Genitalien, infizierten Wunden, Urin, Fäces	0	0	1	

	µg/ml	%
Polymyxin B	500	16
Neomycin		100
Streptomycin	300	95
Bacitracin		90
Penicillin*	9	90
Sulfadiazin		16
Chloramphenicol	3	0
Erythromycin	1	13
Tetracycline	0,3	0

2: Chloramphenicol

* Von anderer Seite wird eine höhere Empfindlichkeit angegeben[3]

1) Noguchi, H., *J. exp. Med.*, **48**, Suppl. 2 (1928). *2*) Gillespie und Guy, *Lancet*, **1**, 1039 (1956). *3*) Garrod, L. P., *Brit. med. J.*, **2**, 1529 (1955).

Bacteroides *(Nr. 69-78)*

Die Bakterien der Gattung *Bacteroides*, in der Regel Saprophyten der oberen Atemwege, der Mundhöhle, hauptsächlich aber des Intestinal- und Urogenitaltraktes, können wie die Colibazillen, wenn sie durch infektiös oder mechanisch lädierte Schleimhautstellen in das darunterliegende Gewebe gelangen, pathogen werden. In der Regel handelt es sich um Mischinfektionen, die bei intraabdomineller Lokalisation etwa folgende Zusammensetzung aufweisen (auf Grund von 111 Eiteruntersuchungen[1]): je 25% *Bacteroides* und coliforme Bakterien, 17% anaerobe und 15% aerobe Streptokokken, 8% Staphylokokken (davon die Hälfte *S. aureus*), 8% nicht näher identifizierte andere Gram-negative und aerobische Bakterien, 2% Clostridien. Die Gattung *Bacteroides* ist demnach bei suppurativen Infektionen, die von den unteren Darmabschnitten ausgehen, ungefähr gleich stark vertreten wie die Colibazillen, im Gegensatz zu der üblichen Annahme, in den Colibazillen die Hauptursache solcher Infektionen zu sehen. Wie aus der oben angegebenen Empfindlichkeits- und Resistenzzusammenstellung hervorgeht, muß deshalb die übliche Penicillin-Streptomycin-Behandlung solcher Infektionen vielfach wirkungslos bleiben. Wer sich trotzdem nicht davon trennen möchte, sollte vorbereitet sein, die Behandlung bei Ausbleiben eines deutlichen Erfolges früh genug auf eines der Tetracycline oder auf Chloramphenicol umzustellen. Das Mittel der Wahl scheint bei intraabdominellen Infektionen die Kombination Streptomycin und eines der Tetracycline oder Chloramphenicol zu sein, eine Kombination, die sicher gerechtfertigter ist als die bisher übliche Verabreichung von Penicillin und Streptomycin.

Literatur: *1*) Gillespie und Guy, *Lancet*, **1**, 1039 (1956). — (Übersichten) Gillespie und Guy, loc. cit.; Alston, J. M., *Brit. med. J.*, **2**, 1524 (1955); Beigelman und Rantz, *Arch. intern. Med.*, **84**, 605 (1949); Finegold und Hewitt, *Antibiotics Annual, 1955–1956*, New York (1956), S. 794. (Gastroenterologie) Rubin und Boyd, *Amer. J. Gastroent.*, **29**, 131 (1958). (Postoperative Infektionen) Dixon und Deuterman, *J. Amer. med. Ass.*, **108**, 181 (1937). (Bakteriämie) Thompson und Beaver, *Med. Clin. N. Amer.*, **15**, 1611 (1932); Lemierre, A., *Lancet*, **1**, 701 (1936); Alston, J. M., loc. cit. (Appendicitis) Lemierre, A., loc. cit.; Weinberg et al., *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, **98**, 749 (1928). (Urogenitaltrakt) Clark und Wiersma, *Amer. J. Obstet. Gynec.*, **63**, 371 (1952); Carter et al., *Obstet. and Gynec.*, **1**, 491 (1953). (Atmungs- und Harnwege, Haut) McVay und Sprunt, *Ann. intern. Med.*, **36**, 56 (1952).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
112	*74*	**Bacteroides putredinis** (WEINBERG et al.) KELLY *Bacillus putredinis, Ristella putredinis*	GRAM-negativ. Unbewegliche Stäbchen, eventuell mit dicken Enden. Fauliger Geruch der Kulturen. Anaerob		Isoliert bei akuter Appendicitis	0	0	1 2: Chloramphenicol	
112	*75*	**Bacteroides glutinosus** (GUILLEMOT und HALLÉ) HAUDUROY et al. *Bacillus glutinosus, Ristella glutinosa*	GRAM-negativ. Lange, unbewegliche Stäbchen, einzeln oder in Klumpen. Ab und zu auch lange Fäden. Anaerob	Atmungswege, besonders Pleura	Isoliert in Fällen von eitriger Pleuritis. Selten	0	0	1 2: Chloramphenicol	
112	*76*	**Bacteroides destillationis** (WEINBERG et al.) KELLY *Bacterium destillationis, Ristella destillationis*	GRAM-negativ. Unbewegliche Stäbchen, einzeln oder in Klumpen, lange Fäden. Anaerob	Atmungswege	Isoliert in einem Fall von chronischer Bronchitis. Selten	0	0	1 2: Chloramphenicol	
112	*77*	**Bacteroides viscosus** HAUDUROY et al. *Bacterium mucosum, Capsularis mucosus, Coccobacterium mucosum anaerobicum*	GRAM-negativ. Kurze, unbewegliche, ellipsoide Stäbchen. Pleomorph auf Nährböden. Verkapselt. Bipolare Färbung. Anaerob		Isoliert bei Hirnabszessen nach Bronchiektasen	0	0	1 2: Chloramphenicol	
112	*78*	**Bacteroides serpens** (VEILLON und ZUBER) HAUDUROY et al. *Bacillus serpens, Zuberella serpens*	GRAM-negativ. Stäbchen, dick, mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren oder in kurzen Ketten, beweglich, gasbildend. Anaerob		Isoliert bei akuter Appendicitis, Mastoiditis, Lungengangrän, auch aus Meerwasser	0	0	1 2: Chloramphenicol	
113	*79*	**Fusobacterium fusiforme** (VEILLON und ZUBER) HOFFMANN *Bacillus fusiformis, Bacillus hastilis, Corynebacterium fusiforme, Fusiformis dentium, Fusiformis fusiformis, Fusobacterium plauti-vincenti,* VINCENT-Bazillus, Bacille de la pourriture d'hôpital	GRAM-negativ. Stäbchen, einzeln, in Paaren, gekrümmten oder spiralig gewundenen Ketten, granuliert, unbeweglich. Anaerob	Mundhöhle	Zusammen mit *Borrelia vincentii (Nr. 217)* in der VINCENTschen Angina	1	3	2	5 weitere nicht- oder zweifelhaft pathogene *Fusobacterium*-Arten wurden im Mund und Intestinaltrakt des Menschen nachgewiesen
114	*80*	**Dialister pneumosintes** (OLITSKY und GATES) BERGEY et al. *Bacterium pneumosintes*	GRAM-negativ. Sehr kurze Stäbchen, einzeln, manchmal in Paaren oder kurzen Ketten, unbeweglich. Anaerob	Nasenrachenraum	Saprophyt der oberen Atmungswege, bei 75% aller Gesunden. Im Verein mit anderen Erregern manchmal pathogen. Mit Influenza verbunden	?	?	?	Gehört zu den kleinsten auf künstlichen Nährböden züchtbaren Mikroorganismen
114	*81*	**Dialister granuliformans** (PAVLOVIĆ) BERGEY et al. *Bacterium granuliformans*	GRAM-negativ. Kleine Stäbchen, unbeweglich. Anaerob bis mikroaerophil	Schleimhaut der Atmungswege	Isoliert aus dem Respirationstrakt bei Influenza. Pathogenität unsicher	?	?	?	
115	*82*	**Sphaerophorus necrophorus** (FLÜGGE) PRÉVOT *Actinomyces necrophorus, Bacillus diphtheriae vitulorum, Bacillus funduliformis, Bacillus necrophorus, Bacillus thetoides, Bacterium funduliforme, Bacteroides funduliformis, Cohnistreptothrix cuniculi, Necrobacterium necrophorus, Spherophorus funduliformis, Streptothrix cuniculi,* BANGS Nekrose-Bazillus, Bazillus der Kälberdiphtherie	GRAM-negativ. Äußerst pleomorphe Stäbchen, verzweigte und fadenförmige Formen. Gas- und käseähnlicher Geruch. Hämotoxinbildend. Anaerob	Schleimhaut	Isoliert bei Infektionen der Harnwege und Kindbettfieber, Appendicitis, Otitis, Lungengangrän, Leberabszessen, Septikämien usw. Assoziiert mit Rinderdiphtherie und anderen Tierkrankheiten[1]				Neben den hier erwähnten *Sphaerophorus*-Arten wurden weitere 8 möglicherweise pathogene Arten im Intestinaltrakt und anderen Organen des Menschen gefunden

1) ALSTON, J. M., *Brit. med. J.*, **2**, 1524 (1955).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
115	*83*	**Sphaerophorus necroticus** (Nativelle) Prévot *Bacillus necroticus*	Gram-negativ. Dünne, unbewegliche, unregelmäßige Stäbchen, die nach 24 Stunden zu amorphen Elementen zerfallen. Junge Kulturen färben bipolar. Anaerob	Nekrotisches Gewebe	Isoliert bei gangräner Appendicitis. Pathogenität steigt bei Anwesenheit von *E. coli*				
115	*84*	**Sphaerophorus mortiferus** (Harris) Prévot *Bacillus mortiferus*	Gram-negativ. Unbewegliche, fadenförmige oder pleomorphe Stäbchen, einzeln, in Paaren oder Ketten. Benötigt Serum oder Ascites-Flüssigkeit. Anaerob		Isoliert aus einem Leberabszeß				
115	*85*	**Sphaerophorus freundii** (Hauduroy et al.) Prévot *Bacteroides freundii*	Gram-negativ. Kurze, unbewegliche, pleomorph bauchige oder fadenförmige Stäbchen, einzeln, in Paaren oder Ketten. Bipolare Färbung. Benötigt Serum oder Ascites-Flüssigkeit zum Wachsen. Anaerob		Isoliert bei einer eitrigen Meningitis nach einer Otitis				
115	*86*	**Sphaerophorus pyogenes** (Hauduroy et al.) Prévot *Bacillus pyogenes anaerobius, Bacteroides pyogenes*	Ähnlich *Sph. freundii*		Isoliert aus Leber- und Lungenabszessen sowie aus Blut nach Tonsillektomie				
115	*87*	**Sphaerophorus influenzaeformis** (Russ) Prévot *Bacillus influenzaeformis, Bacteroides russii*	Gram-negativ. Kleine, unbewegliche Stäbchen. Einige Stämme pleomorph. Bipolare Färbung. Anaerob		Isoliert in einem Fall von eitriger Meningitis und aus einem perianalen Abszeß				
115	*88*	**Sphaerophorus floccosus** (Weinberg et al.) Prévot *Bacillus floccosus, Bacteroides floccosus, Streptobacillus pyogenes floccosus*	Gram-negativ. Kleine, unbewegliche, ellipsenförmige Stäbchen, einzeln, in Paaren oder Ketten. Bipolare Färbung. Anaerob		Isoliert aus Blut im Falle von Pyämie				
115	*89*	**Sphaerophorus glycolyticus** Tardieux und Ernst	Gram-negativ. Unbewegliche Stäbchen, pleomorph. Bipolare Färbung. Benötigt Serum oder Ascites-Flüssigkeit zum Wachsen. Anaerob		Isoliert bei genitalen Infektionen und aus Kriegswunden				
116	*90*	**Streptobacillus moniliformis** Levaditi et al. *Actinomyces muris, Actinomyces muris ratti, Asterococcus muris, Haverhillia moniliformis, Haverhillia multiformis, Nocardia muris, Proactinomyces muris, Streptothrix muris ratti*	Gram-negativ. Stäbchen, extrem pleomorph, in langen Fäden, unbeweglich. Aerob, fakultativ anaerob	Mäuse und Ratten. Übertragen durch Rattenbisse, aber auch durch kontaminierte Nahrungsmittel, besonders Milch	Erreger des Rattenbißfiebers: Haverhill fever (Erythema arthriticum epidemicum)	0	1	?	Rattenbißfieber, verursacht durch *Spirillum minus*, vgl. *Nr. 7*
117	*91*	**Micrococcus candidus** Cohn	Gram-positiv. Einzelne, unbewegliche Kugeln. Aerob	Ausscheidungen der Haut, Milchprodukte	Nicht pathogen				
117	*92*	**Micrococcus conglomeratus** Migula *Micrococcus citreus conglomeratus*, citronengelber Diplococcus	Gram-variabel. Unbewegliche Kugeln, einzeln, in Paaren, Tetraden oder Klumpen. Aerob	Staub, Wasser, Milchprodukte. Weit verbreitet	Nicht pathogen. Bei eitriger Gonorrhöe gefunden				

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

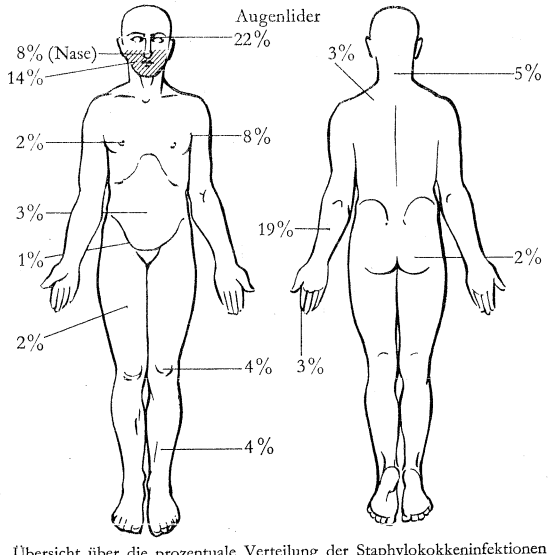
Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
117	*93*	**Micrococcus varians** MIGULA *Merismopedia flava varians*	GRAM-variabel. Kugeln, einzeln, in Paaren oder Tetraden. Meist unbeweglich, gelegentlich beweglich mit einer Geißel. Aerob	Körperausscheidungen, Milchprodukte, Wasser, Meerwasser	Saprophyt				
118	*94*	**Staphylococcus aureus** ROSENBACH *Micrococcus albus, Micrococcus aureus, Micrococcus citreus, Micrococcus pyogenes, Staphylococcus albus, Staphylococcus aureus, Staphylococcus pyogenes albus, Staphylococcus pyogenes aureus, Staphylococcus pyogenes citreus, Staphylococcus citreus*, Staphylokokken, Staphylocoque doré	GRAM-positiv. Unbewegliche Kugeln, Durchmesser 0,8 bis 1 µm, einzeln, in Paaren, kurzen Ketten oder unregelmäßigen Haufen. Viele Stämme bilden gelbe bis orangenfarbige Pigmente, vor allem auf NaCl-haltigen Nährböden, meist sind die Kolonien aber schmutzigweiß. α-, β- und γ-Hämolysine. Aerob und fakultativ anaerob	Häufiger Saprophyt auf der Körperhaut und der Nasen-Rachen-Schleimhaut. Auch in Nahrungsmitteln	Aus oberflächlichen Wunden usw. Vgl. unten	1	? Vgl. unten	?	Staphylokokken werden gegenüber Penicillin schnell resistent, deshalb **hoch** dosieren; wenn keine Wirkung, sofort zu andern Antibiotica übergehen. Vgl. unten
118	*95*	**Staphylococcus epidermidis** (WINSLOW und WINSLOW) EVANS *Albococcus epidermidis, Micrococcus epidermidis, Staphylococcus epidermidis albus*	GRAM-positiv. Unbewegliche Kugeln, Durchmesser 0,5 bis 0,6 µm, einzeln, in Paaren oder unregelmäßigen Gruppen. Weißliche Kolonien auf den üblichen Nährböden. Aerob, fakultativ anaerob	Haut und Schleimhaut	Isoliert aus kleinen Stichabszessen und andern Hautläsionen	1	0	3	2: Erythromycin
119	*96*	**Gaffkya tetragena** (GAFFKY) TREVISAN *Micrococcus tetragenus*, Tétragène	GRAM-positiv. Kugelförmig, 4 Zellen in einer Pseudokapsel (Erscheinungsform in Körperflüssigkeiten). Aerob und fakultativ anaerob	Schleimhaut der Atmungswege	Wird häufig im Sputum mit andern Mikroorganismen, besonders mit *Haemophilus influenzae* und Tuberkelbazillen, gefunden, parasitisch, aber gelegentlich pathogen	1	?	?	Kurze Übersicht[1]

1) PEROU et al., *J. Pediat.*, **53**, 484 (1958).

Staphylokokken *(Nr. 94 und 95)*

Man ist versucht, in den Staphylokokken die anhänglichsten Vertreter aus dem Bakterienreiche zu erblicken, die den Menschen auf seinem Lebensweg begleiten und ihn dabei sporadisch aufs unangenehmste belästigen. Neugeborene sind schon nach 7 Tagen zu 90% nasale Staphylokokkenträger[1]. Auf der Körperhaut, in den Kleidern und der Umgebung des Menschen sind sie in Massen zu finden. Im 15–44jährigen Krankenmaterial der Allgemeinpraxis rangieren Staphylokokkenentzündungen der Haut hinter Bronchitis, Erkältung und Influenza an vierter Stelle hinsichtlich Häufigkeit[2], stehen in dieser Beziehung aber weitaus an der Spitze aller Hautinfektionen. 90% aller Staphylokokkenentzündungen der Haut entfallen auf die jüngeren Jahrgänge zwischen 5 und 44 Jahren[3], wobei besonders jene nicht durch eine starke Hornschicht geschützten Hautregionen bevorzugt werden, die mechanischen Strapazen (Kratzen, Reiben) besonders ausgesetzt sind, wie Kopf und Nacken bzw. äußerer Vorderarm (50 bzw. 20%)[4].

Charakteristisch sind bei den Staphylokokken die fakultative Pathogenität und die Rezidivneigung der Infektionen. Bei einem und demselben oder verschiedenen Individuen kann der gleiche Stamm zu verschiedenen Zeiten oder gleichzeitig die unterschiedlichsten Wirkungen ausüben: keine Reaktion, ein winziger infizierter Hautfleck, eine ausgedehnte Folliculitis, solitäre oder mehrfache Furunkel oder innere Erkrankungen von Knochenentzündungen bis zu fatalen Pyämien und Toxämien. Der Organismus versucht zunächst, eine Staphylokokkeninfektion an der Eintrittspforte durch einen Wall polymorphkerniger Leucocyten und Phagocytose zu lokalisieren. Dieser Primärreaktion folgt eine Thrombosierung der prominentesten Teile der nächstgelegenen



Übersicht über die prozentuale Verteilung der Staphylokokkeninfektionen der Haut. Nach RODDYN, L.[4].

Staphylokokken *(Fortsetzung)*

Gefäße, gefolgt von Ischämie, Nekrose, Abszedierung. Vom thrombosierten Areal aus kann eine Beimpfung des Blutstromes erfolgen mit Metastasen, vorzugsweise in den langen Röhrenknochen oder anderen für Staphylokokkeninfektionen besonders anfälligen Organen, wie Nieren, Endokard, Meningen, Lungen, Gehirn, Leber, Milz. Bei toxinausscheidenden Stämmen kann die Erkrankung ohne Pyämie und trotz unscheinbarem Lokalherd zu einer Toxämie mit fatalem Verlauf innerhalb weniger Tage führen.

Die Ursachen der fakultativen Pathogenität und des unterschiedlichen Infektionsgrades sind in ihrem vollen Umfange noch nicht bekannt. Neben der wechselnden Resistenz des Wirtes (aus verschiedensten Gründen) ist daran sicher auch wechselnde Virulenz eines Stammes oder von Stamm zu Stamm beteiligt. Es gibt kein absolut verläßliches Zeichen, an dem in der Kultur die In-vivo-Pathogenität eines Stammes erkannt werden könnte. In der Regel sind die tieforangegefärbten Stämme die gefährlichsten. Es gibt aber auch solche, die weiß wachsen. Einige Stämme zeigen Hämolyse, andere nicht, wobei die α-Hämolyse mit der Pathogenität oft parallel geht. Staphylokokken sind deshalb oft ein Alpdruck für den Bakteriologen, wenn er bei einer aus einem Krankheitsfall herausgezüchteten Kultur darüber entscheiden soll, ob es sich nun um den ätiologischen Faktor, eine Mitbeteiligung, harmlose Saprophyten oder um eine Verunreinigung handelt, um so mehr als sie – ohne die Erkrankung verursacht zu haben – in der Agonie häufig in den Blutstrom übertreten und dann in den Post-mortem-Blutkulturen gefunden werden. Andererseits sind die Staphylokokken wegen ihrer schnellen Resistenzzunahme gegen alle Antibiotica (Micrococcin P scheint eine Ausnahme zu machen[5]) zu einer schweren Sorge für den Arzt geworden, besonders für den Internisten. Bestünde diese nicht, würden sie wegen ihrer großen Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Antibiotica kein medizinisches Problem darstellen, wie nachstehende Aufstellung zeigt:

Antibioticum	Approximative Empfindlichkeit in vitro (μg/ml)	Literatur
Nicotinaldehydthiosemicarbazon	1500	*5*
p-Aminosalicylsäure	500	*5*
Viomycin	80	*5*
Polymyxin B	60	*5*
Albomycin	20	*6*
Bacitracin	20	*5*
Tyrocidin	5	*5*
Streptothricin	4	*5*
Chloramphenicol	4	*5*
Spiramycin	3	*6*
Streptomycin	3	*5*
Subtilin	2	*5*
Vancomycin	1	*6*
Neomycin	0,8	*5*
Oxytetracyclin	0,5	*5*
Chlortetracyclin	0,3	*5*
Erythromycin	0,12	*6*
Novobiocin	0,12	*6*
Micrococcin P	0,02	*6*
Penicillin	0,02	*5*

Heute ist die Lage so, daß in hochzivilisierten Gegenden der praktische Arzt (der Spitalarzt bei Neuaufnahmen) bei 20–30% aller Staphylokokkeninfektionen mit einer kombinierten Resistenz gegen alle Penicilline und Tetracycline, Chloramphenicol, Erythromycin[6] und Streptomycin zu rechnen hat. Die Staphylokokkenflora der Spitäler ist bis zu 80% penicillinresistent[7], während die Resistenz gegen andere Antibiotica prozentual schwankt, je nach Häufigkeit ihrer Anwendung. Die Wahrscheinlichkeit einer allfälligen Resistenz steigt und fällt mit der häufigeren oder selteneren Anwendung eines Antibioticums. Zwischen Erythromycin und Carbomycin besteht oft eine Kreuzresistenz[8].

Bei der Behandlung mit breitspektrigen Antibiotica, wie zum Beispiel den Tetracyclinen, ist noch ein weiterer Umstand zu beachten. Durch die Ausschaltung eines großen Teiles aller GRAM-positiven und -negativen Bakterien, darunter viele natürlicherweise vorhandene Saprophyten, wird das Gleichgewicht der Bakterienflora im Organismus gründlich gestört. Resistente Stämme erhalten dadurch die Möglichkeit zu ungehemmter Entfaltung; es kann zu Superinfektionen kommen, die vielfach durch resistente Staphylokokken verursacht sind. Gefährdet sind vor allem sehr geschwächte Patienten, besonders nach Operationen, ferner Greise und Kleinkinder. Die Mortalität dieser oft überstürzt verlaufenden Superinfektionen ist groß[9]. Im ganzen sind sie aber doch selten und befallen, wie schon erwähnt, meistens Patienten, deren Krankheit so oder so fatal verlaufen wäre. Es besteht kein Grund, die Verwendung breitspektriger Antibiotica deshalb abzulehnen. Gefürchtet sind solche Staphylokokkensuperinfektionen in der Magen-Darm-Chirurgie als häufige postoperative Komplikation, die 1–4 Tage nach der Operation beginnen und unter dem Bilde einer schwer toxischen, choleriformen Dysenterie innert 2–10 Tagen zum Tode führen kann. Zur Darmdesinfektion verwende man deshalb eine Antibioticakombination, die auch resistente Staphylokokken erfaßt (vgl. folgenden Abschnitt).

Behandlung

Es kann nicht genug darauf hingewiesen werden, wie wichtig es ist, neben der antibiotischen Behandlung alle eitrigen und nekrotischen Herde chirurgisch zu reinigen bzw. zu eliminieren und infizierte seröse Körperhöhlen (Pleura-, Perikard-, Sinovialräume usw.) zu drainieren.

Die Wahrscheinlichkeit einer vorhandenen Resistenz bildet für den praktischen Arzt keinen Grund, bei leichteren, unter dem üblichen Bild verlaufenden Staphylokokkeninfektionen die Behandlung zunächst nicht mit Penicillin allein zu versuchen. Es ist hoch zu dosieren, bis zu 1 Million Einheiten je Tag. Spricht der Patient nicht an, ersetze man das Penicillin durch ein anderes Antibioticum (Tetracycline, Chloramphenicol, Erythromycin), das je nach Erfolg beibehalten oder wiederum ausgewechselt wird.

In Spitälern gilt für neuaufgenommene Patienten die gleiche Richtlinie. Für Staphylokokkeninfektionen, die im Spital erworben wurden, sollten entsprechende Antibiotica auf Grund einer laufenden Sensibilitätskontrolle der Staphylokokkenflora von Pflegepersonal und Internisten bereits vorausbestimmt sein. Auch hier sollte Penicillin nicht fehlen. Es ist billig, kann wegen seiner geringen Toxizität extrem hoch dosiert werden und dürfte in keinem Fall ganz wirkungslos bleiben. Man verlasse sich in dieser Hinsicht nicht ausschließlich auf die Sensibilitätsprüfung in vitro, die mit der Wirkung in vivo nicht immer parallel geht. Als Anregung für die Dosierung in schweren Fällen (Sepsis) möge folgendes gelten[10]: Kristallisiertes Penicillin G 500 000 Einheiten alle 4 Stunden intramuskulär, dazu in den ersten 2–3 Tagen noch weitere 500 000 Einheiten in 10 ml physiologischer Kochsalzlösung alle 12 Stunden intravenös, dazu bei guter Nierenfunktion Bacitracin 20 000 Einheiten alle 6 Stunden intramuskulär oder bei schlechter Nierenfunktion Erythromycin 2–3 g per os je Tag.

Zur präoperativen Darmdesinfektion hat sich Neomycin sehr gut bewährt[11]: 4 Tage vor der Operation gibt man in Abständen von 1 Stunde viermal 1 g Neomycin per os, dazu milde Laxantien. Etwa 3 Tage lang vor der Operation erhält der Patient viermal 1,5 g Neomycin und 0,25 g Oxytetracyclin per os über den Tag verteilt, darauf eine Darmspülung.

Bei fulminanten postoperativen Enterocolitiden versuche man Corticotropin (ACTH oder Cortisol usw.), womit sehr gute Erfolge erzielt wurden[12].

Literatur: *1)* ROUNTREE und BARBOUR, *Med. J. Aust.*, **1**, 525 (1950). *2)* LOGAN, W. P. D., *Practitioner*, **173**, 188 (1954). *3)* ROODYN, L., *Brit. med. J.*, **2**, 1322 (1954). *4)* ROODYN, L., *Proc. roy. Soc. Med.*, **49**, 263 (1956). *5)* GARROD und WATERWORTH, *Brit. med. J.*, **2**, 61 (1956). *6)* BRODIE et al., *Lancet*, **1**, 19 (1956). *7)* DOWLING et al., *J. Amer. med. Ass.*, **157**, 327 (1955). *8)* WRIGHT et al., *J. Lab. clin. Med.*, **42**, 877 (1953). *9)* COOK et al., *Brit. med. J.*, **1**, 542 (1957). *10)* SPINK, W. W., *Arch. intern. Med.*, **94**, 167 (1954). *11)* COHN, Jr., und LONGACRE, *Antibiotics Annual, 1955–1956*, New York (1956), S. 105. *12)* PROHASKA et al., *J. Amer. med. Ass.*, **154**, 320 (1954).

Weitere Literatur: (Allgemein) Conference on Staphylococcal Infections, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **65**, 57 (1956); MUDD, S., *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 1177 (1958); FINLAND et al., *Antibiotics Annual, 1958–1959*, New York (1950), S. 1051; WISE et al., loc. cit., S. 1073. (Pathogenität) BLAIR, J. E., *Ann. Rev. Microbiol.*, **12** 491 (1958); (Resistenz gegenüber Antibiotica) FINLAND, M., *New Engl. J. Med.*, **253**, 909, 969, 1019 (1955); (Penicillinresistenz) NEEDHAM und NICHOLS, *J. Lab. clin. Med.*, **41**, 150 (1953); FAIRBROTHER, R. W., *Lancet*, **1**, 716 (1956); (Staphylokokkenendocarditis) FISHER et al., *Arch. intern. Med.*, **95**, 427 (1955); DORMER, A. E., *Brit. med. Bull.*, **16**, 61 (1960); (Postoperative Enterocolitis) Editorial, *New Engl. J. Med.*, **253**, 201 (1955); (Staphylokokkenpneumonien bei Kleinkindern) WALLMAN et al., *Brit. med. J.*, **2**, 1423 (1955); HENDREN und HAGGERTY, *J. Amer. med. Ass.*, **168**, 6 (1958); (Staphylokokkeninfektionen bei Neugeborenen) FORFAR et al., *Lancet*, **1**, 584 (1955); (Lebensmittelvergiftung durch Staphylokokken) DOLMAN, C. E., *Jap. J. med. Sci. Biol.*, **10**, 373 (1957).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
120	97	**Sarcina ventriculi** GOODSIR *emend.* BEIJERINCK *Zymosarcina ventriculi*	GRAM-positiv. Unbewegliche Kugeln, wesentlich größer als Strepto- und Mikrokokken. In Paketen von 8 und mehr gelagert. Mikroaerophil bis anaerob	Gartenerde, Staub, pathologischer Mageninhalt	Nicht pathogen. Saprophyt und fakultativer Parasit	?	?	?	
122	98	**Peptococcus activus** (PRÉVOT und TAFFANEL) DOUGLAS *Staphylococcus activus*	GRAM-positiv. Kugelförmig, unbeweglich, einzeln, in Paaren, Tetraden oder auch unregelmäßigen Gruppen. Auf Nährböden gasbildend. Anaerob	Wahrscheinlich Mensch	Isoliert bei puerperaler Blutvergiftung				
122	99	**Peptococcus aerogenes** (SCHOTTMÜLLER) DOUGLAS *Micrococcus aerogenes, Staphylococcus aerogenes*	Ähnlich *P. activus*	Nase, Rachen, speziell Mandeln, weibliche Genitalien	Isoliert bei Puerperalfieber und Mandelinfektionen	1	0	3	2: Erythromycin
122	100	**Peptococcus constellatus** (PRÉVOT) DOUGLAS *Diplococcus constellatus*	GRAM-positiv. Kugeln in Paaren oder Tetraden, selten in kurzen Ketten, Kolonien bikonvex, dick, gelblich-opak, umgeben von mikroskopisch kleinen Tochterkolonien. Nicht gasbildend. Anaerob	Verdauungstrakt, speziell Appendix, Tonsillen	Isoliert bei chronischer kryptischer Tonsillitis und aus dem Eiter akuter Appendicitis	?	3?	2?	
122	101	**Peptococcus anaerobius** (HAMM) DOUGLAS *Micrococcus anaerobius, Staphylococcus anaerobius*, anaerobischer Staphylokokkus	Ähnlich *P. activus*, aber kleiner und nicht gasbildend	Wahrscheinlich Mensch	Isoliert bei Cystitis und aus entzündeten Mandeln	1	0	3	2: Erythromycin
123	102	**Neisseria gonorrhoeae** TREVISAN *Gonococcus neisseri, Micrococcus gonorrhoeae*, Micrococcus der Gonorrhöe	GRAM-negativ. Kugeln, einzeln oder in Paaren. Wächst am besten auf Kulturmedien unter Zusatz von Blut, Ascites usw. Grauweißliche, kleine, transparente Kolonien (tautropfenähnlich). Aerob bis fakultativ anaerob	In venerischen Ausgüssen, auch in Blut, Conjunctiva usw. In der Regel venerische Ansteckung, aber gelegentlich auch durch Kontakt mit infizierten Gegenständen	Gonorrhöe, Ophthalmoblennorrhöe der Neugeborenen, trivial: Tripper, Metastasen, nach Gonorrhöe vorzugsweise in Sehnenscheiden, Gelenken, Schleimbeuteln, Augen, Endocard	1	0	2	3: Erythromycin 1 Million IE Penicillin i.m. bzw. 2 × 1 g Oxytetracyclin oral genügen manchmal zur Heilung einer Gonorrhöe. Einträufeln von Penicillinlösung in die Augen ebenso wirksam (auch prophylaktisch) gegen Neugeborenen-Ophthalmoblennorrhöe wie Silbernitratlösung. Siehe unten

Gonorrhöe *(Nr. 102)*

Die Inkubationszeit der Gonorrhöe hat sich seit der vorantibiotischen Ära ein wenig verlängert und beträgt heute 6–9 Tage, mit einem Maximum bei 3 Tagen. Zwischen dem Erscheinen der ersten Symptome und der ersten Konsultation verstreichen heute durchschnittlich 4, früher 2 Tage, ein Zeichen dafür, daß die Gonorrhöe heute milder verläuft[1].

Behandlung. Nachstehende Zusammenstellung[2] zeigt die Empfindlichkeit der Gonokokken auf verschiedene Antibiotica:

Antibioticum	Approximative Empfindlichkeit in vitro (µg/ml)	Antibioticum	Approximative Empfindlichkeit in vitro (µg/ml)
Polymyxin B ...	500	Chlortetracyclin	1,6
Sulfadiazin	200	Oxytetracyclin ..	0,8
Bacitracin	6	Carbomycin ...	0,8
Neomycin	6	Erythromycin ..	0,4
Streptomycin ...	4	Penicillin	0,01
Chloramphenicol	1,6		

Man sieht daraus, daß Penicillin mit Abstand das wirksamste Mittel gegen Gonorrhöe darstellt[2, 3]. Über Resistenzzunahme gegen Penicillin vgl. [4]. Scheinbare Resistenz kann durch zu kleine Dosierung oder Neuinfektion vorgetäuscht werden (Ehepartner mitbehandeln!). Die orale Behandlung mit Penicillin[5] hat sich nicht so gut, mit Tetracyclinen jedoch sehr gut bewährt[6]. Dosierung vgl. S. 600. Als Kuriosum sei noch erwähnt, daß die heutigen Gonokokkenstämme gegenüber Sulfonamiden wieder empfindlicher geworden sind[2].

Literatur: *1)* LODIN, A., *Acta derm.-venereol. (Stockh.)*, **35**, 457 (1955). *2)* DEL LOVE, Jr., und FINLAND, *Arch. intern. Med.*, **95**, 66 (1955). *3)* DOWLING, H. F., in: WELCH et al., *Principles and Practice of Antibiotic Therapy*, New York (1954), S. 349. *4)* A new Epidemic of Gonorrhoea?, *Brit. med. J.*, 2, 685 (1959). *5)* JACOBY et al., *Amer. J. Syph.*, **38**, 478 (1954). *6)* METZGER et al., *Amer. J. Syph.*, **38**, 480 (1954); Literatur über Erythromycinbehandlung der Gonorrhöe: MANNING et al., *Amer. J. Syph.*, **38**, 110 (1954); RUBIN et al., *Amer. J. Syph.*, **38**, 472 (1954).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
123	*103*	**Neisseria meningitidis** (Albrecht und Ghon) Holland *Diplococcus intracellularis meningitidis* Weichselbaum, *Micrococcus intracellularis*, *Micrococcus meningitidis*, *Neisseria weichselbaumii*, Meningokokken, Weichselbaum-Bazillus	Gram-negativ. Kugeln, einzeln, in Paaren oder Tetraden, ausgesprochene Pleomorphie. Auf Blutagar Kolonien wie aufgespritzte Tropfen verwässerter Milch. Aerob	Nasopharynx des Menschen	Epidemische Genickstarre, Meningitis cerebrospinalis epidemica (70% aller akuten Fälle), auch Sepsis ohne meningitische Symptome, aber hohes Fieber, Purpura, Coma, Blutungen in die Nebennieren, schwerer Schock (Waterhouse-Friedrichsen-Syndrom). Vgl. unten	1	0	2	**Sulfonamide** wirken eher besser als Penicillin und sind deshalb mit diesem oder den andern verwendeten Antibiotica zu kombinieren
123	*104*	**Neisseria catarrhalis** (Frosch und Kolle) Holland *Micrococcus catarrhalis*	Ähnlich *N. meningitidis*	Schleimhaut der Atmungswege	Wird bei Schleimhautentzündungen der Atmungswege oft zusammen mit anderen Organismen gefunden	1	0	2	
123	*105*	**Neisseria sicca** (von Lingelsheim) Bergey et al. *Diplococcus pharyngis siccus*, *Diplococcus siccus*	Gram-negativ. Kugeln, einzeln oder in Paaren. Charakteristische, trockene, stark gerunzelte Kolonien. Aerob und fakultativ anaerob, teilweise hämolytisch	Schleimhaut der Atmungswege	Wahrscheinlich parasitisch	1	0	2	
123	*106*	**Neisseria haemolysans** Thjøtta und Böe	Ähnlich *N. sicca*, aber β-Hämolyse	Schleimhaut der Atmungswege	Wahrscheinlich parasitisch				
123	*107*	**Neisseria flavescens** Branham	Gram-negativ. Kokken in abgeflachten Paaren. Auf Blutagar goldgelbes Pigment. Aerob und fakultativ anaerob	Wahrscheinlich Schleimhaut der Atmungswege	Wurde im Liquor bei Meningitis gefunden. Wahrscheinlich parasitisch	1	0	2	
123	*108*	**Neisseria subflava** Bergey et al. Chromogengruppe III Elser und Huntoon	Gram-negativ. Kugeln, einzeln und in Paaren. Grünliche Pigmentbildung auf Löffler-schem Medium. Leicht zu verwechseln mit *N. meningitidis*	Schleimhaut der Atmungswege	Wahrscheinlich parasitisch	1	0	2	
123	*109*	**Neisseria flava** Bergey et al. Chromogengruppe II Elser und Huntoon	Ähnlich *N. subflava*, aber grünliche Pigmentbildung ausgeprägter	Schleimhaut der Atmungswege	Isoliert aus Nasopharynx und Liquor bei Meningitis (sehr selten). Wahrscheinlich parasitisch	1	0	2	
123	*110*	**Neisseria perflava** Bergey et al. Chromogengruppe I Elser und Huntoon	Ähnlich *N. subflava*, aber kräftigere Pigmentbildung. Aerob und fakultativ anaerob	Schleimhaut der Atmungswege. Der häufigste Vertreter der pigmentbildenden *Neisseria*	Wahrscheinlich parasitisch	1	0	2	
124	*111*	**Veillonella parvula** (Veillon und Zuber) Prévot *Staphylococcus parvulus*	Gram-negativ. Sehr kleine Kugeln, einzeln, in kurzen Ketten oder Haufen. Vergärt Polypeptide und Zucker. Schwach hämolytisch. Strikt anaerob	Körperhöhlen, speziell Mund und Intestinaltrakt	Gewöhnlich harmloser Parasit, kann aber pathogen werden. Wurde isoliert bei Lungengangrän, Abszessen, Alveolareiterungen	1	?	2	

Meningokokken *(Nr. 103)*

Der Erreger der epidemischen Meningitis befällt paradoxerweise vor allem gesunde, kräftige Menschen und verschont Kranke und Geschwächte. Die Übertragung erfolgt durch Tröpfcheninfektion, Eintrittspforte ist vermutlich die Rachenmandel.

Meningokokkenmeningitis ist von anderen Gehirnhautentzündungen (Pneumokokken, Streptokokken, Coli usw.) bakteriologisch und klinisch manchmal schwer abzugrenzen, weil die Meningokokkeninfektion das Einwandern sekundärer Eitererreger begünstigt. Die sekundären Erreger können in solchen Fällen bakteriologisch das Bild beherrschen und eine Meningitis anderer Genese vortäuschen.

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
124	*112*	**Veillonella alcalescens** PRÉVOT *Micrococcus gazogenes, Micrococcus gazogenes alcalescens anaerobius, Veillonella gazogenes*	GRAM-negativ. Kugeln, einzeln, in Paaren, kurzen Ketten oder Haufen. Vergärt Zucker nicht. Nicht hämolytisch. Strikt anaerob	Speichel	Normalerweise nicht pathogen, gefunden bei Alveolareiterungen und Lungengangrän	1	?	2	
124	*113*	**Veillonella discoides** (PRÉVOT) PELCZAR *Neisseria discoides*	GRAM-negativ. Kugeln, in Paaren oder Tetraden. Vergärt Zucker nicht. Scheibenförmige Kolonien unter der Oberfläche von Agar. Strikt anaerob	Mundhöhle, Atmungswege	Nicht pathogen	1	0	2	
124	*114*	**Veillonella reniformis** (COTTET) PELCZAR *Diplococcus reniformis, Micrococcus reniformis, Neisseria reniformis*	GRAM-negativ. Bohnenförmige Zellen, in Paaren. Auf Nährböden nicht gasbildend. Ranziger Geruch. Strikt anaerob	Wahrscheinlich Mensch	Pathogen. Isoliert in Fällen von Entzündungen des Urogenitalsystems	1	0	2	
124	*115*	**Veillonella orbiculus** (TISSIER) PELCZAR *Diplococcus orbiculis, Neisseria orbiculata*	GRAM-negativ. Große Kugeln, in Paaren. Auf Nährböden nicht gasbildend. Strikt anaerob	Intestinaltrakt	Nicht pathogen. Isoliert aus Fäces kleiner Kinder				
124	*116*	**Veillonella vulvovaginitidis** (REYNES) PELCZAR *Neisseria vulvovaginitis*	GRAM-negativ. Kugeln, in Paaren oder sehr kurzen Ketten, selten einzeln, aber oft in Haufen. Verflüssigt Gelatine. Strikt anaerob	Urogenitaltrakt	Isoliert bei eitriger Vulvovaginitidis eines Kindes				
127	*117*	**Diplococcus pneumoniae** WEICHSELBAUM Diplokokken, FRÄNKEL-Bazillus, Pneumokokken, Pneumoniemikrokokken, Micrococus of rabbit septicemia, Coccus lancéolé, Microbe septicémique de la salive	GRAM-positiv. In Paaren, seltener einzeln oder in kurzen Ketten, mit distalen Enden in Lanzettform, Kapselbildung auf Kulturen in Peritonealtaschen oder Blutserum. Kolonien auf Blutagar glatt, wässerig bis schleimig, in der Mitte erhöht, mit scharfem Rand. Ausgeprägte Autolyse und Gallenlöslichkeit (zum Unterschied von Streptokokken). Fakultativ aerob	Atmungswege	Viele saprophytische Typen. Pathogene Typen als Erreger verschiedener Infektionen: lobäre Pneumonie (90% aller Fälle), Bronchitis, Bronchopneumonie, Conjunctivitis, Otitis media, Gehirnabszesse, Meningitis, Endocarditis, Peritonitis u. a. Vgl. unten	1	3	2	Siehe unten

Pneumokokken *(Nr. 117)*

Auf Grund der Unterscheidungsmöglichkeiten durch Agglutination und Kapselquellung mittels typenspezifischer Kaninchenseren werden die Typen I, II, III und X (oder IV) unterschieden, wobei Typ X (oder IV) eine Sammelgruppe verschiedener Untertypen darstellt[1]. Total sind bis heute 80 Typen und Untertypen beschrieben worden[2]. Typ XIV ist immunologisch nahe verwandt mit der Blutgruppensubstanz A.

Die Pathogenität dieser Typen und die durch sie bevorzugterweise verursachten Krankheitsformen sind verschieden[3]. Eine relativ kleine Anzahl ist verantwortlich für den größten Teil aller Pneumokokkenerkrankungen. Dies erklärt den Umstand, daß bei vielen Gesunden Pneumokokken gefunden werden. Es handelt sich in diesen Fällen nicht um immune Pneumokokkenträger, sondern um Träger nichtpathogener Pneumokokkentypen.

Typ I mit etwa 75% und Typ II mit etwa 12% sind die häufigsten Erreger der lobären Pneumonien. Bei Lappenpneumonien des Typs I ist das Sputum rostbraun, und es kommt in ungefähr 25–30% der Fälle zu Bakteriämie. Lappenpneumonien des Typs II sind bösartiger, das Sputum ist fleischwasserfarbig, die Temperatur septisch, Bakteriämie in 40% der Fälle. Typ III wird wegen seines schleimigen Wachstums auch als *Pn. mucosus* bezeichnet. Er ist seltener bei Pneumonien, häufiger bei Mittelohrentzündungen. Die Bakteriämie dieses Typs hat eine ungünstige Prognose.

Bronchopneumonien werden zum überwiegenden Teil von Typen der Sammelgruppe X (oder IV) hervorgerufen. Untertyp X_{14} ist der häufigste Erreger von Bronchopneumonien im Kleinkindesalter, die vielfach mit Komplikationen, wie Meningitis, Pericarditis usw., einhergehen.

Die Unterscheidung dieser Typen ist seit der Entdeckung der Antibiotica nur noch von wissenschaftlichem Interesse. Klinisch

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
128	*118*	**Streptococcus pyogenes** ROSENBACH *Micrococcus scarlatinae, Streptococcus epidemicus, Streptococcus erysipelatos, Streptococcus haemolyticus, Streptococcus scarlatinae,* Erysipelokokken, Streptokokken	GRAM-positiv. In Blut und Exsudaten kugelig, in Paaren oder in Ketten, Verkapselung variabel. Wächst gut nur auf mit Proteinen oder Dextrose angereicherten Nährböden, auf Blutagar β-Hämolyse, LANCEFIELD-Gruppe A. Fakultativ anaerob	Atmungswege, Staub in den Spitälern und Krankenzimmern, gelegentlich in durch Menschen infizierten Eutern und Milch von Kühen	Vgl. S. 623 und 624	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
128	*119*	**Streptococcus equisimilis** FROST und ENGELBRECHT *Streptococcus pyogenes humanus C, Streptococcus pyogenes* Typ *B*	Ähnlich *Str. pyogenes*, aber toleranter gegenüber Methylenblau, vergärt Glycerin. LANCEFIELD-Gruppe C. Fakultativ anaerob	Obere Atmungswege, Vagina	Vgl. S. 623 und 624	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
128	*120*	**Streptococcus sanguis** WHITE *Streptococcus* s.b.e., Serologische H-Gruppe HARE	GRAM-positiv. Kugelige oder eiförmige Zellen, in Ketten. Einige Stämme nicht hämolytisch. Wahrscheinlich LANCEFIELD-Gruppe H. Fakultativ anaerob	Wahrscheinlich Mensch	Isoliert aus Herzklappen bei subakuter bakterieller Endocarditis, aus infizierten Sinus und Zähnen, aus Staub	1	2	2	
128	*121*	**Streptococcus anginosus** ANDREWES und HORDER Minute beta hemolytic streptococcus	GRAM-positiv. Winzige Kokken, einzeln, in Paaren, kurzen Ketten oder Haufen. β-Hämolyse. LANCEFIELD-Gruppe F und Typ 1 Gruppe G. Fakultativ anaerob	Atmungswege	Isoliert aus Kehle, Sinus, Abszessen, Vagina, Haut, Fäces, bei glomerulärer Nephritis und leichten Erkrankungen der Atemwege	1	2	2	
128	*122*	**Streptococcus salivarius** ANDREWES und HORDER	GRAM-positiv. Kugelig oder oval, in kurzen bis sehr langen Ketten, auf Blutagar keine Hämolyse (γ-Hämolyse), Ausbildung großer mucoider Kolonien auf sucrosehaltigem Agar. Keine LANCEFIELD-Gruppe. Fakultativ anaerob	Mund, Nasen- und Rachenraum	Nicht pathogen. Isoliert aus Speichel und Sputum bei verschiedenen Lungeninfektionen, aus Zahnwurzelabszessen und kariösen Zahnläsionen, Intestinaltrakt. Vgl. S. 623 und 624	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624 *Str. salivarius* und *Str. mitis* werden von vielen Autoren als eine Species unter dem Namen *Str. salivarius* zusammengefaßt
128	*123*	**Streptococcus mitis** ANDREWES und HORDER *Streptococcus viridans*	GRAM-positiv. Kugelig oder oval, kleiner als *Str. salivarius*, auf Blutagar α-Hämolyse, keine LANCEFIELD-Gruppe. Fakultativ anaerob	Mund, Nasen- und Rachenraum	Isoliert aus Speichel und Sputum bei verschiedenen Lungeninfektionen, aus Eiter aus den oberen Atmungswegen, aus Blut und verschiedenen Organen bei subakuter Endocarditis. Vgl. S. 623 und 624	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624 *Str. mitis* und *Str. salivarius* werden von vielen Autoren als eine Species unter dem Namen *Str. salivarius* zusammengefaßt
128	*124*	**Streptococcus faecalis** ANDREWES und HORDER *Enterococcus proteiformis, Micrococcus ovalis, Streptococcus ovalis*	GRAM-positiv. Oval, gewöhnlich in Paaren oder kurzen Ketten. Einige Stämme beweglich. α- bis γ-Hämolyse, LANCEFIELD-Gruppe D. Fakultativ anaerob	Milch- und Milchprodukte, Intestinaltrakt	In der Regel nichtpathogener Darmsaprophyt. Isoliert aus Blut bei subakuter Endocarditis. Vgl. S. 623 und 624	1	2	2	*Str. liquefaciens* wird heute als eine Art dieser Species angesehen

Pneumokokken *(Fortsetzung)*

erweisen sich viele Antibiotica gegen alle Typen als gleich wirksam. Resistenzzunahme wurde nicht beobachtet. Das Antibioticum der Wahl bei allen Pneumokokkeninfektionen ist das Penicillin[4–6]. Ebenso wirksam sind die Tetracycline[6–12]. Tetracycline und Penicillin in Kombination wirken antagonistisch bei Pneumokokkenmeningitis[13], ein Effekt, der bei Pneumokokkenpneumonien nicht feststellbar ist[7]. Die Dosierung beträgt bei Penicillin parenteral etwa 600 000 Einheiten je Tag oder 3 000 000 Einheiten je Tag oral, bei den Tetracyclinen oral ungefähr 3–4 g je Tag.

Literatur: *1)* DOCHEZ und GILLESPIE, *J. Amer. med. Ass.*, **61**, 727 (1913). *2)* LUND, E., *Acta path. microbiol. scand.*, **40**, 425 (1957). *3)* AVERY et al., *Acute Lobar Pneumonia*, Rockefeller Institute for Medical Research, Monograph Nr. 9, New York (1919). *4)* AUSTRIAN et al., *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **88**, 264 (1951). *5)* AUSTRIAN et al., *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **91**, 323 (1952). *6)* FREI et al., *New Engl. J. Med.*, **252**, 173 (1955). *7)* AHERN und KIRBY, *Arch. intern. Med.*, **91**, 197 (1953). *8)* Report by a Subcommittee of the Antibiotics Clinical Trials (Nontuberculous) Committee of the Medical Research Council, *Brit. med. J.*, **2**, 1361 (1951). *9)* GOCKE et al., *Arch. intern. Med.*, **84**, 857 (1949). *10)* DOWLING et al., *J. Lab. clin. Med.*, **35**, 215 (1950). *11)* JACKSON et al., *Ann. intern. Med.*, **35**, 1175 (1951). *12)* AUSTRIAN et al., *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **89**, 407 (1951). *13)* LEPPER und DOWLING, *Arch. intern. Med.*, **88**, 489 (1951).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
128	*125*	**Streptococcus durans** SHERMAN und WING	Ähnlich *Str. faecalis*, aber β-Hämolyse. LANCEFIELD-Gruppe D. Fakultativ anaerob	Intestinaltrakt, Milch und Milchprodukte	Nicht pathogen	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*126*	**Peptostreptococcus anaerobis** (KRÖNIG *emend.* NATVIG) KLUYVER und VAN NIEL *Streptococcus anaerobius*	GRAM-positiv. Kleine Kugeln in Ketten. Stark peptolytisch unter Gasbildung. Keine Hämolyse. Anaerob	Körperhöhlen, speziell Vagina; Intestinaltrakt	Einige Stämme pathogen. Kann in alle Gewebe eindringen. Isoliert in Fällen von jauchigem Gangrän, bei Pleuritiden, bei Appendicitis, aus Uterus, Lochien und Blut bei Puerperalfieber	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*127*	**Peptostreptococcus foetidus** (VEILLON) SMITH *Micrococcus foetidus*, *Streptococcus foetidus*	GRAM-positiv. Große Kugeln in kurzen Ketten, Tetraden, Doppel- oder Zickzackketten. Keine Hämolyse. Nur wenig gasbildend auf Pepton. Anaerob	Mund, Intestinaltrakt und Vagina	Einige Stämme pathogen. Isoliert in Fällen von Lungengangrän, LUDWIGscher Angina, perinephritischen Phlegmonen, Appendicitis, aus fötidem Eiter aus den BARTHOLINIschen Drüsen	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*128*	**Peptostreptococcus putridus** (SCHOTTMÜLLER *emend.* PRÉVOT) SMITH *Streptococcus putridus*	GRAM-positiv. Kugelig, in Ketten. Auf Blutagar schwarzbraun färbende Kolonien und Zonen. Keine Hämolyse. Nicht gasbildend auf Pepton. Anaerob.	Mund, Intestinaltrakt, speziell Vagina	Isoliert aus normalen und fötiden Lochien, aus Blut bei Puerperalfieber, bei Fällen von gangränöser Appendicitis, von Gasgangrän, Osteomyelitiden	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*129*	**Peptostreptococcus productus** (PRÉVOT) SMITH *Streptococcus productus*	GRAM-positiv. Große Kugeln in Ketten. Coaguliert Milch. Keine Hämolyse. Nicht gasbildend auf Pepton. Anaerob	Körperhöhlen, besonders Atmungswege	Isoliert in einem Fall von Lungengangrän	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*130*	**Peptostreptococcus lanceolatus** (PRÉVOT) SMITH *Coccus lanceolatus anaerobius*, *Streptococcus lanceolatus*	GRAM-positiv. Ovale Zellen, in Paaren oder Ketten. Gasbildend auf Pepton und besonders Agar. Keine Hämolyse. Anaerob	Verfaulendes Material	Isoliert aus Fäces bei Diarrhöe	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*131*	**Peptostreptococcus micros** (PRÉVOT) SMITH *Streptococcus anaerobius micros*, *Streptococcus micros*	GRAM-positiv. Sehr kleine Kugeln in Paaren oder langen Ketten. Keine Hämolyse. Kein Gas und kein fötider Geruch. Anaerob	Mund und Intestinaltrakt	Isoliert in Fällen von Lungengangrän, aus Lochien und Uterus bei Puerperalsepsis, bei Appendicitis	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*132*	**Peptostreptococcus parvulus** (WEINBERG et al.) SMITH *Streptococcus parvulus*, *Streptococcus parvulus non liquefaciens*	GRAM-positiv. Kleine Kugeln in kurzen Ketten oder Paaren. Agarkolonien schwarz färbend. Kein Gas und kein fötider Geruch. Coaguliert Milch. Keine Hämolyse. Anaerob	Unbekannt	Nicht pathogen. Isoliert aus dem Atmungstrakt	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*133*	**Peptostreptococcus intermedius** (PRÉVOT) SMITH *Streptococcus intermedius*	GRAM-positiv. Sehr lange Ketten. Auf Blutagar keine oder schwache α-Hämolyse. Nährböden werden sauer. Coaguliert Milch. Anaerob	Atmungswege, Intestinaltrakt, Vagina	Isoliert aus Lochien und Uterus bei Puerperalsepsis, in Fällen von Lungengangrän, Pleuritis, Bronchiektasen, Appendicitis	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624
131	*134*	**Peptostreptococcus evolutus** (PRÉVOT) SMITH *Streptococcus evolutus*, *Streptococcus Sch.*, *Streptococcus Schwarzenbeck*	GRAM-positiv. In Paaren, kurzen oder langen Ketten, pleomorph, auf Blutagar keine oder schwache α-Hämolyse. Anaerob, später aerotolerant	Mund, Atmungswege, Vagina	Isoliert aus Hautabszessen und bei Appendicitis, synergistischer Gangräne und Endocarditis	1	2	2	Vgl. S. 623 und 624

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
131	*135*	**Peptostreptococcus paleopneumoniae** (Prévot) Smith *Diplococcus paleopneumoniae*	Gram-positiv. Ähnlich *Diplococcus pneumoniae*, aber strikt anaerob	Mund und Rachen	Wurde isoliert in Fällen von Pleuropneumonien, Bronchitis, Pneumonie, aus einem Knochenabszeß. Hoch pathogen	1?	3?	2?	Zu *Nr. 135–137:* In der Literatur sind keine Angaben über die Sensibilität dieser Kokken auf Antibiotica zu finden. Es wird nebenstehend deshalb für diese Kokken die gleiche Sensibilität wie bei den Pneumokokken angenommen, durch ein Fragezeichen aber als ungesichert gekennzeichnet
131	*136*	**Peptostreptococcus plagarumbelli** (Prévot) Smith *Diplococcus plagarumbelli*	Gram-positiv. Kugeln, in Paaren ungleicher Größe oder in kurzen Ketten. Keine Hämolyse und kein Gas. Coaguliert Milch. Anaerob	In septischen Wunden	Nicht pathogen	1?	3?	2?	

Streptokokken *(Nr. 118–137)*

Streptokokken sind Kugelbakterien, die sich bei Vermehrung in Kettenform aneinanderlegen. Länge und Form dieser Ketten sind außerordentlich verschieden. Die systematische Einteilung der Streptokokken stößt wegen ihrer großen Variabilität auf immense Schwierigkeiten. Eine definitive Systematik, die allen wissenschaftlichen Anforderungen entsprechen würde, besteht heute noch nicht.

Die erste, von Brown unternommene Einteilung stützt sich auf das Hämolyseverhalten der Streptokokken auf Blutagar[1]. Danach unterscheidet man 4 Gruppen: 1. die α-Gruppe mit einer dunkelgrünen und einer hellgrünen Zone rund um die Kolonien; 2. die hämolytische β-Gruppe mit einer aufgehellten, durchsichtigen Zone rund um die Kolonien; 3. die γ-Gruppe ohne Hämolyse und ohne Vergrünung; 4. die α'-Gruppe, die zur grünen noch eine kleine, zusätzlich hämolytische Zone aufweist, die demnach eine Zwischenstellung zwischen den α- und β-Gruppen einnimmt.

Lancefield systematisierte die Streptokokken nach ihrem serologischen Verhalten auf Grund einer Präzipitinreaktion mittels gruppenspezifischer Kaninchenseren[2]. Sie unterscheidet 12 Gruppen, die mit den Buchstaben A bis N bezeichnet werden.

Von Griffith stammt eine Einteilung der *Str.-pyogenes*-Gruppe in etwa 30 serologische Typen auf Grund einer Agglutinationsreaktion[3].

Sherman versuchte eine Einteilung, die sich auf die Lancefield-Systematik, das Hämolyse- und Temperaturverhalten und andere Eigenschaften stützt[4]. Diese Einteilung bietet für klinische Zwecke die beste Übersicht und wird deshalb im folgenden mit einigen Kürzungen, Ergänzungen und Korrekturen von uns verwendet (vgl. nebenstehende Tabelle).

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die *pyogenen Streptokokken alle hämolytisch* und relativ temperaturempfindlich sind und verschiedenen Lancefield-Gruppen zugehören. Die *Viridansgruppe* und die *Anaerobier*, die nach der Lancefield-Technik nicht gruppiert werden können (es fehlt ihnen das entsprechende Polysaccharid, die sogenannte Substanz C), sind *alle nicht hämolytisch* (vergrünend, indifferent oder Gas) und empfindlich gegen relativ tiefe Temperaturen. Die medizinisch nicht, molkereitechnisch hingegen sehr wichtige *Lacticus*-Gruppe gehört zur Lancefield-Gruppe L, ist nicht hämolytisch und empfindlich gegen relativ tiefe Temperaturen. Die *Enterokokken* schließlich, *alle der Lancefield-Gruppe D zugehörend*, zeigen verschiedene Hämolyseverhalten und sind relativ temperaturunempfindlich.

Die *pyogenen Streptokokken* sind häufig Erreger von akuten Anginen, Erysipel, Mundinfektionen, Mittelohrentzündungen, Puerperalinfektionen, von Sekundärinfektionen bei Diphtherie und Tuberkulose und von sekundären Bronchopneumonien bei Influenza und Masern. Sie sind der ätiologische Faktor des rheumatischen Fiebers (akute Polyarthritis) und die Miterreger, wenn nicht Erreger des Scharlachs. Die von ihnen verursachten Gewebsentzündungen zeigen einen phlegmonösen, diffusen Charakter und gehen eher mit Gewebsnekrose einher, im Gegensatz zu den zirkumskripten, eitrigen Staphylokokkenläsionen. Der Verlauf der pyogenen Streptokokkeninfektionen ist akut und unterscheidet sich darin von den subakuten oder chronischen Infektionen durch nichthämolytische Streptokokken und Enterokokken. Bei Fehlen einer erworbenen Immunität sind sie strikt pathogen. Epidemische Übertragung erfolgt in der Regel durch Tröpfcheninfektion, vielfach auch durch kontaminierte Milch.

Gruppe	Lancefield-Gruppe	Typische Species	Menschenpathogenität *	Hämolyse	Wachstum bei 10°C	Wachstum bei 45°C	Habitat *
		Streptococcus					
Pyogene Streptokokken	A	*pyogenes*	+	β	—	—	Mensch
	B	*agalactiae (mastitidis)*	—	β/γ	—	—	Rind
	C	*equi*	—	β	—	—	Pferd
	C	*zooepidemicus (animalisC)*	—	β	—	—	Haustiere
	C	*equisimilis (humanusC)*	+	β	—	—	Mensch
	F	*minutus*	+	β	—	—	Mensch
	G		***	β	—	—	Mensch, Tier
	E		***	β	—	—	Mensch, Tier
	H		***	β	—	—	Mensch, Tier
Viridans-Streptokokken	—	*mitis**	±	α	—	+	Mensch
	—	*salivarius*	±	γ	—	+	Mensch
	—	*equinus*	—	α	—	+	Pferd
	—	*bovis*	—	α/γ	—	+	Pferd
	—	*thermophilus*	—	γ	—	+	Milch, Käse
Anaerobier*	—	*intermedius**	±	α	—	+	Mensch
	—	*evolutus**	±	α/γ	—	+	Mensch
	—	*micros**	±	γ	—	+	Mensch, Tier
	—	*anaerobius**	±	Gas	—	+	Mensch, Tier
	—	*foetidus**	±	Gas	—	+	Mensch, Tier
	—	*putridus**	±	Gas	—	+	Mensch
Lacticus-Streptokokken	L	*lactis*	—	γ	+	—	Milchprodukte
	L	*cremoris*	—	γ	+	—	Milchprodukte
Enterokokken	D	*faecalis*	±	α/γ	+**	+	Mensch, Milchprodukte
	D	*zymogenes*	—	β	+**	+	Mensch, Tier
	D	*durans*	—	β	+**	+	Mensch, Milchprodukte

* Ergänzt. ** Korrigiert (beides unter Verwendung von Breed et al.[5]).
*** In diesen Gruppen finden sich pathogene und apathogene Streptokokken.
± heißt fakultativ pathogen.

(Fortsetzung nächste Seite)

Streptokokken *(Fortsetzung)*

Die *nichthämolytischen Streptokokken* (Viridansgruppe und Anaerobier) und die Enterokokken sind in der Regel Saprophyten, solange sie nicht aus irgendwelchen Ursachen (mechanisch oder infektiös lädierte Stellen) durch Haut oder Schleimhäute in das darunterliegende Gewebe gelangen. Dort verursachen sie, *vielfach als mischinfizierende Keime*, im Gegensatz zu den pyogenen Streptokokken mehr subakut oder chronisch verlaufende Entzündungen fötiden, putriden, granulierenden oder gangränösen Charakters. Sie spielen bei «latenten» Fokalherden eine dominierende Rolle und sind häufig zu finden in chronischen Infektionen von Tonsillen, Zahngranulomen, Nebenhöhlen, Mittelohren, Endocard, Gallen- und Harnwegen, Appendix, weiblichen Genitalorganen und bei Gangrän der verschiedensten Organe. Sie sind der häufigste Erreger einer bakteriellen Endocarditis (vgl. Übersichtsliteratur).

Streptokokken und Antibiotica

Die Empfindlichkeit und prozentuale Resistenz der pyogenen Streptokokken gegen verschiedene Antibiotica zeigt folgende Zusammenstellung, die auf der Untersuchung von 300 Stämmen basiert [6]:

Antibioticum	Empfindlichkeit* in µg/ml 90%	100%	Antibioticum	Resistenz in % der Stämme
Chloramphenicol	6	50	Penicillin	16
Streptomycin	5	800	Tetracycline (alle)	11
Penicillin	3 (5 E)	30 (50 E)	Streptomycin	9
Tetracycline (alle)	0,8	100	Chloramphenicol	4
Erythromycin	0,4	6	Erythromycin	1

* Approximativ

Diese Zusammenstellung ist ein sprechender Beweis für die der Anwendungshäufigkeit parallel gehende Resistenzzunahme gegen ein Antibioticum.

Unter Berücksichtigung von Empfindlichkeit, Toxizität, Preis und aus medizinisch-«strategischen» Gründen (Aufsparung des Erythromycins für resistente Streptokokken- und Staphylokokkenstämme) erscheint trotz der größeren Resistenzwahrscheinlichkeit das Penicillin immer noch als Mittel der Wahl bei Streptokokkeninfektionen, um so mehr, als die Resistenz im Gegensatz zu den Staphylokokken durch verstärkte Dosierung fast immer überwunden werden kann. Man dosiere hoch, mindestens 600 000 IE intramuskulär täglich (Erwachsene). Auch prophylaktisch während Anginaepidemien hat sich Penicillin als unschädlichstes und wirksamstes Antibioticum bewährt [7]. Dosierung: 200 000 Einheiten täglich peroral oder intramuskulär. Zur Eliminierung und kontinuierlichen Fernhaltung der Streptokokken bei Scharlach dosiere man das Penicillin wie folgt [8]:

Alter	Eliminierung* (intramuskulär)	Fernhaltung** (oral)
0–12 Monate	120 000 IE	3 × 50 000 IE
1–4 Jahre	240 000 IE	3 × 100 000 IE
5–9 Jahre	360 000 IE	3 × 150 000 IE
10–14 Jahre	480 000 IE	3 × 200 000 IE
15 Jahre und darüber	600 000 IE	3 × 250 000 IE

* 2–3 Tage zu Krankheitsbeginn. ** Während 2–3 Wochen.

Bei subakuten und chronischen Streptokokkeninfektionen handelt es sich meistens um Mischinfektionen, deren Herde zudem durch Granulierung, Vereiterung, Nekrose, Gangrän usw. von der Blutzirkulation mehr oder weniger abgeschnitten sind. Hier wird man hohe und höchste Penicillindosen verabreichen (bis zu einigen Millionen Einheiten im Tag, vgl. Staphylokokken) und mit Erythromycin, Streptomycin oder Bacitracin kombinieren. Oder man nimmt eines der Tetracycline, läßt aber in diesem Falle Penicillin und Streptomycin weg, weil zwischen diesen und den Tetracyclinen ein Antagonismus besteht.

Streptokokkenangina, rheumatisches Fieber, Scharlach

Die *Streptokokkenangina*, eine Erkrankung vorwiegend des Kindesalters, besitzt hinsichtlich Häufigkeit und Folgen medizinisch die weitaus größte Bedeutung aller pyogenen Streptokokkeninfektionen. Im Verlaufe der ersten Lebensjahre ändert sich ihr Bild in charakteristischer Weise [9, 10]. Unter 3 Jahren fehlt in der Regel der plötzliche, fieberhafte Beginn. Der Krankheitsverlauf ist langsam, die Genesung zögernd. Rhinorrhöe mit vielen Streptokokken ist das hervorstechendste Merkmal. Die Rachen- und Schmerzsymptome sind unscheinbar, Pharyngitis und Tonsillitis fehlen. Eitrige Komplikationen, wie Otitis media, sind sehr häufig, Hauterytheme (Scharlach) unbekannt, rheumatisches Fieber selten. Mit zunehmendem Alter wird der Beginn akuter, schmerz- und fieberhafter, der Schnupfen seltener. Exsudative Pharyngitis und Tonsillitis, druckempfindliche zervikale Adenitis werden zur Regel, Hauterytheme häufiger. Die Krankheitsdauer verkürzt sich, die Genesung erfolgt spontaner und ohne eitrige Komplikationen. Die Wahrscheinlichkeit rheumatischer Komplikationen bei Patienten über 5 Jahren steigt. Es liegt nahe, diese Wandlungen des Krankheitsbildes mit der mit zunehmendem Alter stärker werdenden Antikörperproduktion gegen pyogene Streptokokken [11] in Parallele zu setzen. Die Intensivierung der Antikörperproduktion dürfte weniger auf dem wachsenden Reaktionsvermögen des reifenden Körpers als auf der zunehmenden Immunisierung auf Grund wiederholter Infektionen beruhen [9]. In dieser Richtung spricht der Umstand, daß bei rheumatischem Fieber, das erst nach mehrfacher Reinfektion zum Ausbruch kommt, unabhängig vom Alter immer eine vollausgebildete Antikörperproduktion besteht [12].

Auf Grund ausgedehnter klinischer und experimenteller [13] Untersuchungen steht heute mit Sicherheit fest, daß das *rheumatische Fieber*, mit oder ohne Gelenkbeteiligung, eine Folge wiederholter Infektionen durch hämolytische Streptokokken der LANCEFIELD-Gruppe A darstellt, obschon der zugrunde liegende Mechanismus, der den einen Patienten nach einer Streptokokkeninfektion an rheumatischem Fieber erkranken läßt, den andern nicht, noch immer unbekannt ist. Diagnostisch wertvoll ist die Bestimmung des Titers von Streptokokkenantikörpern in den ersten Tagen der rheumatischen Erkrankung, speziell des Antistreptolysins 0. *Ein niederer Titer (unter 50 E) ist unvereinbar mit Febris rheumatica, während ein hoher (über 100 E) zwar dafür spricht, aber nicht beweisend ist* [12]. Jeder Patient, der schon einmal einen rheumatischen Fieberanfall durchgemacht hat, sollte unbedingt gegen weitere Streptokokkenanginen geschützt werden.

Auch beim *Scharlach* steht mit Bestimmtheit fest, daß hämolytische Streptokokken der LANCEFIELD-Gruppe A einen, wenn nicht *den* ätiologischen Faktor darstellen. Bestätigend sind in dieser Richtung die Scharlach(streptokokken)angina, die Epidemiologie, das Auslöschphänomen (zirkuläres Auslöschen des Erythems nach intrakutaner Injektion von Spätrekonvaleszenten- oder gewöhnlichem Serum [14]) und der DICK-Test (Hautrötung bei sicher nicht an Scharlach erkrankten Personen nach intrakutaner Injektion eines Streptokokkenkultur-Filtrates [15]). Weil aber die Erkrankung auch nach antibiotischer Ausmerzung der Streptokokken wohl komplikationsloser, aber doch üblich verläuft (und noch aus anderen Gründen), wird die Annahme weiterer ätiologischer Scharlachfaktoren nahegelegt. Einzelne Autoren [16] vertreten deshalb, teilweise gestützt auf experimentelle Beobachtungen, eine kombinierte Streptokokken-Virus-Theorie. *Die sofortige Eliminierung und kontinuierliche Fernhaltung der Streptokokken vermindert bei Scharlach die Gefahr allfälliger Komplikationen auf ein Minimum.*

Literatur: *1)* BROWN, J. H., *The Use of Blood Agar for the Study of Streptococci*, Rockefeller Institute for medical Research, Monograph Nr. 9, New York (1919). *2)* LANCEFIELD, R. C., *J. exp. Med.*, **57**, 571 (1933). *3)* GRIFFITH, F., *J. Hyg. (Lond.)*, **34**, 542 (1934). *4)* SHERMAN, J. M., *Bact. Rev.*, **1**, 3 (1937). *5)* BREED et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7. Aufl., Baltimore (1957). *6)* VACCARO et al., *Antibiotics Annual, 1955–1956*, New York (1956), S. 623. *7)* BERNSTEIN et al., *Arch. intern. Med.*, **93**, 894 (1954); SEAL, C. J. R., *Antibiotics Annual, 1955–1956*, New York (1956), S. 202. *8)* STRÖM und TUNEVALL, *Acta paediat. (Uppsala)*, **44**, 527 (1955). *9)* POWERS und BOISVERT, *J. Pediat.*, **25**, 481 (1944). *10)* RANTZ et al., *Pediatrics*, **12**, 498 (1953). *11)* RANTZ et al., *Arch. intern. Med.*, **87**, 360 (1951). *12)* RANTZ, L. A., *Med. Clin. N. Amer.*, **39**, 339 (1955). *13)* MURPHY und SWIFT, *J. exp. Med.*, **89**, 687 (1949); KIRSCHNER und HOWIE, *J. Path. Bact.*, **64**, 367 (1952). *14)* NEUMANN, J., *Dtsch. med. Wschr.*, **46**, 566 (1920); PASCHEN, E., *Derm. Wschr.*, **68**, 343 (1919); MAIR, W., *Lancet*, **2**, 1390 (1923). *15)* DICK und DICK, *J. Amer. med. Ass.*, **77**, 782 (1921); ibid., **81**, 1166 (1923); ibid., **82**, 265, 301 (1924). *16)* IMAMURA et al., *Jap. J. exp. Med.*, **12**, 601 (1934); ibid., **13**, 341, 771 (1935); BINGEL, K. F., *Z. Hyg. InfektKr.*, **127**, 216, 280, 286, 434 (1947); *Dtsch. med. Wschr.*, **74**, 703 (1949); WILDFÜHR, G., *Z. Hyg. InfektKr.*, **133**, 248 (1951).

Übersichtsliteratur: MCCARTY, M. (Hrsg.), *Streptococcal Infections*, New York (1954); RANTZ, L. A., *The Prevention of Rheumatic Fever*, Springfield (1952); THOMAS, L. (Hrsg.), *Rheumatic Fever*, Minneapolis (1952); FINLAND, M., *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 364 (1958).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
131	*137*	**Peptostreptococcus morbillorum** (Prévot) Smith *Diplococcus morbillorum, Diplococcus rubeolae*	Gram-positiv. Kugeln, in kurzen Ketten oder selten in kleinen Haufen. Benötigt frisches Serum oder Ascites-Flüssigkeit. α-Hämolyse. Zuerst strikt anaerob, später mikroaerophil	Verschiedene Organe, Schleim, Blut	Gefunden in Blut und Kehle bei Masern	1?	3?	2?	Vgl. *Nr. 135*
132	*138*	**Lactobacillus acidophilus** (Moro) Holland *Bacillus acidophilus*, Boas-Oppler-Bazillus, Döderlein-Bazillus, Milchsäurebazillus Boas und Oppler	Gram-positiv, in alten Kulturen oft Gram-negativ. Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, wächst in sauren Medien. Mikroaerophil	Intestinalinhalt von Flaschenkindern, Vagina (Doderleinsche Scheidenbakterien), im Magensaft bei Stagnationszuständen (Boas-Opplersche Bakterien)	Nicht pathogen	0	0	1	Zu *Nr. 138* und *139:* Voraussetzung für eine dichte Bifidusflora beim Säugling ist ein Mindestverhältnis von 2,6:1 zwischen Lactose und Protein in der Milchnahrung (bei der Muttermilch ist dieses Verhältnis etwa 5:1). Die bei guter Bifidusflora beobachtete
132	*139*	**Lactobacillus bifidus** (Tissier) Holland *Bacillus bifidus, Bacillus bifidus communis*	Gram-positiv. In alten Kulturen irreguläre Färbung. Kleine Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, Gabel- und Keulenformen möglich. Strikt anaerob, später mikroaerophil	Intestinalinhalt von Brustkindern, in geringer Anzahl auch im Darminhalt von Flaschenkindern	Nicht pathogen	0	0	1	größere Infektionsresistenz wird vielfach als direkte Folge der Bifidusflora angesehen. Der umgekehrte Schluß scheint nach eingehender Analyse eher berechtigt, daß nämlich eine gute Reaktionslage des Organismus eine Vermehrung der Bifidusflora herbeiführt[1]
133	*140*	**Eubacterium disciformans** (Massini) Prévot *Bacillus disciformans*	Gram-positiv. Kleine, unbewegliche, ovale Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kleinen Haufen. Anaerob	Atmungswege, Leber, Haut. Verbreitet	Pathogen für den Menschen und verschiedene Tiere. Isoliert aus eitrigem Empyem, Lungengangrän, Leberabszeß und eitriger Dermatitis				Neben diesen hier angeführten *Eubacterium*-Arten wurden weitere 14 nicht- bzw. zweifelhaft pathogene Arten im Intestinaltrakt und anderen Organen des Menschen identifiziert
133	*141*	**Eubacterium lentum** (Eggerth) Prévot *Bacteroides lentus*	Gram-positiv. Kleine, unbewegliche, ovale Stäbchen, in Ketten. Pleomorph. Anaerob	Fäces. Verbreitet	Nicht pathogen				
134	*142*	**Catenabacterium filamentosum** Prévot	Gram-positiv. Große, unbewegliche Stäbchen, kurz und bauchig oder lang und gekrümmt. Bifurkation. Anaerob	Körperhöhlen. Verbreitet	Nicht pathogen				Neben diesen hier angeführten *Catenabacterium*-Arten wurden weitere 4 nicht- bzw. zweifelhaft pathogene Arten im Intestinaltrakt und anderen Organen des Menschen identifiziert
134	*143*	**Catenabacterium nigrum** Prévot *Streptobacillus gangrenae pulmonaris*	Gram-positiv. Unbewegliche Stäbchen, in Ketten verschiedener Länge. Pleomorph. Agar schwärzend. Fötider Geruch. Anaerob		Isoliert aus einem gangränen Lungenabszeß				
134	*144*	**Catenabacterium leptotrichoides** Prévot *Leptothrix sp.* Jay	Gram-positiv. Lange, unbewegliche Stäbchen, in kurzen Ketten oder langen Fäden. Wachstum benötigt Serum oder Ascites-Flüssigkeit. Anaerob	Mund. Verbreitet	Isoliert bei Zahncaries. Nicht pathogen				
135	*145*	**Ramibacterium ramosum** (Veillon und Zuber) Prévot *Bacillus ramosus, Fusiformis ramosus*	Gram-positiv. Gerade, schlanke, unbewegliche Stäbchen, auch fadenförmig, gegabelt, mit falschen Verzweigungen, kugelförmig gebaucht. Gasbildend. Anaerob	Körperhöhlen, Meerwasser. Weit verbreitet	Pathogen. Gefunden bei Mastoiditis, Otitis, Lungengangrän, eitriger Pleuritis, Appendicitis, Intestinalinfektionen, Balanitis, Osteomyelitis, Leberabszessen, Septikämien usw.				Neben den hier angeführten *Ramibacterium*-Arten wurden 2 weitere möglicherweise pathogene Arten aus dem Mund des Menschen isoliert
135	*146*	**Ramibacterium pleuriticum** Prévot	Ähnlich *R. ramosum*	Körperhöhlen, speziell Atmungswege	Isoliert bei fötider eitriger Pleuritis				

1) Petuely, F., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 155 (1956).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
135	*147*	**Ramibacterium ramosoides** (Runeberg) Prévot *Bacillus ramosoides*	Gram-positiv. Unbewegliche, ovale Zellen, in kurzen Ketten oder langen Fäden. Falsche Verzweigungen. Gasbildend, mit fötidem Geruch. Anaerob	Appendix, Tränensack, Lungen. Verbreitet	Isoliert bei Appendicitis und anderen Eiterungen				
135	*148*	**Ramibacterium pseudoramosum** (Distaso) Prévot *Bacillus pseudoramosus*	Ähnlich *R. ramosum*, aber kleiner und gekrümmter	Intestinaltrakt. Sehr verbreitet	Nicht pathogen				
136	*149*	**Cillobacterium meningitidis** Prévot *Cillobacterium meningitis*	Gram-positiv. Stark bewegliche pleomorphe Stäbchen, gelegentlich oval oder fadenförmig. Bipolare Färbung. Gasbildend. Anaerob		Isoliert bei einem tödlichen Fall von eitriger Meningitis otischen Ursprungs				Zwei weitere *Cillobacterium*-Arten wurden unter pathologischen Verhältnissen gefunden (Lungengangrän, fiebrige Endocarditis)
140	*150*	**Corynebacterium diphtheriae** (Flügge) Lehmann und Neumann *Bacillus diphtheriae, Corynebacterium ulcerans*, Diphtheriebazillus, Klebs-Löffler-Bazillus, Klebssche Stäbchen, Löffler-Bazillus	Gram-positiv. In alten Kulturen sich nicht intensiv färbend. Einzelne, an einem oder beiden Enden aufgeschwollene Stäbchen. Mit Methylenblau Färbungen in alternierenden Streifen. Metachromatische Granulierung. Unbeweglich. Fakultativ aerob	Atemwege von Diphtheriekranken, auch von gesunden Bazillenträgern, in oberflächlichen Wunden und Conjunctiva	Erreger der Diphtherie; pathogen ist nur das ausgeschiedene (neurotrope) Exotoxin. Vgl. unten	**Antitoxin! plus Penicillin oder Erythromycin**			Penicillin wirkt gegen *C. diphtheriae* nur in sehr hohen Dosen (bis 1 Million IE je Tag und mehr). Vgl. unten

Diphtherie (*Nr. 150*)

Der Anteil der Diphtherie an der Mortalität der Gesamtbevölkerung hat im Vergleich zur Jahrhundertwende stark abgenommen und beträgt heute im Durchschnitt verschiedener Länder 5 Todesfälle auf eine Million Einwohner, mit Schwankungen von Land zu Land zwischen 1 und 18 Todesfällen pro Million[1]. Die Diphtheriemortalität, bezogen auf alle Diphtheriefälle, die am Ende des 19. Jahrhunderts noch bis zu 46% betrug[2], wurde durch die Antitoxinbehandlung und Impfung weiterer Bevölkerungskreise auf 5% herabgedrückt[3]. In vollgeimpften Gruppen beträgt sie nur noch 0,5%[4]. Die Diphtheriesterblichkeit des männlichen Geschlechtes ist etwa 1,5mal größer als die des weiblichen, größer unter 5 Jahren und über 50, mit 29% am größten bei chronischen Alkoholikern[3].

Man unterscheidet 3 Diphtherieerreger-Typen[5]: Typ *mitis*, *intermedius* und *gravis*. Ihre Häufigkeit[6] verhält sich etwa wie 1:1:1,7, die Mortalität[6] der durch sie verursachten Erkrankungen wie 1:2,7:3,1. Früher eine ausgesprochene Krankheit des Kleinkindes, werden heute immer mehr auch Kinder, Jugendliche und Erwachsene befallen. In 60% der Fälle ist der Sitz der Läsion in der Tonsillen-Rachen-Gegend (Mortalität 1,8%); in etwa 8% ist dazu noch der Kehlkopf (Mortalität 7,3%), in weiteren 8% die Nase (Mortalität 8,9%) befallen[3]. Dehnt sich die Infektion auf größere Gebiete aus, zum Beispiel auf die oberen Atmungswege bis zu den Bronchien oder in die Weichteile gegen den Nacken, so beträgt die Mortalität bis zu 90%[3]. Die häufigste und gefährlichste Komplikation der Diphtherie ist die Myocarditis, die in etwa einem Zehntel der Fälle zu erwarten und mit der hohen Sterblichkeit von 50% belastet ist[3]. Seltener und weniger gefährlich sind Bulbärparalyse und periphere Lähmungen (4 bzw. 2% Häufigkeit, 18 bzw. 13% Mortalität)[3].

Behandlung

Da die Krankheitssymptome der Diphtherie nur durch das vom Erreger ausgeschiedene Toxin verursacht werden, ist eine klinische Diphtheriediagnose praktisch immer ein Beweis einer schon im Gange befindlichen Toxinproduktion. Sofort verabreichtes Antitoxin muß deshalb die Krankheit günstig beeinflussen, was durch die Erfahrung drastisch bewiesen wird: *Als Regel steigt während der ersten 10 Tage mit jedem Tag Verzögerung in der Toxinverabreichung die Sterblichkeit um 3%*[3, 6]. Auch die Gefahr von Komplikationen steigt entsprechend. Die möglichst frühzeitige Verabreichung genügender Mengen Antitoxin ist deshalb nach wie vor die Hauptmaßnahme jeder Diphtheriebehandlung. Leichte Fälle lassen sich damit durchaus beherrschen, antibiotische Behandlung ist hier überflüssig.

Bei mittelschweren und schweren Fällen hingegen, bei denen die Intoxikation bedrohlich erscheint oder es zu einer gefährlichen Ausdehnung der lokalen Gewebsveränderungen mit Stenosegefahr kommt oder eine Mitbeteiligung von Sekundärerregern vermutet werden kann oder bei solchen Fällen, die erst spät in die Hand des Arztes gelangen, ist neben der Serumtherapie eine energische antibiotische Behandlung angebracht[7–16]. Die toxischen Symptome werden in der Regel prompt beeinflußt, die Demarkation der Beläge erfolgt schneller, die Diphtheriebazillen in den Abstrichen verschwinden rascher, die Krankheitsdauer wird verkürzt.

Die Empfindlichkeit in vitro der Diphtheriebazillen gegen Penicillin schwankt zwischen 0,004 und 1 IE/ml[7, 8], wobei der Gravis-Typ in der Regel der unempfindlichste ist, während der Mitis-Typ die größten Empfindlichkeitsvariationen zeigt. Solche Konzentrationen können in vivo nur mit sehr hohen Dosen erreicht werden. Die minimale Dosis sollte ungeachtet des Alters 100 000 IE alle 3 Stunden betragen. Stumme Bakterienträger sind parenteral und lokal zu behandeln (Lösungen mit 1000 IE/ml als Spray, Gurgellösung usw., je nach Lokalisation). In manchen Fällen ist auch noch Fokalsanierung nötig[11, 12, 17].

Unter den neueren Antibiotica hat sich das Erythromycin als sehr wirksam erwiesen[18] und dürfte mindestens ebenso gut, wenn nicht besser als Penicillin wirken. Dosierung: 200–300 mg oral alle 6 Stunden während 7–10 Tagen (intravenös alle 8 Stunden).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: **halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
140	*151*	**Corynebacterium pyogenes** (GLAGE) EBERSON *Bacillus liquefaciens pyogenes bovis, Bacillus pyogenes*	GRAM-positiv. Kleine, unbewegliche Stäbchen, einzeln oder in Ketten. β-Hämolyse. Aerob und anaerob	Abszesse	Isoliert aus Eiter				6 weitere möglicherweise pathogene *Corynebacterium*-Arten wurden in verschiedenen gesunden Organen des Menschen nachgewiesen
140	*152*	**Corynebacterium acnes** (GILCHRIST) EBERSON *Bacillus acnes, Bacillus parvus liquefaciens, Corynebacterium liquefaciens, Propionibacterium acnes*	GRAM-positiv. Einzelne, unbewegliche Stäbchen, gelegentlich keulenförmig. Färbung in Banden. Auf Nährböden nur schlechtes Wachstum. Anaerob bis aerotolerant	Talgdrüsen, Haarfollikel	Isoliert aus Aknepusteln	1	4	3	2 Erythromycin
140	*153*	**Corynebacterium parvum** PRÉVOT *Corynebacterium parvum infectiosum*	GRAM-positiv. Kleine, unbewegliche, gekrümmte, keulenförmige Stäbchen, in Paaren. Strikt anaerob	Weibliche Urogenitalorgane	Assoziiert mit verschiedenen Infektionen des weiblichen Urogenitaltraktes				
141	*154*	**Listeria monocytogenes** (MURRAY et al.) PIRIE *Bacterium monocytogenes*	GRAM-positiv. Kleine Stäbchen, einzeln, in V-förmigen oder parallelen Paaren, beweglich mit peritrichen Geißeln, auf Blutagar β-Hämolyse, in allen Kulturen buttermilchartiger Geruch. Aerob, fakultativ anaerob	Organe, Blut, zerebrospinale Flüssigkeit von Mensch und Tier	Listeriosen bei Tieren, auf der ganzen Welt verbreitet. Beim Menschen gelegentlich Erreger von Meningitis und Endocarditis. Wird gefunden bei infektiöser Mononukleose, Zusammenhang obskur. Über Listeriosen vgl. [1]	1	4	3	2 Erythromycin Approximative Empfindlichkeit von *L. monocytogenes* gegen Antibiotica in µg/ml: Chloramphenicol ... 12 Streptomycin ..... 6 Neomycin ..... 1,5 Tetracycline ..... 1,5 Erythromycin ..... 1 Penicillin 0,4
142	*155*	**Erysipelothrix insidiosa** (TREVISAN) LANGFORD und HANSEN *Bacillus insidiosus, Erysipelothrix Erysipeloides, Erysipelothrix muriseptícus, Erysipelothrix porci, Erysipelothrix rhusiopathiae*, Bazillus des Schweinerotlaufs, Bazillus der Septikämie bei Mäusen, Bacille du rouget, Bacilo del salmonete	GRAM-positiv, einige Zellen auch GRAM-negativ. Schlanke Stäbchen in glatten Kolonien. In rauhen Kolonien kurze Stäbchen in wirren Haufen oder Fäden. α-Hämolyse. Fakultativ anaerob	Weit verbreitet im ganzen Tierreich, wie Ratten, Vögel, Hunde, Pferde usw., auch im Hautschleim gesunder Fische[2]. Besonders virulent für Schweine, Schafe und Mäuse	Erreger des Schweinerotlaufs (Erysipeloid), auch pathogen für den Menschen. Inkubationszeit etwa 2 Tage. Gefährdet sind vor allem Personen, die mit infiziertem Fleisch in Berührung kommen. Auch Fische können infiziert sein (eventuell postmortale Infektion)	1	2	2	**Penicillin + Streptomycin** wirken synergistisch. Beim Menschen ist das Erysipeloid im Gegensatz zum Schwein eine lokalisierte Infektion, vorwiegend an der Hand (Daumen, Zeigefinger, Handrücken). Bei Berührung sehr, bei tiefem Druck weniger empfindliche Schwellung. Schmerz wird durch Wärme gesteigert. Anamnese (Beruf, Fleisch, Fisch) immer charakteristisch[3]. Kann das Bild eines Panaritiums vortäuschen und wird oft mit diesem verwechselt. Dauer (ohne Antibiotica) 2–3 Wochen. Es kommen auch Fälle mit intermittierendem Fieber vor. Rotlaufseptikämien mit Endocarditis sind in der Literatur ebenfalls erwähnt[4]. Übersicht vgl. [5]

1) KREPLER und FLAMM, *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **7**, 64 (1956); Editorial, *Brit. med. J.*, **2**, 209 (1957); WINN et al., *Ann. N.Y.. Acad Sci.*, **70**, 624 (1958); HOEPRICH, P. D., *Medicine (Baltimore)*, **37**, 143 (1958). *2)* SNEATH et al., *Brit. med. J.*, **2**, 1063 (1951). *3)* PRICE und BENNETT, *Brit. med. J.*, **2**, 1060 (1951). *4)* LODENKÄMPER und NICKEL, *Ärztl. Wschr.*, **8**, 697 (1953). *5)* BINGOLD und TRUMMERT, *Ärztl. Wschr.*, **7**, 593 (1952); SIKES, D., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 717 (1958).

Diphtherie *(Fortsetzung)*

Prophylaxe

Die Kombinationsimpfung mit Diphtherie-Pertussis- oder Diphtherie-Pertussis-Tetanus-Toxoiden hat sich bewährt[19]. Man beginne damit frühestens im 3. Lebensmonat, weil zunächst noch das Zurückgehen der im Kinde kreisenden mütterlichen Antikörper abgewartet werden muß[20]. Eine zuverlässige Immunisierung erfolgt durch 3 Injektionen mit einem zeitlichen Abstand von 4–5 Wochen zwischen der 1. und 2., von 3–4 Monaten zwischen der 2. und 3. Injektion.

Literatur: *1)* La mortalité par diphtérie, *Chron. Org. mond. Santé*, **10**, 83 (1956). *2)* BOURDON, C. A., *Canad. J. publ. Hlth*, **36**, 305 (1945). *3)* Nach einer Zusammenstellung in NAIDITCH und BOWER, *Amer. J. Med.*, **17**, 229 (1954). *4)* JOHNSTON, J., *Lancet*, **1**, 645 (1944); RAMON, G.; *J. Amer. med. Ass.*, **141**, 1028 (1949). *5)* MCLEOD, J. W., *Bact. Rev.*, **7**, 1 (1943). *6)* BRAINERD und BRUYN *Calif. Med.*, **75**, 290 (1951). *7)* LONG, D. A., *Brit. med. J.*, **1**, 773 (1946). *8)* CRUICKSHANK et al., *Lancet*, **2**, 517 (1948). *9)* LONG, D. A., *Brit. med. J.*, **1**, 884 (1947). *10)* DE et al., *Brit. med. J.*, **1**, 376 (1947). *11)* WEINSTEIN, L., *Amer. J. med. Sci.*, **213**, 308 (1947). *12)* KARELITZ, S., *Bull. U. S. Army med. Dep.*, **7**, 257 (1947). *13)* BIXBY, E. W., *Amer. J. med. Sci.*, **215**, 509 (1948). *14)* SCHNEIDER, R., *Ärztl. Wschr.*, **6**, 1112 (1951). *15)* VORLAENDER und KERP, *Klin. Wschr.*, **30**, 982 (1952). *16)* SCHNEIDER, R., *Ärztl. Wschr.*, **8**, 223 (1953). *17)* FLOREY, M. E., *The Clinical Application of Antibiotics: Penicillin*, London (1952); CRAWFORD, J. D., *New Engl. J. Med.*, **239**, 220 (1948); ÖBERG, G., *Acta paediat. (Uppsala)*, **37**, 204 (1949). *18)* HAIGHT und FINLAND, *New Engl. J. Med.*, **247**, 227 (1952); RICCI et al., *Aggiorn. pediat.*, **4**, 409 (1953); BLUTE, J. F., *New Engl. J. Med.*, **251**, 70 (1954); HERRELL, E. W., *Erythromycin*, Antibiotics Monograph Nr. 1, New York (1955); BEACH et al., *Pediatrics*, **16**, 335 (1955). *19)* BOUSFIELD, G., *Lancet*, **1**, 1028 (1951); American Public Health Association, *Control of Communicable Diseases in Man*, 8. Aufl., New York (1955); BARR et al., *Brit. med. J.*, **2**, 635 (1955); Editorial, *Brit. med. J.*, **2**, 663 (1955); PARISH, H. J., *Brit. med. J.*, **2**, 631 (1955); SPILLER et al., *Brit. med. J.*, **2**, 639 (1955); BARR et al., *Lancet*, **1**, 6 (1950); GREENBERG, L., *Bull. Org. mond. Santé*, **12**, 751 (1955); ibid., **13**, 367 (1955). *20)* BOUSFIELD, G., *Lancet*, **1**, 1028 (1951).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
146	*156*	**Bacillus anthracis** Cohn *emend.* Koch Anthrax-Bazillus, Davaine-Bazillus, Bactéridie des charbons, Maladie charbonneuse	Gram-positiv. Unbewegliche, eingekapselte Stäbchen mit quadratischen oder konkaven Enden, in langen Ketten. Starkes Wachsen auf den meisten Nährböden. Ellipsoide oder zylindrische Sporen. Variable Hämolyse. Aerob und fakultativ anaerob	Infizierte Tiere und Menschen. Übertragen durch Kontakt mit Häuten (Felle) und durch Stechmücken	Erreger des Milzbrandes bei Mensch, Schwein, Schaf, Kaninchen, Meerschweinchen, Maus usw.	1	0	1	
147	*157*	**Clostridium fallax** (Weinberg und Séguin) Bergey et al. *Bacillus fallax, Clostridium pseudo-fallax*	Gram-positiv. Stäbchen einzeln oder in Paaren. Beweglich mit peritrichen Geißeln. Ovale Sporen, aber selten, in Körperflüssigkeit eingekapselt. Anaerob	Wahrscheinlich weit verbreitet	Isoliert aus Kriegswunden mit Gasbrand und bei Appendicitis	1	0	2	Neben den hier angeführten *Clostridium*-Arten wurden weitere 14 nicht- oder möglicherweise pathogene Arten aus dem Intestinaltrakt usw. des Menschen isoliert. Über *Clostridium* vgl. [1], über Gasbrand vgl. unten
147	*158*	**Clostridium septicum** (Macé) Ford *Bacillus septicus, Vibrio pasteurii,* Ghon-Sachs-Bazillus, Pararauschbrandbazillus, Vibrion septique Pasteur et Joubert	Gram-positiv. In Kulturen Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, in Körperexsudaten in langen Ketten und Fäden. Beweglich mit peritrichen Geißeln. Ovale Sporen. Anaerob	Intestinaltrakt von Tieren, gedüngter Boden	Isoliert aus Kriegswunden mit Gasbrand und bei Appendicitis. Bildet ein stark wirkendes hämolytisches Exotoxin	1	0	2	Über Gasbrand vgl. unten
147	*159*	**Clostridium novyi,** Typ A (Migula) Bergey et al. *Bacillus novyi, Bacillus oedematis maligni* Nr. 2, *Bacillus oedematis thermophilus,* Novy-Bazillus, Bacille B de Weinberg et Séguin	Gram-positiv. Stäbchen einzeln und in Paaren. Beweglich mit peritrichen Geißeln. Große, ovale, subterminale Sporen. Anaerob	Tierischer Intestinaltrakt, gedüngter Boden	Isoliert aus Gasbrand beim Menschen und aus nekrotischer Hepatitis. Bildet ein stark wirksames Exotoxin	1	0	2	Über Gasbrand vgl. unten
147	*160*	**Clostridium botulinum,** Typ B (Van Ermengem) Holland *Bacillus botulinus*	Gram-positiv. Stäbchen, gewöhnlich leicht gekrümmt, einzeln, in Paaren, manchmal in langen Ketten. Beweglich mit peritrichen Geißeln. Ovale Sporen. Strikt anaerob	Vermutlich in der Erde	Wirkt nur pathogen durch ein ausgeschiedenes, thermolabiles Toxin mit spezifischer Wirkung auf die Zentren des Hirnstammes (Botulismus)	**Antitoxin**			Die meisten Botulismusvergiftungen entstehen nach Genuß schlechter Konserven (zumeist Selbsteingemachtes): Bohnen, Erbsen oder Fleisch, sofern diese kalt angerichtet werden (Bohnensalat! etwa 80% der Fälle), *Kochen zerstört das Botulismusgift.* – Die einzige wirksame Behandlung besteht in der Verabreichung hoher Antitoxindosen und symptomatisch entgiftender Behandlung (Magenspülung meist zu spät, da das Gift langsam wirkt). Vgl. auch «Vergiftungen». Über Gasbrand vgl. unten

1) McClung, L. S., *Ann. Rev. Microbiol.*, **10**, 173 (1956).

Gasbranderreger (*Nr. 157–174*)

Alle gasbranderregenden Clostridien und *Cl. tetani* sind als Fäulnisbakterien typische Bodenbewohner, besonders fäkal gedüngter Böden. In kleinerer Anzahl finden sie sich auch als Saprophyten in den unteren Darmabschnitten und in der Vagina. Die im Vergleich zu ihrer Verbreitung geringe Häufigkeit der von ihnen verursachten Infektionen erklärt sich durch ihr anaerobes Wachstum. Optimale Lebensbedingungen finden sie in tiefen, erdverschmutzten Verletzungen mit zerfetztem oder gequetschtem, von der normalen Blutzirkulation ganz oder teilweise abgeschnittenem Gewebe. In diesem kommt es zu Ödem-, Toxin- und Gasbildung unter fortschreitender Nekrotisierung (Gasphlegmone, Gasgangrän).

Die Infektion erfolgt in der Regel durch Sporen. Die Inkubationszeit dauert 1–5 Tage, selten länger. Volle Ausbildung der Symptome und Tod innert weniger Stunden läßt auf Ansteckung durch vegetative Keime schließen (zum Beispiel auf lange umkämpften Schlachtfeldern, wie im Ersten Weltkrieg bei Verdun[1]). Außer bei erdverschmutzten Wunden wird Gasgangrän nicht selten nach kriminellen Aborten und gelegentlich nach Darmoperationen beobachtet.

Behandlung

Alle verschmutzten, stark zerfetzten und ähnliche Wunden, die eine Gasbrandinfektion befürchten lassen, sind durch ausgedehntes chirurgisches Débridement sorgfältig zu säubern. Als wirksamste Antibiotica sind sofort Oxytetracyclin (vgl. S. 631, bei Tetanus) in normaler oder Penicillin in hoher Dosierung zu verabreichen. Bei stark traumatisierten Wunden ist die Penicillininfiltrierung des ganzen Wundbereiches zu empfehlen. Bei etabliertem Gasgangrän ist die Verabreichung von Antitoxin unerläßlich. International standardisiert sind die Antitoxine gegen *Cl. bifermentans, histolyticum, perfringens* und *septicum*, vgl. «Standard- und Referenzpräparate».

Literatur: *1*) Zeissler, J., *Ärztl. Wschr.*, **9**, 769 und 793 (1954).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
147	*161*	**Clostridium aerofoetidum** (WEINBERG und SÉGUIN) BERGEY et al. *Bacillus aerofoetidus*, Bacille D de WEINBERG et SÉGUIN	GRAM-positiv. Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, mit peritrichen Geißeln beweglich, Sporen selten, oval, subterminal, gasbildend. Anaerob	Vermutlich in der Erde. Im Intestinaltrakt	Isoliert aus Gasbrand und Fäces	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*162*	**Clostridium sporogenes** (METCHNIKOFF) BERGEY et al. *Bacillus sporogenes*	GRAM-positiv. Stäbchen, einzeln oder in Paaren, seltener in kurzen bis langen Ketten und Fäden, mit peritrichen Geißeln beweglich, gasbildend. Ovale Sporen. Anaerob	Regulär in gedüngtem Erdboden, Intestinaltrakt	Isoliert aus Gasbrand und Darm	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*163*	**Clostridium bifermentans** (WEINBERG und SÉGUIN) BERGEY et al. *Bacillus bifermentans*, *Bacillus bifermentans sporogenes*, *Clostridium sordelli* (virulente Stäbchen)	GRAM-positiv. Stäbchen, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, nur in sehr jungen Kulturen beweglich. Ovale Sporen. Anaerob	Fäces, Erde und Abwasser	Isoliert aus Gasbrand und faulem Fleisch. Einige Stämme bilden ein stark wirkendes Toxin	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*164*	**Clostridium perfringens** (VEILLON und ZUBER) HOLLAND *Bacillus aerogenes capsulatus*, *Bacillus emphysematosus*, *Bacillus perfringens*, *Bacillus phlegmones emphysematosae*, *Bacillus welchii*, *Clostridium welchii*, WELCH-Bazillus	GRAM-positiv. Kurze, dicke Stäbchen, einzeln, in Paaren, seltener in kurzen Ketten, Sporen oval, zentral bis exzentrisch, unbeweglich, eingekapselt. Vergärt sehr rasch Milch. Anaerob	Fäces, Abwasser, Erdboden	Gasbranderreger, bildet ein stark wirkendes Toxin	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*165*	**Clostridium sphenoides** (BULLOCH et al.) BERGEY et al. *Bacillus sphenoides*	GRAM-positiv nur in jungen Kulturen. Kleine, fusiforme Stäbchen, einzeln, in Paaren und manchmal in kurzen Ketten, beweglich, runde, subterminale, in der Reifung terminale Sporen. Anaerob	Unbekannt	Gasbranderreger	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*166*	**Clostridium innominatum** PRÉVOT *Bacillus E* ADAMSON	GRAM-positiv nur in jungen Kulturen. Sehr kleine, dicke Stäbchen, an einem oder beiden Enden spitz, einzeln, in Paaren, Ketten oder Fäden, beweglich, kugelige Sporen. Anaerob	Unbekannt	Isoliert aus septischen und gangränösen Kriegswunden	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*167*	**Clostridium paraputrificum** (BIENSTOCK) SNYDER *Bacillus diaphthirus*, *Bacillus paraputrificus*	GRAM-positiv. Gerade oder schwach gebogene Stäbchen mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, ovale, terminale Sporen, beweglich mit peritrichen Geißeln. Anaerob	Regulär im Intestinaltrakt	Isoliert aus Fäces, Gasbrand und Septikämie	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*168*	**Clostridium capitovale** (SNYDER und HALL) SNYDER *Bacillus capitovalis*, *Clostridium capitovalis*	GRAM-positiv. Zarte, gebogene Stäbchen, mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren, seltener in kurzen Ketten, mit langen peritrichen Geißeln beweglich, ovale Sporen. Anaerob	Unbekannt	Isoliert aus Fäces und Gasbrand	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
147	*169*	**Clostridium tetanoides** (ADAMSON) HAUDUROY et al. *Bacillus tetanoides (A)*	GRAM-positiv in jungen Kulturen, danach GRAM-negativ. Stäbchen, mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren oder kurzen Ketten, nie in Fäden, große, runde, terminale Sporen. Anaerob	Unbekannt	Isoliert aus Kriegswunden und Gartenerde	1	0	2	
147	*170*	**Clostridium tetani** (FLÜGGE) HOLLAND *Bacillus tetani*, NICOLAIER-Bazillus, Tetanusbazillus	GRAM-positiv. Stäbchen, mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren und oft in langen Ketten und Fäden, mit peritrichen Geißeln beweglich, runde, terminale Sporen. Hämolyse auf Blutagar. Anaerob	Erdboden, Intestinaltrakt	Erreger des Tetanus (Starrkrampf), bildet ein stark wirkendes neurotropes Toxin	1 **Antitoxin**	0	2	Vgl. unten
147	*171*	**Clostridium lentoputrescens** HARTSELL und RETTGER	Schwach GRAM-positiv, danach GRAM-negativ. Stäbchen, mit abgerundeten Enden, einzeln, in Paaren oder Ketten, mit peritrichen Geißeln beweglich, Sporen rund, terminal. Hämolyse auf Blutagar. Anaerob	Erdboden, Intestinaltrakt	In der Regel nicht pathogen	1	0	2	

Tetanus (*Nr. 170*)

Zwischen 1939 und 1949 starben in den USA auf eine Million Einwohner jährlich 3–4 an Starrkrampf[1]. Heute dürfte die Zahl etwas kleiner sein, ist aber immer noch zu hoch, wenn man bedenkt, daß Tetanus durch die Toxoidschutzimpfung praktisch zum Erlöschen gebracht werden könnte[2], wie es besonders die Erfahrungen der alliierten Truppen während des letzten Weltkrieges bewiesen haben[3, 4]. Wir möchten deshalb an dieser Stelle jeden Arzt dazu anhalten, bei den von den Eltern vielfach aus eigenem Antrieb gewünschten Impfungen gegen Keuchhusten Tripeltoxoide Pertussis-Diphtherie-Tetanus zu verwenden, denn gegen Tetanus allein läßt sich selten jemand sein Kind impfen. Die Immunität dauert 5–10 Jahre und ist jederzeit durch eine Erinnerungsinjektion innert 4–5 Tagen wieder wachzurufen. Diese kurze Zeitspanne zur Schaffung einer Vollimmunität nach lange zurückliegenden Tetanusimpfungen genügt, um bei tetanusgefährlichen Verwundungen mit einer sofortigen Erinnerungsinjektion einem eventuellen Ausbruch des Starrkrampfes zuvorzukommen[5]. Damit kann die wegen ihrer nicht seltenen anaphylaktischen Reaktionen oft harmvolle prophylaktische Antitoxinverabreichung durch eine ungefährliche Toxoidimpfung umgangen werden[6]. Ist der Verletzte hingegen vorher noch nie schutzgeimpft worden, so kommt eine reguläre Impfung zur Zeit der Verwundung zu spät, weil die Immunität erst nach 4–5 Wochen ausgebildet wird. In solchen Fällen sind 3000–5000 Einheiten Antitoxin unverzüglich zu geben bzw. mehr, falls eine vollständige Säuberung der Wunde nicht möglich ist oder die Behandlung nicht rechtzeitig erfolgen konnte[5].

Die Schwere der Krankheitssymptome verhält sich beim Starrkrampf umgekehrt proportional zur Inkubationsdauer. Bei einem Ausbruch der Tetanussymptome innert 1–10 Tagen ist die Mortalität mindestens zweimal größer als bei längeren Inkubationszeiten[1, 6–8]. Unter einem Jahr und über Fünfzig ist die Prognose schlechter als im dazwischenliegenden Intervall[1]. Die durchschnittliche Mortalität für Kinder und Erwachsene beträgt je nach Spital 20–50%[6, 7, 9], für Neugeborene 50–96%[10].

Die ersten Symptome bestehen in der Regel in spastischer Rigidität der Rücken- und Nackenmuskulatur (Patient «trägt den Kopf hoch») sowie der Gesichts- und Kaumuskulatur (klassischer *Risus sardonicus*). Schließlich werden alle Muskeln befallen, es kommt zu Opisthotonus, Laryngospasmus usw., zu Trismus und heftigen Konvulsionen. Letztere können durch leichteste Licht-, Geräusch- und andere Reize ausgelöst bzw. verstärkt werden. Der Tod erfolgt in der Regel durch Versagen der Atmung.

Die Muskelsymptome sind eine Folge der Vergiftung der motorischen Zentren durch das von *Cl. tetani* ausgeschiedene Neurotoxin. Dieses Gift besitzt eine derart große Affinität zu den betroffenen nervösen Zentren, daß einmal fixierte Giftmengen therapeutisch nicht mehr beeinflußt werden können. Da die Tetanusfälle gewöhnlich erst dann behandelt werden, wenn die Symptome ausgebrochen sind, das heißt dann, wenn die Toxinproduktion schon in vollem Gange ist und entsprechende Toxinmengen fixiert worden sind, können durch Antitoxin- und antibiotische Behandlung höchstens noch die frei kreisenden Toxine unschädlich gemacht und die weitere Giftproduktion unterbunden werden. Bei etabliertem Starrkrampf – die meisten Tetanustodesfälle der Spitäler ereignen sich in den ersten Tagen nach der Einlieferung[7, 11] – hängt das Leben des Kranken deshalb nicht von der Antitoxin- oder Antibioticatherapie ab, sondern von den apparativen und pflegerischen Möglichkeiten des betreffenden Spitals, den Patienten von der Peripherie her am Leben zu erhalten.

Das dringendste Problem in solchen Fällen besteht in der Bekämpfung der Muskelkrämpfe durch zentrale, bis zur Narkose gesteigerte Sedation oder durch Relaxation mit curareähnlichen Mitteln oder durch beides ([8, 12, 13] u. a.) sowie durch Ausschaltung aller stimulierenden Reize (Isolierung, Verdunkelung, intravenöse Ernährung[14], sofern der Patient nicht medikamentös in tiefer Bewußtlosigkeit gehalten wird. In schweren Fällen sind sofortige Tracheotomie oder Intubation, intravenöse Narkose, Vollcurarisierung und maschinelle Beatmung unter Beobachtung aller unter solchen Umständen durchzuführenden pflegerischen Maßnahmen die einzige Möglichkeit, den Kranken am Leben zu erhalten. Diese Behandlung ist während Wochen, bis zum Nachlassen der Muskelsymptome, durchzuhalten. Es finden sich in der Literatur Fälle, die nach 26tägiger Curaretherapie mit total 7,64 g D-Tubocurarin und Höchstdosen von 0,64 g je Tag der Genesung zugeführt werden konnten[12]. Eine solche bis zu den

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
147	*172*	**Clostridium tetanomorphum** (Bulloch et al.) Bergey et al. *Bacillus pseudo-tetanus, Bacillus tetanomorphus*	Gram-positiv. Schlanke Stäbchen, einzeln oder in Paaren, beweglich mit peritrichen Geißeln. Kugelförmige Sporen. Anaerob	Boden	Isoliert aus Wunden und Boden	1	0	2	
147	*173*	**Clostridium histolyticum** (Weinberg und Séguin) Bergey et al. *Bacillus histolyticus*	Gram-positiv. Bewegliche Stäbchen mit peritrichen Geißeln, einzeln und in Paaren. Ovale Sporen. Auf Blutagar Hämolyse. Anaerob, aber aerotolerant	Wahrscheinlich Boden	Isoliert aus Wunden (aktive Gewebsnekrose infolge des cytolytischen Exotoxins), gelegentlich Fäces und Boden	1	0	2	Über Gasbrand vgl. S. 628
147	*174*	**Clostridium tertium** (Henry) Bergey et al. *Bacillus tertius*	Gram-positiv. Bewegliche Stäbchen, einzeln und in Paaren. Ovale Sporen. Auf Blutagar Hämolyse. Anaerob und aerotolerant	Weit verbreitet in Boden, Fäces und Abwasser	Isoliert aus gangränösen Wunden und Fäces	1	0	2	
154	*175*	**Mycobacterium fortuitum** Cruz *Mycobacterium giae, Mycobacterium minetti*	Gram-positiv. Kokkenförmige oder schlanke Stäbchen, gelegentlich oval gebauchtes Ende. In Eiter fadenförmig. Unbeweglich. Aerob, säurefest	Boden, Infektionen bei Tier und Mensch	Isoliert aus Abszessen beim Menschen				
154	*176*	**Mycobacterium ulcerans** MacCallum	Gram-positiv. Einzelne Stäbchen, häufig granuliert. Aerob, säurefest		Wahrscheinlich Erreger von Hautgeschwüren				

Tetanus *(Fortsetzung)*

letzten heute zur Verfügung stehenden Möglichkeiten getriebene Therapie ist bei Starrkrampf um so gerechtfertigter, als die Heilung vollständig ist, ohne psychische oder körperliche Restschäden zu hinterlassen.

Anders als bei etabliertem Tetanus ist die seit dem Ersten Weltkriege traditionelle Antitoxin*prophylaxe* bei tetanusgefährlichen Wunden wissenschaftlich voll gerechtfertigt, sofern der Antitoxintiter über die gefährdete Zeit (3–4 Wochen) aufrechterhalten wird. Dazu genügt eine einmalige Injektion von 30 000–100 000 E[15], bei mehrmaligen Injektionen etwas mehr, weil sich die Schutzwirkung von Mal zu Mal verkürzt[16]. Gegen anaphylaktische Reaktionen vergewissere man sich nicht durch intrakutane Hautteste, weil diese viel zu oft ohne Grund positiv ausfallen, sondern durch subkutane oder intramuskuläre Probedosen[17].

Noch wichtiger als die Antitoxinprophylaxe ist die sofortige Eliminierung allfälliger Tetanuskeime und anderer Erreger durch adäquate antibiotische Behandlung. Diese muß während mindestens 14 Tagen durchgeführt werden, weil die Antibiotica nur auf die sich allmählich aus den Sporen entwickelnden vegetativen Keime sicher einwirken. Die besten Antibiotica gegen Starrkrampf scheinen auf Grund tierexperimenteller Untersuchungen Oxytetracyclin in normaler und Penicillin in hoher Dosierung zu sein, wie nachfolgende Zusammenstellung[18] zeigt:

50%ige Schutzwirkung verschiedener Antibiotica gegen Tetanus bei der Maus in Milligramm je Kilogramm Körpergewicht je Tag

Antibioticum	Bereich	Mittel
Tetracyclin	11,8—16,6	14,1
Erythromycin	7 —19,2	11,6
Chlortetracyclin	6 —18,5	10,6
Penicillin	4,7—13,9	8,1
Oxytetracyclin	0,9— 2,3	1,4

Literatur: *1)* Forbes und Auld, *Amer. J. Med.*, **18**, 947 (1955). *2)* Ramon, G., *Ann. Méd.*, **42**, 358 (1937). *3)* Barr und Sachs, *Army Pathology Advisory Committee Report W. O.*, Code Nr. 11262, London. *4)* Scheibel, I., *Bull. Org. mond. Santé*, **13**, 381 (1955). *5)* Edsall, G., *J. Amer. med. Ass.*, **171**, 417 (1959). *6)* Vinnard, R. T., *Surgery*, **18**, 482 (1945). *7)* Noel und McSwain, *Sth. med. J. (Bgham, Ala.)*, **43**, 53 (1950). *8)* Batten, R., *Lancet*, **1**, 231 (1956). *9)* Creech et al., *Surgery*, **27**, 62 (1950); Cooke, J. V., *J. Pediat.*, **43**, 220 (1953); Dietrich, H. F., in: Grulee und Eley, *The Child in Health and Disease*, 2. Aufl., Baltimore (1952). *10)* Spivey et al., *J. Pediat.*, **42**, 345 (1953); Friedlander, F. C., *J. Pediat.*, **39**, 448 (1951); Jeliffe, D. B., *Arch. Dis. Childh.*, **25**, 190 (1950). *11)* Calvin und Goldberg, *J. Amer. med. Ass.*, **94**, 1977 (1930); Spaeth, R., *Arch. intern. Med.*, **68**, 1133 (1941). *12)* Smith et al., *Lancet*, **2**, 550 (1956). *13)* Honey et al., *Brit. med. J.*, **2**, 442 (1954). *14)* Lawler, H. J., *Amer. J. Dis. Child.*, **90**, 701 (1955). *15)* Spaeth, R., *Amer. J. Dis. Child.*, **61**, 1146 (1941); Cooke und Jones, *J. Amer. med. Ass.*, **121**, 1201 (1943). *16)* Littlewood et al., *Brit. med. J.*, **2**, 444 (1954). *17)* Moynihan, N. H., *Brit. med. J.*, **1**, 260 (1956). *18)* Anwar und Turner, *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **98**, 85 (1956).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
154	*177*	**Mycobacterium tuberculosis** (ZOPF) LEHMANN und NEUMANN *Bacillus tuberculosis*, *Bacterium tuberculosis*, *Mycobacterium tuberculosis* var. *hominis*, Tuberkelbazillus des Menschen, KOCH-Bazillus, MUCH-Bazillus	GRAM-positiv. Gerade oder leicht gekrümmte Stäbchen, einzeln oder in Fäden. Säurefest. Auf allen Nährböden nur langsames Wachstum. Aerob	Mensch. Übertragen durch Tröpfchen	Pathogen, Erreger der Tuberkulose beim Menschen				Vgl. unten
154	*178*	**Mycobacterium bovis** BERGEY et al. *Mycobacterium tuberculosis* var. *bovis*, Rinder-Tuberkelbazillus	GRAM-positiv. Stäbchen kürzer und plumper als die des Tuberkelbazillus des Menschen. Säurefest. Aerob	Rinder	Erreger der Rindertuberkulose. Auf Menschen und Haustiere übertragbar				Vgl. unten

Tuberkulose (*Nr. 177* und *178*)

Obwohl in den letzten zwei Jahrzehnten die Zahl der Todesfälle durch Tuberkulose in Ländern mit einem hohen Lebensstandard stark zurückging und auch noch weiter zurückgeht (Todesfälle je 100 000 Einwohner in den USA im Jahre 1900: 194, 1940: 46, 1956: 8), scheint dennoch kein Anzeichen für eine geringere Virulenz des Tuberkelbazillus vorhanden zu sein. Von den 55 Millionen mit Tuberkelbazillen Infizierten in den USA werden schätzungsweise 2,75 Millionen einmal in ihrem Leben an aktiver Tuberkulose erkranken[1]. Neben dem Fortschritt der Chemotherapie sind auch allgemeine Behandlungsformen, verbessertes öffentliches Gesundheitswesen und nicht zuletzt frühzeitigeres Erkennen der Primärinfektion für die Abnahme der Mortalität in den letzten Jahren verantwortlich. Die Entdeckung wirksamer Tuberculostatica läßt einerseits die Erkrankung weniger akut erscheinen, wodurch eine Änderung der chirurgischen Behandlungsmethodik nötig wurde, und andererseits läßt sich die Behandlung zu einem großen Teil ambulant ausführen, wodurch sich der Bettenbedarf der Spitäler wesentlich verringert. Eine längere Behandlung mit Tuberculostatica führt zu bakterienfreiem Sputum, ein Umstand, der wesentlich zur beobachteten Verminderung der Zahl an Primärinfektionen beigetragen hat. In unterentwickelten Ländern aber ist derzeit nach Überwindung der Malaria Tuberkulose das wichtigste Gesundheitsproblem.

Durch die erfolgreichen Maßnahmen, die Milch von Tuberkelbazillen freizuhalten, konnte eine Erkrankung des Menschen durch Rindertuberkelbazillen in vielen Ländern stark zurückgedrängt werden[2]. Sofern nicht besonders vermerkt, ist im folgenden von Lungentuberkulose die Rede.

Chemotherapie

Die Toxizität des Streptomycins (SM) und die schnelle Resistenzzunahme der Tuberkelbazillen begrenzten in den ersten Jahren nach dessen Entdeckung den Indikationskreis und die Dauer der antibiotischen Tuberkulosetherapie. Die Behandlungsdauer erstreckte sich auf höchstens 3–4 Monate. Mit dem Aufkommen weiterer Tuberculostatica, zunächst der *p*-Aminosalicylsäure (PAS), gefolgt vom Isoniazid (INH), änderte sich die Situation, indem die nun möglich gewordenen Kombinationen von Präparaten es erlauben, einerseits die Dosierung und damit die Toxizität zu senken, andererseits die Resistenzzunahme ganz wesentlich zu verzögern.

Nach den heutigen Erfahrungen soll jede aktive Form der Tuberkulose durch chemotherapeutische Maßnahmen behandelt werden (vgl. die langjährigen Studien der Veterans Administration-Armed Forces Group[3] und des Medical Research Council in England[4]), wobei je zwei der folgenden Präparate zu kombinieren sind: INH 200–300 mg je Tag, SM 1,0 g zweimal wöchentlich, bis 1,0 g je Tag, PAS 12–20 g je Tag (Dosen jeweils in der Kombination). Eine Behandlungsdauer von 12 und mehr Monaten *ohne Unterbrechung* ist zumeist unerläßlich. Auch nach dem Einsetzen einer chemotherapeutischen Behandlung kann die Streuung der Bazillen auf dem Blutweg für mehrere Monate andauern[5].

Auf Grund der US-Studien erwies sich die Kombination INH + PAS am erfolgreichsten (angezeigt durch Verbesserung der Röntgenbefunde, Schließung der Kavernen, Bakterienfreiheit des Sputums). Falls nach acht Monaten die Kavernen noch nicht völlig geschlossen sind, sollte eine andere Kombination als die anfänglich gewählte versucht werden, selbst falls Sputum und eine Magensaftkultur bakterienfrei sind. Nur nach 18monatiger Behandlungsdauer noch offene Kavernen sind chirurgisch anzugehen; ist dies aber nicht möglich, soll die Chemotherapie *ad infinitum* fortgesetzt werden (vgl. unten unter Chirurgische Behandlung).

Chemotherapie mit INH allein ist in einigen Fällen, wie zum Beispiel bei Schwangeren, und prophylaktisch gerechtfertigt[6]. INH hat sich bisher als wirksamstes Präparat erwiesen, und die sich herausbildende Resistenz ist für den Patienten nicht mit so unangenehmen Begleiterscheinungen verbunden[7] wie zum Beispiel die Streptomycinresistenz. Das Erscheinen von INH-resistenten Bazillen im Sputum wird heute nicht als Grund angesehen, die Behandlung mit INH zu unterbrechen. INH wird auch von der World Health Organization für breite Anwendung empfohlen[8], da es sowohl billig ist als auch leicht prophylaktisch von gefährdeten Personen eingenommen werden kann.

Von neueren Tuberculostatica scheint Cycloserin[9] allein oder in Kombination mit INH recht wirksam zu sein, ist aber auf Grund seiner Neurotoxizität nur begrenzt anwendbar. Tetracycline und Pyrizinamid sind entschieden weniger wirksam als INH oder Streptomycin, und ihre Anwendung kommt nur als Alternative zu letzteren in Frage. Steroide der Nebenniere, kombiniert mit den üblichen Tuberculostatica, zeigten gute Wirkung[10, 15], ihre Anwendung sollte aber angesichts der bekannten Nebenwirkungen auf akute oder resistente Formen der Tuberkulose bzw. auf Personen, die gegen andere Präparate allergisch sind, beschränkt werden.

Eine klare Indikation zur Anwendung von Glucocorticosteroiden ist bei akuter *Miliartuberkulose* und *tuberkulöser Meningitis* gegeben[15]. Seit Einführung der Kombinationstherapie von INH und intramuskulärem SM besteht keine Notwendigkeit einer längeren intraspinalen Verabreichung von SM bei *tuberkulöser Meningitis*[16]. INH wird hierbei vielfach höher dosiert als bei Lungentuberkulose, das heißt mit 10 mg/kg Körpergewicht[17].

Chirurgische Behandlung

Im Falle von Kavernen hat die chirurgische Resektion fast völlig die verschiedenen Kollapsmethoden, wie Pneumothorax, Pneumoperitoneum usw., verdrängt. In Fragen der Resektion zurückbleibender Nodula ist der anfängliche Enthusiasmus einer vorsichtigeren Beurteilung gewichen, um so mehr als umfangreiche Studien nicht zeigen konnten, daß deren Entfernung von Einfluß auf die Zahl der Rückfälle ist[11]. Zumindest in Fällen von Coagulationsnekrosen können lebensfähige Bazillen nur mit großer Schwierigkeit aus ihnen kultiviert werden, so daß deren Bedeutung als mögliche Ursachen eines Rückfalls ungewiß ist[12].

Im allgemeinen besteht die Ansicht, daß ein chirurgischer Eingriff nur in Fällen, in denen nach zumindest 18monatiger Behandlung mit Tuberculostatica keine Schließung der Kavernen erzielt werden konnte, einzusetzen hat. Positive Resektionshinweise sind:

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
154	*179*	**Mycobacterium leprae** (Hansen) Lehmann und Neumann *Bacillus leprae*, Hansen-Bazillus, Leprabazillus	Gram-positiv. Stäbchen färben durchgehend oder granuliert. Meist in Haufen oder in Gruppen, Seite an Seite. Nicht kultivierbar auf Nährböden oder in Gewebskulturen. Säurefest. Aerob	Vorwiegend Haut, Testes und periphere Nerven des Menschen	Obligater Parasit beim Menschen. Erreger der Lepra. Befällt wahrscheinlich nicht innere Organe	Siehe Bemerkungen			Mittel der Wahl: Streptomycin plus Sulfone. Übersicht siehe [1]
156	*180*	**Nocardia asteroides** (Eppinger) Blanchard *Cladothrix asteroides*	Gram-positiv. Zartes Mycel, in kleine, kokkenförmige Konidien aufbrechend. Säurefest, aerob		Erreger der Nocardiosis und lungentuberkuloseähnlicher Erkrankungen. Vgl.[2]	0	?	1	Kombiniert mit Sulfonamiden. Übersicht über Nocardiosis siehe [3]

1) Mannweiler, E., *Dtsch. med. Wschr.*, **84**, 686 (1959). *2)* Mackinnon und Artagaveytia-Allende, *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **50**, 31 (1956). *3)* Wichelhausen et al., *Amer. J. Med.*, **16**, 295 (1954); Ballenger und Goldring, *J. Pediat.*, **50**, 145 (1957); Peabody, Jr., und Seabury, *J. chron. Dis.*, **5**, 374 (1957).

Tuberkulose *(Fortsetzung)*

1. Anhaltende positive Sputumreaktion in Verbindung mit schwer zu bekämpfender Bakterienresistenz.
2. Zurückbleibende Coagulationsnekrosen mit mehr als 3 cm Durchmesser.
3. Große, zurückbleibende, verdickte Kavernen.
4. Zurückbleibende, verdickte Kavernen mit vorhergehender Resistenz.
5. Bronchostenose oder Bronchiektasie mit wiederkehrender nichtspezifischer Infektion.
6. Empyema.

Mögliche Hinweise für eine Resektion sind:

1. Hämorrhagische, zurückbleibende, käsig-fibröse Läsionen.
2. Zurückbleibende Läsionen an Stelle vorhergehender multipler Kavernen.
3. Bei Patienten, bei denen eine Wiederbehandlung vergeblich sein wird, also in Fällen markanter Drogentoxizität oder Resistenz.

An jede Resektion hat sich eine längere ununterbrochene chemotherapeutische Behandlung anzuschließen, weil nur selten durch chirurgischen Eingriff alle Foci der Infektion entfernt werden.

Schutzimpfung

Bisher wurden zwei Impfstoffe angewendet, ausgehend vom BCG (bacille Calmette-Guérin), einem Rindertuberkelbazillus, und von einem Tuberkelbazillus der Wühlmaus; aber nur ersterer konnte bisher eine Bedeutung erlangen (bis 1955 ungefähr 100 Millionen Impfungen). Auf Grund umfangreicher Untersuchungen des Medical Research Council in England ergibt sich folgendes über eine BCG-Schutzimpfung:

1. Obwohl der BCG nicht wieder virulent wird, können gelegentlich gefährliche Erkrankungen bei Personen auftreten, die gerade gegen diesen Stamm nicht resistent sind[13].
2. Eine Impfung mit BCG (und auch mit dem Wühlmausbazillus) gewährt für Kinder und Erwachsene, sofern sie früher nicht natürlich infiziert wurden (tuberkulin-negativ), Schutz für zumindest vier Jahre.
3. In unterentwickelten Ländern, in denen Primärinfektionen schon in der frühesten Kindheit erfolgen, ist eine Schutzimpfung so früh als möglich durchzuführen, besonders hinsichtlich der Möglichkeit einer Ausbildung von Miliartuberkulose und tuberkulöser Meningitis.
4. In Ländern mit einem hohen Lebensstandard und einem gut ausgebildeten öffentlichen Gesundheitswesen, in denen Primärinfektionen meist erst bei Erwachsenen auftreten, scheint es zweifelhaft, ob eine breite Schutzimpfung wesentlich zur Kontrolle der Tuberkulose beitragen kann.
5. Angezeigt ist eine Schutzimpfung bei Personen, die gegenüber einer Infektion besonders gefährdet sind, wie zum Beispiel Spitalpersonal.

Es muß berücksichtigt werden, daß durch die Schutzimpfung der Tuberkulintest seinen Wert verliert und natürliche Infektionen nur schwer erkannt werden können. Mit abnehmender Zahl der Infektionen kommt diesem Test immer mehr Bedeutung in Fällen von Epidemien und für diagnostische Zwecke zu[14].

Literatur: *1)* Tuberculosis in the U. S., *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 1227 (1958). *2)* Anderson, R. J., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 632 (1958). *3)* Raleigh und Steele, *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 921 (1958). *4)* Medical Research Council, Tuberculosis Chemotherapy Trials Committee, *Brit. med. J.*, **1**, 435 (1955). *5)* Haex und van Beek, *Tuberculosis and Aspiration Liver Biopsy*, Haarlem (1955). *6)* Selikoff et al., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 550 (1956). *7)* Fox und Sutherland, *Thorax*, **10**, 85 (1955); Deuschle et al., *Amer. Rev. Tuberc.*, **70**, 228 (1954). *8)* The Work of WHO in 1956, *Off. Rev. Wld Hlth Org.*, Nr. 75 (1957), S. 4. *9)* Storey, P. B., *Transactions of 16th Conference on Chemotherapy of Tuberculosis*, Veterans Administration, Washington (1957), S. 44. *10)* Miller, A. B., ibid., S. 133; Shubin et al., *J. Amer. med. Ass.*, **170**, 1885 (1959); Prednisolone in the Treatment of Pulmonary Tuberculosis: A controlled Trial, *Brit. med. J.*, **2**, 1131 (1957). *11)* Bell, J. W., *New Engl. J. Med.*, **254**, 372 (1956). *12)* Hobby et al., *Amer. Rev. Tuberc.*, **70**, 191 (1954); Hobby, G. L., *Amer. J. Med.*, **18**, 753 (1955). *13)* Falkmer et al., *Acta paediat. (Uppsala)*, **44**, 219 (1955). *14)* Palmer et al., *Amer. Rev. Tuberc.*, **77**, 877 (1958). *15)* Mlczoch, F., *Antibiot. et Chemotherap.*, **7**, 302 (1960). *16)* Treatment of tuberculous meningitis: a comparative trial, *Lancet*, **2**, 756 (1957). *17)* Crofton, J., *Brit. med. Bull.*, **16**, 55 (1960).

Übersichtsliteratur: (Allgemeines) Raleigh und Steele, *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 921 (1958); Selikoff und Rabin, *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 401 (1956); Kass et al., *Ann. intern. Med.*, **47**, 744 (1957). (Chemotherapie) Ebert, R. H., *Amer. J. Med.*, **18**, 738 (1955); Raleigh und Steele, loc. cit.; Medical Research Council, Tuberculosis Chemotherapy Trials Committee, *Brit. med. J.*, **1**, 435 (1955); Selikoff und Rabin, loc. cit.; Selikoff, I. J., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 331 (1956); Kass et al., loc. cit.; Raleigh, J. W., *Amer. Rev. Tuberc.*, **76**, 540 (1957); The Therapeutic Trials Committee of the Swedish National Association Against Tuberculosis, *Acta tuberc. scand.*, **30**, 165 (1955); Editorial, *Brit. med. J.*, **1**, 465 (1955); Joiner et al., *Lancet*, **2**, 165 (1956). (Chirurgie) Selikoff und Rabin, loc. cit.; Aufses, A. H., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 475 (1956); Raleigh und Steele, loc. cit.; Schauman, M., *Schweiz. Z. Tuberk.*, **14**, 409 (1957) (579 Resektionen); Barrett et al., *J. thorac. Surg.*, **36**, 803 (1958) (1730 Resektionen); Edge und Bottrill, *Brit. med. J.*, **1**, 276 (1959) (170 Resektionen); Editorial, *Lancet*, **2**, 25 (1956). (Kollapstherapie) Seley, G. P., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 493 (1956); Selikoff und Rabin, loc. cit. (Kinderheilkunde) Ginandes, G. J., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 464 (1956); Walker, C. H. M., *Lancet*, **1**, 218 (1955). (Schutzimpfung) Vaccination against Tuberculosis, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 88 (1954); *Report of the Medical Research Council, 1954–1955*, London (1956), S. 12; Wallgren, A., *Acta paediat. (Uppsala)*, **44**, 237 (1955); B.C.G. and Vole Bacillus Vaccines in the Prevention of Tuberculosis in Adolescents, *Brit. med. J.*, **1**, 413 (1956); ibid., **2**, 379 (1959); Vaccination against Tuberculosis, *Brit. med. J.*, **2**, 414 (1959); Palmer et al., *Amer. Rev. Tuberc.*, **77**, 877 (1958); Aronson et al., *Arch. intern. Med.*, **101**, 881 (1958); Anderson et al., *Brit. med. J.*, **1**, 1423 (1959). (Miliartuberkulose) Williams, J. H., Jr., *Amer. Rev. Tuberc.*, **76**, 360 (1957); Biehl, J. P., *Amer. Rev. Tuberc.*, **77**, 605 (1958). (Tuberkulöse Meningitis) Nathanson, M., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 512 (1956). (Tuberkulöse Pleuritis) Rabin und Werther, *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 455 (1956). (Tuberkulöse Lymphadenitis) Friedman und Selikoff, *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 529 (1956). (Nierentuberkulose) Sporer und Oppenheimer, *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 521 (1956). (Hauttuberkulose) Glick, A. W., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 537 (1956). (Tuberkulose des Urogenitaltraktes) Ross et al., *Lancet*, **1**, 116 (1955). (Tuberkulom) Kirschner, P. A., *J. Mt Sinai Hosp.*, **23**, 506 (1956).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Bakterien) S. 601

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
156	*181*	**Nocardia leishmanii** CHALMERS und CHRISTOPHERSON	GRAM-positiv. Anfänglich groß und unregelmäßig, in kurzen Ketten mit verzweigten Fäden, später sternenförmige Kolonien mit viel Mycel. Schwach säurefest. Aerob		Isoliert in einem Fall von Lungenkrankheit und Pericarditis	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*182*	**Nocardia pretoriana** PIJPER und PULLINGER	GRAM-positiv. Kleine, flache Kolonien aus verzweigten Fäden mit kurzen Hyphen. Schwach säurefest. Aerob		Isoliert in einem Fall von Mycetoma der Brustwand	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*183*	**Nocardia transvalensis** PIJPER und PULLINGER	GRAM-positiv. Anfänglich einzelliges Mycel, später kleine Kolonien mit Hyphen in unregelmäßigen Zacken. Absonderung einer farblosen Flüssigkeit. Auf Glycerinagar violette Färbung. Säurefest. Aerob		Isoliert in einem Fall von Mycetoma des Fußes	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*184*	**Nocardia madurae** (VINCENT) BLANCHARD *Streptothrix madurae*	GRAM-positiv. Im Gewebe strahlenförmige Granulation, in Kulturen verzweigtes Mycel, in Stäbchen und kokkenförmige Teilchen zerfallend. Keine Lufthyphen. Nicht säurefest. Aerob		Assoziiert mit Maduramykose (Madurafuß), aber nicht immer der Erreger dieser Krankheit. Vgl. [1]	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*185*	**Nocardia lutea** CHRISTOPHERSON und ARCHIBALD	GRAM-positiv. Anfänglich bauchige und unterteilte Körper, die unregelmäßige Kolonien verschieden geformter Zellen mit granularem Inhalt ausbilden. Später mehr monomorph. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert aus Actinomykose der Tränendrüsen	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*186*	**Nocardia rangoonensis** (ERIKSON) WAKSMAN und HENRICI *Actinomyces rangoon*	GRAM-positiv. Ursprünglich runde Zellen, die verzweigte Hyphen und später ein dichtes, wogendes Luftmycel ausbilden. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert in einem Fall von Lungenstreptothrikose	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*187*	**Nocardia gibsonii** (ERIKSON) WAKSMAN *Actinomyces gibsonii*, *Streptomyces gibsonii*	GRAM-positiv. Reichverzweigtes Mycel, später lange, wogende Fäden, aber kein Luftmycel. Auf Blutagar Hämolyse. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert aus der Milz in einem Fall von acholurischer Gelbsucht	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*188*	**Nocardia africana** PIJPER und PULLINGER *Streptomyces africanus*	GRAM-positiv. Einzellig verzweigtes Mycel, das dichte, blaßrote Kolonien mit Lufthyphen ausbildet. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert in einem Fall von Mycetoma des Fußes	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*

1) MACKINNON und ARTAGAVEYTIA-ALLENDE, *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **50**, 31 (1956).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
156	*189*	**Nocardia pelletieri** (LAVERAN) PINOY *Micrococcus pelletieri, Oospora pelletieri, Streptomyces pelletieri*	GRAM-positiv. Mycel von schlanken, geraden Fäden formt dichte, blaßrote Kolonien mit wenig Lufthyphen. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert in einem Fall von karminfarbener Mycetoma. Vgl. [1]	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
156	*190*	**Nocardia fordii** (ERIKSON) WAKSMAN *Actinomyces fordii, Streptomyces fordii*	GRAM-positiv. Gerade Fäden mit dichtem Luftmycel. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert aus der Milz in einem Fall von acholurischer Gelbsucht	0	?	1	Vgl. *Nr. 180*
157	*191*	**Actinomyces bovis** HARZ	GRAM-positiv. Mycel schnell zerfallend, keine Lufthyphen. In Eiter bei Actinomykose als schwefelgelbe Granula in Form von Strahlen. Nicht säurefest. Anaerob bis mikroaerophil	Rinder und andere Tiere. Weltweit verbreitet	Erreger der Actinomykose bei Rindern, gelegentlich auch beim Menschen	1	?	2	
157	*192*	**Actinomyces israelii** (KRUSE) LACHNER-SANDOVAL *Actinomyces israeli, Streptothrix israeli*	GRAM-positiv. Mycel einzellig, später in Teilstücke zerfallend, mit spitzwinkeligen Verzweigungen. Bei Sauerstoffunterdruck gerade Lufthyphen. Nicht säurefest. Anaerob bis mikroaerophil	Mund und Pharynx des Menschen. Weltweit verbreitet	Actinomykose des Menschen	1	?	2	Übersicht vgl.[2]
158	*193*	**Streptomyces odorifer** (RULLMANN *emend.* LACHNER-SANDOVAL) WAKSMAN *Actinomyces odorifer, Cladothrix odorifera*	Faltige und farblose Kolonien. Luftmycel. Verzweigte Sporenträger, kugelige Sporen. Aerob. Stark nach Boden riechend	Unbekannt	Isoliert aus Sputum bei chronischer Bronchitis				
158	*194*	**Streptomyces gedanensis** (LÖHLEIN) MÜLLER *Streptothrix gedanensis*	Luftmycel. Kurze, rauhe Hyphen. Kurze Sporen. Aerob	Unbekannt	Isoliert aus Sputum bei chronischer Lungenkrankheit				
158	*195*	**Streptomyces listeri** (ERIKSON) WAKSMAN und HENRICI *Actinomyces listeri*	Lange, schlanke Fäden, die ein dichtes Mycel bilden, auf den meisten Nährböden in Form einer Membran. Luftmycel nur sehr langsam wachsend. Aerob	Unbekannt	Gefunden beim Menschen				
158	*196*	**Streptomyces upcottii** (ERIKSON) WAKSMAN und HENRICI *Actinomyces upcottii*	Lange Fäden, in einem einzelligen Mycel verwoben. Schwere, knorpelige Kolonien. Kein Luftmycel. Leicht säurefest. Aerob	Unbekannt	Isoliert aus der Milz in einem Fall von acholurischer Gelbsucht				
158	*197*	**Streptomyces hortonensis** (ERIKSON) WAKSMAN und HENRICI *Actinomyces horton*	Sehr langsam wachsendes einzelliges Mycel. Kein Luftmycel. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert aus den Granulationen eitriger Abszesse der Parota				
158	*198*	**Streptomyces beddardii** (ERIKSON) WAKSMAN und HENRICI *Actinomyces beddardii*	Sehr schnell wachsendes Mycel aus langen Fäden. Luftmycel. Nicht säurefest. Hämolyse auf Blutagar. Aerob		Isoliert in einem Fall von Anämie der Milz				
158	*199*	**Streptomyces kimberi** (ERIKSON) WAKSMAN und HENRICI *Actinomyces kimberi*	Mycel aus dichtverzweigten Fäden in Form umschriebener Kolonien. Reichliches Luftmycel. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert aus Blut bei acholurischer Gelbsucht				

1) ABBOTT, P., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **50**, 11 (1956); MACKINNON und ARTAGAVEYTIA-ALLENDE, *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **50** 31 (1956). 2) PEABODY, Jr., und SMITH, *J. chron. Dis.*, **5**, 374 (1957).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
158	*200*	**Streptomyces somaliensis** (Brumpt) Waksman und Henrici *Indiella somaliensis*	Einfach verzweigtes, einzelliges Mycel in Form umschriebener Kolonien. Kurzes Luftmycel. Hämolyse auf Blutagar. Aerob		Isoliert bei gelbfarbener Mycetoma				Vgl. [1]
158	*201*	**Streptomyces panjae** (Erikson) Waksman und Henrici *Actinomyces panja*	Einzelliges Mycel in Form kleiner, runder Kolonien. Kein Luftmycel. Nicht säurefest. Aerob		Isoliert aus Geschwüren der Bauchwand				
158	*202*	**Streptomyces willmorei** (Erikson) Waksman und Henrici *Actinomyces willmorei*	Einzelliges Mycel, in kurzen Abständen verzweigt, merkwürdig verklumpte und knospenartige Formen, gelegentlich auch runde Zellen. Dichtes Luftmycel. Aerob		Isoliert bei Leber-Streptothrikose				
187	*203*	**Borrelia recurrentis** (Lebert) Bergey et al. *Protomycetum recurrentis, Spirochaudinnia recurrentis*	Gram-negativ. Spiralige, zylindrische oder abgeflachte Zellen, 8 bis 16 µm lang. Beweglich	Übertragen durch die Menschenlaus *(Pediculus humanus)* via Bindehautsack und Hautverletzungen	Erreger des Rückfallfiebers. Vgl. [2]	1	0	2	
187	*204*	**Borrelia berbera** (Sergent und Foley) Bergey et al. *Spirochaeta berbera*	Ähnlich *B. recurrentis*, aber 12–24 µm lang	Überträger wahrscheinlich Menschenlaus	Erreger des nordafrikanischen Rückfallfiebers. Vgl. [2]	1	0	2	Möglicherweise identisch mit *B. recurrentis*
187	*205*	**Borrelia carteri** (Mackie) Bergey et al. *Spirochaeta carteri*	Ähnlich *B. berbera*	Übertragen durch Menschenlaus	Erreger des indischen Rückfallfiebers. Vgl. [2]	1	0	2	Möglicherweise identisch mit *B. recurrentis*
187	*206*	**Borrelia hispanica** (de Buen) Steinhaus *Spirochaeta hispanica*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die spanische Zecke *Ornithodoros erraticus*	Erreger des Rückfallfiebers in Spanien, Portugal und Nordwestafrika. Vgl. [2]	1	0	2	
187	*207*	**Borrelia hermsii** (Davis) Steinhaus *Spirochaeta hermsi*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros hermsi*, aber nicht durch andere *Ornithodoros*-Arten	Erreger des Rückfallfiebers im westlichen Nordamerika. Vgl. [2]	1	0	2	
187	*208*	**Borrelia duttonii** (Novy und Knapp) Bergey et al. *Spirillum duttoni, Spirochaeta duttoni*	Ähnlich *B. recurrentis*	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros moubata*, aber nicht durch Läuse	Erreger des Rückfallfiebers in Zentral- und Südafrika und Madagaskar. Vgl. [2]	1	0	2	
187	*209*	**Borrelia parkeri** (Davis) Steinhaus *Spirochaeta parkeri*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros parkeri*, aber nicht durch andere *Ornithodoros*-Arten der westlichen Hemisphäre	Erreger des Rückfallfiebers des westlichen Nordamerikas. Vgl. [2]	1	0	2	
187	*210*	**Borrelia venezuelensis** Brumpt *Borrelia neotropicalis, Spirochaeta neotropicalis, Treponema venezuelense*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros rudis (O. venezuelensis)*	Erreger des Rückfallfiebers in Panama, Kolumbien, Venezuela und Ecuador. Vgl. [2]	1	0	2	
187	*211*	**Borrelia persica** (Dschunkowsky) Steinhaus *Spirochaeta persica*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros tholozani*	Erreger des Rückfallfiebers in Persien. Vgl. [2]	1	0	2	

1) Abbott, P., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **50**, 11 (1956); Mackinnon und Artagaveytia-Allende, *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **50**, 31 (1956). *2)* Mooser, H., *Ergebn. Mikrobiol. ImmunForsch.*, **31**, 184 (1958).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
187	*212*	**Borrelia turicatae** (Brumpt) Steinhaus *Spirochaeta turicatae*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros turicata*, aber nicht durch andere *Ornithodoros*-Arten der westlichen Hemisphäre	Erreger des Rückfallfiebers in Mexiko und den südlichen USA. Vgl. [1]	1	0	2	
187	*213*	**Borrelia caucasica** (Maruashvili) Davis, *comb. nov.* *Spirochaeta caucasica*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros verrucosus*	Erreger des kaukasischen Rückfallfiebers. Vgl. [1]	1	0	2	
187	*214*	**Borrelia novyi** (Schellack) Bergey et al. *Spirochaeta novyi*	Ähnlich *B. recurrentis*	Überträger unbekannt	Erreger eines Rückfallfiebers in den USA. Vgl. [1]	1	0	2	
187	*215*	**Borrelia kochii** (Novy) Bergey et al. *Spirochaeta kochi*	Ähnlich *B. recurrentis*, möglicherweise mit *B. duttonii* identisch	Überträger unbekannt	Erreger des afrikanischen Rückfallfiebers. Vgl. [1]	1	0	2	
187	*216*	**Borrelia buccalis** (Steinberg) Brumpt *Spirochaeta buccalis*	Schraubenförmige, 7 bis 20 µm lange Zellen, die größten der Mundspirochäten, nur träge beweglich	Mund	Befällt Läsionen der Schleimhäute der Atmungswege	1	0	2	
187	*217*	**Borrelia vincentii** (Blanchard) Bergey et al. *Spirochaeta vincenti*	Gram-negativ. Schraubenförmige, 8–12 µm lange Zellen. Vibrierende Bewegung	Schleimhaut der Atmungswege	Erreger der Plaut-Vincentschen Angina zusammen mit *Fusobacterium fusiforme (Nr. 79)*	1	0	2	
187	*218*	**Borrelia refringens** (Schaudinn und Hoffmann) Bergey et al. *Spirochaeta refringens*	Schraubenförmige Zellen, 6–20 µm lang, stark beweglich	Schleimhäute der Genitalien	Nicht pathogen	1	0	2	
187	*219*	**Borrelia graingeri** (Heisch) Davis, *comb. nov.* *Spirochaeta graingeri*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Übertragen durch die Zecke *Ornithodoros graingeri*	Isoliert aus Blut bei allgemeiner Paralyse	1	0	2	
187	*220*	**Borrelia harveyi** (Garnham) Davis *Spirochaeta harveyi*	Ähnlich den anderen *Borrelia*-Arten	Überträger unbekannt	Leichte Infektionen beim Menschen	1	0	2	
188	*221*	**Treponema pallidum** (Schaudinn und Hoffmann) Schaudinn *Spirochaete pallida*	Feine, protoplasmische, schraubenförmige Zellen, 6–14 µm lang. Träge beweglich. Auf künstlichen Nährböden nicht kultivierbar. Anaerob	Mensch. Übertragen durch engen Kontakt	Erreger der Syphilis	1	0	2	Neben den hier angeführten *Treponema*-Arten wurden 3 weitere, nicht mit Krankheiten assoziierte Vertreter in Mund und Genitalien des Menschen gefunden. Vgl. S. 638
188	*222*	**Treponema pertenue** Castellani	Morphologisch identisch mit *T. pallidum*. Auf künstlichen Nährböden nicht kultivierbar. Anaerob	Mensch. Übertragen durch Kontakt und die Fliegen *Hippelates pallipes* in Westindien und *Musca spectanda* in Afrika	Erreger der Frambösie – französisch Pian, englisch Yaws, Patek (Malaya), Parangui (Ceylon). Weitere Synonyme für Frambösie: Tonga (Neukaledonien), Coco (Fidschji-Inseln), Bouba (Sansibar, Ostafrika, Antillen, Brasilien), Aboukoué (Gabon)	1	0	2	Vgl. S. 638
188	*223*	**Treponema mucosum** Noguchi	8–12 µm lange Zellen mit spitzen, lang gekrümmten Enden. Kulturen bilden Mucin und fauligen Geruch. Anaerob		Isoliert aus Alveolareiter. Besitzt pyogene Eigenschaften	1	0	2	
188	*224*	**Treponema carateum** Brumpt *Treponema americanus, Treponema herrejoni, Treponema pictor, Treponema pintae*	Morphologisch identisch mit *T. pallidum*. Auf künstlichen Nährböden nicht kultivierbar. Anaerob	Mensch. Übertragen durch Kontakt, vielleicht auch durch Insekten	Erreger der tropenamerikanischen Hautfleckenkrankheit Pinta. Synonyme: Azul, Boussarole, Carate, Mal del pinto	1	0	2	Vgl. S. 638

1) Mooser, H., *Ergebn. Mikrobiol. ImmunForsch.*, **31**, 184 (1958).

Treponematosen[1] *(Nr. 221–224)*

Die pathogenen *Treponema (pallidum, pertenue, carateum)* sind elektronenmikroskopisch identisch. Es wird die Ansicht vertreten, daß die von ihnen verursachten Krankheiten (Syphilis, Yaws [Frambösie], Bejel, Pinta) nur eine verschiedene Ausdrucksform ein und derselben Krankheit auf Grund verschiedener Umwelteinflüsse (zum Beispiel klimatische und soziologische Faktoren) darstellen[2, 3]. Treponematosis würde demnach aus Zentralafrika stammen (dort heute durch Yaws repräsentiert) und sich bei der Ausbreitung in mehr gemäßigte Klimata zu den endemischen Formen der Syphilis (zum Beispiel Bejel) umgewandelt haben. Die Entwicklung zur endemischen, venerischen Form (Syphilis) würde ihre Ursache in der Umstellung des Menschen vom Land- zum Stadtleben haben.

Syphilis[1]

Nach Einführung wirksamer Chemotherapeutica war ein starkes Absinken der Zahl primärer und sekundärer Syphiliserkrankungen in Ländern mit einem hohen Lebensstandard zu verzeichnen. Seit 1955 wird aber ein Wiederaufkommen dieser Krankheit, vor allem in den USA, beobachtet[4, 5], weil sie ihren Schrecken verloren hat und serologische Kontrollen wie eine Berücksichtigung dieser Krankheit bei Differential-Diagnosen mit gewisser Nachlässigkeit vorgenommen werden.

Diagnose[6]. Die klinische Diagnose wurde durch die weite Verwendung von Antibiotica mit suppresiver Wirkung auf Syphilis wesentlich erschwert. Dieser Schwierigkeit konnte durch neue Antigentestverfahren als Ergänzung zur klassischen Komplementbindungsreaktion nach WASSERMANN, die gelegentlich bei Personen ohne Vorgeschichte einer Erkrankung an Syphilis positive Reaktion fälschlich geben kann, begegnet werden. Diese neuen Tests sind[6–10]: Der *Treponema-pallidum*-Immobilisierungstest (NELSON-MAYER-Test, TPI), der *Treponema-pallidum*-Agglutinationstest (TPA) und der *Treponema-pallidum*-Haft-und-Schwund-Test (TPIA). Praktische Schwierigkeiten mit diesen Tests haben dann zur Entwicklung einer sehr spezifischen WASSERMANN-Reaktion unter Verwendung mechanisch desintegrierter *Treponema*-Suspensionen[11] geführt, die sehr wahrscheinlich zur routinemäßigen Diagnose die ursprüngliche Methode ersetzen wird.

Behandlung[9, 12–16]. Seit der ersten Anwendung des Penicillins gegen Syphilis hat sich eine wahre Revolution vollzogen, und mit Ausnahme von ganz speziellen Fällen (siehe weiter unten) besteht heute kein Grund mehr, Arsen- und Wismutpräparate zu verwenden. *Treponema pallidum* zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Empfindlichkeit gegenüber Penicillin aus, und eine Resistenzentwicklung wurde bisher nicht beobachtet. Die Hauptvorzüge der Penicillintherapie bestehen im schnellen Verschwinden der Infektiosität und in weit schwächeren HERXHEIMER-Reaktionen. Nach der Behandlung sind alle Patienten so lange als möglich serologisch unter Kontrolle zu halten, damit Versager und Rückfälle so frühzeitig als möglich erfaßt werden. Dabei ist zu beachten, daß die serologische Besserung viel langsamer vor sich geht und der klinischen um Monate nachhinkt, besonders bei allen Formen der Spätsyphilis. Oft wird in solchen Fällen die WASSERMANN-Reaktion überhaupt nicht mehr negativ (Seroresistenz), was nicht als Zeichen eines persistierenden Krankheitsprozesses ausgelegt werden darf und auch eine Wiederaufnahme der Behandlung nicht rechtfertigt[16]. Als besonders wirksam zur Bekämpfung von Syphilis hat sich Penicillin in Form von Benzathin-Penicillin G (BPG) (eine Behandlung mit einer Dosis von 2 400 000 Einheiten führt für zumindest 15 Tage zu einem nachweisbaren Penicillin-Blutspiegel) und von Procain-Penicillin G mit Aluminiummonostearat (PAM), beide intramuskulär, erwiesen[17].

Frühsyphilis (primäre, sekundäre). Eine einzelne Injektion von zumindest 1 200 000 Einheiten BPG in beide Gesäßbacken bzw. 4 Injektionen von 1 200 000 Einheiten PAM in Abständen von 2–7 Tagen. Patienten mit negativer WASSERMANN-Reaktion vor der Behandlung können nach der Behandlung positive Reaktion geben, die aber nach einem Monat wieder nach negativ umschlagen soll. Patienten mit positiver Reaktion sollen einen eindeutigen Abfall des Antikörpertiters innerhalb 6 Monaten aufweisen; wenn dieser aber ansteigt oder klinische Anzeichen der Erkrankung wieder erscheinen (Versager oder Rückfall), ist eine Wiederbehandlung nötig. Da Rückfälle und Versager nicht zu unterscheiden sind, sollte die Wiederbehandlung mit PAM in höheren Dosen erfolgen, da PAM einen höheren Penicillin-Blutspiegel garantiert.

Latente Syphilis. Eine Diagnose ist nur möglich durch serologische Tests und durch die Krankheitsgeschichte (Unterscheidung von asymptomatischer Neurosyphilis durch Prüfung des Liquors, von cardiovasculärer Syphilis durch Fluoroskopie oder Teleröntgenographie). In eindeutigen Fällen: BPG oder PAM in gleichen Dosen wie bei Frühsyphilis. In nichteindeutigen Fällen: PAM in höheren Dosen. Wiederbehandlung wie bei Frühsyphilis.

Spätsyphilis (zum Beispiel Neurosyphilis). Zumindest drei Injektionen mit 2 400 000 Einheiten BPG in Abständen von nicht mehr als 7 Tagen oder insgesamt 6–10 Millionen Einheiten PAM, auf mehrere Injektionen aufgeteilt. Eine Wiederbehandlung ist angezeigt, falls ein signifikantes Ansteigen des Antikörpertiters über mehrere Monate zu verzeichnen ist oder die syphilitischen Symptome weiter fortschreiten, obwohl letzteres auch andere Ursachen haben kann. Die Prognose einer mit Penicillin allein behandelten Neurosyphilis scheint gut zu sein[18].

Cardiovasculäre Syphilis. Die Anwendung von Arsen- oder Wismutpräparaten in Kombination mit Penicillin scheint gerechtfertigt zu sein, da dann die Prognose bezüglich einer Heilung besser ist als bei einer alleinigen Behandlung mit Penicillin[19].

Syphilis während der Schwangerschaft. BPG oder PAM in Dosen wie bei der Frühsyphilis. Da Penicillin die Placentaschranke passiert, sollte eine Behandlung auch bei fortgeschrittener Schwangerschaft durchgeführt werden. Eine ausreichende Behandlung der Mutter verhindert im allgemeinen eine Infektion des Fötus in utero.

Kongenitale Syphilis. PAM in Dosen von 150 000–300 000 Einheiten alle 2–4 Tage, insgesamt bis 75 000–100 000 Einheiten je Kilogramm Körpergewicht. Da die WASSERMANN-Antikörper die Placentaschranke passieren, ergibt eine positive WASSERMANN-Reaktion des Nabelblutes noch keine Indikation zur sofortigen Behandlung des Säuglings, falls andere klinische Symptome fehlen. Nur wenn nach einigen Monaten noch kein Fallen des Antikörpertiters festzustellen ist oder bei einem Ansteigen desselben, ist eine Behandlung indiziert.

Penicillinresistente oder -sensible Fälle. Tetracycline: Für Früh- und latente Syphilis täglich 3–4 g Oxy- oder Chlortetracyclin 10–12 Tage lang in Dosen von 0,75–1,0 g alle 6 Stunden; für Spätsyphilis eine ähnliche Dosis, aber zumindest 15–20 Tage lang. An Stelle von Tetracyclinen kann auch Carbomycin verwendet werden: für Früh- und latente Syphilis 2–3 g täglich 10 Tage lang; für Spätsyphilis eine ähnliche Dosis 15–20 Tage lang.

Syphiloide Krankheiten

Yaws (Frambösie) tritt endemisch in vielen tropischen Ländern auf und läßt sich erfolgreich durch Massenbehandlung mit Penicillin bekämpfen[20]. Zum Unterschied von Syphilis wird Yaws nicht kongenital übertragen. Dosis: bei aktiven Erkrankungen 1 200 000 Einheiten PAM in einer Injektion intramuskulär für Patienten älter als 15 Jahre bzw. 600 000 Einheiten für Patienten unter diesem Alter; für latente Fälle und Kontaktpersonen die Hälfte dieser Dosen.

Endemische Syphilis, wie zum Beispiel *Bejel* (Irak, Syrien), wird wie Yaws behandelt[9, 21].

Pinta[22] (Zentralamerika) ist ebenfalls wie Yaws zu behandeln.

Literatur: *1)* Übersicht: BEERMAN et al., *Arch. intern. Med.*, **101**, 803, 952 (1958); **103**, 460, 621 (1959); GUTHE und WILLCOX, *Chron. Wld Hlth Org.*, **8**, 37 (1954); WORTMANN, F., *Dermatologica (Basel)*, **115**, 809 (1957). *2)* HUDSON, E. H., *Treponematosis*, New York (1946). *3)* GRIN, E. I., *Bull. Wld Hlth Org.*, **15**, 959 (1956). *4)* Syphilis Resurgent, *New Engl. J. Med.*, **255**, 357 (1956). *5)* FIUMARA et al., *New Engl. J. Med.*, **254**, 1127, 1173 (1956). *6) Report of the Medical Research Council, 1956–1957*, London (1958), S. 23. *7)* REIN und KELCEC, *J. Amer. med. Ass.*, **163**, 1046 (1957). *8)* MOORE und MOHR, *J. Amer. med. Ass.*, **150**, 467 (1952). *9)* VANDOW und SOBEL, *N.Y. St. J. Med.*, **56**, 2796 (1956). *10)* DOEPFMER, R., *Arch. klin. exp. Derm.*, **206**, 237 (1957). *11)* PRICE und WHELAN, *Brit. J. vener. Dis.*, **33**, 18 (1957). *12)* THOMAS, E. W., *N.Y. St. J. Med.*, **56**, 1918 (1956). *13)* THOMAS, E. W., *J. Amer. med. Ass.*, **162**, 1536 (1956). *14)* IDSOE et al., *Bull. Wld Hlth Org.*, **10**, 507 (1954). *15)* FISCHER, E., *Antibiot. et Chemother. (Basel)*, **2**, 233 (1955). *16)* CANNEFAX und JOHNWICK, *Amer. J. Syph.*, **38**, 18 (1954). *17)* SMITH et al., *Bull. Wld Hlth Org.*, **15**, 1087 (1956). *18)* HAHN et al., *Arch. Derm. Syph.*, **74**, 355, 367 (1956). *19)* LEONARD und SMITH, *Lancet*, **1**, 234 (1957); BEERMAN und EDEIKEN, *Antibiot. et Chemother. (Basel)*, **2**, 9 (1955). *20)* HACKETT und GUTHE, *Bull. Wld Hlth Org.*, **15**, 869 (1956); Report of Second International Conference on Control of Yaws, *J. trop. Med. Hyg.*, **60**, 27, 62 (1957); SAMAME, G. E., *Bull. Wld Hlth Org.*, **15**, 897 (1956); HUME und FACIO, *Bull. Wld Hlth Org.*, **15**, 1057 (1956). *21)* HUDSON, E. H., *Non-Venereal Syphilis: A Sociological and Medical Study of Bejel*, London (1958); KOCHS, A. G., *Hautarzt*, **9**, 125 (1958); GREMLIZA, F. G. L., *Z. Tropenmed. Parasit.*, **7**, 438 (1956). *22)* MARQUEZ et al., *Bull. Wld Hlth Org.*, **13**, 299 (1955).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Schizomycetes (Bakterien)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
189	*225*	**Leptospira icterohaemorrhagiae** (INADA und IDO) NOGUCHI *Spirochaeta ictero-haemorrhagiae, Spirochaeta ictero-haemorrhagiae japonica*	Eng gewundene, 6 bis 9 µm (gelegentlich auch 20–25 µm) lange Zellen mit teilweise hakenförmig umgebogenen Enden. Stark beweglich. Aerob	Nieren, Urin von Ratten, Mäusen und anderen Tieren	Erreger einer fiebrigen Gelbsucht (WEILsche Krankheit, FIEDLERsche Krankheit, Icterus septico-haemorrhagicus)	0	0	1	Diese Angaben gelten auch für andere parasitische Serotypen von *Leptospira*. Vgl. unten
190	*226*	**Mycoplasma hominis** (FREUNDT) EDWARD *Micromyces hominis*, Gruppe I	GRAM-negativ. Instabile, wenig verzweigte myceloide Strukturen mit kurzen, bazillenartigen Fäden. Aerob, fakultativ anaerob	Schleimhaut des Rectums und der Genitalien	Assoziiert mit nichtgonokokkaler Urethritis und anderen Entzündungen des unteren Genitaltrakts	0	2	1	
190	*227*	**Mycoplasma salivarium** EDWARD	GRAM-negativ. Ähnlich *M. hominis*	Speichel	Pathogenität zweifelhaft				
190	*228*	**Mycoplasma fermentans** EDWARD *Micromyces hominis*, Gruppe II	GRAM-negativ. Ähnlich *M. hominis*, aber längere, bazillenartige Fäden	Genitalien	Isoliert aus geschwürartigen Läsionen und normaler Schleimhaut der Genitalien, assoziiert mit fusiformen Bazillen und Spirilla	0	2	1	

Leptospirosen[1] *(Nr. 225)*

Bis heute können serologisch 40 verschiedene Serotypen von *Leptospira* unterschieden werden[2]. Die wichtigsten sind:

Serotyp	Hauptsächlichster Wirt	Krankheit	Verbreitung
Microtus australis A	*Rattus culmorum*	Rohrzuckerfieber, Feldfieber	Sehr verbreitet
Microtus australis B	*Rattus connatus*	Kurzfristiges Leptospirenfieber	Australien
Microtus autumnalis	*Apodemus speciosus, Microtus montebelloi, Rattus brevicaudatus*	Japanisches Herbstfieber (Aki-yami), Fort Bragg fever, Tibial fever (USA)	Japan, Südostasien, USA
Microtus bovis	*M. güntheri* (?), Vieh	Icterohemoglobinuria of cattle	Europa, Israel, Asien
Microtus canicola	Hund	Canicola-Fieber, Stuttgarter Hundeseuche	Sehr verbreitet
Microtus grippotyphosa	*Microtus arvalis Microtus agrestis Apodemus sylvaticus Evotymis glareolus*	Sumpffieber, Schlammfieber, Fièvre des marais, Fièvre de vase, Fièvre aquatique, Erntefieber, Erbsenpflückerkrankheit, Charente-Fieber	Europa, Israel, Asien
Microtus hebdomadis	*Microtus montebelloi*	Japanisches 7-Tage-Fieber (Nanuka-yami)	Japan, Südostasien
Microtus icterohaemorrhagiae	*Rattus norvegicus*	WEILsche Krankheit	Sehr verbreitet
Microtus mitis	Schwein	Schweinehüterkrankheit, Maladie des jeunes porchers, Swineherd's disease	Sehr verbreitet
Microtus pomona	Schwein	Schweinehüterkrankheit	Sehr verbreitet
Microtus pyrogenes	*Rattus brevicaudatus*	Kurzfristiges Leptospirenfieber	Südostasien, Australien

Klinik der Leptospirosen

Alle tierpathogenen Leptospiren sind potentiell pathogen für den Menschen[3]. Die Inkubationsperiode beträgt in der Regel etwa 10 Tage mit Variationen von 3 bis 20 Tagen. Akuter Beginn, Prodromalzeichen sehr selten. Das Fieber beginnt oft mit Schüttelfrost und zeigt in der Regel diphasischen Verlauf. Der Patient beklagt sich über schwere Kopfschmerzen, Photophobie, Muskelschmerzen in Rücken und Gliedern (vor allem Waden). Erbrechen und Bauchschmerzen lassen an ein akutes Abdomen denken. Oft Injektion der Conjunctivalgefäße von wechselnder Dauer, manchmal fehlend. Ausgesprochene Depression; der Patient erscheint und fühlt sich kränker, als die objektiven Symptome schließen lassen. Sicherung der Diagnose durch Nachweis des Erregers oder nach der 2. Woche durch serologischen Antikörpernachweis.

Schwere, ikterische Form (15–30% Mortalität). Typisch für WEILsche Krankheit. Gekennzeichnet durch schnell ansteigendes Fieber auf 39° C und mehr, etwa 1 Woche anhaltend, dann lytischer Abfall. Icterus beginnt um den 5. Tag und erreicht sein Maximum am 8. oder 9. Tag. Zu diesem Zeitpunkt in der Regel Blutungen in Form von Epistaxis, Melaena, Hämaturie, Haut- und Schleimhautblutungen. Oft alarmierend niedriger Blutdruck. Leucocytosis (15 000–25 000) im Gegensatz zur benignen Form. Nephritis, Oligurie, in fatalen Fällen bis zur Anurie, Tod im urämischen Coma. Bei den in Heilung ausgehenden Fällen bessert sich der Zustand mit dem ersten Fieberanfall, dem in der Regel eine zweite, schwächere Fieberattacke folgt. Langsame Rekonvaleszenz.

Benigne, nichtikterische Form. Sie präsentiert sich in zwei Syndromen. Das eine, typisch für das japanische Herbst- und 7-Tage-Fieber *(L. autumnalis, L. hebdomadis)*, unterscheidet sich lediglich in der Schwere der Symptome von der ikterischen Form. Bei der anderen Varietät, typisch für die Schweinehüterkrankheit *(L. pomona, L. mitis)* und das Schlammfieber *(L. grippotyphosa)*, dominieren meningitische Symptome: starke Kopfschmerzen, oft verbunden mit Vertigo, Bewußtseinstrübung, Nackensteifigkeit und positivem KERNIG (Differentialdiagnose zur lymphocytären Choriomeningitis!). Muskelschwäche und -paresen können eine Poliomyelitis vortäuschen. In der Regel sind die Augen mitbetroffen: Nystagmus, Diplopie, Iritis, Pupillenunregelmäßigkeiten. Kurzdauernde, verschiedenartige Exantheme werden oft beobachtet; profuse Schweiße sind ein häufiges Frühsymptom. Zell- und Proteingehalt des Liquors sind erhöht, Zucker normal, Leucocyten im Gegensatz zur schweren Form in der Regel normal. Nephritische Zeichen, Albuminurie je nach Krankheitsschwere. Entfieberung wie bei der ikterischen Form, Rekonvaleszenz langsam.

Behandlung. Eine erst 8 Tage nach Einsetzen der Symptome beginnende antibiotische Behandlung beeinflußt den Krankheitsverlauf nur wenig oder nicht mehr. Gute Resultate erzielt man mit Tetracyclinen, anfänglich in großen Dosen. Penicillin und Chloramphenicol sind wirkungslos[4–6]. Nieren- und Leberschäden werden durch Antibiotica anscheinend nicht gemildert[6]. Wichtig ist vor allem eine entsprechende unspezifische Therapie, wobei *Nierenfunktion* und Elektrolythaushalt zu beachten sind.

Literatur: *1)* Übersicht siehe BROOM, J. C., *Brit. med. J.*, **2**, 689 (1951); STOCKARD und WOODWARD, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 414 (1958). *2)* Diagnosis and Typing in Leptospirosis, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 113 (1956). *3)* GALTON et al., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 427 (1958). *4)* GSELL, O., *Leptospirosen*, Bern (1952). *5)* VAN THIEL, P. H., *Docum. Med. geogr. trop. (Amst.)*, **9**, 309 (1957). *6)* RUSSEL, R. W. R., *Lancet*, **2**, 1143 (1958).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675

Allgemeine Literatur (Rickettsiales): BREED et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7. Aufl., Baltimore (1957); BEDSON et al., *Virus and Rickettsial Diseases*, London (1951); RIVERS und HORSFALL, Jr. (Hrsg.), *Viral and Rickettsial Infections of Man*, 3. Aufl., London (1959); HARTMAN et al. (Hrsg.), *The Dynamics of Virus and Rickettsial Infections*, New York (1954).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Rickettsiales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
191	*229*	**Rickettsia prowazekii** DA ROCHA-LIMA *Rickettsia exanthematotyphi, Rickettsia kairo*	GRAM-negativ. Winzige kokkobazilläre Stäbchen, gelegentlich auch fadenförmig. In Paaren oder Ketten auftretend. Unbeweglich. Als Zellparasiten in den Darmzellen und im Conjunctivalepithel infizierter Tiere	Mensch. Überträger: Läuse: *Pediculus humanus* var. *humanus* und var. *capitis*. Bei Affen: *Pedicinus longiceps*	Klassischer (europäischer, epidemischer) Flecktyphus (Typhus exanthematicus), BRILLsche Krankheit	0	0	1	Mittel der Wahl: Tetracycline
191	*230*	**Rickettsia typhi** (WOLBACH und TODD) PHILIP *Dermacentroxenus typhi, Rikkettsia exanthematofebri, Rikkettsia fletcheri, Rickettsia manchuriae, Rickettsia mooseri, Rickettsia muricola, Rickettsia murina, Rickettsia murina mooseri, Rickettsia prowazeki* var. *mooseri, Rickettsia prowazeki* subsp. *typhi, Rickettsia typhi*	Ähnlich *R. prowazekii*, aber etwas kleiner	Ratten und Mäuse. Übertragen durch Flöhe *(Xenopsylla cheopsis, Xenopsylla astia, Nosopsylla fasciatua)*	Endemischer (muriner) Flecktyphus (Typhus bénin), Tabardillo (Lateinamerika)	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*
191	*231*	**Rickettsia tsutsugamushi** (HAYASHI) OGATA *Dermacentroxenus orientalis, Rickettsia akamushi, Rickettsia megawi, Rickettsia megawai* var. *fletcheri, Rickettsia orientalis, Rickettsia orientalis* var. *schüffneri, Rickettsia orientalis* var. *tropica, Rickettsia pseudotyphi, Rickettsia (Rickettsia) orientalis, Rickettsia sumatranus, Rickettsia tsutsugamushi-orientalis, Rickettsia (Zinssera) tsutsugamushi, Theileria tsutsugamushi, Trombidoxenus orientalis*	GRAM-negativ. Ellipsen- oder stäbchenförmig, häufig in Paaren. Pleomorph, weniger scharf definiert als andere *Rickettsia*-Arten. Diffuse Verteilung im Zellcytoplasma	Wahrscheinlich Nager. Übertragen durch Laufmilben *(Trombicula akamushi, Trombicula deliensis)*	Erreger der Tsutsugamushi-Krankheit (Scrub-Typhus, japanisches Flußfieber, Überschwemmungsfieber, Kedani-Fieber, Delhi-Pseudotyphus, Shimamushi mite-borne fever)	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*
191	*232*	**Rickettsia rickettsii** (WOLBACH) BRUMPT *Dermacentroxenus rickettsi, Dermacentroxenus rickettsi* var. *brasiliensis, Ixodoxenus rickettsi, Rickettsia brasiliensis, Rickettsia colombiensis, Rickettsia (Dermacentroxenus) rickettsi, Rickettsia typhi*	GRAM-negativ. Kleiner paariger Organismus, umgeben von einem Hof, häufig lanzenförmig und pneumokokkenähnlich. Sehr pleomorph. Unbeweglich	Primär Waldzecke *Dermacentor andersoni*, aber auch durch Hundezecken und andere übertragen	Rocky Mountain spotted fever (Fièvre pourprée ou tachetée des Montagnes-Rocheuses), São-Paulo-Flecktyphus, Tobiafieber in Kolumbien, und Minas-Gerais-Fleckfieber (Fièvre maculeuse brésilienne)	0	0	1	Vgl. *Nr. 229* und [1]
191	*233*	**Rickettsia conorii** BRUMPT *Dermacentroxenus conori, Dermacentroxenus pijperi, Dermacentroxenus rickettsi* var. *conori, Dermacentroxenus rickettsi* var. *pijperi, Ixodoxenus conori, Rikkettsia blanci, Rickettsia (Dermacentroxenus) conori, Rickettsia megavi* var. *pijperi*	Ähnlich *R. rickettsii*	Wahrscheinlich Hund und Nager (Südafrika). Übertragen durch die Hundezecke *Rhipicephalus sanguineus* und andere	Fièvre boutonneuse, Mittelmeerfieber, Marseille-Fieber (Fièvre exanthématique marseillaise), Escarro-Knötchenfieber (Fièvre escarro-nodulaire), OLMERsche Krankheit, Zeckenbißfieber von Indien, Südafrika und Südamerika	0	0	1	Vgl. *Nr. 229* und [2]
191	*234*	**Rickettsia australis** PHILIP *Rickettsia (Dermacentroxenus) australis, Ixodoxenus australis*	Ähnlich *R. prowazekii*	Wahrscheinlich Zecken	Erreger einer Rickettsiose in Australien	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*

1) PRICE, W. H., *Amer. J. Hyg.*, **60**, 292 (1954); CAWLEY et al., *J. Amer. med. Ass.*, **163**, 1003 (1957). *2)* LE GAC und ROUBY, *Bull. Soc. Path. exot.*, **43**, 678 (1950).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Rickettsiales) S. 640

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Rickettsiales** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
191	*235*	**Rickettsia akari** HUEBNER et al. *Acaroxenus varioleidis, Gamasoxenus muris, Rickettsia (Dermacentroxenus) akari*	Ähnlich *R. rickettsii*	Übertragen durch Milben (Nager) *(Allodermanyssus sanguineus)*	Erreger der vesikulären Rickettsiose der östlichen USA und Rußlands	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*
191	*236*	**Rickettsia quintana** SCHMINCKE *Burnetia (Rocha-Limae) weigli, Burnetia (Rocha-Limae) wolhynica, Ricketttsia pediculi, Rickettsia weigli, Rickettsia wolhynica, Wolhynia quintanae*	Ähnlich R. *prowazekii*, aber plumper und tiefere Färbung nach GIEMSA. Ziemlich beständig gegen Hitze und Sonnenlicht. Aus Plasma und Serum nicht filtrierbar	Mensch. Überträger Läuse: *Pediculus humanus humanus* var. *corporis* und var. *capitis*	5-Tage-Fieber (Fièvre quintane), Schützengrabenfieber (Trench fever, Fièvre des tranchées), Wolhynisches Fieber, Schienbeinfieber (Fièvre tibialgique)	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*
192	*237*	**Coxiella burnetii** (DERRICK) PHILIP *Burnetia (Dyera) burneti, Burnetia (Dyera) burneti* var. *diaporica, Coxiella burneti, Coxiella diaporica, Rickettsia burneti, Rickettsia burneti* var. *americana, Rickettsia burneti* var. *caprina, Rickettsia burneti* var. *henzerling, Rickettsia (Coxiella) burneti, Rickettsia diaporica*	GRAM-negativ. Kleine pleomorphe kokken- oder stäbchenförmige Organismen, unbeweglich. Ziemlich beständig gegen Hitze, Trockenheit und Chemikalien. Durch Bakterienfilter nicht filtrierbar	Verschiedene Tiere. Weltweit verbreitet. Übertragen durch verschiedene Zecken und Kontakt. Siehe [1]	Erreger des Q-Fiebers (Queensland-Fieber, Balkangrippe, Query fever, Nine-mile fever, Quadrilateral fever) [2]	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*. Übersicht siehe [3]
199	*238*	**Chlamydia trachomatis** (BUSACCA) RAKE *comb. nov. Chlamydozoon trachomatis, Rikkettsia trachomae, Rickettsia trachomatis*	GRAM-negativ. Kokkenähnliche Zellen mit Entwicklungszyklus, im Cytoplasma in Paaren oder Trauben. Größere Formen verkapselt. Unbeweglich. Nicht kultivierbar auf Hühnerembryo	Mensch und Tiere	Trachom [4, 5]	2	?	1	Vgl. *Nr. 229* und [5, 6]
199	*239*	**Chlamydia oculogenitalis** (MOSHKOVSKIY) RAKE *comb. nov. Chlamydozoon oculogenitale*	Ähnlich *C. trachomatis*	Mensch, Tiere, Wasser	Einschlußconjunctivitis (Einschlußblennorrhöe, Neugeborenenconjunctivitis), Schwimmbadconjunctivitis. Vgl. [4, 5]	0	0	1	Vgl. *Nr. 299* und [5]
203	*240*	**Miyagawanella lymphogranulomatosis** BRUMPT *Chlamydozoon lymphophilus, Ehrlichia lymphogranulomatosis, Rickettsiaformis lymphogranulomatosis*	Ähnlich *C. trachomatis* und *C. oculogenitalis*, aber kultivierbar auf Hühnerembryo. Nicht filtrierbar	Mensch und Tiere. Übertragen durch venerischen Kontakt	Lymphogranuloma venereum, Lymphogranuloma inguinale; Tropical, climatic, strumous, scrofulous bubo, Bubon climatique, Esthiomène, Maladie de NICOLAS-FAVRE; Poradenitis. Vgl. [4, 5]	0	0	1	Sulfonamide, ergänzt durch Tetracycline oder Chloramphenicol [8]
203	*241*	**Miyagawanella psittaci** (LILLIE) MOSHKOVSKIY *Chlamydozoon psittaci, Ehrlichia psittaci, Microbacterium multiforme psittacosis, Rickettsia psittaci, Rickettsiaformis psittacosis*	Ähnlich *M. lymphogranulamatosis*, aber teilweise filtrierbar	Vögel, besonders Finken und Papageien	Erreger der Psittakose (Papageienkrankheit). Vgl. [2, 4, 5]	0	0	1	Nach überstandener Erkrankung können die Erreger im Blute der Vögel mehrere Jahre, beim Menschen bis zu 10 Jahren nachgewiesen werden. Ein derart langes Trägerstadium ist nur noch von den Erregern der infektiösen Pferdeanämie und der Serumhepatitis bekannt *(Nr. 286–288)*. Übersicht vgl. [5, 7]

1) WELSH et al., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 528 (1958). *2)* Übersicht über virale Pneumonien: REIMANN, H. A., *Arch. intern. Med.*, **89**, 115 (1952), und *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1078 (1956); LIPPELT, H., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 84 (1956); GERMER, W. D., ibid., **104**, 92 (1956). *3)* STOCKER, M. G. P., *Brit. med. Bull.*, **9**, 231 (1953); STOKER und MARMION, *Bull. Wld Hlth Org.*, **13**, 781 (1955). *4)* Übersicht über die Psittacosis-Lymphogranuloma-venereum-(P-LV-)Gruppe der Mikroorganismen: WENNER, H. A., *Advanc. Virus Res.*, **5**, 39 (1958); MEYER, K. F., in: HARTMAN et al. (Hrsg.), *The Dynamics of Virus and Rickettsial Infections*, New York (1954), S. 295. *5)* BEDSON, S. P., *Brit. med. Bull.*, **9**, 226 (1953). *6)* *Report of the Medical Research Council, 1957–1958*, London (1959), S. 13; Expert Committee on Trachoma, Second Report, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 106 (1956); HASSOUNA, M. A. L., *Amer. J. Ophthal.*, **38**, 382 (1954). *7)* PERLMAN und MILZER, *Arch. intern. Med.*, **94**, 82 (1954); BEDSON, S. P., *Proc. roy. Soc. Med.*, **48**, 633 (1955). *8)* KING, A. J., *Brit. med. J.*, **2**, 1396 (1959).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Rickettsiales) S. 640

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Rickettsiales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Klin. Anwendung d. Antibiotica: Penicillin	Streptomycin	Tetracycline	Bemerkungen
203	*242*	**Miyagawanella ornithosis** RAKE *Chlamydozoon columbi, Chlamydozoon meningophilus, Rickettsiaformis ornithosis*	Ähnlich *M. lymphogranulomatosis*	Vögel, wie Finken, Fasane, Hühner usw.	Erreger der Ornithosis und der Meningopneumonie. Vgl. *1, 2, 3*	0	0	**1**	Vgl. *Nr. 241*
203	*243*	**Miyagawanella pneumoniae** RAKE *Chlamydozoon hominis, Ehrlichia pneumoniae, Rickettsiaformis pneumoniae*	Ähnlich *M. lymphogranulomatosis*, aber Zellen kleiner	Vermutlich Vögel	Erreger tödlicher Pneumonien. Vgl. *1, 2, 3*	0	0	1	
203	*244*	**Miyagawanella louisianae** RAKE *Ehrlichia louisianae*	Ähnlich *M. psittaci*, aber weniger filtrierbar		Erreger der Louisiana-Pneumonie. Vgl. *1, 2, 3*	0	0	1	
203	*245*	**Miyagawanella illinii** RAKE *Ehrlichia illinii*	Ähnlich *M. lymphogranulomatosis*		Erreger der Illinois-Pneumonie. Vgl. *1, 2, 3*	0	0	1	
204	*246*	**Bartonella bacilliformis** STRONG et al. *Bartonia bacilliformis*	GRAM-negativ. Kleine, stark pleomorphe Organismen, typisch bazillenförmig und häufig gekrümmt. Bei der Färbung nach GIEMSA als rotviolette Stäbchen oder auch kokkenähnlich in den menschlichen Erythrocyten. In Kulturen beweglich mit polaren Geißeln. Nicht säurefest. Obligat aerob	Mensch, vermutlich auch Sandmücke *(Phlebotomus verrucarum)*	Erreger der Bartonellosis, von der drei Formen beim Menschen vorkommen: eine anämische (Oroya-Fieber), eine eruptive (Verruga peruana) und selten eine gemischte der beiden (CARRIONsche Krankheit)	0	0	1	Vgl. *Nr. 229*

1) Übersicht über virale Pneumonien: REINMANN, H. A., *Arch. intern. Med.*, **89**, 115 (1952); und *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1078 (1956); LIPPELT, H., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 84 (1956); GERMER, W. D., ibid., **104**, 92 (1956). *2)* Übersicht über die Psittacosis-Lymphogranuloma-venereum-(P-LV-) Gruppe der Mikroorganismen: WENNER, H. A., *Advanc. Virus Res.*, **5**, 39 (1958); MEYER, K. F., in: HARTMANN et al. (Hrsg.), *The Dynamics of Virus and Rickettsial Infections*, New York (1954), S. 295. *3)* BEDSON, S. P., *Brit. med. Bull.*, **9**, 226 (1953).

Viren (Virales)

Allgemeines

Der Ausdruck Virus ist ein Sammelname für Infektionserreger, deren Größe zwischen 10 und 300 mμ liegt; die größten Arten sind also eben noch mit Hilfe der gebräuchlichen Mikroskope erkennbar. Nur in belebten Organismen können die Viren eine biologische oder biochemische Aktivität entfalten. Es ist nicht möglich, sie auf zellfreien Bakteriennährböden zu züchten, wie hoch auch deren Gehalt an tierischen oder pflanzlichen Proteinen sei.

Sehr verallgemeinert läßt sich sagen, daß die Viren der Tiere kugelförmig, die der höheren Pflanzen polyedrisch oder stäbchenförmig, die der Insekten länglich sphäroid sind, während die Viren der Bakterien (Bakteriophagen) ähnlich den Spermatozoen mit polyedrischem Kopf aussehen. Die Gleichförmigkeit der kleinen Viren begünstigt die Agglomeration und kann zu ziemlich umfangreichen Kristallbildungen führen. Die polyedrische Gestalt verschiedener Viren legt die Vermutung nahe, sie seien nach einem kristalloiden Schema aus gleichartigen Elementen gebaut.

Gewisse Viren konnten in ihre chemischen Bestandteile zerlegt werden. Das native Tabakmosaikvirus zum Beispiel ist ein Nucleoproteid aus 6% Nucleinsäure und 94% Protein. Inaktives Eiweiß mit inaktiven Nucleinsäuren ließ sich zu aktivem Tabakmosaikvirus rekombinieren. Die einfachsten Viren scheinen einzig aus Nucleoproteiden zu bestehen; andere, entwickeltere Formen enthalten unter anderem Thymonucleinsäuren, Lipide, Kohlenhydrate usw. Bei gewissen großförmigen Arten läßt sich die Anlage der inneren Struktur erkennen: ein Kern aus Desoxyribonucleinsäure, eine Hülle aus Eiweißstoffen und peripher eine Membran (manchmal zwei).

Die Infektion vollzieht sich in der Regel in zwei Phasen: In der ersten heftet sich, wahrscheinlich unter dem Einfluß elektrostatischer Kräfte, das Virus an die Membran der Wirtszelle (Anziehung zwischen den elektrisch positiven Aminogruppen des Virus und den elektrisch negativen Carboxylgruppen der Zellmembran). Unter bestimmten Voraussetzungen ist diese Phase reversibel. In der zweiten dringt das Virus in das Zellinnere und vermehrt sich dort. Diese Phase ist irreversibel und anscheinend enzymatischer Natur. Die intrazelluläre Vermehrung ist bis heute nur wenig geklärt. Im Zellinnern modifiziert das Virus die Stoffwechselvorgänge des Wirts und paßt sie seinen eigenen Bedürfnissen an.

Bei zahlreichen Viruskrankheiten stellt man im Cytoplasma der befallenen Wirtszelle «Elementarkörperchen» fest, welche die Träger der Infektionsfähigkeit zu sein scheinen; immerhin steht nicht fest, ob es sich hierbei um den Infektionserreger selbst handle. Diese Teilchen bilden oft Haufen (oder Morulae), die von einer Protoplasmasubstanz umgeben sind und sich wieder in infizierende Einheiten auflösen können. Es wurden auch stark eosinophile oder basophile Einschlußkörper beobachtet, die sich gleichfalls in eine große Zahl elementarer Partikel auflösen können.

Die genetischen Eigenschaften und die Infektionsfähigkeit scheinen ihren Sitz im Nucleinsäurekern zu haben, die antigenen Eigenschaften dagegen im Eiweißanteil des Virus zu liegen. Diese Antigene finden sich in den Elementarkörperchen (Antigen V = Virusantigen). Viele Viren besitzen auch «lösliche» Antigene (Antigen S), die in die Zellen übertreten und dort die Bildung von Antikörpern auslösen. Die antigenen Eigenschaften sind je nach den biologischen Verhältnissen verschieden, was eine gekreuzte Immunität zwischen mehreren Virusarten ausschließt. Bei gewissen «Arten» hat man auch eine Mehrzahl antigener Typen festgestellt, die erlaubt, verschiedene Virusstämme oder «Rassen» zu unterscheiden.

Wegen ihres intrazellulären Wachstums werden sowohl die Rickettsien wie die Organismen, welche die Psittacosis und das Lymphogranuloma venereum (inguinale) (P-LV) verursachen, häufig den Viren zugeordnet. *(Nr. 229–246.)*

Antibiotica und Viren

Die in dieser Tabelle aufgeführten Viren werden weder durch die zur Zeit bekannten Antibiotica noch durch andere Chemotherapeutica beeinflußt. Bei den entsprechenden Krankheiten beschränkt sich die Rolle der Antibiotica – bis heute wenigstens – auf die Bekämpfung der sekundären bakteriellen Affektionen (vgl. Editorial, *J. Amer. med. Ass.*, **105**, 53 [1957]).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675

Allgemeine Literatur (Virales): BREED et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 6. Aufl., Baltimore (1948); RHODES und VAN ROOYEN, *Textbook of Virology*, 2. Aufl., Baltimore (1953); PULLEN, R. L. (Hrsg.), *Communicable Diseases*, Philadelphia (1950); ANDREWES, C. H., *Brit. med. Bull.*, **9**, 169 (1953); BEDSON et al., *Virus and Rickettsial Diseases*, London (1951); RIVERS und HORSFALL, Jr. (Hrsg.), *Viral and Rickettsial Infections of Man*, 3. Aufl., London (1959); HARTMAN et al. (Hrsg.), *The Dynamics of Virus and Rickettsial Infections*, New York (1954); Symposium on Viral and Rickettsial Diseases, *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, Nr. 5 (1959).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*247*	**Variola-Virus** *Borreliota variolae* (LIPSCHÜTZ) GOODPASTURE *Strongyloplasma variolae* LIPSCHÜTZ	Alle Stämme: backsteinförmig, 280× 220× 220 mμ, mit abgerundeten Ecken, meist mit 5 dichten Körnern. Besteht zu etwa 6% aus Nukleinsäure. Kultivierbar auf Hühnerembryo-Chorioallantois[1]	Gewöhnlich übertragen durch direkten, selten durch indirekten Kontakt. Weltweite Verbreitung		Kreuzimmunisarion zwischen allen für den Menschen pathogenen *Variola*-Stämmen, die praktisch serologisch nicht unterscheidbar sind. Siehe unten
		Stämme: var. *hominis:* Smallpox-Virus (typischer Stamm), Pocken-Virus, Virus variolique, *Poxvirus variolae*		Mensch	Pocken (Variola): *Variola major:* Mortalität bis zu 80% bei ungeimpften Kindern. *Variola minor* (Alastrim, Parasmallpox, Kaffirpox, Milchpox, Amaas) ist auf einen weniger virulenten Stamm zurückzuführen. Varioloid. Siehe unten	
		var. *bovis:* Cowpox-Virus, Kuhpocken-Virus, Virus de la vacuna, *Poxvirus bovis*		Kuh	Kuhpocken, auch für den Menschen pathogen, Melker: Infektionen gewöhnlich an der Hand (Melkerknoten)	
		Vaccinia-Virus (wahrscheinlich identisch mit var. *bovis*), *Poxvirus officinale*		Impfstamm	Vaccinia; leichte allgemeine Reaktion auf eine Schutzimpfung	Die Impfstämme, von denen einige über 60 Jahre lang Tiere wiederholt durchlaufen haben, dürften wahrscheinlich von Kuhpocken-Virus-Stämmen herrühren
		Andere tierische Stämme		Kaninchen, Maus usw.	Rabbitpox, Mäusepox (infektiöse Ektromelie) usw., aber nicht auf den Menschen übertragbar	

1) DOWNIE und DUMBELL, *J. Path. Bact.*, **59**, 189 (1947).

Pocken [1]

Obwohl Pocken in Europa und Nordamerika heute nicht mehr endemisch auftreten, ist auch dort die Möglichkeit einer Einschleppung aus den Tropen in Betracht zu ziehen. Die Krankheit hat auch nichts von ihrer Virulenz verloren, und die heute um sich greifende Nachlässigkeit, Kinder nicht mehr impfen zu lassen (in England gegenwärtig weniger als 20%), wird von zuständiger Seite als recht gefährlich angesehen. Die Schutzimpfung ist heute, von wenigen Ausnahmen abgesehen, völlig sicher und gewährt einwandfreien Schutz. Encephalomyelitis ist die einzige ernste Komplikation (auf 10 000 Impfungen 1 Fall[2]), die aber noch nicht bei Kindern unter 12 Monaten aufgefunden wurde, ein Umstand, der für eine Schutzimpfung vor diesem Alter spricht.

Die Immunität gegenüber *Variola major* ist gewöhnlich lebenslang. Erfolgt eine Infektion durch einen virulenten Stamm bei Personen, deren Immunität mit der Zeit abgenommen hat, so verläuft diese in einer milden Form *(Varioloid)*. Das Virus bleibt dagegen virulent und vermag auch *Variola major* in nichtgeimpften Personen hervorzurufen. *Variola minor* (Alastrim), eine milde Form der Pocken, dagegen wird durch einen weniger virulenten Stamm verursacht. Sollten Pocken von geimpften Personen übertragen werden, so ist deshalb das Vorliegen von virulenten Stämmen in Betracht zu ziehen.

Der Erkrankte wird erst infektiös bei Erscheinen der Hauteffloreszenzen, mit Ausnahme der hämorrhagischen Form der Pocken *(Purpura variolosa)*, die fast immer fatal endet. Die Infektion des Fötus in utero erfolgt schon beim Einsetzen der ersten klinischen Symptome (Fieber)[3]. Spezifische Mittel gegen Pocken sind nicht bekannt. Antibiotica und Chemotherapeutica können gegen sekundäre Infektionen eingesetzt werden. Über eine frühe Diagnose vgl. [4].

Literatur: *1*) Übersicht: DOWNIE und MACDONALD, *Brit. med. Bull.*, **9**, 191 (1953). *2*) CLARK, W. G., *Bull. Hyg. (Lond.)*, **20**, 121 (1945); HURST, E. W., *Brit. med. Bull.*, **9**, 234 (1953). *3*) MARSDEN und GREENFIELD, *Arch. Dis. Childh.*, **9**, 309 (1934); DIXON, C. W., *J. Hyg. (Lond.)*, **46**, 351 (1948). *4*) MACCALLUM, F. O., in: HARTMAN et al. (Hrsg.), *The Dynamics of Virus and Rickettsial Infections*, New York (1954), S. 324.

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Virales) S. 643

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*248*	**Varicellen-Virus** *Briareus varicellae* spec. nov., Chickenpox-Virus, Spitzpocken-Virus, Windpocken-Virus (wahrscheinlich identisch mit Herpes-zoster-Virus) [1]	Durchmesser 210–250 mμ. Kultivierbar in menschlichem Gewebe [1]	Mensch, übertragen durch Tröpfchen und Kontakt	Varicellen, primäre Varicellenpneumonie, Chickenpox, Petite vérole volante, gelegentlich Encephalomyelitis	Kreuzimmunisation zwischen Varicella und Herpes zoster. Ersteres repräsentiert wahrscheinlich eine Primärinfektion, letzteres eine lokalisierte Reinvasion eines immunen Wirtes oder eine Stimulierung einer latenten Infektion infolge Exposition gegen Kälte oder Streß [2]. In der Regel lebenslängliche Immunität nach einer Varicella-Infektion. Bei gleichzeitiger Steroidtherapie können sich extrem virulente Formen des Virus entwickeln [3]. Inkubation 10–20 Tage. Übersicht siehe [4]
209	*249*	**Herpes-zoster-Virus** (wahrscheinlich identisch mit Varicellen-Virus), Virus du zona	Wie Varicellen-Virus	Mensch, übertragen durch Kontakt oder Tröpfchen	Gürtelrose, Herpes zoster, Zona	Vgl. *Nr. 248*. Übersicht siehe [5]
209	*250*	**Masern-Virus** *Briareus morbillorum* spec. nov., Measles virus, Virus rougeoleux, Virus del sarampión	Kultivierbar in Gewebe oder Hühnerembryo-Chorioallantois. Durchmesser etwa 140 mμ	Mensch, übertragen durch Kontakt oder Tröpfchen	Masern (Morbilli, Rubeola, Measles, Sarampión, Rougeole), gelegentlich mit Encephalomyelitis [6–9]	Inkubation 12–19, gewöhnlich 14 Tage. In der Regel lebenslängliche Immunität. Übersicht siehe [10]
209	*251*	**Rubella-Virus**	Kultivierbar in Nierengewebe und Hühnerembryo	Mensch; übertragen durch Kontakt und Tröpfchen	Röteln (Rubella, German measles, Rubeola, epidemische Roseola, 3-Tage-Masern)	Vorwiegend eine Kinderkrankheit. Inkubation 14–23, gewöhnlich 18 Tage. Infektionen während der Schwangerschaft können congenitale Schädigungen beim Kind zur Folge haben [11]. In der Regel lebenslängliche Immunität
209	*252*	**Herpes-Virus** *Scelus recurrens* spec. nov., *Neurocystis herpetii* LEVADITI und SCHOEN Herpes-simplex-Virus (febrilis), *Herpesvirus hominis*	Durchmesser 100–150 mμ. Kultivierbar in Gewebe oder Hühnerembryo-Chorioallantois	Mensch; übertragen durch Kontakt	Herpes simplex (H. labialis, H. facialis, H. febrilis, Cold sore), Eccema herpeticum, traumatische Herpes, akute herpetische Gingivostomatitis (aphthöse, katarrhalische, ulcerative oder VINCENTsche Stomatitis), rekurrierende Stomatitis, akute herpetische Rhinitis, herpetische Keratoconjunctivitis und Keratitis, Iridocyclitis, herpetische Meningoencephalitis	Eine primäre Infektion äußert sich in zwei Krankheitsformen: mit lokalen oder systemischen Symptomen. Rekurrente Infektionen zeigen nur lokale Symptome. Als Primärinfektion bildet sich zumeist eine Gingivostomatitis, als rekurrente Infektion eine Herpes simplex aus. Erstinfektion des Säuglings durch die Mutter erfolgt einige Monate nach der Geburt. Anschließend lebenslänglich latente Infektion mit gelegentlich sporadischen Ausbrüchen, oft assoziiert mit bakteriellen Infektionen. Über Herpes simplex siehe [12]
209	*253*	**Herpesvirus simiae** B-Virus	Durchmesser 120–180 mμ. Kultivierbar in Gewebe oder Hühnerembryo-Chorioallantois	Affen. Auf den Menschen durch Kontakt übertragbar	Encephalitis, Myelitis, Encephalomyelitis	Inkubation 10–20 Tage, meist fataler Ausgang. Übersicht siehe [13]
209	*254*	**Virus der Maul- und Klauenseuche** *Hostis pecoris* spec. nov., Foot-and-mouth-disease virus, Virus de la fièvre aphteuse, Virus de la glosopeda	Durchmesser 6,5–20 mμ	Rinder, Schwein, Schaf. Gelegentlich auch auf den Menschen übertragen. Mit Ausnahme der USA und Australasien weltweite Verbreitung	Krankheitsform beim Menschen ähnlich wie bei Tieren: Fieber und charakteristische Bläschen im Mund und auf Finger und Zehen	Übersicht siehe [14]

1) WELLER, T. H., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **83**, 340 (1953); WELLER und COONS, ibid., **86**, 789 (1954). *2*) STOKES, J., Jr., in: RIVERS und HORSFALL, Jr. (Hrsg.), *Viral and Rickettsial Infections of Man*, 3. Aufl., London (1959), S. 773. *3*) MEADE, R. H., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 1355 (1959). *4*) APPELBAUM et al., *Amer. J. Med.*, **15**, 223 (1953); JONES, A. T., *Brit. J. clin. Pract.*, **11**, 41 (1957). *5*) BURGOON et al., *J. Amer. med. Ass.*, **164**, 265 (1957); EPSTEIN und ALLINGTON, *Arch. Syph. (Chicago)*, **76**, 408 (1957). *6*) WEINSTEIN, L., *New Engl. J. Med.*, **253**, 679 (1955). *7*) WATSON, G. I., *Brit. med. J.*, **1**, 5 (1955). *8*) Treatment of Measles, *Brit. med. J.*, **2**, 90 (1956). *9*) APPENZELLER, K., *Helv. paediat. Acta*, **10**, 301 (1955). *10*) YOSHIOKA, H., *Dtsch. med. Wschr.*, **83**, 2100 (1958). *11*) GREENBERG et al., *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 675 (1957). *12*) VIVELL et al., *Helv. paediat. Acta*, **12**, 127 (1957). *13*) PIERCE et al., *Amer. J. Hyg.*, **68**, 242 (1958). *14*) GLEDHILL, A.W., *Brit. med. Bull.*, **9**, 237 (1953).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*255*	**Warzen-Virus** *Molitor verrucae* spec. nov., Common-wart virus, Verrucae-Virus, Virus papillomateux		Mensch und möglicherweise Tiere. Durch Kontakt übertragen	Warzen (Verruca vulgaris), Genitalwarzen (Condylomata acuminata), Flachwarzen, Verrues	Bösartige Geschwüre zusätzlich zu den Primärinfektionen sind möglich. Keine erwerbbare Immunität. Inkubation ein bis mehrere Monate. Entfernung durch Vitamin-A-Injektionen[1]. Übersicht siehe [2]
209	*256*	**Molluscum-contagiosum-Virus** *Molitor hominis* comb. nov., *Strongyloplasma hominis* Lipschütz, Virus de l'acné varioliforme	Größe 316×247 mμ [3]	Mensch, weltweite Verbreitung, übertragen durch Kontakt	Molluscum contagiosum, Acné varioliforme	Übersicht siehe [3, 4]
209	*257*	**Louping-ill-Virus** *Erro scoticus* spec. nov., Schaf-Encephalitis-Virus, Virus of sheep encephalitis, Virus de l'encéphalite du mouton, Virus de la encefalitis del carnero	Durchmesser etwa 20 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Schaf, Mensch. Übertragen durch Zecken: *Rhipicephalus appendiculitis* und *Ixodes ricinus*	Beim Menschen influenzaähnliche Erkrankung, oft gefolgt von leichter bis schwerer Meningoencephalitis mit benignem Verlauf	Gehört zu den Viren der Arbor-Gruppe B *. Vielleicht auch nur ein Stamm eines Virus, der auch Frühjahr-Sommer-Encephalitis verursacht *(Nr. 258)* [5]
209	*258*	**Frühjahr-Sommer-Encephalitis-Virus** *Erro silvestris* spec. nov., Frühjahr-Wald-Encephalitis-Virus, Tick-borne encephalitis virus, Virus de la méningoencéphalite verno-estivale	Durchmesser 20–25 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Mensch, wahrscheinlich auch Rinder und Pferde. Verbreitung: Rußland, Fernerosten, Zentraleuropa, Indien. Übertragen durch die Waldzecken *Ixodes persulcatus* und *I. ricinus* sowie durch die Vogelzecken *Haemaphysalis spinigera* und *H. turturis*	Russische Frühjahr-Sommer-Encephalitis (Tick-borne-Encephalitis, undulante Meningoencephalitis, diphasisches Milchfieber, Fièvre boutonneuse de la Sibérie, Fièvre pourprée sibérienne). Drei Formen: Polioencephalomyelitis (paralytisch, Mortalität 5–30%), diphasische Meningoencephalitis (benigne) und hämorrhagisches Fieber.	Gehört zur Arbor-Gruppe B der Viren *. Übersicht siehe [6]
209	*259*	**Australischer X-Disease-Virus** *Erro incognitus* spec. nov., Virus de la enfermedad X	Durchmesser 20–50 mμ. Kultivierbar auf Hühnerembryo-Chorioallantois	Mensch. In Australien, wahrscheinlich durch Moskitos übertragen	Australische X-Krankheit (Murray-Valley-Encephalitis). Mortalität bis zu 70%, Kinder sind besonders gefährdet	Gehört zur Arbor-Gruppe B der Viren *. Übersicht siehe [7]
209	*260*	**Encephalitis-lethargica-Virus** A-Encephalitis-Virus, Virus de l'encéphalite épidémique		Mensch (?)	Encephalitis lethargica (epidemische Encephalitis Typ A, von-Economosche Krankheit, Nona, Schlafkrankheit, Maladie de Cruchet)	Inkubation wahrscheinlich 1–2 Wochen. Symptomatische Diagnose nur bei Epidemien[8], in sporadischen Fällen Sicherung der Diagnose nur durch anatomischen Befund möglich[9]
209	*261*	**Japanischer B-Encephalitis-Virus** *Erro japonicus* spec. nov.	Durchmesser 15–30 mμ. Kultivierbar in Hühnerembryo	Mensch. Übertragen wahrscheinlich durch *Culex*-Moskitos. In Japan und Rußland	Japanische Encephalitis (epidemische Encephalitis Typ B, russische Herbst-Encephalitis). Mortalität etwa 8,5%	Gehört zur Arbor-Gruppe B der Viren *. Übersicht siehe [10]
209	*262*	**West-Nil-Encephalitis-Virus** *Erro nili* spec. nov.	Durchmesser 20–30 mμ	Mensch. In Uganda	West-Nil-Encephalitis (West-Nil-Fieber)	Gehört zur Arbor-Gruppe B der Viren *. Inkubation 3–6 Tage. Übersicht siehe [11]
209	*263*	**St.-Louis-Encephalitis-Virus** *Erro scelestus* spec. nov., C-Encephalitis-Virus	Durchmesser 20–30 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Mensch und wahrscheinlich auch Tiere, verbreitet in den USA, übertragen durch Moskitos (*Culex* spec.)	St.-Louis-Encephalitis (epidemische Encephalitis Typ C, amerikanische Encephalitis). Mortalität etwa 20%	Gehört zur Arbor-Gruppe B der Viren *. Inkubation 4–21 Tage. Übersicht siehe [12]
209	*264*	**Pferde-Encephalomyelitis-Virus** *Erro equinus* spec. nov., Equine encephalitis virus, Virus de l'encéphalite du cheval, Virus de la encefalitis del caballo	Durchmesser 30–50 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Mensch und viele Tiere. Verbreitet in Amerika. Übertragen wahrscheinlich durch Moskitos; Milben oder Zecken als Reservoire	Beim Menschen akute Encephalomyelitis, besonders gefährdet sind Kinder	2 Formen: Western- und Eastern-Equine-Encephalitis-Virus. Gehört zur Arbor-Gruppe A der Viren *. Klinisch von anderen viralen Encephalitiden nicht zu unterscheiden. Übersicht siehe [12]

* Arbor-Virus = Arthropod-borne-animal-Virus: Viren, die sich in einem Arthropodenwirt vervielfältigen und Vertebraten infizieren können (vgl. dazu Casals und Reeves, in: Rivers und Horsfall, Jr. [Hrsg.], *Viral and Rickettsial Infections of Man*, 3. Aufl., London [1959], S. 269).

1) Steinberg, M. D., *Surgery*, **39**, 642 (1956). *2)* Coles, R. B., *Publ. Hlth (Lond.)*, **71**, 371 (1958). *3)* Nasemann, T., *Hautarzt*, **8**, 301, 352, 397, 443 (1957); ibid., **9**, 29, 113 (1958). *4)* Beare, J. M., *Med. ill. (Lond.)*, **9**, 683 (1955). *5)* Pond et al., *J. infect. Dis.*, **93**, 294 (1953). *6)* Smorodintsev, A. A., *Progr. med. Virol.*, **1**, 210 (1958); Work, T. H., *Progr. med. Virol.*, **1**, 248 (1958). *7)* Burnet, F. M., *Amer. J. publ. Hlth*, **42**, 1519 (1952). *8)* Von Economo, C., *Die Encephalitis lethargica, ihre Nachkrankheiten und ihre Behandlung*, Wien (1929); Stern, F., *Die epidemische Encephalitis*, 2. Aufl., Berlin (1928); Petge, H., *Die akut entzündlichen Erkrankungen des Nervensystems*, Leipzig (1942). *9)* Döring, G., *Münch. med. Wschr.*, **88**, 1053 (1941). *10)* Lincoln und Sivertson, *J. Amer. med. Ass.*, **150**, 268 (1952). *11)* Goldblum et al., *Amer. J. Hyg.*, **59**, 89 (1954). *12)* Hess und Holden, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 294 (1958).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Virales) S. 643

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*265*	**Poliomyelitis-Virus** * *Legio debilitans* spec. nov., Virus der Kinderlähmung, Virus of infantile paralysis, Virus poliomyélitique	Durchmesser 27mμ. Intracerebral im Affen und in menschlichem Gewebe kultivierbar. Wurde kristallisiert. Weitere physikalische Eigenschaften vgl. [1]	Mensch, weltweite Verbreitung. Übertragen durch Kontakt, speziell via Fäces	Poliomyelitis, spinale Kinderlähmung, HEINE-MEDINsche Krankheit, akute atrophische Paralyse, Paralysie infantile spinale	Siehe S. 647
209	*266*	**Coxsackie-Virus** *	Durchmesser 27mμ. Kultivierbar in Gewebe. Wurde kristallisiert	Mensch, weltweite Verbreitung. Übertragen durch Kontakt, speziell via Fäces und Tröpfchen	Klinisches Bild verschieden: Herpangina, epidemische Pleuralgie (Bornholm-Krankheit), Sommergrippe, aseptische Meningitis. Vgl. S. 647	Auf Grund histologischer Befunde an säugenden Mäusen in Gruppe A und B unterteilt. Vgl. S. 647
209	*267*	**ECHO-Virus** *	Durchmesser 25–29 mμ, Typ 10 60–90 mμ	Mensch	Aseptisches meningitisches Syndrom. Mit Coxsackie-Virus assoziiert bei paralytischen, poliomyelitisähnlichen Erkrankungen[3], bei fiebrigen Erkrankungen im Sommer, bei Kindern mit Sommerdiarrhöen und bei Erkrankungen der Atemwege	Bisher wurden 24 antigenisch verschiedene Typen gefunden. ECHO = Enteric Cytopathogenic Human Orphan (vgl. [2]). Übersicht siehe [3]. Typ 10 ist höchstwahrscheinlich ein eigenes Virus (REO-Virus [4])
209	*268*	**Virus der lymphocytären Choriomeningitis** *Legio erebea* spec. nov.	Durchmesser 37–55 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Maus, Mensch. Experimentell durch Kontakt und Moskitos übertragen. In Europa und den USA	Lymphocytäre Choriomeningitis (LMC), oft subklinischer Verlauf	Inkubation 1–3 Wochen. Differentialdiagnose zu Leptospirosen siehe S. 639. Übersicht vgl. [4]
209	*269*	**Virus der lymphocytären Pseudochoriomeningitis** *Legio simulans* spec. nov.	Durchmesser 150–225 mμ	Mensch	Lymphocytäre Pseudochoriomeningitis (benigna aseptica). Klinisch von lymphocytärer Choriomeningitis nicht zu unterscheiden. Keine Kreuzimmunisation zwischen beiden Krankheiten	Differentialdiagnose zu Leptospirosen siehe S. 639
209	*270*	**Rabies-Virus** *Formido inexorabilis* spec. nov., Tollwut-Virus, Street virus, Virus rabique	Durchmesser 100–150 mμ. Infizierte Zellen mit typischen dunklen Einschlüssen (NEGRIsche Körper)	Hunde, andere Tiere und Mensch. Hauptreservoir sind Hunde. Gewöhnlich durch Biß übertragen. Fast weltweit verbreitet	Tollwut (Hydrophobia, Lyssa), Rabies, Rage. Sobald Symptome erscheinen, immer fatal	Inkubation 27–64 Tage. Sofortige Impfung bei Biß oder Kratzern durch Tiere, in denen Tollwut nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Literatur über Tollwut siehe [5]
209	*271*	**Gelbfieber-Virus** *Charon evegatus* spec. nov., Yellow-fever virus, Virus de la fièvre jaune, Virus amaril	Durchmesser 18–27 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Wirte: Mensch und Primaten. Übertragung durch Stechfliegen: Mensch-zu-Mensch-Zyklus hauptsächlich *Aedes aegypti* (Afrika und Südamerika). Affen-zu-Mensch-Zyklus: in Afrika *A. africanus*, *A. luteocephalus*, *A. simpsoni*, in Südamerika *A. leucocelaenus* und Gattung *Haemagogus*	Gelbfieber, Febbre amarillo, Fièvre jaune, Yellow fever, Bwamba fever (Uganda)	Gehört zu den Viren der Arbor-Gruppe B**. Inkubation 27–64 Tage. Verschiedene Stämme, zum Teil mit atypischem, zum Teil mit leichtem, zum Teil mit schwerem Krankheitsverlauf. Zwischen allen Kreuzimmunisation (auch zwischen afrikanischem und südamerikanischem Gelbfieber)[7]. Erkrankung hinterläßt eine praktisch lebenslängliche Immunität. **Prophylaxe:** Subkutane Schutzimpfung erzeugt beim Erwachsenen eine Immunität von etwa 9 Jahren[6]. Übersicht siehe [7].

* Auf Grund ihrer überlappenden Eigenschaften wurde vorgeschlagen, Poliomyelitis-, Coxsackie- und ECHO-Virus in einer Gruppe als *Enterovirales* zusammenzufassen.

** Siehe Fußnote S. 645.

1) SCHAFFER und SCHWERDT, *Advanc. Virus Res.*, **6**, 159 (1959). *2)* Committee on ECHO Viruses, *Science*, **122**, 1187 (1956); *Amer. J. publ. Hlth*, **47**, 1556 (1957). *3)* HAMMON et al., *J. Amer. med. Ass.*, **167**, 727 (1958); HSIUNG und MELNICK, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 342 (1958); HORSTMANN, D. M., *Arch. intern. Med.*, **102**, 155 (1958); MELNICK, J. L., *Progr. med. Virol.*, **1**, 59 (1958); KIBRICK, S., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 1291 (1959). *4)* SCHEID et al., *Dtsch. med. Wschr.*, **84**, 1293 (1959). *5)* (Allgemein) Expert Committee on Rabies, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 121 (1957). RODEWALD und WIDOW, *Med. Mschr.*, **11**, 74 (1957). (Übertragung) CARNEIRO, V., *Bull. Wld Hlth Org.*, **10**, 775 (1954); CLOUGH, P. H., *Ann. intern. Med.*, **42**, 1330 (1955); MEYER, K. F., *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 158 (1957). (Prophylaxe) FOX, J. P., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 480 (1958). (Behandlung) VEERARAGHAVAN et al., *Bull. Wld Hlth Org.*, **17**, 943 (1957). *6)* DICK und GEE, *Trans. roy. Soc. trop. Med.*, **46**, 449 (1952). *7)* DICK, G. W. A., *Brit. med. Bull.*, **9**, 215 (1953); GEAR und DEUTSCHMAN, *Chron. Wld Hlth Org.*, **10**, 301 (1956). *8)* SABIN, A. B., *Science*, **130**, 1387 (1959).

Poliomyelitis *(Nr. 265)*

Die verschiedenen Stämme lassen sich in drei Gruppen einteilen: von 196 untersuchten Stämmen gehörten 82,1% zum Typ 1 (Brunhilde), 10,2% zum Typ 2 (Lansing) und 7,7% zum Typ 3 (Léon)[1]. Die drei Gruppen variieren in Virulenz und Neurotropismus, aber eine Beziehung zum klinischen Bild der Erkrankung wurde bisher nicht festgestellt.

Viren finden sich in den Fäces bei 90% der Erkrankten, und die Fäces sind auch als Hauptquelle einer Infektion zu betrachten. Der Großteil der Infektionen verläuft subklinisch oder abortiv. Lähmungen treten nur bei einem kleinen Teil der Infizierten auf, vor allem dann, wenn nach der Infektion noch irgendein Streß dazugekommen ist (körperliche Anstrengungen, Reisen[2]) oder nach einem Trauma (Tonsillektomie[3, 4], kombinierte Impfung gegen Diphtherie und Keuchhusten[5]). Auch Schwangerschaft prädisponiert zur Paralyse[4].

Eintrittspforte der Infektion dürften die Schleimhäute des Pharynx und/oder des Intestinaltraktes sein. Von dort greift die Infektion auf die Lymphdrüsen über und befällt schließlich über die entsprechenden Ganglien das Zentralnervensystem[6, 7]. Auch Virämie ist bekannt; ob aber der Befall des Zentralnervensystems damit zusammenhängt, ist zweifelhaft.

Bei starkem Befall des Zentralnervensystems verläuft die Krankheit paralytisch, häufiger aber ist die nichtparalytische Form. Die Paralyse selbst kann sich in sehr verschiedenen Formen zeigen[8]. Anfälligkeit gegenüber Infektion und klinischer Verlauf der Krankheit werden sowohl durch Alter als auch durch Geschlecht beeinflußt[9].

Beim Kinde verläuft die Krankheit in der Regel typisch zweiphasig[7]: Die erste (gastrointestinale) Phase beginnt mit Fieber, Kopfweh, Halsweh, Konstipation *oder* Diarrhöe. Nach einer Remission von wenigen Tagen folgt die zweite Phase mit Fieber, Kopfweh, Muskelschmerzen, Gliedersteifigkeit, gefolgt von Paralyse.

Diagnose. Eine Differentialdiagnose hat auch andere virale Meningitiden (Coxsackie-, Mumps-Meningitis, lymphocytische Choriomeningitis) in Betracht zu ziehen[10]. Eine endgültige Diagnose erfordert die Gewebskultur der Viren aus den Fäces und eine Komplementbindungsreaktion für ansteigenden Antikörpertiter im Serum des Rekonvaleszenten.

Schutzimpfung[11]*:* Zwei Gruppen von Impfstoffen werden heute verwendet: die eine enthält getötete Viren (Salk-Impfstoff), die andere lebende, geschwächte Viren.

Der Salk-Impfstoff gewährt einen hohen Grad von Schutz, wie ausgedehnte Untersuchungen an 6–9 Jahre alten Kindern in den USA gezeigt haben, und wird in zahlreichen Ländern verwendet[12, 13]. Gewisse Nachteile dieses Impfstoffes sind die Schwierigkeit der Herstellung, die geringe Wirksamkeit und die Notwendigkeit einer Injektion. Ähnliche Impfstoffe werden auch in anderen Ländern hergestellt. Der in Frankreich von Lépine entwickelte Impfstoff wird unter schonender Abtötung der sorgfältig ausgewählten Stämme hergestellt, wodurch eine Änderung der chemischen Eigenschaften der Antigene auf ein Minimum beschränkt wird. Dieser Impfstoff kann auch in Kombination mit anderen Impfstoffen verwendet werden. Über den Lépine-Impfstoff vgl.[14].

Der Impfstoff auf der Basis lebender Viren kann peroral eingenommen werden und entspricht so einer natürlichen Infektion. Die Bildung von Antikörpern scheint hier intensiver und länger zu erfolgen als bei der Impfung nach Salk. Eine Immunisierung von Nichtgeimpften kann durch Übertragung erfolgen (epidemische Immunität); diese Übertragung der Immunität scheint vorläufig auf Mitglieder einer Familie beschränkt zu sein. Sollten die Untersuchungen, die derzeit in verschiedenen Ländern ausgeführt werden, zeigen, daß keine Gefahr eines Rückfalls zur Virulenz des verwendeten Stammes besteht, kann angenommen werden, daß eine Anwendung dieses Impfstoffes die virulenten Stämme des Poliomyelitis-Virus völlig oder zumindest teilweise beseitigt, was durch den Salk-Impfstoff nicht möglich ist[12, 15]. Die bisherigen Untersuchungen haben erkennen lassen, daß der neue Impfstoff sicher und wirksam ist, auch in Personen, die schon früher nach Salk geimpft wurden[16–18]. Eine Übersicht findet sich bei [19].

Literatur: *1)* The Committee on Typing of the National Foundation for Infantile Paralysis, *Amer. J. Hyg.*, **58**, 74 (1953). *2)* Albrecht und Locke, *J. Amer. med. Ass.*, **146**, 769 (1951); Brahdy und Katz, ibid., **146**, 772 (1951). *3)* Poliomyelitis and Tonsillectomy; a report of the Medical Research Council Committee on Inoculation Procedures and Neurological Lesions, *Lancet*, **2**, 5 (1955). *4)* Paffenbarger und Wilson, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **61**, 856 (1955). *5)* Rhodes, A. J., *Canad. med. Ass. J.*, **68**, 107 (1953). *6)* Sabin, A. B., *Science*, **123**, 1151 (1956). *7)* Rhodes, A. J., *Brit. med. Bull.*, **9**, 196 (1953). *8) Report of the Medical Research Council, 1955–1956*, London (1957), S. 15. *9)* Weinstein, L., *New Engl. J. Med.*, **257**, 47 (1957). *10)* McMath et al., *Lancet*, **2**, 275 (1956). *11)* Übersicht: Melnick, J. L., *Progr. med. Virol.*, **1**, 59 (1958). *12)* Expert Committee on Poliomyelitis, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 145 (1958). *13)* Expert Committee on Poliomyelitis, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 101 (1956). *14)* Lépine, P., *Triangle*, **2**, 259 (1956); *Presse méd.*, **67**, 941 (1959); *Rev. franç. Hyg. Méd. scol.*, **12**, 153 (1959); Lépine und Grégoire, *La vaccination contre la poliomyélite dans la pratique médicale*, Paris (1959). *15)* Wilson, G. S., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **61**, 1059 (1955). *16)* Barr et al., *J. Amer. med. Ass.*, **170**, 893 (1959). *17)* Abad-Gómez et al., *J. Amer. med. Ass.*, **170**, 906 (1959). *18) Report of the Medical Research Council, 1955–1956*, London (1957), S. 15. *19)* Sabin, A. B., *Brit. med. J.*, **1**, 663 (1959); *J. Amer. med. Ass.*, **171**, 863 (1959).

Coxsackie-Virus-Gruppe[1] *(Nr. 266)*

Die Coxsackie-Gruppe umfaßt Viren einheitlich hoher Pathogenität und Infektiosität für neugeborene Mäuse. Nach dem pathologischen Bild der von ihnen verursachten Erkrankungen werden sie in zwei Untergruppen eingeteilt: *Gruppe A*, mit 23 immunologisch unterscheidbaren Stämmen, verursacht weit ausgebreitete Myositis der Skelettmuskulatur ohne andere beobachtbare Läsionen; Tod unter dem Bild einer schlaffen Paralyse. *Gruppe B*, mit 5 immunologisch unterscheidbaren Stämmen, verursacht fokale Myositis, Panniculitis und gelegentlich Encephalitis; Tod in spastischer Paralyse[2].

Die Viren der Coxsackie-Gruppe verursachen beim Menschen Infektionen mit verschiedenen klinischen Bildern, die aber nur selten tödlich verlaufen. Infektionen bei Kindern sind am gefährlichsten[3, 4]; häufig werden auch ganze Familien infiziert[5]. Die wichtigste Infektionsquelle sind die Fäces erkrankter Personen, da mit ihnen die Viren ausgeschieden werden. Eine Erkrankung äußert sich zumeist in einer der drei folgenden Formen[6]:

Herpetische Angina[7]. Diese akute Erkrankung wird vorwiegend durch Stämme der Gruppe A verursacht und ist gekennzeichnet durch Fieber, Bläschen und Ulcera auf Tonsillen und Gaumen, verbunden mit Appetitlosigkeit, Erbrechen, Bauchschmerzen und Konvulsionen. In den USA in den Sommermonaten vor allem bei Kindern weit verbreitet.

Bornholm-Krankheit[8–10]. Vorwiegend durch Stämme der Gruppe B, gelegentlich auch durch solche der Gruppe A[9] verursacht. Charakterisiert ist diese Erkrankung, die bei Erwachsenen die häufigste Form einer Coxsackie-Infektion darstellt, durch schwere Myalgien, Pleurodynie, Fieber, Pharyngitis und zuweilen trockene Pleuritis.

Aseptische Meningo-Encephalitis[4, 11]. Meist bei Kindern und vorwiegend auf Stämme der Gruppe B zurückzuführen. Die Erkrankung ähnelt einer nichtparalytischen Poliomyelitis. Eine paralytische Erkrankung ähnlich Poliomyelitis wird durch die Stämme A-9, B-3, B-4 (und verschiedene ECHO-Viren) verursacht[12]. Coxsackie- und ECHO-Viren einerseits und Polioviren andererseits überlappen sich aber nicht nur hinsichtlich der pathologischen Wirkung, die früher den Polioviren allein zugeschrieben wurde, sie haben teilweise auch eine gewisse antigenische Verwandtschaft. Es ist deshalb fraglich, ob die Klassifikation dieser 3 Virengruppen in verschiedene Genera auf die Dauer berechtigt sein wird[12].

Andere Krankheiten, die durch Coxsackie-Viren verursacht werden, sind: Myocarditis (oder Encephalomyocarditis) bei Neugeborenen und kleinen Kindern[3] (B-Typ) und allgemeine fiebrige Erkrankungen (A- und B-Typ).

Literatur: *1)* Übersicht: Kibrick, S., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 1291 (1959); Tobin, J. O., *Brit. med. Bull.*, **9**, 201 (1953); Dalldorf, G., *Ann. Rev. Microbiol.*, **9**, 277 (1955); *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **67**, 209 (1957); Parrott, R. H., ibid., **67**, 230 (1957); Melnick, J. L., *Progr. med. Virol.*, **1**, 59 (1958). *2)* Tobin, J. O., *Brit. med. Bull.*, **9**, 201 (1953). *3)* Gear, J. H. S., *Progr. med. Virol.*, **1**, 106 (1958). *4)* Hosier und Newton, Jr., *Amer. J. Dis. Child.*, **96**, 251 (1958). *5)* Johnsson, T., *Arch. ges. Virusforsch.*, **5**, 384 (1954). *6)* Kilbourne und Goldfield, *Amer. J. Med.*, **21**, 175 (1956). *7)* Huebner et al., *New Engl. J. Med.*, **247**, 249, 285 (1952); Zischinsky und Moritsch, *Wien. klin. Wschr.*, **68**, 779 (1956). *8)* Disney et al., *Brit. med. J.*, **1**, 1351 (1953); Warin et al., *Brit. med. J.*, **1**, 1345 (1953). *9)* Windorfer und Born, *Disch. med. Wschr.*, **77**, 1012 (1952). *10)* McLean et al., *Canad. med. Ass. J.*, **79**, 789 (1958). *11)* Rhodes und Beale, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **67**, 212 (1957); Habel et al., ibid., **67**, 223 (1957); Seltser, R., *Milit. Med.*, **119**, 106 (1956); Johnsson et al., *Arch. ges. Virusforsch.*, **8**, 285 (1958). *12)* Hammon et al., *J. Amer. med. Ass.*, **167**, 727 (1958).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Virales) S. 643

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*272*	**Chikungunya-Disease-Virus**		Mensch. Übertragen durch *Culex*- und *Aedes*-Moskitos. In Süd- und Ostafrika	Chikungunya-Krankheit. Übersicht vgl. [1]	Gehört zu den Viren der Arbor-Gruppe A *. Inkubation 3–12 Tage
209	*273*	**Colorado-tick-fever-Virus**		Mensch. Übertragen durch die Zecke *Dermacentor andersoni*. In den Rocky Mountain und Nordamerika	Colorado tick fever, nichtexanthematöses Zeckenfieber	Gehört zu den Arbor-Viren *. Inkubation 4–5 Tage
209	*274*	**Dengue-Virus**	Durchmesser 17–25 mμ	Mensch. Übertragen durch Moskitos, besonders *Aedes aegypti*	Dengue-Fieber (Breakbone fever, Dandy fever, Polka-Fieber, Giraffen-Fieber, 5-Tage-Fieber, 7-Tage-Fieber, Fièvre rouge)	Zumindest 2 immunologisch unterscheidbare Typen. Sehr nahe verwandt mit Gelbfieber-Virus. Gehört zur Arbor-Gruppe B der Viren *. Inkubation 5–8 Tage. Übersicht vgl. [2]
209	*275*	**Rift-Valley-Fever-Virus** *Charon vallis* spec. nov.	Durchmesser etwa 50 mμ. Kultivierbar in suspendierten Gewebszellen	Mensch, Schafe, wahrscheinlich durch Moskitos übertragen. In Ost- und Südafrika	Rift Valley fever, enzootische Hepatitis	Inkubation etwa 6 Tage. Übersicht vgl. [3]
209	*276*	**Mumps-Virus** ** *Rabula inflans* spec. nov., Virus der epidemischen Parotitis, Virus ourlien, Virus de la parotidis epidémica (paperas)	Durchmesser 110–170 mμ. Agglutiniert Erythrocyten. Kultivierbar in Hühnerembryo	Mensch, weltweite Verbreitung. Übertragen durch Tröpfchen	Mumps, Parotitis epidemica, Oreillons. Ungefähr ein Drittel der Infektionen sind subklinisch	Inkubation 18–21 Tage. Die Krankheit überläßt eine praktisch lebenslängliche Immunität. Infertilität infolge von Mumpsorchitis ist möglich [4]. Übersicht vgl. [5]
209	*277*	**Para-Influenza-Virus** **		Mensch	Erkrankungen der oberen Atemwege, Pneumonitis	Eine Gruppe noch nicht näher untersuchter Viren (Sendai-, Croup-Associated-, Hemadsorption-Virus) [6]
209	*278*	**Influenza-A-Virus** ** *Tarpeia alpha* spec. nov., Virus de la grippe type A	Stamm PR 8: Kugelig (80 mμ), gelegentlich fadenförmig. Erythrocyten werden agglutiniert. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo. Vgl. [7]	Mensch. Übertragen durch Kontakt und Tröpfchen. Weltweit verbreitet	Influenza (Grippe, katarrhalisches Fieber, febriler oder epidemischer Katarrh, akute Nasopharyngitis), Virus- (atypische) Pneumonie [8]	Möglicherweise mit dem Virus der Schweineinfluenza identisch. Siehe unten
209	*279*	**Influenza-B-Virus** ** *Tarpeia beta* spec. nov., Virus de la grippe type B	Ähnlich dem Influenza-A-Virus	Möglicherweise weniger weit verbreitet als Influenza-A-Virus	Wie Influenza-A-Virus	Immunologisch verschieden von Influenza-A-Virus. Typen C und D sind auch bekannt. Siehe unten

* Siehe Fußnote S. 645.

** Diese Viren werden zur Gruppe der Myxovirales zusammengefaßt auf Grund ihrer Fähigkeit, Neuraminsäurederivate aus Mucoproteinen abzuspalten. Vgl. ANDREWES et al., *Virology*, **1**, 176 (1955).

1) ROBINSON, M. C., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **49**, 28 (1955). *2)* SABIN, A. B., *Amer. J. trop. Med.*, **4**, 198 (1955). *3)* GLEDHILL, A. W., *Brit. med. Bull.*, **9**, 237 (1953). *4)* BALLEW und MASTERS, *Fertil. and Steril.*, **5**, 536 (1954). *5)* SPOONER, E. T. C., *Brit. med. Bull.*, **9**, 212 (1953). *6)* KNEELAND, Y., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 1327 (1959). *7)* BUZZELL und HANIG, *Advanc. Virus Res.*, **5**, 289 (1958). *8)* Literatur über virale Pneumonien: REIMANN, H. A., *Arch. intern. Med.*, **89**, 115 (1952); *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1078 (1956); LIPPELT, H., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 84 (1956); GERMER, W. D., ibid., **104**, 92 (1956).

Influenza [1] (*Nr. 277–279*)

Es gibt keine Infektionskrankheit, die sich so schnell über die ganze Welt ausbreiten kann (am schnellsten bisher die Epidemie 1957 mit 6 Monaten [2]) und die Sterbensrate, besonders älterer Personen – meist als Folge sekundärer Pneumonien –, so in die Höhe treibt wie die Influenza. In Epidemiezeiten ist mit einer Erkrankungsziffer von 5–10% zu rechnen (in Schulen usw. sogar bis zu 70% [2]), ohne die subklinisch Infizierten mitzuzählen [3].

Über die Epidemiologie der Influenza ist so gut wie nichts bekannt. Die Viren besitzen wohl eine gewisse Latenzzeit, da auf Sommerepidemien am gleichen Ort auch Winterepidemien folgen können, hervorgerufen durch antigenisch identische Stämme [4, 5].

Der antigenische Charakter der verschiedenen Stämme des Influenza-Virus zeigt extreme Vielfältigkeit. Bekannt sind bisher 4 serologische Gruppen: A, B, C und D [3, 6]. Typ A verursacht alle 2–3 Jahre ausgedehnte Epidemien, während Typ B für die lokalen Winterepidemien verantwortlich ist. Die Pandemie 1917–1919 (Mortalität 2%) wurde wahrscheinlich durch einen A-Stamm, einen Verwandten des Schweine-Influenza-Erregers, verursacht, die Pandemie 1957 (asiatische Influenza mit unbedeutender Mortalität) durch einen neuen Stamm der Gruppe A, der sich aber deutlich in antigenischer Hinsicht von dem üblichen Stamm A unterscheidet [6].

Vor allem in sporadischen Fällen ist eine Diagnose der Influenza auf Grund klinischer Befunde schwierig. Über eine Diagnose und die Unterscheidung von Erkrankungen der Atmungsorgane auf Grund anderer Viren und Rickettsien siehe [7].

Behandlung. Die zahlreichen Erkrankungen während der letzten Influenzaepidemien wurden sicher maßgeblich gefördert durch den heute vielfach üblichen Mißbrauch von Antibiotica und anderen Chemotherapeutica [8, 9], da die Bakterienflora in ihrem Gleichgewicht gestört wird und harmlose Bakterien durch resistente und häufig pathogene Organismen ersetzt werden. Eine Behandlung mit Antibiotica muß auf sekundäre bakterielle Infektionen beschränkt werden. Im Gegensatz dazu richten Antisera keinen Schaden an, auch wenn sie nicht nützen sollten.

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*280*	**Salivary-gland-Virus** (SGV)	Kultivierbar in Gewebe	Mensch	Infektion gekennzeichnet durch Auftreten von Einschlußkörperchen in Zellkern und Cytoplasma (Cytomegalic inclusion disease)	Vorwiegend eine Kinderkrankheit [2]
209	*281*	**Virus der Erkältung** *Tarpeia premens* spec. nov., Common-cold virus, Virus du refroidissement, Virus del refriado	Durchmesser wahrscheinlich zwischen 30 und 70 mμ. Fortpflanzung in menschlichen embryonalen Lungenkulturen	Mensch, Schimpanse. Wahrscheinlich durch Kontakt oder Tröpfchen übertragen	Erkältung [1]	Übersicht siehe [3]
209	*282*	**Virus der Newcastle Disease** (NDV)* *Tortor furens* spec. nov., Virus der atypischen Hühnerpest	Durchmesser 100–200 mμ. Agglutiniert Erythrocyten	Hühner. Auf den Menschen übertragbar. In England, Amerika, Australien, Ostasien	Beim Menschen Entzündungen der Conjunctiva	Übersicht siehe [4]
209	*283*	**Adenovirus** APC-, RI-, ARD-Virus	Durchmesser 80–120 mμ. Kultivierbar in Gewebe. Weitere Eigenschaften vgl. [5]	Mensch	Isoliert aus Kulturen der Mandeln und Drüsen. Assoziiert mit akuten Erkrankungen der Atemwege (« fiebriger Katarrh ») [1] und akuten Augenentzündungen. (Keratoconjunctivitis, follikuläre Conjunctivitis, pharyngoconjunctivales Fieber)	Zumindest 23 serologische Typen wurden unterschieden. ARD = «Acute Respiratory Disease», APC = «Adenoidal-Pharyngeal-Conjunctival». Übersicht siehe [6]
209	*284*	**Virus der primären atypischen Pneumonie**	Kultivierbar in Hühnerembryo [7]	Mensch	Primäre atypische Pneumonie (PAP) [1]	Inkubation 1–3 Wochen, im Durchschnitt 12–14 Tage. Keine Kreuzreaktion mit Influenza- oder Adeno-Virus-Antigen. Übersicht siehe [8]
209	*285*	**Pappataci-Fieber-Virus** Stechmückenfieber-Virus	Durchmesser wahrscheinlich etwa 50 mμ. Kultivierbar in Hühnerembryo	Mensch. Überträger: Stechmücken *(Phlebotomus papatasii)*	Pappataci-Fieber (Sandfly fever, Moskito-Fieber, Phlebotomus-Fieber, 3-Tage-Fieber)	Inkubation 3–4 Tage. Übersicht siehe [9]
209	*286*	**Virus der infektiösen Pferdeanämie** *Trifur equorum* spec. nov.		Pferd, auf den Menschen übertragbar. Mit Ausnahme von Australien weltweite Verbreitung	Anämie beim Menschen milder als beim Pferd, kann aber 2–4 Jahre andauern	Nach überstandener Krankheit lassen sich die Viren noch nach 15 Jahren im Blut nachweisen. Ein ähnlich langes Trägerstadium findet sich beim Psittacosiserreger *(Nr. 241)* und beim Virus der Serum-Hepatitis *(Nr. 288)*. Übersicht siehe [10]

* Siehe Fußnote ** S. 648.

1) Literatur über virale Pneumonien: REIMANN, H. A., *Arch. intern. Med.*, **89**, 115 (1952); REIMANN, H. A., *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1078 (1956); LIPPELT, H., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 84 (1956); GERMER, W. D., ibid., **104**, 92 (1956). *2)* BIRDSONG et al., *J. Amer. med. Ass.*, **162**, 1305 (1956). *3)* ANDREWES, C. H., *Brit. med. Bull.*, **9**, 206 (1953); *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, **103**, 1 (1958). *4)* HANSON und BRANDLY, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 585 (1958). *5)* GINSBERG, H. S., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **67**, 383 (1957). *6) Report of the Medical Research Council, 1956–1957*, London (1958), S. 17; ROWE und HUEBNER, *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **5**, 453 (1956); ROWE et al., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **67**, 255 (1957); HILLEMAN et al., *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)*, **92**, 377 (1956); LIPPELT, H., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 84 (1956); Discussion on adenovirus infections, *Proc. roy. Soc. Med.*, **50**, 753 (1957). *7)* EATON et al., *J. exp. Med.*, **79**, 649 (1944); ibid., **82**, 329 (1945); LIU, C., *J. exp. Med.*, **106**, 455 (1957). *8)* The Virus of Primary Atypical Pneumonia, *Lancet*, **2**, 180 (1956); REIMANN, H. A., *J. Amer. med. Ass.*, **161**, 1078 (1956); LIPPELT, H., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 84 (1956). *9)* SABIN, A.B., *Amer. J. trop. Med.*, **4**, 198 (1955). *10)* DREGUSS und LOMBARD, *Experimental Studies in Equine Infectious Anemia*, Philadelphia (1954).

Im Falle von sekundären Infektionen sollte vor einem Einsatz von Antibiotica die Empfindlichkeit der in Frage kommenden Bakterien ihnen gegenüber geprüft werden. Ist eine unverzügliche Behandlung unvermeidlich, sind massive Dosen von Penicillin plus 1 g Streptomycin täglich zu geben, bis das Ergebnis des Empfindlichkeitstestes bekannt ist [8]. Angesichts der bekannten Resistenz der Staphylokokkenstämme in den Spitälern ist eine Spitaleinweisung von Influenza-Patienten möglichst zu vermeiden[8].

Schutzimpfung. Ein Schutz gegen Influenza wird nur durch parenterale Injektion eines polyvalenten Influenza-Virus-Impfstoffes gewährleistet [5] und auch nur dann, wenn dieser antigenische Verwandtschaft zu dem in Frage kommenden Stamm besitzt. Für eine erfolgreiche Durchführung von Impfungen ist es deshalb nötig, aus der großen Zahl verschiedener Stämme den für die Erkrankung verantwortlichen rechtzeitig zu identifizieren (eine der Hauptaufgaben des World Influenza Centre in London, einer Gründung des Medical Research Council mit Unterstützung der World Health Organization[10]). Empfohlen wird ein Impfstoff mit 400 CCA- (*C*hick-*C*ell-Egg-*A*gglutination) Testeinheiten je Milliliter [11]. Dosierung [12]: *Erwachsene:* 1 ml s.c. bzw. 0,1 ml i.c. *Kinder:* 3 Monate bis 5 Jahre alt: 0,1 ml s.c. oder i.c., nach 1–2 Wochen wiederholen. 5–12 Jahre alt: 0,5 ml s. c., nach 1–2 Wochen wiederholen. Mehr als 12 Jahre alt: wie für Erwachsene.

Literatur: *1)* Übersicht: FLORMAN, A. L., *J. Mt Sinai Hosp.*, **25**, 29 (1958); HAAS, R., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 76 (1956); FRANCIS, T., Jr., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 1309 (1959). *2)* DUNN, F. L., *J. Amer. med. Ass.*, **166**, 1140 (1958); JENSEN et al., *Progr. med. Virol.*, **1**, 165 (1958). *3)* ISAACS, A., *Brit. med. Bull.*, **9**, 208 (1953). *4)* ISAACS und ANDREWES, *Brit. med. J.*, **2**, 921 (1951). *5)* Preliminary Report by Members of the Commission on Influenza, *J. Amer. med. Ass.*, **124**, 982 (1944). *6)* JENSEN, K. E., *J. Amer. med. Ass.*, **164**, 2025 (1957); *Advanc. Virus Res.*, **4**, 279 (1957); LÖFFLER, H., *Praxis*, **47**, 621 (1958). *7)* GERMER, W. D., *Mschr. Kinderheilk.*, **104**, 92 (1956). *8)* Special Committee on Influenza, *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 58 (1957). *9)* Editorial, *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 53 (1957). *10) Report of the Medical Research Council, 1956–1957*, London (1958), S. 15. *11)* Commission on Influenza of the Armed Forces Epidemiological Board, *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 2055 (1957). *12)* Special Committee on Influenza, *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 356 (1957).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Virales) S. 643

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Virales** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen (siehe auch S. 642)
209	*287*	**Hepatitis-Virus A** Virus der infektiösen Hepatitis	Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Mensch. Übertragen wahrscheinlich durch Tropfen und Fäces. Ausgeschieden durch Fäces	Infektiöse Hepatitis (epidemische Gelbsucht), gelegentlich auch Serum-Hepatitis. In fortgeschrittener Schwangerschaft auch auf den Fötus übertragbar	Siehe unten
209	*288*	**Hepatitis-Virus B** Virus der Serum-Hepatitis	Durchmesser wahrscheinlich 26 mμ. Kultivierbar in Gewebe und Hühnerembryo	Mensch, übertragen durch parenterale Injektionen und eventuell durch Bluttransfusionen	Serum-Hepatitis, Inoculations-Hepatitis	Siehe unten
209	*289*	**Cat-scratch-Virus** Virus de la maladie des griffes de chat, Virus de las garras de gato		Katzen. Übertragen durch Biß und Kratzer von Katzen und möglicherweise durch Kontakt	Katzenkratzkrankheit (Cat-scratch fever, benigne infektiöse Lymphreticulose, KKK, Maladie des griffes de chat, Enfermedad de las garras de gato)	Möglicherweise gehört der Erreger zur Psittacosis-Lymphogranuloma-Gruppe [1]. Über Katzenkratzkrankheit vgl. unten
209	*290*	**Epidemic-Hemorrhagic-Fever-Virus**	Unbekannt	Mäuse(?). Wahrscheinlich durch Zekken und Milben übertragen	Epidemic hemorrhagic fever (EHF, Mandschureifieber), hämorrhagische Nephrosonephritis, Far Eastern oder Yaroslavl hemorrhagic fever	Inkubation etwa 2 Wochen. Übersicht [2]

1) Mollaret et al., *Presse méd.*, **64**, 1177 (1956). *2)* Sheedy et al., *Amer. J. Med.*, **16**, 619 (1954); Lukes, R. J., ibid., **16**, 639 (1954); Brown, K. P., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **48**, 105 (1954); Knudsen, A., ibid., **48**, 112 (1954).

Virale Hepatitis [1–7] *(Nr. 287 und 288)*

Das klinische Bild der durch die zwei Stämme verursachten Hepatitiden ist praktisch gleich. Die nichtikterische Form ist wahrscheinlich häufiger, meist wird aber nur die akute ikterische Form erkannt. Die wesentlichen Symptome bei Kindern sind Gastroenteritis und Diarrhöe. Natürliche Infektionen werden vorwiegend durch den Stamm IH verursacht (oral oder intestinal). Personen ohne Krankheitsgeschichte können Viren beider Stämme über längere Zeit tragen; auf diese Weise ist auch eine Infektion des Fötus in utero möglich. Weitere Angaben und Unterschiede zwischen den beiden Stämmen finden sich in folgender Tabelle [1, 2]:

	Virus IH(A)	Virus SH(B)
Ausbruch der Erkrankung	plötzlich, (oft hohes) Fieber, Schüttelfrost	schleichend, kaum erhöhte Temperatur, selten Schüttelfrost
Inkubationsperiode	2–6 Wochen	6–25 Wochen
Infektionsweg (experimentell)	oral und parenteral	nur parenteral
Virus nachgewiesen in	Blut und Fäces	nur Blut
Form der Erkrankung bei: a) oraler Einnahme von infiziertem Serum	klinische Hepatitis	keine Hepatitis
b) parenteraler Injektion von infiziertem Serum	klinische Hepatitis	klinische Hepatitis
c) oraler Einnahme von Fäces	klinische Hepatitis	keine Hepatitis
Homologe Immunität	sicher (wahrscheinlich lebenslänglich)	bis zu 1 Jahr
Heterologe Immunität	anscheinend keine	anscheinend keine
Anfälligkeit im Alter von über 30 Jahren	stark abnehmend	unverändert
Prophylaktischer Wert von Gammaglobulin	gut	kaum
Trägerstadium (Blut)	unbekannt	bis zu 5 Jahren

Keine Maßnahmen sind bisher bekannt, Blut und Plasma von den Hepatitis-Viren freizubekommen; eine 6monatige Lagerung von Plasma bei Zimmertemperatur scheint aber doch den Serum-Hepatitis-Virus zu entfernen [8]. Auch ausreichende Sterilisierung von Instrumenten für Transfusionen ist nicht einfach zu erzielen. Bei Epidemien beider Hepatitiden nach Pocken- oder Gelbfieberimpfungen wurde eine Mortalität von unter 0,2% beobachtet. Ausbrüche von Serum-Hepatitis nach Transfusionen sind mit einer Mortalität von bis zu 20% wesentlich gefährlicher. Gammaglobulin, 0,02 ml/kg i.m. vor dem Ausbruch der Erkrankung, gewährt Schutz gegen infektiöse Hepatitis. Da aber in sporadischen Fällen beide Hepatitiden praktisch nicht zu unterscheiden sind, ist eine routinemäßige Gabe von Gammaglobulin anzuraten.

Eine Behandlung muß sich auf Verminderung der physischen Aktivität (aber nicht längere Bettruhe [9]) und entsprechende Diät beschränken. Auf Grund der Schwierigkeit, die beiden Hepatitiden zu unterscheiden, müssen sowohl Blut als auch Fäces als Krankheitsträger verdächtigt werden. In schweren Fällen mit Komplikationen haben sich Cortison und ACTH bewährt.

Literatur: *1)* MacCallum, F. O., *Brit. med. Bull.*, **9**, 221 (1953). *2)* Neefe, J. R., *Amer. J. Med.*, **16**, 710 (1954). *3)* Expert Committee on Hepatitis, First Report, *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, Nr. 62 (1953). *4)* Cullinan, E. R., *Dtsch. med. Wschr.*, **82**, 237 (1957). *5)* Havens, W. P., Jr., *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 1091 (1957). *6)* Hanger, F. M., *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 1696 (1957). *7)* Vonkilch, E., *Wien. med. Wschr.*, **108**, 1034 (1958). *8)* Hoxworth et al., *Surg. Gynec. Obstet.*, **109**, 38 (1959). *9)* Chalmers et al., *J. Amer. med. Ass.*, **159**, 1431 (1955).

Katzenkratzkrankheit [1] *(Nr. 289)*

Weltweite Verbreitung und ätiologischer Zusammenhang mit Katzen sind heute gesichert, wobei diese, ohne selbst krank zu sein, als Virusträger auftreten.

Infektionen können subklinisch verlaufen und finden sich häufiger bei Kindern. Die Inkubationszeit zwischen Biß bzw. Kratzern und Auftreten der primären Läsionen (Papeln) beträgt 3–14 Tage und bis zur Entwicklung einer Lymphdrüsenerkrankung 7–21 Tage. Histologisch ist diese Lymphadenitis durch ihre tuberkuloide, granulomatöse Nekrosis charakterisiert, die zwar typisch, aber nicht spezifisch ist. Die Knötchen erreichen einen Durchmesser bis zu mehreren Zentimetern und sind oft mit Eiterung verbunden. Die Heilung erfolgt gewöhnlich spontan in 2–8 Wochen. In hartnäckigen Fällen ist an einen chirurgischen Eingriff zu denken [2].

Allgemeine Infektsymptome sind Fieber, Kopfweh und Übelsein. 1–5 Wochen nach Beginn der Erkrankung können auch leichte neurologische Störungen auftreten. Je nach Lokalisation der Inokulationsstelle können besondere klinische Formen entstehen: pseudo-venerisch, bucco-pharingeal (angiös), oculär, mesenterial, thorakal, meningo-encephal. Die Vielgestaltigkeit dieser Krankheit erschwert eine Diagnose. Spezifisch ist der Intradermaltest mit dem Antigen aus dem Eiter der Lymphknoten [3].

Literatur: *1)* Gsell und Gsell-Busse, *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **8**, 76 (1957); Wentworth, F. H., *Pediatrics*, **22**, 376 (1958); Brand und Finkel, *Brit. med. J.*, **1**, 88 (1956); Prier, J. E., *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **70**, 650 (1958). *2)* Small und Sniffen, *New Engl. J. Med.*, **255**, 1029 (1956). *3)* Kalter et al., *Ann. intern. Med.*, **42**, 562 (1955).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675

Eumycetes (Fungi)

Allgemeines

Pilzinfektionen scheinen in den letzten Jahren häufiger und virulenter aufzutreten, zum Teil als Folge der breiten Anwendung von Antibiotica zur Bekämpfung bakterieller Infektionen. Die Pilze sind im allgemeinen Saprophyten und waren als solche bereits lange bekannt, bevor ihre fakultativ pathogene Natur erkannt wurde. Pilzinfektionen treten vorwiegend endemisch und sporadisch auf, während Epidemien selten sind. Subklinische Infektionen sind wesentlich häufiger, als vielfach angenommen wird, und können die Zahl der beobachteten subklinischen Fälle von Tuberkulose und Vireninfektionen übersteigen.

Die Pilze besitzen wie die Bakterien im Gegensatz zu den Algen kein Chlorophyll, haben aber im Gegensatz zu den Bakterien eine deutliche Zellmembran, Protoplasma und meist mehrere Kerne. Einen Übergang von den Bakterien zu den Pilzen bilden die Mycobakterien *(Nr. 175–179)*, an denen mitunter mikroskopische Verästelungen beobachtet werden können, und die Actinomyceten *(Nr. 180–192)* und Streptomyceten *(Nr. 193–202)*, deren pilzförmiger Aufbau bereits unverkennbar ist.

Die hohe Mortalität bei einigen Gewebsmykosen hat zur Suche nach wirksamen Chemotherapeutica und Antibiotica angeregt. Die bisher erzielten Erfolge sind zum Teil recht vielversprechend, bedürfen aber noch weiterer Bestätigung. Gegen systemische Mykosen haben sich bisher aromatische Diamidine bewährt (zum Beispiel Hydroxystilbamidin gegen nordamerikanische Blastomykose); gegen Candida-Infektionen ist das Antibioticum Nystatin wirksam. Gegen Dermatomykosen (S. 652) scheint man nun ein wirksames Antibioticum im Griseofulvin gefunden zu haben, das oral verabreicht werden kann. Noch nicht gänzlich geklärt ist die klinische Wirksamkeit des Antibioticums Amphotericin B gegen systemische Mykosen; immerhin konnten Erfolge erzielt werden in Fällen, die bisher chemotherapeutisch nicht zu behandeln waren.

Allgemeine Literatur (Eumycetes): Simons, R. D. G. P. (Hrsg.), *Medical Mycology*, Amsterdam (1954); Coudert, J., *Guide pratique de mycologie médicale*, Paris (1955); Hallmann, L., *Bakteriologie und Serologie*, 2. Aufl., Stuttgart (1955); Wegmann, T., *Ergebn. inn. Med. Kinderheilk.*, **8**, 457 (1957); Sternberg und Newcomer (Hrsg.), *Therapy of Fungus Diseases*, London (1955); Dubos, R. J. (Hrsg.), *Bacterial and Mycotic Infections of Man*, 3. Aufl., London (1985).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Eumycetes (Fungi)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
211	*291*	**Absidia corymbifera** Cohn *Mucor corymbifer*	Schnell wachsende Kulturen. Verzweigtes, nichtseptiertes Mycel. Reichliches wolliges Luftmycel, anfänglich weiß, später grau. Verzweigte Sporenträger mit kugeligen Sporangien am Ende, die zahlreiche Endosporen enthalten	Häufig im menschlichen Sputum, auf der Haut von Pferden und anderen Tieren	Pathogenität nicht völlig gesichert: Mucormycosis, eine Infektion der Lungen, äußeren Gehörsorgane (Otomykose), aber auch der Nase[2], Haut, Nägel und selten des zentralen Nervensystems. Ähnliche Erkrankungen werden auch durch die Genera *Rhizopus* und *Mucor* hervorgerufen	Lokale Therapie mit Jodiden. Über Mucormykose vgl. [1–3]
215	*292*	**Rhinosporidium seeberi** (Wernicke) Seeber *emend.* Ashworth	Wurde bisher nicht kultiviert. Im Gewebe kugelige, verschieden große Sporangien (bis 250 µm groß), gefüllt mit Endosporen	Gefunden beim Menschen, aber auch bei Tieren. Verbreitet, endemisch in Indien und Ceylon. Der Übertragungsmodus ist nicht sicher bekannt	Rhinosporidiosis, vorwiegend der Nasenschleimhaut, mit Ausbildung polypoider Tumoren	Kein sicher wirkendes Chemotherapeuticum bekannt. Chirurgische Behandlung
216	*293*	**Coccidioides immitis** Rixford und Gilchrist	Im Gewebe großkugelig: (5) 20–80 µm. Vermehrung durch Endosporulation. In Kulturen weißlich, watteartig, mit verzweigten, septierten Hyphen und Chlamydosporen	Mensch und Tiere. Vorwiegend in Kalifornien und Argentinien. Infektion durch Einatmen von Chlamydosporen	Coccidioidomykose (San-Joaquin-Valley-Fieber) in zwei Formen: a) *akute Bronchitis*, die in 14 Tagen heilt. b) *chronische Form* mit ähnlichen Erscheinungen wie Lungentuberkulose. Außerdem häufig Hauterscheinungen ähnlich Erythema nodosum oder Erythema multiforme, selten Endocarditis[4]	Amphotericin B[3]. Übersicht siehe [5]
218	*294*	**Ctenomyces interdigitalis** Priestley *Epidermophyton interdigitale*, *Trichophyton interdigitale*	Drei Kolonienarten: weißflaumige Form, granulöse Form (keine Lufthyphen) und selten cerebriformes Wachstum	Weltweite Verbreitung. Übertragung von Mensch zu Mensch, Infektionsmöglichkeit in Bädern, Schulen usw.	Tinea corporis (Tinea circinata, Tinea glabrosa, Ringwurm des Körpers), Tinea pedis (Ringwurm des Fußes, Athletenfuß), Tinea unguium (Nagelringwurm, Onychomykose)	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht vgl. [6]
218	*295*	**Ctenomyces mentagrophytes** Robin *Trichophyton asteroides*, *Trichophyton gypseum*, *Trichophyton mentagrophytes*	Anfänglich schnelles, später langsames Wachstum der Kulturen, grauweißlich, mit gekörnter Oberfläche. *Cave* Verwechslung mit granulöser Form von *C. interdigitalis*	Mensch, Haustiere	Tinea barbae (Sycosis parasitaria, Bartflechte, Ringwurm des Bartes), Tinea capitis, Tinea corporis, Tinea cruris (Eccema marginatum), Tinea pedis	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht vgl. [6]

1) Baker, R. D., *J. Amer. med. Ass.*, **163**, 805 (1957). *2)* Smith und Yanagisawa, *New Engl. J. Med.*, **260**, 1007 (1959). *3)* Sutliff et al., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 219 (1959); Levan, N. E., in Conn, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 441; Smith, J. G., Jr., ibid., S. 464. *4)* Merchant et al., *Ann. intern. Med.*, **48**, 242 (1958). *5)* O'Leary und Curry, *Amer. Rev. Tuberc.*, **73**, 501 (1956); Winn, W. A., *J. chron. Dis.*, **5**, 430 (1957). *6)* Kirk und Morgan, *J. trop. Med. Hyg.*, **60**, 1, 38 (1957).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Fungi) S. 651

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Eumycetes (Fungi)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
218	*296*	**Ctenomyces persicolor** SABOURAUD *Trichophyton persicolor*	Ähnlich *C. mentagrophytes*	Haustiere, Mensch. In ganz Europa verbreitet	Tinea corporis	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]
219	*297*	**Epidermophyton floccosum** HARZ *Epidermophyton cruris, Epidermophyton inguinale*	Grüngelbliche, später weiße, watteartige Kolonien mit typischen Spindelsporen, zahlreichen Chlamydosporen und selten spiralig gewundenen Hyphen	Weltweite Verbreitung, besonders aber in feuchten, warmen Klimata. Infektion in Bädern usw., aber auch beim Geschlechtsverkehr	Haupterreger von Tinea cruris, Tinea pedis, Tinea unguium; tropischer Ringwurm. Meist ist die Haut der Inguinalgegend, Vulva und Afterfalten befallen	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]
221	*298*	**Sabouraudites audouini** GRUBY *Microsporum audouini, Trichophyton decalvans*	Langsam wachsende Kulturen, weiß, flaumig, ohne stärkere Mycelbildung. Kleine, runde, dicht aneinandergepreßte Sporen, am deutlichsten außen an den Haaren erkennbar	Weltweite Verbreitung, vorwiegend bei Kindern. Übertragung meist indirekt (Friseur)	Tinea capitis. Hauptvertreter der Mikrosporie. Die erkrankten Haare sind von einer Pilzmanschette umgeben	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]
221	*299*	**Sabouraudites canis** BODIN *Microsporum canis, Microsporum lanosum*	Schnell wachsende Kolonien, weiß bis gelblich. Reichlich Spindelsporen mit Protuberanzen, wolliges Luftmycel	Infektion vom Hund aus (seltener Katze)	Tinea corporis, Tinea capitis, auch Bartflechten	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]
221	*300*	**Sabouraudites gypseus** BODIN *Microsporum gypseum, Achorion gypseum*	Schnell wachsende Kulturen, körnige Oberfläche, gelbbraun. Zahlreiche spindelförmige Makrosporen	Mensch, Pferd, Hund, Katze. In Europa, Afrika und Amerika	Tinea capitis, Tinea corporis	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]
222	*301*	**Trichophyton concentricum** BLANCHARD *Endodermophyton indicum*	Langsam wachsende, cerebriforme Kolonien, gelb bis rötlich, mit kurzen weißen Hyphen. Zahlreiche Chlamydosporen	Übertragen von Mensch zu Mensch, aber auch durch Gegenstände	Tinea imbricata (Tokelau) in Ozeanien, Indochina, Formosa, Indonesien	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]
222	*302*	**Trichophyton flavum** BODIN *Trichophyton cerebriforme*	Ähnlich *T. concentricum*. Schneller wachsend	Tiere (Katzen), Mensch. Ziemlich häufig in Europa	Tinea capitis	Behandlung von Dermatomykosen siehe unten. Kurze Übersicht vgl. [1]

1) KIRK und MORGAN, *J. trop. Med. Hyg.*, **60**, 1, 38 (1957).

Dermatomykosen *(Nr. 294–307)*

Tinea pedis. *Entzündete Formen:* Bäder mit Lösungen von Permanganat, Natriumthiosulfat, Silbernitrat, Borsäure usw. Sekundäre Infektionen sind gleichzeitig mit Antibiotica oder Sulfadiazin zu behandeln. Antihistamine gegen Pruritis und allergische Symptome. *Nichtentzündete Formen:* Salben mit Benzoesäure, Salicylsäure, Chrysarobin, Jod, Gentianaviolett, Brillantgrün, Chlorophyll, Phenylmercursalzen usw.

Tinea unguium. Eventuell Entfernung der infizierten Teile der Nägel, eine Behandlung mit Röntgenstrahlen ist aber besser zu vermeiden. Salben mit Salicylsäure, Benzoesäure, Chrysarobin usw.

Tinea corporis. *Entzündete Formen:* Antibiotica gegen sekundäre Infektionen. Bäder mit Lösungen von Permanganat, Borsäure usw. *Nichtentzündete Formen:* Salben mit Quecksilberamidochlorid, Phenylmercursalzen, Schwefel, ungesättigten Fettsäuren, Jod usw., Chrysarobin und ähnlich stark wirkenden Mitteln gegen chronische Infiltrationen.

Tinea cruris. *Entzündete Formen:* Milde Bäder (Borsäure). *Nichtentzündete Formen:* Milde Salben (Borsäure usw.) während der Nacht, Puder während des Tages.

Tinea capitis; Favus. *Nichtresistente Formen:* Salben mit Salicylanilid, Schwefel usw. *Resistente Formen:* Epilation mit Röntgenstrahlen (aber nicht mit Thalliumsalzen). Milde Salben, Jod.

Tinea barbae. *Entzündete Formen:* Heiße Umschläge mit Borsäurelösung. *Nichtentzündete Formen:* Manuelle Entfernung der infizierten Haare, Salben mit stärkeren Fungiciden.

Tinea imbricata. Salben mit Chrysarobin, Resorcin, Salicylsäure. Die Infektionen sind sehr resistent gegenüber einer Behandlung.

Eine orale Behandlung von Dermatomykosen scheint mit dem Antibioticum Griseofulvin möglich zu sein [1].

Literatur: *1)* WILLIAMS et al., *Lancet*, **2**, 1212 (1958); BLANK und ROTH, Jr., *Arch. Derm. Syph. (Chicago)*, **79**, 259 (1959); GOLDFARB und ROSENTHAL, *Curr. med. Dig.*, **26**, 67 (1959); WRONG, N. M., *Canad. med. Ass. J.*, **80**, 656 (1959); COCHRANE und TULLETT, *Brit. med. J.*, **2**, 286 (1959); BEARE und MACKENZIE, ibid., **2**, 1137 (1959); BARLOW et al., ibid., **2**, 1141 (1959); (Griseofulvin) ibid., **2**, 1165 (1959); BLANK et al., *J. Amer. Med. Ass.*, **171**, 2168 (1959); MCCUISTION, Jr., et al., ibid., **171**, 2174 (1959); SMITH, J. G., Jr., in CONN, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 464.

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Eumycetes (Fungi)** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
222	*303*	**Trichophyton tonsurans** MALMSTEN *Trichophyton crateriforme*	Langsames Wachstum, cremefarben, einige Kolonien mit zentralem Krater. Keulenförmige Mikrokonidien, Makrokonidien fehlen meist	Vorwiegend bei Schulkindern. Direkte Übertragung. Weltweite Verbreitung	Tinea capitis, Tinea corporis	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht vgl.[1]
223	*304*	**Trichophyton rubrum** CASTELLANI *Epidermophyton rubrum, Trichophyton purpureum*	Weiße, später rötliche Kolonien. Zahlreiche Mikrokonidien, gelegentlich Makrokonidien	Wahrscheinlich direkte Übertragung. Weltweit verbreitet	Tinea corporis, Tinea cruris, Tinea pedis, Tinea unguium	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht vgl. [1]
223	*305*	**Trichophyton violaceum** BODIN *Achorion violaceum*	Langsam wachsende Kolonien, anfänglich cremefarben, später violett und Ausbildung eines Luftmycels. Makrokonidien fehlen. Chlamydosporen	Übertragen von Mensch zu Mensch. Weltweit verbreitet	Tinea capitis, Tinea corporis, Favus (Kopfgrind)	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht siehe [1]
224	*306*	**Trichophyton quinckeanum** ZOPF *Achorion quinckeanum*	Weißflaumige Kulturen mit radial angeordneten Furchen. Mikrokonidien	Maus, Kaninchen, Huhn, Meerschwein, Pferd. Durch Mäuse direkt oder indirekt übertragen. Weltweit verbreitet	Favus, Tinea corporis, selten Tinea capitis	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht vgl. [1]
224	*307*	**Trichophyton schönleini** LEBERT *Achorion schönleini*	Schneeweiße, sternförmige Kolonien auf Gelatine. Chlamydosporen, Mikrokonidien selten	Mensch, aber auch Tiere. Übertragung vorwiegend unter schlechten hygienischen Verhältnissen, besonders bei Kindern. Weltweite Verbreitung	Der eigentliche Erreger von Favus: charakteristische goldgelbe Schildchen (Scutula) um die Haare herum	Behandlung von Dermatomykosen siehe S. 652. Kurze Übersicht vgl. [1]
225	*308*	**Allescheria boydii** SHEAR *Glenospora boydii, Indiella americana, Monosporium apiospermum*	Im Gewebe weiße, makroskopische Körner, zusammengesetzt aus verzweigten Hyphen. Schnell wachsende weiße Kolonien. Breites, hyalines, septiertes, verzweigtes Mycel. Zahlreiche einzellige, elliptische Konidien	Mensch und Tier. Infektion durch Trauma. In tropischen und subtropischen Gegenden (vor allem Indien)	Normalerweise Saprophyt. Ein Erreger der Mycetoma, selten systemische Infektionen	Penicillin
226	*309*	**Aspergillus fumigatus** FRESENIUS *Aspergillus bronchialis*	Vorwiegend GRAM-negativ. Fruchtträger mit kolbiger Endanschwellung, von wo strahlenförmig Konidienteilchen mit kugeligen, abgeschnürten Konidien an der Spitze entsprossen. Kolonien schnell wachsend	Weit verbreitet auf Lebensmitteln (Getreide) usw. Infektion anscheinend nur bei längerer Exposition (zum Beispiel Erntearbeiter)	Häufigster Erreger einer Aspergillose: Pneumonomykose (Pilzfäden und Sporen im Sputum nachweisbar), Otomykose, Pilzekzeme	Thymol äußerlich. Über Pneumonoaspergillose vgl. [2]. Kleine Übersicht siehe [3]
226	*310*	**Aspergillus niger** VAN TIEGHEM	Kulturen dunkler als *A. fumigatus*	Vorwiegend auf organischen Substanzen, die in Zersetzung begriffen sind	Otomykose, selten Pneumonomykose	Penicillin. Vgl. auch *Nr. 309*
227	*311*	**Penicillium bertai** TALICE und MACKINNON	Schnell wachsende Kolonien, anfänglich weiß, später grau. Konidien pinselförmig angeordnet	Weit verbreiteter Saprophyt	Pneumonomykose	Jodide

1) KIRK und MORGAN, *J. trop. Med. Hyg.*, **60**, 1, 38 (1957). *2)* SUTLIFF et al., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 219 (1959). *3)* SMITH, D. T., *J. chron. Diss.*, **5**, 528 (1957).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Fungi) S. 651

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Eumycetes (Fungi)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
227	*312*	**Penicillium crustaceum** FRIES	Wie *P. bertai*	Wie *Nr. 310*	Otomykose, Lungenabszeß	Jodide
227	*313*	**Penicillium mycetomagenum** MANTELLI und NEGRI	Wie *P. bertai*		Mycetoma	Resistent gegen Jodide
230	*314*	**Piedraia hortai** BRUMPT *Trichosporum hortei*	Kleine, braunschwarze Kolonien, langsam wachsend, septiertes Mycel. Gelatine wird nicht verflüssigt	Vorwiegend in feuchten, warmen Zonen (Südamerika, Indochina, Japan)	Piedra nigra (schwarze Haarknötchenkrankheit)	Jod mit Salicylsäure und Resorcin
232	*315*	**Geotrichum candidum** LINK	Graue Kolonien, hyalines, verzweigtes Mycel. Zum Unterschied von *Candida* viereckige Arthrosporen, selten auch kugelförmige. Gelatine wird nicht verflüssigt	Sehr häufiger Saprophyt (Käse, Eier und andere Lebensmittel)	Chronische Bronchitis, auch Infektionen der Haut und des Gastrointestinaltraktes	Kleine Übersicht siehe [1]
232	*316*	**Geotrichum beigeli** RABENHORST *Trichosporum beigeli*	Grauweiße Kolonien, ähnlich *G. candidum*	Weit verbreitet	Piedra alba (weiße Haarknötchenkrankheit)	Wie Nr. *314*
237	*317*	**Malassezia furfur** ROBIN *Microsporon furfur*	Gelbe Hautschüppchen, zeigen viele Hyphen und kugelige Sporen in Haufen. Kultur gelingt selten	Weit verbreitet, auf Samoa bei 50% der Bevölkerung	Pityriasis (Tinea) versicolor (Kleienflechte)	Jod, Salben mit Schwefel, Benzoesäure, Salicylsäure
238	*318*	**Cryptococcus neoformans** SAN FELICE *Cryptococcus meningitidis, Torula histolytica, Torulopsis neoformans*	Im Gewebe, Sputum usw. GRAM-positive runde Zellen, umgeben von einer GRAM-negativen Kapsel, 6–20 µm Durchmesser. Nur Einsprossung, kein Mycel. Kulturen hefeartig, weiß bis bräunlich, schleimig. Kein Mycel	Weit verbreiteter Saprophyt. Infektion via Respirationstrakt, möglicherweise durch die Haut	Erreger der Cryptococcosis (Torulosis, europäische Blastomykose, BUSCHKEsche Krankheit). Befallen werden die Haut (Tumoren mit gelatinösem Inhalt) und vor allem das Zentralnervensystem (Torulameningitis), selten sonstige Organe oder Gelenke	Neuerdings Cycloheximid und 2-Hydroxystilbamidin. Möglicherweise bewährt sich auch Amphotericin B[2,9]. Über Cryptococcosis vgl. [3]
240	*319*	**Pityrosporum ovale** BIZZOZERO *Pityrosporum malassezii*	Kokkenartige Gebilde, durch Aussprossung häufig flaschenartig. Schwer kultivierbar	Weit verbreitet	Klinisch kaum von Bedeutung. Erreger der Pityriasis capitis	
242	*320*	**Candida albicans** ROBIN *Monilia albicans, Oidium albicans*	Im Sputum und auf der Haut ovale Sproßzellen (4–6 µm), gelegentlich auch hyphenartige Fragmente. Auf Glucoseagar cremefarbene Kolonien mit ovalen Sproßzellen an der Oberfläche und darunter Pseudomycel. Auf Maismehlagar zahlreiche dickwandige Chlamydosporen	Weltweit verbreitet, ein häufiger Saprophyt der Schleimhaut des Mundes und des Rachens, der Vagina, des Darms, der Haut, sowohl beim Menschen als auch bei Tieren	Harmloser Saprophyt der Schleimhäute, Haut und Nägel, aber fakultativ pathogen bei spezifischen pathologischen Gewebsänderungen (Ernährungsstörungen, Veränderung des Gleichgewichts der Mikroflora durch Antibiotica usw.): 1. Moniliasis der Schleimhäute (Soor, Thrush, Muguet): ausgedehnte Pilzwucherungen mit grauweißen, häutigen Belegen, besonders häufig bei Säuglingen. 2. Moniliasis der äußeren Haut (Intertrigo, Paronychia und allgemeine Formen). 3. Systemische Moniliasis: Bronchomoniliasis, Befall der Atemwege, des Gastrointestinaltraktes, selten Endocarditis[5]. Aussaat durch den Blutstrom ist möglich.	Mittel der Wahl: Nystatin[4]. Bei systemischer Moniliasis auch Amphotericin B[9]. Neben *Candida albicans* wurden weitere 7 *Candida*-Arten häufiger beim Menschen gefunden[6]. Über Moniliasis bei Kindern siehe [7]
244	*321*	**Torula mansoni** CASTELLANI *Cladosporium mansoni*	Auf der Haut unverzweigtes Mycel mit runden Sporen. Schwarzgrüne Kulturen mit kurzen Hyphen	Ostasien	Tinea nigra, eine Dermatomykose mit charakteristischer dunkler Pigmentierung. Vgl. auch *Nr. 326*	Lokale Behandlung mit Salicylsäure, Benzoesäure, Schwefel usw. Übersicht siehe [8]

1) SMITH, D. T., *J. chron. Diss.*, **5**, 528 (1957). *2)* CROUNSE und LERNER, *Arch. Derm. Syph. (Chicago)*, **77**, 210 (1958). *3)* LITTMAN und ZIMMERMAN, *Cryptococcosis, Torulosis or European Blastomycosis*, New York (1956); BEER, K., *Schweiz. Z. allg. Path. Bakt.*, **19**, 534 (1956); WILSON, J. W., *J. chron. Dis.*, **5**, 445 (1957). *4)* SUTLIFF, W., D., *Ann. Rev. Med.*, **9**, 15 (1958). *5)* MERCHANT et al., *Ann. intern. Med.*, **48**, 242 (1958). *6)* BENHAM, R. W., *J. chron. Dis.*, **5**, 460 (1957). *7)* DOBIAS, B., *Amer. J. Dis. Child.*, **94**, 234 (1957). *8)* CASTELLANI und DE SILVA, *J. trop. Med. Hyg.*, **60**, 193 (1957). *9)* SMITH, J. G., Jr., in CONN, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 464.

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Eumycetes (Fungi)** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
252	*322*	**Blastomyces dermatitidis** GILCHRIST und STOKES *Zymonema dermatitidis*	Kugelige oder ovale, hefeähnliche, auch sprossende Rundzellen, 5–20 µm (nur Einsproßformen), mit dicker, doppelt konturierter Membran. In Kulturen auch Mycelbildung	Vorwiegend auf feuchtem, vermoderndem Holz; Tiere, Mensch. Infektion vorwiegend durch Kontakt mit Pflanzen und Tieren. Vorkommen auf Nordamerika beschränkt	Erreger der nordamerikanischen Blastomykose: meist Hauterkrankungen (Granulome, Ulcerationen), auch Lungenerkrankungen, selten Befall anderer innerer Organe	2-Hydroxystilbamidin (vgl. [1]) oder auch Amphotericin B [2, 10]. Übersicht über nordamerikanische Blastomykose siehe [3]
252	*323*	**Blastomyces brasiliensis** SPLENDORE *Paracoccidioides brasiliensis*	Ähnlich *B. dermatitidis*, aber Mehrsprossenformen, bis 60 µm groß	Vorwiegend auf Pflanzen. Beschränkt auf Südamerika	Südamerikanische Blastomykose (Paracoccidioidosis): Bei exogener Infektion besonders an Mund und Nase. Lymphangitischer Typ mit Lymphdrüsenschwellungen. Viscerale Formen mit Befall der Lunge, Leber, Milz, der Bauchorgane (Ulcerationen des Magen-Darm-Traktes)	Sulfonamide
253	*324*	**Histoplasma capsulatum** DARLING *Cryptococcus capsulatus*	Sehr kleine ovale Zellen, 1–3 µm. Vermehrung durch Sprossung. In Kulturen septiertes Mycel und Chlamydosporen	Boden, Hund, Katze, Mensch. Infektion durch Einatmen von sporenhaltigem Staub. Verbreitet in Nordamerika, auch in Afrika und Südamerika	Erreger der Histoplasmose: Bei Kindern häufig Hepatosplenomegalie und Anämie. Bei Erwachsenen Lungenbefall (Kalkeinlagerungen), Ulcerationen in der Ohren- und Nasengegend, auch Befall des Knochenmarks, der Milz, des Zentralnervensystems, selten Endocarditis [4]	Amphotericin B [2, 10]. Über Histoplasmose vgl. [5]. Über Epidemiologie siehe [6]
254	*325*	**Rhinocladium schenkibeurmanni** HEKTOEN und PERKINS *Sporotrichum beurmanni, Sporotrichum schenki*	Im Gewebe spindelförmige, bakterienähnliche Sporen, 2 bis 4 µm lang, aber nur schwer nachweisbar. Kulturen anfänglich bakterienähnlich, später verzweigtes Luftmycel mit kleinen ovalen Sporen an Stielchen	Auf Pflanzen, Holz. Infektion durch Verletzungen mit Dornen usw. Verbreitet, häufig in Mexiko	Erreger der Sporotrichose: Hautgeschwüre, selten pulmonale Formen [7]	Jodide. Kleine Übersicht siehe [8]
263	*326*	**Cladosporium wernecki** HORTA	Auf der Haut einfaches oder verzweigtes Mycel mit runden Sporen. Grauschwarze polymorphe Kulturen	Südamerika	Tinea nigra, eine Dermatomykose mit charakteristischer dunkler Pigmentierung. Vgl. auch *Nr. 321*	Lokale Behandlung mit Salicylsäure, Benzoesäure, Schwefel usw.
269	*327*	**Phialophora pedrosoi** BRUMPT *Fonsecaea pedrosoi, Hormodendron pedrosoi*	Im Gewebe dickwandige Zellen (Durchmesser 6 bis 12 µm), einzeln oder zusammengeballt, oft geteilt, keine Sprossung. In Kulturen schimmelähnlich mit langsamer Bildung eines olivschwarzen Pigments	Mensch. In Amerika, Afrika. Infektion durch Staub und Schmutz nach Trauma	Der häufigste Erreger der Chromomykose (Chromoblastomykose, Dermatitis verrucosa): chronische Pilzinfektion vorwiegend an den Extremitäten, anfänglich in Form von Pusteln, später warzige Knoten oder Papillome	Eventuell Jodide oder auch Amphotericin B [9, 10]. Kleine Übersicht siehe [8]
269	*328*	**Phialophora verrucosa** MEDLAR *Cadophora americana*	Ähnlich *P. pedrosoi*	Mensch. Selten, in Amerika, Algerien	Wie *Nr. 327*	Wie *Nr. 327*
272	*329*	**Madurella mycetomi** LAVERAN	Polymorph. Kolonien mit brauner Pigmentierung und weißem Luftmycel, Chlamydosporen. Im Gewebe schwarze Körner	Im Boden und Staub. Infektion häufig durch Verletzung mit Dornen. Weit verbreitet, speziell Afrika	Ein Erreger der Mycetoma pedis (schwarze Form)	Penicillin

1) SUTLIFF, W. D., *Ann. Rev. Med.*, **9**, 15 (1958). *2)* SUTLIFF et al., *Med. Clin. N. Amer.*, **43**, 219 (1959); UTZ et al., *Antibiotics Annual, 1958–1959*, New York (1959), S. 628. *3)* CURTIS und BOCOBO, *J. chron. Dis.*, **5**, 404 (1957). *4)* MERCHANT et al., *Ann. intern. Med.*, **48**, 242 (1958). *5)* LOOSLI, C. G., *Med. Clin. N. Amer.*, **39**, 171 (1955); *J. chron. Dis.*, **5**, 473 (1957); SILVERMAN et al., *Amer. J. Med.*, **19**, 410 (1955); VANBREUSEGHEM, R., *Ann. Soc. Sci. méd. nat. Brux.*, **11**, 282 (1958). *6)* LEHAN und FURCOLOW, *J. chron. Dis.*, **5**, 489 (1957). *7)* POST et al., *Dis. Chest*, **34**, 455 (1958). *8)* SMITH, D. T., *J. chron. Dis.*, **5**, 528 (1957). *9)* DEFEO und HARBER, *J. Amer. med. Ass.*, **171**, 1961 (1959). *10)* SMITH, J. G., Jr., in CONN, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 464.

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675

Die Abbildungen zu den S. 656–671 stammen größtenteils aus PIEKARSKI, G., *Lehrbuch der Parasitologie unter besonderer Berücksichtigung der Parasiten des Menschen*, Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer, 1954).

Allgemeine Literatur (Protozoa): BRUMPT, E., *Précis de Parasitologie*, 6. Aufl., 2 Bde, Paris (1949); CHANDLER, A. C., *Introduction to Parasitology*, 9. Aufl., New York (1955); MACKIE et al., *A Manual of Tropical Medicine*, 2. Aufl., Philadelphia (1954); PIEKARSKI, G., *Lehrbuch der Parasitologie unter besonderer Berücksichtigung der Parasiten des Menschen*, Berlin (1954); CAMERON, T. W. M., *Parasites and Parasitism*, London (1956); MANSON-BAHR, P. H. (Hrsg.), *Manson's Tropical Diseases*, 14. Aufl., London (1954); FAUST, E. C., *Ann. Rev. Microbiol.*, **12**, 103 (1958).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Protozoa** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
274	*330*	**Trypanosoma gambiense** DUTTON	Länge 15–30 µm, polymorph. Abbildung S. 657	Überträger: Stechfliegen (Tsetsefliegen): *Glossina palpalis, G. tachinoides*	Afrikanische Schlafkrankheit in Gambia, Liberia, Goldküste, Sierra Leone, Kongo, Südsudan. Chronische Infektion über Jahre. Befall des Zentralnervensystems erst nach Monaten	Gilt auch für *T. rhodesiense:* In den frühen Stadien Suramin, Diamidine (Diamidinodiphenoxypentan). Nach Befall des Zentralnervensystems Tryparsamid bzw. bei triparsamidresistenten Fällen eine Kombination von Melarsenoxyd und Dimercaprol[1], neuerdings auch Nitrofurazon[2]. Prophylaxe: Suramin (1 g alle zwei bis drei Monate) oder Diamidine
274	*331*	**Trypanosoma rhodesiense** STEPHENS und FANTHAM	Morphologisch und kulturell ähnlich *T. gambiense*	Überträger: Stechfliegen (Tsetsefliegen): *Glossina morsitans, G. pallidipes swynnertoni*	Afrikanische Schlafkrankheit im Südosten des tropischen Afrikas, Rhodesien, Tanganjika. Akuter, stürmischer Verlauf, Dauer meist wenige Wochen. Baldiger Exitus, toxische Symptome	
274	*332*	**Trypanosoma brucei** PLIMMER und BRADFORD	Länge 15–30 µm, polymorph, ähnlich *T. gambiense*	Überträger: Stechfliegen (Tsetsefliegen)	Erreger der Naganakrankheit der Rinder und anderer Haustiere. Beim Menschen symptomlos	
274	*333*	**Trypanosoma cruzi** CHAGAS *Schizotrypanum cruzi*	Länge 20 µm. Morphologisch den anderen *Trypanosoma*-Arten ähnlich	Überträger: Wanzen *(Triatoma megista, T. infestans, Rhodnius prolixus)*	CHAGAS-Krankheit in Mittel- und Südamerika (besonders Minas Gerais in Brasilien). Symptome: myxödemartige Schwellungen, Fieber, tödlicher Ausgang möglich. Besonders gefährdet sind Kinder	Kein sicher wirkendes Mittel bekannt. Vorübergehend lassen sich die Parasiten mittels Primaquine und Puromycin unterdrücken. Übersicht über CHAGAS-Krankheit vgl. [3]
274	*334*	**Leishmania donovani** (LAVERAN und MESNIL) ROSS *Leishmania canis, Leishmania chagasi, Leishmania infantum*	Größe 2–4 µm. Abbildung S. 657	Übertragen durch Stechmücken (Phlebotome). Erregerreservoire: Hunde, Katzen	Systematische Leishmaniasis (Kala-Azar, schwarzes Fieber) in Indien, Nordchina, Sudan. Besonders Schädigungen der Milz, Leber und der Lymphdrüsen. Leishmaniasis infantum bei Kindern (besonders rund um das Mittelmeer). Bezüglich Verbreitung siehe Karte S. 657	Antimonverbindungen, wie zum Beispiel Stibogluconat-Na, und aromatische Diamidine, wie Diamidostilben. Penicillin und Sulfonamide gegen Komplikationen. Eine künstliche Immunisierung ist teilweise möglich. Übersicht [4]
274	*335*	**Leishmania tropica** (WRIGHT) LÜHE	Wie *L. donovani*	Übertragen durch Stechmücken und Kontakt	Mucokutane Leishmaniasis in Vorderasien und Indien (Aleppobeule, Bouton d'Orient, Delhibeule, Jerichobeule, Oriental sore, Orientbeule). Bezüglich Verbreitung siehe Karte S. 657	Lokal Mepacrin, Berberin. In fortgeschrittenen Fällen dazu Antimonpräparate (siehe *Nr. 334*)
274	*336*	**Leishmania brasiliensis** VIANNA	Wie *L. donovani*	Wie *Nr. 335*	Mucokutane Leishmaniasis des tropischen Amerikas (Schleimhautleishmaniasis der Mundregion und Atmungswege, Bahiabeule, Botón de Vélez, Espundia, Pian-bois, Uta). Bezüglich Verbreitung siehe Karte S. 657	Wie *Nr. 335*
274	*337*	**Toxoplasma gondii** NICOLLE und MANCEAUX *Toxoplasma hominis*	Größe 3–6 µm, bogen- (halbmond-) förmig. Vgl. Abbildung S. 657	Wirt: Mensch, Hund usw., übertragen durch Kontakt, intrauterin, Milch, Fäces. Weltweit verbreitet	Toxoplasmose. Besonders gefährdet sind Kinder. Vgl. unten	Bisher sind 24, wahrscheinlich identische Arten bekannt. Bezüglich Behandlung siehe unten
274	*338*	**Sarcocystis lindemanni** RIVOLTA	Einzelparasit 8 bis 9 µm lang. Die längs der Muskelfaser liegenden Parasitenstadien mit einer dünnen Kapsel sind mit zahlreichen Einzelparasiten gefüllt	Mensch	12 Fälle von *Sarcocystis*-Infektionen beim Menschen sind bekannt geworden	

1) APTED, F. I. C., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **51**, 75 (1957). *2)* EVENS et al., *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **6**, 665 (1957). *3)* LARANJA et al., *Circulation (N.Y.)*, **14**, 1035 (1956). *4)* RODRIGUES DA SILVA, J., *Leishmaniose visceral (Calazar)*, Diss., Rio de Janeiro (1957).

Toxoplasmose[1]

Kongenitale Form: Chorioretinopathie, cerebrale Verkalkungen, Hydrocephalus, Mikrocephalus, psychomotorische Störungen.

Erworbene Formen: Cerebrale Verkalkungen fehlen gewöhnlich.

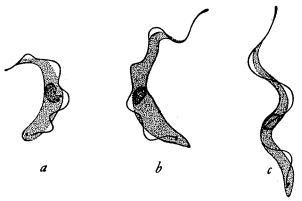
1. *T. acquisita exanthematica:* Exanthematisches Fieber (typhusähnlich), eine akute, allgemeine Form der Toxoplasmose: neben Fieber und Exanthemen auch Symptome einer Pneumonie und Myocarditis. Ferner zentralnervöse Störungen. Fataler Ausgang ist möglich.
2. *T. acquisita cerebrospinalis:* Fieberhafte oder afebrile Meningoencephalitis.
3. *T. acquisita ophthalmica:* Vorwiegend Chorioretinitis.
4. *T. aquisita lymphonodosa:* Die häufigste Form der Toxoplasmose[2]: Febrile, afebrile oder subklinische Lymphadenitis.

Diagnose: Durch Erreger- oder Antikörpernachweis.

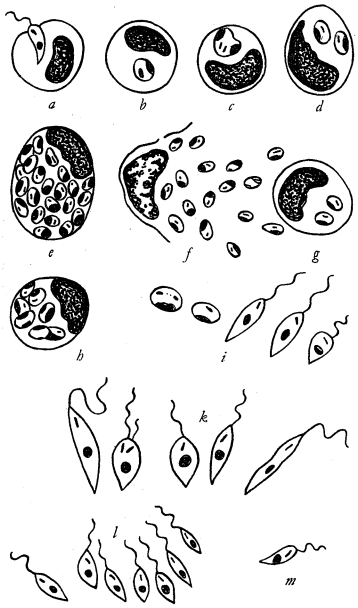
Behandlung: Eine gewisse Wirkung, vor allem bei akuten Formen, zeigen Sulfonamide und Pyrimethamin in Kombination mit Sulfonamiden (hauptsächlich Sulfadiazin). Antibiotica und die üblichen Protozoenmittel sind wirkungslos.

Literatur: *1)* Übersicht: WRIGHT, W. H., *Amer. J. clin. Path.*, **28**, 1 (1957). FELDMAN, H. A., *Pediatrics*, **22**, 559 (1958). WAHLE, H., *Fortschr. Neurol. Psychiat.*, **26**, 6 (1958). *2)* BEVERLEY und BEATTIE, *Lancet*, **2**, 379 (1958).

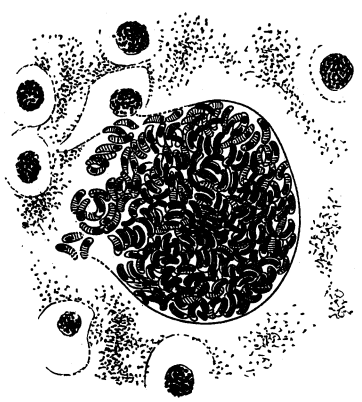
Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Protozoa) S. 656



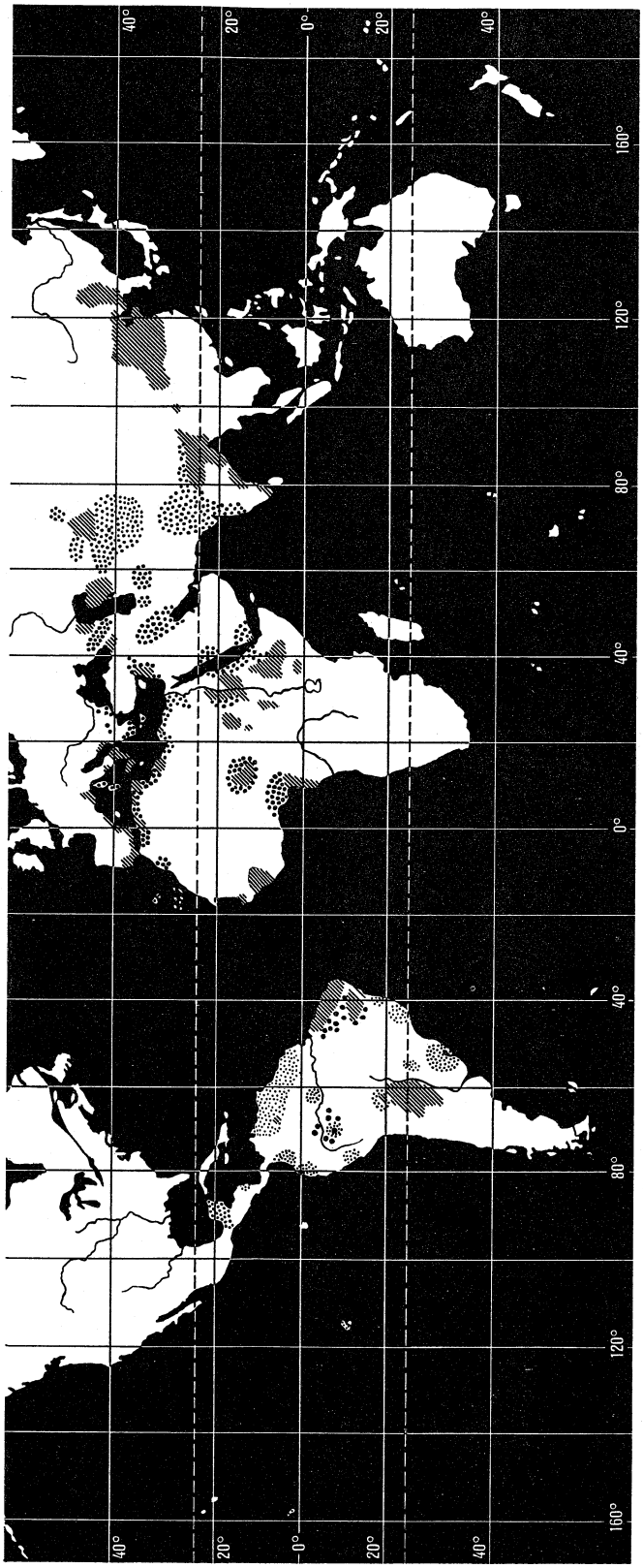
Zu *Nr. 330. Trypanosoma gambiense.* Die drei Haupttypen: *a* kurze, stumpfe Form mit kurzer Geißel; *b* intermediäre Form; *c* schlanke Form mit langer Geißel; *a* und *b* aus dem Blut infizierter Affen. (Nach MINCHIN.)



Zu *Nr. 334. Leishmania donovani.* Entwicklungszyklus. *a* von Endothelzelle aufgenommene, begeißelte (*Leptomonas*-)Form; *b* bis *g* Vermehrung durch Zweiteilung und erneuter Befall von Endothelzellen und Monocyten; *h, i* Umwandlung der von Phlebotomen aufgenommenen Leishmanien im Mückenmagen zum begeißelten Stadium, das (*k, l, m*) wieder aufwärts in den Pharynx wandert und dann als metazyklische Form (*m*) erneut die Infektion in Gang setzt. (Nach PIEKARSKI, 1954.)



Zu *Nr. 337. Toxoplasma gondii.* Pseudocyste aus dem Gehirn eines an Toxoplasmose verstorbenen Kindes. (Nach PIEKARSKI, 1951.)



Zu *Nr. 334–336.* Geographische Verbreitung der Leishmanien. (Nach CRAIG und FAUST, 1951.)

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Protozoa) S. 656

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Protozoa** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
274	*339*	**Encephalitozoon cuniculi** (Levaditi, Nicolau und Schoen)	Länge 1–2 µm, gerade oder leicht gebogen, auch rund	Wirt: Nager. Wahrscheinlich verbreitet	Pathogenität für den Menschen unsicher	
275	*340*	**Enteromonas hominis** Da Fonseca *Tricercomonas intestinalis*	Länge 4–10 µm, 4 Geißeln	Dickdarm, selten	Nicht pathogen	
276	*341*	**Retortamonas intestinalis** (Grassi) Wenyon und O'Connor *Embadomonas intestinalis*	Länge 4–9 µm, 2 Geißeln	Dickdarm, sehr selten	Nicht pathogen	
276	*342*	**Chilomastix mesnili** Wenyon	Länge (6)10–15(20) µm, 3 Geißeln. Vgl. Abbildung S. 660	Dickdarm, weltweit verbreitet. Bei 3–10% aller Individuen	Nicht pathogen	
277	*343*	**Lamblia intestinalis** Blanchard *Giardia intestinalis*	Größe 10–18 µm, 2 Kerne, 8 Geißeln. Vgl. Abbildung S. 660	Dünndarm, gelegentlich im Gallensaft. Weltweit verbreitet, bei Kindern häufiger als bei Erwachsenen	Gelegentlich symptomlos, in der Regel pathogen (Lambliasis). Der dünne Lambliasebelag entlang der Mucosa interferiert vor allem mit der Fettresorption, deshalb Symptome ähnlich wie bei Cöliacie (Gee-Herter-Krankheit), Sprue oder chronischen Gallenblasenaffektionen	Mepacrin oder Chlorochin, beide oral. Über Lambliasis siehe auch [1]
278	*344*	**Trichomonas hominis** Davaine	Länge 8–12 µm. 3 *(T. faecalis)*, 4 *(T. hominis)* oder 5 Geißeln *(T. ardindelteili)*	Dickdarm	Pathogenität ungesichert, gelegentlich assoziiert mit Diarrhöen	Tetracycline oral
278	*345*	**Trichomonas vaginalis** Donné	Länge (10)15–20(30) µm, 4 Geißeln nach vorn, 1 nach hinten. Abbildung siehe S. 660	Vagina, Urethra, gelegentlich Cervix und Prostata. Übertragen durch venerischen Kontakt. Weit verbreitet (bei 20–70% der Frauen und bei 4–15% der Männer)	Erreger bzw. assoziiert mit Vaginitis und Urethritis: Trichomoniasis urogenitalis (vaginalis)	Carbaminophenylarsinsäure [2]: dreimal täglich 0,25 g während 10 Tagen. Tetracycline: 1 g täglich in geteilten Dosen während einer Woche. Ferner Nitrofuranderivate [3] und Trichomycin [4]. Über Trichomoniasis vgl. [5], über Epidemiologie vgl. [6]
278	*346*	**Trichomonas tenax** Müller *Trichomonas elongata*	Länge 6–10 µm. Struktur ähnlich den anderen Trichomonaden	Mundhöhle, weit verbreitet	Assoziiert mit Mund- und Zahnkrankheiten, selbst aber kaum pathogen	
279	*347*	**Entamoeba histolytica** Schaudinn *Entamoeba dispar, Entamoeba dysenteriae*, Ruhramöbe	Größe: Magnaform (Trophozoit) 20 bis 30 µm, Minutaform (Darmlumenform) 12–18 µm, vierkernige Cysten 14–16 µm. Vgl. Abbildung S. 660	Wirt: Mensch. Übertragung: Ingestion von Cysten (kontaminiertes Wasser, kontaminierte Lebensmittel, vor allem Salate). Weltweit verbreitet, auch im gemäßigten Klima	Erreger der Amöbiasis. Vgl. unten	Vgl. unten und S. 659
279	*348*	**Entamoeba hartmanni** Von Prowazek *Entamoeba tenuis*	Größe 10 µm. Morphologisch ähnlich *E. histolytica*, aber charakteristische Cytoplasmastruktur	Weit verbreitet	Nicht pathogen	

1) Webster, B. H., *Amer. J. dig. Dis.*, **3**, 64 (1958); Schwarz und Lienhard, *Praxis*, **46**, 50 (1957). *2)* Kean, B. H., *N.Y. St. J. Med.*, **52**, 2655 (1952). *3)* Coutts et al., *Brit. med. J.*, **2**, 885 (1955); Rogers et al., *Antibiot. and Chemother.*, **6**, 231 (1956). *4)* Hosoya et al., *Ärztl. Forsch.*, **9**, 46 (1955). *5)* Bernstine und Rakoff, *Vaginal Infections, Infestations, and Discharges*, New York (1953), S. 211; Schoog-Lützenkirchen, A., *Med. Klin.*, **53**, 1521 (1958). *6)* Whittington, M. J., *Brit. J. vener. Dis.*, **33**, 80 (1957).

Amöbiasis[1]

Pathogen ist die Magnaform von *Entamoeba histolytica*, während die cystenbildende Minutaform nur insofern pathogen ist, als sie unter bestimmten, nicht näher bekannten Bedingungen in die Magnaform übergehen kann.

A. **Intestinale Amöbiasis.** 1. *Symptomlos* etwa 90% der Träger in temperierten Klimata. 2. *Nichtdysenterische Amöbiasis* mit obskuren Abdominalschmerzen, Flatulenz, Nausea, leichter Ermüdbarkeit, Kopfweh, Nervosität. 3. *Amöbendysenterie*, sowohl akut als chronisch, meist auf Grund einer vorhergegangenen bakteriellen Darmschädigung. Durch die Einwirkung der Amöben kommt es zu einer extrazellulären Verdauung des Darms, gekennzeichnet durch blutig-schleimige Stühle.

B. **Extraintestinale Amöbiasis.** Fast alle Organe können befallen werden: Leber (vgl. [2]) (Hepatitis, Leberabszeß), Lunge (vgl. [3]), Pleura, Urogenitalsystem (Amöbenvaginitis), Haut (Hautamöbiasis, Amöböm) und Gehirn, seltener Milz und Gallenblase. Vgl. dazu auch [4].

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Protozoa** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
279	*349*	**Entamoeba coli** SCHAUDINN	Größe (10–)30 µm. Reife Cysten 8 Kerne. Vgl. Abbildung S. 660	Wirt und Übertragung vgl. *Nr. 347*	In der Regel nicht pathogen. Weltweite Verbreitung, etwa 50% aller Individuen	
279	*350*	**Entamoeba gingivalis** (GROS)	Größe 12–20 µm. Ähnlich *E. histolytica*. Cysten sind nicht bekannt	Wirt: Mensch (Zahnbelag), weit verbreitet. Übertragen durch engen Kontakt	Nicht pathogen, außer allfällige Alveolareiterungen verstärkend. Kein normaler Mundhöhlensaprophyt	Kein wirksames Mittel bekannt
279	*351*	**Endolimax nana** (WENYON und O'CONNOR)	Größe 6–12 µm. Cysten in der Regel 4 Kerne	Wirt und Übertragung vgl. *Nr. 347*	Nicht pathogen, bei etwa 15 bis 30% aller Individuen	Chlorochin zeigt unterschiedliche Wirkung
279	*352*	**Jodamoeba bütschlii** (VON PROWAZEK) *Endolimax williamsi, Jodamoeba williamsi*	Größe 12–20 µm, 1 Kern	Wirt und Übertragung vgl. *Nr. 347*	Sehr wahrscheinlich nicht pathogen. Nur bei etwa 2–6% aller Individuen, beim Schwein etwa 20–50%	Vgl. *Nr. 347* und *Nr. 351*
279	*353*	**Dientamoeba fragilis** (JEPPS und DOBELL)	Größe 5–12 µm, 1 bzw. 2 Kerne	Wirt und Übertragung vgl. *Nr. 347*	Ziemlich sicher pathogen: Fibrose, Appendicitis. Vgl. [1]	Wie *Nr. 347* und *Nr. 351*
283	*354*	**Isospora belli** (WENYON)	Größe 25–30 µm	Wirt: Mensch. Weit verbreitet, speziell Südwestpazifik, auch in Südamerika, Afrika und Mittelmeerküste	Leicht pathogen. Erreger der Isosporiasis (Coccidiosis) mit den Symptomen einer milden Darmentzündung	Behandlung unnötig, da Selbstreinigung nach einigen Wochen
283	*355*	**Isospora hominis** RAILLIET und LUCET	Ähnlich *I. belli*. Vgl. Abbildung S. 660	Vgl. *Nr. 354*	Vgl. *Nr. 354*	Vgl. *Nr. 354*
285	*356*	**Plasmodium vivax** GRASSI und FELETTI *Haemamoeba vivax, Plasmodium tertianae*	Siehe Abbildungen S. 660. Intervall zwischen Sporulationen: 48 Stunden	Zwischenwirt und Überträger: Stechmücken: *Anopheles claviger (maculopennis), A. bifurcatus, A. superpictus, A. pseudopictus, A. gambiae*	Erreger der Malaria tertiana (Tertiana, 3-Tage-Fieber, benigne Tertiana, Tertiana simplex). Über die Verbreitung vgl. Abbildung S. 661	Vgl. S. 662

1) SWERDLOW und BURROWS, *J. Amer. med. Ass.*, **158**, 176 (1955).

Amöbiasis *(Fortsetzung)*

Behandlung [5, 6]

Zur Bekämpfung von Amöbiasis werden vorgeschlagen:

1. Arsenverbindungen: Carbaminophenylarsinsäure, Wismutglycolylarsanilat, Arsthinol und andere.
2. Halogenierte Hydroxychinoline: Dijodohydroxychinolin, Chiniofon, Jodochlorhydroxychinolin.
3. 4-Aminochinoline: Chlorochin.
4. Antibiotica: Tetracyclin, Oxytetracyclin, Chlortetracyclin, Erythromycin, Bacitracin, Fumagillin, Carbomycin.
5. Alkaloide: Emetin.

Die Wirkung der Antibiotica ist anscheinend keine direkte, sondern dadurch zu erklären, daß einzelne für das Gedeihen der Amöben lebensnotwendige Bakterien vernichtet werden. Gegen metastatische Amöbiasis eignet sich vor allem Chlorochin, da es bevorzugt in den Geweben gespeichert wird.

Intestinale Amöbiasis: Mittel der Wahl: Tetracycline, 2 g täglich während 10 Tagen. 90% der Fälle werden durch eine kombinierte Behandlung mit Emetin, einem Arsonsäurederivat, einem Tetracyclin und Dijodohydroxychinolin geheilt [6].

Extraintestinale Amöbiasis: Mittel der Wahl: Chlorochin, dreimal täglich 0,5 g während 2 Tagen, dann 0,25 g zweimal täglich während 2–3 Wochen. Ähnlich wirksam ist Emetin, weist aber größere Toxizität auf. Am besten scheint eine kombinierte Behandlung mit Emetin und Chlorochin zu sein [6].

Literatur: *1)* ANDERSON et al., *Amebiasis*, Springfield (1953); REES, C. W., *Problems in Amebiasis*, Springfield (1955); KEAN et al., *Ann. intern. Med.*, **44**, 831 (1956). *2)* LAMONT und POOLER, *Quart. J. Med.*, **27**, 389 (1958). *3)* ABDEL-HAKIM und HIGAZI, *Dis. Chest.*, **34**, 607 (1958). *4)* TAKARO und BOND, *Int. Abstr. Surg.*, **107**, 209 (1958). *5)* CULBERTSON, J. M., *Med. Clin. N. Amer.*, **40**, 527 (1956). KEAN und CHOWDHURY in: MODELL, W. (Hrsg.), *Drugs of Choice, 1958–1959*, St. Louis (1958), S. 412.

Malaria [1]

Noch heute eine der bedeutendsten Infektionskrankheiten, welche die Bevölkerung weiter Gebiete heimsucht, läßt sich die Malaria mit den neuerdings zur Verfügung stehenden Chemotherapeutica doch sehr wirkungsvoll und rationell bekämpfen (die hygienischen Bekämpfungsmethoden sollen hier nicht besprochen werden). Um den Einsatz dieser Mittel darlegen zu können, ist eine kurze Rekapitulation des **Plasmodien-Lebenskreislaufes** erforderlich:

I. Wirt: Mensch.

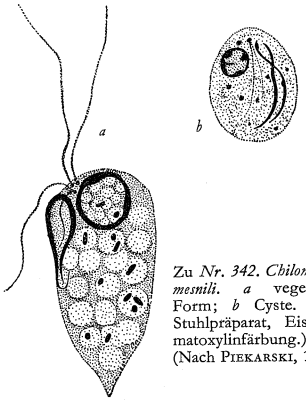
1. Phase: *Gewebephase* (präerythrocytäre Entwicklung).
Durch den Biß einer infizierten Stechmücke gelangen die Sporozoiten in den Blutkreislauf und verschwinden kurz darauf in das Gewebe. Das Gewebestadium verursacht keine klinischen Symptome.

2. Phase: *Blutphase.*

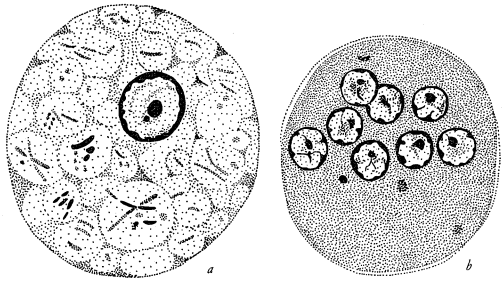
a) Asexuelle Blutphase. Nach einer kürzeren Latenzzeit (wenige Tage bis eine Woche) gelangen die in der Gewebephase produzierten Trophozoiten in den Blutstrom, befallen die Erythrocyten, wo sie sich parthenogenetisch innert bestimmter Perioden (je nach Plasmodienart, siehe oben) vermehren (Schizogonie). Diese Schizontenphase ist für die hauptsächlichsten klinischen Symptome (Fieberattacken usw.) verantwortlich.

b) Sexuelle Blutphase. Aus den Trophozoiten entwickeln sich neben der Schizogonie schließlich die sexuellen Gametocyten, die längere Zeit im Blute kreisen, ohne jedoch klinische Symptome zu verursachen.

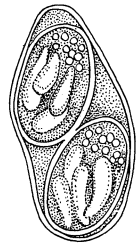
II. Wirt: Stechmücke.
Gelangen diese Gametocyten in eine Stechmücke, so werden sie zu Gameten, die dann kopulieren und schließlich zu Sporozoiten führen, womit bei einer eventuellen Übertragung auf den Menschen der Kreislauf geschlossen ist.



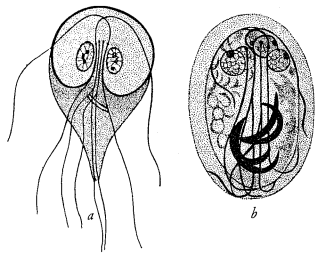
Zu *Nr. 342. Chilomastix mesnili.* *a* vegetative Form; *b* Cyste. (Aus Stuhlpräparat, Eisenhämatoxylinfärbung.) (Nach PIEKARSKI, 1954.)



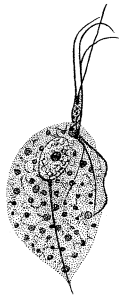
Zu *Nr. 349. Entamoeba coli.* *a* vegetative Form; *b* reife, achtkernige Cyste. (Nach PIEKARSKI, 1954.)



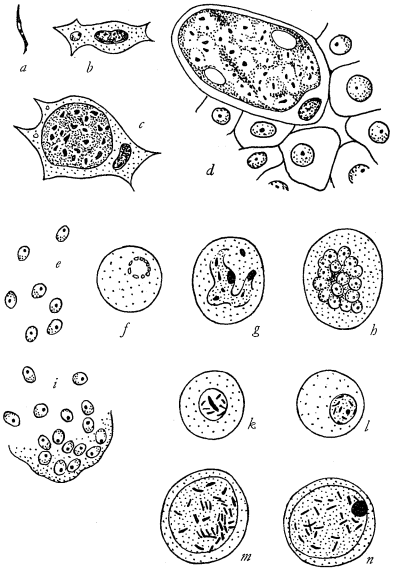
Zu *Nr. 355. Isospora hominis.* Reife Oocyste mit zwei Sporen und je vier Sporozoiten. (Nach HERRLICH und LIEBMANN, 1944.)



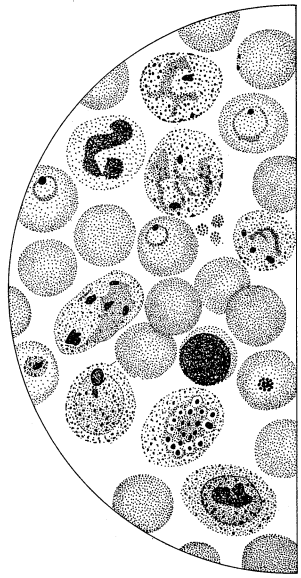
Zu *Nr. 343. Lamblia intestinalis.* *a* vegetative Form; *b* Cyste. (Nach REICHENOW.)

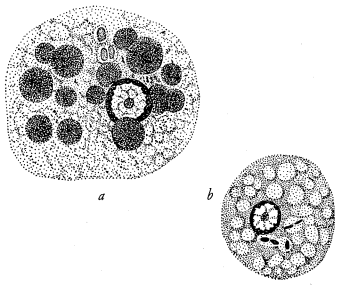


Zu *Nr. 345. Trichomonas vaginalis.* Feucht konserviert, HEIDENHAIN-Färbung. (Nach FISCHER-REICHENOW, 1952.)

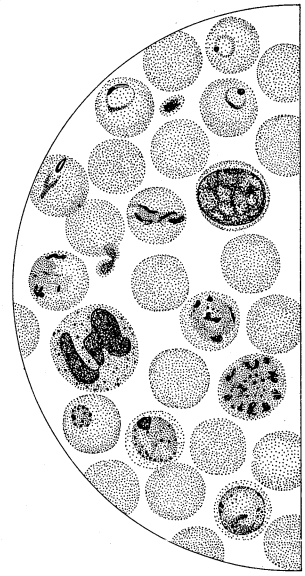


Zu *Nr. 356. Plasmodium vivax.* Linke Abbildung: Entwicklungszyklus im Menschen. *a* Sporozoit; *b* bis *e* präerythrocytäre Schizogonie (endothelial); *e* bis *i* erythrocytäre Schizogonie; *k*, *m* Mikro- bzw. *l*, *n* Makrogametocyten. (Nach PIEKARSKI, 1954.) Rechte Abbildung: Blutausstrich. Im Ausstrich von oben nach unten Stadien fortschreitender Entwicklung: Ringformen, mehrkerniges Stadium, Morulastadium (16–24 Zellkerne); links und rechts der Morula weibliche bzw. männliche Gametocyten. Ganz links am Rand im angeschnittenen Erythrocyten jugendlicher Gametocyt. (Nach PIEKARSKI, 1954.)



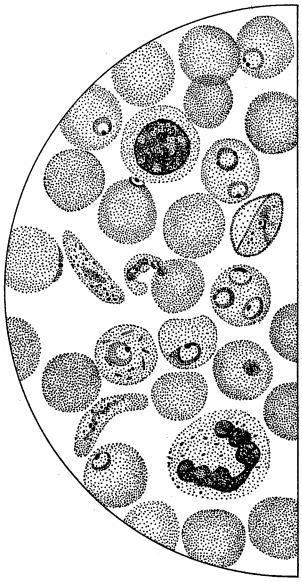


Zu *Nr. 347. Entamoeba histolytica* (HEIDENHAIN-Färbung). *a* Histolyticaform mit roten Blutkörperchen; *b* Minutaform. (Nach PIEKARSKI, 1954.)

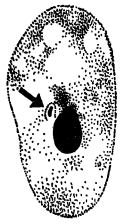


Zu *Nr. 357. Plasmodium malariae.* Blutausstrich. Im Ausstrich von oben nach unten Stadien fortschreitender Entwicklung: Ringformen, mehrkernige Bandformen, Morulastadium («Gänseblümchen»); darunter von links nach rechts: jugendlicher männlicher und weiblicher Gametocyt. (Nach PIEKARSKI, 1954.)

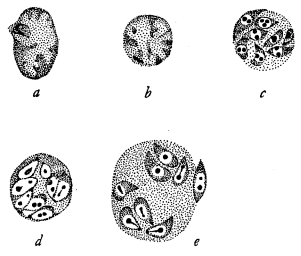
Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Protozoa) S. 656



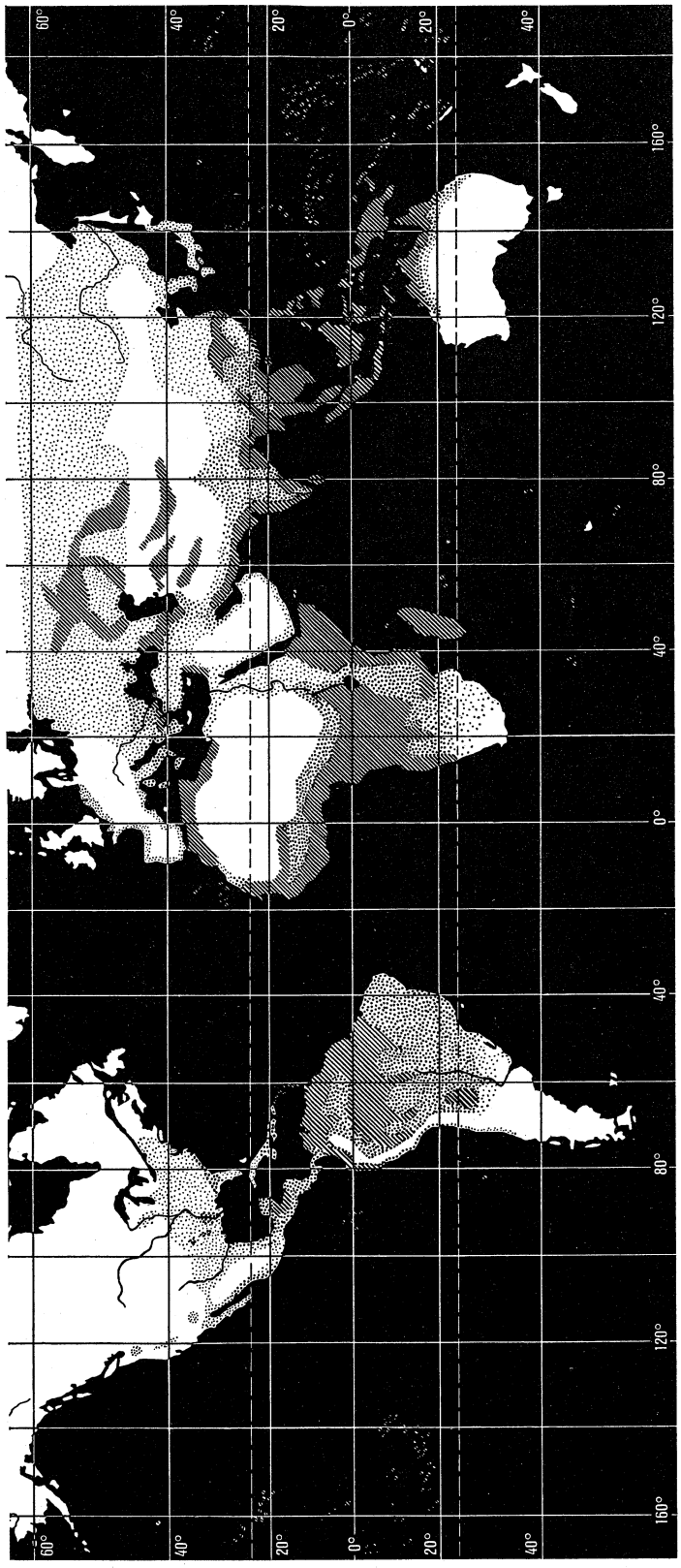
Zu *Nr. 359. Plasmodium falciparum.* Blutausstrich. Ausschließlich Ringformen und (sichelförmige) Gametocyten. (Nach PIEKARSKI, 1954.)



Zu *Nr. 360. Balantidium coli.* Zentral der Makronucleus, daneben der Mikronucleus (Pfeil!). (Nach VON WASIELEWSKI, 1913.)



Zu *Nr. 361. Pneumocystis carinii.* Irrtümlich als Schizogonie von *Trypanosoma cruzi* betrachtet. *e* ist doppelt so stark vergrößert wie *a* bis *d*. (Nach CHAGAS.)



Zu *Nr. 356–359.* Geographische Verbreitung der Malaria. (Nach CRAIG und FAUST, 1951.)

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Protozoa) S. 656

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Protozoa** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit	Bemerkungen
285	*357*	**Plasmodium malariae** (LAVERAN) GRASSI und FELETTI *Haemamoeba malariae, Plasmodium quartanae*	Siehe Abbildung S. 660. Intervall zwischen Sporulationen: 72 Stunden	Wie bei *Nr. 356*	Erreger der Malaria quartana (Quartane, 4-Tage-Fieber), nur 2% aller Malariafälle	Vgl. unten
285	*358*	**Plasmodium ovale** STEPHENS	Gestalt ähnlich *P. malariae*, Veränderung der Erythrocyten ähnlich wie durch *P. vivax*	Wie bei *Nr. 356*	Milder Krankheitsverlauf, ähnlich Malaria tertiana	Vgl. unten
285	*359*	**Plasmodium falciparum** (WELCH) *Haemamoeba praecox, Laverania malariae, Plasmodium immaculatum, Plasmodium perniciosum*	Siehe Abbildung S. 661. Intervall zwischen Sporulationen: 48 Stunden	Wie bei *Nr. 356*	Erreger der Malaria tropica (maligne Tertiana, Subtertiana, Perniciosa, Quotidiana, Gallenfieber, Paludisme tropical, Tropenfieber, Herbstfieber, Aestivo-autumnal-Fieber)	Vgl. unten
287	*360*	**Balantidium coli** (MALMSTEN) STEIN *Paramaecium coli*	Länge 30–150 µm, Breite 20–100 µm. Vgl. Abbildung S. 661	Darm des Schweines. Übertragung: Ingestion der Cysten	Für den Menschen pathogen: Balantidienruhr, chronische Dysenterie, mit oft fatalem Ausgang. Übersicht vgl. [1]	Tetracycline: bis zu 28 g in 10–15 Tagen, ferner Dijodohydroxychinolin und Carbaminophenylarsinsäure
291	*361*	**Pneumocystis carinii** DELANOË	Größe 2–3 µm, rundlich, umgeben von einer 7–10 µm großen Schleimhülle. Vgl. Abbildung S. 661	Wirt: Nager, Hunde, Mensch. Übertragung durch Tröpfchen	Erreger einer interstitiellen Pneumonie, speziell bei Säuglingen (Pneumocystose). In vielen Säuglingsanstalten die einzige Todesursache	Kein wirksames Mittel bekannt. Polypragmatische Therapie: Sauerstoff, Antibiotica, Antiprotozoocida. Über *P. carinii* vgl. [2]

1) AREÁN und KOPPISCH, *Amer. J. Path.*, **32**, 1089 (1956). *2)* JÍROVEC, O., *Mschr. Kinderheilk.*, **102**, 476 (1954).

Malaria *(Fortsetzung)*

Bei der **Falciparum-Infektion** produziert das Gewebestadium nur *einen* Trophozoitenschub, danach geht es entweder zugrunde oder wird unproduktiv: Die *Falciparum*-Infektion ist zeitlich kurz limitiert und hat keine Rezidive (von Neuinfektionen abgesehen). Eine chemotherapeutische Vernichtung der klinisch allein aktiven Schizonten (asexuelle Blutphase) beendet aus diesem Grunde die *Falciparum*-Infektion sofort, auch wenn das Mittel hinsichtlich des Gewebestadiums absolut wirkungslos ist.

Im Gegensatz dazu etabliert sich das Gewebestadium der **Vivax-Malaria** als chronischer Zustand, der ohne Behandlung jahrelang andauern kann und nur allmählich durch immunbiologische Vorgänge zurückgedämmt wird. Dieses persistierende Gewebestadium produziert in Intervallen von einigen Wochen oder mehr immer wieder neue Trophozoitenbruten, die ihrerseits die vielen Rezidive der *Vivax*-Infektion verursachen. Es sind dabei noch zwei Krankheitsverläufe der *Vivax*-Malaria auseinanderzuhalten: Die *tropische Form* (Indien, Südwest-Pazifik, tropisches Amerika, Äquatorialafrika, Mittelmeer, Rom) zeigt zwischen der ersten Attacke und dem darauffolgenden ersten Rückfall eine kurze Latenzzeit von etwa einer Woche, worauf sich die weiteren Rezidive in den oben angegebenen Intervallen ziemlich regelmäßig wiederholen.

Die *Form der gemäßigten Zonen* (Mazedonien, Norditalien, Holland, Zentralrußland, temperiertes Amerika, Madagaskar, Korea) zeichnet sich durch eine lange Latenzzeit von 6–10 Monaten zwischen der ersten Attacke und dem ersten Rückfall aus, worauf sich dann die weiteren Rezidive wie bei der tropischen Form in kürzeren Intervallen regelmäßig wiederholen. Es scheint sich dabei um eine Adaptation des Plasmodien-Kreislaufes an die für eine Mückenübertragung ungünstige Jahreszeit zu handeln.

Die *Vivax*-Malaria kann deshalb durch ein Chemotherapeuticum, das lediglich die Schizontenphase der Plasmodien vernichtet, im Gegensatz zur *Falciparum*-Infektion nicht geheilt werden. Es lassen sich damit nur die klinischen Symptome der aktuellen Attacke beseitigen. Um weitere Rezidive zu verhüten bzw. die Infektion endgültig zu heilen, bedarf es entweder eines Mittels, das gleichzeitig Gewebe- und Schizontenphase zuverlässig ausmerzt (ein solches Mittel existiert heute noch nicht), oder dann der Anwendung zweier Chemotherapeutica, wovon eines das Gewebe-, das andere das Schizontenstadium vernichtet:

1. *Wirksam auf das Gewebestadium* (kurative Mittel): Primaquine, Proguanil (Chlorguanide), Pyrimethamin
2. *Wirksam auf die Schizonten* (asexuelle Blutphase) (suppressive Mittel): Chlorochin (Chloroquine), Amodiaquine, Proguanil, Pyrimethamin, Mepacrin (Quinacrine), Chinin
3. *Wirksam auf die Gametocyten* (sexuelle Blutphase): Primaquine, Pamachin (Pamaquine), Pentachin (Pentaquine), Isopentaquine

Von den kurativen Mitteln ist Primaquine das Mittel der Wahl hinsichtlich Wirksamkeit, Toxizität und einfacher Verabreichung.

Von den suppressiven Mitteln besitzen Chlorochin und Amodiaquine annähernd gleiche Wirksamkeit und etwa die dreifache Wirksamkeit von Mepacrin. Im Gegensatz zu den anderen Malariamitteln ist Pyrimethamin geschmacklos. Zwischen Pyrimethamin und Proguanil kann sich Kreuzresistenz entwickeln, was zu beachten ist, falls Pyrimethamin in Gegenden angewendet wird, wo früher schon Proguanil verwendet wurde.

Behandlung

Falciparum-Infektionen. Oral Chlorochin: Initialdosis 1,0 g, 0,5 g 6–8 Stunden später und dann je 0,5 g an den zwei folgenden Tagen. Bei Komplikationen Chlorochin auch parenteral.

Vivax-Infektionen. Kombinationsbehandlung mit Chlorochin (wie bei *Falciparum*) plus Primaquine (26,5 mg – bei Negern 15 mg – täglich während 14 Tagen). Bei Auftreten von hämolytischer Anämie ist die Behandlung mit Primaquine abzubrechen.

Prophylaktisch zur Suppression von Fieberattacken in Malariagebieten: wöchentlich einmal 0,5 g Chlorochin; empfohlen wird auch ein Chlorochin[2]- oder Pyrimethamin[3]-Zusatz zu Speisesalz.

Schwarzwasserfieber. Bei Anwesenheit von Malariaparasiten unverzüglich Chlorochin intramuskulär oder intravenös. *Chinin und Mepacrin sind kontraindiziert.*

Literatur: *1)* COVELL et al., *Chemotherapy of Malaria*, Genf (1955); CROWTHER, A. F., *J. Pharm. (Lond.)*, **10**, 337 (1958). *2)* PINOTTI, M., *Triangel*, **4**, 110 (1959). *3)* COATNEY et al., *Bull. Wld Hlth Org.*, **19**, 53 (1958).

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675

Allgemeine Literatur (Helminthes): BRUMPT, E., *Précis de Parasitologie*, 6. Aufl., 2 Bde, Paris (1949); CHANDLER, A. C., *Introduction to Parasitology*, 9. Aufl., New York (1955); MACKIE et al., *Manual of Tropical Medicine*, 2. Aufl., Philadelphia (1954); PIEKARSKI, G., *Lehrbuch der Parasitologie unter besonderer Berücksichtigung der Parasiten des Menschen*, Berlin (1954); CAMERON, T. W. M., *Parasites and Parasitism*, London (1956); MACKETT et al., *Manual of Medical Helminthology*, London (1954); MANSON-BAHR, P. H. (Hrsg.), *Manson's Tropical Diseases*, 14. Aufl., London (1954); FAUST, E. C., *Ann. Rev. Microbiol.*, **12**, 103 (1958); WIGAND und MATTES, *Helminthen und Helminthiosen des Menschen*, Jena (1958).

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Plathelminthes** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit *	Bemerkungen
293	*362*	**Fasciolopsis buski** LANKESTER *Distomum crassum, Fasciolopsis fülleborni*, großer Darmegel	Länge 2–7,5 cm. Vgl. Abbildung S. 665	**Zwischenwirt:** Wasserschnecken des Genus *Segmentina*. **Wirt:** Mensch, Schwein, Hund, Ziege. **Infestation:** Ingestion cystenbehafteter Wassernüsse (*Trapa natans* in China, *T. bicornis* im östlichen Bengal) und Wasserkastanie (*Eleocharis tuberosa*)	In China und einigen Orten in Indien sind Infestationen mit *F. buski* überall dort endemisch, wo die nebenstehend erwähnten Wassernüsse häufig verspeist werden. – Lebt im Dünndarm, verursacht lokale Entzündung und scheidet Toxine aus: blutige Diarrhöen, schwere Anämie, schließlich Ascites und Ödeme an Gliedern und im Gesicht. Kann zum Tode führen	Prompte Austreibung durch Hexylresorcin, Thymol, Chenopodiumöl, Tetrachlorkohlenstoff und Tetrachloräthylen[1]. Über Fasciolopsis vgl. [2]
293	*363*	**Fasciola hepatica** LINNÉ *Distomum hepaticum*, großer Leberegel	Länge 20–40 mm, Breite 8–13 mm. Ähnlich *Fasciolopsis buski*	**Zwischenwirt:** Schnecken des Genus *Galba*. **Wirt:** Pflanzenfresser (Schaf, Rind, Ziege usw., selten Mensch). **Infestation:** Ingestion cystenbehafteter Pflanzen. Vor allem in Europa, West- und Nordasien	Anfänglich Befall des Leberparenchyms (Blutverlust, oft sekundäre Infektionen). Die ausgereiften Würmer siedeln sich in den Gallengängen an (chronische Fasciolose mit nur wenig charakteristischen Symptomen)	Leichte Austreibung bei frühzeitiger Behandlung mit Emetin, ferner Tetrachlorkohlenstoff, Gentianaviolett
294	*364*	**Dicrocoelium dendriticum** (RUDOLPHI) LOOSS *Dicrocoelium lanceolatum, Distomum lanceatum, Distomum lanceolatum*, kleiner Leberegel	Länge 5–12 mm	**1. Zwischenwirt:** Schnecken der Art *Helicella* und andere. **2. Zwischenwirt:** Pflanzen (Schleimballencercarien), Ameisen (Metacercarien). **Endwirt:** Pflanzenfresser, speziell Schaf, selten Mensch.	Vorkommen an kalkreiche Böden gebunden (Schnecken). Die ingestierten Metacercarien durchbohren die Darmwand und wandern in den Venen bis in das Gallengangsystem der Leber. Uncharakteristische Symptome, wie Lebervergrößerung, Anämie, Appetitlosigkeit usw.	Kein Mittel besonders wirksam. Stibophen, Emetin, Thymol
295	*365*	**Echinostoma ilocanum** (GARRISON) ODHNER *Euparyphium ilocanum*	Länge 2,5–6,5 mm, Breite 0,5–1,5 mm	**1. Zwischenwirt:** Schnecken (*Gyraulus prasbadi*). **2. Zwischenwirt:** Schnecken (*Pila luzonica*). **Endwirt:** Ratte und, wenn Schnecken roh essend, Mensch	Darmparasit. Häufig in den Philippinen, Indien, Java	Chenopodiumöl, Thymol, Santonin, Tetrachlorkohlenstoff, Hexylresorcin, nach gründlicher Darmspülung
296	*366*	**Heterophyes heterophyes** (VON SIEBOLD) STILES und HASSALL *Distoma heterophyes*, Zwergdarmegel	Länge 1–1,7 mm, Breite 0,3–0,6 mm. Vgl. Abbildung S. 665	**1. Zwischenwirt:** Wasserschnecken (in Ägypten *Porenella conica*). **2. Zwischenwirt:** Meeräschen (*Mugil cephalus* Syn. *Mugil japonicus*). **Endwirt:** Katze, Hund und, wenn Fische roh essend, Mensch	Sehr häufig in Ägypten, Palästina und im Fernen Osten. Lebt im Duodenum, verursacht keine Krankheitssymptome und kann als «normaler» Parasit betrachtet werden. Schwere Infestationen können zu milden Verdauungsstörungen und Diarrhöen führen	Wie *Nr. 365*
296	*367*	**Metagonimus yokogawai** KATSURADA *Heterophyes yokogawai*	Länge 1–2,5 mm, Breite 0,4–0,7 mm	**1. Zwischenwirt:** Schnecken des Genus *Melania*. **2. Zwischenwirt:** Süßwasserfische (forellenartige, besonders *Plecoglossus altivelis*.) **Endwirt:** unter andern Fleischfressern: Katze, Hund und, wenn Fische roh essend, Mensch	Verbreitet in Japan, Ostsibirien und Philippinen. Auch in Spanien und in den Balkanländern. Sonst wie *Nr. 366*	Wie *Nr. 315*

1) KANT und RAMA, *Indian med. Gaz.*, **89**, 89 (1954). *2)* SADUN und MAIPHOOM, *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **2**, 1070 (1953).

* Bei den Helminthes wird an Stelle von «Infektion» das Wort «Infestation» verwendet, womit Infektionen begriffen werden, bei denen der Parasit sich im Wirtskörper nicht vermehrt. Eine Infestation wird in der Regel deshalb erst dann gefährlich, wenn die Parasiten in großer Zahl eindringen oder eingeschleppt werden.

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Helminthes) S. 663

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Plathelminthes** Namen: halbfett *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit (siehe * S. 663)	Bemerkungen
297	*368*	**Opisthorchis felineus** (Rivolta) Blanchard *Distomum felineum, Opisthorchis tenuicollis*, Katzenleberegel	Länge 5–8 (12) mm, Breite 0,5–2,5 mm	**1. Zwischenwirt:** Schnecken der Art *Bithynia leachi*. **2. Zwischenwirt:** Süßwasserfische. **Endwirt:** Katze, auch Mensch, Hund. **Infestation:** Ingestion schlecht gekochter Fische	Verbreitet in Osteuropa, Rußland, Donaugebiet, Holland, Unterlauf der Seine usw. Störungen im Bereich der Galle und Leber, in schweren Fällen Lebercirrhose. Vgl. auch *Nr. 369*	Kein sicheres Mittel. Gentianaviolett und verwandte Farbstoffe, Stibophen
297	*369*	**Clonorchis sinensis** (Cobbold) Looss *Distoma sinense, Opisthorchis sinensis*, chinesischer Leberegel	Länge 10–20 mm, Breite 3–5 mm. Vgl. Abbildung S. 665	**1. Zwischenwirt:** Schnecken, speziell *Parafossalurus striatulus* **2. Zwischenwirt:** Karpfenfische *(Cyprinidae)*. **Endwirt:** Hund, Katze und, wenn Fische roh essend, Mensch	Im ganzen Orient, besonders Japan, Kanton, Indochina. Lebt in den Gallengängen, vereinzelt auch in den Pancreasgängen. Leichte Infestation symptomlos, schwerere führen zu Diarrhöen (oft blutig), Ödemen, Lebervergrößerung, Anämie	Wie bei *Nr. 368*. Erfolge wurden mit Chlorochin erzielt. Übersicht siehe [1]
298	*370*	**Paragonimus westermani** (Kerbert) Braun *Distoma westermani, Paragonimus ringeri (Paragonimus kellicotti)*, Lungenegel	Länge 8–16 mm, Breite etwa 6 mm. Vgl. Abbildung S. 665	**1. Zwischenwirt:** Schnecken *(Melania libertina* im Orient, *Pomatiopsis lapidaria* in den USA, und andere). **2. Zwischenwirt:** Krabben und Krebse. **Endwirt** (normal): Katze, Hund, Schwein. **Infestation:** Ingestion infizierter Krabben und Krebse	Endemisch im Orient, in Japan, vereinzelt Nordamerika. Befall fast aller Organe möglich, speziell aber der Lunge, Symptome lassen an Tuberkulose denken (blutiger Sputum), sind aber nicht schwer. Gehirninfestation führt zu Epilepsie- und Gehirntumorsymptomen und ist tödlich. Bei Lungeninfestation erfolgt nach 5–6 Jahren Heilung, wenn keine neue Infestation erfolgt. Vgl. [3]	*P. kellicotti* (Nordamerika) ist wahrscheinlich mit *P. westermani* identisch. Ein sicher wirkendes Mittel existiert nicht. Wirkungen wurden von Antimonverbindungen (parenteral) sowie bei Kombination von Sulfonamiden und Emetin beobachtet. Erfolge wurden auch mit Chlorochin erzielt [2]
299	*371*	**Schistosoma haematobium** (Bilharz) Weinland *Bilharzia haematobia, Distoma haematobium*, Pärchenegel, Blood fluke	Männchen (Länge) 8–16 mm, Dicke 0,5 mm, mit Bauchrinne *(Canalis gynaecophorus)*, in welcher das Weibchen aufgenommen wird. – Eier 115–170 × 45 bis 65 µm.	**Zwischenwirt:** Schnecken *(Physopsis africana, Physopsis globosa*, in Ägypten vor allem *Bullinus truncatus)*. **Wirt:** Mensch	Bilharziose (Schistosomiasis): Afrika (vor allem Ägypten, bei etwa 60 bis 85% der Bevölkerung), Madagaskar und Südwestasien. Vgl. unten	Siehe unten
299	*372*	**Schistosoma japonicum** Katsurada	Männchen 12–20 mm, Weibchen bis zu 26 mm. Eier 70 bis 100 × 50 bis 65 µm.	**Zwischenwirt:** Schnecken: *Amnicolidae (Katayama, Oncomelania, Schistosomophora)*. **Wirt:** Mensch	Bilharziose (Schistosomiasis): Orient einschließlich Japan, Philippinen, Formosa und Teile Chinas. Vgl. unten	Siehe unten
299	*373*	**Schistosoma mansoni** Sambon *Bilharzia mansoni*	Ähnlich S. *haematobium*. Vgl. Abbildung S. 665	**Zwischenwirt:** *Planorbis*-Schnecken (Nordafrika *Planorbis boissyi*, Südafrika *Planorbis pfeifferi*, tropisches Amerika *Australorbis glabratus* = *Planorbis guadelupensis*). **Wirt:** Mensch	Bilharziose (Schistosomiasis): Afrika und tropisches Amerika, in Venezuela bis zu 90% der über 10 Jahre alten männlichen Bevölkerung. Vgl. unten	Siehe unten

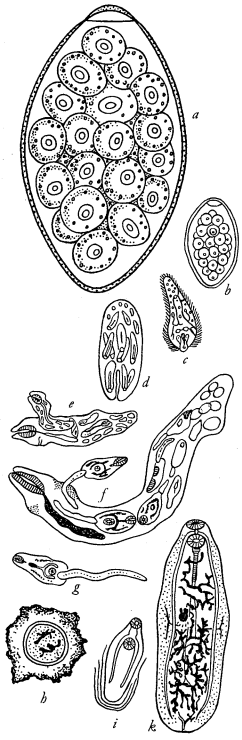
1) Germer et al., *Z. Hyg. InfektKr.*, **141**, 132 (1955); Ehrenworth und Daniels, *Ann. intern. Med.*, **49**, 419 (1958). *2*) Chung und Hou, *Chin. med. J.*, **72**, 407 (1954); Buck et al., *Z. Tropenmed. Parasit.*, **9**, 310 (1958). *3*) Chang et al., *Chin. med. J.*, **77**, 3 (1958); Thiele, H.-G., *Dtsch. med. Wschr.*, **84**, 752 (1959).

Bilharziose (Schistosomiasis)[1, 2]

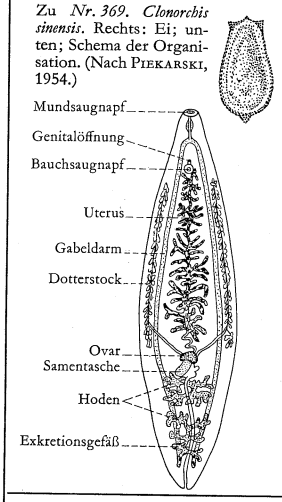
Die Zahl der von Schistosomen befallenen Menschen wird auf 114 Millionen geschätzt. Der einzige europäische Fundort liegt in Südportugal.

Die Infestation erfolgt durch die aus den Schnecken austretenden Gabelschwanzcercarien. Diese schwimmen frei im Wasser (Lebensdauer bis 60 Stunden) und vermögen die Haut des Menschen praktisch an jeder Körperstelle innerhalb von etwa 10 Sekunden zu durchdringen. An der Invasionsstelle entstehen stecknadelkopfgroße, entzündliche Flecken (Cercariendermatitis *). Junge wie erwachsene Schistosomen leben ausschließlich in den Venen des Mesenteriums und des Beckens. Das Weibchen legt die Eier in kleine Blutgefäße, von wo sie sich allmählich in den Darm und die Harnblase schaffen und mit den Fäces und dem Urin abgehen. *Sch. haematobium* führt vor allem zu Entzündungen des Urogenitalsystems, Blutharnen (Papillombildung), Fisteln und

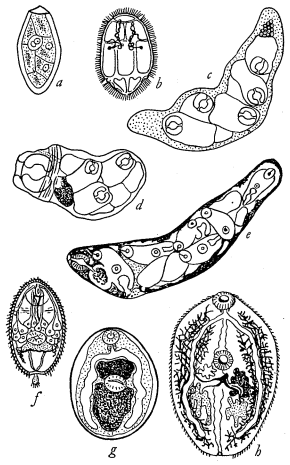
* Cercariendermatitis wird auch durch andere Cercarien verursacht (in Europa zum Beispiel durch Cercarien von *Trichobilharzia ocellata* und *Trichobilharzia szidati*, deren zugehörige geschlechtsreife Formen im Wassergeflügel leben). Vgl. auch [1]. *(Fortsetzung S. 666)*



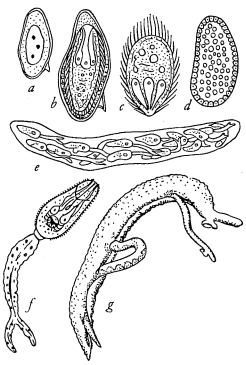
Zu *Nr. 362. Fasciolopsis buski.* *a* Ei, in der oberen Hälfte die Eizelle. (Nach Looss, 1905.) *b* bis *k* Entwicklungskreislauf zwischen Schnecke (erster Zwischenwirt, *b* bis *f*), Wassernuß *Trapa natans* (zweiter Zwischenwirt, *h*) und Mensch (Endwirt, *b* bis *k*). *b* Abgelegtes, unreifes Ei; *c* frei schwimmendes Miracidium; *d* Sporocyste mit Redien; *e* Mutterredie mit Tochterredien; *f* Tochterredie mit Cercarien; *g* frei schwimmende Cercarie; *h* Metacercarie; *i* schlüpfende Metacercarie aus dem Darm; *k* geschlechtsreifer Darmegel. (Vergrößerung unterschiedlich; nach Piekarski, 1954.)



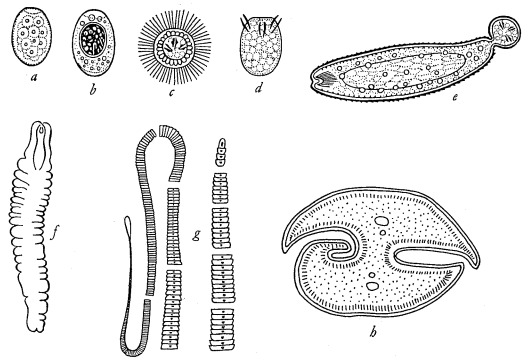
Zu *Nr. 369. Clonorchis sinensis.* Rechts: Ei; unten; Schema der Organisation. (Nach Piekarski, 1954.)



Zu *Nr. 370. Paragonimus westermani.* Entwicklungskreislauf zwischen Schnecke (erster Zwischenwirt, *b* bis *e*), Krabbe (zweiter Zwischenwirt, *f* und *g*) und Mensch (Endwirt mit geschlechtsreifem Wurm, *h*). *a* abgelegtes, unentwickeltes Ei; *b* Miracidium (nur Exkretionssystem und Anordnung der bewimperten Epithelzellen eingezeichnet); *c* reife Sporocyste mit Mutterredien; *d* reife Mutterredie mit Tochterredien; *e* reife Tochterredie mit Cercarien; *f* frei schwimmende («mikrocerke») Cercarie nach dem Verlassen der Schnecke; *g* Metacercarie aus der Krabbe; *h* geschlechtsreifer Lungenegel. (Einzelabbildungen unterschiedlich vergrößert; nach Piekarski, 1954.)



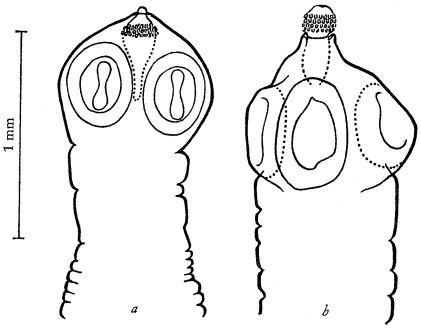
Zu *Nr. 373. Schistosoma mansoni.* Entwicklungskreislauf zwischen Schnecke (Zwischenwirt, *c* bis *e*) und Mensch (Endwirt, in den die Cercarie [*f*] perkutan eindringt). *a* Frisch abgelegtes Ei aus einer Vene; *b* ausgeschiedenes Ei mit Miracidium; *c* Miracidium; *d* junge Muttersporocyste mit Keimballen; *e* ältere Tochtersporocyste mit Cercarien; *f* Cercarie; *g* geschlechtsreife Pärchenegel. (Vergrößerung unterschiedlich; nach Piekarski, 1954.)



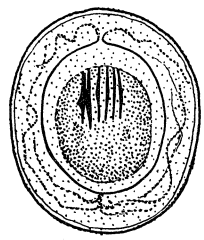
Zu *Nr. 375. Diphyllobothrium latum.* Schematische Darstellung des Entwicklungskreislaufs zwischen *Cyclops* (erster Zwischenwirt mit den Stadien *c* bis *e*), Fisch (zweiter Zwischenwirt mit Plerocercoid, *f*) und Mensch (Endwirt). *a* frisch abgelegtes Ei; *b* Ei mit 6-Haken-Larve; *c* Coracidium; *d* freie Oncosphaera aus *Cyclops*; *e* reifes Procercoid; *f* Plerocercoid; *g* geschlechtsreifer Bandwurm; *h* Kopf, Querschnitt. (Einzelabbildungen unterschiedlich vergrößert; *a* bis *g* nach Piekarski, 1954, *h* nach Braun.)



Zu *Nr. 366. Heterophyes heterophyes.* *a* Bauchsaugnapf; *b* Genital-«Saugnapf»; *c* zwei Hoden. (Nach Piekarski, 1954.)



Zu *Nr. 377. Dipylidium caninum.* Scolex des Gurkenkernbandwurms. *a* mit eingezogenem, *b* mit ausgestülptem Rostellum. (Nach Witenberg, 1932.)



Zu *Nr. 378. Hymenolepis nana.* Ei. (Nach Piekarski, 1954.)

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Helminthes) S. 663

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Plathelminthes** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit (siehe * S. 663)	Bemerkungen
300	*374*	**Gastrodiscoides hominis** LEWIS und MACCONNELL	Länge 4–8 mm, Breite 3–4 mm	Über Lebenszyklus nichts bekannt. Normaler Wirt scheinbar Schwein	Verbreitet in Indien, besonders in Assam (bis zu 40% der Bevölkerung), Indochina. – Bewohnt Coecum und Dickdarm und verursacht Diarrhöen	Chenopodiumöl, Santonin, Tetrachlorkohlenstoff usw. Seifenwasserklistiere
301	*375*	**Diphyllobothrium latum** (LINNÉ) LÜHE *Bothriocephalus latus, Dibothriocephalus latus, Taenia lata*, breiter Bandwurm, Fischbandwurm, Broad tapeworm, Fish tapeworm, Ténia à épine	Länge 2–10 m, Breite 10–12 bis zu 20 mm, Glieder breiter als lang, reife Glieder fast quadratisch. Vgl. Abbildung S. 665	**1. Zwischenwirt:** niedere Krebstiere (Diaptomen). **2. Zwischenwirt:** Fische (je nach Land). **Endwirt:** Mensch, Hund, Katze usw.	Auf der ganzen Welt verbreitet, in Ostpreußen bis zu 44% der Bevölkerung, Finnland 20%, Donaudelta, Mazedonien. – Bevorzugter Ort: Ileum, aber auch Jejunum und Colon. – Symptome: abhängig von der Empfindlichkeit des Betroffenen gegenüber den Stoffwechselprodukten des Bandwurmes Abdominalschmerzen, Müdigkeit, Gewichtsverlust. Auch Anämie[1].	Bandwurmmittel siehe unten. Gegen Anämie Leberextrakte, Vitamin B_{12}
301	*376*	**Sparganum mansoni**	Plerocercoide von Bandwürmern des Genus *Diphyllobothrium* (Subgenus *Spirometra*, sehr wahrscheinlich *D. mansoni* und *D. erinacei*). Länge 7,5–35 cm	**1. Zwischenwirt** der *Spirometra*-Gruppe: niedere Krebstiere (Cyclopsarten). **2. Zwischenwirt:** Amphibien bzw. Warmblütler, die infestierte Amphibien eingenommen haben, auch Mensch. **Endwirt:** Hunde, Katzen, ?	*Sparganum*-Infestationen in der ganzen Welt, am meisten in Indochina, China und Japan (Sparganose). Im Orient Infestation auch durch Kontakt: Gewohnheit einzelner Völker, enthäutete Frösche auf Entzündungen und Wunden zu legen. – *Sparganum* lebt beim Menschen in den Muskeln, im subkutanen Bindegewebe oder rund um das Auge	Injizieren von Äthanol mit Procain. Neoarsphenamin intravenös
302	*377*	**Dipylidium caninum** (LINNÉ) RAILLIET *Dipylidium cucumerinum, Taenia canina*, Gurkenkernbandwurm	Länge 15–40 cm, Breite bis 3 mm, reife Glieder rötlich gefärbt. Vgl. Abbildung S. 665	**Zwischenwirt:** Hundehaarling *(Trichodectes canis)*, Hundefloh *(Ctenocephalis canis)*, auch Menschenfloh. **Endwirt:** Hund, Katze, Fuchs, Mensch	Infestation durch Ingestion infizierter Hundeflöhe oder Haarlinge. Menschliche Infestationen selten, speziell bei Kindern. – Im Dünndarm, meist symptomlos	Bandwurmmittel siehe unten

1) VON BONSDORF, B., *Exp. Parasit.*, **5**, 207 (1956).

Bilharziose (Schistosomiasis)[1, 2] *(Fortsetzung)*

malignen Tumoren. Daneben Splenomegalie, Anämie, Ascites, Leber-, Herz- und Lungenaffektionen. Eier finden sich aber auch in Ovar, Uterus, Vagina, Cervix, Samenflüssigkeit, Gehirn usw. Die Eier von *Sch. mansoni* werden nur in die Fäces entleert, deshalb sind die Urogenitaltraktsymptome seltener als bei *Sch. haematobium*.

Beim Menschen tritt wahrscheinlich eine Immunität ein, die aber nur sehr langsam einsetzt.

Behandlung: Am besten haben sich bisher Derivate des dreiwertigen Antimons bewährt: Brechweinstein intravenös (wirksam, aber sehr toxisch), Stibophen intramuskulär (etwas weniger toxisch) sowie Lithium-Antimonylthiomalonat und Antimon-Dimercaptosuccinat. Neuerdings werden auch Lucanthonhydrochlorid oral (vgl. dazu[3]) und Glucosamin[4] vorgeschlagen. Die Präparate wirken auf die Fortpflanzungsorgane der Weibchen und unterbinden eine weitere Eiablage, die Würmer selbst werden nur teilweise getötet und die Eier nicht geschädigt. *Sch. japonicum* ist gegenüber Chemotherapeutica wesentlich widerstandsfähiger als die anderen Schistosomen.

Literatur: *1*) MCNIEL, J. R., *Medicinal Times*, **85**, 159 (1957). *2*) DIAZ-RIVERA, R. S., *Amer. J. Med.*, **21**, 918 (1956). *3*) KING, B. A., *Brit. med. J.*, **1**, 185 (1955); ALVES, W., *Bull. Wld Hlth Org.*, **18**, 1109 (1958). *4*) LOUGHLIN et al., *Antibiotics Annual, 1958–1959*, New York (1959), S. 117.

Bandwurmmittel[1, 2]

Die Beseitigung der geschlechtsreifen Bandwürmer gelingt im allgemeinen mit den seit langem bewährten Bandwurmmitteln. Ein Therapieerfolg liegt jedoch nur dann vor, wenn auch der Scolex abgetrieben wurde. Wird dieser nach der Kur in den Abgängen nicht festgestellt, so ist die Behandlung erst dann als Versager zu beurteilen, wenn etwa 12 Wochen nachher wiederum Bandwurmglieder oder -eier nachgewiesen werden können. Grundsätzlich wichtig ist, daß die Medikamente nach halbtägigem Fasten genommen werden und nach der Applikation ein kräftiges Abführmittel für die Entleerung des Darmes sorgt.

Ein harmloses Mittel bei Kindern oder als Vorkur bei Erwachsenen sind Kürbiskerne. Ebenfalls gefahrlos und wirksam sind Zinnsalze (SnO, $SnCl_2$). Gut bewährt hat sich auch Mepacrin[3]. Nebenwirkungen (Nausea, Erbrechen) lassen sich durch Gaben von Natriumbicarbonat mildern. Der häufig verwendete Extrakt aus Wurmfarn *(Extractum filis)* ist etwas toxisch und von variabler Wirkung. Neuerdings wurden gute Erfolge durch Einführen von gesättigter Magnesiumsulfatlösung, Glycerin und anschließend physiologischer Kochsalzlösung mittels Duodenalsonde erzielt[1]. Weitere Mittel sind Tetrachlorkohlenstoff, Tetrachloräthylen und Hexylresorcin, letzteres vor allem gegen *Hymenolepis nana*.

Über die erzielten Erfolge gibt nachstehende Tabelle Aufschluß (nach[1]):

Verwendetes Mittel	Behandelte Fälle (Zahl)	Geheilt (Zahl)	Nicht geheilt (Zahl)
Wurmfarnextrakt	87	62	25
Tetrachlorkohlenstoff	16	12	4
Tetrachloräthylen	8	3	5
Hexylresorcin	24	7	17
Zinnsalze	202	180	22
Mepacrin	488	347	141
Magnesiumsulfat-Glycerin	40	36	4

Literatur: *1*) ROSEN und KIEFER, *J. Amer. med. Ass.*, **167**, 2065 (1958). *2*) HENNEMANN und D'HEUREUSE, *Ther. Gegenwart*, **97**, 1 (1958). *3*) SODEMAN und JUNG, *J. Amer. med. Ass.*, **148**, 285 (1952).

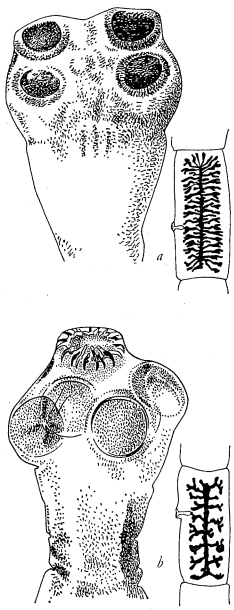
Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Plathelminthes** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit (siehe * S. 663)	Bemerkungen
303	*378*	**Hymenolepis nana** (VON SIEBOLD) BLANCHARD *Hymenolepis fraterna*, *Taenia nana*, Zwergbandwurm	Länge bis 40 mm, Breite bis 1 mm, charakteristische elliptische Eier maximal 50 × 40 µm. Vgl. Abbildung S. 665	**Wirt:** Mensch *(H. nana)*, Nagetiere *(H. fraterna)*. Entwicklung verläuft ohne Zwischenwirt. **Infestation:** orale Aufnahme der mit den Fäces ausgeschiedenen Eier	Über die ganze Welt verbreitet, seltener in der gemäßigten und kalten Zone. Bei Kindern gelegentlich schwere toxische Symptome	Bandwurmmittel siehe Text S. 666
304	*379*	**Taenia solium** LINNÉ *Taenia dentata*, Einsiedlerbandwurm, Schweinebandwurm, Armed tapeworm, Measly tapeworm, Pork tapeworm, Ténia armé, Ver solitaire	Länge 2–3 m, Proglottiden 1 m hinter dem Kopf quadratisch, reife Glieder 10–12 mm lang, 5–6 mm breit. Vgl. Abbildungen S. 669	**Wirt:** Mensch (Bandwurm). **Zwischenwirt:** Schwein und Mensch (Finne). Die aus einem ingestierten Ei im Zwischenwirt (Schwein, aber auch Mensch) sich entwickelnde Oncosphäre dringt in die Muskeln ein und entwickelt sich dort zur Finne *(Cysticercus cellulosae)*. Infestation durch Ingestion der Cysticercen, die sich im Darm zum Bandwurm entwickeln. Der Mensch kann sich aber auch selbst durch eingenommene Eier infizieren, die sich dann in ihm als Cysticercen in den Muskeln entwickeln. Eventuell stammen diese Cysticercen auch aus in den Magen regurgitierten Proglottiden	Abdominalschmerzen, abnormer Appetit, Schwäche und Gewichtsverlust sind die gewöhnlichsten Symptome. Im allgemeinen wird die Pathogenität eher überschätzt, und der Großteil der Bandwurminfestationen mit *T. solium* und *T. saginata* bleibt symptomlos. – Infestationen hauptsächlich dort, wo Schweinefleisch gegessen wird, vor allem Europa. Merkwürdigerweise ist *T. solium* trotz verbreitetem Schweinefleischgenuß in Nordamerika, den Philippinen, in Indien sehr selten. – Beim Menschen findet sich die Finne nicht selten bei Bandwurmträgern. Lokalisation in allen Organen, besonders an der Hirnbasis. Dort manchmal verzweigtes Wachstum *(Cysticercus ramosus)*	Bandwurmmittel siehe Text S. 666
304	*380*	**Taenia saginata** GOEZE *Taenia mediocanellata*, *Taeniorhynchus saginatus*, Rinderbandwurm, unbewaffneter Bandwurm, Beef tapeworm, Fat tapeworm, Unarmed tapeworm, Ténia inerme	Länge 4–10 m, reife Glieder in der Form von Kürbiskernen, 16–20 mm lang, 4–7 mm breit. Vgl. Abbildungen S. 669	**Wirt:** Mensch (Bandwurm). **Zwischenwirt:** Rind (Finne). Finne (vgl. *Nr. 379*) im Rind: *Cysticercus bovis*, *Cysticercus inermis*. Entwicklung wie bei *Nr. 379*	Pathogenität wie *T. solium (Nr. 379)*. Der häufigste große Bandwurm mit weltweiter Verbreitung. In Afrika, Tibet und Syrien bei 25–75% der Bevölkerung. In Indien sehr selten (Verbot des Rindfleischgenusses durch die Hindureligion). – Finnen von *T. saginata* sind beim Menschen sehr selten beobachtet worden.	Bandwurmmittel siehe S. 666. *T. saginata* ist schwerer abzutreiben als *T. solium*
304	*381*	**Multiceps multiceps** (LESKE) HALL *Coenurus cerebralis*, *Polycephalus ovinus*, *Taenia coenurus*, *Taenia multiceps*, Quesenbandwurm	Länge ½–1 m. Das Finnenstadium *(Coenurus)* bildet zahlreiche Köpfe aus	**Wirt:** Hund und Raubtiere. **Zwischenwirt:** Schaf, Mensch. Infestation durch orale Aufnahme reifer Eier. Entwicklung des *Coenurus* im Gehirn, seltener Rückenmark	Drehkrankheit der Schafe. Weltweite Verbreitung, beim Menschen aber sehr selten (Mitteleuropa, Südafrika, USA). Symptome: epileptische Anfälle, heftige Kopfschmerzen, Coma	Bandwurmmittel siehe S. 666
304	*382*	**Echinococcus granulosus** (BATSCH) RUDOLPHI *Echinococcus alveolaris*, *Echinococcus cysticus*, *Echinococcus multilocularis*, *Hydatigena granulosa*, *Taenia echinococcus*, Hunde-(band)wurm, Dog tapeworm, Hydatid tapeworm, Ténia échinocoque	Länge 3–6 mm, nur 3–4 Glieder. Vgl. Abbildung S. 669	**Wirt** (Bandwurm): Hund, Wolf, Coyote und verwandte Arten. Oft zu Tausenden im Darm. **Zwischenwirte** (Finne): sozusagen alle Warmblüter, speziell Herbivoren. Infestation durch orale Aufnahme der Eier. Weltweite Verbreitung, speziell in Ländern mit intensiver Schaf- und Rinderzucht	Der Echinococcus (Finne) findet sich in fast allen Organen, besonders aber in der Leber. Zwei Typen des Finnenstadiums: *Echinococcus cysticus:* typische Blasen (Hydatiden) mit endogenen Tochterblasen. Symptome meist uncharakteristisch, Leber- und Milzvergrößerungen usw., gefährliche Komplikation bei Einbruch einer Lebercyste in die Bauchhöhle. Kosmopolitische Verbreitung. *Echinococcus alveolaris:* schwammige Struktur ohne Hydatidenflüssigkeit. Infiltratives Wachstum, weitgehende Zerstörung des Leberparenchyms, Icterus. Relativ beschränkt verbreitet (Süddeutschland, Alpen, Rußland, Sibirien)	Wenn möglich chirurgische Entfernung. Wahrscheinlich existieren zwei Arten [1]: *E. granulosus* = *E. cysticus* und *E. multilocularis* = *E. alveolaris*. Übersicht [1, 2]

1) KATZ und PAN, *Amer. J. Med.*, **25**, 759 (1958). *2)* WEGMANN und FÜRST, *Schweiz. med. Wschr.*, **89**, 32 (1959).

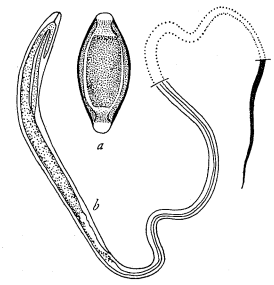
Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Helminthes) S. 663

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Nemathelminthes** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit (siehe * S. 663)	Bemerkungen
305	*383*	**Trichuris trichiura** (Linné) Stiles *Trichocephalus dispar (Trichocephalus suis), Trichocephalus trichiuris*, Haarschopf, Peitschenwurm, Whipworm	Länge 30–50 mm, beim Männchen Körperende zusammengerollt. Eier 50×22 µm. Vgl. Abbildungen S. 669	Sehr verbreitet bei Mensch und Schwein in Blinddarm, Dünndarm. Infestation durch mit Eiern kontaminiertes Wasser, durch Erde (verschmutzte Hände!). Oft mit *Ascaris lumbricoides (Nr. 389)*	Symptome zumeist nicht schwer: Abdominalschmerzen wie bei Appendicitis, Verdauungsstörungen, Appetitlosigkeit, Gewichtsverlust usw. Starke Infestationen bewirken schwere Diarrhöen und Anämie	Trichuren sind sehr schwer auszutreiben: zu tief im Darm, um mit den Anthelminthicis eine genügende Konzentration, und zu hoch, um die Würmer mit Klistieren zu erreichen. Mittel der Wahl: Dithiazanin (3,3′-Diäthylthiadicarbocyaninjodid) [1–3]: 200 mg dreimal täglich während 5 oder mehr Tagen. Mit begrenzten Erfolgen wurden verwendet: Tetrachloräthylen, Chenopodiumöl, Hexylresorcin, Emetinhydrochlorid, Piperazinderivate. Bewährt haben sich auch Enzympräparate (aus dem Milchsaft verschiedener Feigenbäume). Vgl. auch [4]
306	*384*	**Trichinella spiralis** (Owen) Railliet *Trichina spiralis*, Trichine	Männchen 1,5 mm lang, 0,04 mm dick; Weibchen 3–4 mm lang, 0,06 mm dick	Die von den im Darm des Wirtes lebenden Trichinen geborenen Embryonen wandern teils aktiv, teils passiv in den Blut- und Lymphbahnen in den ganzen Körper und siedeln sich schließlich in der quergestreiften Muskulatur an, wo sie sich einrollen. Das umliegende Gewebe reagiert mit der Bildung einer Bindegewebskapsel, die schließlich verkalkt. Infektion durch rohes oder ungenügend gekochtes Fleisch. **Wirt:** außer Mensch noch Ratte (normaler Wirt), Schwein, Bär, Hund u.a.– Weltweite Verbreitung, so bei etwa 20% der Bevölkerung der USA [5]	Die aus den eingenommenen Muskeltrichinen sich entwickelnden Darmtrichinen bewirken Darmentzündung mit Diarrhöen und Fieber (typhöse Form). Die Auswanderung in die Muskeln ist von Muskel- und Gelenkschmerzen und Temperatursteigerung begleitet (rheumatische Form). Sehnenreflexe fehlen, Atmung flach. Kapillare Blutungen in den Augen, Ödeme der Augenlider und an den Knöcheln. Eosinophilie, Hyperleucocytose (etwa 1–3 Wochen nach der Infektion). Ein Trichinenbefall führt zur Bildung spezifischer Antikörper. Eine echte Immunität beim Menschen ist sehr wahrscheinlich	Eine Behandlung hat nur im Darmtrichinenstadium irgendwelche Aussicht: Diäthylcarbamazin, Piperazincitrat
307	*385*	**Ancylostoma duodenale** (Dubini) Creplin *Dochmius duodenalis, Sclerostoma duodenale, Uncinaria duodenalis*, Grubenwurm, Hakenwurm, Hookworm, Anquilostoma	Männchen 10 mm lang, 0,5 mm dick; Weibchen 12–15 mm lang. Vgl. Abbildung S. 669	Gilt auch für *Necator americanus*: Larven in Erde und Wasser, dringen durch die Haut ein, gelangen durch die Blutbahn in Herz, Lungen, von dort in Trachea, Pharynx, Magen, Dünndarm, wo sie sich zum geschlechtsreifen Wurm entwickeln. – Weltweite Verbreitung	Gilt auch für *Necator americanus:* Der Wurm lebt im Dünndarm des Menschen und ernährt sich, tief in die Mucosa eingegraben, durch Blutsaugen. Der durch das konstante Blutsaugen bewirkte Blutverlust führt zu schweren Anämien. – Symptome: *Präintestinale Phase:* Das Eindringen der Larven in die Haut (kutane *Larva migrans* [8]) verursacht Pruritus oder Entzündung («ground itch», «water sore»), auch sekundäre Bakterieninvasion (letzteres besonders bei *Necator*. Die Körperwanderung kann Pneumonien verursachen, führt zu Eosinophilie und gelegentlich zu Leucocytose. *Intestinale Phase:* Mehrere Wochen nach der Infestation entwickelt sich die Anämie, verbunden mit Trägheit, Muskelschwäche, schneller Atemlosigkeit bei Anstrengungen, Ödemen, Vergrößerung des Herzens und Palpitation. Flatulenz, abdominalen Störungen. Bei Kindern wird die Entwicklung gehemmt und die geistige Regsamkeit beeinträchtigt. Hakenwurminfestation in der Schwangerschaft führt zu einer hohen Zahl von Totgeburten	Gilt auch für *Necator americanus:* Tetrachloräthylen (kontraindiziert bei Hepatitis) allein oder auch kombiniert mit Dithiazanin [2] haben sich bisher am besten bewährt. Neuerdings wurden gleiche Erfolge mit Bephenium-salzen erzielt [3, 6]. Weitere Hakenwurmmittel: Tetrachlorkohlenstoff, Hexylresorcin, diese auch in Kombination mit Chenopodiumöl. Eisen gegen eine Anämie (bei Durchfall parenteral), ferner Vitamine und proteinreiche Kost. Übersicht siehe [7]
307	*386*	**Necator americanus** (Stiles) Stiles *Ancylostoma americanum, Uncinaria americana*, American hookworm	Etwas kleiner als *A. duodenale*, aber sonst diesem sehr ähnlich			
307	*387*	**Ancylostoma braziliense** De Faria	Etwas kleiner als *A. duodenale*	**Wirt:** Katzen, Hunde	Larven dringen beim Menschen in die Haut ein und verbleiben dort (kutane *Larva migrans* [8]): Hautmaulwurf, Creeping eruption: Jucken, Papeln, subkutane Knoten, eitrige Ekzeme bei Sekundärinfektionen	Diäthylcarbamazin gegen Hautmaulwurf

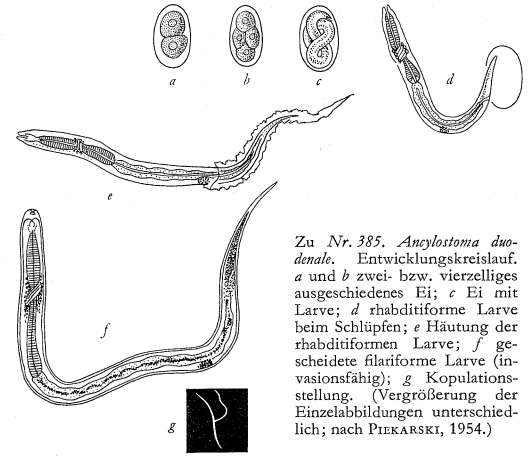
1) Paine et al., *Brit. med. J.*, **1**, 93 (1959); Swartzwelder et al., *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **7**, 329 (1958). 2) Swartzwelder et al., *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 2063 (1957). 3) Swartzwelder und Frye, in Conn, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 17. 4) Culbertson, J. T., *Med. Clin. N. Amer.*, **40**, 527 (1956); Hoekenga, M. T., *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **5**, 529 (1956). 5) Cameron, T. W. M., *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **70**, 564 (1958). 6) Goodwin et al., *Brit. med. J.*, **2**, 1572 (1958); Young et al., *J. Parasit.*, **44**, 611 (1958). 7) Desenne, J. J., *Med. Tms. (Lond.)*, **85**, 1027 (1957). 8) Beaver, P. C., *Exp. Parasit.*, **5**, 587 (1956).



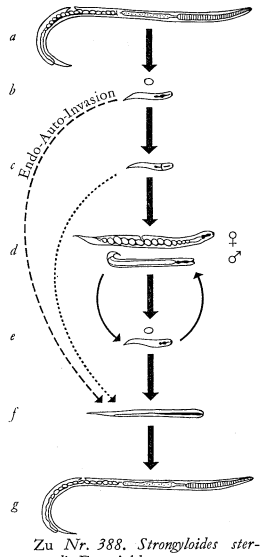
Zu *Nr. 380. Taenia saginata* (*a*). Zu *Nr. 379. Taenia solium* (*b*). Links: Kopf. (Nach SZIDAT und WIGAND, 1934). Rechts: Bandwurmglieder mit den mit Eiern gefüllten Uterusästen. (Aus RIBBERT-HAMPERL, 1944.)



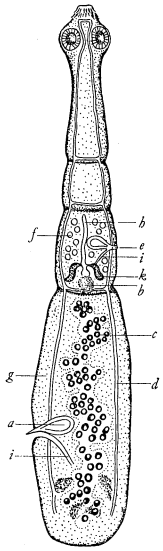
Zu *Nr. 383. Trichuris trichiura.* *a* Ei; *b* ganzer Wurm. Der Kopf befindet sich am dünnen Ende, der gestrichelte Abschnitt sitzt in der Darmschleimhaut. (Nach FAUST, 1930.)



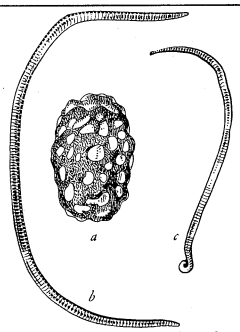
Zu *Nr. 385. Ancylostoma duodenale.* Entwicklungskreislauf. *a* und *b* zwei- bzw. vierzelliges ausgeschiedenes Ei; *c* Ei mit Larve; *d* rhabditiforme Larve beim Schlüpfen; *e* Häutung der rhabditiformen Larve; *f* gescheidete filariforme Larve (invasionsfähig); *g* Kopulationsstellung. (Vergrößerung der Einzelabbildungen unterschiedlich; nach PIEKARSKI, 1954.)



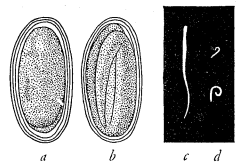
Zu *Nr. 388. Strongyloides stercoralis.* Entwicklungswege. *a* parthenogenetisches Weibchen (im Darm); *b* Ei, rhabditiforme Larve (im Darm); *c* rhabditiforme Larve (im Freien); *d* getrenntgeschlechtliche Generation (im Freien); *e* Ei, rhabditiforme Larve (im Freien); *f* filariforme Larve; *g* parthenogenetisches Weibchen (im Darm); *a* bis *g* = indirekte Entwicklung; *a*, *b*, *c*, *f*, *g* = direkte Entwicklung (Exo-Auto-Invasion im Bereich des Anus). (Nach PIEKARSKI, 1954.)



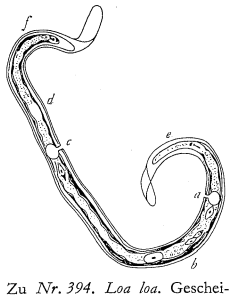
Zu *Nr. 382. Echinococcus granulosus.* Ausgewachsener Hundebandwurm. *a* Cirrusbeutel; *b* Dotterstock; *c* Eier; *d* Exkretionskanal; *e* Genitalöffnung; *f* Hodenbläschen; *g* reifes Glied; *h* Uterus; *i* Vagina; *k* Ovar. (Nach PIEKARSKI, 1954.)



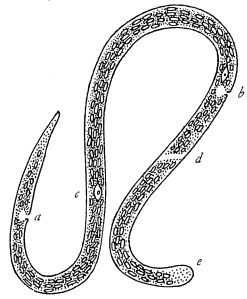
Zu *Nr. 389. Ascaris lumbricoides.* *a* Ei (Aufsicht); *b* Weibchen; *c* Männchen. (Nach SZIDAT und WIGAND.)



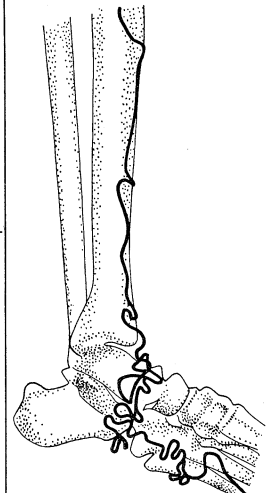
Zu *Nr. 390. Enterobius vermicularis.* *a* frisch abgelegtes Ei, sogenanntes Kaulquappenstadium; *b* invasionsfähige Larve in der Eihülle; *c*, *d* Madenwürmer in natürlicher Größe; *c* Weibchen; *d* zwei Männchen. (*a* und *b* nach PIEKARSKI, 1954; *c* und *d* nach RIBBERT-HAMPERL, 1944.)



Zu *Nr. 394. Loa loa.* Gescheidete Mikrofilarie. *a* After; *b* Darmanlage; *c* Exkretionsporus; *d* Nervenring; *e* Schwanzende; *f* Vorderende. (Nach PIEKARSKI, 1954.)



Zu *Nr. 395. Onchocerca volvulus.* Mikrofilarie, ohne «Scheide». *a* Analporus; *b* Exkretionsporus; *c* Genitalzelle; *d* Nervenring; *e* Vorderende. (Nach FAUST.)



Zu *Nr. 396. Dracunculus medinensis.* Röntgenaufnahme eines mit einem Kontrastmittel injizierten Wurmes. (Nach BOTREAU-ROUSSEL.)

Synonyme siehe S. 676 ff., Systematik S. 672–675, allgemeine Literatur (Helminthes) S. 663

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Nemathelminthes** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit (siehe * S. 663)	Bemerkungen
310	*388*	**Strongyloides stercoralis** (Bavay) Stiles und Hassall *Anguillula intestinalis, Anguillula stercoralis, Strongyloides intestinalis*, Zwergfadenwurm	Parasitisches (parthenogenetisches) Weibchen: Länge 2,2 mm, Dicke 0,03 bis 0,07 mm. Freilebende Generation: Länge 1 mm (Weibchen) bzw. 0,7 mm (Männchen). Vgl. Abbildung S. 669	**Wirt:** Mensch. Die Larven dringen durch die Haut ein, gelangen durch Venen in das rechte Herz, Lunge, Bronchien, Trachea, wandern weiter in den Pharynx und von dort in Magen und Darm, wo sich die parasitische Generation entwickelt. Infestation durch perkutane Einwanderung der filariformen Larven. Daneben Endo-Auto-Invasion im Darm und Exo-Auto-Invasion im Bereich des Anus. Vgl. auch Abbildung S. 669	Weit verbreitet, vor allem in Afrika, Südamerika, Südostasien. – Das perkutane Eindringen der Larven verursacht oft Hautrötung, intensiven Pruritus. Die Invasion der Lungen kann zu akuten Pneumonien führen. Die erwachsenen Würmer der parasitischen Generation bohren sich tief in die Darmmucosa ein. Schwache Infestationen bleiben symptomlos. In mittelschweren und chronischen Fällen intermittierende Diarrhöe und epigastrische Schmerzen. Schwere Fälle mit unkontrollierbaren Diarrhöen (oft blutig) mit Abgang unverdauter Nahrungsmittelpartikel und großem Wasserverlust. Eosinophilie, Leucocytose, Anämie, leichtes Fieber, Ödeme addieren sich zu den intestinalen Symptomen	Die Beseitigung eines *Strongyloides*-Befalls ist sehr schwierig. Mittel der Wahl: Dithiazanin[1,2]: 200 mg dreimal täglich während 21 Tagen. Auch Gentianaviolett oral, in schweren Fällen mittels Duodenalsonde oder intravenös
311	*389*	**Ascaris lumbricoides** Linné *Ascaris lumbricoides hominis*, Spulwurm, Eelworm, Roundworm, Lombriz, Ver lombricoïde	Männchen 14–25 cm lang, 3 mm dick, Weibchen 20–40 cm lang, 5 mm dick. Eier 60×45 µm. Vgl. Abbildungen S. 669	**Wirt:** häufig im Dünndarm von Mensch, Schwein, gelegentlich Hund, Rind. Infestation durch mit Eiern kontaminierte Rohgemüse (Jauchedüngung!). Autoinfektion unmöglich, da die in den Fäces abgehenden Eier mindestens 30–40 Tage im Freien gelegen haben müssen (Sommer), bis sich der Embryo entwickelt hat. Weltweite Verbreitung: bei etwa einem Viertel der Bevölkerung (besonders bei Kindern). Oft mit *Trichuris trichiura*	Die im Magen aus den Eiern freiwerdenden Embryonen gelangen durch Blutbahn, Herz, Lungen, Trachea in den Pharynx und von dort in den Dünndarm. Die Körperwanderung (viscerale *Larva migrans**) kann zu Pneumonien führen, stets aber zu Eosinophilie. Symptome hängen von der Schwere der Infestation ab, teilweise sind sie bedingt durch Allergie, auch unspezifische Störungen durch die Stoffwechselprodukte der Würmer. – Da die Würmer starke Wanderlust zeigen, können sie in die Gallengänge, seltener in die Pancreasgänge einwandern und Obstruktion verursachen. Sie durchbrechen gelegentlich auch die Intestinalwand und verursachen Peritonitis. Bei starkem Befall kann das Darmvolumen völlig versperrt werden, und ein chirurgischer Eingriff ist nötig	Mittel der Wahl: Piperazin[2,4] (als Citrat oder Hydrat) oder auch Dithiazanin[1,3] (200 mg dreimal täglich während 5 Tagen). Ferner Hexylresorcin, Chenopodiumöl, Diäthylcarbamazin, Santonin, Tetrachloräthylen und Enzympräparate
312	*390*	**Enterobius vermicularis** (Linné) Leach *Oxyuris vermicularis*, Madenwurm, Pfriemenschwanz, Pinworm, Seatworm	Männchen 2–5 mm, Weibchen 8–13 mm lang. Eier 55×30 µm. Vgl. Abbildungen S. 669	**Wirt:** Mensch. Die Eier werden perianal deponiert, gelangen durch Selbstinfektion in den Mund (Fingernägel usw.). – Weltweite Verbreitung: mancherorts bis zu 100% der Bevölkerung (zum Beispiel Holland, Deutschland). Besonders häufig bei Schulkindern	Die nächtlichen Bewegungen der Würmer, die das Rectum zur Eiablage verlassen, verursachen heftigen Pruritus. Das dadurch bedingte Kratzen führt immer wieder zu neuen Selbstinfektionen. – Der erwachsene Wurm lebt im Coecum, Blinddarm und in benachbarten Regionen. Die Männchen verbleiben dort und gehen kurz nach der Befruchtung zugrunde, während die Weibchen zur Eiablage in das Rectum wandern. Vereinzelt gelangen die Würmer auch in die Vagina	Mittel der Wahl: Piperazincitrat[2,6] oder auch Dithiazanin[1,3] (100 mg dreimal täglich während 5 Tagen). Neuerdings 100%ige Heilung mit Pyrviniumchlorid[5,6]. Gute Erfolge auch mit Tetracyclinen, Gentianaviolett; ferner Sulfonamide, Phenothiazine, Tetrachloräthylen. Wichtig ist strikte persönliche und familiäre Hygiene. Stets ganze Familien behandeln
313	*391*	**Gnathostoma spinigerum** Owen	Weibchen 30–54 mm, Männchen 11 bis 24 mm lang. Breite etwa 1–3 mm	**1. Zwischenwirt:** Krebse *(Cyclops)*. **2. Zwischenwirt:** Fische. **Endwirt:** Hunde, Katzen, beim Menschen nur unreife Würmer. Verbreitet in Thailand und Südjapan	Der Wurm durchbricht die Darmwand und wandert im ganzen Körper umher. Symptome: Anschwellungen der Haut und der Schleimhautmembran, prickelnder Schmerz, mäßige Eosinophilie. Hämaturie, falls die Würmer in die Blase gelangen	Operative Entfernung aus der Haut. Diäthylcarbamazin
314	*392*	**Wuchereria bancrofti** (Cobbold) Seurat *Filaria bancrofti, Filaria nocturna, Filaria wuchereri*, Filaire de Bancroft	Weibchen etwa 83 mm lang, 0,25 mm dick, Männchen etwa halb so lang. Mikrofilarien etwa 260 µm lang	**Wirt:** Mensch. **Übertragung:** durch Stechmücken; im größten Teil der Länder: *Culex quinquefasciatus*. Java: *Anopheles ludlovi* und *A. subpictus*, Afrika: *A. gambiae*, China und Ägypten: *Culex pipiens*. Ozeanien: *Aedes scutellaris*	Filariasis: tropische und subtropische Gebiete Afrikas und Ferner Osten, nordöstlicher Teil Südamerikas. Vgl. Text S. 671	Siehe Text S. 671

* Ähnliche Symptome werden auch durch Larven des Genus *Toxocara* hervorgerufen (Beaver et al., *Pediatrics*, **9**, 7 [1952]; Beaver, P. C., *Exp. Parasit.*, **5**, 587 [1956]).

1) Swartzwelder et al., *J. Amer. med. Ass.*, **165**, 2063 (1957). *2)* Swartzwelder und Frye, in Conn, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 17. *3)* Swartzwelder et al., *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **7**, 329 (1958). *4)* Culbertson, J. T., *Med. Clin. N. Amer.*, **40**, 527 (1956); Goodwin und Standen, *Brit. med. J.*, **1**, 131 (1958). *5)* Bumbalo et al., *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, **7**, 212 (1958). *6)* Kean, B. H., in Conn, H. F. (Hrsg.), *Current Therapy 1960*, Philadelphia (1960), S. 22.

Vgl. S. 672–675	Vgl. S. 676 ff.	**Nemathelminthes** **Namen: halbfett** *Synonyme: kursiv* Trivialnamen: gewöhnlich	Einige Eigenschaften	Habitat, Wirt, Übertragung usw.	Infektionskrankheit (siehe * S. 663)	Bemerkungen
314	*393*	**Wuchereria malayi** (Brug) Rao und Maplestone *Filaria malayi*	Weibchen etwa 55 mm lang, 0,16 mm dick, Männchen etwa 23 mm, Mikrofilarien etwa 220 µm lang	**Wirt:** Mensch. **Übertragung:** durch Stechmücken des Genus *Mansonia*, hauptsächlich *M. annulifera* (Indien) und *M. longipalpis* (Malaya)	Filariasis: Ost-Indien, Süd-Asien. Siehe unten	Siehe unten
314	*394*	**Loa loa** (Cobbold) Castellani und Chalmers *Dracunculus loa, Filaria loa*, Wanderfilarie, African eye worm	Weibchen etwa 60 mm, Männchen etwa 32 mm und Mikrofilarien etwa 275 µm lang. Vgl. Abbildung S. 669	**Wirt:** Mensch. **Übertragung:** durch Bremsen des Genus *Chrysops*. Die Entwicklung ist ähnlich der *W. bancrofti* (*Nr. 392*). Die Mikrofilarien erscheinen aber tagsüber im peripheren Blut *(Microfilaria diurna)*. Verbreitung: Kongo, Westafrika	Lebt hauptsächlich im und rund um das Auge, sonst im subkutanen Bindegewebe. Die Würmer sind sehr beweglich und wandern unter der Haut (etwa 2,5 cm in 2 min). Ihre Exkursionen verursachen heftigen Pruritus und unangenehme Kriechgefühle. *Loa loa* verursacht relativ wenig Schäden; in der Regel sind die Infektionen von schmerzlosen ödematösen Schwellungen in Taubeneigröße begleitet (Calabar-Schwellungen), die nach einigen Tagen verschwinden, um an einem andern Orte wieder zu erscheinen. Würmer im Auge können chirurgisch leicht entfernt werden	Diäthylcarbamazin, wirkt sowohl gegen Mikrofilarien als auch gegen erwachsene Würmer. Vgl. dazu [1]
314	*395*	**Onchocerca volvulus** (Leuckart) Railliet und Henry *Filaria volvulus, Microfilaria nuda, Onchocerca caecutiens*	Männchen bis 40 mm lang und 0,2 mm dick. Weibchen bis zu 500 mm lang, stark zusammengerollt. Mikrofilarien etwa 300 µm lang. Vgl. Abbildung S. 669	**Wirt:** Mensch. **Übertragung:** durch Kriebelmücken der Gattung *Simulium* (*S. damnosum* und *S. neavi* in Afrika, *S. metallicum, S. ochraceum, S. callidum* u. a. in Guatemala und Mexiko). Die Entwicklung ist ähnlich der *W. bancrofti (Nr. 392)*. Verbreitung: Zentralafrika, Mexiko, Guatemala	Im Gegensatz zu *W. bancrofti* leben die erwachsenen Würmer und die Mikrofilarien im Unterhautbindegewebe und erzeugen tauben- bis hühnereigroße Geschwülste (oft multipel bis zu 200). Heftiger Pruritis. Bei Befall der Iris und Cornea häufig Erblindung. Vgl. [3–5]	Chirurgische Entfernung der Knoten. Bewährt hat sich Diäthylcarbamazin, allein oder kombiniert mit Suramin (vgl. [2]). Suramin allein ist weniger wirksam. Die Würmer werden wesentlich schwerer getötet als die Mikrofilarien
315	*396*	**Dracunculus medinensis** (Linné) Gallandant *Filaria medinensis, Furia vena medinensis, Gordius medinensis*, Medinawurm, Guinea worm, Filaire de Médine, Ver de Guinée	Weibchen 50–120 cm lang, 0,5–1,5 mm dick. Männchen 2 bis 4 cm lang. Vgl. Abbildung S. 669	**Wirt:** Mensch. **Zwischenwirt** und **Überträger:** niedere Krebstiere (Cyclopsarten). **Infestation:** durch Trinken von verunreinigtem Wasser. – Verbreitet von Zentralindien bis Arabien, stellenweise in Ostindien, Ägypten und Zentralafrika (etwa 50 Millionen Wurmträger!)	Der im subkutanen Bindegewebe des Menschen lebende Wurm erzeugt unter der Haut bis taubeneigroße Geschwülste, die geschwürig aufbrechen und aus denen das Ende des geschlechtsreifen Weibchens herausragt. Der Wurm wird durch kühles Wasser zur Ausstoßung der Embryonen angeregt, weshalb jeder Kontakt der Geschwulst mit Wasser zur massenhaften Ausstoßung von Embryonen führt. Die ersten Symptome erscheinen mit dem Beginn der Geschwulstbildung und scheinen anaphylaktischer Art zu sein. Sie bestehen aus Urticaria, Nausea, Erbrechen, Diarrhöe, Asthma, Ohnmachtsanfällen. Spätere Symptome werden verursacht durch bakterielle Infektion der Geschwulst. Starke Eosinophilie	Eine alte Methode, die heute noch die weitest verbreitete ist, besteht in der langsamen Extraktion des lebenden Wurmes, indem er auf ein Stäbchen oder ähnlichem aufgewickelt wird. Bewährt hat sich die Umspritzung des Wurmes mit Phenothiazin (2–4 g total) bzw. mit Sublimat oder Chloroform, worauf der Wurm nach 5–7 Tagen leicht extrahiert werden kann

1) Wagner, W. H., *Antibiotica et Chemotherapia*, **3**, 343 (1956). *2)* Rodger, F. C., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **52**, 462 (1958); Woodruff et al., ibid., **52**, 97 (1958). *3)* Adams, A. R., *Trans. roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, **52**, 95 (1958). *4)* Branly, M. A., *Klin. Mbl. Augenheilk.*, **128**, 1 (1956). *5)* Onchocerciasis und Filariasis, *Bull. Wld Hlth Org.*, **16**, Nr. 3 (1957).

Filariasis [1, 2]

Die erwachsenen Würmer gleichen langen weißen Haaren. Sie liegen meist zusammengeknäult in den Lymphdrüsen des Beckens, der Extremitäten und der Genitalien. Die weiblichen Würmer gebären zahlreiche Mikrofilarien, die nachts im peripheren Blut (sogenannter nächtlicher Cyclus, *Microfilaria nocturna*) auftreten. Die Mücken wirken nur als Zwischenwirte und passive Überträger. Es erfolgt hier die Entwicklung zur invasionsfähigen Larve, die beim Stechakt durch die Haut in die Blutbahn eindringt.

Symptome: Sie sind bedingt durch Obstruktion der Lymphbahnen und sind teilweise allergischen Charakters. Die Symptome erscheinen sehr langsam, oft erst 10 bis 15 Jahre nach der ersten Infestation. Die häufigste Manifestation der Filariasis ist die Elephantiasis (verursacht durch die Lymphstauung und -diversion) verschiedener Körperteile, hauptsächlich der Beine und dann des Scrotums, seltener der Arme, Labien, Mammae, oder Teile von Kopf und Nacken. Die Elephantiasis von *W. malayi* beschränkt sich hauptsächlich auf die Beine.

Behandlung: Diäthylcarbamazin (1-Diäthyl-carbamyl-4-methyl-piperazin) ist das Mittel der Wahl. Dreimal täglich 0,5–2 mg/kg per os, nach zwei Tagen ist der größte Teil der Mikrofilarien aus dem Blut verschwunden. Die erwachsenen Würmer werden aber kaum angegriffen. Vgl. Übersicht bei [3].

Literatur: *1)* Kleine Übersicht: Hawking, F., *Sci. American*, **199**, 94 (1958). *2)* Onchocerciasis und Filariasis, *Bull. Wld Hlth Org.*, **16**, 481 (1957). *3)* Wagner, W. H., *Antibiotica et Chemotherapia*, **3**, 343 (1956).

Im Hinblick auf das ständig sich erweiternde Wissensgut ist es heute noch unmöglich, eine Systematik der verschiedenen Organismen aufzustellen, die Anspruch auf Endgültigkeit erheben könnte.

Die Systematik der **Schizomycetes** (Bakterien) und **Rickettsiales** wurde entnommen: BREED et al., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 7. Aufl., Baltimore (1957). Der kleinste Teil der hierbei aufgezählten Familien ist pathogen. Frühere Systematiken vgl. LEHMANN und NEUMANN, *Bakteriologie, insbesondere bakteriologische Diagnostik*, 2 Bände, 7. Aufl., München (1926/27); WEINBERG et al., *Les microbes anaérobies*, Paris (1937); PRIBRAM, E., *Klassifikation der Schizomyceten*, Wien (1933).

Die Anordnung der **Virales** (Viren) erfolgte unter Zusammenfassung der Erreger ähnlicher Krankheiten; eine Systematik dieser Organismen scheint heute noch verfrüht zu sein (vgl. auch BREED et al., loc. cit.).

Die Systematik der **Eumycetes** (Fungi, Pilze) wurde in gekürzter Form entnommen: COUDERT, J., *Guide pratique de mycologie médicale*, Paris (1955).

Die Anordnung der **Protozoa** (Protozoen) und **Vermes** (Würmer) erfolgte nach PIEKARSKI, G., *Lehrbuch der Parasitologie*, Berlin (1954). Über eine ausführliche Systematik der Parasiten vgl. FIEBIGER, J., *Die tierischen Parasiten der Haus- und Nutztiere sowie des Menschen*, 4. Aufl., Wien (1947).

Die Zahlen hinter den Namen sind Bezugsziffern, um die in den Tabellen «Infektionserreger und Infektionskrankheiten», S. 601 bis 671, angeführten Infektionserreger zuordnen zu können (1. Spalte, **fettgedruckte** Zahlen).

Schizomycetes, Rickettsiales, Virales

Klasse: *Schizomycetes* von NÄGELI

Ordnung I. *Pseudomonadales* ORLA-JENSEN

Unterordnung I. *Rhodobacteriineae* BREED, MURRAY und HITCHENS

Familie I. *Thiorhodaceae* MOLISCH

Genus	I.	*Thiosarcina* WINOGRADSKY	1
Genus	II.	*Thiopedia* WINOGRADSKY	2
Genus	III.	*Thiocapsa* WINOGRADSKY	3
Genus	IV.	*Thiodictyon* WINOGRADSKY	4
Genus	V.	*Thiothece* WINOGRADSKY	5
Genus	VI.	*Thiocystis* WINOGRADSKY	6
Genus	VII.	*Lamprocystis* SCHROETER	7
Genus	VIII.	*Amoebobacter* WINOGRADSKY	8
Genus	IX.	*Thiopolycoccus* WINOGRADSKY	9
Genus	X.	*Thiospirillum* WINOGRADSKY	10
Genus	XI.	*Rhabdomonas* COHN	11
Genus	XII.	*Rhodothece* MOLISCH	12
Genus	XIII.	*Chromatium* PERTY	13

Familie II. *Athiorhodaceae* MOLISCH

Genus	I.	*Rhodopseudomonas* KLUYVER und VAN NIEL *emend.* VAN NIEL	14
Genus	II.	*Rhodospirillum* MOLISCH *emend.* VAN NIEL	15

Familie III. *Chlorobacteriaceae* LAUTERBORN

Genus	I.	*Chlorobium* NADSON	16
Genus	II.	*Pelodictyon* LAUTERBORN	17
Genus	III.	*Clathrochloris* GEITLER	18
Genus	IV.	*Chlorobacterium* LAUTERBORN	19
Genus	V.	*Chlorochromatium* LAUTERBORN	20
Genus	VI.	*Cylindrogloea* PERFILIEV	21

Unterordnung II. *Pseudomonadineae* BREED, MURRAY und SMITH, *sub-ordo nov.*

Familie I. *Nitrobacteraceae* BUCHANAN

Genus	I.	*Nitrosomonas* WINOGRADSKY	22
Genus	II.	*Nitrosococcus* WINOGRADSKY	23
Genus	III.	*Nitrosospira* WINOGRADSKY	24
Genus	IV.	*Nitrosocystis* WINOGRADSKY	25
Genus	V.	*Nitrosogloea* H. WINOGRADSKY	26
Genus	VI.	*Nitrobacter* WINOGRADSKY	27
Genus	VII.	*Nitrocystis* H. WINOGRADSKY	28

Familie II. *Methanomonadaceae* BREED, *fam. nov.*

Genus	I.	*Methanomonas* ORLA-JENSEN	29
Genus	II.	*Hydrogenomonas* ORLA-JENSEN	30
Genus	III.	*Carboxydomonas* ORLA-JENSEN	31

Familie III. *Thiobacteriaceae* JANKE

Genus	I.	*Thiobacterium* JANKE	32
Genus	II.	*Macromonas* UTERMÖHL und KOPPE	33
Genus	III.	*Thiovulum* HINZE	34
Genus	IV.	*Thiospira* VISLOUCH	35
Genus	V.	*Thiobacillus* BEIJERINCK	36

Familie IV. *Pseudomonadaceae* WINSLOW et al.

Genus	I.	*Pseudomonas* MIGULA	37
Genus	II.	*Xanthomonas* DOWSON	38
Genus	III.	*Acetobacter* BEIJERINCK	39
Genus	IV.	*Aeromonas* KLUYVER und VAN NIEL	40
Genus	V.	*Photobacterium* BEIJERINCK *emend.* BREED und LESSEL	41
Genus	VI.	*Azotomonas* STAPP	42
Genus	VII.	*Zymomonas* KLUYVER und VAN NIEL	43
Genus	VIII.	*Protaminobacter* DEN DOOREN DE JONG	44
Genus	IX.	*Alginomonas* THJØTTA und KASS	45
Genus	X.	*Mycoplana* GRAY und THORNTON	46
Genus	XI.	*Zoogloea* COHN	47
Genus	XII.	*Halobacterium* ELAZARI-VOLCANI	48

Familie V. *Caulobacteraceae* HENRICI und JOHNSON *emend.* BREED

Genus	I.	*Caulobacter* HENRICI und JOHNSON	49
Genus	II.	*Gallionella* EHRENBERG	50
Genus	III.	*Siderophacus* BEGER	51
Genus	IV.	*Nevskia* FAMINTZIN	52

Familie VI. *Siderocapsaceae* PRIBRAM

Genus	I.	*Siderocapsa* MOLISCH	53
Genus	II.	*Siderosphaera* BEGER	54
Genus	III.	*Sideronema* BEGER	55
Genus	IV.	*Ferribacterium* BRUSSOFF	56
Genus	V.	*Sideromonas* CHOLODNY	57
Genus	VI.	*Naumanniella* DORFF	58
Genus	VII.	*Ochrobium* PERFILIEV	59
Genus	VIII.	*Siderococcus* DORFF	60
Genus	IX.	*Siderobacter* NAUMANN	61
Genus	X.	*Ferrobacillus* LEATHEN und BRALEY	62

Familie VII. *Spirillaceae* MIGULA

Genus	I.	*Vibrio* MÜLLER	63
Genus	II.	*Desulfovibrio* KLUYVER und VAN NIEL	64
Genus	III.	*Methanobacterium* KLUYVER und VAN NIEL	65
Genus	IV.	*Cellvibrio* WINOGRADSKY	66
Genus	V.	*Cellfalcicula* WINOGRADSKY	67
Genus	VI.	*Microcyclus* ØRSKOV	68
Genus	VII.	*Spirillum* EHRENBERG	69
Genus	VIII.	*Paraspirillum* DOBELL	70
Genus	IX.	*Selenomonas* VON PROWAZEK	71
Genus	X.	*Myconostoc* COHN	72

Ordnung II. *Chlamydobacteriales* BUCHANAN

Familie I. *Chlamydobacteriaceae* MIGULA

Genus	I.	*Sphaerotilus* KÜTZING	73
Genus	II.	*Leptothrix* KÜTZING	74
Genus	III.	*Toxothrix* MOLISCH	75

Familie II. *Peloplocaceae* BEGER, *fam. nov.*

Genus	I.	*Peloploca* LAUTERBORN	76
Genus	II.	*Pelonema* LAUTERBORN	77

Familie III. *Crenotrichaceae* HANSGIRG

Genus	I.	*Crenothrix* COHN	78
Genus	II.	*Phragmidiothrix* ENGLER	79
Genus	III.	*Clonothrix* ROZE	80

Ordnung III. *Hyphomicrobiales* DOUGLAS, *ordo nov.*

Familie I. *Hyphomicrobiaceae* BABUDIERI

Genus	I.	*Hyphomicrobium* STUTZER und HARTLEB	81
Genus	II.	*Rhodomicrobium* DUCHOW und DOUGLAS	82

Familie II. *Pasteuriaceae* LAURENT *emend.* HENRICI und JOHNSON

Genus	I.	*Pasteuria* METCHNIKOFF	83
Genus	II.	*Blastocaulis* HENRICI und JOHNSON	84

Ordnung IV. *Eubacteriales* BUCHANAN

Familie I. *Azotobacteraceae* BERGEY, BREED und MURRAY

Genus	I.	*Azotobacter* BEIJERINCK	85

Schizomycetes, Rickettsiales, Virales (Forts.)

Ordnung IV. *Eubacteriales* Buchanan (Fortsetzung)

Familie II. *Rhizobiaceae* Conn

Genus I. *Rhizobium* Frank 86
Genus II. *Agrobacterium* Conn 87
Genus III. *Chromobacterium* Bergonzini 88

Familie III. *Achromobacteraceae* Breed

Genus I. *Alcaligenes* Castellani und Chalmers 89
Genus II. *Achromobacter* Bergey et al. 90
Genus III. *Flavobacterium* Bergey et al. 91
Genus IV. *Agarbacterium* Angst 92
Genus V. *Beneckea* Campbell, *gen. nov.* 93

Familie IV. *Enterobacteriaceae* Rahn

Stamm I. *Escherichieae* Bergey, Breed und Murray

Genus I. *Escherichia* Castellani und Chalmers 94
Genus II. *Aerobacter* Beijerinck 95
Genus III. *Klebsiella* Trevisan 96
Genus IV. *Paracolobactrum* Borman, Stuart und Wheeler 97
Genus V. *Alginobacter* Thjøtta und Kass 98

Stamm II. *Erwinieae* Winslow et al.
Genus VI. *Erwinia* Winslow et al. 99

Stamm III. *Serratieae* Bergey, Breed und Murray
Genus VII. *Serratia* Bizio *emend.* Breed und Breed ... 100

Stamm IV. *Proteeae* Castellani und Chalmers
Genus VIII. *Proteus* Hauser 101

Stamm V. *Salmonelleae* Bergey, Breed und Murray
Genus IX. *Salmonella* Lignières 102
Genus X. *Shigella* Castellani und Chalmers 103

Familie V. *Brucellaceae, nom. nov.*

Genus I. *Pasteurella* Trevisan 104
Genus II. *Bordetella* Moreno-López 105
Genus III. *Brucella* Meyer und Shaw 106
Genus IV. *Haemophilus* Winslow et al. 107
Genus V. *Actinobacillus* Brumpt 108
Genus VI. *Calymmatobacterium* Aragão und Vianna .. 109
Genus VII. *Moraxella* Lwoff 110
Genus VIII. *Noguchia* Olitsky, Syverton und Tyler .. 111

Familie VI. *Bacteroidaceae* Breed, Murray und Smith, *fam. nov.*

Genus I. *Bacteroides* Castellani und Chalmers 112
Genus II. *Fusobacterium* Knorr 113
Genus III. *Dialister* Bergey et al. 114
Genus IV. *Sphaerophorus* Prévot 115
Genus V. *Streptobacillus* Levaditi, Nicolau und Poincloux 116

Familie VII. *Micrococcaceae* Pribram

Genus I. *Micrococcus* Cohn 117
Genus II. *Staphylococcus* Rosenbach 118
Genus III. *Gaffkya* Trevisan 119
Genus IV. *Sarcina* Goodsir 120
Subgenus I. *Zymosarcina* Smit
Subgenus II. *Methanosarcina* Kluyver und van Niel
Subgenus III. *Sarcinococcus* Breed
Subgenus IV. *Urosarcina* Miquel
Genus V. *Methanococcus* Kluyver und van Niel *emend.* Barker 121
Genus VI. *Peptococcus* Kluyver und van Niel 122

Familie VIII. *Neisseriaceae* Prévot

Genus I. *Neisseria* Trevisan 123
Genus II. *Veillonella* Prévot 124

Familie IX. *Brevibacteriaceae* Breed

Genus I. *Brevibacterium* Breed 125
Genus II. *Kurthia* Trevisan 126

Familie X. *Lactobacillaceae* Winslow et al.

Stamm I. *Streptococceae* Trevisan

Genus I. *Diplococcus* Weichselbaum 127
Genus II. *Streptococcus* Rosenbach 128
Genus III. *Pediococcus* Balcke *emend.* Mees 129
Genus IV. *Leuconostoc* van Tieghem *emend.* Hucker und Pederson 130
Genus V. *Peptostreptococcus* Kluyver und van Niel . 131

Stamm II. *Lactobacilleae* Winslow et al.

Genus I. *Lactobacillus* Beijerinck 132
Subgenus I. *Lactobacillus* Beijerinck
Subgenus II. *Saccharobacillus* van Laer
Genus II. *Eubacterium* Prévot 133
Genus III. *Catenabacterium* Prévot 134
Genus IV. *Ramibacterium* Prévot 135
Genus V. *Cillobacterium* Prévot 136

Familie XI. *Propionibacteriaceae* Delwiche, *fam. nov.*

Genus I. *Propionibacterium* Orla-Jensen 137
Genus II. *Butyribacterium* Barker und Haas 138
Genus III. *Zymobacterium* Wachsman und Barker ... 139

Familie XII. *Corynebacteriaceae* Lehmann und Neumann

Genus I. *Corynebacterium* Lehmann und Neumann .. 140
Genus II. *Listeria* Pirie 141
Genus III. *Erysipelothrix* Rosenbach 142
Genus IV. *Microbacterium* Orla-Jensen 143
Genus V. *Cellulomonas* Bergey et al. *emend.* Clark ... 144
Genus VI. *Arthrobacter* Fischer *emend.* Conn und Dimmick 145

Familie XIII. *Bacillaceae* Fischer

Genus I. *Bacillus* Cohn 146
Genus II. *Clostridium* Prazmowski 147

Ordnung V. *Caryophanales* Peshkoff

Familie I. *Caryophanaceae* Peshkoff

Genus I. *Caryophanon* Peshkoff 148
Genus II. *Lineola* Pringsheim 149
Genus III. *Simonsiella* Schmid 150

Familie II. *Oscillospiraceae* Peshkoff

Genus I. *Oscillospira* Chatton und Pérard 151

Familie III. *Arthromitaceae* Peshkoff

Genus I. *Arthromitus* Leidy 152
Genus II. *Coleomitus* Duboscq und Grassé 153

Ordnung VI. *Actinomycetales* Buchanan

Familie I. *Mycobacteriaceae* Chester

Genus I. *Mycobacterium* Lehmann und Neumann ... 154
Genus II. *Micrococcus* Krassilnikov 155

Familie II. *Actinomycetaceae* Buchanan

Genus I. *Nocardia* Trevisan 156
Genus II. *Actinomyces* Harz 157

Familie III. *Streptomycetaceae* Waksman und Henrici

Genus I. *Streptomyces* Waksman und Henrici 158
Genus II. *Micromonospora* Ørskov 159
Genus III. *Thermoactinomyces* Tsiklinsky 160

Familie IV. *Actinoplanaceae* Couch

Genus I. *Actinoplanes* Couch 161
Genus II. *Streptosporangium* Couch 162

Ordnung VII. *Beggiatoales* Buchanan, *ordo nov.*

Familie I. *Beggiatoaceae* Migula

Genus I. *Beggiatoa* Trevisan 163
Genus II. *Thiospirillopsis* Uphof 164
Genus III. *Thioploca* Lauterborn 165
Genus IV. *Thiothrix* Winogradsky 166

Familie II. *Vitreoscillaceae* Pringsheim

Genus I. *Vitreoscilla* Pringsheim 167
Genus II. *Bactoscilla* Pringsheim 168
Genus III. *Microscilla* Pringsheim 169

Familie III. *Leucotrichaceae* Buchanan, *fam. nov.*

Genus I. *Leucothrix* Oersted *emend.* Harold und Stanier 170

Familie IV. *Achromatiaceae* Massart

Genus I. *Achromatium* Schewiakoff 171

Ordnung VIII. *Myxobacterales* Jahn

Familie I. *Cytophagaceae* Stanier

Genus I. *Cytophaga* Winogradsky 172

Familie II. *Archangiaceae* Jahn

Genus I. *Archangium* Jahn 173
Genus II. *Stelangium* Jahn 174

Schizomycetes, Rickettsiales, Virales (Forts.)

Ordnung VIII. *Myxobacterales* Jahn (Fortsetzung)

Familie III. *Sorangiaceae* Jahn
Genus I. *Sorangium* Jahn 175

Familie IV. *Polyangiaceae* Jahn
Genus I. *Polyangium* Link 176
Genus II. *Synangium* Jahn 177
Genus III. *Podangium* Jahn 178
Genus IV. *Chondromyces* Berkeley und Curtis 179

Familie V. *Myxococcaceae* Jahn
Genus I. *Myxococcus* Thaxter 180
Genus II. *Chondrococcus* Jahn 181
Genus III. *Angiococcus* Jahn 182
Genus IV. *Sporocytophaga* Stanier 183

Ordnung IX. *Spirochaetales* Buchanan

Familie I. *Spirochaetaceae* Swellengrebel
Genus I. *Spirochaeta* Ehrenberg 184
Genus II. *Saprospira* Gross 185
Genus III. *Cristispira* Gross 186

Familie II. *Treponemataceae* Robinson
Genus I. *Borrelia* Swellengrebel 187
Genus II. *Treponema* Schaudinn 188
Genus III. *Leptospira* Noguchi 189

Ordnung X. *Mycoplasmatales* Freundt

Familie I. *Mycoplasmataceae* Freundt
Genus I. *Mycoplasma* Nowak 190

Klasse: *Microtatobiotes* Philip

Ordnung I. *Rickettsiales* Buchanán und Buchanan *emend.* Gieszczykiewicz

Familie I. *Rickettsiaceae* Pinkerton
Stamm I. *Rickettsieae* Philip, *trib. nov.*
Genus I. *Rickettsia* da Rocha-Lima 191
Subgenus A. *Rickettsia* Philip
Subgenus B. *Zinssera* Macchiavello
Subgenus C. *Dermacentroxenus* (Wolbach) Philip
Subgenus D. *Rochalimaea* Macchiavello
Genus II. *Coxiella* Philip 192
Stamm II. *Ehrlichieae* Philip, *trib. nov.*
Genus III. *Ehrlichia* Moshkovskiy 193
Genus IV. *Cowdria* Moshkovskiy 194
Genus V. *Neorickettsia* Philip et al. 195
Stamm III. *Wolbachieae* Philip
Genus VI. *Wolbachia* Hertig 196
Genus VII. *Symbiotes* Philip 197
Genus VIII. *Rickettsiella* Philip 198

Familie II. *Chlamydiaceae* Rake, *fam. nov.*
Genus I. *Chlamydia* Rake 199
Genus II. *Colesiota* Rake 200
Genus III. *Ricolesia* Rake, *gen. nov.* 201
Genus IV. *Colettsia* Rake, *nom. nov.* 202
Genus V. *Miyagawanella* Brumpt 203

Familie III. *Bartonellaceae* Gieszczykiewicz
Genus I. *Bartonella* Strong, Tyzzer und Sellards 204
Genus II. *Grahamella* Brumpt 205
Genus III. *Haemobartonella* Tyzzer und Weinman ... 206
Genus IV. *Eperythrozoon* Schilling 207

Familie IV. *Anaplasmataceae* Yakimov
Genus I. *Anaplasma* Theiler 208

Ordnung II. *Virales* Breed, Murray und Hitchens 209

Eumycetes

Klasse: *Phycomycetes*
Unterklasse I: *Oomycetes* 210
Unterklasse II: *Zygomycetes*
Ordnung I: *Mucorales*
Familie: *Mucoraceae* de Bary, Schröter *emend.*
Genus: *Absidia* van Tieghem 211
Genus: *Rhizopus* Ehrenberg 212
Genus: *Mucor* Micheli 213

Klasse: *Archimycetes*
Ordnung I: *Myxomycetales* 214
Ordnung II: *Chrytidiales*
Genus: *Rhinosporidium* 215
Genus: *Coccidioides* Rixford und Gilchrist 216

Klasse: *Ascomycetes*
Unterklasse I: *Hemiascomycetes* 217
Unterklasse II: *Euascomycetes*
A. Gruppe: *Plectomyctes*
Ordnung I: *Plectascales*
Familie: *Gymnosaceae*
Genus: *Ctenomyces* Eidam 218
Genus: *Epidermophyton* Lang 219
Genus: *Langeronia* Vanbreuseghem 220
Genus: *Sabouraudites* Ota und Langeron 221
Genus: *Trichophyton* Malmsten
Untergenus: *Endotrichophyton* Langeron 222
Untergenus: *Erythrophyton* Sabouraud 223
Untergenus: *Megalosporon* Sabouraud 224

Familie: *Aspergillaceae* Link
Genus: *Allescheria* Saccardo und Sydow 225
Genus: *Aspergillus* Micheli 226
Genus: *Penicillium* Link 227
Genus: *Scopulariopsis* Bainier 228

Ordnung II: *Perisporiales* 229
B. Gruppe: *Pyrenomycetes*
Ordnung I: *Hemispheriales*
Familie: *Microthyriaceae*
Genus: *Piedraia* da Fonseca und Leao 230

Klasse: *Basidiomycetes* 231
Klasse: *Adelomycetes*
Ordnung I: *Hyphomycetales*
A. Gruppe: *Hyphomycetes (Fungi imperfecti)*
Untergruppe: *Mucedineae*
Untergruppe: *Dematieae*
1. *Thallospores*
a) *Arthrospores*
Genus: *Geotrichum* Link 232
Genus: *Trichosporon* Behrend 233
Genus: *Sarcinomyces* Linder 234
Genus: *Arthrographis* Cochet 235
Genus: *Malbranchea* Saccardo 236
Genus: *Malassezia* Baillon 237

b) *Blastospores*
Genus: *Cryptococcus* Kuetzing 238
Genus: *Torulopsis* Berlese 239
Genus: *Pityrosporum* Sabouraud 240
Genus: *Brettanomyces* Kufferath und van Laer 241
Genus: *Candida* Berkhout 242
Genus: *Kloeckera* Janke 243
Genus: *Torula* Persoon (Saccardo *emend.*) 244
Genus: *Rhodotorula* Harrison 245

c) *Aleuriospores*
Genus: *Aleurisma* Link 246
Genus: *Bargellinia* Borzi 247
Genus: *Corethropis* Corda 248
Genus: *Glenosporella* Nannizzi 249

Genus: *Glenospora* Berkeley und Curtis 250
Genus: *Glenosporopsis* da Fonseca 251
Genus: *Blastomyces* Gilchrist und Stokes 252
Genus: *Histoplasma* Darling 253

2. *Conidiospores*

a) *Sporotriches*

Genus: *Rhinocladium* Saccardo und Marchal 254
Genus: *Soprotrichum* Link 255
Genus: *Trichosporium* Fries 256

b) *Sporophores*

Genus: *Alternaria* Nees 257
Genus: *Acremoniella* Saccardo 258
Genus: *Acremonium* Link 259
Genus: *Acrothecium* Preuss 260
Genus: *Allantospora* Walker 261
Genus: *Cephalosporium* Corda 262
Genus: *Cladosporium* Link 263
Genus: *Coniosporium* Link 264
Genus: *Diplosporium* Bonorden 265
Genus: *Fusarium* Link 266
Genus: *Haplographium* Berkeley und Broome 267
Genus: *Hormodendron* Bonorden 268

c) *Phialides*

Genus: *Phialophora* Thaxter 269
Genus: *Tritirachium* Limber 270
Genus: *Chalara* Corda 271

Zuordnung ungesichert:

Genus: *Madurella* Brumpt 272
Genus: *Indiella* Brumpt 273

Protozoa

Unterstamm: *Plasmodroma (Cytomorpha)*

Klasse: *Mastigophora* Diesing

Ordnung I: *Protomonadina* Blochmann

Familie: *Trypanosomidae* Doflein 274
Cercomonadidae Kent 275
Embadomonadidae Alexeieff 276
Distomadidae Klebs 277

Ordnung II: *Polymastigina* Blochmann

Familie: *Trichomonadidae* Wenyon 278

Klasse: *Rhizopoda* von Siebold

Ordnung I: *Amoebina* Ehrenberg

Familie: *Amoebidae* Bronn 279

Klasse: *Haemamoeba*

Ordnung I: *Piroplasmida*

Familie: *Babesiidae* du Toit 280
Theileriidae du Toit 281

Klasse: *Sporozoa* Leuckart (*Telosporidia* Schaudinn)

Ordnung I: *Gregarinida* Schneider 282

Ordnung II: *Coccidia* Leuckart

Familie: *Eimeriidae* Lühe 283

Ordnung III: *Haemosporidia* Danilewsky

Familie: *Haemoproteidae* Doflein 284
Plasmodiidae Mesnil 285

Klasse: *Ciliatoidea* Ulrich (*Protociliata* Metcalf) 286

Unterstamm: *Heterokaryota (Cytoidea* Ulrich)

Klasse: *Ciliata* Bütschli

Ordnung I: *Spirotricha* Bütschli 287

Klasse: *Suctoria* Bütschli

Ordnung I: *Exogenea*

Familie: *Podophryidae* Bütschli 288
Ephelotidae Sand 289
Tachyblastonidae Grell 290

Zuordnung ungesichert: *Pneumocystis* 291

Vermes (Würmer)

Unterstamm: *Plathelminthes (Plattwürmer)*

Klasse: *Trematoda* (Saugwürmer)

Ordnung I: *Monogenea* 292

Ordnung II: *Digenea*

Superfamilie: *Fascioloidea*
Familie: *Fasciolidae* Railliet 293
Superfamilie: *Plagiorchoidea*
Familie: *Dicrocoeliidea* Looss 294
Superfamilie: *Echonostomatoidea*
Familie: *Echinostomadidae* Looss 295
Superfamilie: *Opisthorchoidea*
Familie: *Heterophyidae* Odhner 296
Familie: *Opisthorchidae* Lühe 297
Superfamilie: *Troglotrematoidea*
Familie: *Troglotrematidae* Odhner 298
Superfamilie: *Schistosomatoidea*
Familie: *Schistosomatidae* Looss 299
Familie: *Paramphistomidae* 300

Klasse: *Cestoda* (Bandwürmer)

Ordnung I: *Pseudophyllidea*

Familie: *Diphyllobothriidae* Lühe 301

Ordnung II: *Cyclophyllidea*

Familie: *Dilepididae* Fuhrmann 302
Familie: *Hymenolepididae* Fuhrmann 303
Familie: *Taeniidae* Ludwig 304

Unterstamm: *Nemathelminthes* (Rundwürmer)

Ordnung I: *Nematoda* (Fadenwürmer)

Superfamilie: *Trichuroidea*
Familie: *Trichuridae* Railliet 305
Superfamilie: *Strongyoidea*
Familie: *Trichinellidae* Ward 306
Familie: *Ancylostomatidae* Looss 307
Familie: *Trichostrongylidae* Leiper 308
Familie: *Metastrongylidae* 309
Superfamilie: *Rhabditoidea*
Familie: *Strongyloididae* Chitwood und McIntosh 310
Superfamilie: *Ascaroidea*
Familie: *Ascarididae* Baird 311
Familie: *Oxyuridae* Cobbold 312
Superfamilie: *Spiruroidea*
Familie: *Gnathostomatidae* Blanchard 313
Superfamilie: *Filarioidea*
Familie: *Filariidae* Cobbold 314
Familie: *Dracunculidae* Leiper 315

Ordnung II: *Acanthocephali* (Kratzer)

Unterstamm: *Annelida* (Ringelwürmer)

Klasse: *Hirudinea* (Egelwürmer)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

A *Nr.*

A-Encephalitis-Virus *260*
Abel-Bazillus *21*
Abortus-Bazillus Bang *54*
Aboukoué siehe Frambösie
Absidia corymbifera *291*
Abszesse Text *32–39*, Text *94–95*, *118–137*, *175*
— Gehirn- *77*, *117*
— Intestinaltrakt- *10*
— Leber- *82*, *84*, *86*, *140*, *145*, *347*
— Lungen- *70*, *86*, *143*, *312*
— Parota- *197*
— perianale *87*
— Urogenitaltrakt- *69*
Acaroxenus varioleidis *235*
Achorion gypseum *300*
— *quinckeanum* *306*
— *schoenleini* *307*
— *violaceum* *305*
Acné varioliforme *256*
— — virus de l' *256*
Actinobacillose *62*
Actinobacillus actinomycetemcomitans *63*
— *lignieresii* *62*
— *mallei* *64*
Actinomyces beddardii *198*
— *bovis* *191*
— *fordii* *190*
— *gibsonii* *187*
— *horton* *197*
— *israeli* *192*
— *kimberi* *199*
— *listeri* *195*
— *muris* *90*
— — *ratti* *90*
— *necrophorus* *82*
— *odorifer* *193*
— *panja* *201*
— *rangoon* *186*
— *upcottii* *196*
— *willmorei* *202*
Actinomykose *185*, *191*, *192*
Adenovirus *283*
Aerobacter aerogenes *18*
— *cloacae* *19*
Aestivo-autumnal-Fieber *359*
African eye worm *394*
Afrikanische Schlafkrankheit *330*
Afrikanisches Rückfallfieber *215*
Aki-yami-Fieber . . . . . Text *225*
Akne *152*
Alastrim *247*
Albococcus epidermidis *95*
Alcaligenes bookeri *12*
— *faecalis* *10*
— *metalcaligenes* *11*
— *recti* *13*
Aleppobeule *335*
Allescheria boydii *308*
Amaas *247*
American hookworm *386*
Amerikanische Encephalitis *263*
Amöbiasis *347*
Amöböm . . . . . Text *347*
Anaerobischer Staphylokokkus *101*
Anämie . . . *198*, *324*, *362*, *364*, *369*, Text *371*, *375*, *383*, *385*, *386*, *388*
— Pferde-, infektiöse *286*
Ancylostoma americanum *386*
— *braziliense* *387*
— *duodenale* *385*
Ancylostomiasis *385–387*
Angina, herpetische . . . . . Text *266*
— Ludwigsche . . . . . Text *118–137*, *127*
— Plaut-Vincentsche *217*
— Vincentsche *79*
Anguillula intestinalis *388*
— *stercoralis* *388*
Anquilostoma *385*
Anthrax-Bazillus *156*
APC- (Adenoidal-Pharyngeal-Conjunctival-) Virus *283*
Aphthöse Stomatitis *252*
Appendicitis . . *5*, *69*, *70*, *74*, *78*, *82*, *83*, *100*, *126*, *127*, *128*, *131*, *133*, *134*, *145*, *147*, *157*, *158*, *353*
ARD- (Acute-Respiratory-Disease-) Virus . *283*
Armed tapeworm *379*
Ascariasis *389*
Ascaris lumbricoides *389*

A *Nr.*

Ascaris lumbricoides hominis *389*
Ascites . . . . . *362*, Text *371*
Aseptische Meningitis *266*, *267*
Aspergillose *309*
Aspergillus bronchialis *309*
— *fumigatus* *309*
— *niger* *310*
Asterococcus muris *90*
Asthma *396*
Atemwege, Erkrankungen der (siehe auch Bronchitis, Pneumonie, Rhinitis) . *28*, *56*, *104* Text *118–137*, *216*, *267*, *277*, *278*, *283*, *291*, *313*
Athletenfuß siehe Tinea pedis
Atrophische Paralyse *265*
— Rhinitis *21*
Atypische Hühnerpest *282*
— Pneumonie *278*, *284*
Australische X-Krankheit *259*
Australischer X-Disease-Virus *259*
Avortement épizootique *54*
Azul siehe Pinta

B

B-Virus *253*
Bacille B de Weinberg et Séguin *159*
— D de Weinberg et Séguin *161*
— de la grippe *56*
— de la morve *64*
— paratyphique A *37*
— paratyphique B *38*
— de la pourriture d'hôpital *79*
— pyocyanique *1*
— du rouget *155*
Bacillurie *45*
Bacillus abortus *55*
— *acidophilus* *138*
— *acnes* *152*
— *aegyptius* *57*
— *aerofoetidus* *161*
— *aerogenes* *18*
— — *capsulatus* *164*
— *alkalescens* *45*
— *ambiguus* *41*
— *anthracis* *156*
— *bifermentans* *163*
— — *sporogenes* *163*
— *bifidus* *139*
— — *communis* *139*
— *bookeri* *12*
— *botulinus* *160*
— *capitovalis* *168*
— *ceylanensis B* *47*
— *cloacae* *19*
— *coli* *14*
— *diaphthirus* *167*
— *diphtheriae* *150*
— — *vitulorum* *82*
— *disciformans* *140*
— *dispar* *46*, *47*
— *duplex* *66*
— *dysenteriae* *40*
— — Flexner *44*
— — «Schmitz» *41*
— — Shiga *44*
— E Adamson *166*
— *emphysematosus* *164*
— *enteritidis* *34*
— *escherichii* *14*
— *faecalis alcaligenes* *10*
— *fallax* *157*
— *floccosus* *88*
— *fragilis* *69*
— *funduliformis* *82*
— *furcosus* *70*
— *fusiformis* *79*
— *gallinarum* *39*
— glanders *64*
— *glutinosus* *75*
— *hastilis* *79*
— *histolyticus* *173*
— *inconstans* *31*
— *influenzaeformis* *87*
— *insidiosus* *155*
— *lacunatus* *66*
— *leprae* *179*
— *liquefaciens pyogenes bovis* *151*
— *mallei* *64*

B *Nr.*

Bacillus morgani *29*
— *mortiferus* *84*
— *mucosus ozaenae* *21*
— *necrophorus* *82*
— *necroticus* *83*
— *novyi* *159*
— *oedematis maligni* Nr. 2 . . . . . *159*
— — *thermophilus* *159*
— *ozaenae* *21*
— *paradysenteriae* *44*
— *parapertussis* *52*
— *paraputrificus* *167*
— *paratyphi alcaligenes* *38*
— *paratyphosus C* *36*
— *parvus liquefaciens* *152*
— *perfringens* *164*
— *phlegmones emphysematosae* *164*
— *pneumoniae* *20*
— *pseudomallei* *2*
— *pseudoramosus* *148*
— *pseudo-tetanus* *172*
— *pseudotuberculosis* *49*
— *putredinis* *74*
— *pyocyaneus* *1*
— *pyogenes* *151*
— — *anaerobius* *86*
— *ramosoides* *147*
— *ramosus* *145*
— *schottmülleri* *38*
— *septicus* *158*
— *serpens* *78*
— *shigae* *40*
— *sphenoides* *165*
— *sporogenes* *162*
— *terebrans* *72*
— *tertius* *174*
— *tetani* *170*
— *tetanoides (A)* *169*
— *tetanomorphus* *172*
— *thetoides* *82*
— *trichoides* *71*
— *tuberculosis* *177*
— *typhi* *35*
— — *abdominalis* *35*
— — *murium* *33*
— *typhosus* *35*
— *ulceris cancrosi* *61*
— *welchii* *164*
— *whitmori* *2*
Bacilo del salmonete *155*
Bacteriämie . . . . . *18*, Text *117*
Bactéridie des charbons *156*
Bacterium abortus *54*
— *actinomycetem comitans* *63*
— *aegyptiacum* *57*
— *aerogenes* *18*
— *aeruginosum* *1*
— *alcaligenes* *10*
— *aurescens* *15*
— *cholerae suis* *32*
— *cloacae* *19*
— *coli* *14*
— — *commune* *14*
— *comitans* *63*
— *conjunctivitidis* *66*
— *destillationis* *76*
— *duplex* *66*
— *(Eberthella) typhi* *35*
— *freundii* *16*
— *funduliforme* *82*
— *granuliformans* *81*
— *granulosis* *68*
— *influenzae* *56*
— *janthinum* *9*
— *lactis aerogenes* *18*
— *melaninogenicum* *73*
— *mirabilis* *28*
— *monocytogenes* *154*
— *morgani* *29*
— *mucosum* *77*
— *ozaenae* *21*
— *paratyphi* *37*
— *paratyphi A* *37*
— *paratyphi B* *38*
— *pestis* *48*
— *piscatorum* *26*
— *pneumoniae crouposae* *20*
— *pneumosintes* *80*

Namen und Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten
(Fortsetzung)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

B *Nr.*

Bacterium pullorum . . . 39
— *recti* . . . 13
— *rettgeri* . . . 30
— *schmitzii* . . . 41
— *sonnei* . . . 46
— *tuberculosis* . . . 177
— *tularense* . . . 50
— *typhi* . . . 35
— *typhosum* . . . 35
— *vulgare* . . . 27
Bacteroides destillationis . . . 76
— *floccosus* . . . 88
— *fragilis* . . . 69
— *freundii* . . . 85
— *funduliformis* . . . 82
— *furcosus* . . . 70
— *glutinosus* . . . 75
— *lentus* . . . 141
— *melaninogenicus* . . . 73
— *putredinis* . . . 74
— *pyogenes* . . . 86
— *russii* . . . 87
— *serpens* . . . 78
— *terebrans* . . . 72
— *trichoides* . . . 71
— *viscosus* . . . 77
Bacteroidosis . . . 69
Bahiabeule . . . 336
Balanitis . . . 145
Balantidiasis . . . 360
Balantidienruhr . . . 360
Balantidium coli . . . 360
Balkangrippe . . . 237
Bandwürmer . . . 375–382
Bangs Abortus-Bazillus . . . 54
— Nekrose-Bazillus . . . 82
Bangsche Krankheit . . . 54
Bartflechte siehe Tinea barbae
Bartholinische Drüsen, Infektionen . . . 127
Bartonella bacilliformis . . . 246
Bartonellosis . . . 246
Bartonia bacilliformis . . . 246
Bazillenruhr siehe Dysenterie
Bazillus A Heyde . . . 74
— Abel . . . 21
— Abortus Bang . . . 54
— Boas-Oppler . . . 138
— Bordet-Gengou . . . 51
— Davaine . . . 156
— Döderlein . . . 138
— Ducrey . . . 61
— Duval . . . 46
— Eberth . . . 35
— Finkler-Prior . . . 4
— Flexner . . . 44
— Fränkel . . . 117
— Friedländer . . . 20
— Gärtner . . . 34
— Ghon-Sachs . . . 158
— Hansen . . . 179
— Hirschfeld . . . 36
— Influenza- . . . 56
— der Kälberdiphtherie . . . 82
— Kitasato . . . 48
— Klebs-Löffler . . . 150
— Koch . . . 177
— — -Weeks . . . 57
— Komma- . . . 3
— Lepra- . . . 179
— Löffler . . . 150
— Morax-Axenfeld . . . 56
— Morgan, Typ 1 . . . 29
— Much . . . 177
— Neumann . . . 20
— Nicolaier . . . 170
— Nocard . . . 33
— Novy . . . 159
— Ogata . . . 40
— Pfeiffer . . . 56
— Rhinosklerom-, von Frisch . . . 22
— Schmitz . . . 41
— des Schweinerotlaufs . . . 155
— der Septikämie bei Mäusen . . . 155
— Shiga . . . 40
— Shiga-Kruse . . . 40
— Sonne . . . 46
— Typhus- . . . 35
— Vincent . . . 79

B *Nr.*

Bazillus, Von-Frisch-Rhinosklerom- . . . 22
— Weeks . . . 57
— Weichselbaum . . . 103
— Welch . . . 164
— Whitmore . . . 2
— X Pritchett und Stillman . . . 58
Beef tapeworm . . . 380
Bejel . . . Text 221–224
Benigne infektiöse Lymphreticulose . . . 289
— Tertiana . . . 356
Bilharzia haematobia . . . 371
— *mansoni* . . . 373
Bilharziose . . . 371–373
Blastomyces brasiliensis . . . 323
— *dermatitidis* . . . 322
Blastomykose . . . 318, 322, 323
Blennorrhöe siehe Ophthalmoblennorrhöe
Blepharoconjunctivitis angularis . . . 66
Blood fluke . . . 371
Blue pus organism . . . 1
Blutvergiftung siehe Sepsis
Boas-Oppler-Bazillus . . . 138
— — -Milchsäurebazillus . . . 138
Bordet-Gengou-Bazillus . . . 51
Bordetella parapertussis . . . 52
— *pertussis* . . . 51
Bornholm-Krankheit . . . 266
Borrelia berbera . . . 204
— *buccalis* . . . 216
— *carteri* . . . 205
— *caucasica* . . . 213
— *duttonii* . . . 208
— *graingeri* . . . 219
— *harveyi* . . . 220
— *hermsii* . . . 207
— *hispanica* . . . 206
— *kochii* . . . 215
— *neotropicalis* . . . 210
— *novyi* . . . 214
— *parkeri* . . . 209
— *persica* . . . 211
— *recurrentis* . . . 203
— *refringens* . . . 218
— *turicatae* . . . 212
— *venezuelensis* . . . 210
— *vincentii* . . . 217
Borreliota variolae . . . 247
Bothriocephalus latus . . . 375
Botón de Vélez . . . 336
Botulismus . . . 160
Bouba siehe Frambösie
Boussarole siehe Pinta
Bouton d'Orient . . . 335
Breakbone fever . . . 274
Breiter Bandwurm . . . 375
Briareus morbillorum . . . 250
— *varicellae* . . . 248
Brillsche Krankheit . . . 229
Broad tapeworm . . . 375
Bronchiektasie . . . 77, 133
Bronchitis . . . 76, 117, 135, 193, 292, 293, 315
Brucella abortus . . . 54
— *melitensis* . . . 53
— *suis* . . . 55
Brucellose . . . 53–55
Bubo (climatic, scrofulous, strumous, tropical) 240
Bubon climatique . . . 240
Bubonenpest . . . 48
Burnetia (Dyera) burneti . . . 237
— — — var. *diaporica* . . . 237
— *(Rocha-Limae) weigli* . . . 236
— — *wolbynica* . . . 236
Buschkesche Krankheit . . . 318
Bwamba fever . . . 271

C

C-Encephalitis-Virus . . . 263
Cadophora americana . . . 328
Calabar-Schwellungen . . . 394
Calymmatobacterium granulomatis . . . 65
Candida albicans . . . 320
Canicola-Fieber . . . Text 225
Capsularis mucosus . . . 77
Carate (Pinta) . . . 224
Carrionsche Krankheit . . . 246
Castellanus castellanii . . . 47
Catenabacterium filamentosum . . . 142

C *Nr.*

Catenabacterium leptotrichoides . . . 144
— *nigrum* . . . 143
Catscratch fever . . . 289
— -Virus . . . 289
Chagas-Krankheit . . . 333
Chancre mou . . . 61
Chancroid . . . 61
Charente-Fieber . . . Text 225
Charon evegatus . . . 271
— *vallis* . . . 275
Chickenpox . . . 248
— -Virus . . . 248
Chikungunya-Disease-Virus . . . 272
— -Krankheit . . . 272
Chilomastix mesnili . . . 342
Chinesischer Leberegel . . . 369
Chlamydia oculogenitalis . . . 239
— *trachomatis* . . . 238
Chlamydozoon columbi . . . 242
— *hominis* . . . 243
— *lymphophilus* . . . 240
— *meningophilus* . . . 242
— *oculogenitale* . . . 239
— *psittaci* . . . 241
— *trachomatis* . . . 238
Cholecystitis . . . 1, 14, 28, 71
Cholera . . . 3
— infantum . . . 4, 12
— nostras . . . 4
Choleravibrio . . . 3
Choriomeningitis, lymphocytäre . . . 268
Chorioretinitis . . . Text 337
Chromobacterium janthinum . . . 9
Chromoblastomykose . . . 327
Chromomykose . . . 327
Cillobacterium meningitidis . . . 149
Citrobacter freundii . . . 16
— *intermedium* . . . 17
Citronengelber Diplococcus . . . 92
Cladosporium mansoni . . . 321
— *wernecki* . . . 326
Cladothrix asteroides . . . 180
— *odorifera* . . . 193
Clonorchiasis . . . 369
Clonorchis sinensis . . . 369
Clostridium aerofoetidum . . . 161
— *bifermentans* . . . 163
— *botulinum*, Typ B . . . 160
— *capitovale* . . . 168
— *capitovalis* . . . 168
— *fallax* . . . 157
— *histolyticum* . . . 173
— *innominatum* . . . 166
— *lentoputrescens* . . . 171
— *novyi*, Typ A . . . 159
— *paraputrificum* . . . 167
— *perfringens* . . . 164
— *pseudo-fallax* . . . 157
— *septicum* . . . 158
— *sordelli* . . . 163
— *sphenoides* . . . 165
— *sporogenes* . . . 162
— *tertium* . . . 174
— *tetani* . . . 170
— *tetanoides* . . . 169
— *tetanomorphum* . . . 172
— *welchii* . . . 164
Coccidioides immitis . . . 293
Coccidioidomykose . . . 293
Coccidiosis . . . 354
Coccobacillus ducreyi . . . 61
Coccobacterium mucosum anaerobicum . . . 77
Coccus lanceolatus anaerobius . . . 130
— lancéolé . . . 117
Coco siehe Frambösie
Coenurus cerebralis . . . 381
Cohnistreptothrix cuniculi . . . 82
Cold sore . . . 252
Colibazillus . . . 14
Colonbazillus . . . 14
Colorado tick fever . . . 273
— — — -Virus . . . 273
Common-cold virus . . . 281
Common-wart virus . . . 255
Condylomata acuminata . . . 255
Conjunctivitis . . . 56, 67, 117, 282
— Blepharo-, angularis . . . 66
— Einschluß- . . . 239

(Fortsetzung)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

C *Nr.*

Conjunctivitis, follikuläre 283
— infektiöse 37
— Kerato- 252, 283
— Lidwinkel- 66
— Neugeborenen- 239
— Schwimmbad- 239
Cornea-Ulceration 67
Corynebacterium acnes 152
— *diphtheriae* 150
— *fusiforme* 79
— *liquefaciens* 152
— *parvum* 153
— — *infectiosum* 153
— *pyogenes* 151
— *ulcerans* 150
Cowpox-Virus 247
Coxiella burnetii 237
— *diaporica* 237
Coxsackie-Virus 266
Creeping eruption 387
Croup-Associated-Virus 277
CRUCHET, maladie de 260
Cryptococcosis 318
Cryptococcus capsulatus 324
— *meningitidis* 318
— *neoformans* 318
Ctenomyces interdigitalis 294
— *mentagrophytes* 295
— *persicolor* 296
Cysticercus siehe Bandwürmer
Cystitis siehe Urogenitaltrakt
Cytomegalic inclusion disease 280

D

Dandy fever 274
Darm siehe auch Gastrointestinaltrakt
Darmegel, großer 362
— Zwerg- 366
Darmentzündung siehe Enteritis
DAVAINE-Bazillus 156
Delhibeule 335
Delhi-Pseudotyphus 231
Dengue-Fieber 274
— -Virus 274
Dermacentroxenus conori 233
— *orientalis* 231
— *pijperi* 233
— *rickettsi* 232
— — var. *brasiliensis* 232
— — var. *conori* 233
— — var. *pijperi* 233
— *typhi* 230
Dermatitis, Cercarien . . . . . Text 371–373
— verrucosa 327
Dermatomykosen . . 291, 294–307, 315, 320, 325
Dialister granuliformans 81
— *pneumosintes* 80
Diarrhöen . Text 3, 14, 39, 45, 130, Text 265, 267, Text 287, 288, 344, 362, 366, 367, 369, 374, 383, 384, 388, 396
Dibothriocephalus latus 375
Dicrocoelium dendriticum 364
— *lanceolatum* 364
Dientamoeba fragilis 353
Diphasische Meningoencephalitis 258
Diphasisches Milchfieber 258
Diphtherie 82, 150
Diphtheriebazillus 150
Diphyllobothrium latum 375
Diplobacille liquéfiant 67
Diplobacillus liquefaciens 67
— *moraxaxenfeld* 66
Diplococcus, citronengelber 92
— *constellatus* 100
— *intracellularis meningitidis* WEICHSELBAUM 103
— *morbillorum* 137
— *orbiculis* 115
— *paleopneumoniae* 135
— *pharyngis siccus* 105
— *plagarumbelli* 136
— *pneumoniae* 20, 117
— *reniformis* 114
— *rubeolae* 137
— *siccus* 105
Diplokokken 117
Dipylidium caninum 377
— *cucumerinum* 377

D *Nr.*

Distoma haematobium 371
— *heterophyes* 366
— *sinense* 369
— *westermani* 370
Distomum crassum 362
— *felineum* 368
— *hepaticum* 363
— *lanceatum* 364
— *lanceolatum* 364
Dochmius duodenalis 385
DÖDERLEIN-Bazillus 138
Dog tapeworm 382
DONOVAN-Körper 65
Donovania granulomatis 65
Dracunculosis 396
Dracunculus loa 394
— *medinensis* 396
Drehkrankheit der Schafe 381
DUCREY-Bazillus 61
DUVAL-Bazillus 46
Dysenterie, Amöben- . . . . . Text 347
— Balantidien- 360
— Pyocyaneus- 1
— Shigellen- . . . . . Text 40–47
— Staphylokokken- . . . . . Text 94–95

E

Eastern-Equine-Encephalitis-Virus 264
EBERTH-Bazillus 35
Eccema herpeticum 252
— marginatum siehe Tinea cruris
Echinococcosis 382
Echinococcus alveolaris 382
— *cysticus* 382
— *granulosus* 382
— *multilocularis* 382
Echinostoma ilocanum 365
Echinostomiasis 365
ECHO- (Enteric-Cytopathogenic-Human-Orphan-) Virus 267
VON-ECONOMOsche Krankheit 260
Ecthyma gangraenosum 1
Eelworm 389
EHF (epidemic hemorrhagic fever) 290
Ehrlichia illinii 245
— *louisianae* 244
— *lymphogranulomatosis* 240
— *pneumoniae* 243
— *psittaci* 241
Einschlußblennorrhöe 239
Einschlußconjunctivitis 239
Einsiedlerbandwurm 379
Ektromelie, infektiöse 247
ELSER und HUNTOON, Chromogengruppen I–III 108–110
Embadomonas intestinalis 341
Empyem 140
Encephalitis . . . . . 253, 257–264, Text 266
— amerikanische 263
— aseptische Meningo- . . . . . Text 266
— epidemische, Typ A 260
— — Typ B 261
— — Typ C 263
— japanische 261
— lethargica 260
— — -Virus 260
— Meningo-, siehe Meningoencephalitis
— Murray-Valley- 259
— russische Frühjahr-Sommer- 258
— — Herbst- 261
— St.-Louis- 263
— Tick-borne 258
— West-Nil- 262
Encephalitozoon cuniculi 339
Encephalomyelitis . . . . Text 247, 248, 250, 253, 258, 264

Endamoeba siehe *Entamoeba*
Endocarditis . . . 60, 117, Text 118–137, 120, 134, 149, 154, 293, 320, 324
— subakute 58, 59, 123, 124
Endodermophyton indicum 301
Endolimax nana 351
— *williamsi* 352
Enfermedad de las garras de gato 289
Entamoeba coli 349
— *dispar* 347
— *dysenteriae* 347

E *Nr.*

Entamoeba gingivalis 350
— *hartmanni* 348
— *histolytica* 347
— *tenuis* 348
Enteritis . . . 23, 32, 34, 36–39, 44, Text 94–95, 287, 288
Enterobacteriaceae . . . . . Text 40–47
Enterobiasis 390
Enterobius vermicularis 390
Enterococcus proteiformis 124
Enterocolitis siehe Enteritis
Enterokokken 124
Enteromonas hominis 340
Enzootische Hepatitis 275
Eosinophilie 384–386, 388, 389, 391, 396
Epidemic hemorrhagic fever 290
— — — -Virus 290
Epidermophyton cruris 297
— *floccosum* 297
— *inguinale* 297
— *interdigitale* 294
— *rubrum* 304
Epidermophytose siehe Tinea pedis
Epithelische Zellparasiten 65
Equine encephalitis virus 264
Erblindung 395
Erbsenpflückerkrankheit . . . . . Text 225
Erkältung, Virus der 281
Erntefieber . . . . . Text 225
Erro equinus 264
— *incognitus* 259
— *japonicus* 261
— *nili* 262
— *scelestus* 263
— *scoticus* 257
— *silvestris* 258
Erysipel . . . . . Text 118–137
— gangränöses 72
Erysipeloid 155
Erysipelokokken 118
Erysipelothrix Erysipeloides 155
— *insidiosa* 155
— *murisepticus* 155
— *porci* 155
— *rhusiopathiae* 155
Erythema arthriticum epidemicum 90
Escarro-Knötchenfieber 233
Escherichia aurescens 15
— *coli* 14
— *freundii* 16
— *intermedia* 17
Espundia 336
Esthiomène 240
Eubacterium disciformans 140
— *lentum* 141
Euparyphium ilocanum 365
Europäische Blastomykose 318

F

Far Eastern hemorrhagic fever 290
Fasciola hepatica 363
Fascioliasis 362, 363
Fasciolopsis buski 362
— *fülleborni* 362
Fat tapeworm 380
Favus 305–307
Febbre amarillo 271
Febris rheumatica . . . . . Text 118–137
— undulans . . . . . Text 53–55
Feldfieber . . . . . Text 225
Fever, breakbone 274
— Bwamba 271
— catscratch 289
— Colorado tick 273
— dandy 274
— epidemic hemorrhagic 290
— Far Eastern hemorrhagic 290
— Fort Bragg . . . . . Text 225
— nine-mile 237
— quadrilateral 237
— Q- (query) 237
— Rift Valley 275
— Rocky Mountain spotted 232
— sandfly 285
— Shimamushi mite-borne 231
— Tibial 225
— trench 236

Namen und Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten
(Fortsetzung)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

F *Nr.*

Fever, Yaroslavl hemorrhagic *290*
— yellow *271*
Fibrose *353*
Fieber (siehe auch unter «Fever» und «Fièvre»)
— Aestivo-autumnal- *359*
— Aki-yami- . . . . . Text *225*
— Canicola- . . . . . Text *225*
— Charente- . . . . . Text *225*
— Dengue- *274*
— Ernte- . . . . . Text *225*
— Escarro-Knötchen- *233*
— Feld- . . . . . Text *225*
— Gallen- *359*
— Giraffen- *274*
— hämorrhagisches *258*
— Herbst- *359*
— japanisches Fluß- *231*
— — Herbst- . . . . . Text *225*
— katarrhalisches *278*
— Kedani- *231*
— Kindbett-, siehe Puerperalfieber
— Leptospiren-, kurzfristiges . . . . Text *225*
— Mandschurei- *290*
— Marseille- *233*
— Milch-, diphasisches *258*
— Mittelmeer- *233*
— Moskito- *285*
— Nanuka-yami- . . . . . Text *225*
— Oroya- *246*
— Pappataci- *285*
— pharyngo-conjunctivales *283*
— Phlebotomus- *285*
— Polka- *274*
— Puerperal-, siehe Puerperalfieber
— Q- *237*
— Queensland- *237*
— Rohrzucker- . . . . . Text *225*
— Rückfall- *203–215*
— San-Joaquin-Valley- *293*
— Schienbein- *236*
— Schlamm- . . . . . Text *225*
— Schützengraben- *236*
— schwarzes *334*
— Sumpf- . . . . . Text *225*
— 3-Tage- *285, 356*
— 4-Tage- *357*
— 5-Tage- *236, 274*
— 7-Tage- . . . . . Text *274*
— — japanisches . . . . . Text *225*
— Tobia- *232*
— Tropen- *359*
— Überschwemmungs- *231*
— West-Nil- *262*
— Wolhynisches *236*
— Zecken *273*
— Zeckenbiß- *233*
Fiedlersche Krankheit *225*
Fièvre aquatique . . . . . Text *225*
— boutonneuse *233*
— — de la Sibérie *258*
— escarro-nodulaire *233*
— exanthématique marseillaise *233*
— jaune *271*
— maculeuse brésilienne *232*
— des marais . . . . . Text *225*
— pourprée des Montagnes-Rocheuses . . *232*
— — sibérienne *258*
— quintane *236*
— rouge *274*
— tachetée des Montagnes-Rocheuses . . . *232*
— tibialgique *236*
— des tranchées *236*
— de vase . . . . . Text *225*
Filaire de Bancroft *392*
— de Médine *396*
Filaria bancrofti *392*
— *loa* *394*
— *malayi* *393*
— *medinensis* *396*
— *nocturna* *392*
— *volvulus* *395*
— *wuchereri* *392*
Filariasis *392, 393*
Finkler-Prior-Bazillus *4*
Finne siehe Bandwürmer
Fischbandwurm *375*
Fish tapeworm *375*
Flachwarzen *255*

F *Nr.*

Fleckfieber, Minas-Gerais- *232*
Flecktyphus *229, 232*
— endemischer (muriner) *230*
— São-Paulo- *232*
Fleischvergiftung siehe Nahrungsmittelvergiftung
Flexner-Bazillus *44*
Flußfieber, japanisches *231*
Folliculitis . . . . . Text *94–95*
Follikuläre Conjunctivitis *283*
Fonsecaea pedrosoi *327*
Foot-and-mouth-disease virus *254*
Formido inexorabilis *270*
Fort Bragg fever . . . . . Text *225*
Frambösie . . . . . Text *221–224, 222*
Fränkel-Bazillus *117*
Friedländer-Bazillus *20*
Friedländersche Pneumonie *20*
Frühjahr-Sommer-Encephalitis, russische . . *258*
— — — -Virus *258*
— -Wald-Encephalitis-Virus *258*
Furia vena medinensis *396*
Furunkel . . . . . Text *94–95*
Fusiformis dentium *79*
— *fusiformis* *79*
— *ramosus* *145*
Fusobacterium fusiforme *79*
— *plauti-vincenti* *79*

G

Gaffkya tetragena *96*
Galle, Infektionen, siehe Cholecystitis
Gallenfieber *359*
Gamasoxenus muris *235*
Gametocyten . . . . . Text *356–359*
Gangrän, Gas-, siehe Gasbrand
— Haut- *1*
— jauchiges *126*
— Lungen- *5, 69, 78, 82, 111, 112, 127, 129, 131, 133, 140, 143, 145, 149*
Gärtner-Bazillus *34*
Gasbrand . . . . . *128*, Text *157–174*
Gasbranderreger *157–174*
Gasgangrän siehe Gasbrand
Gastrodiscoides hominis *374*
Gastroenteritis siehe Enteritis
Gastrointestinaltrakt, Infektionen (siehe auch Enteritis)
— Pilzinfektionen *315, 320–323*
Geflügeltyphus *39*
Gehirnabszesse *117*
Gehirntumor *370*
Gelbfieber-Virus *271*
Gelbsucht siehe Icterus
Genickstarre, epidemische *103*
Genitaltrakt siehe Urogenitaltrakt
Genitalwarzen *255*
Geotrichum beigeli *316*
— *candidum* *315*
Ghon-Sachs-Bazillus *158*
Giardia intestinalis *343*
Gingivostomatitis, akute herpetische . . . *252*
Giraffenfieber *274*
Glanders bacillus *64*
Glenospora boydii *308*
Gnathostoma spinigerum *391*
Gnathostomiasis *391*
Gonococcus neisseri *102*
Gonorrhöe *92, 102*
Gordius medinensis *396*
Granuloma inguinale *65*
Griffes de chat, maladie des *289*
Grippe *278*
— Balkan- *237*
«Ground itch» *385, 386*
Grubenwurm *385*
Guinea worm *396*
Gurkenkernbandwurm *377*
Gürtelrose *249*

H

H-Gruppe Hare *120*
Haarknötchenkrankheit, schwarze *314*
— weiße *316*
Haarschopf *383*
Haemamoeba malariae *357*

H *Nr.*

Haemamoeba praecox *359*
— *vivax* *356*
Haemophilus aegyptius *57*
— *aphrophilus* *60*
— *conjunctivitidis* *57*
— *ducreyi* *61*
— *haemolyticus* *58*
— *influenzae* *56*
— *parainfluenzae* *59*
— *parapertussis* *52*
— *pertussis* *51*
Hakenwurm *385*
Hämorrhagisches Fieber *258*
Hansen-Bazillus *179*
Harnwege siehe Urogenitaltrakt
Haut, Infektionen, siehe Abszesse, Dermatitis, Dermatomykosen, Furunkel, Gangrän
Hautmaulwurf *387*
Haverhill fever *90*
Haverhillia moniliformis *90*
— *multiformis* *90*
Heine-Medinsche Krankheit *265*
Hemadsorption-Virus *277*
Hemorrhagic fever *258*
— — epidemic *290*
— — Far Eastern *290*
— — Yaroslavl *290*
Hepatitis, Amöben- . . . . . Text *347*
— enzootische *275*
— infektiöse *287*
— Inoculations- *288*
— nekrotische *159*
— Serum- *287, 288*
— -Virus A *287*
— -Virus B *288*
Hepatosplenomegalie *324*
Herbst-Encephalitis, russische *261*
Herbstfieber . . . . . Text *225, 359*
Herpangina *266*
Herpes facialis, febrilis, labialis, simplex . . *252*
Herpes-simplex-Virus (febrilis) *252*
Herpes, traumatische *252*
— -Virus *252*
— — *hominis* *252*
— — *simiae* *253*
— -zoster-Virus *249*
Herpetische Gingivostomatitis *252*
— Keratoconjunctivitis *252*
— Meningoencephalitis *252*
Herxheimer-Reaktionen . . . . Text *221–224*
Heterophyasis *366*
Heterophyes heterophyes *366*
— *yokogawai* *367*
Himbeerpocken siehe Frambösie
Hirn siehe Gehirn
Hirschfeld-Bazillus *36*
Histoplasma capsulatum *324*
Histoplasmose *324*
Hookworm *385*
Hormodendron pedrosoi *327*
Hostis pecoris *254*
Hühnerpest, atypische *282*
Hunde(band)wurm *382*
Hundeseuche, Stuttgarter *225*
Hyalococcus pneumoniae *20*
Hydatid tapeworm *382*
Hydatigena granulosa *382*
Hydrophobia *270*
Hymenolepis fraterna *378*
— *nana* *378*

I

Icterohemoglobinuria of cattle . . . . Text *225*
Icterus . . . *187, 190, 196, 199, 225, 287, 382*
— septicohaemorrhagicus *225*
Illinois-Pneumonie *245*
Indiella americana *308*
— *somaliensis* *200*
Indisches Rückfallfieber *205*
Infantile Paralysis, Virus of *265*
Infektiöse Conjunctivitis *57*
— Hepatitis *287*
— Lymphreticulose *289*
— Pferdeanämie *286*
Influenza *80, 81, 278, 279*
— -Bazillus *56*
— -A-Virus *278*

Namen und Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten

(Fortsetzung)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

I *Nr.*

Influenza-B-Virus *279*
Inoculations-Hepatitis *288*
Intertrigo *320*
Intraabdominelle Infektionen . . . . Text *69–78*
Iridocyclitis *252*
Isospora belli *354*
— *hominis* *355*
Isosporiasis *354*
Ixodoxenus australis *234*
— *conori* *233*
— *rickettsi* *232*

J

Japanische Encephalitis *261*
Japanischer B-Encephalitis-Virus *261*
Japanisches Flußfieber *231*
— Herbstfieber . . . . . Text *225*
— 7-Tage-Fieber . . . . . Text *225*
Jerichobeule *335*
Jodamoeba bütschlii *352*
— *williamsi* *352*

K

Kaffirpox *247*
Kala-Azar *334*
Katarrh, epidemischer, febriler *278*
— fiebriger *283*
Katarrhalische Stomatitis *252*
Katarrhalisches Fieber *278*
Katzenkratzkrankheit *289*
Katzenleberegel *368*
Kaukasisches Rückfallfieber *213*
Kedani-Fieber *231*
Keratitis, herpetische *252*
Keratoconjunctivitis *283*
— herpetische *252*
Keuchhusten . . . . . Text *51, 52*
Kinderlähmung, spinale *265*
KITASATO-Bazillus *48*
KKK (Katzenkratzkrankheit) *289*
KLEBS-LÖFFLER-Bazillus *150*
Klebsiella crouposa *20*
— *ozaenae* *21*
— *pneumoniae* *20*
— *rhinoscleromatis* *22*
KLEBSsche Stäbchen *150*
Kleienflechte *317*
KOCH-Bazillus *177*
KOCH-WEEKS-Bazillus *57*
Kommabazillus *3*
Kokken siehe Diplokokken, Pneumokokken, Staphylokokken, Streptokokken usw.
Konjunktivitis siehe Conjunctivitis
Kopfgrind siehe Favus
Kuhpocken-Virus *247*

L

Lacticus-Streptokokken . . . . . Text *118–137*
Lactobacillus acidophilus *138*
— *bifidus* *139*
Lamblia intestinalis *343*
Lambliasis *343*
Laverania malariae *359*
Leber siehe auch Icterus, Hepatitis
— Pilzinfektion *323*
— Wurminfestation *363*, *364*, *368*, Text *371*, *382*
Leberabszeß *82*, *84*, *86*, *140*, *145*, *347*
Leberegel, chinesischer *369*
— großer *363*
— kleiner *364*
Legio debilitans *265*
— *erebea* *268*
— *simulans* *269*
Leishmania brasiliensis *336*
— *canis* *334*
— *chagasi* *334*
— *donovani* *334*
— *infantum* *334*
— *tropica* *335*
Leishmaniasis infantum *334*
— mucokutane *335*, *336*
— systematische *334*
Lepra *179*
Leprabazillus *179*
Leptospira icterohaemorrhagiae *225*
Leptospirenfieber, kurzfristiges . . . . Text *225*
Leptothrix sp. JAY *144*

L *Nr.*

Lidwinkelconjunctivitis *66*
Listeria monocytogenes *154*
Listeriosis *154*
LMC (lymphocytäre Choriomeningitis) . . *268*
Loa loa *394*
Loaiasis *394*
Loefflerella pseudomallei *2*
LÖFFLER-Bazillus *150*
Lombriz *389*
Louisiana-Pneumonie *244*
Louping-ill-Virus *257*
LUDWIGsche Angina *127*
Lues siehe Syphilis
Lungen siehe auch Pneumonien, Pneumonomykosen
— -abszeß *70*, *86*, *143*, *312*
— -gangrän . . . *5*, *69*, *78*, *82*, *111*, *112*, *127*, *129*, *131*, *133*, *140*, *145*
— Wurminfestation *370*
Lungenegel *370*
Lungenpest *48*
Lungenstreptothrikose *186*
Lymphadenitis . . . . . *49*, Text *289*, *337*
Lymphangitis *323*
Lymphocytäre Choriomeningitis (LMC) . . *268*
— Pseudochoriomeningitis *269*
Lymphogranuloma inguinale *240*
— venereum *240*
Lymphreticulose, benigne infektiöse *289*
Lyssa *270*

M

Madenwurm *390*
Madurafuß und Maduramykose siehe Mycetoma
Madurella mycetomi *329*
Magen-Darm-Trakt siehe Gastrointestinaltrakt
Mal del pinto siehe Pinta
Maladie charbonneuse *156*
— de CRUCHET *260*
— des griffes de chat *289*
— des jeunes porchers . . . . . Text *225*
— de MORAX *66*
— de NICOLAS-FAVRE *240*
Malaria quartana *357*
— tertiana *356*, *358*
— tropica *359*
Malassezia furfur *317*
Maligne Tertiana *359*
Malleomyces mallei *64*
— *pseudomallei* *2*
Maltafieber siehe Brucellosen
Mandschureifieber *290*
Marseille-Fieber *233*
Masern *137*, *250*
— 3-Tage- *251*
— -Virus *250*
Mastoiditis *5*, *78*, *145*
Maul- und Klauenseuche *254*
Mäusepox *247*
Measles *250*
— German *251*
— virus *250*
Measly tapeworm *379*
Medinawurm *396*
Melkerknoten *247*
Meningitis . . . *1*, *5*, *19*, *20*, Text *32–39*, *56*, *85*, *87*, *103*, *107*, *109*, *117*, *149*, *154*, *291*, *318*, *324*
— aseptische *266*, *267*
— cerebrospinalis epidemica *103*
Meningoencephalitis . . . . . *257*, Text *337*
— aseptische . . . . . Text *266*
— diphasische *258*
— herpetische *252*
— undulante *258*
Meningokokken *103*
Meningopneumonie *242*
Merismopedia flava varians *93*
Metagonimus yokogawai *367*
Microbacterium multiforme psittacosis *241*
Microbe de la coqueluche *51*
— rouge de la sardine *26*
— septicémique de la salive *117*
Micrococcus aerogenes *99*
— *albus* *94*
— *anaerobius* *101*

M *Nr.*

Micrococcus aureus *94*
— *candidus* *91*
— *catarrhalis* *104*
— *citreus* *94*
— — *conglomeratus* *92*
— *conglomeratus* *92*
— *epidermidis* *95*
— *foetidus* *127*
— *gazogenes* *112*
— — *alcalescens anaerobius* *112*
— der Gonorrhöe *102*
— *gonorrhoeae* *102*
— *intracellularis* *103*
— *melitensis* *53*
— *meningitidis* *103*
— *ovalis* *124*
— *pelletieri* *189*
— *pyogenes* *94*
— of rabbit septicemia *117*
— *reniformis* *114*
— *scarlatinae* *118*
— *tetragenus* *96*
— *varians* *93*
Microfilaria nocturna . . . . . Text *392–396*
— *nuda* *395*
Micromyces hominis, Gruppe I *226*
— — Gruppe II *228*
Microspira comma *3*
Microsporon furfur *317*
Microsporum audouini *298*
— *canis* *299*
— *gypseum* *300*
— *lanosum* *299*
Microtus australis A . . . . . Text *225*
— *australis B* . . . . . Text *225*
— *autumnalis* . . . . . Text *225*
— *bovis* . . . . . Text *225*
— *canicola* . . . . . Text *225*
— *grippotyphosa* . . . . . Text *225*
— *hebdomadis* . . . . . Text *225*
— *icterohaemorrhagiae* . . . . . Text *225*
— *mitis* . . . . . Text *225*
— *pomona* . . . . . Text *225*
— *pyogenes* . . . . . Text *225*
Mikrosporie *298–300*
Milchfieber, diphasisches *258*
Milchpox *247*
Milchsäurebazillus BOAS und OPPLER . . . *138*
Milz, Pilzinfektion *323*, *324*
— Protozoeninfektion . . . . . *334*, Text *347*
Milzbrand *156*
Minas-Gerais-Fleckfieber *232*
Minute beta-hemolytic streptococcus . . . *121*
Mittelmeerfieber *233*
Mittelohrentzündung siehe Otitis media
Miyagawanella illinii *245*
— *louisianae* *244*
— *lymphogranulomatosis* *240*
— *ornithosis* *242*
— *pneumoniae* *243*
— *psittaci* *241*
Molitor hominis *256*
— *verrucae* *255*
Molluscum contagiosum *256*
— — -Virus *256*
Monilia albicans *320*
Moniliasis *320*
Mononucleose, infektiöse *154*
Monosporium apiospermum *308*
MORAX, maladie de *66*
MORAX-AXENFELD-Bazillus *56*
Moraxella lacunata *66*
— *liquefaciens* *67*
Morbilli *250*
MORGAN-Bazillus Typ 1 . . . . . *29*
Morve *64*
— bacille de la *64*
Moskito-Fieber *285*
MUCH-Bazillus *177*
Mucor corymbifer *291*
Mucormycosis *291*
Muguet *320*
Multiceps multiceps *381*
Mumps *276*
— -Virus *276*
Mumpsorchitis *276*
Murray-Valley-Encephalitis *259*
Mycetoma . *182–184*, *188*, *189*, *200*, *308*, *313*, *329*

(Fortsetzung)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

M *Nr.*

Mycobacterium bovis . . . 178
— *fortuitum* . . . 175
— *giae* . . . 175
— *leprae* . . . 179
— *minetti* . . . 175
— *tuberculosis* . . . 177
— — var. *bovis* . . . 178
— — var. *hominis* . . . 177
— *ulcerans* . . . 176
Mycoplasma fermentans . . . 228
— *hominis* . . . 226, 228
— *salivarium* . . . 227
Myelitis . . . 253
Mykosen . . . 291–329
Myocarditis . . . Text 150

N

Naganakrankheit . . . 332
Nagelringwurm siehe Tinea unguium
Nahrungsmittelvergiftung Text 32–39, 33, 34, 39
Nanuka-yami-Fieber . . . Text 225
NDV (Newcastle-Disease-Virus) . . . 282
Necator americanus . . . 386
Necrobacterium necrophorus . . . 82
Neisseria catarrhalis . . . 104
— *discoides* . . . 113
— *flava* . . . 109
— *flavescens* . . . 107
— *gonorrhoeae* . . . 102
— *haemolysans* . . . 106
— *meningitidis* . . . 103
— *orbiculata* . . . 115
— *perflava* . . . 110
— *reniformis* . . . 114
— *sicca* . . . 105
— *subflava* . . . 108
— *vulvovaginitis* . . . 116
— *weichselbaumii* . . . 103
Nephritis, glomeruläre . . . 121
— Pyelo- . . . 14, 47
Nephrosonephritis, hämorrhagische . . . 290
Neugeborenenconjunctivitis . . . 239
Neugeborenen-Ophthalmoblennorrhöe . . 102
NEUMANN-Bazillus . . . 20
Neurocystis herpetii . . . 252
Neurosyphilis . . . Text 221–224
Newcastle-Disease-Virus (NDV) . . . 282
NICOLAIER-Bazillus . . . 170
NICOLAS-FAVRE, maladie de . . . 240
Nine-mile fever . . . 237
NOCARD-Bazillus . . . 33
Nocardia africana . . . 188
— *asteroides* . . . 180
— *fordii* . . . 190
— *gibsonii* . . . 187
— *leishmanii* . . . 181
— *lutea* . . . 185
— *madurae* . . . 184
— *muris* . . . 90
— *pelletieri* . . . 189
— *pretoriana* . . . 182
— *rangoonensis* . . . 186
— *transvalensis* . . . 183
Nocardiosis . . . 180
Noguchia granulosis . . . 68
Nona . . . 260
Nordafrikanisches Rückfallfieber . . . 204
Nordamerikanische Blastomykose . . . 322
NOVY-Bazillus . . . 159

O

OGATA-Bazillus . . . 40
Oidium albicans . . . 320
OLMERSche Krankheit . . . 233
Onchocerca caecutiens . . . 395
— *volvulus* . . . 395
Onchocerciasis . . . 395
Oncosphäre . . . 379
Onychomykose siehe Tinea unguium
Oospora pelletieri . . . 189
Ophthalmoblennorrhöe . . . 102
— Einschluß- . . . 239
Opisthorchis felineus . . . 368
— *sinensis* . . . 369
— *tenuicollis* . . . 368
Oreillons . . . 276

O *Nr.*

Oriental sore . . . 335
Orientbeule . . . 335
Ornithosis . . . 242
Oroya-Fieber . . . 246
Osteomyelitis . . Text 32–39, Text 94–95, 118, 128, 145, 324
Otitis . . . 5, 27–31, 82, 85, Text 118–137, 145
— media . . . 1, 20, 117, Text 118–137
Otomykose . . . 291, 309, 310, 312
Oxyuris vermicularis . . . 390
Ozaena . . . 21

P

Paludisme tropical . . . 359
PAP (primäre atypische Pneumonie) . . . 284
Papageienkrankheit . . . 241
Pappataci-Fieber . . . 285
— — -Virus . . . 285
Para-aerogenes . . . 23
Paracoccidioides brasiliensis . . . 323
Para-coli . . . 25
Paracolobactrum aerogenoides . . . 23
— *coliforme* . . . 25
— *intermedium* . . . 24
Para-freundii . . . 24
Paragonimus kellicotti . . . 370
— *ringeri* . . . 370
— *westermani* . . . 370
Para-Influenza-Virus . . . 277
Paralyse, akute, atrophische . . . 265
— Muskel-, siehe Poliomyelitis
— progressive, siehe Neurosyphilis
Paralysie infantile spinale . . . 265
Paramaecium coli . . . 360
Paranephritische Abszesse . . . 14
Parangui . . . Text 221–224, 222
Pararauschbrandbazillus . . . 158
Parasmallpox . . . 247
Paratyphus-C-Bazillen . . . Text 32–39, 36
Pärchenegel . . . 371
Paronychia . . . 320
Parota-Abszesse . . . 197
Parotitis epidemica . . . 276
Pasteurella pestis . . . 48
— *pseudotuberculosis* . . . 49
— *tularensis* . . . 50
Patek . . . Text 221–224, 222
Peitschenwurm . . . 383
Penicillium bertai . . . 311
— *crustaceum* . . . 312
— *mycetomagenum* . . . 313
Peptococcus activus . . . 98
— *aerogenes* . . . 99
— *anaerobius* . . . 101
— *constellatus* . . . 100
Peptostreptococcus anaerobis . . . 126
— *evolutus* . . . 134
— *foetidus* . . . 127
— *intermedius* . . . 133
— *lanceolatus* . . . 130
— *micros* . . . 131
— *morbillorum* . . . 137
— *paleopneumoniae* . . . 135
— *parvulus* . . . 132
— *plagarumbelli* . . . 136
— *productus* . . . 129
— *putridus* . . . 128
Pericarditis . . . 117, 181
Peritonitis . . . 14, 27–31, 117, 389
Perniciosa (Malaria) . . . 359
Pertussis . . . 51
Pest . . . 48
Petite vérole volante . . . 248
PFEIFFER-Bazillus . . . 56
Pfeifferella mallei . . . 64
Pferdeanämie, infektiöse . . . 286
Pferde-Encephalomyelitis-Virus . . . 264
Pfriemenschwanz . . . 390
Pharyngitis siehe Atemwege
Pharyngo-conjunctivales Fieber . . . 283
Phialophora pedrosoi . . . 327
— *verrucosa* . . . 328
Phlebotomus-Fieber . . . 285
Phlegmone, perinephritische . . . 127
Pian siehe Frambösie
Pian-bois . . . 336
Piedra alba . . . 316

P *Nr.*

Piedra nigra . . . 314
Piedraia hortai . . . 314
Pilzinfektion . . . 291–329
Pinta . . . Text 221–224, 224
Pinworm . . . 390
Pityriasis capitis . . . 319
— versicolor . . . 317
Pityrosporum malassezii . . . 319
— *ovale* . . . 319
Plasmodium falciparum . . . 359
— *immaculatum* . . . 359
— *malariae* . . . 357
— *ovale* . . . 358
— *perniciosum* . . . 359
— *quartanae* . . . 357
— *tertianae* . . . 356
— *vivax* . . . 356
PLAUT-VINCENTsche Angina . . . 217
Pleuralgie, epidemische . . . 266
Pleuritis 75, 126, 133, 135, 145, 146, 266, Text 347
Pneumobazillus . . . 20
Pneumococcus mucosus . . . Text 117
Pneumocystis carinii . . . 361
Pneumocystose . . . 361
Pneumokokken . . . 117
Pneumonie . Text 117, 20, 32, Text 32–39, 56, 135, 243, 361, 385, 386, 388, 389
— atypische Virus- . . . 277, 278
— FRIEDLÄNDERsche . . . 20
— Illinois- . . . 245
— Louisiana- . . . 244
— primäre atypische . . . 284
— Varicellen-, primäre . . . 248
Pneumonitis (Viruspneumonie) . . . 277, 278
Pneumonomykose . 291, 293, 309–311, 322–324
Pocken . . . 247
— -Virus . . . 247
Polioencephalomyelitis (siehe auch Encephalomyelitis) . . . 258
Poliomyelitis . . . 265
— -Virus . . . 265
Polka-Fieber . . . 274
Polyarthritis . . . Text 118–137
Polycephalus ovinus . . . 381
Poradenitis . . . 240
Pork tapeworm . . . 379
Poxvirus bovis . . . 247
— *officinale* . . . 247
— *variolea* . . . 247
Primäre atypische Pneumonie . . . 284
PRITCHETT-und-STILLMAN-X-Bazillus . . . 58
Proactinomyces muris . . . 90
Propionibacterium acnes . . . 152
Proshigella alkalescens . . . 45
— *dispar* . . . 47
— *sonnei* . . . 46
Proteus entericus . . . 30
— *inconstans* . . . 31
— *mirabilis* . . . 28
— *morganii* . . . 29
— *rettgeri* . . . 30
— *vulgaris* . . . 27
Protomycetum recurrentis . . . 203
Pruritus . . . 385–388, 390, 394, 395
Pseudochoriomeningitis, lymphocytäre . . 269
Pseudomonas aeruginosa . . . 1
— *pseudomallei* . . . 2
— *pyocyanea* . . . 1
Pseudotuberkulose . . . 49
Pseudotyphus, Delhi- . . . 231
Psittakose . . . 241
Puerperalfieber . . . 1, 82, 98, 99, Text 118–137, 126, 128, 131, 133
Purpura . . . 103, 247
Pyämie . . . 88, Text 94–95
Pyelitis . . . 47
Pyelonephritis (s. auch Pyelitis, Nephritis) 14, 47
Pyocyaneusruhr . . . 1
Pyocyaneussepsis . . . 1
Pyogene Streptokokken . . . . Text 118–137

Q

Q-Fieber . . . 237
Quadrilateral fever . . . 237
Quartane . . . 357
Queensland-Fieber . . . 237
Query fever . . . 237

Namen und Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten
(Fortsetzung)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

Q *Nr.*

Quesenbandwurm 381
Quotidiana 359

R

Rabbitpox 247
Rabies 270
— -Virus 270
Rabula inflans 276
Rage 270
Ramibacterium pleuriticum 146
— *pseudoramosum* 148
— *ramosoides* 147
— *ramosum* 145
Rattenbißfieber 7, 90
REO-Virus 267
Retortamonas intestinalis 341
Rhinitis, akute herpetische 252
— atrophische 21
Rhinocladium schenkibeurmanni 325
Rhinosklerom 22
— -bazillus VON FRISCH 22
Rhinosporidiosis 292
Rhinosporidium seeberi 292
RI-Virus 283
Rickettsia akamushi 231
— *akari* 235
— *australis* 234
— *blanci* 233
— *brasiliensis* 232
— *burneti* 237
— — var. *americana* 237
— — var. *caprina* 237
— — var. *henzerling* 237
— *colombiensis* 232
— *conorii* 233
— *(Coxiella) burneti* 237
— *(Dermacentroxenus) akari* 235
— — *australis* 234
— — *conori* 233
— — *rickettsi* 232
— *diaporica* 237
— *exanthematofebri* 230
— *exanthematotyphi* 229
— *fletcheri* 230
— *kairo* 229
— *manchuriae* 230
— *megavi* var. *pijperi* 233
— *megawai* var. *fletcheri* 231
— *megawi* 231
— *mooseri* 230
— *muricola* 230
— *murina* 230
— — *mooseri* 230
— *orientalis* 231
— — var. *schüffneri* 231
— — var. *tropica* 231
— *pediculi* 236
— *prowazeki* var. *mooseri* 230
— — subsp. *typhi* 230
— *prowazekii* 229
— *pseudotyphi* 231
— *psittaci* 241
— *quintana* 236
— *(Rickettsia) orientalis* 231
— *rickettsii* 232
— *sumatranus* 231
— *trachomae* 238
— *trachomatis* 238
— *tsutsugamushi* 231
— — -*orientalis* 231
— *typhi* 230, 232
— *weigli* 236
— *wolhynica* 236
— *(Zinssera) tsutsugamushi* 231
Rickettsiaformis lymphogranulomatosis 240
— *ornithosis* 242
— *pneumoniae* 243
— *psittacosis* 241
Rickettsiose 234, 235
Rift-Valley fever 275
— — — -Virus 275
Rinderbandwurm 380
Rinderdiphtherie 82
Rindertuberkulose 178
Ringwurm siehe Tinea
— tropischer 297
Ristella destillationis 76

R *Nr.*

Ristella fragilis 69
— *furcosa* 70
— *glutinosa* 75
— *melaninogenica* 73
— *putredinis* 74
— *terebrans* 72
— *tricboides* 71
Risus sardonicus . . . . . Text 170
Rocky Mountain spotted fever 232
Rohrzuckerfieber . . . . . Text 225
Roseola, epidemische 251
Röteln 251
Rotz-Bazillus 64
— -krankheit 64
Rougeole 250
Roundworm 389
Rubella 251
— -Virus 251
Rubeola 250, 251
Rückfallfieber 203–215
Ruhr siehe Dysenterie
Ruhramöbe 347
Russische Herbst-Encephalitis 261

S

Sabouraudites audouini 298
— *canis* 299
— *gypseus* 300
Salivary-gland-Virus 280
SALK-Impfstoff . . . . . Text 265
Salmonella aberdeen . . . . . Text 32–39
— *abony* . . . . . Text 32–39
— *abortivoequina* . . . . . Text 32–39
— *abortusequi* . . . . . Text 32–39
— *altendorf* . . . . . Text 32–39
— *amager* . . . . . Text 32–39
— *anatum* . . . . . Text 32–39
— *arechavaleta* . . . . . Text 32–39
— *bareilly* . . . . . Text 32–39
— *bispebjerg* . . . . . Text 32–39
— *blegdam* . . . . . Text 32–39
— *bovismorbificans* . . . . . Text 32–39
— *braenderup* . . . . . Text 32–39
— *brandenburg* . . . . . Text 32–39
— *bredeney* . . . . . Text 32–39
— *budapest* . . . . . Text 32–39
— *carrau* . . . . . Text 32–39
— *cerro* . . . . . Text 32–39
— *chester* . . . . . Text 32–39
— *choleraesuis* . . . . . 32, Text 32–39
— *coeln* . . . . . Text 32–39
— *daressalam* . . . . . Text 32–39
— *derby* . . . . . Text 32–39
— *dublin* . . . . . Text 32–39
— *duesseldorf* . . . . . Text 32–39
— *eastbourne* . . . . . Text 32–39
— *enteritidis* . . . . . Text 32–39, 34
— *essen* . . . . . Text 32–39
— *fayed* . . . . . Text 32–39
— *gallinarum* . . . . . Text 32–39, 39
— — *pullorum* 39
— *gaminara* . . . . . Text 32–39
— *give* . . . . . Text 32–39
— *glostrup* . . . . . Text 32–39
— *goettingen* . . . . . Text 32–39
— *havana* . . . . . Text 32–39
— *heidelberg* . . . . . Text 32–39
— *hirschfeldii* . . . . . Text 32–39, 36
— *hvitting foss* . . . . . Text 32–39
— *irumu* . . . . . Text 32–39
— *kaposvár* . . . . . Text 32–39
— *kirkee* . . . . . Text 32–39
— *kisangani* . . . . . Text 32–39
— *kottbus* . . . . . Text 32–39
— *manchester* . . . . . Text 32–39
— *meleagridis* . . . . . Text 32–39
— *memphis* . . . . . Text 32–39
— *mission* . . . . . Text 32–39
— *montevideo* . . . . . Text 32–39
— *morgani* . . . . . 29, Text 32–39
— *moscow* . . . . . Text 32–39
— *muenchen* . . . . . Text 32–39
— *muenster* . . . . . Text 32–39
— *narashino* . . . . . Text 32–39
— *newbrunswick* . . . . . Text 32–39
— *newington* . . . . . Text 32–39
— *newport* . . . . . Text 32–39

S *Nr.*

Salmonella niloese . . . . . Text 32–39
— *nyborg* . . . . . Text 32–39
— *onarimon* . . . . . Text 32–39
— *onderstepoort* . . . . . Text 32–39
— *oranienburg* . . . . . Text 32–39
— *orientalis* . . . . . Text 32–39
— *oslo* . . . . . Text 32–39
— *panama* . . . . . Text 32–39
— *paratyphi* . . . . . Text 32–39, 37
— *poona* . . . . . Text 32–39
— *pullorum* . . . . . Text 32–39, 39
— *reading* . . . . . Text 32–39
— *rubislaw* . . . . . Text 32–39
— *schleissheim* . . . . . Text 32–39
— *schottmülleri* . . . . . Text 32–39, 38
— *selandia* . . . . . Text 32–39
— *sendai* . . . . . Text 32–39
— *senegal* . . . . . Text 32–39
— *senftenberg* . . . . . Text 32–39
— *shangani* . . . . . Text 32–39
— *stanley* . . . . . Text 32–39
— *thompson* . . . . . Text 32–39
— *typhi* . . . . . Text 32–39, 35
— *typhimurium* . . . . . Text 32–39, 33
— *typhosa* . . . . . Text 32–39, 35
— *uganda* . . . . . Text 32–39
— *vejle* . . . . . Text 32–39
— *virchow* . . . . . Text 32–39
— *waycross* . . . . . Text 32–39
— *wichita* . . . . . Text 32–39
San-Joaquin-Valley-Fieber 293
Sandfly fever 285
São-Paulo-Flecktyphus 232
Sarampión 250
Sarcina ventriculi 97
Sarcocystis lindemanni 338
Scelus recurrens 252
Schaf-Drehkrankheit 381
Schaf-Encephalitis-Virus 257
Schanker, weicher 61
Scharlach . . . . . 118, Text 118–137
Schienbeinfieber 236
Schistosoma haematobium 371
— *japonicum* 372
— *mansoni* 373
Schistosomiasis 371–373
Schizogonie . . . . . Text 356–359
Schizotrypanum cruzi 333
Schlafkrankheit 260
— afrikanische 330, 331
Schlammfieber . . . . . Text 225
Schleimhautleishmaniasis 336
SCHMITZ-Bazillus 41
Schützengrabenfieber 236
Schwarze Haarknötchenkrankheit 314
Schwarzes Fieber 334
Schwarzwasserfieber . . . . . Text 356–359
Schweinebandwurm 379
Schweinehüterkrankheit . . . . . Text 225
Schweinerotlauf 155
Schwimmbadconjunctivitis 239
Schwundkrankheit 54, 55
Sclerostoma duodenale 385
Scrub-Typhus 231
Seatworm 390
Selenomonas sputigena 8
Sendai-Virus 277
Sepsis (siehe auch Pyämie, Puerperalfieber) 1, 9, 19, 32, Text 32–39, 47, 69, 82, 103, 145, 167
Serratia piscatorum 26
— *urinae* 26
Serum-Hepatitis 287, 288
SGV (Salivary-gland-Virus) 280
SHIGA-Bazillus 40
SHIGA-KRUSE-Bazillus 40
Shigella alkalescens . . . . . Text 40–47, 45
— *ambigua* . . . . . Text 40–47, 41
— *arabinotarda* . . . . . Text 40–47, 42
— *boydii* . . . . . Text 40–47, 43
— *ceylonensis A* . . . . . Text 40–47, 46
— *dispar* . . . . . Text 40–47, 47
— *dysenteriae* . . . . . Text 40–47, 40
— *etousae* . . . . . Text 40–47, 43
— *flexneri* . . . . . Text 40–47, 44
— *newcastle* . . . . . Text 40–47, 44
— *paradysenteriae* 44
— *parasbigae* 41
— *rettgeri* 30

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

S *Nr.*

Shigella rio . . . . . Text *40–47, 44*
— *saigonensis* . . . . . Text *40–47, 44*
— *schmitzii* . . . . . Text *40–47, 41*
— *shigae* . . . . . Text *40–47, 40*
— *sonnei* . . . . . Text *40–47, 46*
Shimamushi mite-borne fever *231*
Sinusitis *20, 28*
Smallpox-Virus *247*
Sodoku *7*
Sommergrippe *266*
Sonne-Bazillus *46*
Soor *320*
Sparganosis *376*
Sparganum mansoni *376*
Sphaerophorus floccosus *88*
— *freundii* *85*
— *glycolyticus* *89*
— *influenzaeformis* *87*
— *mortiferus* *84*
— *necrophorus* *82*
— *necroticus* *83*
— *pyogenes* *86*
Spherophorus funduliformis *82*
Spinale Kinderlähmung *265*
Spirillum cholerae asiaticae *3*
— *duttoni* *208*
— *minus* *7*
— *nigrum* *5*
— *sputigenum* *8*
Spirochaeta berbera *204*
— *buccalis* *216*
— *carteri* *205*
— *caucasica* *213*
— *duttoni* *208*
— *graingeri* *219*
— *harveyi* *220*
— *hermsi* *207*
— *hispanica* *206*
— *icterohaemorrhagiae* *225*
— — *japonica* *225*
— *kochi* *215*
— *muris* *7*
— *neotropicalis* *210*
— *novyi* *214*
— *pallida* *221*
— *parkeri* *209*
— *persica* *211*
— *refringens* *218*
— *turicatae* *212*
— *vincenti* *217*
Spirochaete pallida *221*
Spiroschaudinnia recurrentis *203*
Spitzpocken-Virus *248*
Spondylitis . . . . . Text *53–55*
Sporotrichose *325*
Sporotrichum beurmanni *325*
— *schenki* *325*
Sporozoiten . . . . . Text *356–359*
Spulwurm *389*
Staphylococcus activus *98*
— *aerogenes* *99*
— *albus* *94*
— *anaerobius* *101*
— *aureus* *94*
— *citreus* *94*
— *epidermidis* *95*
— — *albus* *95*
— *parvulus* *111*
— *pyogenes albus* *94*
— — *aureus* *94*
— — *citreus* *94*
Staphylocoque doré *94*
Staphylokokken *94, 95, 101*
Starrkrampf *170*
Stechmückenfieber-Virus *285*
St.-Louis-Encephalitis-Virus *263*
Stomatitis, aphthöse (Vincentsche) *252*
— Gingivo- *252*
— katarrhalische *252*
— Pilzinfektionen *320–323*
Street virus *270*
Streptobacillus gangrenae pulmonaris *143*
— *moniliformis* *90*
— *pseudotuberculosis rodentium* *49*
— *pyogenes floccosus* *88*
Streptococcus agalactiae . . . . Text *118–137, 118*
— *anaerobius* . . . . . Text *118–137, 126*
— — *micros* *131*

S *Nr.*

Streptococcus anginosus *121*
— *animalis C* . . . . . Text *118–137, 118*
— *bovis* . . . . . Text *118–137*
— *cremoris* . . . . . Text *118–137*
— *durans* . . . . . Text *118–137, 125*
— *epidemicus* *118*
— *equi* . . . . . Text *118–137, 118*
— *equinus* . . . . . Text *118–137*
— *equisimilis* . . . . . Text *118–137, 119*
— *erysipelatos* *118*
— *evolutus* . . . . . Text *118–137, 134*
— *faecalis* . . . . . Text *118–137, 124*
— *foetidus* . . . . . Text *118–137, 127*
— *haemolyticus* *118*
— *humanus C* . . . . . Text *118–137, 118*
— *intermedius* . . . . . Text *118–137, 133*
— *lactis* . . . . . Text *118–137*
— *lanceolatus* *130*
— *mastitidis* . . . . . Text *118–137, 118*
— *melitensis* *53*
— *micros* . . . . . Text *118–137, 131*
— *minutus* . . . . . Text *118–137, 118*
— *mitis* . . . . . Text *118–137, 123*
— *ovalis* *124*
— *parvulus* *132*
— — *non liquefaciens* *132*
— *productus* *129*
— *putridus* . . . . . Text *118–137, 128*
— *pyogenes* . . . . . Text *118–137, 118*
— — *humanus B* und *C* *119*
— *salivarius* . . . . . Text *118–137, 122*
— *sanguis* *120*
— s. b. e. *120*
— *scarlatinae* *118*
— *Sch.* *134*
— *Schwarzenbeck* *134*
— *thermophilus* . . . . . Text *118–137*
— *viridans* . . . . . Text *118–137, 123*
— *zooepidemicus* . . . . . Text *118–137, 118*
— *zymogenes* . . . . . Text *118–137*
Streptokokken . . . . . Text *118–137, 118*
Streptomyces africanus *188*
— *beddardii* *198*
— *fordii* *190*
— *gedanensis* *194*
— *gibsonii* *187*
— *hortonensis* *197*
— *kimberi* *199*
— *listeri* *195*
— *madurae* *184*
— *odorifer* *193*
— *panjae* *201*
— *pelletieri* *189*
— *somaliensis* *200*
— *upcottii* *196*
— *willmorei* *202*
Streptothrikose der Leber *202*
— der Lungen *186*
Streptothrix cuniculi *82*
— *gedanensis* *194*
— *israeli* *192*
— *madurae* *184*
— *muris ratti* *90*
Strongyloides intestinalis *388*
— *stercoralis* *388*
Strongyloidosis *388*
Strongyloplasma hominis Lipschütz *256*
— *variolae* *247*
Stuttgarter Hundeseuche . . . . . Text *225*
Subtertiana *359*
Südamerikanische Blastomykose *323*
Sumpffieber . . . . . Text *225*
Superinfektionen (Staphylokokken) . Text *94–95*
— (Candida) *320*
Swineherd's disease . . . . . Text *225*
Sycosis parasitaria siehe Tinea barbae
Syndrom Waterhouse-Friedrichsen . . . *103*
Syphilis . . . . . *221*, Text *221–224*

T

Tabardillo *230*
Taenia canina *377*
— *coenurus* *381*
— *dentata* *379*
— *echinococcus* *382*
— *lata* *375*
— *mediocanellata* *380*

T *Nr.*

Taenia multiceps *381*
— *nana* *378*
— *saginata* *380*
— *solium* *379*
Taeniasis *375–382*
Taeniorhynchus saginatus *380*
Tapeworm *375–382*
Tarpeia alpha *278*
— *beta* *279*
— *premens* *281*
Ténia armé *379*
— échinocoque *382*
— à épine *375*
— inerme *380*
Tertiana *356*
— maligne *359*
— simplex *356*
Tetanus-Bazillus *170*
Tétragène *96*
Theileria tsutsugamushi *231*
Thrush *320*
Tibial fever . . . . . Text *225*
Tick-borne encephalitis *258*
— — — virus *258*
Tinea barbae . . . . . Text *294–307, 295*
— capitis . . . . Text *294–307, 295, 298–300, 302, 303, 305, 306*
— corporis (circinata, glabrosa) . Text *294–307, 294–296, 299, 300, 303–306*
— cruris . . . . . Text *294–307, 295, 297, 304*
— imbricata *301*
— nigra *321, 326*
— pedis . . . Text *294–307, 294, 295, 297, 304*
— unguium . *291*, Text *294–307, 294, 297, 304*
— versicolor *317*
Tobiafieber *232*
Tokelau *301*
Tollwut-Virus *270*
Tonga . . . . . Text *221–224, 222*
Tonsillitis . . . . . *20, 99–101*, Text *118–137*
Tortor furens *282*
Torula histolytica *318*
— *mansoni* *321*
Torulameningitis *318*
Torulopsis neoformans *318*
Torulosis *318, 321*
Toxoplasma gondii *337*
— *hominis* *337*
Toxoplasmose *337*
Trachom *68, 238*
Traumatische Herpes *252*
Trench fever *236*
Treponema americanus *224*
— *carateum* *224*
— *herrejoni* *224*
— *mucosum* *223*
— *pallidum* *221*
— *pertenue* *222*
— *pictor* *224*
— *pintae* *224*
— *venezuelense* *210*
Tricercomonas intestinalis *340*
Trichina spiralis *384*
Trichine *384*
Trichinella spiralis *384*
Trichinosis *384*
Trichocephalus dispar *383*
— *suis* *383*
— *trichiuris* *383*
Trichomonas elongata *346*
— *hominis* *344*
— *tenax* *346*
— *vaginalis* *345*
Trichomoniasis *344–346*
Trichophyton asteroides *295*
— *cerebriforme* *302*
— *concentricum* *301*
— *crateriforme* *303*
— *decalvans* *298*
— *flavum* *302*
— *gypseum* *295*
— *interdigitale* *294*
— *mentagrophytes* *295*
— *persicolor* *296*
— *purpureum* *304*
— *quinckeanum* *306*
— *rubrum* *304*
— *schönleini* *307*

Namen und Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten
(Schluß)

Man sucht in diesem Verzeichnis unter dem Namen des Infektionserregers oder der Krankheit die zugeordnete *kursive Bezugszahl* und findet in der Tabelle, S. 601–671, bei der entsprechenden, ebenfalls *kursiv* gedruckten *Bezugszahl* (2. Kolonne) weitere Angaben über diesen Infektionserreger (Synonyme, einige Eigenschaften, Überträger, Krankheit, Empfindlichkeit auf Antibiotica usw.) bzw. über die Infektionskrankheit.

T

Trichophyton tonsurans *303*
— *violaceum* *305*
Trichophytose *294–296, 301–307*
Trichosporum beigeli *316*
— *hortai* *314*
Trichuriasis *383*
Trichuris trichiura *383*
Trifur equorum *286*
Tripeltoxoid . . . . Text *51*, Text *150*, Text *170*
Tripper *102*
Trombidoxenus orientalis *231*
Tropenfieber *359*
Trophozoiten . . . . . Text *356–359*
Tropischer Ringwurm *297*
Trypanosoma brucei *332*
— *cruzi* *333*
— *gambiense* *330*
— *rhodesiense* *331*
Trypanosomiasis *330–333*
Tsutsugamushi-Krankheit *231*
Tuberkelbazillus des Menschen *96, 177*
— Rinder- *178*
Tuberkulose *177, 180*
— Rinder- *178*
Tularämie *50*
Typhus . . . . . Text *32–39, 35, 39*
— -Bazillus *35*
— bénin *230*
— exanthematicus *229*
— Scrub- *231*

U

Überschwemmungsfieber *231*
Unarmed tapeworm *380*
Unbewaffneter Bandwurm *380*
Uncinaria americana *386*
— *duodenalis* *385*
Undulante Meningoencephalitis *258*
Urogenitaltrakt, Abszesse *14, 69*
— Infektionen . . . . . *1, 14, 18, 23, 27–31, 82, 89, 114, 116*, Text *118–137, 153, 226, 228, 345*, Text *347*, Text *371*
Uta *336*

V

Vaccinia *247*
— -Virus *247*
Vaginitis (siehe auch Urogenitaltrakt) . . . *116, 345*, Text *347*
Varicellen *248*
— -pneumonie *248*
— -Virus *248*
Variola *247*
— *major* *247*
— *minor* *247*
— -Virus *247*
Varioloid *247*
Veillonella alcalescens *112*
— *discoides* *113*
— *gazogenes* *112*
— *orbiculus* *115*
— *parvula* *111*
— *reniformis* *114*
— *vulvovaginitidis* *116*
Venerische Erkrankungen, Chancroid . . . *61*
— — Gonorrhöe *102*
— — Granuloma venereum *65*
— — Lymphogranuloma inguinale *240*
— — Syphilis . . . . . *221*, Text *221–224*
Ver de Guinée *396*
— lombricoïde *389*
— solitaire *379*
Vergiftung, Blut-, siehe Sepsis
— Nahrungsmittel- . . . . Text *32–39, 33, 34, 39*
Vérole volante, petite *248*
Verruca vulgaris *255*
Verrucae-Virus *255*
Verrues *255*
Verruga peruana *246*
Verwerfen *54, 55*
Vesikuläre Rickettsiosen *235*
Vibrio cholerae *3*
— *comma* *3*
— *niger* *5*
— *pasteurii* *158*
— *proteus* *4*
— *sputigenus* *8*

V

Vibrio sputorum *6*
Vibrion septique Pasteur et Joubert . . . *158*
Vincent-Bazillus *79*
Vincentsche Angina *79*
— Stomatitis *252*
Virämie *265*
Viridans-Streptokokken . . . . . Text *118–137*
Virus, A-Encephalitis- *260*
— de l'acné varioliforme *256*
— Adeno- *283*
— amaril *271*
— APC- (Adenoidal-Pharyngeal-Conjunctival-) *283*
— ARD- (Acute-Respiratory-Disease-) . . *283*
— der atypischen Hühnerpest *282*
— Australischer X-Disease- *259*
— C-Encephalitis- *263*
— Cat-scratch- *289*
— Chickenpox- *248*
— Chikungunya-disease- *272*
— Colorado-tick-fever- *273*
— Common-cold- *281*
— Common-wart- *255*
— Cowpox- *247*
— Coxsackie- *266*
— Dengue- *274*
— ECHO- *267*
— de la encefalitis del caballo *264*
— — del carnero *257*
— de l'encéphalite du cheval *264*
— — épidémique *260*
— — du mouton *257*
— Encephalitis-lethargica- *260*
— de la enfermedad X *259*
— Epidemic-hemorrhagic-fever- *290*
— der epidemischen Parotitis *276*
— Equine-encephalitis- *264*
— der Erkältung *281*
— de la fièvre aphteuse *254*
— — jaune *271*
— Foot-and-mouth-disease- *254*
— Frühjahr-Sommer-Encephalitis- *258*
— — -Wald-Encephalitis- *258*
— de las garras de gato *289*
— Gelbfieber- *271*
— de la glosopeda *254*
— de la grippe type A *278*
— — type B *279*
— Hepatitis-, A *287*
— Hepatitis-, B *288*
— Herpes- *252*
— — *hominis* *252*
— — *simiae* *253*
— — -simplex- (febrilis) *252*
— — -zoster- *249*
— of infantile paralysis *265*
— der infektiösen Hepatitis *287*
— — Pferdeanämie *286*
— Influenza-A- *278*
— Influenza-B- *279*
— Japanischer B-Encephalitis- *261*
— der Kinderlähmung *265*
— Kuhpocken- *247*
— Louping-ill- *257*
— der lymphocytären Choriomeningitis . . *268*
— — Pseudochoriomeningitis *269*
— de la maladie des griffes de chat *289*
— Masern- *250*
— der Maul- und Klauenseuche *254*
— Measles *250*
— de la méningo-encéphalite verno-estivale *258*
— Molluscuscum-contagiosum- *256*
— Mumps- *276*
— der Newcastle Disease *282*
— ourlien *276*
— papillomateux *255*
— Pappataci-Fieber- *285*
— Para-Influenza- *277*
— de la parotidis epidémica (paperas) . . . *276*
— Pferde-Encephalomyelitis- *264*
— -Pneumonie *278*
— Pocken- *247*
— poliomyélitique *265*
— Poliomyelitis- *265*
— *Pox-, bovis* *247*
— — *officinale* *247*
— — *variolae* *247*
— der primären atypischen Pneumonie . . *284*

V

Virus, Rabies- *270*
— rabique *270*
— del refriado *281*
— du refroidissement *281*
— RI- *283*
— Rift-Valley-fever- *275*
— rougeoleux *250*
— Rubella- *251*
— Salivary-gland- *280*
— del sarampión *250*
— Schaf-Encephalitis- *257*
— der Serum-Hepatitis *288*
— of sheep encephalitis *257*
— Smallpox- *247*
— Spitzpocken- *248*
— Stechmückenfieber- *285*
— St.-Louis-Encephalitis- *263*
— Street- *270*
— Tick-borne-encephalitis- *258*
— Tollwut- *270*
— Vaccinia- *247*
— de la vacuna *247*
— Varicellen- *248*
— Variola- *247*
— variolique *247*
— Verrucae- *255*
— Warzen- *255*
— West-Nil-Encephalitis- *262*
— Windpocken- *248*
— Yellow-fever- *271*
— du zona *249*
Von-Economosche Krankheit *260*
Von-Frisch-Rhinosklerombazillus *22*

W

Wanderfilarie *394*
Warzen, Flach- *255*
Warzen-Virus *255*
Wassermann-Reaktion . . . . . Text *221–224*
«Water sore» *385, 386*
Waterhouse-Friedrichsen-Syndrom . . . *103*
Weeks-Bazillus *57*
Weicher Schanker *61*
Weichselbaum-Bazillus *103*
Weilsche Krankheit *225*
Weinberg et Séguin, Bacille B de *159*
— — Bacille D de *161*
Weiße Haarknötchenkrankheit *316*
Welch-Bazillus *164*
Wellenfieber siehe Brucellosen
West-Nil-Encephalitis *262*
— — — -Virus *262*
Western-Equine-Encephalitis-Fieber *262*
— — — -Virus *264*
Whipworm *383*
Whitmore-Bazillus *2*
Windpocken-Virus *248*
Wolhynica quintanae *236*
Wolhynisches Fieber *236*
Wuchereria bancrofti *392*
— *malayi* *393*

X

X-Disease-Virus, australischer *259*
X-Krankheit, australische *259*

Y

Yaroslavl hemorrhagic fever *290*
Yaws . . . . . Text *221–224, 222*
Yellow fever *271*
— — virus *271*

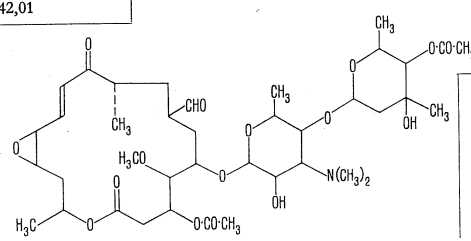
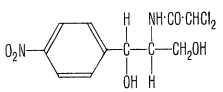
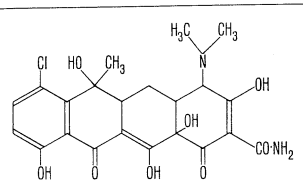
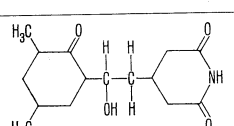
Z

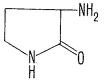
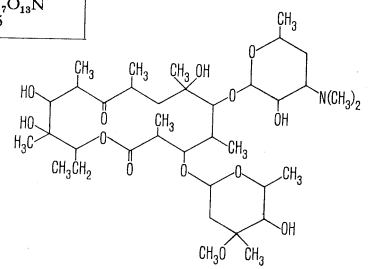
Zeckenbißfieber *233*
Zeckenfieber, nichtexanthematöses *273*
Zellparasiten, epithelische *65*
Ziegenpeter siehe Mumps
Zona *249*
Zuberella serpens *78*
Zwergbandwurm *378*
Zwergdarmegel *366*
Zwergfadenwurm *388*
Zymonema dermatitidis *322*
Zymosarcina ventriculi *97*

Name Synonyme	Mikro-organismus	Formel Mol.-Gew.	Konstitution	Physikalische Eigenschaften *	Stabilität	Toxizität	Bemerkungen (klinische Verwendbarkeit, Resistenz usw.)
Actinomycin C (Actinochrysin)	*Streptomyces antibioticus, Str. chryso-mallus*	$\sim C_{62}H_{89}O_{16}N_{11}$ ~ 1250 Actinomycin C_3: $C_{64}H_{90}O_{16}N_{12}$ 1283,52	Mischung von 4 schwach basischen, chinoiden Chromopeptiden (C_1, C_2, C_{2a}, C_3). Mit Ausnahme von Actinomycin C_3 Struktur noch nicht vollständig geklärt	Actinomycin C_1: Smp. 241–243 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{20} - 349°$ Actinomycin C_2: Smp. 237–239 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{19} - 325°$ Actinomycin C_3: Smp. 232–235 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{19} - 321°$	Thermostabil, außer in Alkalien und starken Säuren	DL_{100} Maus: i.p. 5 mg/kg; p.o. 50 mg/kg Nebenwirkungen beim Menschen: Nausea, Diarrhöe, Pharyngitis, Haarausfall, Vaginitis, Thrombocytopenie, Stomatitis, Hautpigmentierung	Intravenöse Injektion bei Lymphogranulomatose (HODGKINsche Krankheit) und malignen Bindegewebstumoren
Albomycin	*Streptomyces subtropicus*	— > 1300	Basisches, zyklisches, Eisen enthaltendes Polypeptid	UV max.: ~ 290, ~ 420 mμ		Sehr niedrig (ähnlich wie beim Penicillin)	Kokkeninfektionen, einschließlich penicillinresistenter Stämme; septische Komplikationen bei Dysenterie und Masern; penicillinresistente Meningitis durch *Diplococcus pneumoniae;* Rückfallfieber durch *Spirochaeta sogdianum;* Peritonitis, Prostatitis, Urethritis
Amphotericin B	*Streptomyces*-Arten	$C_{46}H_{73}O_{20}N$	Konjugiertes Heptaen von nur teilweise bekannter Konstitution	Smp. 170 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{23,5} - 33,6°$ (in 0,1 n-HCl in Methanol)	Instabil zwischen pH 4 und 10	DL_{50} Maus: i.v. 25 mg/kg Nebenwirkungen beim Menschen: Nausea, Erbrechen, Anorexie, Fieber	Fungicid. Wirksam gegen *Coccidioides, Cryptococcus, Blastomyces* und vor allem *Histoplasma*
Anisomycin	*Streptomyces*-Arten, besonders *Streptomyces griseolus*	$C_{14}H_{19}O_4N$	Unbekannt (basisch)	Smp. 140–141 °C $[\alpha]_D^{23} - 30°$ (in Methanol) UV max.: 224, 227, 283 mμ	Bei Zimmertemperatur stabil; bei saurem pH thermolabil	DL_{50} Maus: p.o. 148 mg/kg	Lokal, bei *Trichomonas*-Vaginitis
Bacitracin (Bacitracin A = Ayfivin)	*Bacillus subtilis, B. licheni-formis*	Bacitracin A: $C_{66}H_{103}O_{16}N_{17}S$ 1470 (gemessen)	Mischung von mehreren schwach basischen Polypeptiden (A, A′, B, C, D, E, F, F_1, F_2, F_3, G). Struktur noch nicht vollständig geklärt	$[\alpha]_D^{23} + 5° \pm 2,5°$ (in 0,02 n-HCl) UV max.: 253 mμ (Bacitracin A)	Thermostabil bei pH 4-5; über pH 9 instabil; in wäßriger Lösung instabil	DL_{50} Maus: i.v. 360 mg/kg; s.c. 1300–2500 mg/kg Beim Menschen nephrotoxische und gastrointestinale Symptome; lokale Nebenwirkungen auf der Haut sind selten	Baktericid und bakteriostatisch. Allgemeine Anwendung nur indiziert bei penicillinresistenten Infektionen usw. Lokal (oder durch Infiltration) bei Abszessen, Ulcera, chirurgischen und anderen Infektionen. Siehe auch S. 624. Dosierung siehe S. 600 und 617. Empfindliche Bakterien entwickeln nur langsam Resistenz
Benzylpenicillin siehe Penicillin G unter Penicilline							

* Schmelzpunkt (Smp.); spezifische optische Drehung [α], in Wasser, wenn nicht anders angegeben (Definition siehe S. 302); Absorptionsmaxima im Ultraviolett (UV max.), in Wasser, wenn nicht anders angegeben.

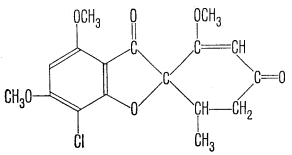
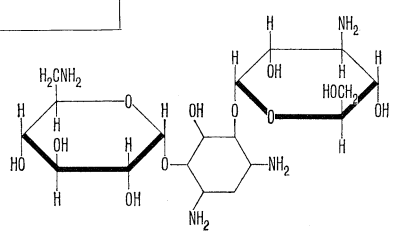
Antibiotica mit erwiesener klinischer Bedeutung (Fortsetzung)

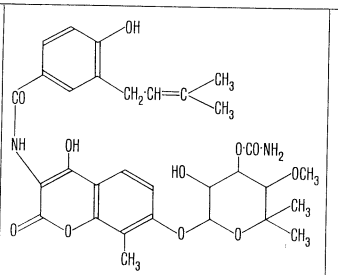
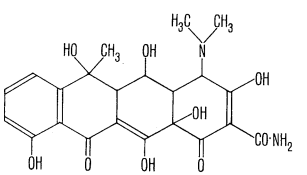
Name Synonyme	Mikro-organismus	Formel Mol.-Gew.	Konstitution	Physikalische Eigenschaften*	Stabilität	Toxizität	Bemerkungen (klinische Verwendbarkeit, Resistenz usw.)
Carbomycin	*Streptomyces halstedii*	$C_{42}H_{67}O_{16}N$ 842,01		Smp. 212–214°C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{25}$ —54° (in Methanol) UV max.: 238, 327 mμ	Am stabilsten bei pH 5–7	DL_{50} Maus: p.o. >3500 mg/kg Perorale Dosen von 2 g täglich werden vom Menschen gut vertragen; gelegentlich Nausea, Erbrechen, Diarrhöe	Peroral bei Infektionen durch GRAM-positive, penicillinresistente Organismen, besonders *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Diplococcus pneumoniae*; bei Enterokokkeninfektionen des Harntraktes, Gonorrhöe, Syphilis. Resistenz wie beim Penicillin. Resistenzüberlappung mit Erythromycin bei Strepto- und Mikrokokken
Chloramphenicol (D-[–]-Threo-1-*p*-nitrophenyl-2-dichloracetylaminopropandiol-1,3)	*Streptomyces venezuelae*, Synthese	$C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$ 323,15	 Die stereochemische Konfiguration (D-Threo-) ist für die antibakterielle Wirkung spezifisch, da die anderen drei möglichen Stereoisomeren inaktiv sind	Smp. 149,7–150,7°C $[\alpha]_D^{25}$ + 19° (in Äthanol) UV max.: 278 mμ	Thermostabil; in Alkali instabil; wäßrige Lösung licht- und wärmeempfindlich	DL_{50} Maus: p.o. 2640 mg/kg Perorale Dosen von 1–2 g täglich werden vom Menschen gut vertragen; Nebenerscheinungen selten, jedoch bekannt als Ursache der aplastischen Anämie (siehe GARROD, L. P., *Lancet*, **6**, 47 [1959]); lokale Hautreizungen geringer als bei Sulfonamiden, Penicillin oder Streptomycin	Breites Spektrum, besonders wirksam bei GRAM-negativen Infektionen und Rickettsiosen. Unwirksam gegen Pilze, Protozoen und kleinere Viren. Peroral und parenteral bei Typhus abdominalis, Bazillendysenterie, Cholera, Gonorrhöe, Lymphogranuloma inguinale, Granuloma venereum, Infektionen des Harn- und Intestinaltraktes, chirurgischen Infektionen, bakterieller Pneumonie, Fleckfieber, Scrub-Typhus (Tsutsugamushikrankheit), Zeckenfieber, Queenslandfieber, Psittacosis, Brucellosen, Tularämie, primären, atypischen Pneumonien, Syphilis, Rückfallfieber, CARRIONscher Krankheit (Bartonellose), unspezifischer Urethritis, Pocken, Frambösie, Ulcus phagedaenicum, Meningitis, Milzbrand. Lokal bei Augeninfektionen, besonders Trachoma. Siehe auch die Tabellen S. 601 ff. Dosierung siehe S. 600. Resistenz wird nicht leicht entwickelt.
Chlortetracyclin	*Streptomyces aureofaciens*	$C_{22}H_{23}O_8N_2Cl$ 478,90		Smp. 168–169°C $[\alpha]_D^{23}$ — 227,9° UV max.: 229, 251, 265, 370 mμ (Hydrochlorid, pH 4,3)	In Alkalien und starken Säuren thermolabil; stabil bei pH 2,5, instabil bei pH 7 und darüber bei 25°C	DL_{50} Maus: i.v. 134 mg/kg; s.c. etwa 3500 mg/kg Perorale Dosen von 15–30 mg/kg täglich werden vom Menschen gut vertragen; Nebenerscheinungen: Nausea, Erbrechen, Diarrhöe, Stomatitis; lokale Hautsensibilisierung tritt weniger auf als bei Sulfonamiden, Penicillin oder Streptomycin	Breites Spektrum, primär bakteriostatisch. Perorale und parenterale Applikation. Siehe Tabellen S. 601 ff. Dosierung siehe S. 600. Resistenz zeigten *Staphylococcus aureus*, gelegentlich *Streptococcus pyogenes*; die resistenten Organismen zeigen Resistenzüberlappung mit anderen Tetracyclinen, nicht aber mit anderen Antibiotica
Cycloheximid	*Streptomyces griseus*, *Str. noursei*	$C_{15}H_{23}O_4N$ 281,36		Smp. 115–116,5°C $[\alpha]_D^{25}$ — 6,8°	Thermostabil	DL_{50} Maus: i.v. 150 mg/kg Injektionen klinisch toxisch	Unwirksam gegen Bakterien und Dermatophyten. Aktiv gegen verschiedene Pilze und Hefen, besonders (in vitro) *Cryptococcus neoformans*. Verwendung in Laboratoriumskulturen zur Isolierung von Mikroorganismen aus Mischkulturen mit saprophyten Pilzen

Cycloserin (D-4-Amino-3-isoxazolidon; PA-94)	*Streptomyces garyphalus*, *Str. orchidaceus*, *Str. lavendulae*, Synthese	$C_3H_6O_2N_2$ 102,10		Smp. 154–155 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{20-25}$ + 115–116° (1,0–1,17 g/100 ml H_2O) UV max.: 226 mμ	Stabil gegen Alkali; thermostabil	DL_{50} Maus: p.o. 5000 mg/kg Nebenwirkungen beim Menschen erscheinen bei mehr als 1 g täglich: Kopfschmerzen, Vertigo, Somnolenz, Anorexie, neurologische Symptome	Per os bei fortgeschrittener Lungentuberkulose, Infektionen des Harntraktes, bakterieller Pneumonie, chronischen Infektionen der oberen Atemwege
Dihydrostreptomycin	Katalytische Hydrierung von Streptomycin	$C_{21}H_{41}O_{12}N_7$ 583,62	Streptomycin, bei dem die –CHO-Gruppe der Streptosekomponente durch $-CH_2OH$ ersetzt ist	Smp. (Sulfat) 255–256 °C $[\alpha]_D^{25}$ — 82 bis — 88,7° (Hydrochlorid)	Gegen Alkali stabiler als Streptomycin	Wie Streptomycin (siehe dieses). Sensibilisierung tritt weniger ein als bei Streptomycin	Siehe Bemerkungen unter Streptomycin
Erythromycin	*Streptomyces erythraeus*	$C_{37}H_{67}O_{13}N$ 733,95		Smp. 136–140 °C $[\alpha]_D^{20}$ — 73,5° (in Methanol) UV max.: 278 mμ	Stabil von —25 bis + 4 °C; bei 37 °C 4 Tage stabil; von 60–100 °C instabil	DL_{50} Maus: s.c. etwa 1800 mg/kg Bis zu Dosen von 300–500 mg beim Menschen im allgemeinen keine toxischen Symptome; höhere Dosen können Magenbeschwerden verursachen. Lokale Hautsensibilisierung tritt weniger auf als bei Sulfonamiden, Penicillin oder Streptomycin	Hochaktiv gegen GRAM-positive Bakterien, einschließlich der Stämme, die gegen Penicillin und Tetracycline resistent sind. Peroral, besonders wirksam bei Pneumonie durch *Diplococcus pneumoniae* und bei Mikro- und Streptokokkeninfektionen, einschließlich Pharyngitis, Tonsillitis, Scharlach, Cellulitis; auch prophylaktisch während Rekonvaleszenz nach Polyarthritis. Dosierung siehe S. 600. *Staphylococcus aureus* und *Streptococcus pyogenes* können Resistenz entwickeln. Keine signifikante Resistenzüberlappung mit anderen Antibiotica, außer Carbomycin
Framycetin (Actilin)	Mit *Streptomyces lavendulae* verwandte *Streptomyces*-Arten	— 1400–1500	Unbekannt	Smp. (Pikrat) 189 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{20}$ — 32°		DL_{50} Maus: i.v. 65 mg/kg Perorale Dosen bis 0,75–2 g täglich werden vom Menschen gut vertragen	Deutliche Hemmung enteraler Bakterien; als Aerosol bei Bronchopneumopathien; lokal bei Staphylokokkeninfektionen
Fumagillin (Phagopedin sigma)	*Aspergillus fumigatus*	$C_{26-27}H_{34-36}O_7$ 436–488 (gemessen)	Monoester der Octatetraen-(1, 3, 5, 7)-dicarbonsäure-(1, 8) mit einem Alkohol nicht vollständig bekannter Konstitution	Smp. 189–194 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{25}$ — 26,6° (in Methanol) UV max.: 239, 304, 322, 336, 351 mμ	Thermolabil	DL_{50} Maus: s.c. 800 mg/kg Perorale Dosen von 5–10 mg täglich werden während 10–12 Tagen vom Menschen gut vertragen; höhere Dosen können abdominale Beschwerden und Hautausschläge verursachen	Peroral, bei intestinaler Amöbiasis, besonders durch *Entamoeba histolytica* (Dosierung: fraktioniert 40–60 mg täglich während 10–14 Tagen)

* Schmelzpunkt (Smp.); spezifische optische Drehung [α], in Wasser, wenn nicht anders angegeben (Definition siehe S. 302); Absorptionsmaxima im Ultraviolett (UV max.), in Wasser, wenn nicht anders angegeben.

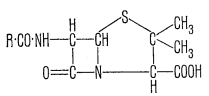
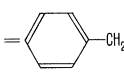
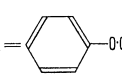
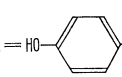
Antibiotica mit erwiesener klinischer Bedeutung (Fortsetzung)

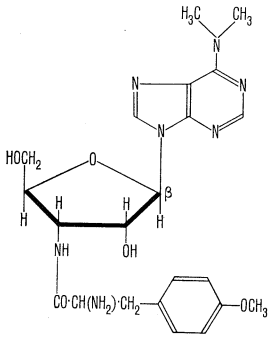
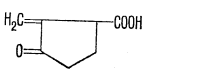
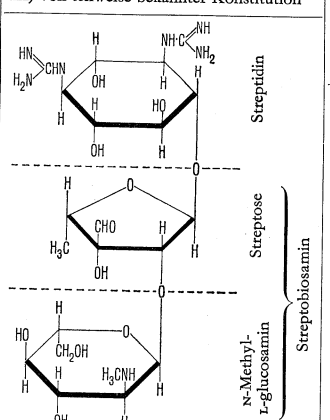
Name Synonyme	Mikro-organismus	Formel Mol.-Gew.	Konstitution	Physikalische Eigenschaften *	Stabilität	Toxizität	Bemerkungen (klinische Verwendbarkeit, Resistenz usw.)
Graraicidin	*Bacillus brevis*	$C_{148}H_{210}O_{26}N_{30}$ (?) 1000–3000 (gemessen)	Zumindest 4 neutrale zyklische Polypeptide. Struktur noch nicht vollständig geklärt	Smp. 228–231 °C $[\alpha]_D^{20} + 3°$ (in Äthanol) UV max.: 271, 281,5, 290,5 mμ	Thermostabil	DL_{100} Maus: i.v. 2,5–5 mg/kg Perorale Dosen von 1000 mg je Kilogramm sind nicht toxisch für Mäuse und Ratten	Bestandteil des Tyrothricins (siehe S. 692). Resistenz wird durch *Staphylococcus aureus* rasch entwickelt
Griseofulvin	*Penicillium griseofulvum*	$C_{17}H_{17}O_6Cl$ 352,5		Smp. 218–221 °C $[\alpha]_D^{17} + 370°$ (in Chloroform) UV max.: 286, 325 mμ	Thermostabil	DL_{50} Ratte: i.v. 400 mg/kg	Fungicide Wirkung (vor allem gegenüber *Microsporum* [*Sabouraudites*], *Trichophyton*, *Epidermophyton*). Peroral bei Tinea capitis, Tinea corporis, Tinea pedis, Onychomycosis. Vgl. S. 652
Kanamycin	*Streptomyces kanamyceticus*	$C_{18}H_{36}N_4O_{11}$ 484,52		$[\alpha]_D^{24} + 146°$ (Base)	Thermostabil	DL_{50} Maus: i.v. 316 mg/kg s.c. 1648 mg/kg oral >10 g/kg Beim Menschen nicht toxisch in parenteralen Dosen bis zu 2 g (aber nicht mehr als 40 g). Bei längerer therapeutischer Verwendung toxische Wirkung auf Niere und achten cranialen Nerv (hyaline und granulierte Zylinder, Tinnitus und Verlust des Gehörs)	Baktericid. Wirksam gegen GRAM-positive und -negative Bakterien, einschließlich Stämme von *Staphylococcus aureus*. Resistenzentwicklung bei *S. aureus* und *E. coli* langsamer als gegen Streptomycin. Vollständige Kreuzresistenz mit Neomycin und teilweise mit Streptomycin
Neomycine (Flavomycin) Neomycin A = Neamin; Neomycin B = Streptothricin BII; Neomycin C = Streptothricin BI	*Streptomyces fradiae* und andere *Streptomyces*-Arten	Neomycin A: $C_{12}H_{24-26}O_6N_4$ Neomycin B, C: $C_{23}H_{46}O_{12}N_6$ od. $C_{23}H_{48}O_{13}N_6$ 507–669 (gemessen)	Unbekannt (basisch). Neomycin A entsteht bei der Methanolyse von Neomycin B und C	Neomycin A: Smp. 250–256 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{25} + 123,5°$ Neomycin B: $[\alpha]_D^{25} + 71°$ (in 0,02 n-NaOH) Neomycin C: $[\alpha]_D^{25} + 110°$ (in 0,02 n-NaOH)	Thermostabil, säure- und alkalibeständig	DL_{50} Maus: p.o. >2880 mg/kg Ohren- und Nierenschädigungen schließen allgemeine parenterale Anwendung aus; perorale Dosen von 6–10 g täglich werden während 1–3 Tagen vom Menschen vertragen. Weniger lokale Hautsensibilisierung als bei Sulfonamiden, Penicillin oder Streptomycin	Primär baktericid. Peroral als Darmasepticum vor intestinalen Operationen, am besten mit Oxytetracyclin kombiniert (siehe S. 617); auch bei Bazillendysenterie, Amöbiasis, Säuglingsdiarrhöe. Lokal bei Augen- und Hautinfektionen und mit Cortisol kombiniert bei Otitis externa. Durch Instillation bei Cervicitis, *Proteus*-Vaginitis, unspezifischer Urethritis. Intraperitoneal bei Peritonitis; intramuskulär bei Infektionen des Harntraktes. Dosierung siehe S. 600. Resistenz ähnlich wie beim Penicillin. Keine bemerkenswerte Resistenzüberlappung mit anderen Antibiotica

Novobiocin (Antibioticum PA-93; Streptonivicin)	*Streptomyces niveus, Str. spheroides*	$C_{31}H_{36}O_{11}N_2$ 612,65		Smp. 152–154°C; 170–172°C (2Formen) $[\alpha]_D^{25}$ — 27° UV max.: 304 mμ (in Phosphatpuffer, pH 7)	Wenn trocken, stabil bei 24°C im Dunkeln; verdünnte, wäßrige Lösungen sind bei pH 2 und 24°C stabil; bei pH 7–10 Halbwertzeit 60 Tage	DL_{50} Maus: p.o. 962–>1000 mg/kg Dosen von 1,5–2 g täglich peroral, 500 mg pro 12 Stunden i.v. oder 250 mg i.m. werden vom Menschen gut vertragen. Bei peroraler Anwendung allergische Dermatitis als Nebenerscheinung häufig, andere selten	Bakteriostatisch. Peroral bei Pneumokokkeninfektionen, FRIEDLÄNDER-Pneumonie, akuter Pharyngitis, Sinusitis, Otitis media, Panophthalmie, Infektionen der Harnwege, Scharlach, Hautmilzbrand, pektoralen Abszessen, akuter Tracheobronchitis, Bakteriämie, Osteomyelitis; Wundinfektionen (besonders durch *Staphylococcus aureus* und *Streptococcus pyogenes*). Resistenz wird in vitro durch *Staphylococcus aureus* ziemlich rasch entwickelt. Keine Resistenzüberlappung mit anderen wichtigen Antibiotica
Nystatin (Fungicidin)	*Streptomyces noursei*	$C_{48}H_{77}O_{19}N$ 922, 956 (gemessen)	Amphoteres Polyengemisch unbekannter Konstitution	Zers. > 160°C $[\alpha]_D^{25}$ + 21° (in Pyridin) UV max.: 280, 291, 304, 318 mμ	Instabil bei pH 2 oder 9	DL_{50} Maus: i.p. 12–21 mg/kg Perorale Dosen von 1,25 g täglich werden vom Menschen ohne erhebliche Nebenerscheinungen vertragen	Fungicid und fungistatisch. Peroral und lokal kombiniert oder nur lokal bei allen Arten von Moniliasis, einschließlich der gastrointestinalen, nach Tetracyclintherapie. Möglicherweise verwendbar zur Abschwemmung der Amöben bei Amöbiasis durch *Entamoeba histolytica*. Keine signifikante Resistenz durch *Candida albicans*. Resistenzüberlappung mit anderen Antibiotica vom Polyentypus, zum Beispiel Trichomycin. Verwendung zur Hemmung der Pilze in Proben, die auf Darmviren untersucht werden sollen
Oleandomycin (Antibioticum PA-105; Amimycin)	*Streptomyces antibioticus*	$C_{35}H_{61}O_{12}N$	Unbekannt (basisch)	Smp. 125–128°C $[\alpha]_D^{25}$ — 54° (Dihydrat in Methanol) UV max.: 286–289 mμ	In wäßriger Lösung bei Zimmertemperatur und pH 2–9 stabil	DL_{50} Maus: i.v. 550 mg/kg Perorale Dosen von 40 mg/kg täglich während 5–8 Tagen werden von Kindern gut vertragen	Peroral bei Kindern mit bakterieller Pneumonie und Staphylokokkenenteritis (Dosierung siehe unter Toxizität). Resistenzüberlappung mit Carbomycin und Erythromycin beschrieben
Oxytetracyclin	*Streptomyces rimosus*	$C_{22}H_{24}O_9N_2$ 460,45		Smp. (Dihydrat) 181–182°C (Zers.) $[\alpha]_D^{25}$ + 26,5° (in Methanol) UV max.: 249, 276, 353 mμ (in Phosphatpuffer, pH 4,5)	Bei saurem pH stabil; bei pH 7 und darüber abnehmende Stabilität bei 37°C	DL_{50} Maus: p.o. 6696–7200 mg/kg Perorale Dosen von 15–30 mg/kg täglich werden vom Menschen meist gut vertragen; Nebenerscheinungen: Nausea, Erbrechen, Diarrhöe, sekundäre Infektion mit hefeähnlichen Organismen; lokale Hautsensibilisierung tritt weniger auf als bei Sulfonamiden, Penicillin, Streptomycin	Breites Spektrum, primär bakteriostatisch. Perorale und parenterale Applikation. Siehe Tabellen S. 601 ff. Dosierung siehe S. 600. Resistenz durch *Staphylococcus aureus*; resistente Organismen zeigen Resistenzüberlappung mit anderen Tetracyclinen, nicht aber mit anderen Antibiotica

* Schmelzpunkt (Smp.); spezifische optische Drehung [α], in Wasser, wenn nicht anders angegeben (Definition siehe S. 302); Absorptionsmaxima im Ultraviolett (UV max.), in Wasser, wenn nicht anders angegeben.

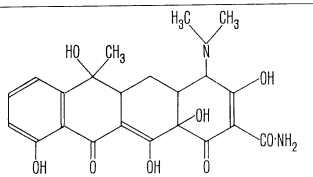
Antibiotica mit erwiesener klinischer Bedeutung (Fortsetzung)

Name Synonyme	Mikro-organismus	Formel Mol.-Gew.	Konstitution	Physikalische Eigenschaften*	Stabilität	Toxizität	Bemerkungen (klinische Verwendbarkeit, Resistenz usw.)
Penicilline (F, Dihydro-F, G, K, O, V, X) Penicillin I = Penicillin F; Penicillin II = Penicillin G; Penicillin III = Penicillin X Chemische Nomenklatur siehe unter Konstitution	*Penicillium notatum* (WESTLING); andere *Penicillium*-Arten, *Aspergillus*-Arten	Penicillin F: $C_{14}H_{20}O_4N_2S$ 312,40 Dihydro-penicillin F: $C_{14}H_{22}O_4N_2S$ 314,41 Penicillin G: $C_{16}H_{18}O_4N_2S$ 334,40 Penicillin K: $C_{16}H_{26}O_4N_2S$ 342,47 Penicillin O: $C_{13}H_{18}O_4N_2S_2$ 330,44 Penicillin V: $C_{16}H_{18}O_5N_2S$ 351,41 Penicillin X: $C_{16}H_{18}O_5N_2S$ 350,40	Allgemeine Formel der Penicilline:  Penicillin F: R = $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH{=}CH{\cdot}CH_2-$ (Δ^2-Pentenyl-) Dihydro-penicillin F: R = $CH_3{\cdot}(CH_2)_4-$ (*n*-Amyl-) Penicillin G: R =  (Benzyl-) Penicillin K: R = $CH_3{\cdot}(CH_2)_6-$ (*n*-Heptyl-) Penicillin O: R = $CH_2{=}CH{\cdot}CH_2{\cdot}S{\cdot}CH_2-$ (Allylmercaptomethyl-) Penicillin V: R =  (Phenoxymethyl-) Penicillin X: R =  (*p*-Hydroxybenzyl-)	Penicillin F: Smp. (Na-Salz) 204–205°C (Zers.) $[\alpha]_D^{20} + 316°$ Penicillin G: Smp. (Na-Salz) 215°C (Zers.) $[\alpha]_D^{25} + 301–305°$ UV max.: 252, 257,5, 264 mμ Penicillin K: $[\alpha]_D^{25} + 258°$ Penicillin V: UV max.: 268, 274 mμ Penicillin X: Smp. (Na-Salz) 228–235°C (Zers.) $[\alpha]_D^{20} + 267°$ UV max.: 278 mμ	Wenn rein, stabil in wäßriger Lösung; instabil, wenn unrein; empfindlich gegen Säuren, Alkalien, Hitze, Penicillinase. Penicillin V ist stabiler als andere Penicilline (sowohl frei wie auch als Salze) und zudem das einzige, das in sauren Medien, zum Beispiel im Magen, stabil ist	Penicilline sind für Tiere, mit Ausnahme des Meerschweinchens, ungiftig. Sensibilisierungsreaktionen beim Menschen reichen von Erythem und Urticaria bis zu ernsthaften Serumerkrankungen, Dermatitis exfoliativa und sogar tödlichem anaphylaktischem Schock (siehe S. 599) und treten am ehesten nach lokaler Anwendung auf. Penicillin O und V sind klinisch ebenso wirksam wie G und etwas leichter verträglich. Personen, die gegenüber Penicillin G empfindlich sind, vertragen zum großen Teil Penicillin O	Bakteriostatisch und langsam baktericid. Über klinische Verwendung siehe S. 601 ff. Applikation fast immer durch intramuskuläre Injektion, gelegentlich peroral, vorzugsweise als Benzathin-Penicillin G. Dosierung siehe S. 600. Der einzige Organismus, der klinisch ernsthafte Resistenz zeigt, ist *Staphylococcus aureus*, dessen resistente Stämme Penicillinase produzieren. Über die Resistenz von Staphylokokken siehe S. 599 und 617
Polymyxin B (Bacillosporin B)	*Bacillus polymyxa*	Polymyxin B_1: $C_{56}H_{99}O_{14}N_{16}$ 1150 ± 50 (gemessen)	Mischung von zwei basischen, zyklischen Polypeptiden (B_1 und B_2), die sich nur in der Fettsäurekomponente unterscheiden	Smp. 228–235°C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{25} - 85,1°$ (in Äthanol)	Thermo- und säurestabil; in Alkalien instabil	DL_{50} Maus: i.v. 6–9 mg/kg; s.c. 68–87 mg/kg Dosen von 2,5 mg/kg i.m. täglich werden vom Menschen ziemlich gut vertragen; minimale nephrotoxische und andere Nebenerscheinungen; peroral gut verträglich; lokale Hautsensibilisierung niedrig im Vergleich mit Sulfonamiden, Penicillin, Streptomycin. Weniger toxisch als andere Polymyxine	Hauptsächlich baktericid. Intramuskulär bei Pertussis und Infektionen mit *E. coli* und *Pseudomonas aeruginosa*. Lokal bei Hornhautulcera durch *Pseudomonas aeruginosa*; auch kombiniert mit Oxytetracyclin und anderen Antibiotica bei vielen Hautinfektionen. Dosierung siehe S. 600. Keine signifikante Resistenz

Puromycin (6-Dimethylamino-9[3′-(*p*-methoxy-L-phenylalanylamino)-β-D-ribofuranosyl]-purin)	*Streptomyces alboniger*; Synthese	$C_{22}H_{29}O_5N_7$ 471,53		Smp. 175,5–177 °C $[\alpha]_D^{25}$ — 11° (in Äthanol) UV max.: 275 mμ (0,1 n-NaOH) 267,5 mμ (0,1 n-HCl)	Thermo- und pH-stabil	DL_{50} Maus: p.o. 678–720 mg/kg Perorale Dosen von 9,5–21 g täglich werden vom Menschen während 8–10 Tagen gut vertragen; gelegentliche Nebenerscheinungen: Kopfschmerzen, Nausea, Asthenie, gastrointestinale Störungen	Trypanostatisch. Peroral bei Trypanosis (*Trypanosoma gambiense*) und akuter ulcerativer oder chronischer Amöbiasis (*Entamoeba histolytica*)
Ristocetin	*Nocardia lurida*	— ~ 5000	Gemisch zweier amorpher Substanzen (Ristocetin A, Ristocetin B) von unbekannter Konstitution; enthält Amino- und phenolische Gruppen sowie Kohlenhydrate	Ristocetin A: $[\alpha]_D^{25}$ —120° bis —133° Ristocetin B: $[\alpha]_D^{25}$ —144° bis —149° UV max.: ~280 mμ		DL_{50} Maus: Ristocetin A (Sulfat) 1350–2000 mg/kg; Ristocetin B (Sulfat) 645–760 mg/kg Die intramuskuläre Gabe führt zu schwerer Gewebsreizung; Ristocetin sollte deshalb nur intravenös gegeben werden. Weitere Nebenerscheinungen: Hautausschlag, Leucopenie, Thrombophlebitis, Fieberschübe und auch allergische Reaktionen	Wirksam gegen GRAM-positive Organismen (Streptokokken, Enterokokken, Pneumokokken, Staphylokokken); eine Wirksamkeit gegen Tuberkelbazillen konnte bisher nur in vitro nachgewiesen werden. Ristocetin ist weniger wirksam als Penicillin, kann aber an dessen Stelle gegen resistente Organismen verwendet werden. Resistenz bei *Staphylococcus aureus* wurde bisher nicht beobachtet. Keine Kreuzresistenz mit anderen Antibiotica. Dosierung: täglich 2–3 g i.v., verteilt auf 3 Injektionen
Sarkomycin (2-Methylen-3-oxo-cyclopentan-carbonsäure)	Verwandte Arten von *Streptomyces erythrochromogenes*	$C_7H_8O_3$ 140,14		(Öl) UV max.: 230 mμ	In wäßriger Lösung 2 Tage haltbar (5 °C)	DL_{50} Maus: p.o. 4800 bis 6400 mg/kg 100 mg/kg täglich i.v. werden von Kindern gut vertragen; Nebenerscheinungen selten	Klinische Besserung bei Fällen von inoperablem Karzinom und malignen Tumoren bei Kindern
Spiramycin	*Streptomyces ambofaciens*	I: $C_{45}H_{78}O_{15}N_2$ II: $C_{47}H_{80}O_{16}N_2$ III: $C_{48}H_{82}O_{16}N_2$	Gemisch amorpher Basen (Spiramycin I, II, III) von teilweise bekannter Konstitution	$[\alpha]_D^{20}$ — 80° (in Methanol) UV max.: 231 mμ	Relativ stabil in wäßriger Lösung	DL_{50} Maus: p.o. > 5000 mg/kg Perorale Dosen bis zu 4 g täglich verursachen beim Menschen keine Nebenerscheinungen	Peroral bei Infektionen mit *Staphylococcus aureus*, bakterieller Pneumonie. Resistenzüberlappung mit Carbomycin und Erythromycin
Streptomycin	*Streptomyces griseus*, *Str. bikiniensis*, *Str. mashuensis*	$C_{21}H_{39}O_{12}N_7$ 581,60		Smp. (Reineckat) 164–165 °C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{25}$ — 79° (Sulfat)	Stabil bei pH 3–7; weniger stabil gegen Erwärmung, Säure und Alkali	DL_{50} Maus: p.o. 9000 mg/kg Wenig toxisch für den Menschen; Nebenerscheinungen: Hautausschlag, Unwohlsein, Fieber, Eosinophilie; bei längerer Anwendung neurotoxische Wirkung auf den N. statoacusticus mit Schwindel, Tinnitus aurium, Taubheit, Ataxie, wobei die Erholung langsam oder unvollständig sein kann	Bakteriostatisch und bakterizid. Wirksam gegen GRAM-negative und -positive Organismen. Über klinische Anwendung siehe Tabellen S. 601 ff. Dosierung siehe S. 600. Resistenz kann von *Mycobacterium tuberculosis* und anderen Organismen rasch entwickelt werden

* Schmelzpunkt (Smp.); spezifische optische Drehung [α], in Wasser, wenn nicht anders angegeben (Definition siehe S. 302); Absorptionsmaxima im Ultraviolett (UV max.), in Wasser, wenn nicht anders angegeben.

Antibiotica mit erwiesener klinischer Bedeutung (Schluß)

Name Synonyme	Mikro-organismus	Formel Mol.-Gew.	Konstitution	Physikalische Eigenschaften*	Stabilität	Toxizität	Bemerkungen (klinische Verwendbarkeit, Resistenz usw.)
Tetracyclin	*Streptomyces*-Arten; Hydrierung von Chlortetracyclin	$C_{22}H_{24}O_8N_2$ 444,45		Smp. 170–175° C (Zersetzung) (Hydrochlorid 214° C) $[\alpha]_D^{25}$ — 239° (in Methanol) UV max.: 220, 268, 355 mμ (in 0,1 n-HCl)	In Lösungen bei pH 7 stabil; weniger stabil in sauren und alkalischen Lösungen	DL_{50} Maus: p.o. 2130–>3000 mg/kg Wenig toxisch für den Menschen; bei peroraler Anwendung gelegentlich Nausea, Erbrechen, Diarrhöe, aber seltener als bei anderen Tetracyclinen; weniger lokale Hautsensibilisierung als mit Sulfonamiden, Penicillin oder Streptomycin	Breites Spektrum, primär bakteriostatisch. Perorale und parenterale Verwendung. Über klinische Verwendung siehe Tabellen S. 601 ff. Dosierung siehe S. 600. *Staphylococcus aureus* und *E. coli* entwickeln Resistenz. Resistente Organismen zeigen Resistenzüberlappung mit anderen Tetracyclinen, nicht aber mit anderen Antibiotica
Trichomycin	*Streptomyces hachijoensis*	Unbekannt	Unbekannt	Smp. 155° C (Zers.) UV max.: 286, 346, 364, 384, 405 mμ	Thermostabil bei pH 7–8,5; instabil bei pH 2	DL_{50} Maus: s.c. 160 mg/kg Perorale Dosen von 50 mg werden vom Menschen vertragen	Peroral oder intravaginal bei Vaginitis durch *Trichomonas vaginalis* oder *Candida albicans*. Lokal bei anderen Infektionen mit *Candida albicans*
Tyrocidin	*Bacillus brevis*	Tyrocidin A: $C_{66}H_{86}O_{13}N_{13}$ 1270 (gemessen) Tyrocidin B: $C_{68}H_{88}O_{13}N_{14}$ 1309,56	Basische, zyklische Polypeptide. Struktur noch nicht vollständig geklärt, Art und Reihenfolge der Aminosäurereste bekannt	Tyrocidin A: Smp. 240–242° C (Zersetzung) $[\alpha]_D^{25}$ — 111° (in 50% Äthanol) UV max.: 290 mμ	Thermostabil	DL_{50} Maus: i.v. 15 mg/kg Perorale Dosen von 1000 mg je Kilogramm sind für Mäuse ungiftig	Bestandteil des Tyrothricins (siehe dieses)
Tyrothricin	*Bacillus brevis*	Siehe unter den einzelnen Bestandteilen	Zur Hauptsache eine Mischung von Gramicidin (10–20%) und Tyrocidin (40–80%), das letztere meist als Hydrochlorid	—	Siehe unter den einzelnen Bestandteilen	DL_{50} Maus: i.v. 3,7 mg/kg Perorale Dosen von 1000 mg je Kilogramm sind für Mäuse und Ratten ungiftig. Beim Menschen schließt die hohe Toxizität die parenterale Verwendung aus (perorale unwirksam); weniger lokale Hautsensibilisierung als bei Sulfonamiden, Penicillin oder Streptomycin	Bakteriostatisch und bakterizid. Lokal bei Infektionen mit Streptokokken, *Diplococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, besonders bei Bronchitis, Tonsillitis, Otitis, Dermatosen, Mastoiditis, Ulcera, Empyemen, Wunden, Verbrennungen, Augeninfektionen; auch kombiniert mit Phenylquecksilberacetat bei *Trichomonas*-Vaginitis. *Staphylococcus aureus* entwickelt Resistenz
Vancomycin	*Streptomyces orientalis*	— 3200–3500 ± 200	Amphotere Substanz unbekannter Konstitution. Enthält Amino- und phenolische Gruppen sowie Kohlenhydrate	UV max.: 282 mμ (Hydrochlorid)		DL_{50} Maus: i.v. 400–500 mg/kg Dosen von 50–100 mg i.v. 3–4mal täglich bis zu 7 Tagen werden vom Menschen gut vertragen	Bakterizid. Intravenös bei Pneumokokkenpneumonie, Streptokokkenpharyngitis, Erysipel. *Staphylococcus aureus* entwickelt nur sehr langsam Resistenz
Viomycin	*Streptomyces floridae*, *Str. vinaceus*, *Str. puniceus*	$C_{17-18}H_{31-35}O_8N_9$	Stark basisches Polypeptid von unbekannter Konstitution	Sulfat: Smp. 252° C (Zers.) $[\alpha]_D^{20}$ — 39,8° (pH 6) UV max.: 268,5 mμ (pH 7)	Sehr stabil in sauren, weniger stabil in alkalischen Lösungen	DL_{50} Maus: i.v. 165–240 mg je Kilogramm; s.c. 1381 mg/kg Nephro- und Neurotoxizität beim Menschen: Erhöhung des Blutharnstoffs, Elektrolytveränderungen im Serum, Störungen des Gehörs und der Vestibularisfunktion, Eosinophilie, Hautausschläge	Wirksam bei Tuberkulose, aber weniger aktiv und toxischer als Streptomycin oder Isoniazid. Intermittierende Therapie (2 g i.m. 2mal wöchentlich) in Verbindung mit Isoniazid oder PAS (nicht Streptomycin). Resistenz von *Mycobacterium tuberculosis* ähnlich der für Streptomycin. Keine Resistenzüberlappung mit Streptomycin oder Neomycin

* Schmelzpunkt (Smp.); spezifische optische Drehung [α], in Wasser, wenn nicht anders angegeben (Definition siehe S. 302); Absorptionsmaxima im Ultraviolett (UV max.), in Wasser, wenn nicht anders angegeben.

Internationale biologische Standard- und Referenzpräparate

Nach *Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, 172, 21 (1959)
Wiedergabe mit Genehmigung der Abteilung für biologische Standardisierung der Welt-Gesundheits-Organisation, Genf

I. Immunologische Präparate

Erhältlich beim Internationalen Laboratorium für biologische Standardpräparate, Statens Seruminstitut, Kopenhagen

1. Antigene

Präparat	Art[1]	Einheit (IE) in mg[2]	Erhältlich in Form von	Einführungsjahr[3]	Literatur[4,5]
Alt-Tuberkulin	S	0,01	Ampullen zu 2 ml (100 000 IE/ml)	1931 1935	*Ph.I.*, Bd. 1, S. 257, 354 (277, 385)
Tuberkulin von Säugetieren (gereinigtes Proteinderivat)	S	0,000 0280	Ampullen zu 10 mg Tuberkulin plus 4 mg Salze (500 000 IE pro Ampulle)	1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 6 (1952)
Tuberkulin von Geflügel (gereinigtes Proteinderivat)	S	0,000 0726	Ampullen zu 10 mg Tuberkulin plus 26,3 mg Salze (500 000 IE pro Ampulle)	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 11 (1955)
Tetanus-Toxoid (alkoholgereinigt)	S	0,03	Ampullen zu 25 mg (420 Lf[6]) des Toxoids plus Glycocoll (833 IE pro Ampulle)	1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 5 (1952)
Diphtherie-Toxoid, einfaches (alkoholgereinigt)	S	0,50	Ampullen zu 50 mg (1730 Lf[6]) des Toxoids plus Glycocoll (100 IE pro Ampulle)	1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 4 (1952); **61**, 1 (1953)
Diphtherie-Toxoid, adsorbiertes	S	0,75	Ampullen zu 80 mg (50 Lf[6]) des Toxoids, auf Aluminiumhydroxyd adsorbiert und getrocknet, plus Lactose (107 IE pro Ampulle)	1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **61**, 1 (1953); **108**, 8 (1956)
Diphtherie-Toxin (SCHICK-Test) (gereinigt)	S	0,0042	Ampullen zu 0,005 mg (0,9 Lf[6]) des Toxins plus 1 mg Rinderalbumin und 2,74 mg Phosphatpuffersalze (900 IE pro Ampulle)	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 7 (1955)
Pertussis-Vaccin (getrocknet)	S	1,5	Ampullen zu 52 mg (34,7 IE pro Ampulle)	1957	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **127**, 5 (1957); **147**, 11 (1958)
Cholera-Antigen (INABA) (getrocknet)	R	—	Ampullen zu etwa 100 mg	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 7 (1954)
Cholera-Antigen (OGAWA) (getrocknet)	R	—	Ampullen zu etwa 100 mg	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 7 (1954)
Cholera-Vaccin (INABA) (getrocknet)	R	—	Ampullen zu 20 mg ($1{,}6 \times 10^{10}$ Bazillen pro Ampulle)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 7 (1954)
Cholera-Vaccin (OGAWA) (getrocknet)	R	—	Ampullen zu 20 mg ($1{,}6 \times 10^{10}$ Bazillen pro Ampulle)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 7 (1954)
Cardiolipin (gereinigt)	R	—	Ampullen zu 4, 8 oder 16 ml einer Äthylalkohollösung des Cardiolipins (6,4 mg Cardiolipin je Milliliter, berechnet nach dem Phosphorinhalt)	1951 1953 1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 8 (1952); **147**, 14 (1958); *Cardiolipin Antigens*, WHO Monograph Nr. 6 (1955)
Lecithin (gereinigtes Rinderherzpräparat)	R	—	Fläschchen zu 30 ml einer Äthylalkohollösung (30,3 mg Lecithin pro Milliliter)	1951 1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 8 (1952); *Cardiolipin Antigens*, WHO Monograph Nr. 6 (1955)
Lecithin (ex ovo, gereinigt)	R	—	Fläschchen zu 30 ml einer Äthylalkohollösung (33,7 mg Lecithin pro Milliliter)	1951 1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 8 (1952); *Cardiolipin Antigens*, WHO Monograph Nr. 6 (1955)

2. Antitoxine und Antisera

Tetanus-Antitoxin (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,3094	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (5 IE/ml)	1928	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **2**, 5 (1950); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 210, 338 (225, 367)
Diphtherie-Antitoxin (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,0628	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (10 IE/ml)	1922	*Ph.I.*, Bd. 1, S. 208, 324 (224, 352)

1) S = Internationales biologisches Standardpräparat; R = Internationales Referenzpräparat.

2) Die angegebene Einheit entspricht jener des jetzigen Präparats.

3) Die Daten beziehen sich auf die Anerkennung des ersten, zweiten usw. internationalen Standard- oder Referenzpräparates.

4) Angegeben werden jeweils nur die offiziellen Mitteilungen der WGO über das entsprechende Präparat. Ausführlichere Auskunft über die Präparate sowie weitere bibliographische Hinweise sind von der WGO, Abteilung für biologische Standardisierung, erhältlich. Für die Jahre 1920–1945 findet sich eine Bibliographie im *Bull. Hlth Org. L.o.N.*, **11**, 1 (1945).

5) *Ph.I.* = *Pharmacopoea Internationalis*, 1. englische Auflage, Bd. 1 (Genf, 1951) und Bd. 2 (Genf, 1955). Die in Klammern gesetzten Seitenzahlen beziehen sich auf die 1. deutsche Ausgabe, Bd. 1 (Stuttgart, 1955) und Bd. 2 (Stuttgart, 1957).

6) 1 Lf-Dosis = diejenige Menge eines Toxins, welche optimale Flockung mit einer Einheit des entsprechenden Antitoxins erzeugt.

Präparat	Art[1]	Einheit (IE) in mg[2]	Erhältlich in Form von	Einführungsjahr[3]	Literatur[4,5]
Diphtherie-Antitoxin für die Flockungsprobe (hyperimmunes Pferdeserum, verdünnt)	R	—	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung unter Zusatz von Phosphatpuffer und mit 0,01 g Mercurothiolat (Natrium-äthylmercurithiosalicylat) pro 100 ml (500 IE/ml)	1935 1938 1945 1956	*Bull. Hlth Org. L.o.N.*, **5**, 577, 695 (1936); **7**, 712, 859 (1938); **12**, 12 (1945/46)
Dysenterie-Serum (SHIGA) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,05	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (200 IE/ml)	1928	*Bull. Hlth Org. L. o. N.*, **4**, 508 (1935); **12**, 20 (1945/46)
Gasgangrän-Antitoxin (Antitoxin von *Clostridium perfringens*, Typ A) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,1132	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (20 IE/ml)	1931 1935 1943 1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **108**, 7 (1956); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 209, 332 (225, 360)
Antitoxin von *Clostridium perfringens*, Typ B (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,0137	Ampullen zu 68,5 mg (5000 IE pro Ampulle)	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 6 (1955)
Antitoxin von *Clostridium perfringens*, Typ D (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,0657	Ampullen zu 65,7 mg (1000 IE pro Ampulle)	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 6 (1955)
Gasgangrän-Antitoxin (Antitoxin von *Clostridium septicum*) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,118	Ampullen zu 59 mg einer Salzlösung unter Zusatz von Phosphatpuffer, 1:3 verdünnt (500 IE pro Ampulle)	1934 1947 1957	*Ph.I.*, Bd. 1, S. 210, 334 (226, 363)
Gasgangrän-Antitoxin (Antitoxin von *Clostridium novyi*) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,1135	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (20 IE/ml)	1934 1952	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **68**, 11 (1953); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 209, 328 (224, 357)
Gasgangrän-Antitoxin (Antitoxin von *Clostridium histolyticum*) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,2	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (20 IE/ml)	1935 1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 17 (1952)
Gasgangrän-Antitoxin (Antitoxin von *Clostridium bifermentans*) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,1334	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (20 IE/ml)	1938	*Bull. Hlth Org. L.o.N.*, **7**, 698, 807 (1938); **8**, 856 (1939); **12**, 21 (1945/46)
α-Staphylokokken-Antitoxin (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,2376	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung unter Zusatz von Phosphatpuffer und mit 0,01 g Mercurothiolat (Natrium-äthylmercurithiosalicylat) pro 100 ml (20 IE/ml)	1934 1938	*Bull. Hlth Org. L. o. N.*, **4**, 6, 68 (1935); **7**, 702, 845 (1938); **12**, 32 (1945/46)
Scharlach-Streptokokken-Antitoxin (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,049	Ampullen zu 490 mg (10 000 IE pro Ampulle)	1952	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **68**, 11 (1953)
Schweinerotlauf-Serum (Anti-N) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,14	Ampullen zu 87,9 mg (628 IE pro Ampulle)	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 10 (1955)
Pneumokokken-Serum (Typ I) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,0886	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (200 IE/ml)	1934	*Bull. Hlth Org. L.o.N.*, **4**, 4, 48, 512 (1935)
Pneumokokken-Serum (Typ II) (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	0,0894	Fläschchen zu 10 ml einer Salzlösung mit 66 Vol.% Glycerin (200 IE/ml)	1934	*Bull. Hlth Org. L.o.N.*, **4**, 5, 65, 512 (1935)
Brucella-abortus-Serum (Rinderserum, getrocknet)	S	0,091	Ampullen zu 91 mg (1000 IE pro Ampulle)	1952	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **68**, 9 (1953)
Q-Fieber-Serum (Rinderserum, getrocknet)	S	0,1017	Ampullen zu 101,7 mg (1000 IE pro Ampulle)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 10 (1954)
Tollwut-Serum (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet)	S	1,0	Ampullen zu 86,6 mg (86,6 IE pro Ampulle)	1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **108**, 11 (1956); *Laboratory Techniques in Rabies*, WHO Monograph Nr. 23 (1954)

1) bis 5) siehe die Noten auf S. 693.

Präparat	Art[1]	Einheit (IE) in mg[2]	Erhältlich in Form von	Einführungsjahr[3]	Literatur[4,5]
Anti-A- (Blutgruppen-) Serum (Menschenserum, getrocknet)	S	0,3465	Ampullen zu 88,7 mg (256 IE pro Ampulle)	1950	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **36**, 10 (1951)
Anti-B- (Blutgruppen-) Serum (Menschenserum, getrocknet)	S	0,3520	Ampullen zu 90,1 mg (256 IE pro Ampulle)	1950	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **36**, 10 (1951)
Syphilis-Serum (Menschenserum, getrocknet)	S	3,617	Ampullen zu 177,4 mg (49 IE pro Ampulle)	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 16 (1958)
Typhus-Serum (hyperimmunes Pferdeserum, getrocknet) (provisorisch)	R	—	Ampullen zu 5 ml getrocknetem Serum	1952	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **68**, 10 (1953); *Bull. Wld Hlth Org.*, **10**, 911 (1954)
Cholera-Agglutinationsserum (INABA) (monospezifisch)	R	—	Ampullen zu 0,6 ml	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 7 (1954)
Cholera-Agglutinationsserum (OGAWA) (monospezifisch)	R	—	Ampullen zu 0,6 ml	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 7 (1954)
Poliomyelitis-Serum (Typ I) (hyperimmunes Affenserum, getrocknet)	R	—	Ampullen zu 1 ml einer 6%-Dextranlösung in destilliertem Wasser, 1:100 verdünnt	1958	WHO/BS 313, 361, 363, 385, 433, 444
Poliomyelitis-Serum (Typ II) (hyperimmunes Affenserum, getrocknet)	R	—	Ampullen zu 1 ml einer 6%-Dextranlösung in destilliertem Wasser, 1:100 verdünnt	1958	WHO/BS 313, 361, 363, 385, 433, 444
Poliomyelitis-Serum (Typ III) (hyperimmunes Affenserum, getrocknet)	R	—	Ampullen zu 1 ml einer 6%-Dextranlösung in destilliertem Wasser, 1:100 verdünnt	1958	WHO/BS 313, 361, 363, 385, 433, 444
Leptospira-saxkoebing-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-ballum-AB-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-canicola-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-sejroe-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-mini-AB-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-grippotyphosa-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-australis-A-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—	Ampullen zu 0,5 ml oder 1,0 ml	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **113** (1956)
Leptospira-icterohaemorrhagiae-AB-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-icterohaemorrhagiae-A-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-hyos-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-autumnalis-AB-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-autumnalis-A-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-pomona-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			

1) bis *5*) siehe die Noten auf S. 693.

Präparat	Art[1]	Einheit (IE) in mg[2]	Erhältlich in Form von	Einführungsjahr[3]	Literatur[4,5]
Leptospira-bataviae-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—	Ampullen zu 0,5 ml oder 1,0 ml	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **113** (1956)
Leptospira-semarang-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-hebdomadis-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-andaman-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-javanica-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
Leptospira-pyrogenes-Serum (hyperimmunes Kaninchenserum, getrocknet)	R	—			
			3. Verschiedenes		
Trübungs-Bezugspräparat (Suspension von Pyrexglasteilchen in Wasser)	R	—	Ampullen zu 20 ml (10 internationale Trübungseinheiten pro Milliliter)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 14 (1954)

II. Pharmakologische Präparate

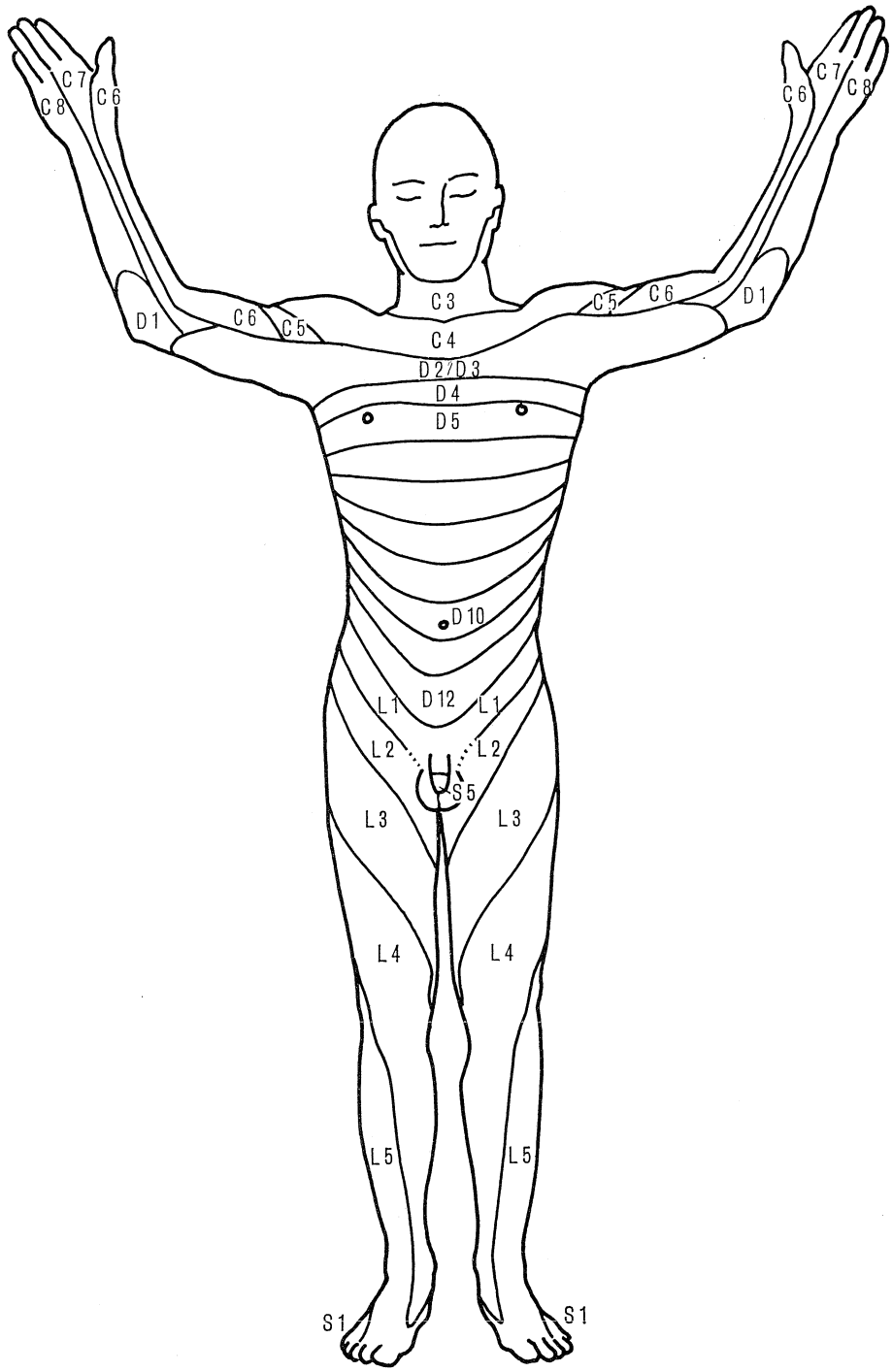
Erhältlich beim Internationalen Laboratorium für biologische Standardpräparate, National Institute for Medical Research, London

			1. Antibiotica		
Penicillin G (Benzylpenicillin-Natrium)	S	0,000 5988	Ampullen zu 30 mg (1670 IE/mg)	1944 1952	*Ph.I.*, Bd. 2, S. 23, 277 (30, 310)
Penicillin K (89,9% reines *n*-Heptylpenicillin-Natrium, 9,6% Dihydropenicillin F, 0,5% Penicillin F)	R	—	Ampullen zu 20 mg	1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 11 (1952)
Phenoxymethylpenicillin	S	0,000 59	Ampullen zu 75 mg (1695 IE/mg)	1957	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **127**, 14 (1957); **147**, 7 (1958)
Streptomycin (-sulfat)	S	0,001 282	Ampullen zu 175 mg (780 IE/mg)	1950 1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **36**, 9 (1951); **147**, 5 (1958); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 198, 279 (227, 312)
Dihydrostreptomycin (-sulfat)	S	0,001 316	Ampullen zu 70 mg (760 IE/mg)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 15 (1954); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 89, 277 (104, 310)
Bacitracin	S	0,0182	Ampullen zu 50 mg (55 IE/mg)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 15 (1954)
Tetracyclin (-hydrochlorid)	S	0,001 01	Ampullen zu 200 mg (990 IE/mg)	1957	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **127**, 13 (1957); **147**, 6 (1958)
Chlortetracyclin (-hydrochlorid)	S	0,001	Ampullen zu 60 mg (1000 IE/mg)	1953	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **86**, 14 (1954); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 37, 276 (43, 309)
Oxytetracyclin (-dihydrat)	S	0,001 11	Ampullen zu 100 mg (900 IE/mg)	1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **108**, 14 (1956); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 179 (206)
Erythromycin (-dihydrat)	S	0,001 053	Ampullen zu 200 mg (950 IE/mg)	1957	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **127**, 13 (1957); **147**, 6 (1958)
Polymyxin-B (-sulfat) (gereinigt)	S	0,000 127	Ampullen zu 19 mg (7874 IE/mg)	1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **108**, 14 (1956)
Neomycin (-sulfat)	R	—	Ampullen zu 100 mg	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 6 (1958)
Nystatin	R	—	Ampullen in Vorbereitung	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 8 (1958)
Novobiocin	R	—	Ampullen in Vorbereitung	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 6 (1958)
Oleandomycin	R	—	Ampullen in Vorbereitung	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 8 (1958)

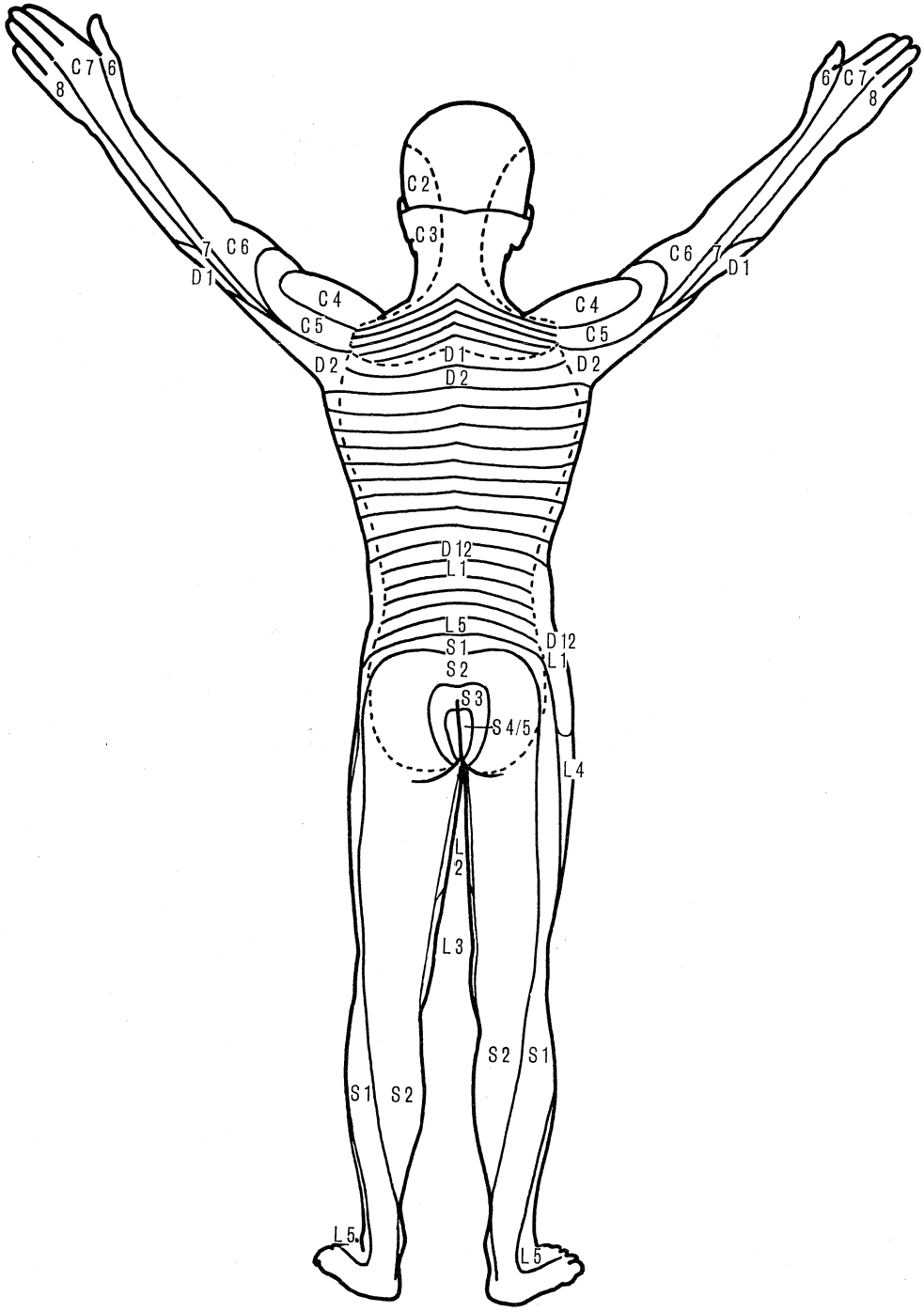
1) bis *5*) siehe die Noten auf S. 693.

Präparat	Art[1]	Einheit (IE) in mg[2]	Erhältlich in Form von	Einführungsjahr[3]	Literatur[4, 5]
			2. Hormone		
Oxytocische, vasokonstriktorische und antidiuretische Substanzen (pulverisierter, acetongetrockneter Rinderhypophysenhinterlappen)	S	0,5	Ampullen zu 30 mg (2 oxytocische, 2 vasokonstriktorische und 2 antidiuretische IE/mg)	1925 1942 1957	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **127**, 15 (1957); **147**, 8 (1958); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 191, 342 (206, 372)
Prolactin (getrocknetes aktives Prinzip von Rinderhypophysenvorderlappen)	S	0,1	Röhrchen zu zehn 10-mg-Tabletten (etwa 100 IE pro Tablette)	1939	*Bull. Hlth Org. L.o.N.*, **12**, 62 (1945/46)
Corticotropin (rohes Hormon von Schweinehypophysenvorderlappen)	S	0,88	Ampullen zu 28 mg (1,14 IE/mg)	1950 1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **36**, 7 (1951); **147**, 8 (1958)
Thyreotropin (gereinigtes Hormon von Rinderhypophysenvorderlappen)	S	13,5	Röhrchen zu zehn 20-mg-Tabletten einer Mischung von 1 Teil Hormon zu 19 Teilen Lactose (etwa 1,48 IE pro Tablette)	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 14 (1955); **108**, 16 (1956)
Wachstumshormon (getrocknetes aktives Prinzip von Hypophysenvorderlappen)	S	1,0	Ampullen zu 30 mg (1 IE/mg)	1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **108**, 16 (1956)
Serumgonadotropin (getrocknetes aktives Prinzip des Serums trächtiger Stuten)	S	0,25	Röhrchen zu zehn 25-mg-Tabletten des mit Lactose verdünnten Prinzips (etwa 100 IE pro Tablette)	1939	*Ph.I.*, Bd. 2, S. 98, 263 (115, 295)
Choriongonadotropin (getrocknetes aktives Prinzip aus dem Urin schwangerer Frauen)	S	0,1	Röhrchen zu fünfundzwanzig 10-mg-Tabletten des mit Lactose verdünnten Prinzips (etwa 100 IE pro Tablette)	1939	*Ph.I.*, Bd. 2, S. 98, 261 (114, 293)
Insulin (gereinigt, 52% Rinder-, 48% Schweinepancreas)	S	0,041 67	Ampullen zu 110–125 mg (24 IE/mg)	1925 1935 1952 1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 9 (1958); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 130, 264 (150, 296)
Heparin (Natriumsalz des gereinigten aktiven Prinzips von Rindergewebe)	S	0,0077	Ampullen zu 20 mg (130 IE/mg)	1942 1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 10 (1958); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 104, 341 (113, 370); Bd. 2, S. 126 (146)
			3. Verschiedenes		
Vitamin D_3	S	0,000 025	Fläschchen zu 10 g einer Lösung in Pflanzenöl (1000 IE/g)	1931[6] 1949	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **3**, 7 (1950); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 369 (402)
Hyaluronidase (getrocknet, von Rindertestes)	S	0,1	Röhrchen zu zehn 20-mg-Tabletten des mit Lactose verdünnten Enzyms (etwa 200 IE pro Tablette)	1955	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **108**, 18 (1956)
Digitalis (getrocknete, pulverisierte Blätter von *Digitalis purpurea*)	S	76,0	Ampullen zu 2500 mg (0,013 16 IE/mg)	1926 1936 1949	*Ph.I.*, Bd. 1, S. 93, 357 (100, 389)
Neoarsphenamin	R	—	Ampullen zu 300 mg	1925 1935 1940	*Ph.I.*, Bd. 1, S. 147, 347 (158, 378)
Sulfarsphenamin	R	—	Ampullen zu 300 mg	1925 1936 1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 17 (1952); *Ph.I.*, Bd. 1, S. 234, 351, (252, 382)
Oxyphenarsin	R	—	Sätze von 3 Ampullen zu: a) 120 mg Oxyphenarsinhydrochlorid, b) 100 mg wasserfreies Natriumcarbonat, c) 500 mg wasserfreie Saccharose	1951	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **56**, 7 (1952); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 176 (202)
Mel B (Melaminyl-4-phenylarsenodithioglycerin)	R	—	Ampullen zu 100 mg	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 16 (1955)
Msb(Natrium-*p*-melaminylphenylstibonat, polymerisiert)	R	—	Ampullen zu 500 mg	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 16 (1955)
Dimercaprol (BAL; 2,3-Dimercaptopropanol)	R	—	Ampullen zu 2 ml	1952	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **68**, 18 (1953); *Ph.I.*, Bd. 2, S. 91, 122, 280 (106, 142, 313)
Protamin	R	—	Ampullen zu 60 mg	1954	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **96**, 14 (1955)
Pyrogen (getrocknetes, gereinigtes O-Antigen der *Shigella dysenteriae*)	R	—	Ampullen zu 2 mg	1958	*Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser.*, **147**, 11 (1958)

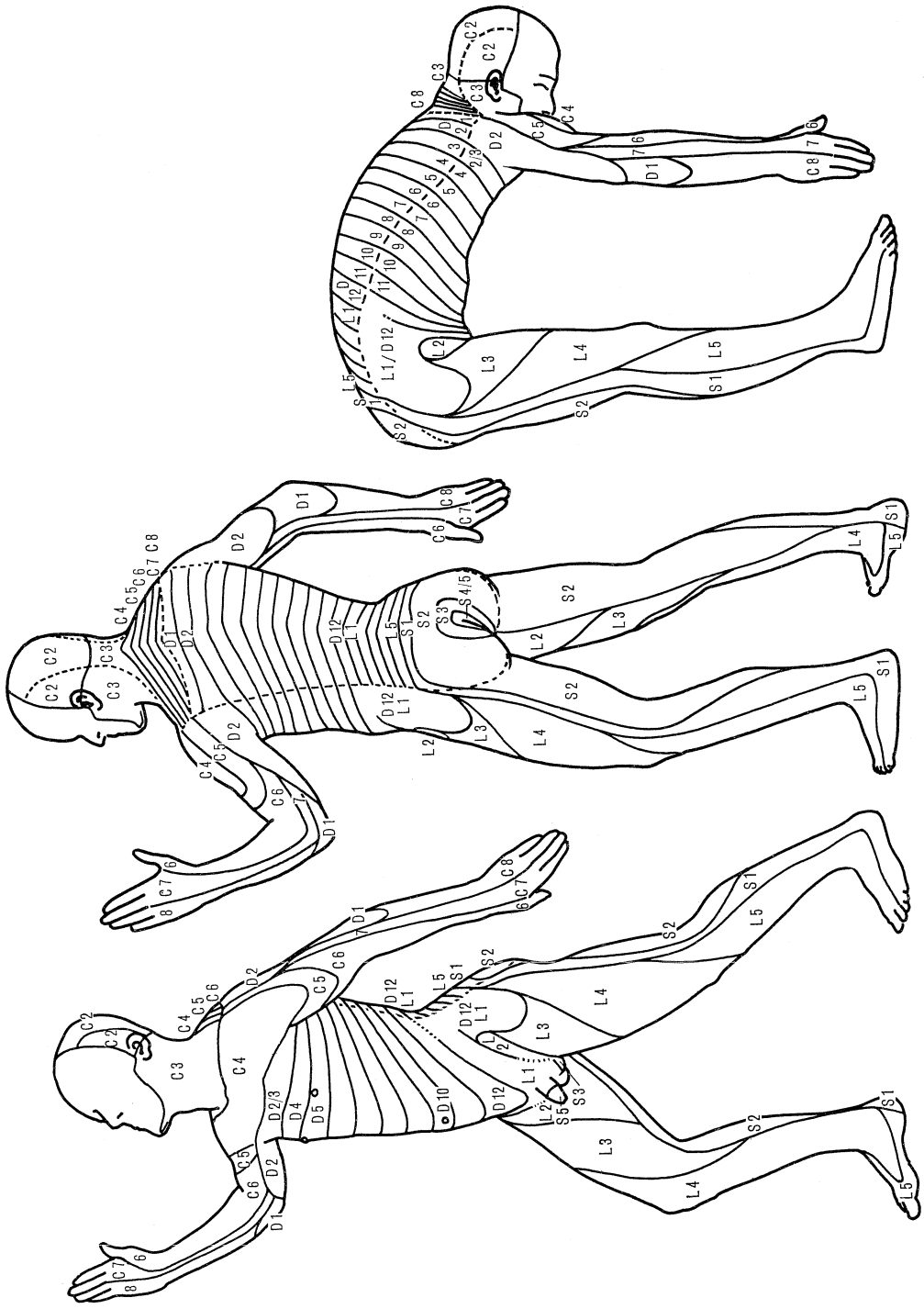
1) bis *5*) siehe die Noten auf S. 693. *6*) Bestrahltes Ergosterin.



1) Nach Alois Brügger und Charlotte Rhonheimer (Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich, Direktor: Prof. Dr. med. H. Krayenbühl), in: Vertebrale, radikuläre und pseudoradikuläre Syndrome, *Acta rheumatologica Geigy*. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.



1) Nach Alois Brügger und Charlotte Rhonheimer (Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich, Direktor: Prof. Dr. med. H. Krayenbühl), in: Vertebrale, radikuläre und pseudoradikuläre Syndrome, *Acta rheumatologica Geigy*. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.



1) Nach Alois Brügger und Charlotte Rhonheimer (Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich, Direktor: Prof. Dr. med. H. Krayenbühl), in: Vertebrale, radikuläre und pseudoradikuläre Syndrome, *Acta rheumatologica Geigy*. Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

A
- [α] (spezifische Drehung) 302
- a (Are) 176
- a (Jahr) 179
- A (Ampere) 190, 193
- A (Blutgruppenantigen) . . . 556, 557, 563
- — — Serum (IE, Standardpräparat) . . 695
- Å (Angström) 174, 175, 206
- Abkürzungen und Symbole
- — — Aminosäuren 320
- — — chemische Elemente 210, 211
- — — Maßeinheiten (Index) 173
- — — Nucleotide 333
- — — physikalische Konstanten . . . 205
- ABO (Blutgruppensystem) 555, 556
- Absoluter Nullpunkt 182
- Absorbierte Dosis 197, 198
- Accelerator factor (Blutgerinnung) . . . 552
- Accelerin (Blutgerinnung) 552
- Acetaldehyd, aus β-Alanin 379
- — alkoholische Gärung 368
- — aus Desoxyribose-5-phosphat . . . 377
- — Thiaminpyrophosphatkomplex . . . 369
- — aus Threonin 375
- Acetale 301
- Acetalphosphatide 350, 353
- — Blut 532
- — Spermatozoen 571
- Acetanilid, Formel und Molekulargewicht 274
- Acetat siehe auch Essigsäure
- — Cholesterin-Biosynthese 399
- Acetate replacing factor siehe α-Liponsäure
- Acetessigsäure, aus Acetylcoenzym A . 371
- — Blut 533
- — Fettsäuren-Abbau 371
- — Harn 503
- — Harn-Routinetest 507
- — aus Leucin 374
- — aus Lysin 376
- — aus Phenylalanin und Tyrosin . . . 376
- — Umrechnung in Aceton 275
- Acetoacetylcoenzym A, Acetessigsäure-Bildung 371
- — Cholesterin-Biosynthese 399
- — Fettsäuren-Abbau 371
- Acetoacetyldesacylase, Fettsäuren-Abbau 371
- Aceton, Bildung 371
- — Blut 533
- — Harn 503
- — Umrechnung in Acetessigsäure . . . 275
- — — in β-Hydroxybuttersäure 275
- Acetondicarbonsäure, Lysin-Abbau . . 376
- Acetonkörper siehe Ketonkörper
- Acetylcholin, Bildung und Funktion . . 404
- — Blut 528
- — und Cholin 438
- — enzymatische Hydrolyse 391
- — Formel und Molekulargewicht . . . 274
- Acetylcholinesterase 391
- Acetylcoenzym A, Acetylierung von Aminen 414
- — — von Cholin 404
- — aus Brenztraubensäure 369
- — aus Cholesterin 379
- — Cholesterin-Biosynthese 399
- — aus Fettsäuren 369–371
- — aus Isoleucin 374
- — aus Leucin 374
- — Mercaptursäuren-Bildung 415
- — aus Nahrungsstoffen (Übersicht) 379, 380
- — aus Norleucin 374
- — aus Norvalin 374
- — aus Phenylalanin und Tyrosin . . . 376
- — aus Serin 375
- — aus Threonin 375
- — und Tricarbonsäure-Zyklus . . 368, 369
- N-Acetyl-S-arylcysteine, Bildung . . . 415
- N-Acetylgalactosamin 308
- N-Acetylglucosamin 308
- N-Acetylglucosaminide, enzymatische Hydrolyse 390
- Acetylglutaminsäure und Harnstoff-Biosynthese 412, 413
- Acetylierung, als Entgiftungsmechanismus 412, 414
- N-Acetyl-S-*p*-jodphenylcystein 415
- S-Acetyl-α-liponsäure 369
- Acetyl-β-methylcholin, enzymatische Hydrolyse 391

Seite

A
- Acetylphenetidin, Formel und Molekulargewicht 274
- Acetylsalicylsäure, Formel und Molekulargewicht 274
- Acetylsulfanilamid, Entgiftungsprodukt 412, 414
- Achlorhydrie 492
- Acidität, Magensaft . . . . . 491 ff.
- Acidose, Definition 510
- — Infusionstherapie 296, 298
- — Nomogramm 511
- Aconitase, Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368
- — Wasseranlagerung an Aconitsäure 368, 376
- Aconitin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
- Aconitsäure, Puffer 277, 278
- — Tricarbonsäure-Zyklus 368
- — Wasseranlagerung 368, 376
- Acrylsäure 357
- ACTH (Adrenocorticotrophic Hormone) siehe Corticotropin
- Actinium, Eigenschaften, Isotope usw. . 223
- Actinium A, Eigenschaften usw. . . . 222
- — B, Eigenschaften usw. 221
- — C, Eigenschaften usw. 221
- — C', Eigenschaften usw. 222
- — C'', Eigenschaften usw. 221
- — K, Eigenschaften usw. 222
- — X, Eigenschaften usw. 222
- Actinochrysin siehe Actinomycin C
- Actinomycin C, Eigenschaften 685
- Actinomycin D, Antitumorwirkung . . 600
- Actinon, Eigenschaften usw. 222
- Actinouran, Eigenschaften usw. 224
- Acyladenosinmonophosphate, Fettsäuren-Oxydation 369
- — Struktur und Funktion 336
- Acyladenylate siehe Acyladenosinmonophosphate
- Acylcoenzym A siehe auch Acetylcoenzym A usw.
- — — Fettsäuren-Oxydation . . . 369, 370
- Acyldehydrogenase, Fettsäuren-Oxydation 370
- Acylglucuronide, Entgiftungsprodukte . 412
- Acylphosphatase 392
- Acylphosphate, enzymatische Hydrolyse 392
- Addisonsche Krankheit und Acidose . 510
- — — Aldosteron-Therapie . . . 401, 463
- — — diagnostische Verwendung von Glucagon 455
- — — Glucocorticosteroid-Therapie . . 461
- — — Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
- — — Ionogramm 509
- — — Mineralocorticosteroid-Therapie 462
- — — Speichel, Na/K-Verhältnis . . . 513
- Adenase, Adenylsäure-Abbau . . . 378, 379
- Adenin 328
- — Abbau 378, 379
- — Adenylsäure-Abbau 378
- Adenincobalamin (Vitamin B_{12}) 432
- Adenindesaminase siehe Adenase
- Adenindesoxyribosid siehe Desoxyadenosin
- Adeninnucleotid siehe Adenosinmonophosphat
- Adeninribosid siehe Adenosin
- Adeninribotid siehe Adenosinmonophosphat
- Adenohypophyse siehe Hypophysenvorderlappen
- Adenosin 329
- — Adenylsäure-Abbau 378
- — Blut 528
- — enzymatische Desaminierung . . . 394
- Adenosindesaminase 394
- — Adenylsäure-Abbau 378, 379
- Adenosindiphosphat (ADP) 333
- — Carboxylierungsreaktionen 398
- — Energieumwandlungen 381
- — Glutathion-Bildung 408
- — Glycolyse 367, 368
- — Guanylsäure-Bildung 407
- — Harnstoff-Biosynthese . . . . . 412 ff.
- — Inosinsäure-Bildung 405
- — Phosphobrenztraubensäure-Bildung 411
- — Pyrimidin-Biosynthese 409

Seite

A
- Adenosindiphosphat (ADP)
- — Schwefelsäureester-Bildung 415
- Adenosindiphosphoasparaginsäure . . 336
- Adenosindiphosphoflavinadonit 335
- Adenosindiphosphoglutaminsäure . . . 336
- Adenosindiphosphonicotinamidribosid siehe Diphosphopyridinnucleotid
- Adenosinmonophosphat (AMP) . . . 333
- — Abbau 378, 379
- — Bildung 406
- — Energieumwandlungen 381
- — enzymatische Desaminierung . . . 394
- — — Hydrolyse 394
- — und Glycin-Gallensäure-Konjugate . 408
- — Harnstoff-Biosynthese . . . . . 412 ff.
- — Inosinsäure-Bildung 405, 406
- Adenosin-3'-phosphat-5'-phosphosulfat 337
- — Schwefelsäureester-Bildung 415
- Adenosin-5'-phosphosulfat 337
- — Schwefelsäureester-Bildung 415
- Adenosinpolyphosphatase, Blut 534
- Adenosintriphosphat (ATP) 333
- — Bildung 381
- — Blut 528
- — Carboxylierungsreaktion 398
- — Cephalin- und Lecithin-Biosynthese . 398
- — Energieumwandlungen 381
- — Entgiftung aromatischer Säuren . . 415
- — — von Gallensäuren 408
- — — von Phenylessigsäure 415
- — Fettsäuren-Oxydation . . . . . 369 ff.
- — Glutamin-Bildung 404
- — Glutathion-Bildung 408
- — Glycolyse 367
- — Guanylsäure-Bildung 407
- — Harnstoff-Biosynthese . . . . . 412 ff.
- — Inosinsäure-Bildung 405, 406
- — Isoleucin-Abbau 374
- — Leucin-Abbau 374
- — Phosphobrenztraubensäure-Bildung 411
- — Pyrimidin-Biosynthese 409
- — Reaktion mit Creatin 408
- S-Adenosylmethionin 407, 408
- Adenylfettsäuren siehe Acyladenosinmonophosphate
- Adenylsäure siehe Adenosinmonophosphat
- Adenylsäuredesaminase 394
- — Adenylsäure-Abbau 378, 379
- Adenylsäurekinase, Energieumwandlungen 381
- Adenylthiomethylpentose, Vitamin L_2 . 441
- Adermin siehe Vitamin B_6
- ADH (Antidiuretic Hormone) siehe Vasopressin 447
- Adonit 313
- Adonose siehe Ribulose 307
- ADP siehe Adenosindiphosphat
- Adrenalin 451, 452
- — Biosynthese 409
- — Corticotropin-Sekretion 444
- — Formel und Molekulargewicht . 274, 451
- Adrenochrom 451
- Adrenocorticotropin siehe Corticotropin
- Adrenogenitales Syndrom, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide . 460
- Adrenolutin 451
- Adrenosteron und Androgene 465
- — Biosynthese 400, 401
- — Struktur 457, 465
- *Aerobacter aerogenes* siehe auch Index . . 676
- — — Histidin-Abbau 373
- Afibrinogenämie 526
- Agglutinine (Blutgruppen) 555
- Akromegalie, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
- — und Wachstumshormon 446
- Aktivität, spezifische, von Radioisotopen 197
- Akustische Maßeinheiten 201, 202
- — Schmerzgrenze 201
- α-Alanin 320
- — Abbau 373
- — Blut 527
- — aus Glucose 395
- — Harn 498
- — Muttermilch 485
- — in Plasmaproteinen 525
- — Transaminierung 372
- — Tryptophan-Abbau 377

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

A
β-Alanin . . . 324
— aus Asparaginsäure . . . 372
— Bildung und Funktion . . . 404
— aus Cytosin und Uracil . . . 379
— Transaminierung mit α-Ketoglutarsäure . . . 372, 379
Albinismus, Melanin-Bildung . . . 410
Albomycin, Eigenschaften . . . 685
Albumin, Aminosäurenzusammensetzung . . . 525
— Blut . . . 523ff.
— elektrophoretische Beweglichkeit . 522
— Liquor . . . 565
— und onkotischer Druck . . . 510
— Pancreassaft . . . 493
Albuminantikörper (Blutgruppen) . . . 555
Alcapton siehe Homogentisinsäure
Alcaptonurie siehe Alkaptonurie
Aldehyde, enzymatische Oxydation . . 394
— Liquor . . . 566
ALDER-Methode (Blutsenkung) . . . 519
Aldolase, Blut . . . 534
— Desoxyribose-5-phosphat-Abbau . . 377
— Glycolyse . . . 367, 368
Aldonsäuren . . . 305, 314
Aldosen . . . 301, 303
— Konfigurationsbeziehungen . . . 303
Aldosteron . . . 458, 462ff.
— Biosynthese . . . 400, 401
— Gehalt der Nebenniere an . . . 458
— Struktur . . . 457, 462
Aldosteronismus, primärer . . . 401, 463
Alizaringelb, Umschlagbereich . . . 279
Alkalireserve (CO_2-Bindungsvermögen) und Acidosen, Alkalosen . . . 510ff.
— Blut . . . 541, 542
— Definition . . . 541
— Liquor . . . 565
Alkalische Phosphatase siehe Phosphatase
Alkalose, Definition . . . 510
— Infusionstherapie . . . 296, 299
— Nomogramm . . . 511
Alkaptonurie . . . 376
Alkohole siehe auch Äthylalkohol usw.
— Entgiftung im Körper . . . 412
— mehrwertige . . . 305, 313
Alkoholische Gärung . . . 366, 368
Alkoxyglyceride . . . 351
Alkylglucuronide, Entgiftungsprodukte 412
Alkylhalogenide, Entgiftung im Körper 412
Allantoin, Abbau . . . 379
— Blut . . . 528
— Harn . . . 501
— Purinstoffwechsel . . . 378, 379
ALLEN-DOISY-Test (Östrogene) . . . 464
Allopregnan, Strukturformel und Derivate . . . 457
Allopregnandiol, Harn . . . 467
— Struktur . . . 457
Allopregnanolon, Struktur . . . 457
Allose . . . 303
Allulose . . . 304
Allylisothiocyanat, Formel und Molekulargewicht . . . 274
N-Allylnormorphin siehe Nalorphin
Alphabet, griechisches . . . 9
Alter, Blut, Androgene . . . 465
— — Eisen . . . 540
— — Pepsinogen . . . 536
— — proteingebundenes Jod und Cholesterin . . . 541
— — Wasserstoffionenkonzentration . 521
— Blutdruck . . . 598
— Grundumsatz . . . 592ff.
— Harn, Creatin und Creatinin . . . 500
— — 17-Ketosteroide . . . 466
— — Volumen . . . 497
— Magensaft, Säure . . . 491
— Magensaft-Sekretion . . . 492
— Vitalkapazität . . . 590
Altgrad, Altminute usw. . . . 180, 181
Altroheptulose siehe Sedoheptulose
Altrose . . . 303
Alt-Tuberkulin, IE, Standardpräparat . 693
Aluminium, Eigenschaften, Isotope usw. 213
— Blut . . . 540
— Harn . . . 504
— Körper und Organe . . . 486
— Liquor . . . 566

Seite

A
Ameisensäure . . . 355
— aus Histidin . . . 373
— Kaffee . . . 483
Americium, Eigenschaften, Isotope usw. 226
Amimycin siehe Oleandomycin
Amine, Acetylierung im Körper . . . 414
α-Aminoacrylsäure, Cystein- und Cystin-Abbau . . . 375
— Serin-Abbau . . . 375
Aminoacyladenosinmonophosphate . . 336
α-Aminoadipinsäure . . . 324
— Lysin-Abbau . . . 376
α-Aminoadipinsäuresemialdehyd, Lysin-Abbau . . . 376
Aminoäthansulfonsäure siehe Taurin
Aminoäthylalkohol siehe Äthanolamin
p-Aminobenzoesäure siehe Paraaminobenzoesäure
Aminobenzoylbrenztraubensäure, Tryptophan-Abbau . . . 377
Aminobernsteinsäure siehe Asparaginsäure
α-Aminobuttersäure . . . 324
— Abbau . . . 374
γ-Aminobuttersäure . . . 324
— Funktion . . . 404
— aus Glutaminsäure . . . 372
— Transaminierung . . . 372
α-Aminocapronsäure siehe Norleucin
α-Amino-γ-carbamylbuttersäure siehe Glutamin
α-Amino-β-carbamylpropionsäure siehe Asparagin
5-Amino-4-carboxamidoimidazolribotid, Inosinsäure-Bildung . . . 406
5-Amino-4-carboxyimidazolribotid, Inosinsäure-Bildung . . . 406
α-Aminocrotonsäure, Homoserin-Abbau 375
— aus Threonin . . . 375
2-Amino-2-desoxygalactose . . . 307
2-Amino-2-desoxyglucose . . . 308
Aminodiabetes und Vitamin D . . . 418
Aminoessigsäure siehe Glycin
α-Aminoglutarsäure siehe Glutaminsäure
α-Amino-δ-guanidylvaleriansäure siehe Arginin
p-Aminohippuratclearance . . . 515
2-Amino-3-hydroxybenzoylbrenztraubensäure, Tryptophan-Abbau . . . 377
α-Amino-β-hydroxybuttersäure siehe Threonin
α-Amino-γ-hydroxybuttersäure siehe Homoserin
α-Amino-β-[*p*-hydroxyphenyl]-propionsäure siehe Tyrosin
α-Amino-β-hydroxypropionsäure siehe Serin
2-Amino-6-hydroxypurin siehe Guanin
6-Amino-2-hydroxypyrimidin siehe Cytosin
5-Aminoimidazol-4-carboxamidribotid . 332
5-Aminoimidazolribotid . . . 332
— Inosinsäure-Bildung . . . 405, 406
α-Amino-β-[4-imidazolyl]-propionsäure siehe Histidin
α-Amino-β-[3-indolyl]-propionsäure siehe Tryptophan
β-Aminoisobuttersäure . . . 324
— Harn . . . 379, 498
— Thymin-Abbau . . . 379
α-Aminoisocapronsäure siehe Leucin
α-Aminoisovaleriansäure siehe Valin
Aminoisoxazolidon siehe Cycloserin
α-Amino-β-ketoadipinsäure, Porphyrin-Biosynthese . . . 407
— Glycin-Abbau . . . 375
δ-Aminolävulinsäure . . . 324
— Glycin-Abbau . . . 375
— Porphyrin-Biosynthese . . . 407
α-Amino-γ-methylmerkaptobuttersäure siehe Methionin
α-Amino-β-methylvaleriansäure . . . 322
Aminophenazon siehe Aminopyrin
α-Amino-β-phenylpropionsäure siehe Phenylalanin
Aminopherase siehe Glutaminsäure-Oxalessigsäuretransaminase
Aminophyllin, Formel und Molekulargewicht . . . 274

Seite

A
α-Aminopropionsäure siehe α-Alanin
β-Aminopropionsäure siehe β-Alanin
Aminopteroylglutaminsäure . . . 431
6-Aminopurin siehe Adenin
Aminopyrin, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Aminoribotid, Inosinsäure-Bildung . . 405
p-Aminosalicylsäure siehe Paraaminosalicylsäure
Aminosäuren . . . 319ff.
— Abbau . . . 371ff.
— — und Insulin . . . 453
— Abkürzung . . . 320ff.
— Blut . . . 527
— — und Corticosteroide . . . 461
— — und Progesteron . . . 468
— — und Wachstumshormon . . . 446
— Casein . . . 485
— Decarboxylierung . . . 372
— Desaminierung und Transaminierung . . . 371, 372
— essentielle, Tagesbedarf . . . 470
— freie, Eigenschaften . . . 324ff.
— — Blut . . . 527
— Funktion . . . 320ff.
— Harn . . . 498
— Hydroxy-, Abbau . . . 375
— Konfiguration . . . 319
— Liquor . . . 565
— Löslichkeit . . . 320ff.
— Kohlenhydrate aus . . . 410, 411
— mikrobiologische Bestimmung . . 320ff.
— Mutter- und Kuhmilch . . . 484, 485
— Nahrungsmittel . . . 471
— nichtessentielle, Bildung . . . 403
— — aus Glucose . . . 395
— physikalische und chemische Eigenschaften . . . 320ff.
— in Plasmaproteinen . . . 525
— in Proteinen . . . 320ff.
— quantitative Bestimmung . . . 319
— Speichel . . . 487
— Sperma . . . 569
— Spermatozoen . . . 571
— spezifische Drehung . . . 320ff.
— Stoffwechsel und Vitamin B_6 . . . 424
— Vorkommen . . . 320ff.
— Zellbestandteile aus . . . 404ff.
Aminosäureoxydase . . . 371
— Ornithin-Abbau . . . 373
5-Amino-4-succinocarboxamidoimidazolribotid, Inosinsäure-Bildung . . . 406
α-Amino-β-thiolpropionsäure siehe Cystein
Aminotripeptidase . . . 386, 387
α-Amino-δ-ureido-*n*-valeriansäure siehe Citrullin
α-Amino-α-vinylessigsäure, Homocystein-Abbau . . . 375
— Homoserin-Abbau . . . 375
Aminoxydase, Hydroxytryptamin-Abbau 410
Aminozucker, Harn . . . 502
Ammoniak, Blut . . . 528
— Harn . . . 498, 514
— Harnstoff-Biosynthese . . . 412, 413
— Lösungen, spezifisches Gewicht . . 283
— Magensaft . . . 491
— Muttermilch . . . 485
— Pancreassaft . . . 494
— Speichel . . . 487
— Umrechnung in Ammoniak-N und umgekehrt . . . 275
— Zehntelnormallösung . . . 276
Ammoniumchlorid, isotonische Lösung 295
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
— Zehntelnormallösung . . . 276
Ammoniumhydroxyd, Zehntelnormallösung . . . 276
Ammonium-Magnesium-Phosphate, Harnsedimente . . . 505
Ammoniumnitrat, Zehntelnormallösung 276
Ammoniumsulfat, Zehntelnormallösung 276
Ammoniumthiocyanat, Zehntelnormallösung . . . 276
Amöbiasis . . . 658
AMP siehe Adenosinmonophosphat
Ampere (A) . . . 190, 193
Ampèresche magnetische Polstärke . . 195
Ampèresches magnetisches Moment . . 195

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

A Amphetamin, Formel und Molekulargewicht 274
Amphotericin B, Eigenschaften 685
— bei Pilzinfektionen . . . . . 651ff.
Amygdalin, enzymatische Hydrolyse . . 389
Amylase, Blut 534
— Eigenschaften 388
— Harn 503
— Speichel 488
Amylnitrit, Formel und Molekulargewicht 274
Amylo-1,6-glucosidase 389
Amylopektin (α-Amylose) 316
— enzymatische Hydrolyse 388
Amylose (β-Amylose) 316
— enzymatische Hydrolyse 388
Amylum siehe Stärke
Anämien, Erythrocyten, osmotische Resistenz 522
— — Porphyringehalt 549
— und Folsäure 430
— und Infektionskrankheiten siehe Index . . . . . 676ff.
— Magensaftsekretion 492
— und Reticulocyten 545
— und Vitamin B_{12} 434
Androgene 465
— Anwendung 468
— Biosynthese 401
— Funktion 468
Androstan, Strukturformel und Derivate 457
Androstandiol, Struktur 457
Androstandion und Androgene 465
— Struktur 457
Androstanolon siehe Androsteron
Androstendion und Androgene 465
— Biosynthese . . . . . 400ff.
— Stoffwechsel 402, 403
— Struktur 457
Androstenol-(11β)-dion, Biosynthese 400, 401
Androstenol-(19)-dion, Biosynthese und Stoffwechsel . . . . . 400ff.
Δ^5-Androstenolon siehe Dehydroepiandrosteron
$\Delta^{9(11)}$-Androstenolon, Struktur 457
Androsteron und Androgene 465
— Bildung aus Corticosteroiden . . . 401
— Harn 466
— Spermatozoen 571
— Struktur 457, 465
Aneurin siehe Vitamin B_1
AN-Faktor (Aspergillus) 427
Angelsächsische Maßsysteme siehe Maßeinheiten
Angström (Å) 174, 175, 206
Anhydrohydroxyprogesteron siehe Äthinyltestosteron
Animal Protein Factor (APF) 432
Anionen siehe auch anorganische Bestandteile und einzelne Elemente
— Definition 288
— Mutter- und Kuhmilch 484
Anisocytose 547
Anisomycin, Eigenschaften 685
Anomalistisches Jahr 179, 180
Anorganische Bestandteile siehe auch Elektrolyte, Anionen, Kationen und einzelne Elemente
— — Blut 537
— — Darmsaft 494
— — Fäces 496
— — Galle 495
— — Harn 503, 514
— — Körper und Organe 486
— — Liquor 566
— — Magensaft 491
— — Mutter- und Kuhmilch 484
— — Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— — Pancreassaft 494
— — Prostatasekret 570
— — Samenbläschensekret 570
— — Speichel 488
— — Sperma 569, 570
— — Tagesbedarf 469, 470
Ansbacher-Einheit (Vitamin K) 420
Anterior-Pituitary-Like Hormone (APL) siehe Choriongonadotropin
Anthranilsäure, Tryptophan-Abbau 376, 377
— Vitamin L_1 441

Seite

A Antibiotica, Dosierung 600
— Eigenschaften . . . . . 685ff.
Antibiotica und Infektionskrankheiten 599ff.
— Internationale Einheiten, Referenz- und Standardpräparate 696
— Nebenwirkungen . . . . . 599, 685ff.
Antidiuresis und Vasopressin 447
Antidiuretic Hormone (Antidiuretin, ADH) 447
Antifebrin, Formel und Molekulargewicht 274
Antifibrinokinase und Blutgerinnung . 553
Antifibrinolysin und Blutgerinnung . . 553
Antigene, Blutgruppen- . . . . . 555ff.
Antigene, Internationale Einheiten, Referenz- und Standardpräparate . . 693
Antiglobulin-Test (Antikörper) 555
Antihaemophilic factor und Blutgerinnung 552
Antihämophiles Globulin und Blutgerinnung 552
Antikörper und Blutgruppensysteme 555ff.
Antilogarithmus, Text . . . . . 134ff.
— Tafel 11
Antimon, Eigenschaften, Isotope usw. . 217
Antimon 124, Dosiskonstante 198
Antimon-Kalium-Tartrat, Formel und Molekulargewicht 274
Antiperniciosa-Faktor 432
Antipneumonisches Vitamin (Vitamin J) 441
Antipyrin, Formel und Molekulargewicht 274
Antisera, Internationale Einheiten, Referenz- und Standardpräparate . 693ff.
Antitoxine, Internationale Einheiten, Referenz- und Standardpräparate . 693ff.
APF (Animal Protein Factor) 432
Äpfelsäure, Blut 533
— Carboxylierungsreaktionen 398
— und Gluconeogenese 411
— Harnstoff-Biosynthese 414
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau . 376
— Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
— Zehntelnormallösung 276
Äpfelsäuredehydrogenase, Oxalessigsäure-Bildung 368, 411
— Tricarbonsäure-Zyklus 368
APL (Anterior-Pituitary-Like Hormone) siehe Choriongonadotropin
Apoenzyme, Definition 361
Apomorphinhydrochlorid, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Apostilb (asb) 200
Apothecary-System 178
Äquivalent (val) siehe Grammäquivalent
Aquocobalamin 432
Arabinose 303, 306
Arabulose siehe Ribulose
Arachidinsäure 356
Arachidonsäure (Eicosatetraensäure) . . 359
— Muttermilch 485
— und Vitamin F 440
Aräometer-Skalen 282
Arbeit siehe auch Energie
— Maßeinheiten 187
Arbor-Viren 645
Arbutin, enzymatische Hydrolyse . . . 389
Arcus sinus x, Text 140
— Tafel 69
Argentaffinom und Hydroxyindolylessigsäure 410
Argentum siehe Silber
Arginase, Blut 534
— Harnstoff-Biosynthese 413
Arginin 320
— Abbau 373
— Blut 527
— Citrullin-Abbau 373
— Creatin aus 407
— Harn 498
— Harnstoff-Biosynthese 413, 414
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Plasmaproteine 525
— Spermatozoen 571
— Transaminierung 372
— Zellbestandteile aus 404
Argininobernsteinsäure (Argininosuccinat), Harnstoff-Biosynthese . . . 412ff.

Seite

A Argininosuccinatspaltendes Enzym, Harnstoff-Biosynthese 413
Argininosuccinatsynthetase, Harnstoff-Biosynthese 413
Argininvasopressin 447
Argon, Eigenschaften, Isotope usw. . . 213
Arneth, Klassifikation der Leucocyten 551
Arsen, Eigenschaften, Isotope usw. . . 215
Arsen 74, Dosiskonstante 198
Arsen 76, Dosiskonstante 198
Arterieller Blutdruck 598
— Blutgasgehalt 542
Arylglucuronide, Entgiftungsprodukte 412
Arylsulfatase, Harn 503
asb (Apostilb) 200
Ascariasis 670
Aschheim-Zondek-Test (Schwangerschaft) 443
Ascorbinsäure (Vitamin C) 314, 435
— und Corticotropin 444
— Nahrungsmittel 472
— Prostatasekret 570
— Samenbläschensekret 570
— Sperma 569
— Tagesbedarf 469
Ascorbinsäuretest (Corticotropin) . . . 444
Asparagin 320
Asparaginsäure (Aspartat) 320
— Abbau 373
— Adenylsäure-Bildung 406
— β-Alanin aus 404
— Blut 527
— Decarboxylierung 372
— aus Glucose 395, 398
— Harn 498
— Harnstoff-Biosynthese . . . . . 412ff.
— Inosinsäure-Bildung 406
— Muttermilch 485
— Plasmaproteine 525
— Pyrimidin-Biosynthese 409
— Regenerierung bei der Harnstoff-Biosynthese 414
— Transaminierung 372
— Zellbestandteile aus 404
Asparaginsäure-β-monoamid siehe Asparagin
Astatin, Eigenschaften, Isotope usw. . . 222
Astronomische Einheit 174, 175
Astronomisches Jahr 179
at (technische Atmosphäre), Definition 186
— Umrechnungen 186, 741
Atemfrequenz 589
Atemvolumen 589
Äthanol siehe Äthylalkohol
Äthanolamin, Bildung und Funktion . . 404
— Cephalin-Biosynthese 398
— Cholin-Bildung 404
— Harn 500
— aus Serin 372
Äthansäure siehe Essigsäure
Äther, Formel und Molekulargewicht . 274
Äthinylnortestosteron 467
Äthinylöstradiol 464
Äthinyltestosteron 467
β-Äthylacrylylcoenzym A, Norleucin-Abbau 374
Äthylalkohol, Blut 532
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
— in Getränken 483
— Liquor 566
— Lösungen, spezifisches Gewicht . 284ff.
Äthylmorphinhydrochlorid, Bruttoformel und Molekulargewicht . . . 274
N-Äthylpiperidin, Formel und Molekulargewicht 274
Ätian, Strukturformel und Derivate . . 457
Ätiandiolon, Struktur 457
Ätianolon, Harn 466
— Struktur 457
— aus Testosteron 465
Ätienolon, Struktur 457
Ätiocobalamin 432
Ätioporphyrine 341
Atmosphäre (Luft) siehe Luft
— physikalische (atm), Definition . . . 187
— — Umrechnungen 186, 741
— technische (at), Definition 186
— — Umrechnungen 186, 741
Atmung und Vitalkapazität 589, 590

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

A
Atmungsfermente und Vitamin B_2 . . . 423
Atomare Konstanten 207, 208
Atome, Elektronenstruktur 229
Atomgewichte, chemische 209
— physikalische 212
— Umrechnung, chemische in physikalische 206
— Vielfache 273
Atomwärme, spezifische 207
ATP siehe Adenosintriphosphat
Atropin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
AU (Astronomische Einheit) 174
Aub und Dubois, Grundumsatzstandard 593
Augen, Cornea und Iris, Glycosidasen . 390
— Gewicht 237
— Linsen, zulässige Dosis von Radioisotopen 236
— Retina, Atmungsgeschwindigkeit . . 365
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
Augenempfindlichkeit, relative spektrale 200
Aurum siehe Gold
Autolyse 367
Avidin 427
Avitaminosen . . . . . 416ff.
Avogadrosche Konstante 207
Avogadrosche Zahl 203
Avoirdupois-System 178
Axerophthol siehe Vitamin A
Ayfivin siehe Bacitracin
Azolitmin, Umschlagbereich 279
Azoospermie 568, 571, 572
Azote siehe Stickstoff
Azotobacter, Atmungsgeschwindigkeit . 366

B
b (Bar, siehe auch Millibar) 186, 741
b siehe Regressionskoeffizient
B (Blutgruppenantigen) 557, 563
— — Serum, IE, Standardpräparat . . 695
Bacillosporin B siehe Polymyxin B
Bacitracin, Dosierung 600
— — bei Staphylokokkeninfektionen . 617
— Eigenschaften 685
— IE, Standardpräparat 696
— bei Streptokokkeninfektionen . . . 624
Bacteriämie (siehe auch Index S. 676ff.)
— Sulfohämoglobin in Erythrocyten . 346
Bacteriochlorophyll 348
Bacteroides 613
Bakterien . . . . . 601ff.
— Aminosäure-Abbau 372
— Atmungsgeschwindigkeit 366
— Esterasen 392
— Fäces 496
— Harn 504
— Histidin-Abbau 373
— Index der Synonyme und Krankheiten . . . . . 676ff.
— Kapselpolypeptide 319
— Mucopolysaccharide 390
— Pneumokokkenpolysaccharide . . . 318
— Systematik 672
— Threonin-Abbau 375
BAL siehe Dimercaprol
Balling, Aräometerskala 282
Bandwurmmittel 667
Bar (b) (siehe auch Millibar) . . . 186, 741
Barbital, Formel und Molekulargewicht 274
— Natrium-Acetat-Puffer 277, 278
— Natrium-Puffer 277, 278
Barium, Eigenschaften, Isotope usw. . . 217
Bariumcarbonat, Zehntelnormallösung . 276
Bariumchlorid, Lösungen, spezifisches Gewicht 282
— Zehntelnormallösung 276
Bariumhydroxyd, Zehntelnormallösung 276
Bariumoxyd, Zehntelnormallösung . . 276
Barometer, Korrekturen 258
Bartonellosis 642
Basalsekretion, Magensaft 492
Basedowsche Krankheit und Thyreotropin 445
Basen (= Kationen) siehe Kationen
Basen, Definition nach Brønstedt . . . 510
Basenäquivalenz der Serumproteine . . 512
Basenüberschuß, Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
Basophil granulierte Erythrocyten . . . 545
Basophile Leucocyten 550

Seite

B
Basophile im Wachstumsalter 544
Bauchumfang im Wachstumsalter . . 583ff.
Baumé, Aräometerskala 282
Be^a (Blutgruppenantigen) 562, 563
Beck, Aräometerskala 282
Becker (Blutgruppenantigen) . . . 562, 563
Behenolsäure 360
Behensäure 356
Beleuchtungsstärke 200
Belichtung 200
Bence-Jones-Proteinkörper (Harn) . . 498
Benedictsche Probe, Harn-Routinetest (Zucker) 507
Benzoesäure, Entgiftung im Körper 412, 415
Benzöstrol 464
Benzoylglucuronid, Entgiftungsprodukt 412
Benzylorange, Umschlagbereich 279
Benzylpenicillin-Natrium (Penicillin G) siehe auch Penicillin
— Dosierung 600
— IE, Standardpräparat 696
Beriberi und Vitamin B_1 422
Berkelium, Eigenschaften, Isotope usw. 227
Bernoulli-Verteilung siehe Binomialverteilung
Bernsteinsäure, Blut 533
— Fettsäuren-Abbau 370, 371
— Harn 502
— aus Isoleucin 374
— Liquor 566
— aus Nahrungsstoffen, Übersicht 379, 380
— Porphyrine aus 407
— aus Propionylcoenzym A 370
— Puffer 277, 278
— Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
— aus Valin 374
— Zehntelnormallösung 276
Bernsteinsäuredehydrogenase, Tricarbonsäure-Zyklus 368
Bernsteinsäuresemialdehyd, Transaminierungen 372
Beryllium, Eigenschaften, Isotope usw. . 212
Beschleunigung 185
Bestrahlungsdosis 197
Bestrahlungsdosisleistung 197, 198
Betastrahlung von Radioisotopen . 234, 235
Beweglichkeit, elektrophoretische, der Erythrocyten und Plasmaproteine . 522
B-Hormon (Pigmenthormon) 448
Bias siehe Index 171
Bicarbonat siehe auch Kohlendioxyd, Kohlensäure
— Darmsaft 494
— Galle 495
— Pancreassaft 494
— Serum 510
— Speichel 489
— Umrechnung in Kohlendioxyd . . . 294
Bienengift, Phospholipasen 393
Bienenköniginnenfutter (Gelée royale) und Pantothensäure 428
Biermer-Addisonsche Anämie und Folsäure 430
Bilharziose 664
Bilirubin 347, 348
— Abbauprodukte 348, 349
— Blut 529
— Galle 495
— Harn 501
— Harnsedimente 505
— Nieren-Clearance 529
Biliverdin 347, 348
Bindegewebe und Corticosteroide . . . 461
— Gewicht 237
— (Nierenkapsel), Atmungsgeschwindigkeit 365
Binomialkoeffizienten, Definition . . . 136
— Tafel 25
— logarithmische Tafeln . . . . . 70ff.
Binomialverteilung, Text, siehe Index . 171
— Binomialkoeffizienten, Tafeln . . 70ff.
— Potenzen von p und q, Tafeln . . 78ff.
— Vertrauensgrenzen, Tafeln . . . 85ff.
Biologische Einheiten, Standard- und Referenzpräparate . . . . . 693ff.
Biopterin 429
Biotin 427, 428
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 372ff.

Seite

B
Biotinsulfon 427
Biotinsulfoxyd 427
Bis-[β-amino-β-carboxyäthyl]-disulfid siehe Cystin
Bismut siehe Wismut
Blase, Gewicht 237
Blasengalle siehe Galle
Blastomykose 655
Blei, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 221
— Blut (Normalgehalt und Toleranzgrenzen) 540
— Erythrocyten 540
— Fäces 496
— Harn 504
— Körper und Organe 486
— Liquor 567
— Vergiftung, Behandlung und Vitamin D 419
— — Erythrocyten, basophile 545
— — — Porphyringehalt 549
Bleicarbonat, Zehntelnormallösung . . 276
Bleioxyd, Zehntelnormallösung 276
Blut, Acetalphosphatide 532
— Acetessigsäure 533
— Acetylcholin 528
— Adenosin 528
— Adenosintriphosphat 528
— Alkalireserve 510ff., 541, 542
— Allantoin 528
— Aluminium 540
— Aminosäuren, freie 527
— Ammoniak 528
— anorganische Bestandteile 537
— Äpfelsäure 533
— Äthylalkohol 532
— Bernsteinsäure 533
— Bilirubin 529
— Blei 540
— Brenztraubensäure 533
— Brom 540
— Calcium 512, 538
— Cephalin 532
— Chloride 512, 537
— Cholesterin 532
— Cholin 528
— Cholsäure 532
— Citronensäure 533
— Coenzyme 534
— Coeruloplasmin 535
— Creatin 528
— Creatinin 528
— Dehydropeptidase 535
— Desoxycholsäure 532
— Desoxyribonuclease 535
— Desoxyribonucleinsäure 528
— Eisen 540
— elektrische Leitfähigkeit 521
— Enzyme 534
— Ergothionein 529
— Erythroblasten 545
— Erythrocyten siehe Erythrocyten
— Esterasen 391
— Fette 351, 531
— Fettsäuren 531
— Flavinadenindinucleotide 535
— Fluor 540
— Fucose 530
— Fumarsäure 533
— Galactosamin 530
— Galactose 530
— Gallensalze 532
— Gase 541, 542
— Gefrierpunktserniedrigung . . 509, 518
— Genealogie der Zellelemente 543
— Gewicht 237
— Glucosamin 530
— Glucose 530
— β-Glucuronidase 535
— Glutaminsäure-Oxalessigsäure-Transaminase 535
— Glutathion 529
— Glycogen 530
— Glycoprotein 530
— Glycosidasen . . . . . 388ff.
— Glyoxalase 535
— Guanidinoessigsäure 528
— Hämatokrit siehe Hämatokrit
— — und Viskosität 519
— Hämoglobin siehe Hämoglobin

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

B Blut, Harn-Indican 529
— Harnsäure 528
— Harnstoff 527
— Hexuronate 530
— Histamin 529
— Histaminase 535
— Hormone siehe unter den einzelnen Hormonen
— β-Hydroxybuttersäure 533
— Jod 541
— Kalium 512, 538
— Katalase 535
— Kationen 538
— Ketonkörper 533
— α-Ketosäuren 533
— Kohlendioxyd (CO_2) . . 510ff., 541, 542
— Kohlenhydrate 530
— kolloidosmotischer (onkotischer) Druck 509, 510, 518
— Konserven, Elektrolytgehalt 297
— Kupfer 540
— Lecithin 532
— Leucocyten siehe Leucocyten
— Lipase 535
— Lipide 531
— Lysozym 535
— Magensaft 492
— Magnesium 512, 538
— Mangan 540
— Mannose 530
— Methylguanidin 528
— 3-Methylhistidin 499
— Milchsäure 533
— Milchsäuredehydrogenase 535
— Natrium 512, 538
— Nucleotide 528
— Oberflächenspannung 520
— Osmolalität, Berechnung . . . 289, 290
— osmotischer Druck 509, 518
— Pentosen 530
— Pepsinogen 536
— Phenole 529
— Phenolsulfatase 536
— Phosphatase 536
— Phosphatide (Phospholipide) 532
— Phosphor (Phosphate) 512, 537
— Profibrinolysin 536
— Proteasen 388
— Proteine siehe Proteine
— Pteroylglutaminsäurekonjugase . . 536
— Purinderivate 528
— Pyridinnucleotide 528, 536
— Refraktionswert 520
— Reststickstoff 527
— Reststickstoffsubstanzen 527
— Reticulocyten 545
— Ribonucleinsäure 528
— Sauerstoff 541, 542
— Säure-Basen-Verhältnisse . . . 510, 511
— Schwefel 537
— Senkungsgeschwindigkeit 519
— Serumbasen, Berechnung 521
— Serumwasser 513, 516
— Sialsäure 530
— Silicium 538
— spezifisches Gewicht 516
— spezifische Wärme 522
— Sphingomyelin 532
— Steroide 531, 532
— Stickstoff, Gas 542
— — Protein- und Rest- 527
— Sulfate 512
— Thrombocyten siehe Thrombocyten
— Urobilin 530
— Viskosität 519
— Vitamine siehe unter den einzelnen Vitaminen
— Wasserstoffionenkonzentration 510, 521
— Zellelemente während des Wachstumsalters 544
— Zink 540
— Zinn 540
Blutdruck 598
— und Adrenalin und Noradrenalin . . 452
Blutgerinnung . . . . . 552ff.
— und Vitamin K 420
Blutgerinnungsfaktoren 552
Blutgerinnungszeit, Bestimmung . . . 553
Blutgruppen . . . . . 555ff.

Seite

B Blutgruppen-A- und -O(H)-Substanzen, enzymatische Hydrolyse 390
— Anti-A-, Anti-B-Sera, IE, Standardpräparate 695
— Polysaccharide 306, 308
Blutkörperchen siehe auch Erythrocyten, Leucocyten usw.
— chemische Zusammensetzung . . . 486
Blutkreislauf und Adrenalin und Noradrenalin 452
Bluttransfusion und Blutgruppen . . . 556
Blutungszeit, Bestimmung 553
Blutzucker siehe Glucose
Boas-Oppler-Bazillen siehe auch Index 676ff.
— — — Magensaft 492
Bodansky-Einheit, Phosphatase (Blut) . 536
Bohr-Radius des Elektrons 207
Bohrsches Magneton 208
Boltzmannsche Entropiekonstante . . 207
Boothby et al., Grundumsatzstandard 593, 594
— Nomogramm zur Berechnung des Grundumsatzes 595
Bor, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 212
Borax, Bernsteinsäure-Puffer . . . 277, 278
— Phosphat-Puffer 277, 278
— Zehntelnormallösung 276
Borsäure-Puffer 277, 278
— Zehntelnormallösung 276
Botulismus 628
BPG (Benzathin-Penicillin G) siehe Penicillin
Bragg-Gray-Prinzip 199
Brassidinsäure 358
Brechungsindex, Liquor 564
— Serum 520
Brechweinstein siehe Ammonium-Kalium-Tartrat
Brenztraubensäure, aus Alanin 372
— alkoholische Gärung 368
— Blut 533
— Carboxylierung 398
— aus Cystein 375
— Gluconeogenese 410, 411
— Glycolyse 367
— Harn 502
— Liquor 566
— aus Milchsäure 368
— aus Serin 375
— Taurin-Bildung 408
— Transaminierungen 372
Brenztraubensäure-enol-phosphat siehe Phospho-enol-brenztraubensäure
Briggssche Logarithmen siehe Logarithmus
British Thermal $Unit_{mean}$ 187
Brix, Aräometerskala 282
Brom, Eigenschaften, Isotope usw. . . 215
Brom 82, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 247, 248
Brom, Blut 540
— Liquor 566
— Speichel 489
— Zehntelnormallösung 276
Bromchlorphenolblau, Umschlagbereich 279
Bromcresolgrün, Umschlagbereich . . 279
Bromcresolpurpur, Umschlagbereich . . 279
Bromide siehe Brom
Bromoform, Formel und Molekulargewicht 274
Bromphenolblau, Umschlagbereich . . 279
Bromphenolrot, Umschlagbereich . . . 279
Bromthymolblau, Umschlagbereich . . 279
Bromwasserstoff, Zehntelnormallösung 276
Brønstedtsche Definition von Säuren und Basen 510
Brot, chemische Zusammensetzung . . 477
— Magenentleerung und Acidität . . 493
Brucella abortus, Brucellosen 610
— — Serum, IE, Standardpräparat . . 694
Brustumfang im Wachstumsalter . . 583ff.
BTPS (Body Temperature and Pressure, Saturated, Gasnormwerte) 263
BTU_{mean} (British Thermal $Unit_{mean}$) . 187
Bushel (bu) 177
Butacainsulfat, Formel und Molekulargewicht 274

Seite

B Butansäure siehe Buttersäure
Cis-Butensäure siehe Isocrotonsäure
Trans-Butensäure siehe Crotonsäure
Buttersäure 355
— und Fette 351
— Muttermilch 485
Butyrylcholin, enzymatische Hydrolyse. 391
By (Blutgruppenantigen) 562, 563

C c (Curie) 197
c (Karat) 178, 179
c (Zenti-, Symbol für 10^{-2}) 9
C, c (Blutgruppenantigen) 559, 563
C (Coulomb) 190, 191
C (Curie, altes) 197
°C (Grad Celsius) siehe Celsius
Ca (Blutgruppenantigen) 562, 563
Cabotsche Ringe (Erythrocyten) . . . 545
Cacodylat-Puffer 277, 278
Cadaverin, Bildung 372
Cadaverinase, Blut 534
— Harn 503
Cadmium, Eigenschaften, Isotope usw. 216
Cadmiumlinie, rote, Wellenlänge . . . 206
Caecostomiesekret, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
Caesium, Eigenschaften, Isotope usw. . 217
Caesium 137, Anwendung 238
— — absorbierte Dosis 199
— — Dosiskonstante 198, 236
— — Zerfallstabelle 253, 254
cal_{15} (15°-Kalorie) siehe Kalorie 187
Calciferol (Vitamin D_2) 417
Calcium, Eigenschaften, Isotope usw. . 213
Calcium 45, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 244
Calcium, Blut 512, 538, 539
— und Blutgerinnung 552
— Darmsaft 494
— Fäces 496
— Galle 495
— Harn 504, 514
— Körper und Organe 486
— Liquor 566
— Magensaft 491
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft 494
— Prostatasekret 570
— Salze, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Speichel 489
— Sperma 570
— Stoffwechsel und Vitamin D 418
— — und Parathormon 450
— Tagesbedarf 469
— Umrechnung in Calciumoxyd . . . 275
Calciumacetat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Calciumcarbonat, Zehntelnormallösung 276
Calciumchlorid, Lösungen, spezifisches Gewicht 282
— — Umrechnungsfaktoren . . . . 292ff.
— — Zehntelnormale 276
Calciumcitrat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Calciumgluconat, Formel und Molekulargewicht 274
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
Calciumglycerophosphat, Formel und Molekulargewicht 274
Calciumhydroxyd, Zehntelnormallösung 276
Calciumlactat, Formel und Molekulargewicht 274
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
Calciumlaevulinat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Calciummandelat, Formel und Molekulargewicht 274
Calciumoxalat, Harnsedimente 505
Calciumoxyd, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Umrechnung in Calcium 275
— Zehntelnormallösung 276
Calciumpantothenat 428
Calciumphosphat, Harnsedimente . . . 505
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

C

Calciumthiosulfat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Californium, Eigenschaften, Isotope usw. 227
Campher, Formel und Molekulargewicht 274
Candela (cd) 200
Caprinsäure 355
— Muttermilch 485
Capronsäure 355
— Muttermilch 485
Caprylsäure 355
— Muttermilch 485
Carbaminophenylarsinsäure, Dosierung bei Trichomoniasis 658
Carbaminsäure, Harnstoff-Biosynthese . 412
Carbamyl-β-alanin, Cytosin- und Uracil-Abbau 379
Carbamyl-β-aminoisobuttersäure, Thymin-Abbau 379
N-Carbamylarsanilsäure, Formel und Molekulargewicht 274
Carbamylasparaginsäure 324
— Pyrimidin-Biosynthese 409
Carbamylphosphat, Harnstoff-Biosynthese 412, 413
— Pyrimidin-Biosynthese 409
Carbamylphosphat-Asparaginat-Transcarbamylase, Pyrimidin-Biosynthese 409
Carbamylphosphat-Ornithin-Transcarbamylase, Harnstoff-Biosynthese. . . 413
Carbamylphosphatsynthetase-Komplex, Harnstoff-Biosynthese 413
Carbomycin, Dosierung 600
— — bei Syphilis 638
— Eigenschaften 686
Carbonat-Bicarbonat-Puffer. . . . 277, 278
Carboxyhämoglobin 344, 345
— Erythrocyten 549
Carboxylierungsreaktionen 398
— und Biotin 427
Carboxypeptidase 386, 387
Carbromal, Formel und Molekulargewicht 274
Carcino- siehe Karzino-
Cardiolipin. 352
— Referenzpräparat. 693
Carnitin (Vitamin B_T) 441
Carnosinase 388
Carotine und Vitamin A 416
Carotinoide und Fette 351
CARR-PRICE-Test (Vitamin A) 416
CARTIER, Aräometerskala 282
Casein, Aminosäuren-Zusammensetzung 485
— Chymosin-Einwirkung 384
— Mutter- und Kuhmilch 484
Catecholamine siehe Adrenalin, Noradrenalin
Cathepsin, Harn 503
cd (Candela) 200
CDP (Cytidindiphosphat) 333
Cellobiose 315
— enzymatische Hydrolyse 389
Cellulose siehe Zellulose
Celsius-Skala 181, 182
— Umrechnung in Fahrenheit 738
Cental (ctl) 178
Centimeter siehe Zentimeter
Cephaline (α-Phosphatidyläthanolamine) 350, 352
— Biosynthese 398
— Blut 532
— enzymatische Hydrolyse 393
Cer, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 218
Cerebronsäure 360
— und Cerebroside 353
Cerebrose siehe Galactose
Cerebroside 350, 353
Cerotinsäure 356
— und Wachse 354
Cervixhals, Wasserstoffionenkonzentration 568
Cetoleinsäure 358
Cetylalkohol und Wachse 354
CG (Human Chorionic Gonadotropin) siehe Choriongonadotropin
CGS-Maßsystem, Definition 172
— elektrostatisches und elektromagnetisches 189
Chemische Atomgewichte 209

Seite

C

Chemische Atomgewichte, Faktor für Umrechnung in physikalische Atomgewichte 206
Chemische Bezugseinheiten (Konzentrationseinheiten) 204, 287, 288
Chemische Maßeinheiten (Mol usw.) 203, 204, 287
Chemische Zusammensetzung, Blut . 523ff.
— — — Schwangerschaft 574
— — Caecostomiesekret, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Darmsaft 494
— — Dünndarmsekret, MILLER-ABBOTT-Sonde, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Fäces 496
— — — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
— — Galle 495
— — — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
— — Harn 497
— — — Zusammenstellung der Elektrolyte 514
— — Ilealsekret, MILLER-ABBOTT-Sonde, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Körper und Organe 237, 486
— — Liquor . . . . . 564ff.
— — Magenfundussaft, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Magenpylorussaft, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Magensaft . . . . . 490ff.
— — — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
— — Mutter- und Kuhmilch . . 484, 485
— — Nahrungsmittel . . . . . 471ff.
— — Pancreassaft 493
— — — Na^+,- K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
— — Schweiß, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Serum, Zusammenstellung der Elektrolyte. 512
— — Serumultrafiltrat, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Serumwasser, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Speichel . . . . . 487ff.
— — — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
— — Sperma . . . . . 568ff.
— — Transsudate, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
χ^2-Verteilung, Text, siehe Index . . . 171
— Tafeln 36
Chinacrin (Quinacrine), Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Chinidin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Chinin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Chitin 316
Chitosamin siehe Glucosamin
Chlor, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 213
Chlor 36, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Chlor 38, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Chlor, Blut. 512, 537
— Blut- und Plasmakonserven 297
— Caecostomiesekret 513
— Darmsaft 494
— Dünndarmsekret 513
— Fäces. 496, 513
— Galle 495, 513
— Harn 503, 514
— Ilealsekret 513
— Körper und Organe 486
— Liquor 566
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
— Magenfundussaft, Magenpylorussaft 513
— Magensaft 491, 513
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft. 494, 513
— Prostatasekret 570
— Schweiß 513
— Serumultrafiltrat, Serumwasser . . . 513
— Speichel 488, 513
— Sperma 569
— Transsudate 513
— Umrechnung in Natriumchlorid . . 275
— Zehntelnormallösung 276

Seite

C

Chloralhydrat, Formel und Molekulargewicht 274
Chloramphenicol, Anwendung . . . 601ff.
— Dosierung 600
— — bei Keuchhusten 610
— — bei Typhus. 607
— Eigenschaften 686
— Formel und Molekulargewicht. 274, 686
— und Lebensdauer der Spermatozoen 572
Chloride siehe Chlor
Chlorochin, Dosierung bei Amöbiasis . 659
— — bei Malaria 662
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
Chloroform, Formel und Molekulargewicht 274
Chlorogensäure, Kaffee 483
Chlorophyll 347
Chloroplastin 348
Chloroquine siehe Chlorochin
Chlorotrianisen 464
Chlorphenolrot, Umschlagbereich . . . 279
Chlortetracyclin siehe auch Tetracycline
— Dosierung 600
— Eigenschaften 686
— IE, Standardpräparat 696
Cholecalciferol (Vitamin D) 417
Cholecystokinin 456
Choleglobin (Verdohämoglobin) . . . 346
— Bildung 347
— Erythrocyten 549
Cholera 601
— Agglutinationsserum, Referenzpräparate 695
— Antigen, Referenzpräparate 693
— Vaccin, Referenzpräparate 693
Cholestenol, Cholesterin-Biosynthese . 399
Cholesterin, Abbau 379
— Bezeichnung des Gerüstes 400
— Biosynthese 399
— Blut 532
— Bruttoformel und Molekulargewicht 274
— Corticosteroide aus 400, 401
— Galle 495
— Harn 502
— Harnsedimente 505
— Liquor 566
— Östrogene aus 402, 403
— Pancreassaft 494
— in Plasmaproteinfraktionen 524
— Prostatasekret 570
— und proteingebundenes Jod 541
— Sperma 569
— und Wachse 354
Cholin 437, 438
— Acetylierung 404
— Bildung und Funktion 404
— Blut 528
— Galle 495
— Harn 500
— Lecithin-Bildung. 398
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Sperma 569
Cholinacetylase 438
Cholinesterasen 391
— Blut 524, 534
— Erythrocyten 534
— Liquor 566
— und Neurone 438
Cholinoxydase 437
Cholinphosphokinase 398
Cholsäure, Blut 532
— Galle 495
— Konjugation 408
Chondroitinsulfate 317
— enzymatische Hydrolyse. 390
Chondrosamin 307
Choriongonadotropin 442
— IE, Standardpräparat 697
Chorionsack, Durchmesser 578
CHRISTMAS factor und Blutgerinnung . 552
Chrom, Eigenschaften, Isotope usw. . . 214
Chrom 51, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 244, 245
Chromatische Tonskala 202
Chromatophorenhormon. 448
Chromosomen und Blutgruppensystem. 555
— Nucleinsäuren in. 327

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

C
Chymotrypsine . . . 385
Chymotrypsinogen . . . 384
Cinchophen, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Circular inch . . . 176
Cis-Trans-Isomerase, Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau . . . 376
Cis-Trans-Isomerie, Fettsäuren . . . 350
— Steroide . . . 456
Citrin (Vitamin P) . . . 436, 437
Citronensäure aus Aconitsäure . . . 376
— Blut . . . 533
— und Calciumstoffwechsel . . . 450
— aus Glucose . . . 395, 398
— Harn . . . 502
— Liquor . . . 566
— Nahrungsmittel . . . 472ff.
— Prostatasekret . . . 570
— Puffer . . . 277, 278
— Samenbläschensekret . . . 570
— Sperma . . . 569
— Speichel . . . 487
— Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368, 369
— Zehntelnormallösung . . . 276
Citronensäure-Zyklus siehe Tricarbonsäure-Zyklus
Citrovorumfaktor (Formyltetrahydropteroylglutaminsäure, siehe auch Folsäure) . . . 429
Citrullin . . . 324
— Abbau . . . 373
— Blut . . . 527
— Harnstoff-Biosynthese . . . 412, 413
CLARK und LUBS, Pufferlösungen . 277, 278
CLAUBERG-Test (Progesteron) . . . 467
Clausius (Cl) . . . 188
Clostridium, IE, Referenz- und Standard-Antitoxine . . . 694
— Infektionen siehe Index . . . 676ff.
— Phospholipase . . . 393
Clupanodonsäure . . . 359, 440
cm (Zentimeter) siehe Zentimeter
CMP siehe Cytidinmonophosphat
CO_2 siehe Kohlendioxyd
CoA siehe Coenzym A
Cobalamine siehe Vitamin B_{12}
Cobalt, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 214
Cobalt 60, Anwendung . . . 238
— — absorbierte Dosis . . . 199
— — Dosiskonstante . . . 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabele . . . 251, 252
Cobalt, Speichel . . . 489
— Tagesbedarf . . . 470
Cocain, Bruttoformel und Molekulargewicht . . . 274
Cocarboxylase siehe Thiaminpyrophosphat
Codehydrogenase (Codehydrase) I siehe Diphosphopyridinnucleotid (DPN)
Codehydrogenase (Codehydrase) II siehe Triphosphopyridinnucleotid (TPN)
Codein, Bruttoformel und Molekulargewicht . . . 274
Coenzym I siehe Diphosphopyridinnucleotid (DPN)
Coenzym II siehe Triphosphopyridinnucleotid (TPN)
Coenzym A (CoA) . . . 335
— Acetyl- siehe Acetylcoenzym A
— Blut . . . 534
— Brenztraubensäure-Oxydation . . . 369
— Cephalin-Biosynthese . . . 398
— Entgiftung aromatischer Säuren . . . 415
— — von Gallensäuren . . . 408
— — von Phenylessigsäure . . . 415
— Erythrocyten . . . 534
— Fettsäuren-Oxydation . . . 369, 371
— Glycin-Abbau . . . 375
— Homoserin-Abbau . . . 375
— Isoleucin-Abbau . . . 374
— Lecithin-Biosynthese . . . 398
— Leucin-Abbau . . . 373, 374
— Mercaptursäuren-Bildung . . . 415
— Neutralfett-Bildung . . . 399
— Norleucin-Abbau . . . 374
— und Pantothensäure . . . 428
— Phenylalanin-Abbau . . . 376
— Serin-Abbau . . . 375

Seite

C
Coenzym A, Threonin-Abbau . . . 375
— Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368, 369
— Tyrosin-Abbau . . . 376
— Valin-Abbau . . . 374
Coenzyme und Aktivatoren . . . 364
— Blut . . . 534
— Definition . . . 361
— Nucleotide als . . . 326ff., 334ff.
Coeruloplasmin, Blut . . . 535
— Eigenschaften . . . 524
Co-Faktor V und Blutgerinnung . . . 552
Coffein, Formel und Molekulargewicht . 274
— Kaffee, Tee . . . 483
COHN, Fraktionierung von Plasmaproteinen . . . 524
Coitus und Oxytocinsekretion . . . 448
Colchicin, Bruttoformel und Molekulargewicht . . . 274
COLLIP-Einheit (Parathormon) . . . 450
Colostrum siehe Muttermilch
Columbium siehe Niob
COMPTON-Wellenlängen . . . 207
Confidence limits siehe Vertrauensgrenzen
Convertin und Blutgerinnung . . . 552
COOLEY-Anämie siehe Thalassämie
COOMBS-Test (Antikörper) . . . 555
Coproporphyrine . . . 341, 343
— Erythrocyten . . . 549
— Harn . . . 501
CORI-Ester siehe Glucose-1-phosphat
Cornea siehe unter Auge
Corpora amylacea, Sperma . . . 570
Cortexolon . . . 457, 458ff.
— Biosynthese und Stoffwechsel . 400, 401
Cortexon . . . 457, 458ff.
— Biosynthese und Stoffwechsel . 400, 401
— und Harnpregnandiol . . . 467
Corticosteroide . . . 457, 458ff.
— Biosynthese und Stoffwechsel . . 399ff.
— und Corticotropin . . . 444
— und Galactopoese . . . 446
— und Mammogenese . . . 445
Corticosteron . . . 457, 458ff.
— Biosynthese und Stoffwechsel . . 399ff.
Corticotropin (ACTH) . . . 443ff.
— IE, Standardpräparat . . . 697
— und Mammogenese . . . 445
— Steuerung des Nebennierenrindenmetabolismus . . . 401, 459
— Therapie, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide . . . 460
Corticotropin Releasing Factor (CRF) . 444
Cortisol . . . 457, 458ff.
— Biosynthese und Stoffwechsel . . 399ff.
— bei Brucellosen . . . 611
— bei Enterocolitiden . . . 617
— bei Tuberkulose . . . 632
— bei Typhus . . . 607
Cortison . . . 457, 458ff.
— Biosynthese und Stoffwechsel . 400, 401
Cortol . . . 459
Cortolon . . . 459
cos (Cosinus) . . . 139ff.
cot (Cotangens) . . . 139
Co-Thromboplastin und Blutgerinnung 552
Coulomb (C) . . . 190, 191
COULOMBsche magnetische Polstärke . . 194
COULOMBsches magnetisches Moment . 194
Cow Manure Factor . . . 432
COWPERsche Drüsen, Sekret . . . 568
Coxsackie-Virus-Gruppe . . . 647
Cozymase siehe Diphosphopyridinnucleotid (DPN)
Creatin . . . 324
— Bildung . . . 407
— Blut . . . 528
— Funktion . . . 404
— Harn . . . 500
— Liquor . . . 565
— Mutter- und Kuhmilch . . . 484
— Reaktion mit ATP . . . 408
— Umrechnung in Creatin-N und umgekehrt . . . 275
Creatinin . . . 325
— Blut . . . 528
— Clearance, endogene . . . 515
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
— Harn . . . 500

Seite

C
Creatinin, Liquor . . . 565
— Mutter- und Kuhmilch . . . 484
— Umrechnung in Creatinin-N und umgekehrt . . . 275
Creatinphosphat, Bildung in den Geweben . . . 407, 408
Cresol, Formel und Molekulargewicht . 274
o-Cresolphthalein, Umschlagbereich . . 279
m-Cresolpurpur, Umschlagbereich . . . 279
Cresolrot, Umschlagbereich . . . 279
CRF (Corticotropin Releasing Factor) . 444
Crotonase . . . 374
α-Crotonsäure (Crotonsäure) . . . 357
β-Crotonsäure (Isocrotonsäure) . . . 357
Cryptoxanthin . . . 416
ctg (Cotangens) . . . 139
ctn (Cotangens) . . . 139
CTP siehe Cytidintriphosphat . . . 333
Cubic foot, inch usw. . . . 176, 177
Cumarin, Formel und Molekulargewicht 274
Cumarine und Blutgerinnung . . . 552
Curie (c) . . . 197
Curium, Eigenschaften, Isotope usw. . 227
CUSHINGS Syndrom, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide . . . 460
— — und Corticosteroid-Therapie . . 462
C^w (Blutgruppenantigen) . . . 559, 563
cwt (Hundredweight) . . . 178
C^x (Blutgruppenantigen) . . . 559, 563
Cyanocobalamin siehe Vitamin B_{12}
Cyanwasserstoff, Zehntelnormallösung . 276
Cycle per second (cps) . . . 185
Cyclohexanol siehe Inosit
Cycloheximid bei Cryptococcosis . . . 654
— Eigenschaften . . . 686
Cyclopropan, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Cycloserin, Eigenschaften . . . 687
— bei Tuberkulose . . . 632
Cystathionin . . . 325
— Homocystein-Abbau . . . 375
Cystein (siehe auch Cystin) . . . 320
— Abbau . . . 375
— aus Glucose . . . 395
— Glutathion-Bildung . . . 408
— aus Homocystein . . . 376
— Mercaptursäuren-Bildung . . . 415
— in Plasmaproteinen . . . 525
— Taurin aus . . . 408
— Zellbestandteile aus . . . 404
Cysteinsäure . . . 325
— Decarboxylierung . . . 372
Cysteinsulfinsäure, Taurin-Biosynthese . 408
Cystin . . . 320
— Abbau . . . 375
— Blut . . . 527
— Harn . . . 498
— Harnsedimente . . . 505
— Muttermilch . . . 485
— in Plasmaproteinen . . . 525
Cytidin . . . 329
Cytidindiphosphat (CDP) . . . 333
Cytidindiphosphoadonit . . . 340
Cytidindiphosphoäthanolamin . . . 340
Cytidindiphosphocholin . . . 340
— Lecithin-Biosynthese . . . 398
Cytidindiphosphoglycerin . . . 339, 352
Cytidinmonophosphat (CMP) . . . 333
— enzymatische Hydrolyse . . . 394
— Lecithin- und Cephalin-Biosynthese 398
Cytidintriphosphat (CTP) . . . 333
— Cephalin- und Lecithin-Biosynthese 398
— Pyrimidin-Biosynthese . . . 409
Cytidylsäure siehe Cytidinmonophosphat
Cytochrome . . . 346
— und Elektronenübertragung . . 380, 381
Cytoplasma, Nucleinsäuren . . . 326
Cytosin . . . 328
— Abbau . . . 379
Cytosindesoxyribosid siehe Desoxycytidin
Cytosinribosid siehe Cytidin

D
d (Dezi-, Symbol für Zehntel) . . . 9
d (Sonnentag) . . . 179, 180
d* (Sterntag) . . . 180
D (Blutgruppenantigen) . . . 559, 563
da (Deka-, Symbol für das Zehnfache) (Kontinent) . . . 9

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

D
DADP (Desoxyadenosindiphosphat) . . 333
DAM-Einheit (Vitamin K) 420
DAMP (Desoxyadenosinmonophosphat) 333
Dampfpunkt des Wassers 182
Darm (siehe auch Gastrointestinaltrakt)
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Dünndarm, Exopeptidasen . . 386, 387
— — Glycosidasen 389
— — Proteasen 384
— Duodenumsekret, Wasserstoffionenkonzentration 494
— Esterasen 392
— Ileumsekret, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Wasserstoffionenkonzentration . 494
— Jejunumsekret, Lipasen 390
— — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — Wasserstoffionenkonzentration . 494
— Lipasen 390
— Mucosa, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— — Esterasen 391
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
— Nucleasen 394
— Sekrete, Zusammensetzung 494
DATP (Desoxyadenosintriphosphat) . . 333
db (Dezibel) 201
DCDP (Desoxycytidindiphosphat) . . . 333
DCMP (Desoxycytidinmonophosphat) . 333
DCTP (Desoxycytidintriphosphat) . . . 333
Decansäure 355
Decarboxylasen, Aminosäure- 372
— Oxalbernsteinsäure- 368
Decarboxylierung von Aminosäuren . . 372
Δ^4-Decensäure 357
Δ^9-Decensäure 357
— Muttermilch 485
Dehydroascorbinsäure siehe Ascorbinsäure
Dehydrocorticosteron . . . . . 457, 458ff.
— Biosynthese 400, 401
Dehydrocortisol siehe Prednisolon
Dehydrocortison siehe Prednison
Dehydroepiandrosteron und Androgene 465
— Biosynthese 400
— und Corticosteroide 459
— Harn 466
— Struktur 457, 465
Dehydrogenase (siehe auch Oxydasen)
— Acyl- 370
— Äpfelsäure- 368, 411
— Bernsteinsäure- 368
— Dihydroorotsäure- 409
— Glucose-6-phosphat- 397
— Glutaminsäure-, siehe Glutaminsäuredehydrogenase
— Glycerophosphat- 395
— β-Hydroxyacyl- 370
— β-Hydroxybuttersäure- 371
— Isocitronensäure- 368
— Liponsäure- 369
— Milchsäure-, siehe Milchsäuredehydrogenase
— 6-Phosphogluconsäure 397
— Phosphoglycerinaldehyd- 367
Dehydropeptidase, Blut 535
Dehydroretinol (Vitamin A_2) 416
Dehydrositosterin (Provitamin D_5) . . 417
Dehydrostigmasterin (Provitamin D_6) . 417
Deka- (Vorsilbe für das Zehnfache) . . 9
Deoxy- siehe Desoxy-
Depolymerase siehe Desoxyribonuclease
Dermatome, radikuläre (siehe auch rückseitige Einbanddeckeltasche) . . 698–700
Dermatomykosen . . . . . 651ff.
Desaminasen 394
— Adenin-, siehe Adenase
— Adenosin-, siehe Adenosindesaminase
— Adenylsäure-, siehe Adenylsäuredesaminase
— Guanosin- 379, 394
— Guanylsäure- 378, 394
— Purin- 379
Desaminierung, oxydative 371, 372
Desoxyadenosin 329
— enzymatische Desaminierung . . . 394
Desoxyadenosindiphosphat (DADP) . . 333
Desoxyadenosinmonophosphat(DAMP) 333
Desoxyadenosintriphosphat (DATP) . . 333
Desoxy-*altro*-methylose 306
Desoxyarabinose siehe Desoxyribose

Seite

D
Desoxycholsäure, Blut 532
— Galle 495
— Konjugation 408
Desoxycorticosteron siehe Cortexon
Desoxycytidin 330
Desoxycytidindiphosphat (DCDP) . . . 333
Desoxycytidinmonophosphat (DCMP) . 333
Desoxycytidintriphosphat (DCTP) . . . 333
Desoxy-*erythro*-pentose siehe Desoxyribose
Desoxygalactose siehe Fucose
Desoxyguanosin 329
Desoxyguanosindiphosphat (DGDP) . . 333
Desoxyguanosinmonophosphat(DGMP) 333
Desoxyguanosintriphosphat (DGTP) . 333
Desoxyguanylsäure siehe Desoxyguanosinmonophosphat
(Desoxy)-5-hydroxymethylcytidinmonophosphat [(D)HMCMP] 333
Desoxyinosin 331
Desoxymannose siehe Rhamnose
(Desoxy)-5-methylcytidinmonophosphat [(D)MCMP] 333
Desoxyribonucleasen 382, 383, 394
— Blut 535
— Spezifität 383
Desoxyribonucleinsäuren (DNS), Definition und Nomenklatur . 326, 327
— Blut 528
— enzymatische Spaltung . . 382, 383, 394
— und Spermatozoen 571
Desoxyribonucleotide, Definition und Nomenklatur 326, 327
— enzymatischer Abbau 394
Desoxyribose 306
Desoxyribose-1-phosphat 310
Desoxyribose-5-phosphat 310
— Abbau 377
— aus Glucose 395
Desoxythymidin 330
(Desoxy)thymidindiphosphat [(D)TDP] 333
(Desoxy)thymidinmonophosphat [(D)TMP] siehe Thymidinmonophosphat
(Desoxy)thymidintriphosphat [(D)TTP] 333
Desoxyxanthosin 331
Deuterium, Eigenschaften 212
Deuteroporphyrin 343
Dexamethason 461
Dextrane 317
Dextrine, enzymatische Hydrolyse . . . 389
Dextronsäure siehe Gluconsäure . . . 314
Dextrose siehe Glucose
Dezi- (Vorsilbe für Zehntel) 9
Dezibel (db) 201
DGDP (Desoxyguanosindiphosphat) . 333
DGMP (Desoxyguanosinmonophosphat) 333
DGTP (Desoxyguanosintriphosphat) . 333
(D)HMCMP ([Desoxy]-5-hydroxymethylcytidinmonophosphat) . . . 333
Di^a (Blutgruppenantigen) 562, 563
Diabetes, Amino-, und Vitamin D . . 418
— insipidus und Vasopressin 448
— mellitus, Acidose 509, 510
— — Blut, Glutathion 529
— — — Ketonkörper 533
— — und Corticosteroide 460, 462
— — und Glucagon 455
— — und Grundumsatz 591
— — und Insulin 453, 454
— — Ionogramm 509
— — Sperma, Fructose 569
— Somatotropin- 446
Diaminocapronsäure siehe Lysin
Diamino-δ-hydroxycapronsäure siehe δ-Hydroxylysin
Diaminopimelinsäure, Decarboxylierung 372
Diaminovaleriansäure siehe Ornithin
Diarrhöen siehe Index . . . . . 676ff.
— Fäces, Elektrolytverhältnis 513
Diäthylbarbitursäure siehe Barbital
Diäthylcarbamazin, Dosierung bei Wurmerkrankungen . . . . . 668ff.
Diäthylmalonylharnstoff siehe Barbital
Diäthylstilböstrol, Formel und Molekulargewicht 274
— und Östrogene 464
Diatonische Tonskala 202
Diastase siehe Amylase
Diastolischer Blutdruck 598

Seite

D
Diastolischer Blutdruck und Adrenalin und Noradrenalin 452
N,N'-Dibenzoylornithin, Ausscheidung 325
Dicamitin 441
Dichte, Einheiten 183
— der Elemente . . . . . 212ff.
— der Erde 205
— des Mondes 206
— der Planeten 206
— der Sonne 206
Dichte, relative, siehe «spezifisches Gewicht»
Diego (Blutgruppensystem) 555
Dielektrizitätskonstante des Vakuums . 189
Dienöstrol 464
Digitalis, IE, Standardpräparat 697
Digitonin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Digitoxin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Digitoxose 306
Diglyceride, Lecithin- und Cephalin-Biosynthese 398
— Neutralfette aus 399
Dihydro-D_2 (Vitamin D_4) 417
Dihydroergosterin (Provitamin D_4) . . 417
Dihydroliponsäure 369
Dihydromorphinon, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Dihydroorotsäure, Pyrimidin-Biosynthese 409
Dihydroorotsäuredehydrogenase, Pyrimidin-Biosynthese 409
Dihydrosphingosin 353
Dihydrostreptomycin, Dosierung . . . 600
— Eigenschaften 687
— Formel und Molekulargewichte 274, 687
— IE, Standardpräparat 696
Dihydrotestosteron, Struktur 457
Dihydrothymin, Thymin-Abbau . . . 379
Dihydrouracil, Cytosin- und Uracil-Abbau 379
Dihydroxyaceton 306
— Konfigurationsbeziehung zu den Ketosen 304
Dihydroxyacetonphosphat 309
— Glycolyse 367, 368
— Pentosephosphat-Zyklus 397
Dihydroxyindol, Melanin-Bildung . . . 410
Dihydroxymandelsäure 451
2,6-Dihydroxy-5-methylpyrimidin siehe Thymin
Dihydroxyphenylalanin, Adrenalin- und Noradrenalin-Bildung . . 409, 450
— Decarboxylierung 372
— Melanin-Bildung 410
— in Organen 451
Dihydroxyphenyläthylamin siehe Hydroxytyramin
Dihydroxyphenylbrenztraubensäure, Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau . 376
Dihydroxyphenylessigsäure aus Hydroxytyramin 451
— Organe, Blut und Harn 452
2,3-Dihydroxypropanal siehe Glycerinaldehyd
1,3-Dihydroxypropan-2-on siehe Dihydroxyaceton
α,β-Dihydroxypropionsäure siehe Glycerinsäure
2,6-Dihydroxypurin siehe Xanthin
2,6-Dihydroxypyrimidin siehe Uracil
2,6-Dihydroxypyrimidin-4-carbonsäure siehe Orotsäure
Dijodoxychinolin, Formel und Molekulargewicht 274
Dijodtyrosin 320
— und Schilddrüsenhormone 449
Diketohydrindylidendiketohydrindamin 319
Dimensionen, physikalische, Definition . 172
Dimercaprol (BAL) und Enzyme . . . 422
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
— Referenzpräparat 697
Dimercaptopropanol siehe Dimercaprol
p-Dimethylaminoazobenzol, Umschlagbereich 279
Dimethylbenzimidazolcobalamin . . . 432
Dimethylglutaminsäure-Puffer . . 277, 278
Dimethyltocole 419

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

D
Dinatriumphosphat, Zehntelnormallösung . . . 276
m-Dinitrobenzol, Formel und Molekulargewicht . . . 274
(2,4-), (2,5-), (2,6-) Dinitrophenol, Umschlagbereich . . . 279
Dioxan, Formel und Molekulargewicht 274
Dipeptidasen . . . 386, 388
Dipeptide, enzymatische Hydrolyse 386, 387
Diphenylhydantoin, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Di-α-phosphatidylinosite . . . 352, 353
1,3-Diphosphoglycerinsäure siehe Glycerinsäure-1,3-diphosphat
Diphosphopyridinnucleotid (DPN, in reduzierter Form DPNH, $DPNH_2$) . 334
— alkoholische Gärung . . . 368
— Blut . . . 528, 536
— Brenztraubensäure-Oxydation . . . 369
— enzymatische Hydrolyse . . . 392
— Erythrocyten . . . 528, 536
— Fettsäuren-Abbau . . . 371
— Glutaminsäure-Bildung . . . 403
— Glycolyse . . . 367, 368
— Harnstoff-Biosynthese . . . 414
— Homoserin-Abbau . . . 375
— Isoleucin-Abbau . . . 374
— Leucin-Abbau . . . 373
— Milchsäure-Oxydation . . . 368
— und Nicotinsäure . . . 425
— Norleucin-Abbau . . . 374
— oxydative Desaminierung . . . 371
— Prolin-Bildung . . . 403
— Pyrimidin-Biosynthese . . . 409
— Serin-Abbau . . . 375
— Threonin-Abbau . . . 375
— Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368
— Valin-Abbau . . . 374
— Xanthylsäure-Bildung . . . 407
Diphtherie . . . 626
— Antitoxin, IE, Standardpräparate 693, 694
— Toxin, SCHICK-Test, IE, Standardpräparat . . . 693
— Toxoid, IE, Standardpräparate . . . 693
Disaccharide . . . 315
diskret (mathemat. Begriff) siehe Index 171
Dissonanz . . . 202
Dithiazanin, Dosierung bei Wurmerkrankungen . . . 668ff.
Diurese und spezifisches Gewicht des Harns . . . 497, 514
dk (Deka-, Symbol für das Zehnfache) (England) . . . 9
(D)MCMP ([Desoxy]-5-methylcytidinmonophosphat) . . . 333
DNA (desoxyribonucleic acids) siehe Desoxyribonucleinsäuren
DNS siehe Desoxyribonucleinsäure
DNSase siehe Desoxyribonuclease
Docosansäure . . . 356
Docosapentaensäure . . . 359
Δ^{11}-Docosensäure (Cetoleinsäure) . . . 358
Cis-Δ^{13}-Docosensäure (Erucasäure) . . 358
Trans-Δ^{13}-Docosensäure (Brassidinsäure) 358
Docosin-(13)-säure . . . 360
Dodecansäure siehe Laurinsäure
Δ^{4}- und Δ^{5}-Dodecensäure . . . 357
Δ^{9}-Dodecensäure . . . 357
— Muttermilch . . . 485
Dopa siehe Dihydroxyphenylalanin
Dopamin siehe Hydroxytyramin
Dosimetrie, radiologische . . . 197ff.
Dosis, absorbierte (Strahlung) . . 197, 198
Dosiskonstanten (Strahlung) . . . 198, 236
Dotriacontansäure . . . 357
DPN, DPNH, $DPNH_2$ siehe Diphosphopyridinnucleotid
Drachm (Dram, dr) . . . 177–179
Drehimpuls (quantenmechanische Einheit) . . . 207
Drehung, spezifische . . . 302
Dreieck (Formeln) . . . 140ff.
Druck, Einheiten . . . 186, 187
— Umrechnungstabellen . . . 741
— kolloidosmotischer (onkotischer), siehe Kolloidosmotischer Druck
— Luft-, siehe Luftdruck
— osmotischer, siehe Osmotischer Druck
Drüsengewebe, Glycosidasen . . . 389

Seite

D
Dry pint . . . 177
(D)TDP ([Desoxy]thymidindiphosphat) 333
(D)TMP ([Desoxy]thymidinmonophosphat) siehe Thymidinmonophosphat
(D)TTP ([Desoxy]thymidintriphosphat) 333
Duffy (Blutgruppensystem) . . . 555, 562
Dunkelbeleuchtungsstärke . . . 200
Dunkelleuchtdichte . . . 200
Dünndarm siehe Darm
Duodenum siehe Darm
Duodezime (Tonintervall) . . . 202
Durchmesser, Erythrocyten . . . 547
— Thrombocyten . . . 549
Durskala . . . 202
dyn (Dyn) . . . 185, 186, 196
Dynamische Viskosität siehe Viskosität
Dysenterie siehe Index . . . 676ff.
— Serum, IE, Standardpräparat . . . 694
Dyspepsie, Magensaftsekretion . . . 492
Dysprosium, Eigenschaften, Isotope usw. 219

E
e (Basis des natürlichen Logarithmus) . 132
E, e (Blutgruppenantigen) . . . 559, 563
Eicosansäure . . . 356
Eicosapentaensäure . . . 359
Eicosatetraensäure siehe Arachidonsäure
Eicosensäuren . . . 358
Eier, Aminosäuren-Gehalt . . . 471
— chemische Zusammensetzung . . . 478
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
Einheiten siehe Maßeinheiten
Einsteinium, Eigenschaften, Isotope usw. 228
Eisen, Eigenschaften, Isotope usw. . . 214
Eisen 55, Anwendung . . . 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Eisen 59, Anwendung . . . 238
— — Dosiskonstante . . . 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle . . . 246, 247
Eisen, Blut . . . 540
— Harn . . . 504
— Liquor . . . 566
— Magensaft . . . 491
— Mutter- und Kuhmilch . . . 484
— Nahrungsmittel . . . 472ff.
— Tagesbedarf . . . 469
Eisen(III)chlorid, Lösungen, spezifisches Gewicht . . . 281
Eisenmangelanämie und Blutporphyrine 549
Eisenporphyrine, Abbau . . . 379
— chemische und physikalische Eigenschaften . . . 345, 346
— Elektronenübertragung . . . 380, 381
— Nomenklatur . . . 344
Eispunkt des Wassers . . . 182, 206
Eiweiß siehe Proteine
Ejakulat, Volumen usw. . . . 568
— — und Fertilität . . . 571
Elaidinsäure . . . 358
Eläostearinsäuren . . . 359
Elektrische Elementarladung . . . 207
Elektrische Feldkonstante . . . 206
Elektrische Ladung, Einheiten . . . 191
— — Erythrocyten . . . 522
Elektrische Leitfähigkeit, Einheiten . . 192
— — Liquor . . . 565
— — Serum . . . 521
— — Sperma . . . 568
Elektrische Maßeinheiten . . . 189ff.
Elektrisches Lichtäquivalent . . . 200
Elektrocortin siehe Aldosteron
Elektrolyte (siehe auch anorganische Bestandteile, chemische Zusammensetzung, Kationen, Anionen)
— Definition . . . 288, 289
— Haushalt des Körpers . . . 508ff.
— — und Aldosteron . . . 463
— — und Corticosteroide . . . 461
— — und Progesteron . . . 468
— — und Wachstumshormon . . . 446
— Lösungen für parenterale Infusionstherapie . . . 295ff.
— — Umrechnungsfaktoren . . . 292ff.
Elektromagnetische Einheiten . . . 189ff.
Elektromagnetisches CGS-System . . . 189
Elektron, Konstanten . . . 207, 208
Elektronenstruktur, Elemente . . . 229
Elektronenübertragung bei biologischen Oxydationen . . . 380

Seite

E
Elektronenvolt (eV) . . . 187, 208
Elektrophorese, Erythrocyten . . . 522
— Plasmaproteine . . . 522, 523
Elektrostatisches CGS-System . . . 189
Elementarladung, elektrische . . . 207
Elemente, chemische, alphabetische Übersicht . . . 210, 211
— — Eigenschaften . . . 212ff.
— — Elektronenstruktur . . . 229
— — Flammenemissionsspektren . . 230ff.
— — periodisches System . . . 209ff.
— — Vielfache von Atomgewichten . 273
Ellipse (Formeln) . . . 143, 145
Elliptocyten und Elliptocytose . . . 547
Eman . . . 197
Emanation siehe Radon
Embryo, chemische Zusammensetzung . 486
— Entwicklung des Gebisses . . . 582
— Gärungsgeschwindigkeit . . . 366
— Größe und Gewicht . . . 578
— Hämoglobin . . . 548
— Meconium, 17-Ketosteroide . . . 466
emE (elektromagnetische Einheiten) . 189ff.
Emetinhydrochlorid, Bruttoformel und Molekulargewicht . . . 274
Enantiomorphie, Definition . . . 301, 302
Endopeptidasen . . . 382
Energetische Umrechnungsfaktoren . . 208
Energie, Einheiten . . . 187, 196
— Umrechnungstabellen . . . 742
Energiestoffwechsel . . . 365ff.
— energieliefernde Reaktionen . . . 367ff.
— und Pyrophosphatbindung (ATP) . 381
Enolase, Glycolyse . . . 367
Enoylhydrase, Fettsäuren-Oxydation . . 370
Enterobiasis . . . 670
Enterogastron . . . 456
Enterokinase . . . 384
Entgiftungsmechanismen . . . 412ff.
Entleerungszeit des Magens . . . 493
Entropie . . . 188
Entropiekonstante, BOLTZMANNsche . . 207
Enzyme . . . 361ff.
— Aminosäuren-Abbau . . . 371ff.
— Aminosäuren-Bildung . . . 403ff.
— Blut . . . 534
— Carboxylierungsreaktionen . . . 398ff.
— Fettsäuren-Abbau . . . 369ff.
— Gluconeogenese . . . 410, 411
— Glycolyse . . . 367, 368
— Harn . . . 503
— Harnstoff-Bildung . . . 413
— Hemmung . . . 362, 363
— Kinetik . . . 361
— Liquor . . . 566
— Magensaft . . . 490
— Oxydationen, biologische . . . 380
— Pancreassaft . . . 494
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 395ff.
— Purinbasen-Abbau . . . 378, 379
— Pyrimidin-Bildung . . . 409
— Speichel . . . 488
— Sperma . . . 569
— Spezifität . . . 361
— Verdauungs- . . . 382
— Wirkungsmechanismus . . . 361
Enzymtest (Blutgruppen) . . . 556
Eosinopenie . . . 550
Eosinophile Leucocyten . . . 550
— und Corticosteroide . . . 461
— und Corticotropin . . . 444
— im Wachstumsalter . . . 544
Eosinophilie . . . 550
Ephedrinhydrochlorid, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Ephemeriszeit, Definition . . . 179
Epiandrosteron und Androgene . . . 465
— Harn . . . 466
— Struktur . . . 457
Epinephrin siehe Adrenalin
Epithelkörperchen, Parathormon . . . 450
Epithelzellen, Magensaft . . . 492
EPS (Exophthalmos-Producing Substance) . . . 445
Eq (equ., equiv.) siehe Grammäquivalent
Equilenin, Struktur . . . 457
Equilin, Struktur . . . 457
Erbium, Eigenschaften, Isotope usw. . 219

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

E
Erbrechen und Alkalose 509, 510
Erdatmosphäre siehe Normalatmosphäre
Erde, Konstanten 205, 206
— Zusammensetzung der Erdkruste . 212ff.
erg (Erg) 187, 196
Ergocalciferol 417
Ergonovin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Ergosterin (Provitamin D_2) 417
Ergotamin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Ergothionein 325
— Blut 529
— Sperma 569
Ergotoxin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Errata 8
Erucasäure 358
Erwartungswert, Definition, siehe Index 171
Erythroblasten, Blut 545
— Knochenmark 551
Erythrochromie, Liquor 564
Erythrocyten, Anzahl im venösen Blut . 546
— Atmungsgeschwindigkeit 365
— Blei 540
— Blut . . . . . 545ff.
— und Blutgruppenantigene . . . 555, 556
— Carboxyhämoglobin 549
— Cholinesterase 534
— Coenzyme . . . . . 534ff.
— Coproporphyrin 549
— Durchmesser 547
— elektrische Ladung 522
— elektrophoretische Beweglichkeit . . 522
— Enzyme . . . . . 534ff.
— Esterasen 391
— Flavinadenindinucleotide 535
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Genealogie 543
— Glyoxalase 535
— Hämatokrit siehe Hämatokrit
— Hämiglobin 549
— Hämoglobin siehe Hämoglobin
— Harn 504
— Kalium 538
— Ketonkörper 533
— Kupfer 540
— Lebensdauer 546
— Magensaft 492
— Natrium 538
— numerische Exzentrizität 547
— Oberfläche 547
— osmotische Resistenz 522
— Permeabilität der Zelloberflächen . . 522
— Phosphor 537
— Proteasen 388
— Protoporphyrin 549
— Pyridinnucleotide 528, 536
— spezifisches Gewicht 546
— spezifische Wärme 522
— Verdohämoglobin 549
— Volumen, Einzel- 547
— — Gesamt- 518
— und Wachstumsalter 544
— Wasserstoffionenkonzentration . . 546
— Zink 540
Erythromycin und Brucellosen 611
— Dosierung 600
— — bei Diphtherie 626
— — bei Staphylokokkeninfektionen . 617
— Eigenschaften 687
— IE, Standardpräparat 696
— und Listeriosen 627
— und Streptokokkeninfektionen . . . 624
Erythrose 303, 306
Erythrose-4-phosphat 309
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
D-Erythrulose 304
L-Erythrulose 306
Erythrulose-1-phosphat 309
esE (elektrostatische Einheiten) . . 189–196
Essentielle Fettsäuren siehe unter Fettsäuren
Essentielle Hypertonie 598
Essigsäure 355
— Bildung aus Nahrungsstoffen . 379, 380
— Kaffee 483
— Lösungen, spezifisches Gewicht . . 281
— Puffer 277, 278

Seite

E
Essigsäure, Zehntelnormallösung . . . 276
Esterasen 382, 391, 392
— Cholin-, siehe Cholinesterasen
Eucalyptol, Formel und Molekulargewicht 274
Eucatropin, Formel und Molekulargewicht 274
Euglobuline 523, 524
Eumycetes . . . . . 651ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Europium, Eigenschaften, Isotope usw. 218
eV (Elektronenvolt), Umrechnung . . 187
EVANS-Test (Wachstumshormon) . . . 446
Ew (Blutgruppenantigen) 559, 563
EWALDsche Probemahlzeit (Magensaft) . 490
Exopeptidasen und -Vorstufen 382, 386, 387
Exophthalmos-Producing Substance . . 445
Exponentialgleichungen (Lösung) . . . 138
Exposure dose siehe Bestrahlungsdosis
Exspirations-Reservevolumen 589
Extrazelluläres Wasser 508
Extrembereich, Text, siehe Index . . . 171
— Tafeln 47
Extrinsic Factor 432

F
f (Blutgruppenantigen) 559, 563
F (Farad) 192
°F (Grad Fahrenheit) siehe Fahrenheit
F-Verteilung, Text, siehe Index 171
— Tafeln 40, 41
Fäces, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— Vitaminausscheidung siehe unter den einzelnen Vitaminen
— Zusammensetzung und Eigenschaften 496
Facteur antihémophilique und Blutgerinnung 552
FAD siehe Flavinadenindinucleotid
Fahrenheit 181, 182
— Umrechnung in Celsius 738
Faktor des polierten Reises 441
Faktor U 429
Fakultät, Definition 136
— Tafeln 26, 27
Fallbeschleunigung 205
Farad (F) 192
FARADAY-Konstante 207
FARADAY-Ladung 203
Färbeindex (Hämoglobin) 548
Farbstoffindikatoren, Umschlagbereiche 279
Farnesensäure, Cholesterin-Biosynthese 399
Faserstoffe, Nahrungsmittel . . . . 472ff.
FEHLINGsche Probe, Harn-Routinetest (Zucker) 507
Feinstrukturkonstante, SOMMERFELDsche 207
Feldkonstante, elektrische 189, 206
— magnetische 193, 206
Feldstärke, elektrische 190
— magnetische 193
Fermente siehe Enzyme
Fermium, Eigenschaften, Isotope usw. . 228
Ferrihämchlorid siehe Hämin
Ferrihämhydroxyd siehe Hämatin
Ferrihämochromogen siehe Hämochrom
Ferrihämoglobin siehe Hämiglobin
Ferrihämoglobinhydroxyd siehe Hämiglobin
Ferritin 347
Ferrohäm siehe Häm
Ferrohämochromogen siehe Hämochrom
Fertilität und Spermatozoen 571
— — Nomogramm zur Berechnung der Fertilität 572
Fette 350, 351
— Bildung 395, 398, 399
— Blut 531
— Einnahme und Plasmacholesterin . . 532
— — und Plasmalipide 531
— Depot- 351
— Fäces 496
— Hydrolyse durch Esterasen 391
— Kalorienwert 591, 592
— Körper und Organe 237, 486
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel 478
— Oxydationswasser aus 508
— oxydativer Abbau . . . . . 369ff.

Seite

F
Fette, Resorption und Speicherung . . 351
— Stoffwechsel und Corticosteroide . . 461
— — und Insulin 453
— — und Vitamin B_T (Carnitin) . . . 441
— — und Vitamin B_6 424
— Tagesbedarf 469, 470
— Umrechnung in Fett-Kohlenstoff und umgekehrt 275
— unverseifbare Anteile 351
Fettsäuren . . . . . 350, 351, 355ff.
— Blut 531
— Cephalin- und Lecithin-Biosynthese 398
— Fäces 496
— Galle 495
— aus Glucose 395
— Harn 502
— Liquor 566
— Mutter- und Kuhmilch 484, 485
— Oxydation . . . . . 369ff.
— mit ungerader Kohlenstoffzahl, Abbau 369, 370
— ungesättigte, Abbau 370
— — und Vitamin F 440
Fettsäure-Zyklus 370
Fibrin, monomeres (Profibrin) 552
Fibrinogen, Aminosäurenzusammensetzung 525
— Blut (Plasma) . . . . . 523ff.
— und Blutgerinnung 552
— und Blutsenkung 520
— und Blutviskosität 519
— elektrophoretische Beweglichkeit . 522
— und kolloidosmotischer Druck . . . 518
— Liquor 565
Fibrinokinase und Blutgerinnung . . . 552
Fibrinolysin und Blutgerinnung 552
— Prostatasekret 570
Fibrinolysokinase (Fibrinokinase) . . . 552
Ficin, Nachweis von Antikörpern . . . 556
Fiducial limits siehe Index 171
Fieber siehe Index . . . . . 667ff.
Filariasis 671
Fische, chemische Zusammensetzung . 482
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
FISCHER-BAER-Ester siehe Glycerinaldehyd-3-phosphat
FISCHER-Projektionsformeln 302
Fixpunkte, internationale, thermometrische 182
Flächenmaße 176
Flammenemissionsspektren . . . . . 230ff.
Flavin siehe Flavinnucleotide
Flavinadenindinucleotid (FAD) 335
— Blut 535
— enzymatische Hydrolyse 392
— Erythrocyten 535
Flavinmononucleotid (FMN) 335
Flavinnucleotide (siehe auch Flavinadenindinucleotid, Flavinmononucleotid)
— und biologische Oxydationen . . . 380
— Samenbläschensekret 570
Flavinribitylphosphat siehe Flavinmononucleotid
Flavonoide und Vitamin P 436, 437
Flavoproteine (siehe auch Flavinnucleotide), oxydative Desaminierung von Aminosäuren 372
— und Vitamin B_2 423
Flecktyphus 640
Fleisch, Aminosäurengehalt 471
— chemische Zusammensetzung . . . 480
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
FLEISCH, Grundumsatzstandard 593
Fluid drachm (dram) 177
Fluid ounce 177, 735
Fluor, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 212
Fluor 18, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Fluor, Blut 540
— Speichel 489
— Tagesbedarf 470
Fluorcortisol 461
Fluorhydroxymethyltestosteron . . . 465
Fluorhydroxyprednisolon 461
Fluoride siehe Fluor
Fluormethylprednisolon 461
FMN siehe Flavinmononucleotid
Folic acid siehe Folsäure
Folininsäure 429

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

F
Follicle-Ripening Hormone 442
Follicle-Stimulating Hormone (FSH) . . 442
Follikelstimulierendes Hormon 442
Folsäure . . . . . 429ff.
— Mutter- und Kuhmilch 484
Folsäurekonjugase, Blut 536
Foot (ft) 174, 175, 734
Foot-Pound-Second-Maßsystem 172
Formaldehyd, «aktiver» 403
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
— Glycin-Abbau 375
Formamidinoglutarsäure, Histidin-Abbau 373
5-Formamido-4-carboxamidoimidazol-ribotid, Inosinsäure-Bildung 406
Formylglutaminsäure, Histidin-Abbau . 373
Formylglycinamidinribotid 332
— Inosinsäure-Bildung 405
Formylglycinamidribotid 332
— Inosinsäure-Bildung 405
Formylkynurenin, Tryptophan-Abbau . 377
Formylpropionylcoenzym A, Valin-Abbau 374
Formyltetrahydrofolsäure (Formyltetrahydropteroylglutaminsäure) 429
— Inosinsäure-Bildung 405, 406
Fötus siehe Embryo
Fraktil siehe Index 171
Frambösie 638
Framycetin, Eigenschaften 687
Francium, Eigenschaften, Isotope usw. . 222
Frauenmilch siehe Muttermilch
Frequenz (Einheiten) 185
FRIEDMAN-Test (Schwangerschaft) . . . 443
Froschtest (Schwangerschaft) 443
Früchte, chemische Zusammensetzung . 472
Fruchtzucker siehe Fructose
Fructokinase, Glycolyse 368
Fructose 304, 307
— aus Fructose-1-phosphat 368
— aus Fructose-6-phosphat 368
— aus Glucose 395
— Samenbläschensekret 570
— Sperma 569
Fructose-1,6-diphosphat 310
— Dephosphorylierung 411
— enzymatische Hydrolyse 391
— Glycolyse 367
— Pentosephosphat-Zyklus 397
Fructose-1,6-diphosphatase 391
Fructose-1-phosphat 310
— aus Dihydroxyacetonphosphat . . . 368
— enzymatische Hydrolyse 391
Fructose-6-phosphat 310
— Glycolyse 367, 368
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
FSH (Follicle-Stimulating Hormone) . . 442
ft (Foot) 174, 175, 734
ft-lb-s-Maßsystem 172
2-(α-L-Fucopyranosido)lactose 315
Fucose 306
— Blut 530
Fucosidolactose 315
Fumagillin, Dosierung 687
— Eigenschaften 687
Fumarase, Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368
Fumaroylacetessigsäure, Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau 376
Fumaroylacetessigsäurehydrolase . . . 376
Fumarsäure, Adenylsäure-Bildung . . . 406
— Blut 533
— und Gluconeogenese 411
— Harnstoff-Biosynthese 413, 414
— Inosinsäure-Bildung 406
— aus Nahrungsstoffen, Übersicht 379, 380
— Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau . 376
— Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
Fungi siehe Eumycetes
Fungicidin siehe Nystatin
Funktionelle Residualkapazität 589
Furanosen . . . . . 301ff.
Fuß siehe Foot
Fy^a, Fy^b (Blutgruppenantigen) . . 562, 563

G
γ (Gamma, Mikrogramm, μg) 178
g (Gramm) siehe Gramm
G (Giga-, Symbol für das 10^9fache) . . 9
G (Blutgruppenantigen) 560, 563

Seite

G
Gadoleinsäure 358
Gadolinium, Eigenschaften, Isotope usw. 218
Galactokinase, Glycolyse 368
Galactopoese 446
4′-[β-D-Galactopyranosido]-D-glucopyranose siehe Lactose
Galactosamin 307
— Blut 530
Galactosamin-1-phosphat 311
Galactose 303, 307
— Blut 530
— aus Galactose-1-phosphat 368
— reversible Umwandlung zu Glucose 337, 338, 395
Galactose-1-phosphat 311
— aus Glucose-1-phosphat 368
β-Galactosidase 389
Galactowaldenase, Glycolyse 368
Galacturonsäure 314
Galaheptulose 304
Galilei (Gal) 185
Galle, Eigenschaften und Zusammensetzung 495
— Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— Magensaft 492
Gallenfarbstoffe siehe auch Bilirubin
— Bildung 347
Gallensäuren und Gallensalze, Ausscheidung und Konjugation 408
— Blut 532
— Funktion 404
— Galle 495
Gallium, Eigenschaften, Isotope usw. . 215
Gallon (gal) 177, 735
GAMBLE, Ionogramm nach 509, 512
Gametogenes (gametokinetisches) Hormon 442
Gamma (Mikrogramm) 178
Gammastrahlung 234, 235
— Absorption 198, 199
Gammastrahlungsleistung, spezifische . 198
Ganglioside 350, 353
Ganzton 202
Gärung, Definition 365
— alkoholische 366, 368
— Milchsäure- . . . . . 366ff.
Gase, Gaskonstante, universelle 207
— ideale, spezifisches Normvolumen . 207
— Konzentrationseinheiten 204
— Umrechnung von gemessenem Volumen auf Normvolumen usw. 262ff.
Gasgangrän (Gasbrand) siehe Index . 676ff.
— Antitoxin, Standardpräparate . . . 694
Gastrin 456
Gastritis, Magensaft-Sekretion 492
Gastrointestinaltrakt siehe auch Darm, Fäces, Galle, Magen, Pancreas, Speichel
— Corticosteroidtherapie 462
— Elektrolytersatz bei Verlusten von Sekreten des . . . . . 297ff.
— Gewicht 237
— Hormone 456
— Intestinal-Wasserkreislauf 509
— Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— Proteasen . . . . . 383ff.
g-atom (Grammatom) 203, 287
GAUCHERsche Krankheit 353, 354
Gauß (Gs) 193
GAUSSsche Verteilung siehe Normalverteilung
Gb (Gilbert) 193
GDP siehe Guanosindiphosphat
Gebiß (Zähne), Entwicklung 582
— — Gewicht 237
Geburtshilfliche Normalmaße 577
Gefrierpunktserniedrigung, Berechnung 289, 290
— Darmsaft 494
— Galle 495
— Harn 497
— Liquor 564
— Magensaft 490
— Pancreassaft 493
— Serum 509, 518
— Speichel 487
— Sperma 568
Gehirn, Aminosäuren 324
— Cerebroside bei Lipidosen 354

Seite

G
Gehirn, chemische Zusammensetzung . 486
— Esterasen 391
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säuglinge 578
— Glycosidasen 390
— Rinde, Atmungsgeschwindigkeit . . 365
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
— Substantia alba, Atmungsgeschwindigkeit 365
— Transaminierungen 372
Gehirnzucker siehe Galactose
Gelbfieber 646
Gelbkörperreifungshormon 442
Gelbsucht siehe Icterus
Gelée royale (Bienenköniginnenfutter) und Pantothensäure 428
Gemüse, Aminosäurengehalt 471
— chemische Zusammensetzung . . . 474
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
Gene, Nucleinsäuren 327
Gentiobiose, enzymatische Hydrolyse . 389
Genuine Hypertonie 598
Geographische Meile 174
g.equiv. siehe Grammäquivalent
Gerade (Formeln) 145
GERHARDTsche Probe, Harn-Routinetest (Aceton) 507
Gerinnung, Blut . . . . . 552ff.
— Sperma 568
Germanium, Eigenschaften, Isotope usw. 215
Geschlechtshormone siehe auch Androgene, Östrogene, Progesteron
— Funktion 467
Geschwindigkeit 184
Getränke, chemische Zusammensetzung 483
Gewebe, Carboxylierungsrelation . . . 398
— Fett-, Atmungsgeschwindigkeit . . 365
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
— lymphatisches, und Corticosteroide . 461
— Strahlungsabsorption . . . 199, 235, 236
Gewicht, Einheiten 185, 186
— Harn (Trockengewicht) 498
— Körper siehe Körpergewicht
— Organe 237, 486
— spezifisches, siehe spezifisches Gewicht
Gicht, Blut, Harnsäure 528
Giga- (Vorsilbe für das 10^9fache) . . . 9
Gilbert (Gb) 193
Gill (gi) 177
GIRARDS Reagens, Formel und Molekulargewicht 274
Gitterkonstante, Kalkspat 206
Gleichungen (Lösung) 137
Globuline, Aminosäurenzusammensetzung 525
— antihämophiles, und Blutgerinnung . 552
— Bindung von Thyroxin 449
— — von Vitamin B_{12} 433
— Blut (Plasma) . . . . . 523ff.
— und Blutviskosität 519
— elektrophoretische Beweglichkeit . . 522
— Liquor 565
— und onkotischer Druck 510
— Pancreassaft 493
Glomerulonephritis und Hypertonie . . 598
Glomerulumfiltrat 515
Glucagon 454, 455
Glucagonase 455
Glucocorticosteroide (siehe auch Cortisol, Cortison, Prednisol, Prednisolon) 399, 458, 460
— Anwendung 461
α-D-Glucofuranose 303
Gluconeogenese 410, 411
Gluconsäure 314
Gluconsäure-6-phosphat . . . . . 311ff.
α-D-Glucopyranose . . . . . 303ff.
β-L-Glucopyranose 303, 304
α-D-Glucopyranosido-β-D-fructofuranosid (Saccharose) 315
4′-(α-D-Glucopyranosido)-β-D-glucopyranose siehe Maltose
4′-(β-D-Glucopyranosido)-β-D-glucopyranose siehe Cellobiose
Glucosamin 308
— Blut 530
Glucosaminidasen 390
Glucosamin-6-phosphat 311
Glucose 303, 308

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

G Glucose
— alkoholische Gärung 368
— aus Aminosäuren 410, 411
— Blut 530
— Formel und Molekulargewicht 274, 308
— und Glucagon 455
— Harn 502
— und Insulin 453, 454
— Liquor 565
— Lösungen, Berechnung . . . . . 289 ff.
— — isotonische 295
— Milchsäuregärung . . . . . 365 ff.
— Prostatasekret 570
— reversible Umwandlung zu Galactose 337, 338
— Serin und Glycin aus 403
— Uridindiphosphoglucuronsäure aus . 398
— und Wachstumshormon 446
— Zellbestandteile aus . . . . . 395 ff.
Glucose-1,6-diphosphat 311
Glucoseoxydase, Glucosebestimmung . 502
Glucose-1-phosphat 311
— Bildung 368
Glucose-6-phosphat 311
— Dephosphorylierung 411
— enzymatische Hydrolyse 391
— aus Glucose-1-phosphat 368
— Glycolyse 367, 368
— im Pentosephosphat-Zyklus . . . 395 ff.
Glucose-6-phosphatase 391
— Dephosphorylierung 411
Glucose-6-phosphatdehydrogenase, Pentosephosphat-Zyklus 397
α-Glucosidasen 389
β-Glucoside, enzymatische Hydrolyse . 389
Glucosurie und Corticosteroide 460
— und Insulin 453
— und Wachstumshormon 446
β-Glucuronidase 389
— Blut 535
Glucuronide, Bildung 398
— Entgiftungsprodukte 412
— enzymatische Hydrolyse 389
Glucuronsäure 314
— Blut 530
— aus Glucose 395, 397, 398
— Harn 502
— Magensaft 490
Glutaconsäure, Lysin-Abbau 376
Glutamin 321
— Bildung und Funktion 404
— Blut 527
— und Entgiftungsmechanismen . . . 412
— Guanylsäure-Bildung 407
— Harn 499
— Inosinsäure-Bildung 405
— Phenylessigsäure-Entgiftung 415
— Transaminierung 372
Glutaminsäure 321
— Abbau 373
— Bildung durch reduktive Aminierung 414
— Blut 527
— aus Citrullin 373
— Decarboxylierung 372
— aus Glucose 395, 403
— Glutamin aus 404
— Glutathion-Bildung 408
— Guanylsäure-Bildung 407
— Harn 499
— Harnstoff-Biosynthese 413, 414
— aus Histidin 373
— aus Hydroxyprolin 373
— Inosinsäure-Bildung 405
— aus α-Ketoglutarsäure 403
— Muttermilch 485
— oxydative Desaminierung 371
— in Plasmaproteinen 525
— aus Prolin 373
— Prolin und Hydroxyprolin aus . . . 403
— Taurin-Biosynthese 408
— Transaminierung, mit Oxalessigsäure 372
— Zellbestandteile aus 404
Glutaminsäuredehydrogenase, Aktivität 371
— Glutaminsäure-Biosynthese . . 395, 403
Glutaminsäureformylase, Histidin-Abbau 373
Glutaminsäuremonoamid siehe Glutamin
Glutaminsäure-Oxalessigsäure-Transaminase, Blut 535
— — — Liquor 566

Seite

G Glutaminsäuresemialdehyd, Citrullin-Abbau 373
— Prolin-Abbau 373
— Prolin- und Hydroxyprolin-Biosynthese 403
— Transaminierungen 372
Glutamylcystein, Glutathion-Bildung . 408
Glutarsäure, Lysin-Abbau 376
Glutathion, Bildung 408
— Blut 529
— Funktion 404
— Sperma 569
Glutinine 555
Glycerin 313
— Bildung von Neutralfetten . . . 398, 399
— Formel und Molekulargewicht 274, 313
— Kohlenhydrate aus 370
— Lösungen, spezifisches Gewicht . . 284
— Phosphorylierung 370
Glycerinaldehyd 306
— aus Glycerinaldehyd-3-phosphat . . 368
— Konfigurationsbeziehungen der Aldosen 303
— Stereoisomerie 301, 302
Glycerinaldehyd-3-phosphat 309
— aus Desoxyribose-5-phosphat . . . 377
— Glycolyse 367, 368
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
Glycerinphosphate (Glycerophosphorsäuren) 351, 352
— aus Glucose 395
— Lecithin- und Cephalin-Biosynthese 398
Glycerin-1-phosphat (α-Glycerophosphorsäure) 309, 352
Glycerin-1,2-phosphat 352
Glycerin-2-phosphat (β-Glycerophosphorsäure) 352
Glycerinsäure 314
— Glycin- und Serin-Biosynthese . . . 403
Glycerinsäure-1,3-diphosphat 309
— Glycolyse 367
Glycerinsäure-2,3-diphosphat 309
Glycerinsäure-2-phosphat (2-Phosphoglycerinsäure) 309
— Glycolyse 367
Glycerinsäure-3-phosphat (3-Phosphoglycerinsäure) 309
— Glycin- und Serin-Biosynthese . . . 403
— Glycolyse 367
Glycerophosphatdehydrogenase 395
Glycerophosphatide . . . . . 350, 351 ff.
Glycerophosphatidsäure 352
Glycerophosphorsäuren siehe Glycerinphosphate
Glycerophosphoryläthanolamin 352
— enzymatische Hydrolyse 393
Glycerophosphorylcholin 352
— enzymatische Hydrolyse 393
Glycerophosphorylcholindiesterase . . 393
Glycin (Glycocoll) 321
— Abbau 375
— Blut 527
— Creatin aus 407, 408
— und Entgiftungsmechanismen . . . 412
— aus Glucose 395, 403
— Glutathion-Bildung 408
— Harn 499
— Inosinsäure-Bildung 405
— Muttermilch 485
— Paarung mit aromatischen Säuren . . 415
— — mit Gallensäuren 408
— in Plasmaproteinen 525
— Porphyrin-Biosynthese 407
— Puffer 277, 278
— aus Serin 403
— aus Threonin 375
— Transaminierung 372
— Zellbestandteile aus 404
Glycinamidribotid 332
— Inosinsäure-Bildung 405
Glycocoll siehe Glycin
Glycocyamin siehe Guanidinoessigsäure
Glycogen 317
— Blut 530
— enzymatische Hydrolyse 388
— und Glucagon 455
— aus Glucose 395
— aus Glucose-1-phosphat 368
— und Insulin 453

Seite

G Glycogen, Milchsäuregärung 368
Glycolaldehyd, «aktiver» 396
Glycolyse siehe auch Milchsäuregärung
— Definition 365
Glycoproteine, Eigenschaften 524
— Blut 530
— Harn 498
Glycosidasen . . . . . 382, 388 ff.
Glycoside 301
Glycosurie siehe Glucosurie
Glycylglycindipeptidase 386, 388
Glycyl-L-leucindipeptidase 386, 388
Glyoxalase, Blut 535
— Erythrocyten 535
— Glycin-Abbau 375
Glyoxylsäure und Transaminierungen . 372
GMP siehe Guanosinmonophosphat
Goitrin und Thyroxin 450
Gold, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 220
Gold 198, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 250
Goldpunkt 182
Gon 180
Gonaden, zulässige Dosis von Radioisotopen 236
Gonadotropine . . . . . 442 ff.
Gonorrhöe 618
Grain (gr) 178, 736
Gramicidin, Eigenschaften 688
Gramm (g) 178, 187, 735
— Energieäquivalent 208
Grammäquivalent (val), Definition 203, 287
— Umrechnung 275
— und Elektrolythaushalt 510
Grammatom 203, 287
Gramm-Kraft 186
Grammol siehe Mol
Grammrad 198
Grammval siehe Grammäquivalent
Granulocyten siehe auch Leucocyten
— Genealogie 543
— Knochenmark 551
— im Wachstumsalter 550
Gravitationskonstante 206
Greise siehe Alter
Grenzdextrin, enzymatische Hydrolyse . 389
Griechisches Alphabet 9
Grippe 648
Griseofulvin, Eigenschaften 688
— bei Pilzinfektionen 651, 652
Grundumsatz und Adrenalin und Noradrenalin 452
— Definition und Bestimmung 591
— und Lebensalter 594
— und Menstruationszyklus 591
— Nomogramm zur Berechnung . . . 595
— und proteingebundenes Jod . . 541, 591
— und Schwangerschaft 594
— Standard . . . . . 592 ff.
— und Thyroxin 449
Gs (Gauß) 193
GTP siehe Guanosintriphosphat
Guanase 394
— Guanylsäure-Abbau 378, 379
Guanidin, Harn 500
Guanidinoessigsäure (Glycocyamin) . . 325
— Blut 528
— Creatin-Bildung 407
— Harn 500
Guanin 328
— Abbau 378, 379
— enzymatische Desaminierung . . . 394
— Guanylsäure-Abbau 378
Guanindesoxyribosid 329
Guaninribosid siehe Guanosin
Guanosin 329
— enzymatische Desaminierung . . . 394
— Guanylsäure-Abbau 378
Guanosindesaminase 379, 394
Guanosindiphosphat (GDP) 333
— Adenylsäure-Bildung 406
— Reaktion mit Succinylcoenzym A . . 381
Guanosindiphosphomannose 337
Guanosinmonophosphat (GMP) . . . 333
— Abbau 378, 379
— Bildung 407
— enzymatische Desaminierung . . . 394

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

G Guanosintriphosphat (GTP) 333
— Adenosindiphosphat-Phosphorylierung 381
— Adenylsäure-Bildung 406
— Bildung 381
Guanylsäure siehe Guanosinmonophosphat
Guanylsäuredesaminase 394
— Guanylsäure-Abbau 378, 379
Guloheptulose 304
Gulose 303
Gyromagnetisches Verhältnis des Protons 208

H h (Hekto-, Symbol für das Hundertfache) 9
h (Stunde) 179, 180, 739
h (Planckscher Wirkungsquantum) 188, 207
H (Blutgruppenantigen) 557, 563
H (Henry) 192, 195
ha (Hektare) 176
Hafnium, Eigenschaften, Isotope usw. . 219
Hageman-Faktor und Blutgerinnung . 552
Halbwertzeiten von Radioisotopen 234, 235
Häm und Derivate . . . . . 341, 344ff.
Hämatin 344, 345
Hämatoidin siehe Bilirubin
Hämatokrit, Normalwerte, venöses Blut 546
— — Körperhämatokrit 518
— und spezifisches Gewicht des Blutes (Nomogramm) 517
— und Viskosität des Blutes 519
— im Wachstumsalter 544
— und Wasserhaushalt 508
Hämatoporphyrin 344
Hämichrom 344
Hämiglobin (Methämoglobin) . . 344, 345
— Erythrocyten 549
— Harn 501
Hämiglobinhydroxyd 344
Hämin 344
Hämochrom 344
Hämochromogen 344
Hämoglobin 344, 345
— Abbau zu Gallenfarbstoffen 347
— Gehalt in Erythrocyten und Plasma. 548
— Harn 501
— und Icterus 529
— Protoporphyrin als prosthetische Gruppe 342
— Sauerstoffbindungsvermögen 541, 542, 548
— und spezifisches Gewicht des Blutes (Nomogramm) 517
— im Wachstumsalter 544
Hämoglobinämie 548
Hämogramm nach Schilling (Leucocyten) 551
Hämolyse und Blutgruppenantigene 555, 556
— und Icterus 529
— und osmotische Resistenz der Erythrocyten 522
— und Plasmahämoglobin 548
— und Sphärocytose 547
— und Streptokokken 623
Hämometer 548
Hämoproteine 345, 346
Harden-Young-Ester siehe Fructose-1,6-diphosphat
Harn, Allantoin 501
— Aluminium 504
— Aminosäuren 498
— Aminozucker 502
— Ammoniak 498
— anorganische Bestandteile 503
— Äthanolamin 500
— Ausscheidung von Entgiftungsprodukten . . . . . 412ff.
— Bakterien 504
— Bernsteinsäure 502
— Bilirubin 501
— Blei 504
— Blutfarbstoffe 501
— Brenztraubensäure 502
— Calcium 504
— Chloride 503
— Cholesterin 502
— Cholin 500
— Citronensäure 502
— Creatin 500

Seite

H Harn, Creatinin 500
— Eisen 504
— und Elektrolythaushalt 514, 515
— Enzyme 503
— Erythrocyten 504
— Fettsäuren 502
— Gefrierpunktserniedrigung 497
— Glucose 502
— Glucuronsäure 502
— Guanidin 500
— Guanidinoessigsäure 500
— Harn-Indican 501
— Harnsäure 500
— Harnstoff 500
— Hippursäure 501
— Homogentisinsäure 502
— Hormone siehe unter den einzelnen Hormonen
— Imidazole 501
— Inosite 502
— Jod 504
— Kalium 504
— Ketonkörper 503
— Kohlenhydrate 502
— Kupfer 504
— Kynurenin 501
— Lipide 502
— Magnesium 504
— Mangan 504
— Milchsäure 503
— Natrium 504
— Nickel 504
— Oxalsäure 503
— Pentosen 502
— Phenole 503
— Phosphor 503
— Porphobilinogen 501
— Purinbasen 500
— Proteine 498
— Schwefel 503
— Sedimente 505, 506
— Silber 504
— spezifisches Gewicht 497
— Stickstoff 498
— Temperaturkoeffizient 497
— Tests 507
— Urobilin 501
— Urobilinogen 501
— Viskosität 497
— Vitamine siehe unter den einzelnen Vitaminen
— Volumen 497
— Wasserstoffionenkonzentration . . 497
— Zinn 504
— Zucker 502
Harn-Indican, Blut 529
— Harn 501
Harnsäure 328
— Blut 528
— enzymatische Oxydation 394
— Formel und Molekulargewicht 274, 328
— Harn 500
— Harnsedimente 505
— Liquor 565
— Magensaft 490
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft 494
— Purinstoffwechsel 378, 379
— Speichel 487
— Umrechnung in Harnsäure-N und umgekehrt 275
Harnsäureribosid 331
Harnstoff, Abbau 379
— Biosynthese . . . . . 412ff.
— Blut 527
— Clearance 515
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
— Harn 500
— Liquor 565
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Pancreassaft 494
— Speichel 487
— Sperma 569
— Umrechnung in Harnstoff-N und umgekehrt 275
Harnstoff-Zyklus 413, 414
Harris-Benedict, Grundumsatzstandard 592, 594

Seite

H Hatchability Factor 432
Häufigkeit, relative, der Atome . . . 212ff.
Haut, Atmungsgeschwindigkeit 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht 237
— Wasserverlust durch 508, 509
Haworth, Zuckerformeln nach . . 303, 304
HCG (Human Chorionic Gonadotropin) siehe Choriongonadotropin
He (Blutgruppenantigen) 558, 563
Hefe, Aminosäurengehalt 471
— chemische Zusammensetzung . . . 483
— Vitamingehalt (siehe auch unter den einzelnen Vitaminen) 483
Heinzsche Innenkörperchen (Erythrocyten) 545
Hekto- (Vorsilbe für das Hundertfache) 9
Helium, Eigenschaften, Isotope usw. . . 212
Henderson-, Henderson-Hasselbalch-Gleichung 510, 541
Heneicosansäure 356
Henry (H) 192, 195
Heparin 317
— IE, Standardpräparat 697
— und Blutgerinnung 552
— enzymatische Hydrolyse 390
Heparinase 390
Heparintoleranztest (Blutgerinnung) . . 554
Hepatitis siehe Index . . . . . 676ff.
— und Makrocytose 547
— Vitamin B_{12} im Blut 434
Heptacosan, Spermatozoen 571
Heptacosansäure 356
Heptadecansäure 356
Heptansäure 355
altro-Heptulose siehe Sedoheptulose
Hermaphroditismus, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
Hertz (Hz) 185
Herz, Blutdruck 598
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säuglinge 578
— Glycosidasen 390
— Infarkt und Plasmatransaminase . . 372
— Leistung und Adrenalin und Noradrenalin 452
— Muskel, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— Phospholipasen 393
Heteroantikörper 555
Hexacosahexaensäure 359
Hexacosansäure siehe Cerotinsäure
Hexacosensäure 358
Hexadecanol und Wachse 354
Hexadecansäure siehe Palmitinsäure
Hexadecatriensäure 359
Hexadecensäure 357
— Muttermilch 485
Hexadiensäure 359
Hexansäure 355
Hexensäure 357
Hexokinase, Glycolyse 367, 368
Hexosamine (siehe auch Glucosamin usw.), Magensaft 490
Hexosediphosphatase, Dephosphorylierung 411
Hexosen (siehe auch Glucose, Fructose usw.). 307, 308
— Magensaft 490
Hexosephosphatisomerase, Pentosephosphat-Zyklus 396, 397
Hexöstrol 464
Hexuronate siehe auch Glucuronsäure usw.
— Blut 530
Hippursäure, Entgiftung von Benzoesäure 412, 415
— Funktion 404
— Harn 501
— Harnsedimente 505
Hiragonsäure 359
Hirsutismus, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
Histamin, Bildung 372
— Blut 529
— Formel und Molekulargewicht . . . 274

Alphabetisches Stichwortregister und Inhaltsverzeichnis

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

H
Histamin, Funktion 404
— Leucocyten 529
— Liquor 566
— Magensaft 490
— Speichel 488
Histaminase, Blut 535
— Harn 503
Histidase, Histidin-Abbau 373
Histidin 321
— Abbau 373
— Blut 527
— Decarboxylierung 372
— Harn 499
— Mutter- und Kuhmilch 484
— in Plasmaproteinen 525
— Zellbestandteile aus 404
Hohlmaße . . . . . 176ff.
Holmium, Eigenschaften, Isotope usw. . 219
Holoenzyme 361
Homatropin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Homeostasis, Aufrechterhaltung durch Corticosteroide 459
Homocystein, Abbau 375, 376
— Creatin-Bildung 407
— aus Methionin 376
Homogentisinsäure, Harn 502
— Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau . 376
Homogentisinsäureoxydase 376
Homooxybiotin 427
Homoserin 325
— Abbau 375
— Homocystein-Abbau 376
Hormone siehe auch unter Adrenalin, Aldosteron, Androsteron, Choriongonadotropin, Cortexolon, Cortexon, Corticosteron, Corticotropin, Cortisol, Cortison, Dehydrocorticosteron, Glucagon, Insulin, 17-Ketosteroide, Luteinisierungshormon, Noradrenalin, Östrogene, Parathormon, Progesteron, Prolactin, Serumgonadotropin, Testosteron, Thyreotropin, Thyroxin, Wachstumshormon
— Blut siehe einzelne Hormone
— corticotropes, siehe Corticotropin
— follikelstimulierendes 442
— gametogenes 442
— gametokinetisches 442
— Gastrointestinaltrakt 456
— Geschlechtshormone . . . . . 463ff.
— Harn siehe einzelne Hormone
— Hypophysenhinterlappen 447
— Hypophysenmittellappen 448
— Hypophysenvorderlappen . . . . 442ff.
— IE und Standardpräparate 697
— lactogenes, siehe Prolactin
— Nebennierenmark 451
— Nebennierenrinde siehe Corticosteroide
— Nebenschilddrüse 450
— Pancreas 453
— Placenta 442
— Schilddrüse . . . . . 449ff.
— somatotropes 446
— und Spermatogenese 571
— Steroidhormone . . . . . 456ff.
Hörschwelle 201
Howell-Jollysche Körperchen (Erythrocyten) 545
Howell-Zeit (Blutgerinnung) 553
Hu (Blutgruppenantigen) 558, 563
Hüftbreite im Wachstumsalter . . . 583ff.
Human Chorionic Gonadotropin (HCG) siehe Choriongonadotropin
Hundredweight (cwt) 178
Hyaluronidasen 390
— IE, Standardpräparat 697
— Sperma 570
Hyaluronsäure 317
— enzymatische Hydrolyse 390
Hydrindantin 319
Hydrocortison siehe Cortisol
Hydrogen siehe Wasserstoff
Hydrosphäre, Zusammensetzung . . 212ff.
Hydroxocobalamin 432
β-Hydroxyacylcoenzym A, Fettsäuren-Oxydation 370
β-Hydroxyacyldehydrogenase, Fettsäuren-Oxydation 370

Seite

H
Hydroxyaminosäurealdolase 375
Hydroxyaminosäuren, Abbau 375
11-Hydroxyandrosteron, Harn 466
— Struktur 457
Hydroxyanthranilsäure, Tryptophan-Abbau 376, 377
11-Hydroxyätianolon, Harn 466
Hydroxybenzimidazolcobalamin . . . 432
Hydroxybrenztraubensäure, Glycin- und Serin-Biosynthese 403
— Transaminierungen 372
β-Hydroxybuttersäure, aus Acetylcoenzym A 370, 371
— Blut 533
— Umrechnung in Aceton 275
β-Hydroxybuttersäuredehydrogenase . 371
17-Hydroxydesoxycorticosteron siehe Cortexolon
18-Hydroxydesoxycorticosteron, Biosynthese und Stoffwechsel . . . 400, 401
α-Hydroxyglutarsäure, Lysin-Abbau . . 376
— Glycin-Abbau 375
β-Hydroxyglutarsäure, Lysin-Abbau . . 376
Hydroxyindolylacetaldehyd, Hydroxytryptamin-Abbau 410
Hydroxyindolylessigsäure, Hydroxytryptamin-Abbau 410
β-Hydroxyisobutyrylcoenzym A, Valin-Abbau 374
β-Hydroxyisovaleriansäure, Cholesterin-Biosynthese 399
β-Hydroxyisovalerylcoenzym A, Leucin-Abbau 374
Hydroxykynurenin, Tryptophan-Abbau 376, 377
Hydroxykynurensäure, Tryptophan-Abbau 376, 377
δ-Hydroxylysin 321
β-Hydroxy-β-methylglutarsäure, Cholesterin-Biosynthese 399
β-Hydroxy-β-methylglutarylcoenzym A, Leucin-Abbau 374
β-Hydroxy-β-methyl-δ-valerolacton, Cholesterin-Biosynthese 399
Hydroxynervon 353
Hydroxynervonsäure 360
— und Cerebroside 353
Cis-Hydroxyoctadecensäure siehe Ricinolsäure
16α-Hydroxyöstron, Biosynthese und Metabolismus 402, 403
16β-Hydroxyöstron, Biosynthese und Metabolismus 402, 403
18-Hydroxyöstron, Biosynthese und Metabolismus 402, 403
p-Hydroxyphenylbrenztraubensäure, Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau . 376
17-Hydroxyprogesteron und Androgene 465
— Biosynthese 400, 401
— und Progesteron 467
20-Hydroxyprogesteron 467
Hydroxyprolin 321
— Abbau 373
— Biosynthese 403
— aus Glucose 395, 403
— Harn 499
6-Hydroxypurin siehe Hypoxanthin
Hydroxypyrrolidincarbonsäure siehe Hydroxyprolin
Hydroxysterine und Wachse 354
Hydroxystilbamidin, bei Pilzinfektionen . . . . . 651ff.
Hydroxytetracosansäure siehe Cerebronsäure
Hydroxytetracosensäure siehe Hydroxynervonsäure
Hydroxytryptamin (Serotonin), Bildung und Abbau 410
— Funktion 404
— aus Hydroxytryptophan 372
Hydroxytryptophan, Decarboxylierung . 372
— aus Tryptophan 410
Hydroxytyramin (Dihydroxyphenyläthylamin, Dopamin), Adrenalin-Biosynthese 409, 451
— Bildung 372, 409, 451
— Blut, Harn und Organe 452
β-Hydroxyvalerylcoenzym A, Norleucin-Abbau 374

Seite

H
Hyperbolische Funktionen 140
Hypercalcämie und Vitamin D 418
Hyperchlorhydrie 492
Hyperchromie (Erythrocyten) 548
Hyperglycämie und Adrenalin 452
— und Glucagon 455
— und Insulin 453
Hyperlipämie 351
Hyperparathyreoidismus und Parathormon 451
— Plasmacalcium 539
Hyperthyreose, Diagnose 449
— und Grundumsatz 591
— Strahlentherapie 238, 239
— und Thyroxin . . . . . 449ff.
Hypertonie 598
Hyperventilation und respiratorische Alkalosen 510, 511
Hypochromie (Erythrocyten) 548
Hypoparathyreoidismus, Parathormon-Behandlung 451
— Plasma-Calcium 539
— Vitamin-D-Behandlung 419
Hypophyse, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht (Säugling) 578
— Proteasen 388
— Steuerung des Nebennierenrindenmetabolismus 401, 444
Hypophysenhinterlappen, Hormone . . 447
— Standardpräparat 697
Hypophysenmittellappen, Hormone . 448
Hypophysenvorderlappen, Hormone 442ff.
— Standardpräparate 697
Hypotaurin, Taurin-Biosynthese . . . 408
Hypothalamus und Corticotropinsekretion 444
— und Oxytocin und Vasopressin. . . 447
— und Thyreotropinsekretion 445
Hypothyreose, Diagnose 449
— Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
— und Jodgehalt des Plasmas 541
— und Spermatogenese 571
— Thyroxin-Behandlung 450
— Vitamin-A-Bildung 416
Hypoventilation und Acidosen . . 510, 511
Hypoxanthin 328
— Abbau 378, 394
— Adenylsäure-Abbau 378
— enzymatische Oxydation 394
Hypoxanthincobalamin 432
Hypoxanthindesoxyribosid siehe Desoxyinosin
Hypoxanthinribosid siehe Inosin
Hz (Hertz) 185

I
I (Blutgruppenantigen) 563
Ichthyopterin 429
ICRP (International Commission on Radiological Protection), Empfehlungen 236
ICSH (Interstitial Cell-Stimulating Hormone) 442
Icterus, Blut, Bilirubin
— — Eisen und Kupfer 540
— — Vitamin B_{12} 434
— Erythrocyten, osmotische Resistenz 522
— und Mikrocytose 547
— und Reticulocyten 545
IDP siehe Inosindiphosphat
Idose 303
Iduronsäure 314
Ileum siehe unter Darm
Imidazole siehe auch Histamin, Histidin
— Harn 501
Imidazolonpropionsäure, Histidin-Abbau 373
Imidodipeptidase 386, 388
α-Iminobuttersäure, Homoserin-Abbau 375
Iminodipeptidase 387, 388
α-Iminopropionsäure, Cystein-Abbau . 375
— Serin-Abbau 375
Immunantikörper und Blutgruppen . . 556
Immunologische Referenz- und Standardpräparate . . . . . 693ff.
IMP siehe Inosinmonophosphat
Imperial-Maßeinheiten . . . . . 174ff.

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

I
Inch (in) 174, 175, 734
Inch of Water, Umrechnung in Torricelli 741
Indandione und Blutgerinnung 552
Indican siehe Harn-Indican
Indigoblau, Harnsedimente 505
Indigodisulfonsaures Natrium, Umschlagbereich 279
Indikatoren, Farbstoff-, siehe Farbstoffindikatoren
— radioaktive, siehe Isotope, radioaktive
Indium, Eigenschaften, Isotope usw. . . 217
Indoxylschwefelsäure siehe Harn-Indican
Induktion, magnetische 193
Induktionsfluß, magnetischer 194
Induktivität, elektrische 192
— elektromagnetische 195
Infektionserreger, Infektionskrankheiten . . . . . 601ff.
— und Antibiotica 599, 600
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik 672
Influenza 648
Influenzkonstante 189
Infusionstherapie, parenterale, Elektrolytlösungen für . . . . . 295ff.
INH siehe Isoniazid
Innenkörperchen (Erythrocyten) . . . 545
Inosin 330
— Adenylsäure-Abbau 378
Inosindiphosphat (IDP), Carboxylierungsreaktionen 398, 411
Inosinmonophosphat (IMP) 332
— Adenylsäure-Abbau 378
— Adenylsäure-Bildung 406
— Bildung 405, 406
— enzymatische Hydrolyse 394
— Xanthylsäure-Bildung 407
Inosinsäure siehe Inosinmonophosphat
Inosinsäureoxydase, Adenylsäure-Abbau 378
Inosintriphosphat (ITP), Carboxylierungsreaktionen 398, 411
Inosit siehe auch Mesoinosit
— Harn 502
— Isomerie 302
— Liquor 566
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Samenbläschensekret 570
Inositphosphatide 350
Inspirationskapazität 589
Insulin . . . . . 453ff.
— IE, Standardpräparat 697
Insulinase 454
Integrale absorbierte Dosis 198
Intermedin 448
Interstitial Cell-Stimulating Hormone (ICSH) 442
Interstitielle Bestrahlung mit Radioisotopen 239
Interstitielles Wasser 508
Intestinaltrakt siehe Gastrointestinaltrakt
Intoxikationen siehe Vergiftungen
Intrakavitäre Bestrahlung mit Radioisotopen 239
Intravaskuläres Wasser (Plasmawasser) 508, 509
Intrazelluläres Wasser 508, 509
Intrinsic Factor 433
Inulin 318
Inulinclearance 515
Iod siehe Jod
Ionenladung, spezifische 207
Ionisierte Proteine, Basenäquivalenz . . 512
Ionisierungsenergie der Elemente . . . 229
Ionium, Eigenschaften usw. 223
Ionogramm 509, 512
Iridium, Eigenschaften, Isotope usw. . . 220
Iridium 192, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
Iris siehe unter Auge
Isoalloxazin 326
— und Vitamin B_2 423
Isoantikörper 555
Isobuttersäure 360
Isobutyrylcoenzym A, Valin-Abbau . . 374
Isocapronsäure aus Cholesterin 379
— Corticosteroid-Bildung 400, 401
Isocitronensäure aus Aconitsäure . 368, 376
— Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369

Seite

I
Isocitronensäuredehydrogenase, Tricarbonsäure-Zyklus 368
Isocrotonsäure 357
Isodulcit 306
Isoleucin 322
— Abbau 374
— Blut 527
— Harn 499
— Mutter- und Kuhmilch 484
— in Plasmaproteinen 525
— Tagesbedarf 470
Isomaltose, enzymatische Hydrolyse . . 389
Isomerase, Cis-Trans- 376
— Hexosephosphat- 396
— Pentosephosphat- 396, 397
— Phosphohexose-, siehe Phosphohexoseisomerase
— Phosphotriose- 367
Isoniazid, Dosierung bei Tuberkulose . 632
Isopentan, Cholesterin-Biosynthese . . 399
Isopren, Cholesterin-Biosynthese . . . 399
Isopropylnoradrenalin 452
Isosthenurie, Diurese und spezifisches Gewicht des Harns 514
Isotonische Lösungen . . . . . 290, 298ff.
Isotope, natürliche, Eigenschaften . . 212ff.
— radioaktive, Anwendung . . . . 234ff.
— — Dosierung 235, 236
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften . . 234
— — Zerfall (Maßeinheiten) 197
— — Zerfallstabellen . . . . . 240ff.
— — zulässige Konzentrationen im Körper 235, 236
Isovaleriansäure 360
Isovalerylcoenzym A, Leucin-Abbau . . 374
Iterationen (runs), Text, siehe Index . . 171
— Tafeln 129, 130
ITP siehe Inosintriphosphat
IZS (Insulin-Zink-Suspensionen) . . . 454

J
J (Joule) 187, 189, 196
— Umrechnung in Kalorien 742
Jaffésche Probe (Creatinin) 500
Jahr, anomalistisches 179, 180
— astronomisches 179
— gregorianisches 180
— julianisches 179, 180
— siderisches 179, 180
— tropisches 174, 179, 180
Jejunum siehe unter Darm
Jensensches Sarkom siehe Mäusekrebs
Jk^a, Jk^b (Blutgruppenantigen) . . 562, 563
Jobbins (Blutgruppenantigen) . . 562, 563
Jod, Eigenschaften, Isotope usw. . . . 217
Jod 131, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 249
Jod 132, Dosiskonstante 198
Jod 133, Zerfallstabelle 249, 250
Jod, Ausscheidung 449
— Blut 449, 541
— — und Grundumsatz 541, 591
— Harn 504
— Körper und Organe 486
— Liquor 566
— Schilddrüse 449
— Speichel 489
— Tagesbedarf 470
— Zehntelnormallösung 276
Jodbenzol, Mercaptursäuren-Bildung . 415
Jodide siehe Jod
Jodoform, Formel und Molekulargewicht 274
S-*p*-Jodphenylcystein 415
p-Jodphenylmercaptursäure 415
Jodwasserstoff, Zehntelnormallösung . 276
Joule (J) 187, 189, 196
— Umrechnung in Kalorien 742
Js^a (Blutgruppenantigen) 563
Julianisches Jahr 179, 180
Junkmann-Schöller-Einheit (Thyreotropin) 445
Jupiter (Planet), Konstanten 206

K
k (Kilo-, Symbol für das Tausendfache) 9
K, k (Blutgruppenantigen) 561, 563
°K (Grad Kelvin) siehe Kelvin

Seite

K
Kadmium siehe Cadmium
Kaffee, chemische Zusammensetzung . 483
Kalium, Eigenschaften, Isotope usw. . 213
Kalium 42, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 243, 244
Kalium, Blut 538
— Blut- und Plasma-Konserven . . . 297
— Blutplasma, Serum, Serumultrafiltrat, Serumwasser 512, 513
— Caecostomie 513
— Darmsaft 494
— Dünndarmsekret 513
— Ersatztherapie, Lösungen für . 296, 297
— Erythrocyten 538
— Fäces 496, 513
— Galle 513
— Harn 504, 514
— Ilealsekret 513
— Körper und Organe 486
— Liquor 567
— Magenfundussaft, Magenpylorussaft, gemischter Magensaft 513
— Magensaft 491
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft 494, 513
— Prostatasekret 570
— Salze (Lösungen), Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Samenbläschensekret 570
— Schweiß 513
— Speichel 488, 513
— Sperma 570
— Tagesbedarf 470
— Transsudate 513
— Umrechnung in Kaliumoxyd . . . 275
Kaliumacetat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Kaliumbicarbonat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Zehntelnormallösung 276
Kaliumbichromat siehe Kaliumdichromat
Kaliumbitartrat, Zehntelnormallösung . 276
Kaliumbromid, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Kaliumcarbonat, Zehntelnormallösung . 276
Kaliumchlorid, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Salzsäure-Puffer 277, 278
— Zehntelnormallösung 276
Kaliumcitrat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Kaliumdichromat, Zehntelnormallösung 276
Kaliumdiorthophosphat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Kaliumgluconat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Kaliumhydroxyd, Lösungen, spezifisches Gewicht 283
— Zehntelnormallösung 276
Kaliummonorthophosphat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . 292ff.
Kalium-Natrium-Tartrat, Formel und Molekulargewicht 274
Kaliumoxyd, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Umrechnung in Kalium 275
— Zehntelnormallösung 276
Kaliumpermanganat, Zehntelnormallösung 276
Kaliumtartrat, Zehntelnormallösung . . 276
Kaliumtetroxalat, Zehntelnormallösung 276
Kalkspat, Gitterkonstante 206
Kalorie, 15°-, Definition und Umrechnungen 187
— Umrechnung in Joule 742
Kalorien, Bedarf, täglicher 469, 470
— Einnahme, Wachstumsalter 469
— Gehalt, Mutter- und Kuhmilch. . . 484
— — Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Verbrauch, Berechnung des extrarenalen Wasserverlustes aus dem . . 509
— Wert von Fett, Kohlenhydrat und Protein 591, 592
Kalzium siehe Calcium
Kanamycin, Eigenschaften 688
Kapauneinheit (KE), Androgene . . . 465

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

K

Kapazität, Blutgase 541, 542
Kapazität, elektrische 192
Kapillaren, Blutdruck 509, 598
— Permeabilität und Vitamin P 437
— Transsudation aus 509
Karat (c) 178, 179
Karzinoid, malignes, Hydroxyindolylessigsäure 410
Karzinom, FLEXNER-, Atmungsgeschwindigkeit 365
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
— Mammae, Androgen- und Östrogenbehandlung 468
— Magen, Magensaftsekretion 492
— Prostata, Östrogenbehandlung . . . 468
— Uterus, Östrogenausscheidung . . . 464
Karzinose, Strahlentherapie . . . 238, 239
Katalase, Blut 535
— und Porphyrine 342, 344, 346
Kathepsine 387
— Magensaft 490
Kationen (Basen) siehe auch anorganische Bestandteile und Elemente
— Blut 512, 538
— Definition 288
— Galle 495
— Mutter- und Kuhmilch 484
Katzenkratzkrankheit 650
$kcal_{15}$ (15°-Kilokalorie) siehe Kalorie
KE (Kapauneinheit), Androgene . . . 465
Kegel (Formeln) 143
Kehrwerte (Tafeln) 18
Kell (Blutgruppensystem) 555, 561
Kelvin-Skala, Definition und Umrechnung 181, 182
— Energieäquivalent 187
Kephalin siehe Cephalin
Kerasin 353
Kernmagneton 208
Ketale 301
β-Ketoacylcoenzym A, Fettsäuren-Oxydation 370
β-Ketoacylthiolase, Fettsäuren-Oxydation 370
α-Ketoadipinsäure, Lysin-Abbau . . . 376
α-Keto-ε-aminoadipinsäure, Lysin-Abbau 376
α-Keto-δ-aminovaleriansäure, aus Ornithin 373
γ-Keto-δ-aminovaleriansäure siehe δ-Aminolävulinsäure
11-Ketoandrosteron, Harn 466
— Struktur 457
2-Ketoarabohexose siehe Fructose . . . 307
11-Ketoätianolon, Harn 466
— Struktur 457
α-Ketobuttersäure, Homoserin-Abbau . 375
— aus Threonin 375
α-Ketocapronsäure, Norleucin-Abbau . 374
α-Ketoglutarsäure, Blut 533
— Glutaminsäure aus 403
— aus Glutaminsäure (oxydative Desaminierungen) 371, 372
— Glycin-Abbau 375
— Harnstoff-Biosynthese 414
— Lysin-Abbau 376
— aus Nahrungsstoffen, Übersicht 379, 380
— reduktive Aminierung 414
— Taurin-Biosynthese 408
— Transaminierungen 372
— — mit β-Alanin 379
— Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
α-Ketoglutarsäureoxydase, Tricarbonsäure-Zyklus 368
α-Ketoglutarsäuresemialdehyd, Glycin-Abbau 375
α-Keto-γ-guanidinovaleriansäure, Transaminierungen 372
altro-Ketoheptose siehe Sedoheptulose
Ketohexokinase, Glycolyse 368
α-Ketoisocapronsäure, Blut 533
— Leucin-Abbau 373
α-Ketoisovaleriansäure, Blut 533
— Valin-Abbau 374
α-Keto-β-methylvaleriansäure, Blut . . 533
— Isoleucin-Abbau 374
Ketonämie und Insulin 453
Ketonkörper siehe auch Acetessigsäure, Aceton, β-Hydroxybuttersäure

Seite

K

Ketonkörper, Bildung 371
— Blut 533
— Erythrocyten 533
— Harn 503
— Harn-Routinetest 507
— Liquor 566
Ketonurie, Insulinmangel 453
16-Ketoöstradiol, Biosynthese und Metabolismus 402, 403
16-Ketoöstron, Biosynthese und Metabolismus 402, 403
3-Keto-6-phosphogluconsäure, Pentosephosphat-Zyklus 396
11-Ketopregnanolon, Struktur 457
Ketosäuren siehe einzelne Ketosäuren
α-Ketosäuren, aus α-Aminosäuren . . . 371
— Blut 533
— Oxydation 369
Ketosen 301, 303
— Konfigurationsbeziehungen 304
Ketosis 371
17-Ketosteroide und Androgene . . . 465
— Bestimmung 465, 466
— Bildung 401, 459
— Harn 460, 466
β-Ketovalerylcoenzym A, Norleucin-Abbau 374
Keuchhusten 610
kg (Kilogramm) siehe Kilogramm
kg-atom (Kilogrammatom) 203
Kidd (Blutgruppensystem) 555, 562
Kieselsäure siehe Silicium
KIESSLING-Ester siehe Glycerinsäure-2-phosphat 309
Kilo- (Vorsilbe für das Tausendfache) . 9
Kilocycle (Kc.) 185
Kilogramm (kg), Definition und Umrechnung 178
— Umrechnung in Pound 737
Kilogrammäquivalent (kval) siehe Grammäquivalent
Kilogrammatom (kg-atom) 203
Kilogramm-Gewicht 185
Kilogramm-Kraft (kp) 185, 186
Kiloherz (kHz) 185
Kilokalorie, 15°- ($kcal_{15}$), siehe Kalorie
Kilometer (km) siehe Meter
Kilomol (kmol) siehe Mol
Kilopond (kp) 185, 186
Kilowatt (kW) siehe Watt
Kilowattstunde (kWh) 187
Kinder siehe Neugeborene, Säuglinge, Wachstum
Kinematische Viskosität siehe Viskosität
KING-ARMSTRONG-Einheit (Phosphatase) 536
km (Kilometer) siehe Meter
kmol (Kilomol) siehe Mol
Knochen, chemische Zusammensetzung 486
— Esterasen 391
— Gammastrahlungsabsorption . . . 199
— Gewicht 237
— Ossifikationszentren, sekundäre . 579ff.
Knochenmark und Corticosteroide . . 461
— Myelogramm 551
— rotes, Atmungsgeschwindigkeit . . 365
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
— — Gewicht 237
— weißes, Gewicht 237
Knorpel (Rippe), Atmungsgeschwindigkeit 365
— — Gärungsgeschwindigkeit 366
Knoten (Knot) 174, 184
Kobalt siehe Cobalt
KOBER-Reaktion (Östrogene) 464
Kochsalz siehe Natriumchlorid
Kochsalztoleranztest (Blutgerinnung) . 554
KOD siehe Kolloidosmotischer Druck
Kodein siehe Codein
Kohlendioxyd (CO_2) siehe auch Bicarbonat, Kohlensäure
— Anlagerung (Verlängerung von Kohlenstoffketten) 398, 411
— Bindungsvermögen siehe Alkalireserve
— Gehalt, Blut, Normalwerte 542
— Harnstoff-Biosynthese 412, 413
— Kapazität, Blut, Definition 541
— — — Normalwerte 542

Seite

K

Kohlendioxyd (CO_2), Prostatasekret . . 570
— Sperma 570
— Umrechnung in Bicarbonat 294
— Zehntelnormallösung 276
Kohlenhydrate (siehe auch Glucose, Fructose usw.) . . . . . 301ff.
— Abbau . . . . . 367ff.
— Blut 530
— Galle 495
— Harn 502
— Kalorienwert 591, 592
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Oxydation 368, 369
— Oxydationsprodukte, primäre . 305, 314
— und Oxydationswasser 508
— Plasmaproteinfraktionen 524
— spezifische Drehung . . . . . 306ff.
— Stereochemie . . . . . 301ff.
— Stoffwechsel und Corticosteroide . . 460
— — und Glucagon 455
— — und Insulin 453
— — und Wachstumshormon 446
— Synthese und Abbau, Übersicht . . 411
— Vorkommen . . . . . 306ff.
Kohlenhydratphosphate 305, 309
Kohlenmonoxydhämoglobin siehe Carboxyhämoglobin
Kohlensäure siehe auch Kohlendioxyd, Bicarbonat
— Dissoziationsgleichung 541
Kohlenstoff, Eigenschaften, Isotope usw. 212
— Umrechnungsfaktoren 275
Kohlenstoff 11, Anwendung 237
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Kohlenstoff 14, Anwendung 237
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Kohlenstoffdioxyd siehe Kohlendioxyd
Kokain siehe Cocain
Kolloidosmotischer (onkotischer) Druck, Blut 518
— — und Körperflüssigkeiten . . 509, 510
KOLTHOFF, Pufferlösungen nach . . 277, 278
Kombinationstherapie (Antibiotica) . . 599
Kongorot, Umschlagbereich 279
Konsonanz 202
Konstanten, atomare 207, 208
— kosmische 206
— physikalische . . . . . 205ff.
— der Thermodynamik 207
Konzentrationseinheiten, chemische 204, 287, 288
Konzentrationsfähigkeit, Niere . . 514, 515
Kopfumfang im Wachstumsalter . . 583ff.
Körper, chemische Zusammensetzung 212ff., 237, 486
— Flüssigkeiten und Sekrete, siehe auch Blut, Darmsaft, Galle, Harn, Liquor, Magensaft, Pancreassaft, Speichel, Sperma
— — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— — osmotische Verhältnisse 509
— — Verteilung 508
— Gewicht, Embryo 578
— — Erwachsene 588
— — Kinder . . . . . 578, 583ff.
— — Schwangerschaft 576
— Länge, Embryo 578
— — Erwachsene 588
— — Kinder . . . . . 578, 583ff.
— Oberfläche siehe auch rückseitige Einbanddeckeltasche
— — Erwachsene 596
— — Kinder 597
Körperhämatokrit 518
Korrelationskoeffizient *r*, Text, siehe Index 171
— Tafeln 59
Kosmische Konstanten 206
Kot siehe Fäces
kp (kilopond, Kilogramm-Kraft) . 185, 186
Kp^a, Kp^b (Blutgruppenantigen) . 561, 563
Kraft, Definition und Umrechnung 185, 186
— elektrische 196
— magnetische 196
Kreatin, Kreatinin siehe Creatin, Creatinin
KREBS-Zyklus siehe Tricarbonsäure-Zyklus
Kreis (Formeln) 143
Kresol siehe Cresol

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

K Kropf, endemischer, und Thyroxin . . 450
Krötentest (Schwangerschaft) 443
Kryptagglutinine (Blutgruppen) 555
Krypton, Eigenschaften, Isotope usw. . 215
Krypton 85, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Krypton 86, orangerote Linie, Wellenlänge 206
Kryptorchismus 571
Kubikmillimeter, -zentimeter usw. . . 176
Kubikzahlen (Tafeln) 19
Kugel (Formeln) 144
Kupfer, Eigenschaften, Isotope usw. . . 214
— Blut 540
— Harn 504
— Liquor 566
— Körper und Organe 486
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Speichel 489
— Tagesbedarf 470
Kupferoxyd, Zehntelnormallösung . . 276
Kupfersulfat, Zehntelnormallösung . . 276
kval (Kilogrammäquivalent) siehe Grammäquivalent
kW (Kilowatt) siehe Watt
Kwashiorkor 426
kWh (Kilowattstunde) 187
Kynurenin, Harn 501
— Tryptophan-Abbau 376, 377
Kynurensäure, Tryptophan-Abbau 376, 377

L l (Liter) 176, 177, 735
La (Lambert) 200
Labile component und Blutgerinnung . 552
Labile factor und Blutgerinnung . . . 552
Lacceroic acid 357
Lackmus, Umschlagbereich 279
Lactagogin 447
Lactalbumin, Mutter- und Kuhmilch . . 484
Lactat siehe Milchsäure
Lactation und Hormone 446
Lactationsvitamine 441
Lactobacillus-casei-Faktor und Folsäure . 429
Lactobacillus-lactis-DORNER-Faktor . . . 432
Lactobacillus-leichmannii-Faktor 432
Lactoflavin siehe Vitamin B_2
Lactogenes Hormon siehe Prolactin
Lactonase, Pentosephosphat-Zyklus . . 396
Lactose 315
— aus Glucose 395
— Mutter- und Kuhmilch 484
Lactose-1-phosphat 312
— Lactose-Bildung 395
Ladung, elektrische, siehe elektrische Ladung
— spezifische, siehe spezifische Ladung
Lambert (La) 200
Lanatosid C, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
LANDGREBE-WARING-Einheit (Pigmenthormon) 448
Länge (Maßeinheiten), Definition . . . 174
— — Umrechnungstabellen . . . 175, 734
— Chorionsack 578
— Körper, siehe Körperlänge
Länge-Kraft-Zeit-Maßsysteme 172
Länge-Masse-Zeit-Maßsysteme 172
Lanosterin, Cholesterin-Biosynthese . . 399
Lanthan, Eigenschaften, Isotope usw. . 218
Laurinsäure 355
— Muttermilch 485
Lauroleinsäure 357
Lautstärke, relative 201
Lävulose siehe Fructose
lb (Pound) 178, 179, 737
Le^a, Le^b (Blutgruppenantigen) . . 561, 563
Lebensdauer der Erythrocyten 546
— der Spermatozoen 572
Lebenserhaltung und Corticosteroide . 459
Lebenserwartung und Blutdruck . . . 598
— und Idealgewicht 588
Leber, Aminosäure-Abbau 372
— Aminosäure-Oxydasen 371
— Atmungsgeschwindigkeit 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391, 392
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht, Erwachsene 237

Seite

L Leber, Gewicht, Säuglinge 578
— Glycosidasen 389, 390
— Nucleasen 394
— Phospholipasen 393
— Proteasen 387, 388
— Transaminierungen 372
Lebercirrhose und Makrocytose 547
— Vitamin B_{12} im Blut 434
Lebergalle siehe Galle
Leberstärke siehe Glycogen
Lecithinasen 393
— Lecithin-Spaltung 352
Lecithine (α-Phosphatidylcholine) . 350, 352
— Biosynthese 398
— Blut 532
— enzymatische Hydrolyse 393
— Galle 495
— Referenzpräparate 693
— Umrechnung in Lipoid-P und umgekehrt 275
LEGALsche Probe (Ketonkörper im Harn) 503
Leishmaniasis 656
Leistung, Definition 188
— elektrische 196
— magnetische 196
Leitfähigkeit, elektrische, siehe elektrische Leitfähigkeit
— Wärme-, siehe Wärmeleitfähigkeit
Leitwert, magnetischer 195
Lepra 633
Leptospira siehe Index . . . . . 676ff.
— Hyperimmunsera, Referenzpräparate 695, 696
LET (linear energy transfer) 199
Leucämie, Blut, Histamin 529
— — Vitamin B_{12} 434
— Strahlentherapie 238, 239
Leuchtdichte 200
Leucin 322
— Abbau 373, 374
— Blut 527
— Harn 499
— Harnsedimente 505
— Mutter- und Kuhmilch 484
— in Plasmaproteinen 525
— Tagesbedarf 470
Leucinaminodipeptidase 386, 387
Leucocyten 550, 551
— Atmungsgeschwindigkeit 365
— Cocarboxylase 534
— Esterasen 391
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Genealogie 543
— Histamin 529
— Liquor 564
— Magensaft 492
— Permeabilität der Zelloberflächen . . 522
— Sperma 570
— im Wachstumsalter 544, 550
— Zink 540
Leucovorin 430
Levay (Blutgruppenantigen) . . . 562, 563
Lewis (Blutgruppensystem) 555, 561
LEWIS et al., Grundumsatz-Standard . 593
LH (Luteinisierungshormon) 442
Lichtäquivalent, mechanisches 200
Lichtgeschwindigkeit, Vakuum 206
Lichtjahr 174, 175
Lichttechnische Maßeinheiten (Lichtmenge, -strom usw.) 200
LIEBERMANN-BURCHARD-reaktive Steroide 531
Light year (ly) 174, 175
Lignocerinsäure 356
— und Cerebroside 353
Lindersäure 357
Linear energy transfer (LET) 199
Linksverschiebung des weißen Blutbilds 551
Linolensäure (Octadecatriensäure) . . . 359
— Muttermilch 485
— und Vitamin F 440
Linolsäure (Octadecadiensäure) 359
— und Fette 351
— Muttermilch 485
— und Vitamin F 440
Linse siehe unter Auge
LINZENMEIER-Methode (Senkungsgeschwindigkeit) 519
Lipasen, Blut 535

Seite

L Lipasen, Definition 382
— Vorkommen 390
Lipide . . . . . 350ff.
— Blut 531
— Harn 502
— Spermatozoen 571
Lipidosen 353, 354
Lipoide, Blut und Definition 531
— Umrechnung in Lipoid-Kohlenstoff und umgekehrt 275
Lipoid-Phosphor, Blut 537
— Umrechnung in Lecithine 275
α-Liponsäure 440, 441
— Brenztraubensäure-Oxydation . . . 369
— Tricarbonsäure-Zyklus 368
Liponsäuredehydrogenase 369
Lipoproteine, Eigenschaften 524
Liquor, chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften . 564ff.
Listeriosen 627
Liter (l) 176, 177, 735
Literatmosphäre 187
Litervolumen 206
Lithium, Eigenschaften, Isotope usw. . 212
Lithosphäre, Zusammensetzung . . . 212ff.
LKT-Maßsysteme 172
LLD-Faktor 432
lm (Lumen) 200
LMT-Maßsysteme 172
LMTH (Luteomammotropes Hormon) siehe Prolactin
Logarithmen, Text 134
— Tafeln 10
Logits, Text, siehe Index 171
— Tafeln 56, 57
LORAIN-LEVY-Syndrom und Wachstumshormon 446
LOSCHMIDTsche Konstante 203, 207
LOSCHMIDTsche Zahl 203
Lösungen, wäßrige, Elektrolyte, siehe Elektrolyte
— — Gefrierpunktserniedrigung (Berechnung) 290
— — Glucose- 291
— — ideale und reale 289
— — isotonische (Berechnung) . . . 290ff.
— — Kochsalz- 291
— — Konzentrationseinheiten 204
— — Maßeinheiten 204, 287, 288
— — osmotischer Druck (Berechnung) 290
— — physiologische, zur Infusionstherapie . . . . . 295ff.
— — Puffer- 277, 278
— — spezifisches Gewicht . . . . 280ff.
— — Zehntelnormale 276
LTH (Luteotrophic Hormone) siehe Prolactin
Lu^a, Lu^b (Blutgruppenantigen) . . 561, 563
Luft, chemische Zusammensetzung . . 255
— Gammastrahlungsabsorption . . . 199
— Normwerte . . . . . 205, 255ff.
— täglich eingeatmete 237
Luftdruck . . . . . 255ff.
— Barometerkorrekturen 258
Lumballiquor siehe Liquor
Lumen (lm) 200
Lunge, Atmungsgeschwindigkeit . . . 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säuglinge 578
— Glycosidasen 390
— Nucleasen 394
— Proteasen 387, 388
— Wasserverlust durch 508, 509
Lungenkapazität 589
Lungenvolumen 589
Lupus vulgaris, Vitamin-D-Behandlung 419
Luteinisierungshormon 442
Luteomammotropes Hormon siehe Prolactin
Luteotropin siehe Prolactin
Lutetium, Eigenschaften, Isotope usw. . 219
Lutheran (Blutgruppensystem) . . 555, 561
Lux (lx) 200
ly (light year) 174, 175
Lymphatisches Gewebe und Corticosteroide 461

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

L
Lymphatisches Gewebe und Corticosteroide, Esterasen 391
Lymphdrüsen, Gewicht 237
Lymphocyten 550
— und Corticosteroide 461
— Genealogie 543
— Knochenmark 551
— im Wachstumsalter 544, 550
Lymphogranuloma venereum 641
Lysin (Aminosäure) 322
— Abbau 376
— Blut 527
— Decarboxylierung 372
— aus α, ε-Diaminopimelinsäure . . . 372
— Harn 499
— Mutter- und Kuhmilch 484
— in Plasmaproteinen 525
— Tagesbedarf 470
Lysin (Blutgerinnung) siehe Fibrinolysin
Lysinvasopressin 447
Lysolecithine 352
— Bildung 393
— enzymatische Hydrolyse 393
Lysophosphatide 350, 352
Lysozym 390
— Blut 535
Lytic factor (Profibrinolysin) 552
Lyxoketose (Lyxulose, Xylulose) . 304, 307
Lyxose 303

M
μ (Mikro-, Symbol für 10^{-6}) 9
μ (μm) Mikron (Mikrometer) 175
μ siehe Mittelwert
m (Milli-, Symbol für 10^{-3}) 9
m (Meter) 174, 175
M (Blutgruppenantigen) 557, 563
M (Mega-, Symbol für das 10^6fache) . . 9
Mache-Einheit 197
Magendarmkanal siehe Gastrointestinaltrakt
Magenentleerung und Nahrungsmittel . 493
Magensaft, chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften . . . . . 490ff.
— Esterasen 391
— Lipasen 390
— Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
— Proteasen 383, 384
Magnesium, Eigenschaften, Isotope usw. 213
Magnesium 28, Zerfallstabelle . . . 240, 241
Magnesium, Blut 512, 538
— Fäces 496
— Harn 504, 514
— Körper und Organe 486
— Liquor 567
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft 494
— Salze (Lösungen), Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Speichel 489
— Sperma 570
— Tagesbedarf 470
— Umrechnung in Magnesiumoxyd . . 275
Magnesiumcarbonat, Zehntelnormallösung 276
Magnesiumchlorid, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Zehntelnormallösung 276
Magnesiumhydroxyd, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Magnesiumoxyd, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Umrechnung in Magnesium 275
— Zehntelnormallösung 276
Magnesiumporphyrin 347
Magnesiumsulfat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Magnetische Feldkonstante 206
Magnetische Maßeinheiten 189–196
Magnetische Momente 208
Magneton, Bohrsches 208
— Kern- 208
Makrocyten und Makrocytose . . 545, 547
Malachitgrün, Umschlagbereich 279
Malaria 659
Malat siehe Äpfelsäure
Maleoylacetessigsäure, Phenylalanin- und Tyrosin-Abbau 376

Seite

M
Malic enzyme 398, 411
Malonsäuresemialdehyd, aus β-Alanin . 379
— Transaminierungen 372
Maltase 389
Maltose 315
— enzymatische Hydrolyse 389
Mamma, Esterasen 391
— Karzinom, Androgenbehandlung . . 468
— — Östrogenbehandlung 468
— Mammogenese und Hormone . . . 445
— Muttermilch, siehe Muttermilch
Mammotropin siehe Prolactin
Mandelsäure, Formel und Molekulargewicht 274
Mangan, Eigenschaften, Isotope usw. . 214
Mangan 52, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 245, 246
Mangan 54, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 246
Mangan 56, Dosiskonstante . . . 198, 236
Mangan, Blut 540
— Harn 504
— Körper und Organe 486
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Tagesbedarf 470
Mangansulfat, Zehntelnormallösung . . 276
Mannoheptulose 304
Mannose 303, 308
— Blut 530
Mannose-6-phosphat 311
Margarinsäure 356
Mars (Planet), Konstanten 206
Masern 644
Masse, Definition und Einheiten 178, 179, 208
— Energieäquivalent 208
— Masseprozent 204
— spezifische 183
— Umrechnungen . . . . . 187, 735ff.
Maßeinheiten, akustische 201, 202
— angelsächsische, Umrechnung in metrische . . . . . 734ff.
— chemische . . . . . 203, 204, 287ff.
— Einführung 172
— elektrische . . . . . 189ff.
— Index der Symbole und Abkürzungen 173
— lichttechnische 200
— magnetische . . . . . 189ff.
— photometrische 200
— physikalische . . . . . 174ff.
— radiologische . . . . . 197ff.
— Zeitzonenkarte 732, 733
Mastzellen 550
Mathematik, Formeln, Definitionen . 132ff.
— Statistik . . . . . 146ff.
— Tafeln . . . . . 9ff.
Maul- und Klauenseuche . . . . . 644ff.
Mauriacsches Syndrom, diagnostische Verwendung von Glucagon 455
Mäuseeinheit (ME), Östrogene 464
Mäusekrebs, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— Gärungsgeschwindigkeit 366
Maximumclearance (Cm) 515
Maxwell (Mx) 194
mc (Millicurie) 197
M^e (Blutgruppenantigen) 558
McIlvaine, Pufferlösung nach . . 277, 278
ME (Mäuseeinheit), Östrogene 464
mean siehe Mittelwert
mEq (m.equ., m.equiv., Milligrammäquivalent) siehe Grammäquivalent
Mechanisches Lichtäquivalent 200
Meconium, Dehydroepiandrosteron . . 466
Median, Definition, siehe Index . . . 171
— Vertrauensgrenzen für (Tafeln) 105, 106
Medulla siehe Nebennierenmark
Mega- (Vorsilbe für das 10^6fache) . . . 9
Megakaryocyten, Knochenmark 551
Megalocyten, Genealogie 543
Megohm (MΩ) 192
Mel B (Melaminyl-4-phenylarsenodithioglycerin), Referenzpräparat 697
Melanin, Bildung aus Tyrosin 410
— — und Pigmenthormon 448
Melanocyte-Stimulating Hormone (MSH) 448

Seite

M
Melanophorenhormon 448
Melissinsäure 356
Menadion 420
Mendelevium, Eigenschaften, Isotope usw. 228
Meningokokken 619
Menopause, Harn, Östrogene 464
Menstruationszyklus, Blut, Vitamin A . 417
— — eosinophile Leucocyten 550
— — Pregnandiol 549
— — Thrombocyten 549
— Funktion der Geschlechtshormone . 468
— und Gonadotropine 442, 443
— und Grundumsatz 591
— Harn, Citronensäure 502
— — Pregnandiol 467
— und Östrogene 443, 464
— und Oxytocin 447
— und Progesteron 443
— und Prolactin 443
Menthol, Entgiftung im Körper 412
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
Menthylglucuronide, Entgiftungsprodukte 412
Meperidin, Formel und Molekulargewicht 274
Mercaptalbumin, Eigenschaften 524
Mercaptursäuren, Bildung . . 320, 412, 415
Merkur (Planet), Konstanten 206
Mesobilierythrin 349
Mesobilifuscin 349
Mesobilirhodin 349
Mesobilirubin 347, 348
Mesobilirubinogen siehe Urobilinogen IX-α
Mesobiliviolin 349
Mesoformen 302
Mesoinosit (siehe auch Inosit) . . . 313, 439
— Harn 502
— Isomere 302
Mesoporphyrin 343
Mesothorium I, Eigenschaften usw. . . 222
Mesothorium II, Eigenschaften usw. . . 223
Metabolische Acidosen und Alkalosen . 510
Metabolische Quotienten 365
Metakentrin 442
Metamorphosetest (Thyroxin) 449
Metamyelocyten, Knochenmark 551
Metanilgelb, Umschlagbereich 279
Metaphosphatasen 382
Meter (m), Definition 174, 206
— Umrechnung 175
Meterkilogramm-Kraft (mkp) 187
Meter-Kilogramm-Sekunde-Maßsystem 172
Meterkonvention 172
Meter-Tonne-Sekunde-Maßsysteme . . 172
Methämoglobin siehe Hämiglobin
Methanol siehe Methylalkohol
Methansäure siehe Ameisensäure
Methionin 322
— Abbau 376
— Blut 527
— Cholin-Bildung 404
— Creatin aus 407
— Harn 499
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Plasmaproteine 525
— Tagesbedarf 470
— Zellbestandteile aus 404
3-Methoxy-4-hydroxymandelsäure . . . 451
2-Methoxyöstron, Biosynthese . . 402, 403
α-Methylacetoacetylcoenzym A, Isoleucin-Abbau 374
Methylacrylylcoenzym A, Valin-Abbau 374
2-Methyladenincobalamin 432
m-O-Methyladrenalin 451
α-Methyl-β-alanin siehe β-Aminoisobuttersäure
Methylalkohol, Formel und Molekulargewicht 274
5-Methyl-6-amino-2-hydroxypyrimidin siehe Methylcytosin
N-Methylbetain (siehe auch Trigonellin) 426
Methylbutansäure siehe Isovaleriansäure
Methylbutensäure 360
α-Methylbutyrylcoenzym A, Isoleucin-Abbau 374
α-Methylcarbamyl-β-alanin, Thymin-Abbau 379
Methylcrotonsäure, Cholesterin-Biosynthese 399

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

M
Methylcytosin 328
Methylenblau, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Methylengruppe, Vielfache des Molekulargewichts 273
N-Methylglucosamin 308
Methylglutaconsäure, Cholesterin-Biosynthese 399
Methylglycocyamidin siehe Creatinin
Methylglycocyamin siehe Creatin
Methylgruppen, Biogenese 438
— Übertragungsmechanismen 438
— Vielfache des Molekulargewichts . . 273
Methylguanidin, Blut 528
Methylhistidin, Blut 499
— Harn 499
α-Methyl-β-hydroxybutyrylcoenzym A, Isoleucin-Abbau 374
2-Methylhypoxanthincobalamin 432
Methylierung, Entgiftungsmechanismus 412
Methylmalonylcoenzym A, Fettsäuren-Oxydation 370
— — Valin-Abbau 374
2-Methyl-1,4-naphthochinon (Menadion) 420
N-Methylnicotinsäureamid (Methylnicotinamid), Formel 425
— Entgiftung von Nicotinsäureamid . 412
— Harn 426
Methyloctadecansäure 360
Methylorange, Umschlagbereich . . . 279
Methylprednisolon 461
Methylpropansäure siehe Isobuttersäure
N-Methyl-2-pyridon-5-carboxylamid siehe Methylnicotinsäureamid
Methylrot, Umschlagbereich 279
β-Methylserin siehe Threonin
17-Methyltestosteron 465
Methyltocole siehe Tocopherole
Methylviolett 6 B, Umschlagbereich . . 279
Mg (Blutgruppenantigen) 563
Mi^a (Blutgruppenantigen) 558, 563
Michaelis, Pufferlösung nach . . 277, 278
Michaelis-Konstante . . . . . 362ff.
Micrococcin P 617
Mikro- (Vorsilbe für 10^{-6}) 9
Mikrocyten und Mikrocytose 547
Mikron (Mikrometer) 175
Mikroorganismen siehe auch Bakterien usw.
— alkoholische Gärung 366, 368
— Atmung und Gärung 366
— Erreger von Infektionskrankheiten 601ff.
— Index . . . . . 476ff.
— Systematik . . . . . 472ff.
Milch, Aminosäurengehalt 471
— chemische Zusammensetzung 478, 484, 485
— Esterasen 391
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
— Mutter-, siehe Muttermilch
— Nucleasen 394
Milchdrüse siehe Mamma
Milchgebiß siehe Gebiß
Milchejektion und Oxytocin . . . 446, 447
Milchprodukte, chemische Zusammensetzung 478
Milchsäure, Blut 533
— Brenztraubensäure aus 368
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
— Gluconeogenese 411
— Glycolyse 367
— Harn 503
— Magensaft 490
— Liquor 566
— Speichel 487
— Sperma 569
— Zehntelnormallösung 276
Milchsäuredehydrogenase, Blut 535
— Glycolyse 367
— Liquor 566
Milchsäuregärung . . . . . 365ff.
Milchsekretion und Hormone 446
Milchserum, Aminosäurenzusammensetzung 485
Milchzucker siehe Lactose
Mile (mi) 175
Milli- (Vorsilbe für 10^{-3}) 9
Millibar (mb), Definition und Umrechnungen 186

Seite

M
Millibar, Umrechnung in Millimeter Wasser 741
— — in Torricelli (mm Hg) 740
Millicurie (mc) 197
Milligramm (mg) siehe auch Gramm
— Umrechnung 178, 736
Milligrammäquivalent (mval) siehe Grammäquivalent
Milligrammprozent (mg%) 204
Milliliter (ml) 176, 735
Millimeter (mm) siehe auch Meter
— Umrechnung 175
— Quecksilbersäule (mm Hg), Definition 187
— Umrechnung in Millibar 740
— Wassersäule (mm H_2O), Definition 186, 187
— — Umrechnung in Millibar und Torricelli 741
Millimol (mmol) siehe Mol
Millival (mval, Milligrammäquivalent) siehe Grammäquivalent
Millistat (mSt) 197
Milz, Atmungsgeschwindigkeit 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391, 392
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gaucher-Zellen 354
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säugling 578
— Glycosidasen 389, 390
— Nucleasen 394
— Proteasen 387, 388
min (Minim) 177
min (Minute) 179, 180, 739
Mineralien siehe anorganische Bestandteile
Mineralo-Corticosteroide . . . 399, 458, 460
— Anwendung 462
Minim (min) 177
Minute (min) 179, 180, 739
Minutenvolumen 589
Mittelwert, Definitionen, siehe Index . . . . . 171 und 137
— Vertrauensgrenzen, Tafel 43
MKS-, MTS-Maßsysteme 172
mmol (Millimol) siehe Mol
MNSs (Blutgruppensystem) . 555, 557, 558
Mode siehe Index 171
Modus siehe Index 171
Moment, elektrisches 191
Mol (mol), Definition 203, 287
— Umrechnung 275
Molal, Molalität 204, 287, 288
Molar, Molarität 204, 287, 288
Molekül, Definition 287
Molekulargewicht, Aminosäuren . . 320ff.
— Antibiotica . . . . . 685ff.
— Elektrolyte 292
— Enzyme . . . . . 383ff.
— Fettsäuren . . . . . 355ff.
— Hormone . . . . . 442ff.
— Kohlenhydrate . . . . . 306ff.
— medizinisch wichtige Verbindungen 274
— Nucleotide . . . . . 328ff.
— Plasmaproteine 524
— Vitamine . . . . . 416ff.
Molekülgröße, Plasmaproteine 524
Molekülzahl, spezifische 207
Möller-Barlowsche Krankheit, Vitamin-C-Behandlung 436
Mollskala 202
Molprozent 204
Molverhältnis 204
Molybdän, Eigenschaften, Isotope usw. 216
Moment, Ampèresches magnetisches . . 195
— Coulombsches magnetisches 194
Monat 180
Mond, Konstanten 206
Moniliasis 654
Monocyten 550
— Genealogie 543
— Knochenmark 551
— im Wachstumsalter 544, 550
Monojodtyrosin 322
— und Schilddrüsenhormone . . . . 449ff.
— Thyroxin-Bildung 410, 449
Monomeres Fibrin (Profibrin) 552
Mononucleotide 327
Monosaccharide . . . . . 301ff., 306ff.

Seite

M
Montansäure 356
Morbus haemolyticus neonatorum 556, 561, 562
Morphium, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Morphologie der Spermatozoen 573
Motilität der Spermatozoen 568, 572
Msb, Referenzpräparat 697
MSH (Melanocyte-Stimulating Hormone) 448
Mucine siehe Mucoproteine
Mucopolysaccharide, Biosynthese . 338, 339
— enzymatische Hydrolyse 390
Mucoproteine (Mucine), Eigenschaften 524
— Galle 495
— Harn 498
— Speichel 487
Mucus, Fäces 496
— Glycosidasen 390
— Magensaft 490
Multinomial-Verteilung siehe Index . . 171
Mumps 648
Muskel, Atmungsgeschwindigkeit . . . 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Creatin-ATP-Reaktion 408
— Esterasen 391
— Gammastrahlungsabsorption . . . 199
— Gewicht 237
— Glycosidasen 389
— Milchsäurebildung 366
— Nucleasen 394
— Phospholipasen 393
— Proteasen 388
Muttermilch, Aminosäurengehalt . . . 471
— chemische Zusammensetzung . 484, 485
— Lactation und Hormone 446
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
— Oligosaccharide 306, 308, 315
mval (Milligrammäquivalent) siehe Grammäquivalent
Mx (Maxwell) 194
Mycoceransäure 360
Mycolipensäure 360
Myeloblasten, Knochenmark 551
Myelocyten, Blut 550
— Knochenmark 551
Myelogramm, Knochenmark 551
Myohämoglobin (Myoglobin) . . 344, 345
— Harn 501
— Porphyrine als prosthetische Gruppe 342
Myoinosit siehe Mesoinosit
Myokinase, biologische Energieumwandlungen 381
Myristinsäure (Tetradecansäure) 355
— Muttermilch 485
Myristoleinsäure (Tetradecensäure) . . 357
— Muttermilch 485
Myxödem, Diagnose 449
— Thyroxin-Behandlung 450

N
n (Nano-, Symbol für 10^{-9}) 9
N (Blutgruppenantigen) 557, 563
N (Newton) 185, 186, 196
Nachtblindheit und Vitamin A 417
Nahrungsmittel, Abbau (Übersicht) . . 379
— Aminosäurengehalt 471
— Bedarf, täglicher 469, 470
— chemische Zusammensetzung . . 471ff.
— und energieliefernde Reaktionen . 367ff.
— Kalorienwert . . . . . 471ff.
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
— Vitamine (siehe auch einzelne Vitamine) . . . . . 471ff.
— Zellbestandteile aus . . . . . 395ff.
Nano- (Vorsilbe für 10^{-9}) 9
Naphthalin, Entgiftung im Körper 412, 415
α-Naphtholphthalein, Umschlagbereich 279
β-Naphtholviolett, Umschlagbereich . . 279
Naphthylmercaptursäure, Entgiftungsprodukt 412
Natrium, Eigenschaften, Isotope usw. . 213
Natrium 22, Dosiskonstante . . . 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Natrium 24, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 240
Natrium, Blut 512, 538
— Blut- und Plasmakonserven 297

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

N Natrium, Caecostomie 513
— Darmsaft 494
— Dünndarmsekret 513
— Erythrocyten 538
— Fäces 496, 513
— Galle 513
— Harn 504, 514
— Ilealsekret 513
— Körper und Organe 486
— Liquor 567
— Magensaft 491, 513
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft 494, 513
— Prostatasekret 570
— Salze (Lösungen), Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Schweiß 513
— Serumultrafiltrat, Serumwasser . . . 513
— Speichel 488, 489, 513
— Sperma 570
— Transsudate 513
— Umrechnung in Natriumoxyd und Natriumchlorid 275
Natriumacetat, Umrechnungsfaktoren 292ff.
Natriumbicarbonat, Infusionslösungen 295, 296
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
— Zehntelnormallösung 276
Natriumbicitrat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Natriumbromid, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Natriumcarbonat, Zehntelnormallösung 276
Natriumchlorid (Kochsalz) siehe auch Chlor, Natrium
— Darmsaft 494
— Lösungen, Berechnungen . . . . 289ff.
— — isotonische 295
— — spezifisches Gewicht 282
— — Umrechnungsfaktoren . . . . 292ff.
— Tagesbedarf 470
— Toleranztest 554
— Umrechnung in Chlorid und Natrium 275
— Zehntelnormallösung 276
Natriumcitrat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Natriumhydroxyd, Lösungen, spezifisches Gewicht 283
— Zehntelnormallösung 276
Natriumlactat, Formel und Molekulargewicht 274
— Infusionslösungen 296
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
Natriumoxyd, Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292
— Umrechnung in Natrium 275
— Zehntelnormallösung 276
Natriumparaaminosalicylat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Natriumphosphate, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
— Zehntelnormallösungen 276
Natriumsalicylat, Lösungen, Umrechnungsfaktoren . . . . . 292ff.
Natriumsulfat, Fraktionierung von Plasmaproteinen 523
— Lösungen, spezifisches Gewicht . . 282
— — Umrechnungsfaktoren . . . . 292ff.
Natriumsulfid, Zehntelnormallösung . . 276
Natriumsulfit, Fraktionierung von Plasmaproteinen 523
Natriumtetraborat, Zehntelnormallösung 276
Natriumthiosulfat, Lösungen, spezifisches Gewicht 281
— — Umrechnungsfaktoren . . . . 292ff.
Natürlicher Logarithmus siehe Logarithmus
Nautical mile (n. mi) 174, 175
Neamin siehe Neomycine
Nebenniere, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säugling 578
— Phospholipase 393
Nebennierenmark, Hormone 451

Seite

N Nebennierenrinde, Androgene 465
— und Corticotropin 401, 444
— Nebennierenrindenhormone siehe Corticosteroide
— Östrogene 403, 464
Nebennierenrinde, Progesteron 467
Nebenschilddrüse, Hormone 450
Nekrospermie 572
Nelson-Mayer-Test (Syphilis) 638
Nemathelminthes (Rundwürmer) . . . 668ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Neoarsphenamin, Referenzpräparat . . 697
Neodym, Eigenschaften, Isotope usw. . 218
Neomycin, Anwendung . . . . . 601ff.
— Dosierung 600
— — bei Staphylokokken-Infektionen 617
— Eigenschaften 688
— Referenzpräparat 696
Neon, Eigenschaften, Isotope usw. . . 212
Neostigmin, Formel und Molekulargewicht 274
Neptun (Planet), Konstanten 206
Neptunium, Eigenschaften, Isotope usw. 225
Nerven, Esterasen 391
Nervensystem, sympathisches, und Adrenalin und Noradrenalin 452
Nervon 353
Nervonsäure 358
— und Cerebroside 353
Neuberg-Ester siehe Fructose-6-phosphat
Neugeborene, Atemfrequenz und Atemvolumen 589
— Blut, Androgene 465
— — Blutdruck 598
— — Blutsenkung 519
— — Erythroblasten 545
— — Erythrocyten, Volumen und Durchmesser 547
— — Erythrocytenzahl 546
— — Glucose 530
— — Hämoglobingehalt 548
— — Leucocytenzahl 550
— — Plasmaproteine 523
— — Refraktionswert 520
— — Reticulocyten 545
— — Thrombocyten 549
— — venöser Hämatokrit 546
— — Vitamin A 416
— — Wasserstoffionenkonzentration . 521
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Fäces, Anzahl der Stühle 496
— Gebiß, Entwicklung 582
— Gewicht 583
— — von Organen 578
— Harn, 17-Ketosteroide 466
— — Östrogene 464
— — Volumen 497
— Idiotie, amaurotische kongenitale . . 354
— Körpermaße 583
— Liquor, chemische Zusammensetzung 567
— Magensaftsekretion 492
Neugrad, -minute usw. 180, 181
Neuraminsäure 353
Neurohypophyse siehe Hypophysenhinterlappen
Neutralfette siehe Fette
Neutralrot, Umschlagbereich 279
Neutron, Konstanten 207, 208
Neutrophile Leucocyten 550
— — Klassifikation nach Arneth und Schilling 551
— — Wachstumsalter 544
Neutrophile Myelocyten 550
Newton (N) 185, 186, 196
Niacin siehe Nicotinsäure
Niascorbin 427
Nicäthamid, Formel und Molekulargewicht 274
Nickel, Eigenschaften, Isotope usw. . . 214
— Harn 504
Nicotinamid siehe Nicotinsäureamid
Nicotinamidmononucleotid (NMN) . . 334
— enzymatische Hydrolyse 394
Nicotinsäure . . . . . 425ff.
— Bildung und Funktion 404
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Nucleotide siehe Pyridinnucleotide

Seite

N Nicotinsäure, Tagesbedarf 469
— Tryptophan-Abbau . . 376, 377, 404, 426
Nicotinsäureamid, Entgiftung im Körper 412
— Formel 425
Nicotylamid siehe Nicotinsäureamid
Niemann-Picksche Krankheit 353
Niere, Aminosäuren-Abbau 372
— Aminosäureoxydasen 371
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Clearancewerte 515
— — Bilirubin 529
— Esterasen 391
— Funktionswerte 514, 515
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säugling 578
— Glycosidasen 389, 390
— Insuffizienz und Reststickstoff . . . 527
— Konzentrationsfähigkeit 514
— Nucleasen 394
— Phospholipasen 393
— Proteasen 387, 388
— Transaminierungen 372
Nierenmark, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— Gärungsgeschwindigkeit 366
Nierenrinde, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— Gärungsgeschwindigkeit 366
Ninhydrin-Reaktion 319
Niob, Eigenschaften, Isotope usw. . . 216
Nisinic acid 359
Nitramin, Umschlagbereich 279
Nitrogen-Mustard, Formel und Molekulargewicht 274
m-Nitrophenol, Umschlagbereich . . . 279
p-Nitrophenol, Umschlagbereich . . . 279
NMN siehe Nicotinamidmononucleotid
Nobelium, Eigenschaften, Isotope usw. 228
Nonacosansäure 356
Nonadecansäure 356
Nonansäure 355
Nondecylsäure 356
Nonne-Apeltsche Reaktion (Liquor) . 565
Noradrenalin . . . . . 451ff.
— Bildung 409, 451
Noradrenochrom 451
Noradrenolutin 451
Norepinephrin siehe Noradrenalin
Norleucin 322
— Abbau 374
Normal, Normalität 204, 287
Normalatmosphäre OACI (siehe auch Luft), chemische Zusammensetzung 255
— — Standardwerte . . . . . 205, 255ff.
— physikalische (atm), Definition . . . 187
— — Umrechnungen 186, 741
Normdichte, physikalische 183
Normdruck 187, 206
Normfallbeschleunigung . . . 185, 205, 206
Normoblasten, Blut 545
— Knochenmark 551
Normochromie (Erythrocyten) 548
Normocyten, Blut 547
Normtemperatur 206
Normvolumen von Gasen 263
Normwerte, internationale 206
Norvalin, Abbau 374
Novobiocin, Eigenschaften 689
— Referenzpräparat 696
Nox (nx) 200
Nucleasen 394
Nucleinsäuren 326, 327
— enzymatische Hydrolyse . . . 392, 394
Nucleoside . . . . . 326, 329ff.
— enzymatischer Abbau 379, 394
— Nomenklatur 327
Nucleosiddiphosphat 327
Nucleosidmonophosphat siehe Nucleotide
Nucleosidphosphorylasen 379, 394
— Purinstoffwechsel 378
Nucleosidtriphosphat 327
Nucleotidase 394
— Purinstoffwechsel 378
Nucleotide . . . . . 326ff.
— Abbau 379
— Blut 528
— Coenzymfunktion . . . . . 334ff.
— Nomenklatur 327
Nucleotidhydroiasen 379
Nuklid 197

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

N
Nullpunkt, absoluter 182
Numerische Exzentrizität, Erythrocyten 547
Numerus siehe Antilogarithmus
Nüsse, chemische Zusammensetzung . . 476
— Magenentleerung und Acidität . . . 493
Nutritional Factor X 432
NTP (normal temperature and pressure, Gasnormwerte) 263
nx (Nox) 200
Nystatin, Eigenschaften 689
— bei Pilzinfektionen . . . . . 651ff.
— Referenzpräparat 696

O
Ω (Ohm) 192
O (Blutgruppenantigen) 557, 563
OACI, Normalatmosphäre (siehe auch Luft), Standardwerte . . 205, 255ff.
— — chemische Zusammensetzung . . 255
Oberfläche, Erythrocyten 547
— Körper, siehe Körperoberfläche
Oberflächenbestrahlung mit Radioisotopen 238, 239
Oberflächenspannung, Einheiten . . . 188
— Liquor 564
— Serum 520
— Sperma 568
Obtusilsäure 357
Octacosansäure 356
Octadecadiensäure siehe Linolsäure
Octadecansäure siehe Stearinsäure
Octadecatetraensäure 359
$\Delta^{9,12,15}$-Octadecatriensäure siehe Linolensäure
$\Delta^{9,11,13}$-Octadecatriensäure 359
Δ^{6}-Octadecensäure 358
Cis-Δ^{9}-Octadecensäure siehe Ölsäure
Trans-Δ^{9}-Octadecensäure siehe Elaidinsäure
Δ^{11}-Octadecensäure 358
Δ^{12}-Octadecensäure 358
Octadecin-(6)-säure 360
Octadecin-(9)-säure 360
Octansäure siehe Caprylsäure
Oersted (Oe) 193
Ohm (Ω) 192
Oktave (Tonintervall) 202
Öle 350, 351
— chemische Zusammensetzung . . . 478
Oleandomycin, Eigenschaften 689
— Referenzpräparat 696
Oligo-1,6-glucosidase 389
Oligospermie 571
Oligosaccharide 305, 315
— enzymatische Hydrolyse 390
Ölsäure 358
— und Fette 351
— Muttermilch 485
OMP siehe Orotidylsäure
Önanthsäure 355
Onkotischer Druck siehe kolloidosmotischer Druck
Orange I, Umschlagbereich 279
Ordnungszahl der chemischen Elemente 209ff.
Organe (Körper), chemische Zusammensetzung 486
— Gewicht, Erwachsene 486
— — Säuglinge 578
Ornithin 325
— Abbau 373
— Citrullin-Abbau 373
— Creatin-Bildung 407
— Decarboxylierung 372
— Harnstoff-Biosynthese 412, 413
— Prolin und Hydroxyprolin aus . . . 403
— Transaminierung 372
Orotsäure 328
— und Vitamin B_{13} 441
— Pyrimidin-Biosynthese 409
Orotidylsäure (OMP) 332
— Pyrimidin-Biosynthese 409
Orotidylsäurepyrophosphorylase, Pyrimidin-Biosynthese 409
Orotsäureribotid siehe Orotidylsäure
Ortho-Wasserstoff 224
Osmium, Eigenschaften, Isotope usw. . 220
Osmol (osm) (siehe auch Osmolalität, Osmolarität) 287
Osmolalität, Definition 288

Seite

O
Osmolalität und Gefrierpunktserniedrigung 289, 290
— Harn 514
— Kochsalz-, Glucose- und anderer Elektrolytlösungen . . . . . 291ff.
— Serum 509
Osmolarität, Definition 288
— Infusionslösungen 298
Osmotische Resistenz, Erythrocyten . . 522
Osmotische Verhältnisse in den Körperflüssigkeiten 509
Osmotischer Druck, Berechnung . 289, 290
— — Plasma, Serum . . 289, 290, 509, 518
Osmotischer Koeffizient, Definition . . 289
— — Glucose- und Kochsalzlösungen 291
Ossifikationszentren, sekundäre . . . 579ff.
Osteomalacie, Vitamin-D-Behandlung . 419
Ostitis fibrosa und Parathormon . . . 450
Östran, Strukturformel und Derivate . 457
Östrogene (Östradiol, Östriol, Östron) 463ff.
— Anwendung 468
— Biosynthese und Stoffwechsel . . 400ff.
— Funktion 468
— und Lactation 446, 468
— und Mammogenese 445, 468
— Struktur 457, 463
Ouabain, Formel und Molekulargewicht 274
Ounce (oz) 178, 179, 735
Ovar, Androgene 401, 465
— Esterasen 391
— Geschlechtshormone, Funktion . . 468
— Gewicht, Säugling 578
— Östrogene 401, 403, 464
Oxalacetat siehe Oxalessigsäure
Oxalbernsteinsäure, Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
Oxalbernsteinsäuredecarboxylase, Tricarbonsäure-Zyklus 368
Oxalessigsäure, Carboxylierungsreaktionen 398
— und Gluconeogenese 411
— Harnstoff-Biosynthese 414
— und Ketosis 371
— aus Asparaginsäure 373
— aus Nahrungsstoffen, Übersicht 379, 380
— aus Phenylalanin und Tyrosin . . . 376
— Transaminierungen 372
— Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
Oxalsäure, Harn 503
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Zehntelnormallösung 276
Oxantin siehe Dihydroxyaceton
Oxobiotin (Oxybiotin) 427
Oxydasen siehe auch Dehydrogenasen
— Aminosäuren-, siehe Aminosäurenoxydasen
— Amin- 410
— Cholin- 437
— Homogentisinsäure- 376
— Inosinsäure- 378
— α-Ketoglutarsäure- 368
— Purin- 379
— Xanthin-, siehe Xanthinoxydase
Oxydationen, biologische, Mechanismus 380, 381
— β-Oxydation von Fettsäuren . . 369, 370
Oxydationswasser, intermediäres . . . 508
Oxydative Phosphorylierung 381
Oxygen siehe Sauerstoff
Oxyhämoglobin 344, 345
Oxyphenarsin, Referenzpräparat . . . 697
Oxytetracyclin siehe auch Tetracycline
— Dosierung 600
— Eigenschaften 689
— IE, Standardpräparat 696
Oxytocin 447
— und Milchejektion 446
Oxytocinase und Oxytocin 447
oz (Ounce) 178, 179, 735

P
π (Verhältnis von Kreisdurchmesser zu Kreisumfang) 132
p (Piko-, Symbol für 10^{-12}) 9
p (Pond) 185, 186
P (Poise) 188
P (Blutgruppenantigen) 558, 563
P (Blutgruppensystem) 555, 558
Palladium, Eigenschaften, Isotope usw. 216

Seite

P
Palmitinsäure 356
— und Fette 351
— Muttermilch 485
Palmitoleinsäure 357
Palmitoylcoenzym A, Neutralfette aus . 399
PAM (Procainpenicillin G–Aluminiummonostearat) siehe Procain-Penicillin G
Pancreas, Atmungsgeschwindigkeit . . 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Esterasen 391
— Exopeptidasen 386
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht 237
— Glycosidasen 388, 389
— Hormone 453
— Lipase 390
— Nucleasen 383, 394
— Phospholipasen 393
— Proteasen 384, 385
Pancreassaft, Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften 493
— Na^{+}-, K^{+}-, Cl^{-}-Gehalt 513
Pancreatitis, Amylase im Harn 503
Pancreozymin 456, 493
Pandysche Reaktion (Liquor) . . 565, 567
Panose, enzymatische Hydrolyse . . . 389
Pantothensäure . . . . . 428ff.
— Mutter- und Kuhmilch 484
Papain, Nachweis von Antikörpern . . 556
Papaverin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Paraaminobenzoesäure . . . . . 431ff.
— und Nicotinsäure-Biosynthese . . . 426
Paraaminohippuratclearance 515
Paraaminosalicylsäure, Dosierung bei Tuberkulose 632
Parahämatin 344
Parathormon (Parathyrin) 450
Paratyphus 606, 607
Para-Wasserstoff 224
Parsec (pc) 174, 175
PAS siehe Para-Aminosalicylsäure
Pasteur-Effekt 366
pc (Parsec) 174, 175
Pdl (Poundal) 186
Pearsonscher Korrelationskoeffizient siehe Korrelationskoeffizient
Peck (pk) 177
Pektine 318
Pelargonsäure 355
Pellagra und Nicotinsäure 426
— und Vitamin B_{6} 424, 425
Penicilline, Anwendung . . . . . 601ff.
— Dosierung 600
— — bei Diphtherie 626
— — bei Gonorrhöe 618
— — bei Pneumokokkeninfektionen . 621
— — bei Scharlach 624
— — bei Staphlykokkeninfektionen . 617
— — bei Syphilis 638
— Formel und Molekulargewicht 274, 690
— Eigenschaften 690
— und Lebensdauer der Spermatozoen 572
— Nebenwirkungen 599
— Standard- und Referenzpräparate . . 696
Pennyweight (dwt) 179
Pentacosansäure 356
Pentadecansäure 356
Pentadecylsäure 356
Pentansäure siehe *n*-Valeriansäure
Pentobarbital, Formel und Molekulargewicht 274
Pentosen 306, 307
— Abbau 377
— Blut 530
— Harn 502
Pentosephosphatisomerase, Pentosephosphat-Zyklus 396, 397
Pentosephosphat-Zyklus . . . . 367, 395ff.
Pentosurie, Arabinose-Ausscheidung . . 306
— Xylulose-Ausscheidung 307
Erythro-Pentulose siehe Ribulose
Threo-Pentulose siehe Xylulose
Pepsin 383
— Bildung aus Pepsinogen 383
— Magensaft 490
Pepsinogen 383
— Blut 536
Peptide, enzymatische Hydrolyse 383, 385ff.

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

P Peptone, Freisetzung aus α-Casein . . . 384
Periodisches System der Elemente . . . 209
Permeabilität des Vakuums 193
Permeabilität der Zelloberflächen (Erythrocyten und Leucocyten) . . 522
Peroxydasen 346
— und Porphyrine 342, 344
Perseulose 304
Pertussis 610
— Vaccin, IE, Standardpräparat . . . 693
Perzentil siehe Index 171
Pest 609
Petroselinsäure 358
Pferdestärke (PS) 188
Pferdestärkestunde (PSh) 187
ph (Phot) 200
pH siehe Wasserstoffionenkonzentration
PH (Prolactin Hormone) siehe Prolactin
Phenacetin, Formel und Molekulargewicht 274
Phenacetylcoenzym A, Entgiftung von Phenylessigsäure 415
Phenacetylglutamin, Entgiftungsprodukt 412, 415
Phenobarbital, Formel und Molekulargewicht 274
Phenole, Blut 529
— Entgiftung im Körper 412, 415
— Harn 503
Phenolphthalein, Umschlagbereich . . 279
Phenolrot, Umschlagbereich 279
Phenolsulfatasen 392
— Blut 536
Phenoxymethylpenicillin (siehe auch Penicilline)
— IE, Standardpräparat 696
Phenylalanin 322
— Abbau 376
— Blut 527
— Decarboxylierung 372
— Harn 499
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Plasmaproteine 525
— Tagesbedarf 470
Phenyläthylamin, Bildung 372
Phenylbrenztraubensäure, Phenylketonurie 376
Phenylessigsäure, Entgiftung im Körper 412, 415
Phenylglucuronide, Entgiftungsprodukt 412
Phenyketonurie 376
Phenylsulfate, Entgiftungsprodukte 412, 415
Phon 201
Phosphatasen 382
— Acyl- 392
— alkalische, Blut 536
— — Eigenschaften 391
— — Harn 503
— — Sperma 570
— Meta- 382
— Pyro-, siehe Pyrophosphatasen
— saure, Blut 536
— — Eigenschaften 391
— — Harn 503
— — Prostatasekret 570
— — Sperma 570
Phosphate siehe auch Phosphor
— Puffer 277, 278
— Umrechnungsfaktoren von Lösungen . . . . . 292ff.
Phosphatide (Phospholipide) . . . . 351ff.
— Blut 532
— enzymatische Hydrolyse 393
— aus Glucose 395, 398
— in Plasmaproteinfraktionen 524
— Sperma 569
Phosphatidsäuren 350, 352
— Lecithin- und Cephalin-Biosynthese 398
Phosphatidsäureester 350, 352
Phosphatidyläthanolamine siehe Cephaline
Phosphatidylcholine siehe Lecithine
Phosphatidylester 352
Phosphatidylinositide 352
Phosphatidylinosite 352
Phosphatidylserine 350, 352
Phosphoadenosindiphosphonicotinamidribosid siehe Triphosphopyridinnucleotid 334

Seite

P Phosphobrenztraubensäure, Carboxylierung 398, 411
— Gluconeogenese 410, 411
Phosphocholin, Lecithin-Biosynthese . 398
Phosphodiesteraseu . . . . . 382, 392ff.
Phospho-enol-brenztraubensäure . . . 309
— Glycolyse 367
Phosphofructokinase, Glycolyse . . . 367
Phosphoglucomutase, Glycolyse . . . 368
6-Phosphogluconsäure, Pentosephosphat-Zyklus 396, 397
6-Phosphogluconsäuredehydrogenase, Pentosephosphat-Zyklus 397
6-Phosphogluconsäurelacton, Pentosephosphat-Zyklus 396
3-Phosphoglycerinaldehyd siehe Glycerinaldehyd-3-phosphat
Phosphoglycerinaldehyddehydrogenase, Glycolyse 367
2-Phosphoglycerinsäure siehe Glycerinsäure-2-phosphat
3-Phosphoglycerinsäure siehe Glycerinsäure-3-phosphat
Phosphoglycerinsäurekinase, Glycolyse 367
Phosphoglycerinsäuremutase, Glycolyse 367
Phosphohexose-Isomerase, Glycolyse . 367
— Liquor 566
3-Phosphohydroxybrenztraubensäure, Glycin- und Serin-Biosynthese . . . 403
Phospholipasen 393
Phospholipide siehe Phosphatide
Phosphomonoesterase I siehe alkalische Phosphatase
Phosphomonoesterase II siehe saure Phosphatase
Phosphomonoesterasen . . . 382, 391, 392
Phosphor, Eigenschaften, Isotope usw. 213
Phosphor 32, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 241, 242
Phosphor 33, Zerfallstabelle 242
Phosphor siehe auch Phosphate, Phosphorsäure
— Blut 512, 537
— Darmsaft 494
— Erythrocyten 537
— Fäces 496
— Galle 495
— Harn 503, 514
— Körper und Organe 486
— Liquor 567
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Prostatasekret 570
— Samenbläschensekret 570
— Speichel 488
— Sperma 569
— Spermatozoen 571
— Stoffwechsel und Parathormon . . . 450
— — und Vitamin D 418
— Tagesbedarf 470
— Umrechnung in Phosphorsäure und Phosphorpentoxyd 275
Phosphoribo-Isomerase, Liquor 566
5-Phosphoribosylamin siehe Ribosylamin-5-phosphat
5-Phosphoribosyl-1-pyrophosphat siehe Ribose-5-phosphat-1-pyrophosphat
Phosphorpentoxyd, Umrechnung in Phosphor 275
Phosphorsäure, Lösungen, spezifisches Gewicht 281
— in Nucleotiden 326
— Umrechnung in Phosphor 275
— Zehntelnormallösung 276
Phosphorylase, Glycolyse 368
— Nucleosid-, siehe Nucleosidphosphorylase
Phosphorylierung, oxydative 381
Phosphoserin, Glycin- und Serin-Biosynthese 403
— enzymatische Hydrolyse 384
Phosphothreonin, enzymatische Hydrolyse 384
Phosphotriose-Isomerase, Glycolyse . . 367
Phot (ph) 200
Photometrische Maßeinheiten 200
Photonenstrahlung, Absorptionstabelle 199
Phrenosin 353

Seite

P Phthalat-Puffer 277, 278
Phthionsäure 360
Physetersäure 357
Physikalische Atomgewichtskala . . 212ff.
— — Umrechnung in chemische Atomgewichtskala 206
Physikalische Normalatmosphäre (atm), Definition 187
Physikalische Normalatmosphäre, Umrechnungen 186, 741
Physikalische Normdichte 183
Physikalische Konstanten . . . . . 205ff.
Physiologische Infusionslösungen 295, 296, 298
Physostigmin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Phytin 439
Phytinsäure 439
Phytosphingosin 353
Picrinsäure, Umschlagbereich 279
Picrotoxin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Pièze (pz) 186
Pigmenthormon 448
Piko- (Vorsilbe für 10^{-12}) 9
Pilocarpin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Pilze, chemische Zusammensetzung . . 476
— Erreger von Infektionskrankheiten siehe Eumycetes
Pint (pt) 177, 735
Pipecolinsäure, Lysin-Abbau 376
Piperazin, Dosierung bei Wurmerkrankungen . . . . . 668ff.
— Puffer 277, 278
Piperidein-2-carbonsäuren, Lysin-Abbau 376
Piperocain, Formel und Molekulargewicht 274
Pitocin siehe Oxytocin
Pitressin siehe Vasopressin
pk (Peck) 177
Placenta, Corticosteroide 459
— Corticotropin 444
— Esterasen 391
— Geschlechtshormone, Funktion . . 468
— Gonadotropine 442
— Östrogene 403, 464
— Progesteron 467
— Prolactin 445
Planckscbe Strahlungskonstanten 206, 207
Planckscbes Wirkungsquantum . 188, 207
Planeten, Konstanten 206
Plasma siehe Blut, Plasmaproteine siehe Proteine
Plasma-Ac-Globulin und Blutgerinnung 552
Plasma factor X und Blutgerinnung . . 552
— precursor und Blutgerinnung . . . 552
— prothrombin conversion factor und Blutgerinnung 552
— thromboplastic antecedent (Rosenthal-Faktor) 552
— thromboplastic factor E (Hageman-Faktor) und Blutgerinnung 552
— thromboplastin component und Blutgerinnung 552
Plasmakinin und Blutgerinnung 552
Plasmalogene siehe Acetalphosphatide
Plasmaminutenvolumen (Nierendurchblutung) 515
Plasmin siehe Fibrinolysin
Plasminogen siehe Profibrinolysin
Plasmozym siehe Prothrombin
Plasmocyten, Genealogie 543
— Knochenmark 551
Plasmodien (Malaria) 659, 660
— Pigment 345
Plathelminthes (Plattwürmer) . . . . 663ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Platin, Eigenschaften, Isotope usw. . . 220
Pluto (Planet), Konstanten 206
Plutonium, Eigenschaften, Isotope usw. 225
PMS (Pregnant Mare's Serum Gonadotropin) siehe Serumgonadotropin
Pneumokokken, Infektionen . . . 620, 621
— Polysaccharide 318
— Serum, IE, Standardpräparate . . . 694
Pneumonien siehe Index . . . . . 676ff.
Pocken 643

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

P Poikilocyten und Poikilocytose 547
Poirrier-Blau, Umschlagbereich . . . 279
Poise (P) 188
Poisson-Verteilung, Text, siehe Index . 171
— Vertrauensgrenzen, Tafeln . . 107, 108
Polarisation, elektrische 191
— magnetische 194
Poliomyelitis 646, 647
Poliomyelitis, Sera, Referenzpräparate . 695
Polonium, Eigenschaften, Isotope usw. 222
Polstärke, Ampèresche magnetische . . 195
— Coulombsche magnetische 194
Polychromasie (Erythrocyten) 545
Polycythämie und Blutviskosität . . . 519
— und Blutvolumen 518
— Erythrocyten 546
— — osmotische Resistenz 522
— Strahlentherapie 238, 239
Polymyxin B, Dosierung 600
— — Eigenschaften 690
— — IE, Standardpräparat 696
— — bei Pseudomonasinfektionen . . 601
Polynucleotide 326, 327
Polypeptide, enzymatische Hydrolyse . 386
Polysaccharide . . . . . 305, 316ff.
— enzymatische Hydrolyse 388
— Funktion 313
— Muco-, siehe Mucopolysaccharide
— Pneumokokken- 318
Pond (p) 185, 186
Porphobilinogen 341, 342
— Harn 501
— Porphyrin-Biosynthese 407
Porphyrien 341
Porphyrine . . . . . 341ff.
— Biosynthese 341, 407
— Eisen-, siehe Eisenporphyrine
— Harn 501
— als prosthetische Gruppen . . . . 344ff.
Potassium siehe Kalium
Potenzen, Definition 132
— Formeln 134
— Kubikzahlen 19
— von p und q (Tafeln) 78
— Quadratzahlen (Tafeln) 20
Pound (lb) 178, 179, 737
Poundal (Pdl) 186
Pound-force 186, 741
Pound-weight 186
Poyntingscher Vektor 196
ppm (Parts per million, Konzentration 10^{-6})
Praseodym, Eigenschaften, Isotope usw. 218
Prealbumin und Thyroxin 449
Prednisolon, Aktivität 461
— Ausscheidung 459
Prednison, Aktivität 461
— Ausscheidung 459
Pregnancy Urine Hormone (PU) siehe Choriongonadotropin
Pregnan, Strukturformel und Derivate . 457
Pregnandiol, Harn 467
— Struktur 457
Pregnandion, Struktur 457
Pregnanol, Struktur 457
Pregnanolon, Struktur 457
Pregnant Mare's Serum Gonadotropin (PMS) siehe Serumgonadotropin
Pregnantriol, Harn 459
Pregnantriolon, Harn 459
Pregnenolon, Biosynthese 400, 401
— Cholesterin-Abbau 379
— Struktur 457
Primaquine, Dosierung bei Malaria . . 662
Primärer Aldosteronismus siehe Aldosteronismus
Prime (Tonintervall) 202
Private Antigene 562
Proaccelerin und Blutgerinnung . . . 552
Probits, Text, siehe Index 171
— Tafeln 54, 55
Procain, Formel und Molekulargewicht 274
Procainpenicillin G siehe auch Penicilline
— — Dosierung 600
Procarboxypeptidase 386
Proconvertin und Blutgerinnung . . . 552
Proerythroblasten, Knochenmark . . . 551
Profibrin und Blutgerinnung 552
Profibrinolysin, Blut 536
— und Blutgerinnung 552

Seite

P Progesteron 467
— Anwendung 468
— Biosynthese 400, 401
— Funktion 468
— und Lactation 446, 468
— Struktur 457, 467
Progoitrin und Thyroxin 450
Progranulocyten, Knochenmark . . . 551
Prolactin (PH) 445
— und Gonadotropine 442
— IE, Standardpräparat 697
Prolan (Follikelstimulierendes Hormon) 442
Prolidase 386, 388
Prolin 322
— Abbau 373
— Biosynthese 403
— Blut 527
— aus Glucose 395, 403
— Harn 499
— Muttermilch 485
— in Plasmaproteinen 525
Prolinase 387, 388
Prolysin siehe Profibrinolysin
Promethium, Eigenschaften, Isotope usw. 218
Propansäure siehe Propionsäure
Propensäure 357
Properdin 524
Propionsäure 355
— Cholesterin-Abbau 379
— aus Threonin 375
Propionylcoenzym A, aus Homoserin . 375
— — Bernsteinsäure aus 370
— — aus Fettsäuren 369, 370
— — aus Homocystein 375
— — Isoleucin-Abbau 374
— — Norleucin-Abbau 374
Proplasmin siehe Profibrinolysin
Proprothrombinase und Blutgerinnung 552
Propylrot, Umschlagbereich 279
Prosérozyme siehe Prothrombin
Prostata, Esterasen 391
— Gewicht 237
Prostatasekret, chemische Zusammensetzung 570
Prosthetische Gruppen siehe Coenzyme
Protactinium, Eigenschaften, Isotope usw. 223
Protamin, Referenzpräparat 697
Proteasen, Definition 382
— Gastrointestinaltrakt . . . . . 383ff.
— Gewebe 387
— Harn 503
— Vorstufen . . . . . 383ff.
Proteinasen siehe Proteasen
Proteine, Aminosäuren in . . . . . 320ff.
— Darmsaft 494
— Einnahme, Blut, Harnstoff 527
— — Harn, Harnstoff 500
— — — Imidazole 501
— — im Wachstumsalter 469
— Galle 495
— Harn 498
— Harn-Routinetests 507
— Kalorienwert 591
— Liquor 565
— Magensaft 490
— Mangelzustände 526
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Oxydationswasser 508
— Pancreassaft 493
— Plasmaproteine . . . . . 523ff.
— — Aminosäurezusammensetzung . 525
— — Bindung von Corticosteroiden . 459
— — — Jod 449, 541
— — — Kohlendioxyd 542
— — — Kupfer 540
— — — Östrogenen 464
— — — Progesteron 459
— — — Thyroxin 449
— — — Vitamin B_{12} 433
— — und Blutsenkung 520
— — und Blutviskosität 519
— — elektrophoretische Beweglichkeit 522
— — Fraktionierungen 523, 524
— — und onkotischer Druck . . 510, 518
— — in der Schwangerschaft . . 574, 575
— — und spezifisches Gewicht des Blutes, Normalwerte 516, 517
— — — — Schwangerschaft 574

Seite

P Proteine, Plasmaproteine und Steroidhormone 461, 467, 468
— — und Totalbasen (Serum) 521
— — Umrechnung in ionisiertes Protein 521
— — — in Basen-mval 294
— — und Wachstumshormon 446
— — und Wassergehalt des Serums . . 508
— Prostatasekret 570
— Samenbläschensekret 570
— Speichel 487
— Sperma 569
— Stoffwechsel und Corticosteroide . . 461
— — und Östrogene, Progesteron . . 468
— — und Testosteron 467
— — und Wachstumshormon 446
— Tagesbedarf 469
— Umrechnung in Protein-N und umgekehrt 275
Proteolytische Enzyme siehe Proteasen
Prothrombin und Blutgerinnung . . . 552
— Eigenschaften 524
Prothrombin accelerator und Blutgerinnung 552
— conversion factor und Blutgerinnung 552
Prothrombinase und Blutgerinnung . . 552
Prothrombinogen und Blutgerinnung . 552
Prothrombinogenase und Blutgerinnung 552
Prothrombinokinase und Blutgerinnung 552
Prothrombinopenie, Vitamin-K-Behandlung 421
Prothrombinzeit, Bestimmung (Blutgerinnung) 554
Protogen 440
Proton, Konstanten 207, 208
Protoporphyrin 341, 342
— Bildung 341, 407
— Erythrocyten 549
— Harn 501
Protozoen . . . . . 656ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Prozentuale Häufigkeit, Definition, siehe Index 171
— Tafeln . . . . . 85ff.
Prunasin, enzymatische Hydrolyse . . 389
PS (Pferdestärke) 188
Pseudocholinesterase siehe Cholinesterase
Pseudoglobuline 523
Pseudohermaphroditismus, Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide . . . 460
Pseudomonas siehe Index . . . . . 676ff.
— Histidin-Abbau 373
PSh (Pferdestärkestunde) 187
Psicose 304
pt (Pint) 177, 735
Pteroylglutaminsäuren siehe Folsäure
Pteroylglutaminsäurekonjugase, Blut . 536
PU (Pregnancy Urine Hormone) siehe Choriongonadotropin
Public Antigene 563
Pufferbasen, Definition und Nomogramm 511
Pufferlösungen 277, 278
Pufferwirkung des Blutes 510, 541
Purin 326
— 6-Amino-, siehe Adenin
— 2-Amino-6-hydroxy-, siehe Guanin
— 2,6-Dihydroxy-, siehe Xanthin
— 6-Hydroxy-, siehe Hypoxanthin
— 2,6,8-Trihydroxy-, siehe Harnsäure
Purine, Abbau . . . . . 377ff.
— Bildung . . . . . 405ff.
— — und Folsäure 430
— Blut 528
— Harn 500
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Stoffwechsel und Folsäure 430
Purindesaminasen 379
Purinnucleotide siehe Nucleotide
Purinoxydasen 379
Puromycin, Eigenschaften 691
Putrescin, Bildung 372
Pylorusverschluß, Ionogramm 509
Pyramide (Formeln) 143
Pyranosen . . . . . 301ff.
Pyridin 326
Pyridinnucleotide siehe auch Nucleotide, Diphosphopyridinnucleotid, Triphosphopyridinnucleotid
— und biologische Oxydationen . . . 380

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

P
Pyridinnucleotide, Blut, Erythrocyten 528, 536
Pyridoxal (siehe auch Vitamin B_6) . . . 424
Pyridoxalphosphat, Transaminasen und Decarboxylasen 372
Pyridoxamin (siehe auch Vitamin B_6) . 424
Pyridoxin (Pyridoxol) siehe Vitamin B_6
4-Pyridoxsäure 424
Pyrimidin 326
Pyrimidin, 6-Amino-2-hydroxy-, siehe Cytosin
— 2,6-Dihydroxy-5-methyl-, siehe Thymin
— 2,6-Dihydroxy-, siehe Uracil
Pyrimidine, Abbau . . . . . 377ff.
— Bildung 409
— — und Folsäure 430
Pyrimidinnucleotide siehe Nucleotide
Pyrizinamid bei Tuberkulose 632
Pyrogen, Referenzpräparat 697
Pyrophosphat-Bindungen, biologische Energieumwandlungen 381
— enzymatische Hydrolyse 392
Pyrophosphatasen 382, 392
— Harnstoff-Biosynthese 413
Pyrophosphorylase, Glycolyse 368
1-Pyrophosphorylribose-5-phosphat siehe Ribose-5-phosphat-1-pyrophosphat
Pyrrolidin-α-carbonsäure siehe Prolin
Pyrrolin-5-carbonsäure, Prolin-Abbau . 373
— Prolin-Bildung 403
Pyruvat siehe Brenztraubensäure
Pyruvatkinase, Glycolyse 367
Pyruvatoxydase-Faktor 440
pz (Pièze) 186

Q
Q-Fieber-Serum, Standardpräparat . . 694
qt (Quart) 177
Quadrataltgrad, Quadratneugrad . 180, 181
Quadratische Gleichungen (Lösung) . . 138
Quadratmeter, -zentimeter usw. . . . 176
Quadratzahlen, Quadratwurzeln (Tafeln) 20
Qualitäten, physikalische 172
Quantenmechanische Einheit des Drehimpulses 207
Quantil siehe Index 171
Quart (qt) 177
Quarte (Tonintervall) 202
Quartil siehe Index 171
Queckenstedt-Test, Liquor 564
Quecksilber, Eigenschaften, Isotope usw. 220
— Normdichte 205, 206
Quecksilber 203, Dosiskonstante . . . 198
Quecksilberbarometer siehe Barometer
Quecksilber(II)chlorid, Zehntelnormallösung 276
Quinacrine siehe Chinacrin
Quinte (Tonintervall) 202
Quotient, respiratorischer (RQ) 591

R
r siehe Korrelationskoeffizient
r (Röntgen) 197
°R (Grad Réaumure) siehe Réaumure
°R (Grad Rankine) siehe Rankine
Racemate 302
Rachitis, Blut, anorganischer Phosphor. 537
— und Vitamin D 418, 419
rad (Radiant) 180, 181
Rad (Radiation absorbed dose) . . 197, 198
— equivalent man (Rem) 197, 199
— Leistung 198
Radiant (rad) 180, 181
Radikand, Definition 132
Radioactinium, Eigenschaften usw. . . 223
Radioaktive Isotope siehe Isotope, radioaktive
Radioaktiver Zerfall, Einheiten 197
— — Tabellen . . . . . 240ff.
Radiologische Dosiseinheiten . . . . 197ff.
Radiothorium, Eigenschaften usw. . . 223
Radium, Eigenschaften, Isotope usw. . 222
Radium 226, Dosiskonstante 198
Radium A, Eigenschaften usw. 222
— B, Eigenschaften usw. 221
— C, Eigenschaften usw. 221
— C′, Eigenschaften usw. 222
— C″, Eigenschaften usw. 221

Seite

R
Radium D, Eigenschaften usw. 221
— E, Eigenschaften usw. 221
— E″, Eigenschaften usw. 221
— F, Eigenschaften usw. 222
— G, Eigenschaften usw. 221
Radon, Eigenschaften, Isotope usw. . . 222
Randon numbers siehe Zufallszahlen
Range siehe Extrembereich
Rangzahlen (ranks)
Rankine-Skala 181, 182
Ranks siehe Index 171
Rattenbißfieber 602, 615
Ratteneinheit (RE), Östrogene 464
Raumeinheiten . . . . . 176ff.
Raumladung, elektrische 191
RBE (relative biological effectiveness) 197, 199
RE (Ratteneinheit), Östrogene 464
Retraktion, Bestimmung (Blutgerinnung) 554
Réaumur-Skala 181, 182
Rechtsverschiebung des weißen Blutbilds 551
Rechtwinkliges Dreieck (Formeln) . . 140
Reduzierende Substanzen, Blut 530
— — Definition 502
— — Galle 495
— — Harn 502
— — Harntests 507
Referenzpräparate, internationale biologische . . . . . 693ff.
Refraktionswert siehe Brechungsindex
Register Ton (reg. tn) 176
Regressionskoeffizient *b* siehe Index . 171
Rekalzifizierungszeit, Bestimmung (Blutgerinnung) 553
Relative biological effectiveness (RBE) 197, 199
Relative Dichte siehe «spezifisches Gewicht»
Relative Lautstärke 201
Rem (rad equivalent man) 197, 199
Renale Hypertonie 598
Renaler Wasserverlust 508, 509
Rennin 384
Residualkapazität, funktionelle 589
Residualvolumen 589
Resistenz, Bakterien- (gegen Antibiotica) 599
Resonanzenergie der Elemente 229
Resorcin, Formel und Molekulargewicht 274
Respiratorische Acidosen und Alkalosen 510
Respiratorischer Quotient (RQ) und Grundumsatz 591, 592
Reststickstoff, Blut 527
— Liquor 565
— Magensaft 490
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Pancreassaft 494
— Prostatasekret 570
— Samenbläschensekret 570
— Speichel 487
— Sperma 569
Reticulocyten, Blut 545
— osmotische Resistenz 522
— im Wachstumsalter 544
Reticulumzellen, Knochenmark 551
Retina siehe unter Auge
Retinen 416, 417
Retinol (Vitamin A_1) 416
Revolution (rev, ganzer Winkel) . . . 180
Reziproken (Tafeln) 18
Rh (Blutgruppensystem) 555, 559
Rhamnose 306
Rhenium, Eigenschaften, Isotope usw. . 220
Rhesus (Blutgruppensystem) . . . 555, 559
Rheumatisches Fieber 624
Rhizopterin 429
Rhodan, Liquor 567
— Magensaft 491
— Speichel 489
Rhodium, Eigenschaften, Isotope usw. . 216
Rhodopsin siehe Sehpurpur
Rhomboid, Rhombus (Formeln) . . . 142
Ribitol siehe Adonit 313
Riboflavin siehe Vitamin B_2
Ribofuranose siehe Ribose 307
Ribonucleasen, Definition 382, 383
— Eigenschaften 394
— Liquor 566
— Spezifität 383
Ribonucleinsäuren (RNS) 326, 327

Seite

R
Ribonucleinsäuren (RNS), Blut 528
— enzymatische Spaltung . . 382, 383, 394
Ribonucleotide (siehe auch Nucleotide) 327
Ribose 303, 307
Ribose-1,5-diphosphat 310
Ribose-1-phosphat 309
— Purinstoffwechsel 378
Ribose-5-phosphat 309
— aus Glucose 395, 396
Ribose-5-phosphat, Inosinsäure-Bildung 405
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
Ribose-5-phosphat-1-pyrophosphat . . 310
— Inosinsäure-Bildung 405
— Pyrimidin-Biosynthese 409
Ribosid 327
Ribosiddiphosphat 327
Ribosidmonophosphat siehe Ribotid
Ribosidtriphosphat 327
Ribosylamin-5-phosphat 332
— Inosinsäure-Bildung 405
Ribotid 327
Ribulose 304, 307
— Harn 502
Ribulose-5-phosphat 310
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
Ricinolsäure 360
Rickettsiales . . . . . 640ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Riesenwuchs, hypophysärer 446
Rindenhormone der Nebenniere siehe Corticosteroide
Ringersche Infusionslösungen . . 295, 298
Ristocetin, Eigenschaften und Dosierung 691
Rm (Blutgruppenantigen) 562, 563
RNA, RNS siehe Ribonucleinsäure
RNSase siehe Ribonuclease
Robertson und Reid, Grundumsatzstandard 593
Robison-Ester siehe Glucose-6-phosphat
Robison-Tankon-Ester siehe Fructose-1-phosphat
Rochellesalz (Kalium-Natrium-Tartrat), Formel und Molekulargewicht . . . 274
Roentgen equivalent man (rem) . . 197, 199
Rohrzucker siehe Saccharose
Röntgen (r) 197
Röntgenleistung 197, 198
Röntgenstrahlen 198, 199
Rosenthal-Faktor und Blutgerinnung . 552
Rosolsäure, Umschlagbereich 279
Roter Hochdruck 598
Rothera, Harn-Routinetest (Aceton) . 507
Rous-Sarkom, Atmungsgeschwindigkeit 365
— Gärungsgeschwindigkeit 366
RQ siehe Respiratorischer Quotient
Rubidium, Eigenschaften, Isotope usw. 215
Rückenmark, Gewicht 237
Rückfallfieber 636
Ruhr siehe Index . . . . . 676ff.
Rundwürmer (Nemathelminthes) . . 668ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Runs (Iterationen), Text, siehe Index . 171
— Tafeln 129, 130
Ruthenium, Eigenschaften, Isotope usw. 216
Rutin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Rydberg (Ry) 187, 208
Rydberg-Wellenzahlen 207

S
σ siehe Standardabweichung
σ^2 siehe Streuung
s (Scruple) 179
s (Sekunde) siehe Sekunde
s, s. d. siehe Standardabweichung
S^2 siehe Streuung
S (Siemens) 192
S, s (Blutgruppenantigen) 558, 563
Saccharose (Rohrzucker) 315
— Lösungen, spezifisches Gewicht . . 283
Salicin, enzymatische Hydrolyse 389
Salicylsäure, Formel und Molekulargewicht 274
— Vergiftung und Hyperventilation . 510
Salk-Impfstoff 647
Salmonellen . . . . . 605ff.
Salmonellenmeningitis 607

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

S Salpetersäure, Lösungen, spezifisches Gewicht 280
— Zehntelnormallösung 276
Salpetrige Säure, Zehntelnormallösung 276
Salzsäure, Lösungen, spezifisches Gewicht 281
— — Umrechnungsfaktoren . . . . 292ff.
— Magensaft 491
— Zehntelnormallösung 276
Samarium, Eigenschaften, Isotope usw. 218
Samen siehe Spermatozoen
Samenbläschensekret, chemische Zusammensetzung 570
Sample siehe Stichprobe
Santonin, Formel und Molekulargewicht 274
Sarkomycin, Eigenschaften 691
Sarkosyl-L-leucin, enzymatische Hydrolyse 386
Sauerstoff, Eigenschaften, Isotope usw. 212
— Bindung an Hämoglobin 548
— Gehalt, Blut, Definition 541
— — — Normalwerte 542
— Kapazität, Blut, Definition 541
— — — Normalwerte 542
Sauerstoffpunkt 182
Säuglinge, Biotinmangel 427
— Bifidusflora 625
— Blut, Blutdruck 598
— — Blutsenkung 519
— — Erythrocyten, Volumen und Durchmesser 547
— — Erythrocytenzahl 546
— — Hämoglobingehalt 548
— — Leucocytenzahl 550
— — Reticulocyten 545
— — Thrombocyten 549
— — venöser Hämatokrit 546
— — Wasserstoffionenkonzentration . 521
— Dosierung von Antibiotica 600
— — von Penicillin bei Scharlach . . 624
— Entwicklung des Gebisses 582
— Fäces, Anzahl der Stuhlgänge . . . 496
— — Elektrolytverlust bei Diarrhöen . 513
— Gewicht, Größe 578
— Gewicht von Organen 578
— Harn, Volumen 497
— Körpermaße 578, 583
— Liquor, chemische Zusammensetzung 567
— Magensaftsekretion 492
— Plasmaproteine 523
— sekundäre Ossifikationszentren . . 579ff.
— Tagesbedarf an Nahrungsstoffen . . 469
Säuren, aromatische, Entgiftung im Körper 412, 415
— Definition nach BRØNSTEDT 510
— Magensaft . . . . . 491ff.
— verzweigte aliphatische, Entgiftung im Körper 412
Säure-Basen-Verhältnisse des Serums . 510
Säureüberschuß in den Nahrungsmitteln . . . . . 472ff.
Saturn (Planet), Konstanten 206
sb (Stilb) 200
Scandium, Eigenschaften, Isotope usw. 213
Schalldruck 186, 201
Schallfrequenz, -geschwindigkeit und weitere akustische Einheiten 201
Schanker, weicher 612
Scharlach 621, 624
Scharlach-Streptokokken-Antitoxin, IE, Standardpräparat 694
SCHICK-Test, Standard-Diphtherie-Toxin für 693
Schilddrüse, Atmungsgeschwindigkeit . 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säugling 578
— Hormone (siehe auch Thyroxin, Trijodthyronin) . . . . . 449ff.
— — Bildung 410, 449
SCHILLING, Hämogramm und Klassifikation der Leucocyten 551
Schimmelpilze, Infektionen . . . . . 651ff.
— Threonin-Abbau 375
Schizomycetes siehe Bakterien
Schlafkrankheit 656
Schlangengift, Enzyme 392
Schleim siehe Mucus
Schmelzpunkte der Elemente . . . . 212ff.
Schmerzgrenze, akustische 201

Seite

S Schwangerschaft, Blut, Blutsenkung . . 520
— — Cholesterin 532
— — Coeruloplasmin 535
— — Hämoglobin 548
— — Kupfer 540
— Funktion der Geschlechtshormone . 468
— geburtshilfliche Normalmaße . . . 577
— Gewichtsveränderungen 576
— und Gonadotropine 442, 443
— und Grundumsatz 594
— Harn, Aldosteron 463
— — Creatin 500
— — 17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
— — Pregnandiol 467
— Immunantikörperbildung (Blutgruppen) 556, 560, 561
— Muttermilch siehe Muttermilch
— und Östrogene 443
— und Oxytocin 447
— und Progesteron 443
— und Prolactin 445
— Teste 443
— und Thyroxin 449
— Tagesbedarf an Nahrungsstoffen . . 469
— Uterus, Größenzunahme und Involution 576
— Vitamin-B_6-Mangel und Plasmastickstoff 425
Schwefel, Eigenschaften, Isotope usw. . 213
Schwefel 35, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 242, 243
Schwefel, Blut 537
— Fäces 496
— Harn 503, 514
— Körper und Organe 486
— Liquor 567
— Lösungen, Umrechnungsfaktoren 292ff.
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Pancreassaft 494
— Speichel 488
— Spermatozoen 571
— Tagesbedarf 470
— Umrechnung in Schwefelsäure und Schwefeltrioxyd 275
Schwefelpunkt 182
Schwefelsäure, Lösungen, spezifisches Gewicht 280
— Umrechnung in Schwefel 275
— Zehntelnormallösung 276
Schwefelsäureester, Entgiftungsprodukte 412, 415
Schwefeltrioxyd, Umrechnung in Schwefel 275
— Zehntelnormallösung 276
Schwefelwasserstoff, Magensaft 491
Schweinerotlauf 627
— Serum, IE, Standardpräparat . . . 694
Schweiß, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
— Wasserverlust durch 508, 509
Schwereformel, internationale 205
Schwingungszahlen der gleichteilig temperierten Stimmung 202
Scopolamin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Scruple (s) 179
Scyllit, Harn 502
Se, se (Sekretoren, Blutgruppen) . . . 557
Secretin siehe Sekretin
Sedimentationskonstante, Plasmaproteine 524
Sedoheptulose 304, 308
Sedoheptulose-1,7-diphosphat 312
Sedoheptulose-7-phosphat 312
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
Seemeile 174, 175
Sehpurpur und Vitamin A 417
Sekretin 456, 493
Sekretoren und Nichtsekretoren (Blutgruppen) 557
Sekunde (Tonintervall) 202
Sekunde (Zeit, Winkel) 179, 180
— Umrechnungstabellen 739
Selacholeinsäure siehe Nervonsäure
Selbstinduktionskoeffizient 195
Selen, Eigenschaften, Isotope usw. . . 215
Semiacetale 301

Seite

S Semiketale 301
Seminose siehe Mannose
Senecioylcoenzym A, Leucin-Abbau . . 374
Senecioylhydrase, Leucin-Abbau . . . 374
Senkungsgeschwindigkeit, Blut 519
Septime (Tonintervall) 202
Sequentialanalyse auf Grund von Paardifferenzen, Pläne (siehe rückseitige Einbanddeckeltasche)
Serienkorrelation, Text, siehe Index . . 171
— Tafel 58
Serin 323
— Abbau 375
— Decarboxylierung 372
— aus Glucose 395, 403
— Glycin-Abbau 375
— Harn 499
— Homocystein-Abbau 375
— aus Kohlenhydraten 403
— Muttermilch 485
— in Plasmaproteinen 525
— Transaminierung 372
— Zellbestandteile aus 404
Serindehydrase 375
Serotonin siehe Hydroxytryptamin
Sérozyme und Blutgerinnung 552
Serum siehe auch Blut
— Proteine siehe Proteine
— Ultrafiltrat, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . 513
— Wasser, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . 513
— — und Proteingehalt des Serums 288, 508
— — spezifisches Gewicht 516
Serum accelerator und Blutgerinnung . 552
— prothrombin conversion accelerator und Blutgerinnung 552
— — converting factor und Blutgerinnung 552
Serum-Ac-Globulin und Blutgerinnung 552
Serumgonadotropin 442
— IE, Standardpräparat 697
Sexte (Tonintervall) 202
Shibi-Gatchaki-Krankheit und Vitamin B_2 423
SHIZUME-Einheit (Pigmenthormon) . . 448
SHOCK, Grundumsatzstandard 593
Sialsäure, Blut 530
— Magensaft 490
Sichelzellen, Hämoglobin 548
— und Poikilocytose 547
Sichelzellenanämie und Blutviskosität . 519
— und osmotische Resistenz der Erythrocyten 522
Siderisches Jahr 179, 180
Siedepunkte der Elemente . . . . . 212ff.
— des Wassers 255, 260, 261
SIEGBAHNsche X-Einheit 174, 175
Siemens (S) 192
Signifikanz und -teste siehe Statistik
Silber, Eigenschaften, Isotope usw. . . 216
— Harn 504
— Körper und Organe 486
Silbernitrat, Zehntelnormallösung . . . 276
Silberpunkt 182
Silicium, Eigenschaften, Isotope usw. . 213
Silicium 31, physikalische Eigenschaften 234, 235
Silicium, Blut 538
— Pancreassaft (Kieselsäure) 494
sin (Sinus) 139
Siriometer 174, 175
Siriusweite 174, 175
Sitzhöhe im Wachstumsalter . . . . 583ff.
sk (Skot) 200
Skelett siehe Knochen
Skorbut und Vitamin C 436
Skorpiongift, Phospholipasen 393
Skot (sk) 200
SM siehe Streptomycin
sn (sthène) 185
Somatotropes Hormon (STH) siehe Wachstumshormon
SOMMERFELDsche Feinstrukturkonstante 207
Sonne, Konstanten 206
Sonnenparallaxe 206
Sonnentag, -stunde usw. 179, 180
Sonnenzeit 179
Sorbinsäure 359
Sorbose 304

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

S
Sorbose-1,6-diphosphat, enzymatische Hydrolyse 391
Sørensen, Pufferlösungen nach . . 277, 278
Spannung, elektrische 189
Spannung, magnetische 193
Spearmanscher Korrelationskoeffizient
— Text, siehe Index 171
— Tafeln 66, 70
Speichel, chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften . 487ff.
— Esterasen 391
— Glycosidasen 388
— Lipasen 390
— Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt 513
Speicheldrüsen, Gewicht 237
— Glandula submaxillaris, Atmungsgeschwindigkeit 365
— — — Gärungsgeschwindigkeit . . 366
— Glandula parotis, Lipasen 390
Spektrale Augenempfindlichkeit, relative 200
Spektren, Flammen-, der Elemente . 230ff.
Sperma, chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften . 568ff.
— Östrogene 464
Spermatozoen (siehe auch Sperma) . 571ff.
— Glycosidasen 390
— Nucleasen 394
Spermin, Spermidin (Prostata) 569
Spezifische Aktivität von Radioisotopen 197
Spezifische Atomwärme 207
Spezifische Drehung 302
Spezifische Gammastrahlungsleistung . 198
Spezifisches Gewicht, Definition . . . 183
«Spezifisches Gewicht» (relative Dichte) Definition 183
— — Blut 516
— — Darmsaft 494
— — Erythrocyten 546
— — Galle 495
— — Harn 497, 514
— — Liquor 564
— — Magensaft 490
— — Mutter- und Kuhmilch 484
— — Pancreassaft 493
— — Prostatasekret 570
— — Speichel 487
— — Sperma 568
— — wässeriger Lösungen . . . . 280ff.
Spezifische Ionenladung 207
Spezifische Ladung, Elektron 207
— — Proton 207
Spezifische Leitfähigkeit siehe Leitfähigkeit, elektrische
Spezifische Lichtausstrahlung 200
Spezifische Masse 183
Spezifische Wärme, Blut 522
— — Erythrocyten 522
— — Wasser 205
Sphärocyten, osmotische Resistenz . . 522
— und Sphärocytose 547
Sphingolipide 350, 353
Sphingomyeline 350, 353
— Blut 532
— enzymatische Hydrolyse 393
Sphingosin 353
Spiramycin, Eigenschaften 691
Spirometerwerte, Umrechnung . . . . 262ff.
Splenektomie und Howell-Jollysche Körperchen 545
Squalen und Fette 351
— Cholesterin-Biosynthese 399
Square foot, yard usw. 176
sr (Steradiant) 180, 181
SR (Senkungsreaktion) 519
St (Stokes) 188
Stable component und Blutgerinnung . 552
Standard deviation siehe Standardabweichung
Standardabweichung, Definition, siehe Index 171
— Vertrauensgrenzen, Tafel 47
Standardbicarbonat siehe Alkalireserve
Standardclearance (Cs) 515
Standardpräparate, internationale biologische . . . . . 693ff.
Standardsubstanzen (Quecksilber, Wasser, Luft), physikalische Konstanten 205
Stannum siehe Zinn
Staphylokokken 616, 617

Seite

S
Staphylokokken, Antitoxin, IE, Standardpräparat 694
Stärke 318
— A- und B-Fraktion 316
— enzymatische Verdauung 389
— Leber-, siehe Glycogen
— Milchsäuregärung 368
Starrkrampf 630, 631
Statistik, Text, siehe Index 171
— Bevölkerung und Stichprobe, siehe Index 171
— Binomialverteilung, siehe Index . . 171
— Definition, einleitende, siehe Index . 171
— Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit, siehe Index 171
— Iterationen siehe Index 171
— Merkmal und Ereignis siehe Index . 171
— Normalverteilung siehe Index . . . 171
— wichtige Parameter und ihre Schätzungen siehe Index 171
— Poisson-Verteilung siehe Index . . 171
— für die Praxis siehe Index 171
— Prüfung auf Zufälligkeit der Stichproben siehe Index 171
— Regression, Korrelation, siehe Index 171
— Schätzungen siehe Index 171
— Student-Verteilung siehe Index . . 171
— statistische Teste siehe Index. . . . 171
— Transformationen siehe Index . . . 171
— χ^2-Verteilung (Chiquadrat-Verteilung) siehe Index 171
— *F*-Verteilung siehe Index 171
— hypergeometrische Verteilung siehe Index 171
— Vertrauens- und Toleranzgrenzen siehe Index 171
— diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung siehe Index 171
— stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung siehe Index 171
— Wilcoxon-Test siehe Index 171
Statistische Tabellen siehe Mathematische Tabellen
Steapsin (Pancreaslipase) 390
Stearidonsäure 359
Stearinsäure 356
— und Fette 351
— Muttermilch 485
Stearolsäure 360
Stefan-Boltzmannsche Strahlungskonstante 207
Ster 176, 177
Steradiant (sr) 180, 181
Stercobilin 347, 349
Stercobilinogen 347, 349
Stereoisomerie (siehe auch Cis-Trans-Isomerie) . . . . . 301ff.
Sterinester und Wachse 350, 354
Sterntag, -stunde usw. 180
Sternzeit 179
Steroide, Biosynthese . . . . . 395, 399ff.
— Blut 531
— Hormone . . . . . 456ff.
— — Nomenklatur 456, 457
— Liebermann-Burchard-reaktive . 531
— Nebennierenrinden-, siehe Corticosteroide
Steroidsulfate, Bildung 415
stetig (mathematischer Begriff) siehe Index 171
STH (Somatotrophic Hormone) siehe Wachstumshormon
Sthène (sn) 185
Stibium siehe Antimon
Stichprobe siehe Statistik
Stickstoff, Eigenschaften, Isotope usw. . 212
Stickstoff 13, Anwendung 237
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Stickstoff siehe auch Aminosäuren, Proteine
— Blut, Reststickstoff 527
— — Gas 542
— Darmsaft 494
— Fäces 496
— Galle 495
— Harn 498
— Liquor 565
— Magensaft 490
— Pancreassaft 494

Seite

S
Stickstoff, Prostatasekret 570
— Samenbläschensekret 570
— Umrechnungsfaktoren 275
Stilb (sb) 200
Stilböstrol, Formel und Molekulargewicht 274
Stimmung, gleichteilig temperierte . . 202
Stoffwechsel . . . . . 365ff.
— angeborene Störungen 376
Stokes (st) 188
Stoppani, Aräometer-Skala 282
STPD (standard temperature and pressure, dry, Gasnormwerte) 263
Strahlungskonstanten 206, 207
Strahlungsleistung, elektromagnetische 196
Streptidin 313
Streptococcus-lactis-R-Faktor 429
Streptokokken . . . . . 621ff.
Streptokokkenangina 624
Streptomyceten 635
Streptomycin, Anwendung . . . . . 601ff.
— Dosierung 600
— Dosierung bei Brucellosen 611
— — bei Tuberkulose 632
— — bei weichem Schanker 612
— Eigenschaften 691
— Formel und Molekulargewicht . 274, 691
— IE, Standardpräparat 696
Streptonivicin siehe Novobiocin
Streptothricin siehe Neomycine
Streß, Definition 444
— und Adrenalin 451, 452
— und Corticotropin 444
— und Gonadotropine 443
— Harn-17-Ketosteroide und Corticosteroide 460
— und Noradrenalin 451, 452
Streuung siehe Index 171
Stromdichte, elektrische 190
Stromstärke, elektrische 190
Strontium, Eigenschaften, Isotope usw. 215
Strontium 89, Anwendung 238
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 248, 249
Strophantin G, siehe Ouabain
Strychnin, Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Stuart-Prower-Faktor und Blutgerinnung 552
Student-Verteilung, Text, siehe Index . 171
— Tafeln 32ff., 42
Stuhl siehe Fäces
Stunde (h) 179, 180, 739
Sublimat, Zehntelnormallösung 276
Succinyladenylsäure (Succinyladenosinphosphat) 332
— Adenylsäure-Bildung 406
Succinylcoenzym A, Fettsäuren-Abbau . 371
— — Glycin-Abbau 375
— — Porphyrine-Biosynthese 407
— — Reaktion mit GDP 381
— — Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368, 369
Sucrose siehe Saccharose
Sulfadiazin, Formel und Molekulargewicht 274
Sulfamerazin, Formel und Molekulargewicht 274
Sulfanilamid, Entgiftung im Körper 412, 414
— Formel und Molekulargewicht . . . 274
Sulfapyridin, Formel und Molekulargewicht 274
Sulfarsphenamin, Referenzpräparat . . 697
Sulfat siehe Schwefel
Sulfatasen 382
Sulfathiazol, Formel und Molekulargewicht 274
Sulfinylbrenztraubensäure, Taurin-Biosynthese 408
Sulfohämoglobin 346
Sulfomucasen 390
Sulfonamide, Anwendung . . . . . 601ff.
— Dosierung bei Brucellosen 611
— — bei weichem Schanker 612
— Harnsedimente 505
Sulfone bei Lepra 633
Sulfosalicylsäure-Probe (Harn-Proteine) 507
Suramin bei Schlafkrankheit 656
Suszeptibilität, elektrische 191
— magnetische 195

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

S
Sutter (Blutgruppensystem) 555
Syphilis 637, 638
— Serum, IE, Standardpräparat 695
Symbole, Aminosäuren 320
— chemische Elemente . . . . . 209ff.
— Maßeinheiten (alphabetischer Index) 173
— Nucleotide 333
— physikalische, Schreibweise 172
— — Konstanten 205
Sympathisches Nervensystem, Adrenalin und Noradrenalin 452
Synonyme von Infektionserregern und Infektionskrankheiten (Index) . . 676ff.
Systematik von Bakterien, Pilzen, Protozoen und Würmern . . . . . 672ff.
Systolischer Blutdruck 598
— — und Adrenalin und Noradrenalin 452

T
t (Tonne) 178
T (Tera-, Symbol für das 10^{12}fache) . . 9
Tagatose 304
Talose 303
tan (Tangens) . . . . . 139ff.
Tangens hyperbolicus, Text 140
— Tafeln 64, 65
Tantal, Eigenschaften, Isotope usw. . . 219
Tantal 182, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
Taririnsäure 360
Taurin 325
— aus Cystein 408
— aus Cysteinsäure 372
— Funktion 404
— Harn 499
— Konjugation mit Gallensäuren . . . 408
TAY-SACHSsche Krankheit und Gehirnganglioside 354
TDP (Thymidindiphosphat) 333
Technetium, Eigenschaften, Isotope usw. 216
Technische Atmosphäre (at), Definition 186
— Umrechnungen 186, 741
Teletherapie mit Radioisotopen . . 238, 239
Tellur, Eigenschaften, Isotope usw. . . 217
Temperatur, empirische 181, 182
— thermodynamische 181
— Umrechnungstabellen 182, 738
Temperaturkoeffizient, Harn 497
Temperierte Stimmung 202
TEORELL und STENHAGEN, Pufferlösung nach 277, 278
TEPP siehe Tetraäthylpyrophosphat
Tera- (Vorsilbe für das 10^{12}fache) . . . 9
Terbium, Eigenschaften, Isotope usw. . 219
Termitin (Vitamin T) 441
Teropterin (Pteroyltriglutaminsäure) . . 429
Terz (Tonintervall) 202
Testis, Androgene 401, 465
— Atmungsgeschwindigkeit 365
— chemische Zusammensetzung . . . 486
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säugling 578
— Glycosidasen 390
Testosteron und Androgene 465
— Biosynthese und Metabolismus . . 402
— und Spermatogenese 571
— Struktur 457, 465
Tetanie, Plasma, Calciumionen 539
— Vitamin-D-Behandlung 419
Tetanus 630
— Antitoxin, IE, Standardpräparat . . 693
— Toxoid, IE, Standardpräparat . . . 693
Tetracycline, Anwendung . . . . . 601ff.
— Dosierung 600
— — bei Amöbiasis 659
— — bei Brucellosen 611
— — bei Gonorrhöe 618
— — bei Keuchhusten 610
— — bei Pneumokokkeninfektionen . 621
— — bei Syphilis 638
— — bei Trichomoniasis 658
— — bei weichem Schanker 612
— Eigenschaften 692
— IE, Standardpräparat 696
— und Tuberkulose 632
Tetradecansäure siehe Myristinsäure
Δ^4-Tetradecensäure 357
Δ^5-Tetradecensäure 357

Seite

T
Δ^9-Tetradecensäure siehe Myristoleinsäure
Tetracosahexaensäure 359
Tetracosansäure siehe Lignocerinsäure
Tetracosensäure siehe Nervonsäure
Tetrahydrocortisol 459
Tetrahydrocortison 459
Tetrajodthyronin siehe Thyroxin . . . 323
Tetraäthylpyrophosphat, Cholinesterasen-Hemmung 391
Tetrahydrofolsäure, Inosinsäure-Bildung 405, 406
Tetrosen 306
tg (Tangens) . . . . . 139ff.
Thalassämie, Erythrocyten, osmotische Resistenz 522
— Hämoglobin 548
Thallium, Eigenschaften, Isotope usw. . 221
Theobromin, Formel und Molekulargewicht 274
Theophyllin, Formel und Molekulargewicht 274
Thermodynamik, Konstanten 207
Thermodynamische Temperatur . . . 181
Thiamin siehe Vitamin B_1
Thiaminpyrophosphat (TPP, Cocarboxylase), Blut 534
— Erythrocyten und Leucocyten . . . 534
— Formel 421
— Pentosephosphat-Zyklus 396
— Reaktion mit Brenztraubensäure . . 369
— Tricarbonsäure-Zyklus 368
Thiochrommethode (Vitamin B_1) . . . 421
Thioctsäure siehe α-Liponsäure
Thiokinasen, Fettsäuren-Oxydation . . 369
Thiolyse, Kohlenstoffketten 369
Thiopherase, Fettsäuren-Abbau 371
Thiouracil und Schilddrüse 450
THOMSON-Querschnitt des Elektrons . . 207
Thorium, Eigenschaften, Isotope usw. . 223
Thorium A, Eigenschaften usw. 222
— B, Eigenschaften usw. 221
— C, Eigenschaften usw. 221
— C′, Eigenschaften usw. 222
— C″, Eigenschaften usw. 221
— X, Eigenschaften usw. 222
THORN-Test (Nebennierenrindenfunktion) 444, 461
Thoron, Eigenschaften usw. 222
Threonin 323
— Abbau 375
— Blut 527
— Harn 499
— Homoserin-Abbau 375
— Mutter- und Kuhmilch 484
— in Plasmaproteinen 525
— Tagesbedarf 470
Threose 303
Thrombocyten, Atmungsgeschwindigkeit 365
— Blut 549
— und Blutgerinnung 552
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Genealogie 543
— im Wachstumsalter 544
Thrombogen siehe Prothombin
Thrombokatalysin und Blutgerinnung . 552
Thrombokinase siehe Thromboplastin
Thrombokinin siehe Thromboplastin
Thromboplastic plasma component und Blutgerinnung 552
Thromboplastin und Blutgerinnung . . 552
Thromboplastin-co-Faktor und Blutgerinnung 552
Thromboplastinogen und Blutgerinnung 552
Thrombozym siehe Prothrombin
Thrombozytolysin und Blutgerinnung . 552
Thulium, Eigenschaften, Isotope usw. . 219
Thulium 170, Dosiskonstante 198
Thylakentrin 442
Thymidin 330
Thymidindiphosphat 333
Thymidinmonophosphat (Thymidylsäure) 333
— Bildung 409
Thymidintriphosphat 333
Thymidylsäure siehe Thymidinmonophosphat
Thymin 328

Seite

T
Thymin, Abbau 379
Thymindesoxyribosid 330
Thyminose 306
Thymolblau, Umschlagbereich 279
Thymolphthalein, Umschlagbereich . . 279
Thymus, Atmungsgeschwindigkeit . . 365
— Gärungsgeschwindigkeit 366
— Gewicht, Erwachsene 237
— — Säuglinge 578
— Nucleasen 394
Thynnic acid 359
Thyreoglobulin 449
Thyreoidektomiezellen 445
Thyreoidhormone (siehe auch Thyroxin, Trijodthyronin) . . . . . 449ff.
— Bildung 410, 449
Thyreotropin 445
— IE, Standardpräparat 697
Thyroid-Stimulating Hormone (TSH) siehe Thyreotropin
Thyroxin . . . . . 449ff.
— Bildung 410, 449
— physikalische Eigenschaften 323
— und Spermatogenese 571
Tibiaknorpeltest (Wachstumshormon) . 446
Tiglinsäure 360
Tiglylcoenzym A, Isoleucin-Abbau . . 374
Timnodonic acid 359
Tinea . . . . . 651ff.
TISELIUS, Elektrophorese nach 523
Titan, Eigenschaften, Isosope usw. . . 214
Tj^a, Tj^b (Blutgruppenantigen) . . 558, 563
TMP siehe Thymidinmonophosphat
tn (Ton, Maßeinheit) 178
Tocopherole 419
Toleranzdosen von Radioisotopen . 235, 236
Toleranzgrenzen, Text, siehe Index . . 171
— der Normalverteilung, Tafeln . . 43ff.
Tollwut 646
— Serum, IE, Standardpräparat . . . 694
Ton (tn, Maßeinheit) 178
Tonfrequenz 201
Tonintervalle 202
Tonne (t) 178
Tonskalen 201, 202
Torr (Torricelli), Definition 187
— Umrechnungen 186, 740, 741
Torutilin (Vitamin T) 441
Toxoplasmose 656
TTP (Thymidintriphosphat) 333
TPA-, TPI-, TPIA-Test (Syphilis) . . . 638
TPN (TPNH, $TPNH_2$) siehe Triphosphopyridinnucleotid
TPP siehe Thiaminpyrophosphat
Tränensekret, Glycosidasen 390
Transaminasen 372
Transaminierung 372
Transaldolase, Pentosephosphat-Zyklus 396, 397
Transcortin 459
Transferase, Tricarbonsäure-Zyklus . . 368
Transketolase, Pentosephosphat-Zyklus 396, 397
Transpiration, unsichtbare 508, 509
Transsudate, Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt. . 513
Transsudation aus den Kapillaren . . . 509
Transurane, Eigenschaften und Isotope . . . . . 225ff.
Trapezoid (Formeln) 142
Traubenzucker siehe Glucose
Treponematosen 637, 638
Triacontansäure 356
Triamcinolon 461
Tricarbonsäure-Zyklus 368, 369
— Abbau von Nahrungsstoffen (Übersicht) 379, 380
— und Insulin 453, 454
Trichomoniasis 658
Trichomycin, Eigenschaften 692
Tricosansäure 356
Tridecansäure 355
Tridecylsäure 355
Triglyceride (siehe auch Fette, Öle) . . 350
Trigonellin, Kaffee 483
— und Nicotinsäure 426
2,6,8-Trihydroxypurin siehe Harnsäure
Trijodthyronin . . . . . 449ff.
— Bildung 410, 449
— physikalische Eigenschaften 323

Alphabetisches Stichwortregister und Inhaltsverzeichnis

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

T
Trijodthyronin und Schilddrüsenhormone . . . 449
Triketohydrinden . . . 319
Trimethyltetracosensäure (Mycolipensäure) . . . 360
Trimethyltocol . . . 419
Trinatriumphosphat, Zehntelnormallösung . . . 276
Trinitrobenzol, Umschlagbereich . . . 279
Triokinase, Glycerinaldehydphosphat-Bildung . . . 368, 370
Triosen . . . 306
Tripeptidase . . . 386, 387
Tripeptide, enzymatische Hydrolyse . . 386
Triphosphopyridinnucleotid (TPN, in reduzierter Form TPNH, $TPNH_2$) . 334
— Carboxylierungsreaktionen . . . 398
— Erythrocyten . . . 528
— Glutaminsäure-Bildung . . . 403, 414
— und Nicotinsäure . . . 426
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
— Tricarbonsäure-Zyklus . . . 368
Tris-Puffer . . . 277, 278
Trismaleat-Puffer . . . 277, 278
Tritium, Anwendung . . . 237
— physikalische Eigenschaften 212, 234, 235
Tropäolin, Umschlagbereich . . . 279
Tropisches Jahr . . . 174, 179, 180
Troposphäre, Zusammensetzung . . 212ff.
Troy-System . . . 178
Trübungsmessungen, Referenzpräparat . 696
Tryparsamid, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Trypsin . . . 384
— Antikörper-Nachweis . . . 556
— Harn . . . 503
— Pancreassaft . . . 494
— und Procarboxypeptidasen . . . 386
Trypsinogen . . . 384
Tryptophan . . . 323
— Abbau . . . 376, 377
— Blut . . . 527
— Harn . . . 500
— Hydroxytryptamin aus . . . 410
— Mutter- und Kuhmilch . . . 484
— in Plasmaproteinen . . . 525
— Tagesbedarf . . . 470
— Zellbestandteile aus . . . 404
TSH (Thyroid-Stimulating Hormone) siehe Thyreotropin
Tsuzusäure . . . 357
Tuberkulin, IE, Standardpräparate . . 693
Tuberkulose . . . 632, 633
Tuberculostearinsäure . . . 360
Tubocurarin, Dosierung bei Tetanus . . 630
— Bruttoformel und Molekulargewicht 274
Tubuläre Funktionswerte (*p*-Aminohippurataussscheidung, Glucoserückresorption) . . . 515
Tularämie . . . 609
Tumor, Nebenniere, Catecholamine . . 451
— — Corticosteroide . . . 458
— — Östrogene im Harn . . . 464
— Phospholipid in . . . 353
— Strahlentherapie . . . 238, 239
Twaddell, Aräometer-Skala . . . 282
Typhus . . . 607
— Serum, Referenzpräparat . . . 695
Tyramin, Bildung . . . 372
Tyrocidin, Eigenschaften . . . 692
Tyrosin . . . 323
— Abbau . . . 376
— Adrenalin und Noradrenalin aus . . 409
— Blut . . . 527
— Decarboxylierung . . . 372
— Harn . . . 500
— Harnsedimente . . . 505
— Melanin-Bildung . . . 410
— Muttermilch . . . 485
— in Plasmaproteinen . . . 525
— Thyroxin aus . . . 410, 449
— Zellbestandteile aus . . . 404
Tyrosinosis . . . 376
Tyrothricin, Eigenschaften . . . 692

U
U (Blutgruppenantigen) . . . 558, 563
UDP (Uridindiphosphat) . . . 333
Ulcus, Magen, und Corticosteroidtherapie . . . 462

Seite

U
Ulcus, Magensaft-Sekretion . . . 492
UMP (Uridinmonophosphat) . . . 333
Undecansäure . . . 355
Undecylsäure . . . 355
Undecylensäure, Formel und Molekulargewicht . . . 274
Ungesättigte Fettsäuren siehe Fettsäuren
Uracil . . . 328
— Abbau . . . 379
Uracilribosid siehe Uridin
Urämie, Phenole im Blut . . . 529
Uran, Eigenschaften, Isotope usw. . . 224
Uran I, Eigenschaften usw. 224
— II, Eigenschaften usw. 224
— X_1, Eigenschaften usw. 223
— X_2, Eigenschaften usw. 223
— Y, Eigenschaften usw. 223
— Z, Eigenschaften usw. 223
Uranus (Planet), Konstanten 206
Urea siehe Harnstoff
Ureidobernsteinsäure siehe Carbamylasparaginsäure
Urethan, Formel und Molekulargewicht 274
Uricase . . . 394
— Purinstoffwechsel . . . 378, 379
Uridin . . . 330
Uridindiphosphat (UDP) . . . 333
Uridindiphospho-N-acetylgalactosamin 339
Uridindiphospho-N-acetylgalactosaminsulfat . . . 339
Uridindiphospho-N-acetylglucosamin . 338
Uridindiphospho-N-acetylglucosaminphosphat . . . 338
Uridindiphosphogalactose . . . 338
— Lactose-Bildung . . . 395
— aus Uridindiphosphoglucose . . . 368
Uridindiphosphoglucosamin . . . 338
Uridindiphosphoglucose . . . 337
— aus Uridindiphosphogalactose . . . 368
— aus Uridintriphosphat . . . 368
Uridindiphosphoglucuronsäure . . . 339
— aus Diphosphoglucose . . . 398
— Entgiftung von Alkoholen und Phenolen . . . 398, 412
Uridinmonophosphat (UMP, Uridylsäure) . . . 333
— enzymatische Hydrolyse . . . 394
— Pyrimidin-Biosynthese . . . 409
Uridintriphosphat (UTP) . . . 333
— Pyrimidin-Biosynthese . . . 409
— aus Uridindiphosphoglucose . . . 368
Uridylsäure siehe Uridinmonophosphat
Uridyltransferase, Glycolyse . . . 368
Urin siehe Harn
Urobilin . . . 349
— Bildung . . . 347
— Blut . . . 530
— Harn . . . 501
(+)-Urobilinogen . . . 349
Urobilinogen IX-α . . . 348
— Bildung . . . 347
— Fäces . . . 496
— Harn . . . 501
Urocaninase, Histidin-Abbau . . . 373
Urocaninsäure, Bildung . . . 373
Urocortisol . . . 459
Urocortison . . . 459
Uroflavin, Harn . . . 423
Uronsäuren . . . 305, 314
— Abbau . . . 379
Uropepsin, Harn . . . 503
Uroporphyrine . . . 341, 342
— Harn . . . 501
USP = US-Pharmacopöe
UTP siehe Uridintriphosphat
Utter-Kurahashi-Enzym . . . 411
Uterus, chemische Zusammensetzung . 486
— Geschlechtshormone, Funktion . . 467
— Gewicht (Säugling) . . . 578
— und Oxytocin . . . 447
— Proteasen . . . 388
— und Schwangerschaft . . . 576

V
V (Volt) . . . 189
V (Blutgruppenantigen) . . . 559, 563
Vaccensäure . . . 358
Vaginalsekret, Wasserstoffionenkonzentration . . . 568

Seite

V
Vakuum, Lichtgeschwindigkeit und Wellenwiderstand . . . 206
val (Grammäquivalent) siehe Grammäquivalent
Valeriansäure . . . 355
Valin . . . 323
— Abbau . . . 374
— Blut . . . 527
— Harn . . . 500
— Mutter- und Kuhmilch . . . 484
— in Plasmaproteinen . . . 525
— Tagesbedarf . . . 470
Valerylcoenzym A, Norleucin-Abbau . 374
Vanadium, Eigenschaften, Isotope usw. 214
Vancomycin, Eigenschaften . . . 692
Van-den-Bergh-Diazoreaktion (Bilirubin) . . . 347, 529
Varianz siehe Index . . . 171
Variationsbereich siehe Extrembereich
Vasokonstriktion und Adrenalin und Noradrenalin . . . 452
— und Vasopressin . . . 447
Vasopressin . . . 447ff.
Vasotocin . . . 447
Ve (Blutgruppenantigen) . . . 563
Vektorpotential, magnetisches . . . 193
Vel (Blutgruppenantigen) . . . 563
Ven (Blutgruppenantigen) . . . 562, 563
Venöser Blutdruck . . . 598
Ventilation . . . 589
Ventrikel und Vorkammer (Herz), Blutdruck . . . 598
Ventrikelliquor . . . 567
Venus (Planet), Konstanten . . . 206
Verdauung, Definition . . . 367
— Enzyme . . . 382ff.
— Sekrete, siehe auch Darmsaft, Galle, Magensaft, Pancreassaft, Speichel
— — Elektrolytersatz . . . 297, 299
— — Na^+-, K^+-, Cl^--Gehalt . . . 513
Verdoglobin A (Verdohämoglobin) siehe Choleglobin
Verdoglobin S (Sulfohämoglobin) . . . 346
Verdunstung, Wasserverlust durch . . 509
Vererbung und Nucleinsäuren . . . 327
Vergiftungen und Heinzsche Innenkörperchen . . . 545
— α-Liponsäure bei . . . 441
— mit Vitamin A . . . 417
— mit Vitamin D . . . 418
Verschiebung, elektrische . . . 190
— Zeemansche . . . 208
Verschiebungsgesetzkonstante, Wiensche . . . 207
Verschiebungskonstante . . . 189
Vertrauensgrenzen, Definition, siehe Index . . . 171
— der Binomialverteilung, Text, siehe Index . . . 171
— — Tafeln . . . 85ff.
— für Häufigkeiten siehe oben Binomialverteilung
— der hypergeometrischen Verteilung, Text, siehe Index . . . 171
— — Tafeln . . . 109ff.
— des Korrelationskoeffizienten *r*, Text, siehe Index . . . 171
— — Tafel . . . 59
— des Medians, Tafeln . . . 105, 106
— des Mittelwertes, Tafel . . . 43
— parameterfreie, Text, siehe Index . . 171
— — Tafel . . . 128
— der Poisson-Verteilung, Text, siehe Index . . . 171
— — Tafeln . . . 107, 108
— für Quantile, Tafel . . . 104
— des Spearmanschen Korrelationskoeffizienten, Text, siehe Index . . 171
— — Tafeln . . . 66ff.
Vierecke (Formeln) . . . 142
Vierfelder-Test, Text, siehe Index . . . 171
— Tafeln . . . 109ff.
Vinylthiooxazolidon (Goitrin) 450
Viomycin, Dosierung . . . 692
— Eigenschaften . . . 692
Viren . . . 642ff.
— Index . . . 676ff.
Viskosität, Einheiten . . . 188
— Blut . . . 519

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

V
Viskosität, Harn 497
— Liquor 564
— Sperma 568
Vitalgranulierte Erythrocyten siehe Reticulocyten
Vitalkapazität 589, 590
— Bestimmung mittels Nomogramms 590
Vitamine siehe auch Cholin, α-Liponsäure, Mesoinosit
— antipneumonisches (Vitamin J) . . 441
— Blut siehe einzelne Vitamine
— fettlösliche . . . . . 416ff.
— — und Fette 351
— Harn siehe einzelne Vitamine
— Liquor 566
— Mutter- und Kuhmilch 484
— Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— Speichel 488
— und Spermatogenese 571
— Tagesbedarf 469
— wasserlösliche . . . . . 421ff.
Vitamin A 416, 417
— — Ester und Wachse 350
Vitamin B_1 . . . . . 421, 422
— — und α-Ketosäuren im Blut . . . 533
— — und Nicotinsäuresynthese . . . 426
Vitamin B_2 . . . . . 422ff.
— — und Nicotinsäuresynthese . . . 426
Vitamin B_3 441
Vitamin B_4 441
Vitamin B_5 441
Vitamin B_6 . . . . . 424, 425
— — und Nicotinsäuresynthese . . . 426
Vitamin B_{12} . . . . . 348, 432ff.
Vitamin B_{13} 441
Vitamin B_{14} 441
Vitamin Bc siehe Folsäure
Vitamin B_T 441
Vitamin C siehe Ascorbinsäure
Vitamin C_2 (Vitamin J) 441
Vitamin D . . . . . 417ff.
— — -Ester und Wachse 350
— — IE, Standardpräparat 697
— — und Parathormon 450
Vitamin E 419, 420
— — und biologische Oxydationen . 381
Vitamin F 440
Vitamin H siehe Biotin
Vitamin H_1 siehe Paraaminobenzoesäure
Vitamin J 441
Vitamin K 420, 421
— — und biologische Oxydationen . . 381
Vitamin L 441
Vitamin M siehe Folsäure
Vitamin P 436, 437
Vitamin PP siehe Nicotinsäure
Vitamin T 441
Vitamin U 441
Volemose 304
Volt (V) 189
Volumen, Einheiten 176ff., 735
Volumen, Blut und Plasma 508, 518
— Darmsaft 494, 509
— Erythrocyten 518
— — einzelner 547
— extrarenaler Wasserverlust . . . 508, 509
— extrazellulärer Raum 508
— Fäces 508, 509
— Galle 495
— Harn 497, 508, 509, 514
— interstitieller Raum 508
— intrazellulärer Raum 508
— Liquor 564
— Magensaft 490, 509
— Pancreassaft 493, 509
— renaler Wasserverlust . . . 497, 508, 509
— Schweiß 508
— Speichel 487, 509
— Sperma 568
— Thrombocyten 549
Volumenprozent 204
Vorkammer (Herz), Blutdruck 598
Vr (Blutgruppenantigen) 558
Vw (Blutgruppenantigen) 558, 563

W
W (Watt) 188, 189, 196
Wachse 350, 354
Wachstum, Blut, Androgene 465

Seite

W
Wachstum, Blut, Blutsenkung 519
— — Cocarboxylase 534
— — Erythrocyten, osmotische Resistenz 522
— — — Volumen und Durchmesser . 547
— — Erythrocytenzahl 546
— — Hämatokrit 546
— — Hämoglobin 548
— — Leucocytenzahl 550
— — Pepsinogen 536
— — Phosphatase 536
— — Phosphor 537
— — Reticulocyten 545
— — Wasserstoffionenkonzentration . 521
— — Zellelemente, Synopsis 544
— Dosierung von Antibiotica 600
— — von Penicillin bei Scharlach . . 624
— Entwicklung des Gebisses 582
— Grundumsatz 593, 594
— Harn, Creatin 500
— — Glucuronsäure 502
— — 17-Ketosteroide und Corticosteroide 460, 466
— — Kupfer 504
— — Östrogene 464
— — Volumen 497
— Kalorien- und Proteineinnahme . . 469
— Körpermaße . . . . . 583ff.
— Körperwasser 508
— Magensaft . . . . . 490ff.
— Ossifikationszentren, sekundäre . 579ff.
— Prostata, Phosphatase 570
— Speichel . . . . . 487ff.
— Vitalkapazität 589
— Tagesbedarf an Nahrungsstoffen . . 469
Wachstumshormon 446
— IE, Standardpräparat 697
— und Mammogenese 445
Wachstumstest nach EVANS (Wachstumshormon) 446
Wadenumfang (Kinder) . . . . . 583ff.
Wahrscheinlichkeit siehe Statistik
Wärme, spezifische, siehe Spezifische Wärme
Wärmeäquivalent 187
Wärmedurchgangszahl 188
Wärmeleitfähigkeit 188
Wärmemenge 187, 742
Wärmeübergangszahl 188
Wasser, Aufnahme, tägliche . . . 237, 508
— Ausscheidung, tägliche 237
— — und Vasopressin 448
— Dampf, Sättigungsdruck 259
— Dampfdruck und Siedepunkt 255, 260, 261
— Fixpunkte 182
— Gammastrahlungsabsorption . . . 199
— Gehalt, Darmsaft 494
— — Fäces 496, 509
— — Galle 495
— — Körper, anatomische Räume, Organe 486, 508
— — Nahrungsmittel . . . . . 472ff.
— — Pancreassaft 493
— — Prostatasekret 570
— — Samenbläschensekret 570
— — Speichel 487
— Haushalt des Körpers . . . . 237, 508ff.
— — und Corticosteroide 461
— — und Vasopressin 447, 448
— — und Wachstumshormon 446
— Normwerte 204, 206
— schweres, Dichte 205
— Tagesbedarf 469, 470
— Verluste (Körper) 508, 509
— Vielfache des Molekulargewichts . . 273
Wässerige Lösungen siehe Lösungen, wäßrige
Wasserstoff, atomare Konstanten . . . 207
— Eigenschaften, Isotope usw. 212
— Ortho- 224
— Para- 224
Wasserstoff 2 siehe Deuterium
Wasserstoff 3 siehe Tritium
Wasserstoffionenkonzentration (pH) und Acidosen, Alkalosen . . . . 509ff.
— Blut 509ff., 521
— Cervixhals 568
— Darmsaft 494
— Erythrocyten 546

Seite

W
Wasserstoffionenkonzentration (pH), Fäces 496
— Galle 495
— Harn 497
— Indikatoren, Umschlagbereich . . . 279
— Magensaft 490
— Liquor 564
— Pancreassaft 493
— Prostatasekret 570
— Pufferlösungen 277, 278
— Samenbläschensekret 570
— Speichel 487
— Sperma 568
— Vaginalsekret 568
WATERHOUSE-FRIDERICHSEN-Syndrom, Corticosteroidbehandlung . . . 461, 462
Watt (W) 188, 189, 196
Weber (Wb) 194
WEBER-FECHNERsches Gesetz 201
Weicher Schanker 612
Weinsäure, Isomerie 302
— Zehntelnormallösung 276
Weiselsaft siehe Bienenköniginnenfutter
Weißer Hochdruck 598
Wellenlängen, COMPTON- 207
— Definition 201
Wellenwiderstand des Vakuums 206
Wellenzahlen, RYDBERG- 207
Weltzeit (WZ) 179
Weltall, Zusammensetzung . . . . . 212ff.
WERNICKEsche Encephalopathie und Vitamin B_1 422
Wespengift, Phospholipasen 393
WESTERGREN-Methoden (Senkungsgeschwindigkeit) 519
Wichte (spezifisches Gewicht) 183
Widerstand, elektrischer 192
WIENSCHEVerschiebungsgesetzkonstante 207
WILCOXON-Test, Text, siehe Index . . . 171
— Tafeln . . . . . 124ff.
WILSONsche Krankheit, Blut, Kupfer . . 540
— — — Coeruloplasmin 535
— — Harn, Kupfer 504
Winkel, Einheiten 180, 181
— Umrechnungen 739
Winkelbeschleunigung 185
Winkelfunktionen . . . . . 138ff.
Winkelgeschwindigkeit 184
Winkelmaße 139, 180
Wirkung, Einheiten 188
Wirkungsquantum, PLANCKsches . . . 207
Wismut, Eigenschaften, Isotope usw. . 221
Wochenbett siehe Schwangerschaft
Wolfram, Eigenschaften, Isotope usw. . 220
Wr^a (Blutgruppenantigen) 562, 563
Würmer . . . . . 663ff.
— Index . . . . . 676ff.
— Systematik . . . . . 672ff.
Wurzeln, Definition 132
— Formeln 134
— Quadratwurzeltafeln . . . . . 20ff.
WZ (Weltzeit) 179, 732, 733

X
$\bar{x}$ siehe Mittelwert
X (Blutgruppenantigen) 563
Xanthidylsäure siehe Xanthosinmonophosphat
Xanthin 328
— Abbau 378
— enzymatische Oxydation 394
— Purinstoffwechsel 378
Xanthindesoxyribosid siehe Desoxyxanthosin
Xanthinoxydase 394
— Purinstoffwechsel 378, 379
Xanthinribosid siehe Xanthosin
Xanthochromie, Liquor 564
Xanthopterin 429
Xanthosin 331
— Purinstoffwechsel 378
Xanthosinmonophosphat (XMP, Xanthylsäure) 332
— Bildung 407
— Guanylsäure-Bildung 407
— Purinstoffwechsel 378
Xanthurensäure, Tryptophan-Abbau 376, 377
Xanthylsäure siehe Xanthosinmonophosphat

Für Spezialgebiete stehen noch folgende alphabetische Verzeichnisse zur Verfügung: Abkürzungen und Symbole von Maßeinheiten S. 173; Namen und Symbole der chemischen Elemente S. 210, 211; Infektionserreger und Infektionskrankheiten S. 676–684

Seite

X
XE (Siegbahnsche X-Einheit) 174, 175, 206
Xenon, Eigenschaften, Isotope usw. . . 217
XMP siehe Xanthosinmonophosphat
X-Substanzen (Androgene) 465
Xyloascorbinsäure siehe Ascorbinsäure
Xyloketose siehe Xylulose
Xylose 303
Xylulose 304, 307
— Harn 502
Xylulose-5-phosphat 310
— Pentosephosphat-Zyklus . . . 396, 397
Xylulowaldenase, Pentosephosphat-Zyklus 397
Xymenic acid 358

Y
Yard (yd) 174, 175
Yard-Pound-Second-Maßsystem . . . 172
Yt^a (Blutgruppenantigen) 563
Ytterbium, Eigenschaften, Isotope usw. 219
Yttrium, Eigenschaften, Isotope usw. . 215

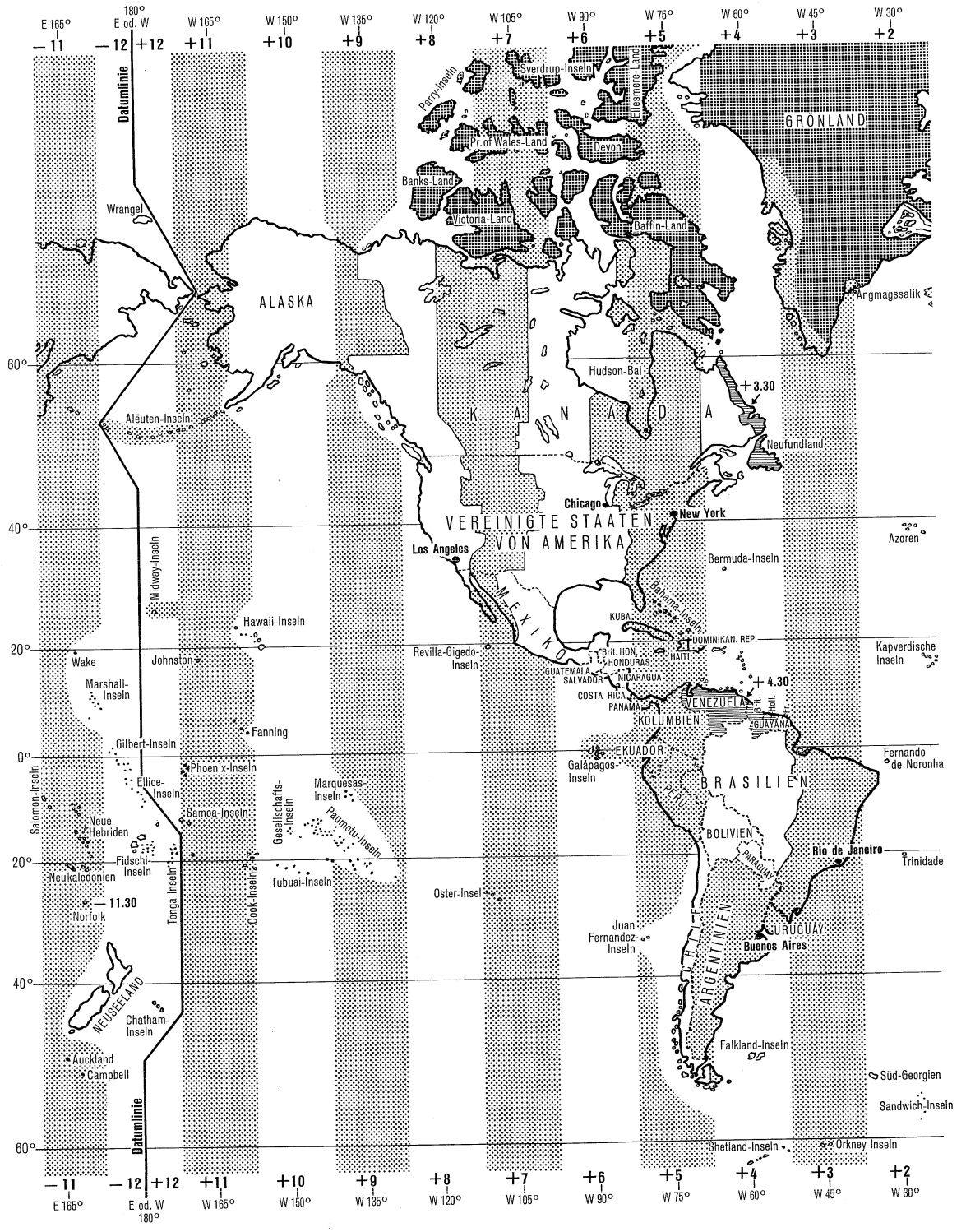
Z
Zähne siehe Gebiß
Zeemansche Verschiebung 208
Zeit (Einheiten) 179, 180, 739
Zeitzonenkarte 732, 733
Zellbestandteile, Biosynthese aus Aminosäuren . . . . . 404ff.
— — aus Glucose . . . . . 395ff.
Zellkern, Nucleinsäuren 326

Seite

Z
Zellstoffwechsel 366
Zellulose 316
Zenti- (Vorsilbe für 10^{-2}) 9
Zentimeter (cm), Definition und Umrechnung 174, 175
— Umrechnung in Inch 734
Zentimeter-Gramm-Sekunde-Maßsystem 172
Zerfall, radioaktiver, siehe radioaktiver Zerfall
Zink, Eigenschaften, Isotope usw. . . 214
Zink 63, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
Zink 65, Anwendung 238
— — Dosiskonstante 198, 236
— — physikalische Eigenschaften 234, 235
— — Zerfallstabelle 247
Zink, Blut 540
— Prostatasekret 570
— Spermatozoen 571
— Tagesbedarf 470
Zinksulfat, Zehntelnormallösung . . . 276
Zinn, Eigenschaften, Isotope usw. . . 217
— Blut 540
— Harn 504
— Körper und Organe 486
Zirkon, Eigenschaften, Isotope usw. . . 215
Zitronensäure siehe Citronensäure
Zisternalliquor 567
Zoll siehe Inch
Zoopherin 432

Seite

Z
Zucker siehe auch Kohlenhydrate, Glucose, Fructose usw. sowie reduzierende Substanzen
— Blut 530
— Galle 495
— Harn 502
— Harn-Routinetests 507
— Pancreassaft 494
— Speichel 487
Zucker und Süßigkeiten, chemische Zusammensetzung 478
— — Magenentleerung und Acidität . 493
Zuckerphosphate . . . . . 305, 309ff.
Zuckersäuren 305
Zufallszahlen, Definition 146
— Anwendung siehe Index 171
— Tafel 131
Zusammensetzung, chemische, siehe chemische Zusammensetzung
Zwergwuchs, hypophysärer, Wachstumshormon-Behandlung 447
Zwitterionen 319
Zyanide siehe Cyanide
Zyklus, weiblicher, siehe Menstruationszyklus
Zylinder, Formeln 143
— Harn 505
Zymohexase siehe Aldolase
Zymoplastin siehe Thromboplastin
Zymosterin, Cholesterin-Biosynthese . 399
Zytozym siehe Thromboplastin



Zeitzonenkarte

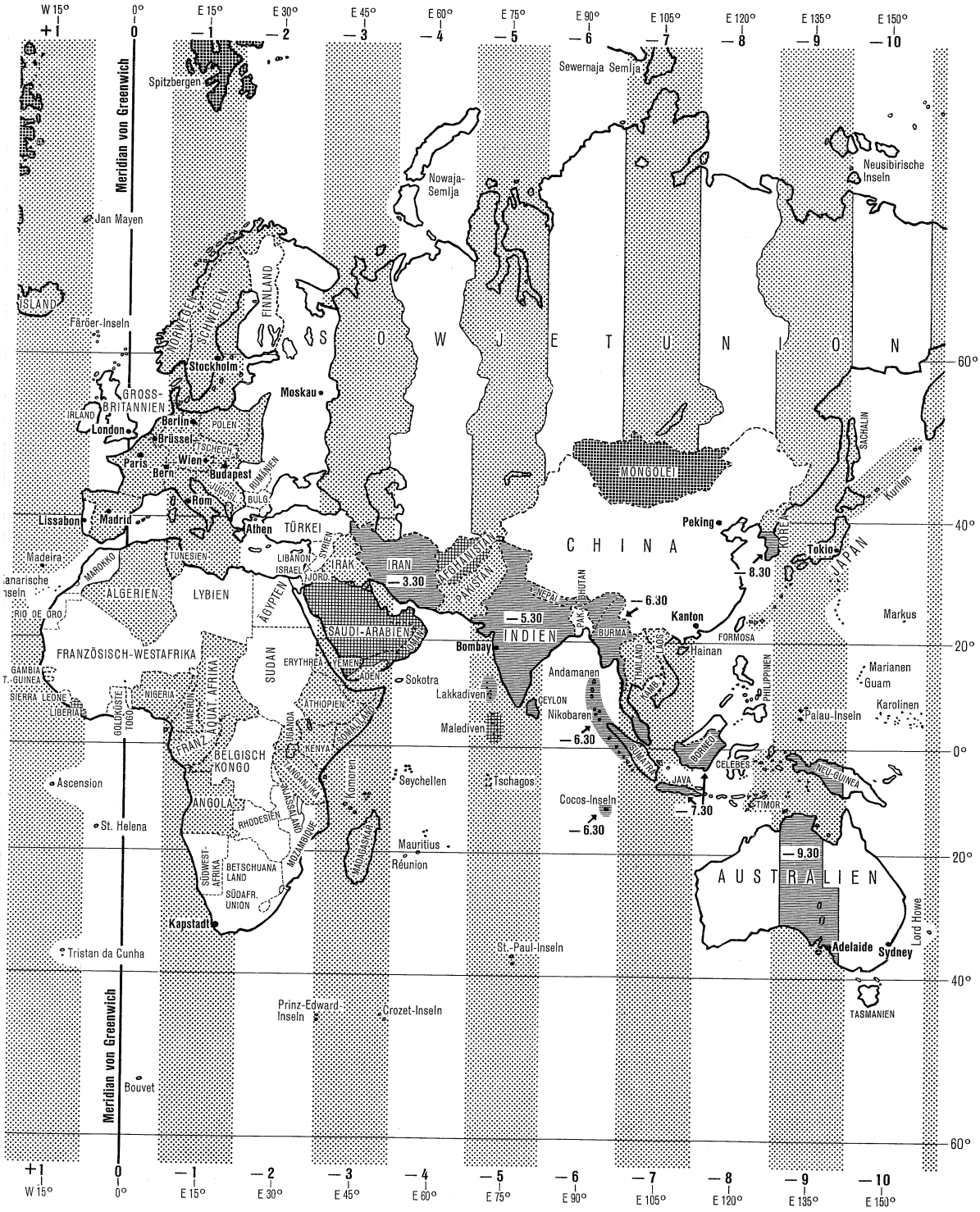
Die Zone der Zeit von Greenwich ist mit Null gekennzeichnet.

= Zonen mit ganzstündigen Differenzen zur Greenwicher Zeit

= Zonen mit halbstündigen Differenzen zur Greenwicher Zeit

= Zonen, in denen offiziell noch keine Zonenzeit angenommen ist

= Zonen ohne gesetzliche Zeit



Zeitumrechnung Gegeben sei die Zeit der Zone *A*, gesucht die Zeit der Zone *B*. Man subtrahiere die Kennzahl der Zone *B* von der Kennzahl der Zone *A* und erhält die Differenz *C*. Dann ist

Zeit der Zone *B* = (Zeit der Zone *A*) + *C*

Beispiele: a) Gegeben: Zeit in Zone + **5**. Gesucht: Zeit in Zone + **6**.
C = **5** — **6** = —1

b) Gegeben: Zeit in Zone —**5**. Gesucht: Zeit in Zone —**6**.
C = —**5** — (—**6**) = +1

c) Gegeben: Zeit in Zone +**5**. Gesucht: Zeit in Zone —**6,30**.
C = +**5** — (—**6,30** = +11,30

d) Gegeben: Zeit in Zone —**12**. Gesucht: Zeit in Zone +**12**.
C = —**12** — **12** = —24

usw.

Beispiele: a) 45 in = 3 ft 9 in
b) 60⅜ in = 153,4 cm; 2,23 in = 2 in + 0,23 in = 5,08 cm + 0,5842 cm = 5,6642 cm; 3 ft 8¾ in = 113,7 cm
c) 101 cm = 39,764 in ≈ 3 ft 3¾ in; 10,1 cm = 3,9764 in

Inches bzw. Feet und Inches in Zentimeter

in	ft + in	0	⅛ (0,125)	¼ (0,25)	⅜ (0,375)	½ (0,5)	⅝ (0,625)	¾ (0,75)	⅞ (0,875)
0	**0 0**	0,000	0,318	0,635	0,953	1,270	1,588	1,905	2,223
1	**0** 1	2,540	2,858	3,175	3,493	3,810	4,128	4,445	4,763
2	**0** 2	5,080	5,398	5,715	6,033	6,350	6,668	6,985	7,303
3	**0** 3	7,620	7,938	8,255	8,573	8,890	9,208	9,525	9,843
4	**0** 4	10,16	10,48	10,80	11,11	11,43	11,75	12,07	12,38
5	**0** 5	12,70	13,02	13,34	13,65	13,97	14,29	14,61	14,92
6	**0** 6	15,24	15,56	15,88	16,19	16,51	16,83	17,15	17,46
7	**0** 7	17,78	18,10	18,42	18,73	19,05	19,37	19,69	20,00
8	**0** 8	20,32	20,64	20,96	21,27	21,59	21,91	22,23	22,54
9	**0** 9	22,86	23,18	23,50	23,81	24,13	24,45	24,77	25,08
10	**0** 10	25,40	25,72	26,04	26,35	26,67	26,99	27,31	27,62
11	**0** 11	27,94	28,26	28,58	28,89	29,21	29,53	29,85	30,16
12	**1** 0	30,48	30,80	31,12	31,43	31,75	32,07	32,39	32,70
13	**1** 1	33,02	33,34	33,66	33,97	34,29	34,61	34,93	35,24
14	**1** 2	35,56	35,88	36,20	36,51	36,83	37,15	37,47	37,78
15	**1** 3	38,10	38,42	38,74	39,05	39,37	39,69	40,01	40,32
16	**1** 4	40,64	40,96	41,28	41,59	41,91	42,23	42,55	42,86
17	**1** 5	43,18	43,50	43,82	44,13	44,45	44,77	45,09	45,40
18	**1** 6	45,72	46,04	46,36	46,67	46,99	47,31	47,63	47,94
19	**1** 7	48,26	48,58	48,90	49,21	49,53	49,85	50,17	50,48
20	**1** 8	50,80	51,12	51,44	51,75	52,07	52,39	52,71	53,02
21	**1** 9	53,34	53,66	53,98	54,29	54,61	54,93	55,25	55,56
22	**1** 10	55,88	56,20	56,52	56,83	57,15	57,47	57,79	58,10
23	**1** 11	58,42	58,74	59,06	59,37	59,69	60,01	60,33	60,64
24	**2** 0	60,96	61,28	61,60	61,91	62,23	62,55	62,87	63,18
25	**2** 1	63,50	63,82	64,14	64,45	64,77	65,09	65,41	65,72
26	**2** 2	66,04	66,36	66,68	66,99	67,31	67,63	67,95	68,26
27	**2** 3	68,58	68,90	69,22	69,53	69,85	70,17	70,49	70,80
28	**2** 4	71,12	71,44	71,76	72,07	72,39	72,71	73,03	73,34
29	**2** 5	73,66	73,98	74,30	74,61	74,93	75,25	75,57	75,88
30	**2** 6	76,20	76,52	76,84	77,15	77,47	77,79	78,11	78,42
31	**2** 7	78,74	79,06	79,38	79,69	80,01	80,33	80,65	80,96
32	**2** 8	81,28	81,60	81,92	82,23	82,55	82,87	83,19	83,50
33	**2** 9	83,82	84,14	84,46	84,77	85,09	85,41	85,73	86,04
34	**2** 10	86,36	86,68	87,00	87,31	87,63	87,95	88,27	88,58
35	**2** 11	88,90	89,22	89,54	89,85	90,17	90,49	90,81	91,12
36	**3** 0	91,44	91,76	92,08	92,39	92,71	93,03	93,35	93,66
37	**3** 1	93,98	94,30	94,62	94,93	95,25	95,57	95,89	96,20
38	**3** 2	96,52	96,84	97,16	97,47	97,79	98,11	98,43	98,74
39	**3** 3	99,06	99,38	99,70	100,0	100,3	100,6	101,0	101,3
40	**3** 4	101,6	101,9	102,2	102,6	102,9	103,2	103,5	103,8
41	**3** 5	104,1	104,5	104,8	105,1	105,4	105,7	106,0	106,4
42	**3** 6	106,7	107,0	107,3	107,6	108,0	108,3	108,6	108,9
43	**3** 7	109,2	109,5	109,9	110,2	110,5	110,8	111,1	111,4
44	**3** 8	111,8	112,1	112,4	112,7	113,0	113,3	113,7	114,0
45	**3** 9	114,3	114,6	114,9	115,3	115,6	115,9	116,2	116,5
46	**3** 10	116,8	117,2	117,5	117,8	118,1	118,4	118,7	119,1
47	**3** 11	119,4	119,7	120,0	120,3	120,7	121,0	121,3	121,6
48	**4** 0	121,9	122,2	122,6	122,9	123,2	123,5	123,8	124,1
49	**4** 1	124,5	124,8	125,1	125,4	125,7	126,0	126,4	126,7
50	**4** 2	127,0	127,3	127,6	128,0	128,3	128,6	128,9	129,2
51	**4** 3	129,5	129,9	130,2	130,5	130,8	131,1	131,4	131,8
52	**4** 4	132,1	132,4	132,7	133,0	133,4	133,7	134,0	134,3
53	**4** 5	134,6	134,9	135,3	135,6	135,9	136,2	136,5	136,8

in	ft + in	0	⅛ (0,125)	¼ (0,25)	⅜ (0,375)	½ (0,5)	⅝ (0,625)	¾ (0,75)	⅞ (0,875)
54	**4** 6	137,2	137,5	137,8	138,1	138,4	138,7	139,1	139,4
55	**4** 7	139,7	140,0	140,3	140,7	141,0	141,3	141,6	141,9
56	**4** 8	142,2	142,6	142,9	143,2	143,5	143,8	144,1	144,5
57	**4** 9	144,8	145,1	145,4	145,7	146,1	146,4	146,7	147,0
58	**4** 10	147,3	147,6	148,0	148,3	148,6	148,9	149,2	149,5
59	**4** 11	149,9	150,2	150,5	150,8	151,1	151,4	151,8	152,1
60	**5** 0	152,4	152,7	153,0	153,4	153,7	154,0	154,3	154,6
61	**5** 1	154,9	155,3	155,6	155,9	156,2	156,5	156,8	157,2
62	**5** 2	157,5	157,8	158,1	158,4	158,8	159,1	159,4	159,7
63	**5** 3	160,0	160,3	160,7	161,0	161,3	161,6	161,9	162,2
64	**5** 4	162,6	162,9	163,2	163,5	163,8	164,1	164,5	164,8
65	**5** 5	165,1	165,4	165,7	166,1	166,4	166,7	167,0	167,3
66	**5** 6	167,6	168,0	168,3	168,6	168,9	169,2	169,5	169,9
67	**5** 7	170,2	170,5	170,8	171,1	171,5	171,8	172,1	172,4
68	**5** 8	172,7	173,0	173,4	173,7	174,0	174,3	174,6	174,9
69	**5** 9	175,3	175,6	175,9	176,2	176,5	176,8	177,2	177,5
70	**5** 10	177,8	178,1	178,4	178,8	179,1	179,4	179,7	180,0
71	**5** 11	180,3	180,7	181,0	181,3	181,6	181,9	182,2	182,6
72	**6** 0	182,9	183,2	183,5	183,8	184,2	184,5	184,8	185,1
73	**6** 1	185,4	185,7	186,1	186,4	186,7	187,0	187,3	187,6
74	**6** 2	188,0	188,3	188,6	188,9	189,2	189,5	189,9	190,2
75	**6** 3	190,5	190,8	191,1	191,5	191,8	192,1	192,4	192,7
76	**6** 4	193,0	193,4	193,7	194,0	194,3	194,6	194,9	195,3
77	**6** 5	195,6	195,9	196,2	196,5	196,9	197,2	197,5	197,8
78	**6** 6	198,1	198,4	198,8	199,1	199,4	199,7	200,0	200,3
79	**6** 7	200,7	201,0	201,3	201,6	201,9	202,2	202,6	202,9
80	**6** 8	203,2	203,5	203,8	204,2	204,5	204,8	205,1	205,4
81	**6** 9	205,7	206,1	206,4	206,7	207,0	207,3	207,6	208,0
82	**6** 10	208,3	208,6	208,9	209,2	209,6	209,9	210,2	210,5
83	**6** 11	210,8	211,1	211,5	211,8	212,1	212,4	212,7	213,0
84	**7** 0	213,4	213,7	214,0	214,3	214,6	214,9	215,3	215,6
85	**7** 1	215,9	216,2	216,5	216,9	217,2	217,5	217,8	218,1
86	**7** 2	218,4	218,8	219,1	219,4	219,7	220,0	220,3	220,7
87	**7** 3	221,0	221,3	221,6	221,9	222,3	222,6	222,9	223,2
88	**7** 4	223,5	223,8	224,2	224,5	224,8	225,1	225,4	225,7
89	**7** 5	226,1	226,4	226,7	227,0	227,3	227,6	228,0	228,3
90	**7** 6	228,6	228,9	229,2	229,6	229,9	230,2	230,5	230,8
91	**7** 7	231,1	231,5	231,8	232,1	232,4	232,7	233,0	233,4
92	**7** 8	233,7	234,0	234,3	234,6	235,0	235,3	235,6	235,9
93	**7** 9	236,2	236,5	236,9	237,2	237,5	237,8	238,1	238,4
94	**7** 10	238,8	239,1	239,4	239,7	240,0	240,3	240,7	241,0
95	**7** 11	241,3	241,6	241,9	242,3	242,6	242,9	243,2	243,5
96	**8** 0	243,8	244,2	244,5	244,8	245,1	245,4	245,7	246,1
97	**8** 1	246,4	246,7	247,0	247,3	247,7	248,0	248,3	248,6
98	**8** 2	248,9	249,2	249,6	249,9	250,2	250,5	250,8	251,1
99	**8** 3	251,5	251,8	252,1	252,4	252,7	253,0	253,4	253,7
100	**8** 4	254,0	254,3	254,6	255,0	255,3	255,6	255,9	256,2
101	**8** 5	256,5	256,9	257,2	257,5	257,8	258,1	258,4	258,8
102	**8** 6	259,1	259,4	259,7	260,0	260,4	260,7	261,0	261,3
103	**8** 7	261,6	261,9	262,3	262,6	262,9	263,2	263,5	263,8
104	**8** 8	264,2	264,5	264,8	265,1	265,4	265,7	266,1	266,4
105	**8** 9	266,7	267,0	267,3	267,7	268,0	268,3	268,6	268,9
106	**8** 10	269,2	269,6	269,9	270,2	270,5	270,8	271,1	271,5
107	**8** 11	271,8	272,1	272,4	272,7	273,1	273,4	273,7	274,0

Zentimeter in Inches bzw. Feet und Inches

cm	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†	in	ft+in†
0	0,0000	**0 0**	0,3937	**0** 0⅜	0,7874	**0** 0¾	1,1811	**0** 1⅛	1,5748	**0** 1⅝	1,9685	**0** 2	2,3622	**0** 2⅜	2,7559	**0** 2¾	3,1496	**0** 3⅛	3,5433	**0** 3½
10	3,9370	**0** 3⅞	4,3307	**0** 4⅜	4,7244	**0** 4¾	5,1181	**0** 5⅛	5,5118	**0** 5½	5,9055	**0** 5⅞	6,2992	**0** 6¼	6,6929	**0** 6¾	7,0866	**0** 7⅛	7,4803	**0** 7½
20	7,8740	**0** 7⅞	8,2677	**0** 8¼	8,6614	**0** 8⅝	9,0551	**0** 9	9,4488	**0** 9½	9,8425	**0** 9⅞	10,236	**0** 10¼	10,630	**0** 10⅝	11,024	**0** 11	11,417	**0** 11⅜
30	11,811	**0** 11¾	12,205	**1** 0¼	12,598	**1** 0⅝	12,992	**1** 1	13,386	**1** 1⅜	13,780	**1** 1¾	14,173	**1** 2⅛	14,567	**1** 2⅝	14,961	**1** 3	15,354	**1** 3⅜
40	15,748	**1** 3¾	16,142	**1** 4⅛	16,535	**1** 4½	16,929	**1** 4⅞	17,323	**1** 5⅜	17,717	**1** 5¾	18,110	**1** 6⅛	18,504	**1** 6½	18,898	**1** 6⅞	19,291	**1** 7¼
50	19,685	**1** 7⅝	20,079	**1** 8⅛	20,472	**1** 8½	20,866	**1** 8⅞	21,260	**1** 9¼	21,654	**1** 9⅝	22,047	**1** 10	22,441	**1** 10½	22,835	**1** 10⅞	23,228	**1** 11¼
60	23,622	**1** 11⅝	24,016	**2** 0	24,409	**2** 0⅜	24,803	**2** 0¾	25,197	**2** 1¼	25,591	**2** 1⅝	25,984	**2** 2	26,378	**2** 2⅜	26,772	**2** 2¾	27,165	**2** 3⅛
70	27,559	**2** 3½	27,953	**2** 4	28,346	**2** 4⅜	28,740	**2** 4¾	29,134	**2** 5⅛	29,528	**2** 5½	29,921	**2** 5⅞	30,315	**2** 6⅜	30,709	**2** 6¾	31,102	**2** 7⅛
80	31,496	**2** 7½	31,890	**2** 7⅞	32,283	**2** 8¼	32,677	**2** 8⅝	33,071	**2** 9⅛	33,465	**2** 9½	33,858	**2** 9⅞	34,252	**2** 10¼	34,646	**2** 10⅝	35,039	**2** 11
90	35,433	**2** 11⅜	35,827	**2** 11⅞	36,220	**3** 0¼	36,614	**3** 0⅝	37,008	**3** 1	37,402	**3** 1⅜	37,795	**3** 1¾	38,189	**3** 2¼	38,583	**3** 2⅝	38,976	**3** 3
100	39,370	**3** 3⅜	39,764	**3** 3¾	40,157	**3** 4⅛	40,551	**3** 4½	40,945	**3** 5	41,339	**3** 5⅜	41,732	**3** 5¾	42,126	**3** 6⅛	42,520	**3** 6½	42,913	**3** 6⅞
110	43,307	**3** 7⅛	43,701	**3** 7¾	44,094	**3** 8⅛	44,488	**3** 8½	44,882	**3** 8⅞	45,276	**3** 9¼	45,669	**3** 9⅝	46,063	**3** 10⅛	46,457	**3** 10½	46,850	**3** 10⅝
120	47,244	**3** 11¼	47,638	**3** 11⅝	48,031	**4** 0	48,425	**4** 0⅜	48,819	**4** 0⅞	49,213	**4** 1¼	49,606	**4** 1⅝	50,000	**4** 2	50,394	**4** 2⅜	50,787	**4** 2¾
130	51,181	**4** 3⅛	51,575	**4** 3⅝	51,968	**4** 4	52,362	**4** 4⅜	52,756	**4** 4¾	53,150	**4** 5⅛	53,543	**4** 5½	53,937	**4** 5⅞	54,331	**4** 6¼	54,724	**4** 6¾
140	55,118	**4** 7⅛	55,512	**4** 7½	55,905	**4** 7⅞	56,299	**4** 8¼	56,693	**4** 8¾	57,087	**4** 9⅛	57,480	**4** 9½	57,874	**4** 9⅞	58,268	**4** 10¼	58,661	**4** 10⅝
150	59,055	**4** 11	59,449	**4** 11½	59,842	**4** 11⅞	60,236	**5** 0¼	60,630	**5** 0⅝	61,024	**5** 1	61,417	**5** 1⅜	61,811	**5** 1¾	62,205	**5** 2¼	62,598	**5** 2⅝
160	62,992	**5** 3	63,386	**5** 3⅜	63,779	**5** 3¾	64,173	**5** 4⅛	64,567	**5** 4⅝	64,961	**5** 5	65,354	**5** 5⅜	65,748	**5** 5¾	66,142	**5** 6⅛	66,535	**5** 6½
170	66,929	**5** 6⅞	67,323	**5** 7⅜	67,716	**5** 7¾	68,110	**5** 8⅛	68,504	**5** 8½	68,898	**5** 8⅞	69,291	**5** 9¼	69,685	**5** 9⅝	70,079	**5** 10⅛	70,472	**5** 10½
180	70,866	**5** 10⅝	71,260	**5** 11¼	71,653	**5** 11⅝	72,047	**6** 0	72,441	**6** 0½	72,835	**6** 0⅞	73,228	**6** 1¼	73,622	**6** 1⅝	74,016	**6** 2	74,409	**6** 2⅜
190	74,803	**6** 2¾	75,197	**6** 3¼	75,590	**6** 3⅝	75,984	**6** 4	76,378	**6** 4⅜	76,772	**6** 4¾	77,165	**6** 5⅛	77,559	**6** 5½	77,953	**6** 6	78,346	**6** 6⅜
200	78,740	**6** 6¾	79,134	**6** 7⅛	79,527	**6** 7½	79,921	**6** 7⅞	80,315	**6** 8⅜	80,709	**6** 8¾	81,102	**6** 9⅛	81,496	**6** 9½	81,890	**6** 9⅞	82,283	**6** 10¼
210	82,677	**6** 10⅝	83,071	**6** 11⅜	83,464	**6** 11½	83,858	**6** 11⅞	84,252	**7** 0¼	84,646	**7** 0⅝	85,039	**7** 1	85,433	**7** 1⅜	85,827	**7** 1⅞	86,220	**7** 2¼
220	86,614	**7** 2⅝	87,008	**7** 3	87,401	**7** 3⅜	87,795	**7** 3¾	88,189	**7** 4¼	88,583	**7** 4⅝	88,976	**7** 5	89,370	**7** 5⅜	89,764	**7** 5¾	90,157	**7** 6⅛
230	90,551	**7** 6½	90,945	**7** 7	91,338	**7** 7⅜	91,732	**7** 7¾	92,126	**7** 8⅛	92,520	**7** 8½	92,913	**7** 8⅞	93,307	**7** 9¼	93,701	**7** 9¾	94,094	**7** 10⅜
240	94,488	**7** 10⅛	94,882	**7** 10⅝	95,275	**7** 11¼	95,669	**7** 11⅝	96,063	**8** 0	96,457	**8** 0½	96,850	**8** 0⅞	97,244	**8** 1¼	97,638	**8** 1⅝	98,031	**8** 2
250	98,425	**8** 2⅝	98,819	**8** 2⅞	99,212	**8** 3¼	99,606	**8** 3⅝	100,00	**8** 4	100,39	**8** 4⅜	100,79	**8** 4¾	101,18	**8** 5⅛	101,57	**8** 5⅝	101,97	**8** 6
260	102,36	**8** 6⅜	102,76	**8** 6¾	103,15	**8** 7⅛	103,54	**8** 7½	103,94	**8** 8	104,33	**8** 8⅜	104,72	**8** 8¾	105,12	**8** 9⅛	105,51	**8** 9½	105,91	**8** 9⅝
270	106,30	**8** 10¼	106,69	**8** 10¾	107,09	**8** 11⅛	107,48	**8** 11½	107,87	**8** 11⅞	108,27	**9** 0¼	108,66	**9** 0⅝	109,05	**9** 1	109,45	**9** 1½	109,84	**9** 1⅞
280	110,24	**9** 2¼	110,63	**9** 2⅝	111,02	**9** 3	111,42	**9** 3⅜	111,81	**9** 3¾	112,20	**9** 4¼	112,60	**9** 4⅝	112,99	**9** 5	113,39	**9** 5⅜	113,78	**9** 5¾
290	114,17	**9** 6¼	114,57	**9** 6⅝	114,96	**9** 7	115,35	**9** 7⅜	115,75	**9** 7¾	116,14	**9** 8⅛	116,54	**9** 8½	116,93	**9** 8⅞	117,32	**9** 9⅜	117,72	**9** 9¾

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers. † Auf den nächstliegenden Achtel-Inch auf- oder abgerundet.

Umrechnung von diversen angelsächsischen Volumen- und Masseneinheiten in metrische und umgekehrt*

Ounce (avoirdupois) – Gramm

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	28,350	56,699	85,049	113,40	141,75	170,10	198,45	226,80	255,15
10	283,50	311,84	340,19	368,54	396,89	425,24	453,59	481,94	510,29	538,64
20	566,99	595,34	623,69	652,04	680,39	708,74	737,09	765,44	793,79	822,14
30	850,49	878,84	907,18	935,53	963,88	992,23	1020,6	1048,9	1077,3	1105,6
40	1134,0	1162,3	1190,7	1219,0	1247,4	1275,7	1304,1	1332,4	1360,8	1389,1
50	1417,5	1445,8	1474,2	1502,5	1530,9	1559,2	1587,6	1615,9	1644,3	1672,6
60	1701,0	1729,3	1757,7	1786,0	1814,4	1842,7	1871,1	1899,4	1927,8	1956,1
70	1984,5	2012,8	2041,2	2069,5	2097,9	2126,2	2154,6	2182,9	2211,3	2239,6
80	2268,0	2296,3	2324,7	2353,0	2381,4	2409,7	2438,1	2466,4	2494,8	2523,1
90	2551,5	2579,8	2608,2	2636,5	2664,9	2693,2	2721,6	2749,9	2778,3	2806,6

Gramm – Ounce (avoirdupois)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,0353	0,0705	0,1058	0,1411	0,1764	0,2116	0,2469	0,2822	0,3175
10	0,3527	0,3880	0,4233	0,4586	0,4938	0,5291	0,5644	0,5997	0,6349	0,6702
20	0,7055	0,7408	0,7760	0,8113	0,8466	0,8818	0,9171	0,9524	0,9877	1,0229
30	1,0582	1,0935	1,1288	1,1640	1,1993	1,2346	1,2699	1,3051	1,3404	1,3757
40	1,4110	1,4462	1,4815	1,5168	1,5521	1,5873	1,6226	1,6579	1,6932	1,7284
50	1,7637	1,7990	1,8342	1,8695	1,9048	1,9401	1,9753	2,0106	2,0459	2,0812
60	2,1164	2,1517	2,1870	2,2223	2,2575	2,2928	2,3281	2,3634	2,3986	2,4339
70	2,4692	2,5045	2,5397	2,5750	2,6103	2,6455	2,6808	2,7161	2,7514	2,7866
80	2,8219	2,8572	2,8925	2,9277	2,9630	2,9983	3,0336	3,0688	3,1041	3,1394
90	3,1747	3,2099	3,2452	3,2805	3,3158	3,3510	3,3863	3,4216	3,4568	3,4921

Ounce (apothecary) – Gramm

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	31,103	62,207	93,310	124,41	155,52	186,62	217,72	248,83	279,93
10	311,03	342,14	373,24	404,35	435,45	466,55	497,66	528,76	559,86	590,97
20	622,07	653,17	684,28	715,38	746,48	777,59	808,69	839,79	870,90	902,00
30	933,10	964,21	995,31	1026,4	1057,5	1088,6	1119,7	1150,8	1181,9	1213,0
40	1244,1	1275,2	1306,3	1337,4	1368,6	1399,7	1430,8	1461,9	1493,0	1524,1
50	1555,2	1586,3	1617,4	1648,5	1679,6	1710,7	1741,8	1772,9	1804,0	1835,1
60	1866,2	1897,3	1928,4	1959,5	1990,6	2021,7	2052,8	2083,9	2115,0	2146,1
70	2177,2	2208,3	2239,5	2270,6	2301,7	2332,8	2363,9	2395,0	2426,1	2457,2
80	2488,3	2519,4	2550,5	2581,6	2612,7	2643,8	2674,9	2706,0	2737,1	2768,2
90	2799,3	2830,4	2861,5	2892,6	2923,7	2954,8	2985,9	3017,0	3048,1	3079,2

Gramm – Ounce (apothecary)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,0322	0,0643	0,0965	0,1286	0,1608	0,1929	0,2251	0,2572	0,2894
10	0,3215	0,3537	0,3858	0,4180	0,4501	0,4823	0,5144	0,5466	0,5787	0,6109
20	0,6430	0,6752	0,7073	0,7395	0,7716	0,8038	0,8359	0,8681	0,9002	0,9324
30	0,9645	0,9967	1,0288	1,0610	1,0931	1,1253	1,1574	1,1896	1,2217	1,2539
40	1,2860	1,3182	1,3503	1,3825	1,4146	1,4468	1,4789	1,5111	1,5432	1,5754
50	1,6075	1,6397	1,6718	1,7040	1,7361	1,7683	1,8004	1,8326	1,8647	1,8969
60	1,9290	1,9612	1,9933	2,0255	2,0576	2,0898	2,1219	2,1541	2,1863	2,2184
70	2,2506	2,2827	2,3149	2,3470	2,3792	2,4113	2,4435	2,4756	2,5078	2,5399
80	2,5721	2,6042	2,6364	2,6685	2,7007	2,7328	2,7650	2,7971	2,8293	2,8614
90	2,8936	2,9257	2,9579	2,9900	3,0222	3,0543	3,0865	3,1186	3,1508	3,1829

Fluid ounce (Brit.) – Milliliter

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	28,412	56,825	85,237	113,65	142,06	170,47	198,89	227,30	255,71
10	284,12	312,53	340,95	369,36	397,77	426,18	454,60	483,01	511,42	539,83
20	568,25	596,66	625,07	653,48	681,89	710,31	738,72	767,13	795,54	823,96
30	852,37	880,78	909,19	937,60	966,02	994,43	1022,8	1051,3	1079,7	1108,1
40	1136,5	1164,9	1193,3	1221,7	1250,1	1278,6	1307,0	1335,4	1363,8	1392,2
50	1420,6	1449,0	1477,4	1505,9	1534,3	1562,7	1591,1	1619,5	1647,9	1676,3
60	1704,7	1733,1	1761,6	1790,0	1818,4	1846,8	1875,2	1903,6	1932,0	1960,4
70	1988,9	2017,3	2045,7	2074,1	2102,5	2130,9	2159,3	2187,7	2216,2	2244,6
80	2273,0	2301,4	2329,8	2358,2	2386,6	2415,0	2443,5	2471,9	2500,3	2528,7
90	2557,1	2585,5	2613,9	2642,3	2670,8	2699,2	2727,6	2756,0	2784,4	2812,8

Milliliter – Fluid ounce (Brit.)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,0352	0,0704	0,1056	0,1408	0,1760	0,2112	0,2464	0,2816	0,3168
10	0,3520	0,3872	0,4224	0,4575	0,4927	0,5279	0,5631	0,5983	0,6335	0,6687
20	0,7039	0,7391	0,7743	0,8095	0,8447	0,8799	0,9151	0,9503	0,9855	1,0207
30	1,0559	1,0911	1,1263	1,1615	1,1967	1,2319	1,2671	1,3023	1,3375	1,3726
40	1,4078	1,4430	1,4782	1,5134	1,5486	1,5838	1,6190	1,6542	1,6894	1,7246
50	1,7598	1,7950	1,8302	1,8654	1,9006	1,9358	1,9710	2,0062	2,0414	2,0766
60	2,1118	2,1470	2,1822	2,2174	2,2525	2,2877	2,3229	2,3581	2,3933	2,4285
70	2,4637	2,4989	2,5341	2,5693	2,6045	2,6397	2,6749	2,7101	2,7453	2,7805
80	2,8157	2,8509	2,8861	2,9213	2,9565	2,9917	3,0269	3,0621	3,0973	3,1324
90	3,1676	3,2028	3,2380	3,2732	3,3084	3,3436	3,3788	3,4140	3,4492	3,4844

Fluid ounce (US) – Milliliter

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	29,573	59,146	88,719	118,29	147,86	177,44	207,01	236,58	266,16
10	295,73	325,30	354,87	384,45	414,02	443,59	473,17	502,74	532,31	561,88
20	591,46	621,03	650,60	680,18	709,75	739,32	768,89	798,47	828,04	857,61
30	887,19	916,76	946,33	975,91	1005,5	1035,1	1064,6	1094,2	1123,8	1153,3
40	1182,9	1212,5	1242,1	1271,6	1301,2	1330,8	1360,4	1389,9	1419,5	1449,1
50	1478,6	1508,2	1537,8	1567,4	1596,9	1626,5	1656,1	1685,7	1715,2	1744,8
60	1774,4	1803,9	1833,5	1863,1	1892,7	1922,2	1951,8	1981,4	2011,0	2040,5
70	2070,1	2099,7	2129,2	2158,8	2188,4	2218,0	2247,5	2277,1	2306,7	2336,3
80	2365,8	2395,4	2425,0	2454,5	2484,1	2513,7	2543,3	2572,8	2602,4	2632,0
90	2661,6	2691,1	2720,7	2750,3	2779,9	2809,4	2839,0	2868,6	2898,1	2927,7

Milliliter – Fluid ounce (US)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,0338	0,0676	0,1014	0,1353	0,1691	0,2029	0,2367	0,2705	0,3043
10	0,3381	0,3720	0,4058	0,4396	0,4734	0,5072	0,5410	0,5749	0,6087	0,6425
20	0,6763	0,7101	0,7439	0,7777	0,8116	0,8454	0,8792	0,9130	0,9468	0,9806
30	1,0144	1,0483	1,0821	1,1159	1,1497	1,1835	1,2173	1,2511	1,2850	1,3188
40	1,3526	1,3864	1,4202	1,4540	1,4878	1,5217	1,5555	1,5893	1,6231	1,6569
50	1,6907	1,7246	1,7584	1,7922	1,8260	1,8598	1,8936	1,9274	1,9613	1,9951
60	2,0289	2,0627	2,0965	2,1303	2,1641	2,1980	2,2318	2,2656	2,2994	2,3332
70	2,3670	2,4008	2,4347	2,4685	2,5023	2,5361	2,5699	2,6037	2,6376	2,6714
80	2,7052	2,7390	2,7728	2,8066	2,8404	2,8743	2,9081	2,9419	2,9757	3,0095
90	3,0433	3,0771	3,1110	3,1448	3,1786	3,2124	3,2462	3,2800	3,3138	3,3477

Pint (Brit.) – Liter

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,5682	1,1365	1,7047	2,2730	2,8412	3,4095	3,9777	4,5460	5,1142
10	5,6825	6,2507	6,8189	7,3872	7,9554	8,5237	9,0919	9,6602	10,228	10,797
20	11,365	11,933	12,501	13,070	13,638	14,206	14,774	15,343	15,911	16,479
30	17,047	17,616	18,184	18,752	19,320	19,889	20,457	21,025	21,593	22,162
40	22,730	23,298	23,866	24,435	25,003	25,571	26,139	26,708	27,276	27,844
50	28,412	28,981	29,549	30,117	30,685	31,253	31,822	32,390	32,958	33,526
60	34,095	34,663	35,231	35,799	36,368	36,936	37,504	38,072	38,641	39,209
70	39,777	40,345	40,914	41,482	42,050	42,618	43,187	43,755	44,323	44,891
80	45,460	46,028	46,596	47,164	47,733	48,301	48,869	49,437	50,006	50,574
90	51,142	51,710	52,279	52,847	53,415	53,983	54,552	55,120	55,688	56,256

Liter – Pint (Brit.)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	1,7598	3,5196	5,2794	7,0392	8,7990	10,559	12,319	14,078	15,838
10	17,598	19,358	21,118	22,877	24,637	26,397	28,157	29,917	31,676	33,436
20	35,196	36,956	38,716	40,475	42,235	43,995	45,755	47,515	49,274	51,034
30	52,794	54,554	56,314	58,073	59,833	61,593	63,353	65,113	66,873	68,632
40	70,392	72,152	73,912	75,672	77,431	79,191	80,951	82,711	84,471	86,230
50	87,990	89,750	91,510	93,270	95,029	96,789	98,549	100,31	102,07	103,83
60	105,59	107,35	109,11	110,87	112,63	114,39	116,15	117,91	119,67	121,43
70	123,19	124,95	126,71	128,47	130,23	131,99	133,75	135,50	137,26	139,02
80	140,78	142,54	144,30	146,06	147,82	149,58	151,34	153,10	154,86	156,62
90	158,38	160,14	161,90	163,66	165,42	167,18	168,94	170,70	172,46	174,22

Pint (US) – Liter

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,4732	0,9463	1,4195	1,8927	2,3658	2,8390	3,3122	3,7853	4,2585
10	4,7317	5,2048	5,6780	6,1512	6,6243	7,0975	7,5707	8,0438	8,5170	8,9902
20	9,4633	9,9365	10,410	10,883	11,356	11,829	12,302	12,775	13,249	13,722
30	14,195	14,668	15,141	15,614	16,088	16,561	17,034	17,507	17,980	18,453
40	18,927	19,400	19,873	20,346	20,819	21,292	21,766	22,239	22,712	23,185
50	23,658	24,131	24,605	25,078	25,551	26,024	26,497	26,970	27,444	27,917
60	28,390	28,863	29,336	29,809	30,283	30,756	31,229	31,702	32,175	32,648
70	33,122	33,595	34,068	34,541	35,014	35,487	35,961	36,434	36,907	37,380
80	37,853	38,326	38,800	39,273	39,746	40,219	40,692	41,165	41,639	42,112
90	42,585	43,058	43,531	44,004	44,478	44,951	45,424	45,897	46,370	46,843

Liter – Pint (US)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	2,1134	4,2268	6,3403	8,4537	10,567	12,681	14,794	16,907	19,021
10	21,134	23,248	25,361	27,474	29,588	31,701	33,815	35,928	38,042	40,155
20	42,268	44,382	46,495	48,609	50,722	52,836	54,949	57,062	59,176	61,289
30	63,403	65,516	67,630	69,743	71,856	73,970	76,083	78,197	80,310	82,423
40	84,537	86,650	88,764	90,877	92,991	95,104	97,217	99,331	101,44	103,56
50	105,67	107,78	109,90	112,01	114,12	116,24	118,35	120,47	122,58	124,69
60	126,81	128,92	131,03	133,15	135,26	137,37	139,49	141,60	143,71	145,83
70	147,94	150,05	152,17	154,28	156,39	158,51	160,62	162,73	164,85	166,96
80	169,07	171,19	173,30	175,41	177,53	179,64	181,75	183,87	185,98	188,09
90	190,21	192,32	194,43	196,55	198,66	200,78	202,89	205,00	207,12	209,23

Gallon (Brit.) – Liter

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	4,5460	9,0919	13,638	18,184	22,730	27,276	31,822	36,368	40,914
10	45,460	50,006	54,552	59,098	63,643	68,189	72,735	77,281	81,827	86,373
20	90,919	95,465	100,01	104,56	109,10	113,65	118,20	122,74	127,29	131,83
30	136,38	140,92	145,47	150,02	154,56	159,11	163,65	168,20	172,75	177,29
40	181,84	186,38	190,93	195,48	200,02	204,57	209,11	213,66	218,21	222,75
50	227,30	231,84	236,39	240,94	245,48	250,03	254,57	259,12	263,67	268,21
60	272,76	277,30	281,85	286,40	290,94	295,49	300,03	304,58	309,13	313,67
70	318,22	322,76	327,31	331,86	336,40	340,95	345,49	350,04	354,59	359,13
80	363,68	368,22	372,77	377,31	381,86	386,41	390,95	395,50	400,04	404,59
90	409,14	413,68	418,23	422,77	427,32	431,87	436,41	440,96	445,50	450,05

Liter – Gallon (Brit.)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,2200	0,4400	0,6599	0,8799	1,0999	1,3199	1,5398	1,7598	1,9798
10	2,1998	2,4197	2,6397	2,8597	3,0797	3,2996	3,5196	3,7396	3,9596	4,1795
20	4,3995	4,6195	4,8395	5,0594	5,2794	5,4994	5,7194	5,9393	6,1593	6,3793
30	6,5993	6,8192	7,0392	7,2592	7,4792	7,6991	7,9191	8,1391	8,3591	8,5790
40	8,7990	9,0190	9,2390	9,4589	9,6789	9,8989	10,119	10,339	10,559	10,779
50	10,999	11,219	11,439	11,659	11,879	12,099	12,319	12,539	12,759	12,979
60	13,199	13,418	13,638	13,858	14,078	14,298	14,518	14,738	14,958	15,178
70	15,398	15,618	15,838	16,058	16,278	16,498	16,718	16,938	17,158	17,378
80	17,598	17,818	18,038	18,258	18,478	18,698	18,918	19,138	19,358	19,578
90	19,798	20,018	20,238	20,458	20,678	20,898	21,118	21,338	21,558	21,778

Gallon (US) – Liter

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	3,7853	7,5707	11,356	15,141	18,927	22,712	26,497	30,283	34,068
10	37,853	41,639	45,424	49,209	52,995	56,780	60,565	64,351	68,136	71,921
20	75,707	79,492	83,277	87,063	90,848	94,633	98,419	102,20	105,99	109,77
30	113,56	117,35	121,13	124,92	128,70	132,49	136,27	140,06	143,84	147,63
40	151,41	155,20	158,98	162,77	166,55	170,34	174,13	177,91	181,70	185,48
50	189,27	193,05	196,84	200,62	204,41	208,19	211,98	215,76	219,55	223,33
60	227,12	230,91	234,69	238,48	242,26	246,05	249,83	253,62	257,40	261,19
70	264,97	268,76	272,54	276,33	280,11	283,90	287,69	291,47	295,26	299,04
80	302,83	306,61	310,40	314,18	317,97	321,75	325,54	329,32	333,11	336,89
90	340,68	344,46	348,25	352,04	355,82	359,61	363,39	367,18	370,96	374,75

Liter – Gallon (US)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,2642	0,5284	0,7925	1,0567	1,3209	1,5851	1,8492	2,1134	2,3776
10	2,6418	2,9060	3,1701	3,4343	3,6985	3,9627	4,2268	4,4910	4,7552	5,0194
20	5,2836	5,5477	5,8119	6,0761	6,3403	6,6044	6,8686	7,1328	7,3970	7,6612
30	7,9253	8,1895	8,4537	8,7179	8,9820	9,2462	9,5104	9,7746	10,039	10,303
40	10,567	10,831	11,095	11,360	11,624	11,888	12,152	12,416	12,681	12,945
50	13,209	13,473	13,737	14,001	14,266	14,530	14,794	15,058	15,322	15,586
60	15,851	16,115	16,379	16,643	16,907	17,172	17,436	17,700	17,964	18,228
70	18,492	18,757	19,021	19,285	19,549	19,813	20,078	20,342	20,606	20,870
80	21,134	21,398	21,663	21,927	22,191	22,455	22,719	22,983	23,248	23,512
90	23,776	24,040	24,304	24,569	24,833	25,097	25,361	25,625	25,889	26,154

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Beispiele: 445 gr = 28 836 mg; 44,5 gr = 2883,6 mg; 4,45 gr = 288,36 mg; 0,445 gr = 28,84 mg usw.

Grain in Milligramm

gr	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	647,99	654,47	660,95	667,43	673,91	680,39	686,87	693,35	699,83	706,31
11	712,79	719,27	725,75	732,23	738,71	745,19	751,67	758,15	764,63	771,11
12	777,59	784,07	790,55	797,03	803,51	809,99	816,47	822,95	829,43	835,91
13	842,39	848,87	855,35	861,83	868,31	874,79	881,27	887,75	894,23	900,70
14	907,18	913,66	920,14	926,62	933,10	939,58	946,06	952,54	959,02	965,50
15	971,98	978,46	984,94	991,42	997,90	1004,4	1010,9	1017,3	1023,8	1030,3
16	1036,8	1043,3	1049,7	1056,2	1062,7	1069,2	1075,7	1082,1	1088,6	1095,1
17	1101,6	1108,1	1114,5	1121,0	1127,5	1134,0	1140,5	1146,9	1153,4	1159,9
18	1166,4	1172,9	1179,3	1185,8	1192,3	1198,8	1205,3	1211,7	1218,2	1224,7
19	1231,2	1237,7	1244,1	1250,6	1257,1	1263,6	1270,1	1276,5	1283,0	1289,5
20	1296,0	1302,5	1308,9	1315,4	1321,9	1328,4	1334,9	1341,3	1347,8	1354,3
21	1360,8	1367,3	1373,7	1380,2	1386,7	1393,2	1399,7	1406,1	1412,6	1419,1
22	1425,6	1432,1	1438,5	1445,0	1451,5	1458,0	1464,5	1470,9	1477,4	1483,9
23	1490,4	1496,9	1503,3	1509,8	1516,3	1522,8	1529,3	1535,7	1542,2	1548,7
24	1555,2	1561,7	1568,1	1574,6	1581,1	1587,6	1594,1	1600,5	1607,0	1613,5
25	1620,0	1626,5	1632,9	1639,4	1645,9	1652,4	1658,9	1665,3	1671,8	1678,3
26	1684,8	1691,3	1697,7	1704,2	1710,7	1717,2	1723,7	1730,1	1736,6	1743,1
27	1749,6	1756,1	1762,5	1769,0	1775,5	1782,0	1788,5	1794,9	1801,4	1807,9
28	1814,4	1820,8	1827,3	1833,8	1840,3	1846,8	1853,2	1859,7	1866,2	1872,7
29	1879,2	1885,6	1892,1	1898,6	1905,1	1911,6	1918,0	1924,5	1931,0	1937,5
30	1944,0	1950,4	1956,9	1963,4	1969,9	1976,4	1982,8	1989,3	1995,8	2002,3
31	2008,8	2015,2	2021,7	2028,2	2034,7	2041,2	2047,6	2054,1	2060,6	2067,1
32	2073,6	2080,0	2086,5	2093,0	2099,5	2106,0	2112,4	2118,9	2125,4	2131,9
33	2138,4	2144,8	2151,3	2157,8	2164,3	2170,8	2177,2	2183,7	2190,2	2196,7
34	2203,2	2209,6	2216,1	2222,6	2229,1	2235,6	2242,0	2248,5	2255,0	2261,5
35	2268,0	2274,4	2280,9	2287,4	2293,9	2300,4	2306,8	2313,3	2319,8	2326,3
36	2332,8	2339,2	2345,7	2352,2	2358,7	2365,2	2371,6	2378,1	2384,6	2391,1
37	2397,6	2404,0	2410,5	2417,0	2423,5	2430,0	2436,4	2442,9	2449,4	2455,9
38	2462,4	2468,8	2475,3	2481,8	2488,3	2494,8	2501,2	2507,7	2514,2	2520,7
39	2527,2	2533,6	2540,1	2546,6	2553,1	2559,6	2566,0	2572,5	2579,0	2585,5
40	2592,0	2598,4	2604,9	2611,4	2617,9	2624,4	2630,8	2637,3	2643,8	2650,3
41	2656,8	2663,2	2669,7	2676,2	2682,7	2689,2	2695,6	2702,1	2708,6	2715,1
42	2721,6	2728,0	2734,5	2741,0	2747,5	2754,0	2760,4	2766,9	2773,4	2779,9
43	2786,4	2792,8	2799,3	2805,8	2812,3	2818,8	2825,2	2831,7	2838,2	2844,7
44	2851,2	2857,6	2864,1	2870,6	2877,1	2883,6	2890,0	2896,5	2903,0	2909,5
45	2916,0	2922,4	2928,9	2935,4	2941,9	2948,4	2954,8	2961,3	2967,8	2974,3
46	2980,8	2987,2	2993,7	3000,2	3006,7	3013,1	3019,6	3026,1	3032,6	3039,1
47	3045,5	3052,0	3058,5	3065,0	3071,5	3077,9	3084,4	3090,9	3097,4	3103,9
48	3110,3	3116,8	3123,3	3129,8	3136,3	3142,7	3149,2	3155,7	3162,2	3168,7
49	3175,1	3181,6	3188,1	3194,6	3201,1	3207,5	3214,0	3220,5	3227,0	3233,5
50	3239,9	3246,4	3252,9	3259,4	3265,9	3272,3	3278,8	3285,3	3291,8	3298,3
51	3304,7	3311,2	3317,7	3324,2	3330,7	3337,1	3343,6	3350,1	3356,6	3363,1
52	3369,5	3376,0	3382,5	3389,0	3395,5	3401,9	3408,4	3414,9	3421,4	3427,9
53	3434,3	3440,8	3447,3	3453,8	3460,3	3466,7	3473,2	3479,7	3486,2	3492,7
54	3499,1	3505,6	3512,1	3518,6	3525,1	3531,5	3538,0	3544,5	3551,0	3557,5
55	3563,9	3570,4	3576,9	3583,4	3589,9	3596,3	3602,8	3609,3	3615,8	3622,3
56	3628,7	3635,2	3641,7	3648,2	3654,7	3661,1	3667,6	3674,1	3680,6	3687,1
57	3693,5	3700,0	3706,5	3713,0	3719,5	3725,9	3732,4	3738,9	3745,4	3751,9
58	3758,3	3764,8	3771,3	3777,8	3784,3	3790,7	3797,2	3803,7	3810,2	3816,7
59	3823,1	3829,6	3836,1	3842,6	3849,1	3855,5	3862,0	3868,5	3875,0	3881,5
60	3887,9	3894,4	3900,9	3907,4	3913,9	3920,3	3926,8	3933,3	3939,8	3946,3
61	3952,7	3959,2	3965,7	3972,2	3978,7	3985,1	3991,6	3998,1	4004,6	4011,1
62	4017,5	4024,0	4030,5	4037,0	4043,5	4049,9	4056,4	4062,9	4069,4	4075,9
63	4082,3	4088,8	4095,3	4101,8	4108,3	4114,7	4121,2	4127,7	4134,2	4140,7
64	4147,1	4153,6	4160,1	4166,6	4173,1	4179,5	4186,0	4192,5	4199,0	4205,4
65	4211,9	4218,4	4224,9	4231,4	4237,8	4244,3	4250,8	4257,3	4263,8	4270,2
66	4276,7	4283,2	4289,7	4296,2	4302,6	4309,1	4315,6	4322,1	4328,6	4335,0
67	4341,5	4348,0	4354,5	4361,0	4367,4	4373,9	4380,4	4386,9	4393,4	4399,8
68	4406,3	4412,8	4419,3	4425,8	4432,2	4438,7	4445,2	4451,7	4458,2	4464,6
69	4471,1	4477,6	4484,1	4490,6	4497,0	4503,5	4510,0	4516,5	4523,0	4529,4
70	4535,9	4542,4	4548,9	4555,4	4561,8	4568,3	4574,8	4581,3	4587,8	4594,2
71	4600,7	4607,2	4613,7	4620,2	4626,6	4633,1	4639,6	4646,1	4652,6	4659,0
72	4665,5	4672,0	4678,5	4685,0	4691,4	4697,9	4704,4	4710,9	4717,4	4723,8
73	4730,3	4736,8	4743,3	4749,8	4756,2	4762,7	4769,2	4775,7	4782,2	4788,6
74	4795,1	4801,6	4808,1	4814,6	4821,0	4827,5	4834,0	4840,5	4847,0	4853,4
75	4859,9	4866,4	4872,9	4879,4	4885,8	4892,3	4898,8	4905,3	4911,8	4918,2
76	4924,7	4931,2	4937,7	4944,2	4950,6	4957,1	4963,6	4970,1	4976,6	4983,0
77	4989,5	4996,0	5002,5	5009,0	5015,4	5021,9	5028,4	5034,9	5041,4	5047,8
78	5054,3	5060,8	5067,3	5073,8	5080,2	5086,7	5093,2	5099,7	5106,2	5112,6
79	5119,1	5125,6	5132,1	5138,6	5145,0	5151,5	5158,0	5164,5	5171,0	5177,4
80	5183,9	5190,4	5196,9	5203,4	5209,8	5216,3	5222,8	5229,3	5235,8	5242,2
81	5248,7	5255,2	5261,7	5268,2	5274,6	5281,1	5287,6	5294,1	5300,6	5307,0
82	5313,5	5320,0	5326,5	5333,0	5339,4	5345,9	5352,4	5358,9	5365,4	5371,8
83	5378,3	5384,8	5391,3	5397,8	5404,2	5410,7	5417,2	5423,7	5430,1	5436,6
84	5443,1	5449,6	5456,1	5462,5	5469,0	5475,5	5482,0	5488,5	5494,9	5501,4
85	5507,9	5514,4	5520,9	5527,3	5533,8	5540,3	5546,8	5553,3	5559,7	5566,2
86	5572,7	5579,2	5585,7	5592,1	5598,6	5605,1	5611,6	5618,1	5624,5	5631,0
87	5637,5	5644,0	5650,5	5656,9	5663,4	5669,9	5676,4	5682,9	5689,3	5695,8
88	5702,3	5708,8	5715,3	5721,7	5728,2	5734,7	5741,2	5747,7	5754,1	5760,6
89	5767,1	5773,6	5780,1	5786,5	5793,0	5799,5	5806,0	5812,5	5818,9	5825,4
90	5831,9	5838,4	5844,9	5851,3	5857,8	5864,3	5870,8	5877,3	5883,7	5890,2
91	5896,7	5903,2	5909,7	5916,1	5922,6	5929,1	5935,6	5942,1	5948,5	5955,0
92	5961,5	5968,0	5974,5	5980,9	5987,4	5993,9	6000,4	6006,9	6013,3	6019,8
93	6026,3	6032,8	6039,3	6045,7	6052,2	6058,7	6065,2	6071,7	6078,1	6084,6
94	6091,1	6097,6	6104,1	6110,5	6117,0	6123,5	6130,0	6136,5	6142,9	6149,4
95	6155,9	6162,4	6168,9	6175,3	6181,8	6188,3	6194,8	6201,3	6207,7	6214,2
96	6220,7	6227,2	6233,7	6240,1	6246,6	6253,1	6259,6	6266,1	6272,5	6279,0
97	6285,5	6292,0	6298,5	6304,9	6311,4	6317,9	6324,4	6330,9	6337,3	6343,8
98	6350,3	6356,8	6363,3	6369,7	6376,2	6382,7	6389,2	6395,7	6402,1	6408,6
99	6415,1	6421,6	6428,1	6434,5	6441,0	6447,5	6454,0	6460,5	6466,9	6473,4

Beispiele: 445 mg = 6,8674 gr; 44,5 mg = 0,6867 gr; 4,45 mg = 0,0687 gr; 0,445 mg = 0,00687 gr usw.

Milligramm in Grain

mg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1,5432	1,5587	1,5741	1,5895	1,6050	1,6204	1,6358	1,6513	1,6667	1,6821
110	1,6976	1,7130	1,7284	1,7439	1,7593	1,7747	1,7902	1,8056	1,8210	1,8365
120	1,8519	1,8673	1,8827	1,8982	1,9136	1,9290	1,9445	1,9599	1,9753	1,9908
130	2,0062	2,0216	2,0371	2,0525	2,0679	2,0834	2,0988	2,1142	2,1297	2,1451
140	2,1605	2,1760	2,1914	2,2068	2,2223	2,2377	2,2531	2,2686	2,2840	2,2994
150	2,3149	2,3303	2,3457	2,3612	2,3766	2,3920	2,4074	2,4229	2,4383	2,4537
160	2,4692	2,4846	2,5000	2,5155	2,5309	2,5463	2,5618	2,5772	2,5926	2,6081
170	2,6235	2,6389	2,6544	2,6698	2,6852	2,7007	2,7161	2,7315	2,7470	2,7624
180	2,7778	2,7933	2,8087	2,8241	2,8396	2,8550	2,8704	2,8859	2,9013	2,9167
190	2,9321	2,9476	2,9630	2,9784	2,9939	3,0093	3,0247	3,0402	3,0556	3,0710
200	3,0865	3,1019	3,1173	3,1328	3,1482	3,1636	3,1791	3,1945	3,2099	3,2254
210	3,2408	3,2562	3,2717	3,2871	3,3025	3,3180	3,3334	3,3488	3,3643	3,3797
220	3,3951	3,4106	3,4260	3,4414	3,4568	3,4723	3,4877	3,5031	3,5186	3,5340
230	3,5494	3,5649	3,5803	3,5957	3,6112	3,6266	3,6420	3,6575	3,6729	3,6883
240	3,7038	3,7192	3,7346	3,7501	3,7655	3,7809	3,7964	3,8118	3,8272	3,8427
250	3,8581	3,8735	3,8890	3,9044	3,9198	3,9353	3,9507	3,9661	3,9815	3,9970
260	4,0124	4,0278	4,0433	4,0587	4,0741	4,0896	4,1050	4,1204	4,1359	4,1513
270	4,1667	4,1822	4,1976	4,2130	4,2285	4,2439	4,2593	4,2748	4,2902	4,3056
280	4,3211	4,3365	4,3519	4,3674	4,3828	4,3982	4,4137	4,4291	4,4445	4,4600
290	4,4754	4,4908	4,5062	4,5217	4,5371	4,5525	4,5680	4,5834	4,5988	4,6143
300	4,6297	4,6451	4,6606	4,6760	4,6914	4,7069	4,7223	4,7377	4,7532	4,7686
310	4,7840	4,7995	4,8149	4,8303	4,8458	4,8612	4,8766	4,8921	4,9075	4,9229
320	4,9384	4,9538	4,9692	4,9847	5,0001	5,0155	5,0309	5,0464	5,0618	5,0772
330	5,0927	5,1081	5,1235	5,1390	5,1544	5,1698	5,1853	5,2007	5,2161	5,2316
340	5,2470	5,2624	5,2779	5,2933	5,3087	5,3242	5,3396	5,3550	5,3705	5,3859
350	5,4013	5,4168	5,4322	5,4476	5,4631	5,4785	5,4939	5,5094	5,5248	5,5402
360	5,5556	5,5711	5,5865	5,6019	5,6174	5,6328	5,6482	5,6637	5,6791	5,6945
370	5,7100	5,7254	5,7408	5,7563	5,7717	5,7871	5,8026	5,8180	5,8334	5,8489
380	5,8643	5,8797	5,8952	5,9106	5,9260	5,9415	5,9569	5,9723	5,9878	6,0032
390	6,0186	6,0341	6,0495	6,0649	6,0803	6,0958	6,1112	6,1266	6,1421	6,1575
400	6,1729	6,1884	6,2038	6,2192	6,2347	6,2501	6,2655	6,2810	6,2964	6,3118
410	6,3273	6,3427	6,3581	6,3736	6,3890	6,4044	6,4199	6,4353	6,4507	6,4662
420	6,4816	6,4970	6,5125	6,5279	6,5433	6,5588	6,5742	6,5896	6,6051	6,6205
430	6,6359	6,6513	6,6668	6,6822	6,6976	6,7131	6,7285	6,7439	6,7594	6,7748
440	6,7902	6,8057	6,8211	6,8365	6,8520	6,8674	6,8828	6,8983	6,9137	6,9291
450	6,9446	6,9600	6,9754	6,9909	7,0063	7,0217	7,0372	7,0526	7,0680	7,0835
460	7,0989	7,1143	7,1298	7,1452	7,1606	7,1760	7,1915	7,2069	7,2223	7,2378
470	7,2532	7,2686	7,2841	7,2995	7,3149	7,3304	7,3458	7,3612	7,3767	7,3921
480	7,4075	7,4230	7,4384	7,4538	7,4693	7,4847	7,5001	7,5156	7,5310	7,5464
490	7,5619	7,5773	7,5927	7,6082	7,6236	7,6390	7,6545	7,6699	7,6853	7,7007
500	7,7162	7,7316	7,7470	7,7625	7,7779	7,7933	7,8088	7,8242	7,8396	7,8551
510	7,8705	7,8859	7,9014	7,9168	7,9322	7,9477	7,9631	7,9785	7,9940	8,0094
520	8,0248	8,0403	8,0557	8,0711	8,0866	8,1020	8,1174	8,1329	8,1483	8,1637
530	8,1792	8,1946	8,2100	8,2254	8,2409	8,2563	8,2717	8,2872	8,3026	8,3180
540	8,3335	8,3489	8,3643	8,3798	8,3952	8,4106	8,4261	8,4415	8,4569	8,4724
550	8,4878	8,5032	8,5187	8,5341	8,5495	8,5650	8,5804	8,5958	8,6113	8,6267
560	8,6421	8,6576	8,6730	8,6884	8,7039	8,7193	8,7347	8,7501	8,7656	8,7810
570	8,7964	8,8119	8,8273	8,8427	8,8582	8,8736	8,8890	8,9045	8,9199	8,9353
580	8,9508	8,9662	8,9816	8,9971	9,0125	9,0279	9,0434	9,0588	9,0742	9,0897
590	9,1051	9,1205	9,1360	9,1514	9,1668	9,1823	9,1977	9,2131	9,2286	9,2440
600	9,2594	9,2748	9,2903	9,3057	9,3211	9,3366	9,3520	9,3674	9,3829	9,3983
610	9,4137	9,4292	9,4446	9,4600	9,4755	9,4909	9,5063	9,5218	9,5372	9,5526
620	9,5681	9,5835	9,5989	9,6144	9,6298	9,6452	9,6607	9,6761	9,6915	9,7070
630	9,7224	9,7378	9,7533	9,7687	9,7841	9,7995	9,8150	9,8304	9,8458	9,8613
640	9,8767	9,8921	9,9076	9,9230	9,9384	9,9539	9,9693	9,9847	10,000	10,016
650	10,031	10,046	10,062	10,077	10,093	10,108	10,124	10,139	10,154	10,170
660	10,185	10,201	10,216	10,232	10,247	10,263	10,278	10,293	10,309	10,324
670	10,340	10,355	10,371	10,386	10,401	10,417	10,432	10,448	10,463	10,479
680	10,494	10,509	10,525	10,540	10,556	10,571	10,587	10,602	10,617	10,633
690	10,648	10,664	10,679	10,695	10,710	10,725	10,741	10,756	10,772	10,787
700	10,803	10,818	10,834	10,849	10,864	10,880	10,895	10,911	10,926	10,942
710	10,957	10,972	10,988	11,003	11,019	11,034	11,050	11,065	11,080	11,096
720	11,111	11,127	11,142	11,158	11,173	11,188	11,204	11,219	11,235	11,250
730	11,266	11,281	11,296	11,312	11,327	11,343	11,358	11,374	11,389	11,405
740	11,420	11,435	11,451	11,466	11,482	11,497	11,513	11,528	11,543	11,559
750	11,574	11,590	11,605	11,621	11,636	11,651	11,667	11,682	11,698	11,713
760	11,729	11,744	11,759	11,775	11,790	11,806	11,821	11,837	11,852	11,867
770	11,883	11,898	11,914	11,929	11,945	11,960	11,976	11,991	12,006	12,022
780	12,037	12,053	12,068	12,084	12,099	12,114	12,130	12,145	12,161	12,176
790	12,192	12,207	12,222	12,238	12,253	12,269	12,284	12,300	12,315	12,330
800	12,346	12,361	12,377	12,392	12,408	12,423	12,438	12,454	12,469	12,485
810	12,500	12,516	12,531	12,547	12,562	12,577	12,593	12,608	12,624	12,639
820	12,655	12,670	12,685	12,701	12,716	12,732	12,747	12,763	12,778	12,793
830	12,809	12,824	12,840	12,855	12,871	12,886	12,901	12,917	12,932	12,948
840	12,963	12,979	12,994	13,009	13,025	13,040	13,056	13,071	13,087	13,102
850	13,118	13,133	13,148	13,164	13,179	13,195	13,210	13,226	13,241	13,256
860	13,272	13,287	13,303	13,318	13,334	13,349	13,364	13,380	13,395	13,411
870	13,426	13,442	13,457	13,472	13,488	13,503	13,519	13,534	13,550	13,565
880	13,580	13,596	13,611	13,627	13,642	13,658	13,673	13,689	13,704	13,719
890	13,735	13,750	13,766	13,781	13,797	13,812	13,827	13,843	13,858	13,874
900	13,889	13,905	13,920	13,935	13,951	13,966	13,982	13,997	14,013	14,028
910	14,043	14,059	14,074	14,090	14,105	14,121	14,136	14,151	14,167	14,182
920	14,198	14,213	14,229	14,244	14,260	14,275	14,290	14,306	14,321	14,337
930	14,352	14,368	14,383	14,398	14,414	14,429	14,445	14,460	14,476	14,491
940	14,506	14,522	14,537	14,553	14,568	14,584	14,599	14,614	14,630	14,645
950	14,661	14,676	14,692	14,707	14,722	14,738	14,753	14,769	14,784	14,800
960	14,815	14,830	14,846	14,861	14,877	14,892	14,908	14,923	14,939	14,954
970	14,969	14,985	15,000	15,016	15,031	15,047	15,062	15,077	15,093	15,108
980	15,124	15,139	15,155	15,170	15,185	15,201	15,216	15,232	15,247	15,263
990	15,278	15,293	15,309	15,324	15,340	15,355	15,371	15,386	15,401	15,417

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Beispiele: 300 lb = 136,08 kg; 30 lb = 13,608 kg; 3 lb = 1,361 kg; 0,3 lb = 0,136 kg usw.

Pound in Kilogramm

lb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	45,359	45,813	46,266	46,720	47,174	47,627	48,081	48,534	48,988	49,442
110	49,895	50,349	50,802	51,256	51,710	52,163	52,617	53,070	53,524	53,977
120	54,431	54,885	55,338	55,792	56,245	56,699	57,153	57,606	58,060	58,513
130	58,967	59,421	59,874	60,328	60,781	61,235	61,689	62,142	62,596	63,049
140	63,503	63,957	64,410	64,864	65,317	65,771	66,224	66,678	67,132	67,585
150	68,039	68,492	68,946	69,400	69,853	70,307	70,760	71,214	71,668	72,121
160	72,575	73,028	73,482	73,936	74,389	74,843	75,296	75,750	76,204	76,657
170	77,111	77,564	78,018	78,471	78,925	79,379	79,832	80,286	80,739	81,193
180	81,647	82,100	82,554	83,007	83,461	83,915	84,368	84,822	85,275	85,729
190	86,183	86,636	87,090	87,543	87,997	88,451	88,904	89,358	89,811	90,265
200	90,718	91,172	91,626	92,079	92,533	92,986	93,440	93,894	94,347	94,801
210	95,254	95,708	96,162	96,615	97,069	97,522	97,976	98,430	98,883	99,337
220	99,790	100,24	100,70	101,15	101,60	102,06	102,51	102,97	103,42	103,87
230	104,33	104,78	105,23	105,69	106,14	106,59	107,05	107,50	107,95	108,41
240	108,86	109,32	109,77	110,22	110,68	111,13	111,58	112,04	112,49	112,94
250	113,40	113,85	114,31	114,76	115,21	115,67	116,12	116,57	117,03	117,48
260	117,93	118,39	118,84	119,29	119,75	120,20	120,66	121,11	121,56	122,02
270	122,47	122,92	123,38	123,83	124,28	124,74	125,19	125,65	126,10	126,55
280	127,01	127,46	127,91	128,37	128,82	129,27	129,73	130,18	130,63	131,09
290	131,54	132,00	132,45	132,90	133,36	133,81	134,26	134,72	135,17	135,62
300	136,08	136,53	136,98	137,44	137,89	138,35	138,80	139,25	139,71	140,16
310	140,61	141,07	141,52	141,97	142,43	142,88	143,34	143,79	144,24	144,70
320	145,15	145,60	146,06	146,51	146,96	147,42	147,87	148,32	148,78	149,23
330	149,69	150,14	150,59	151,05	151,50	151,95	152,41	152,86	153,31	153,77
340	154,22	154,68	155,13	155,58	156,04	156,49	156,94	157,40	157,85	158,30
350	158,76	159,21	159,66	160,12	160,57	161,03	161,48	161,93	162,39	162,84
360	163,29	163,75	164,20	164,65	165,11	165,56	166,01	166,47	166,92	167,38
370	167,83	168,28	168,74	169,19	169,64	170,10	170,55	171,00	171,46	171,91
380	172,37	172,82	173,27	173,73	174,18	174,63	175,09	175,54	175,99	176,45
390	176,90	177,35	177,81	178,26	178,72	179,17	179,62	180,08	180,53	180,98
400	181,44	181,89	182,34	182,80	183,25	183,70	184,16	184,61	185,07	185,52
410	185,97	186,43	186,88	187,33	187,79	188,24	188,69	189,15	189,60	190,06
420	190,51	190,96	191,42	191,87	192,32	192,78	193,23	193,68	194,14	194,59
430	195,04	195,50	195,95	196,41	196,86	197,31	197,77	198,22	198,67	199,13
440	199,58	200,03	200,49	200,94	201,40	201,85	202,30	202,76	203,21	203,66
450	204,12	204,57	205,02	205,48	205,93	206,38	206,84	207,29	207,75	208,20
460	208,65	209,11	209,56	210,01	210,47	210,92	211,37	211,83	212,28	212,73
470	213,19	213,64	214,10	214,55	215,00	215,46	215,91	216,36	216,82	217,27
480	217,72	218,18	218,63	219,09	219,54	219,99	220,45	220,90	221,35	221,81
490	222,26	222,71	223,17	223,62	224,07	224,53	224,98	225,44	225,89	226,34
500	226,80	227,25	227,70	228,16	228,61	229,06	229,52	229,97	230,42	230,88
510	231,33	231,79	232,24	232,69	233,15	233,60	234,05	234,51	234,96	235,41
520	235,87	236,32	236,78	237,23	237,68	238,14	238,59	239,04	239,50	239,95
530	240,40	240,86	241,31	241,76	242,22	242,67	243,13	243,58	244,03	244,49
540	244,94	245,39	245,85	246,30	246,75	247,21	247,66	248,12	248,57	249,02
550	249,48	249,93	250,38	250,84	251,29	251,74	252,20	252,65	253,10	253,56
560	254,01	254,47	254,92	255,37	255,83	256,28	256,73	257,19	257,64	258,09
570	258,55	259,00	259,45	259,91	260,36	260,82	261,27	261,72	262,18	262,63
580	263,08	263,54	263,99	264,44	264,90	265,35	265,81	266,26	266,71	267,17
590	267,62	268,07	268,53	268,98	269,43	269,89	270,34	270,79	271,25	271,70
600	272,16	272,61	273,06	273,52	273,97	274,42	274,88	275,33	275,78	276,24
610	276,69	277,14	277,60	278,05	278,51	278,96	279,41	279,87	280,32	280,77
620	281,23	281,68	282,13	282,59	283,04	283,50	283,95	284,40	284,86	285,31
630	285,76	286,22	286,67	287,12	287,58	288,03	288,48	288,94	289,39	289,85
640	290,30	290,75	291,21	291,66	292,11	292,57	293,02	293,47	293,93	294,38
650	294,84	295,29	295,74	296,20	296,65	297,10	297,56	298,01	298,46	298,92
660	299,37	299,82	300,28	300,73	301,19	301,64	302,09	302,55	303,00	303,45
670	303,91	304,36	304,81	305,27	305,72	306,17	306,63	307,08	307,54	307,99
680	308,44	308,90	309,35	309,80	310,26	310,71	311,16	311,62	312,07	312,53
690	312,98	313,43	313,89	314,34	314,79	315,25	315,70	316,15	316,61	317,06
700	317,51	317,97	318,42	318,88	319,33	319,78	320,24	320,69	321,14	321,60
710	322,05	322,50	322,96	323,41	323,86	324,32	324,77	325,23	325,68	326,13
720	326,59	327,04	327,49	327,95	328,40	328,85	329,31	329,76	330,22	330,67
730	331,12	331,58	332,03	332,48	332,94	333,39	333,84	334,30	334,75	335,20
740	335,66	336,11	336,57	337,02	337,47	337,93	338,38	338,83	339,29	339,74
750	340,19	340,65	341,10	341,56	342,01	342,46	342,92	343,37	343,82	344,28
760	344,73	345,18	345,64	346,09	346,54	347,00	347,45	347,91	348,36	348,81
770	349,27	349,72	350,17	350,63	351,08	351,53	351,99	352,44	352,89	353,35
780	353,80	354,26	354,71	355,16	355,62	356,07	356,52	356,98	357,43	357,88
790	358,34	358,79	359,25	359,70	360,15	360,61	361,06	361,51	361,97	362,42
800	362,87	363,33	363,78	364,23	364,69	365,14	365,60	366,05	366,50	366,96
810	367,41	367,86	368,32	368,77	369,22	369,68	370,13	370,58	371,04	371,49
820	371,95	372,40	372,85	373,31	373,76	374,21	374,67	375,12	375,57	376,03
830	376,48	376,94	377,39	377,84	378,30	378,75	379,20	379,66	380,11	380,56
840	381,02	381,47	381,92	382,38	382,83	383,29	383,74	384,19	384,65	385,10
850	385,55	386,01	386,46	386,91	387,37	387,82	388,28	388,73	389,18	389,64
860	390,09	390,54	391,00	391,45	391,90	392,36	392,81	393,26	393,72	394,17
870	394,63	395,08	395,53	395,99	396,44	396,89	397,35	397,80	398,25	398,71
880	399,16	399,61	400,07	400,52	400,98	401,43	401,88	402,34	402,79	403,24
890	403,70	404,15	404,60	405,06	405,51	405,97	406,42	406,87	407,33	407,78
900	408,23	408,69	409,14	409,59	410,05	410,50	410,95	411,41	411,86	412,32
910	412,77	413,22	413,68	414,13	414,58	415,04	415,49	415,94	416,40	416,85
920	417,31	417,76	418,21	418,67	419,12	419,57	420,03	420,48	420,93	421,39
930	421,84	422,29	422,75	423,20	423,66	424,11	424,56	425,02	425,47	425,92
940	426,38	426,83	427,28	427,74	428,19	428,64	429,10	429,55	430,01	430,46
950	430,91	431,37	431,82	432,27	432,73	433,18	433,63	434,09	434,54	435,00
960	435,45	435,90	436,36	436,81	437,26	437,72	438,17	438,62	439,08	439,53
970	439,98	440,44	440,89	441,35	441,80	442,25	442,71	443,16	443,61	444,07
980	444,52	444,97	445,43	445,88	446,33	446,79	447,24	447,70	448,15	448,60
990	449,06	449,51	449,96	450,42	450,87	451,32	451,78	452,23	452,69	453,14

Beispiele: 152 kg = 335,10 lb; 15,2 kg = 33,510 lb; 1,52 kg = 3,351 lb; 0,152 kg = 0,335 lb usw.

Kilogramm in Pound

kg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	220,46	222,67	224,87	227,08	229,28	231,49	233,69	235,89	238,10	240,30
110	242,51	244,71	246,92	249,12	251,33	253,53	255,74	257,94	260,15	262,35
120	264,55	266,76	268,96	271,17	273,37	275,58	277,78	279,99	282,19	284,40
130	286,60	288,81	291,01	293,21	295,42	297,62	299,83	302,03	304,24	306,44
140	308,65	310,85	313,06	315,26	317,47	319,67	321,87	324,08	326,28	328,49
150	330,69	332,90	335,10	337,31	339,51	341,72	343,92	346,13	348,33	350,53
160	352,74	354,94	357,15	359,35	361,56	363,76	365,97	368,17	370,38	372,58
170	374,79	376,99	379,19	381,40	383,60	385,81	388,01	390,22	392,42	394,63
180	396,83	399,04	401,24	403,45	405,65	407,86	410,06	412,26	414,47	416,67
190	418,88	421,08	423,29	425,49	427,70	429,90	432,11	434,31	436,52	438,72
200	440,92	443,13	445,33	447,54	449,74	451,95	454,15	456,36	458,56	460,77
210	462,97	465,18	467,38	469,58	471,79	473,99	476,20	478,40	480,61	482,81
220	485,02	487,22	489,43	491,63	493,84	496,04	498,24	500,45	502,65	504,86
230	507,06	509,27	511,47	513,68	515,88	518,09	520,29	522,50	524,70	526,90
240	529,11	531,31	533,52	535,72	537,93	540,13	542,34	544,54	546,75	548,95
250	551,16	553,36	555,56	557,77	559,97	562,18	564,38	566,59	568,79	571,00
260	573,20	575,41	577,61	579,82	582,02	584,22	586,43	588,63	590,84	593,04
270	595,25	597,45	599,66	601,86	604,07	606,27	608,48	610,68	612,88	615,09
280	617,29	619,50	621,70	623,91	626,11	628,32	630,52	632,73	634,93	637,14
290	639,34	641,55	643,75	645,95	648,16	650,36	652,57	654,77	656,98	659,18
300	661,39	663,59	665,80	668,00	670,21	672,41	674,61	676,82	679,02	681,23
310	683,43	685,64	687,84	690,05	692,25	694,46	696,66	698,87	701,07	703,27
320	705,48	707,68	709,89	712,09	714,30	716,50	718,71	720,91	723,12	725,32
330	727,53	729,73	731,93	734,14	736,34	738,55	740,75	742,96	745,16	747,37
340	749,57	751,78	753,98	756,19	758,39	760,59	762,80	765,00	767,21	769,41
350	771,62	773,82	776,03	778,23	780,44	782,64	784,85	787,05	789,25	791,46
360	793,66	795,87	798,07	800,28	802,48	804,69	806,89	809,10	811,30	813,51
370	815,71	817,91	820,12	822,32	824,53	826,73	828,94	831,14	833,35	835,55
380	837,76	839,96	842,17	844,37	846,57	848,78	850,98	853,19	855,39	857,60
390	859,80	862,01	864,21	866,42	868,62	870,83	873,03	875,23	877,44	879,64
400	881,85	884,05	886,26	888,46	890,67	892,87	895,08	897,28	899,49	901,69
410	903,90	906,10	908,30	910,51	912,71	914,92	917,12	919,33	921,53	923,74
420	925,94	928,15	930,35	932,56	934,76	936,96	939,17	941,37	943,58	945,78
430	947,99	950,19	952,40	954,60	956,81	959,01	961,22	963,42	965,62	967,83
440	970,03	972,24	974,44	976,65	978,85	981,06	983,26	985,47	987,67	989,88
450	992,08	994,28	996,49	998,69	1000,9	1003,1	1005,3	1007,5	1009,7	1011,9
460	1014,1	1016,3	1018,5	1020,7	1022,9	1025,1	1027,4	1029,6	1031,8	1034,0
470	1036,2	1038,4	1040,6	1042,8	1045,0	1047,2	1049,4	1051,6	1053,8	1056,0
480	1058,2	1060,4	1062,6	1064,8	1067,0	1069,2	1071,4	1073,7	1075,9	1078,1
490	1080,3	1082,5	1084,7	1086,9	1089,1	1091,3	1093,5	1095,7	1097,9	1100,1
500	1102,3	1104,5	1106,7	1108,9	1111,1	1113,3	1115,5	1117,7	1119,9	1122,2
510	1124,4	1126,6	1128,8	1131,0	1133,2	1135,4	1137,6	1139,8	1142,0	1144,2
520	1146,4	1148,6	1150,8	1153,0	1155,2	1157,4	1159,6	1161,8	1164,0	1166,2
530	1168,4	1170,7	1172,9	1175,1	1177,3	1179,5	1181,7	1183,9	1186,1	1188,3
540	1190,5	1192,7	1194,9	1197,1	1199,3	1201,5	1203,7	1205,9	1208,1	1210,3
550	1212,5	1214,7	1217,0	1219,2	1221,4	1223,6	1225,8	1228,0	1230,2	1232,4
560	1234,6	1236,8	1239,0	1241,2	1243,4	1245,6	1247,8	1250,0	1252,2	1254,4
570	1256,6	1258,8	1261,0	1263,2	1265,5	1267,7	1269,9	1272,1	1274,3	1276,5
580	1278,7	1280,9	1283,1	1285,3	1287,5	1289,7	1291,9	1294,1	1296,3	1298,5
590	1300,7	1302,9	1305,1	1307,3	1309,5	1311,8	1314,0	1316,2	1318,4	1320,6
600	1322,8	1325,0	1327,2	1329,4	1331,6	1333,8	1336,0	1338,2	1340,4	1342,6
610	1344,8	1347,0	1349,2	1351,4	1353,6	1355,8	1358,0	1360,3	1362,5	1364,7
620	1366,9	1369,1	1371,3	1373,5	1375,7	1377,9	1380,1	1382,3	1384,5	1386,7
630	1388,9	1391,1	1393,3	1395,5	1397,7	1399,9	1402,1	1404,3	1406,5	1408,8
640	1411,0	1413,2	1415,4	1417,6	1419,8	1422,0	1424,2	1426,4	1428,6	1430,8
650	1433,0	1435,2	1437,4	1439,6	1441,8	1444,0	1446,2	1448,4	1450,6	1452,8
660	1455,1	1457,3	1459,5	1461,7	1463,9	1466,1	1468,3	1470,5	1472,7	1474,9
670	1477,1	1479,3	1481,5	1483,7	1485,9	1488,1	1490,3	1492,5	1494,7	1496,9
680	1499,1	1501,3	1503,6	1505,8	1508,0	1510,2	1512,4	1514,6	1516,8	1519,0
690	1521,2	1523,4	1525,6	1527,8	1530,0	1532,2	1534,4	1536,6	1538,8	1541,0
700	1543,2	1545,4	1547,6	1549,8	1552,1	1554,3	1556,5	1558,7	1560,9	1563,1
710	1565,3	1567,5	1569,7	1571,9	1574,1	1576,3	1578,5	1580,7	1582,9	1585,1
720	1587,3	1589,5	1591,7	1593,9	1596,1	1598,4	1600,6	1602,8	1605,0	1607,2
730	1609,4	1611,6	1613,8	1616,0	1618,2	1620,4	1622,6	1624,8	1627,0	1629,2
740	1631,4	1633,6	1635,8	1638,0	1640,2	1642,4	1644,6	1646,9	1649,1	1651,3
750	1653,5	1655,7	1657,9	1660,1	1662,3	1664,5	1666,7	1668,9	1671,1	1673,3
760	1675,5	1677,7	1679,9	1682,1	1684,3	1686,5	1688,7	1690,9	1693,1	1695,4
770	1697,6	1699,8	1702,0	1704,2	1706,4	1708,6	1710,8	1713,0	1715,2	1717,4
780	1719,6	1721,8	1724,0	1726,2	1728,4	1730,6	1732,8	1735,0	1737,2	1739,4
790	1741,7	1743,9	1746,1	1748,3	1750,5	1752,7	1754,9	1757,1	1759,3	1761,5
800	1763,7	1765,9	1768,1	1770,3	1772,5	1774,7	1776,9	1779,1	1781,3	1783,5
810	1785,7	1787,9	1790,2	1792,4	1794,6	1796,8	1799,0	1801,2	1803,4	1805,6
820	1807,8	1810,0	1812,2	1814,4	1816,6	1818,8	1821,0	1823,2	1825,4	1827,6
830	1829,8	1832,0	1834,2	1836,5	1838,7	1840,9	1843,1	1845,3	1847,5	1849,7
840	1851,9	1854,1	1856,3	1858,5	1860,7	1862,9	1865,1	1867,3	1869,5	1871,7
850	1873,9	1876,1	1878,3	1880,5	1882,7	1885,0	1887,2	1889,4	1891,6	1893,8
860	1896,0	1898,2	1900,4	1902,6	1904,8	1907,0	1909,2	1911,4	1913,6	1915,8
870	1918,0	1920,2	1922,4	1924,6	1926,8	1929,0	1931,2	1933,5	1935,7	1937,9
880	1940,1	1942,3	1944,5	1946,7	1948,9	1951,1	1953,3	1955,5	1957,7	1959,9
890	1962,1	1964,3	1966,5	1968,7	1970,9	1973,1	1975,3	1977,5	1979,8	1982,0
900	1984,2	1986,4	1988,6	1990,8	1993,0	1995,2	1997,4	1999,6	2001,8	2004,0
910	2006,2	2008,4	2010,6	2012,8	2015,0	2017,2	2019,4	2021,6	2023,8	2026,0
920	2028,3	2030,5	2032,7	2034,9	2037,1	2039,3	2041,5	2043,7	2045,9	2048,1
930	2050,3	2052,5	2054,7	2056,9	2059,1	2061,3	2063,5	2065,7	2067,9	2070,1
940	2072,3	2074,5	2076,8	2079,0	2081,2	2083,4	2085,6	2087,8	2090,0	2092,2
950	2094,4	2096,6	2098,8	2101,0	2103,2	2105,4	2107,6	2109,8	2112,0	2114,2
960	2116,4	2118,6	2120,8	2123,1	2125,3	2127,5	2129,7	2131,9	2134,1	2136,3
970	2138,5	2140,7	2142,9	2145,1	2147,3	2149,5	2151,7	2153,9	2156,1	2158,3
980	2160,5	2162,7	2164,9	2167,1	2169,3	2171,6	2173,8	2176,0	2178,2	2180,4
990	2182,6	2184,8	2187,0	2189,2	2191,4	2193,6	2195,8	2198,0	2200,2	2202,4

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Beispiele: +23° F = −5,00° C; 99,4° F = 37,44° C; 117° F = 47,22° C; 1210° F = 654,4° C

Fahrenheit in Celsius

− 59 bis +79° F, Intervall 1° F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
−50	−45,56	−46,11	−46,67	−47,22	−47,78	−48,33	−48,89	−49,44	−50,00	−50,56
−40	−40,00	−40,56	−41,11	−41,67	−42,22	−42,78	−43,33	−43,89	−44,44	−45,00
−30	−34,44	−35,00	−35,56	−36,11	−36,67	−37,22	−37,78	−38,33	−38,89	−39,44
−20	−28,89	−29,44	−30,00	−30,56	−31,11	−31,67	−32,22	−32,78	−33,33	−33,89
−10	−23,33	−23,89	−24,44	−25,00	−25,56	−26,11	−26,67	−27,22	−27,78	−28,33
−00	−17,78	−18,33	−18,89	−19,44	−20,00	−20,56	−21,11	−21,67	−22,22	−22,78
+00	−17,78	−17,22	−16,67	−16,11	−15,56	−15,00	−14,44	−13,89	−13,33	−12,78
10	−12,22	−11,67	−11,11	−10,56	−10,00	− 9,44	− 8,89	− 8,33	− 7,78	− 7,22
20	− 6,67	− 6,11	− 5,56	− 5,00	− 4,44	− 3,89	− 3,33	− 2,78	− 2,22	− 1,67
30	− 1,11	− 0,56	0,00	+ 0,56	+ 1,11	+ 1,67	+ 2,22	+ 2,78	+ 3,33	+ 3,89
40	+ 4,44	+ 5,00	+ 5,56	+ 6,11	+ 6,67	+ 7,22	+ 7,78	+ 8,33	+ 8,89	+ 9,44
50	+10,00	+10,56	+11,11	+11,67	+12,22	+12,78	+13,33	+13,89	+14,44	+15,00
60	+15,56	+16,11	+16,67	+17,22	+17,78	+18,33	+18,89	+19,44	+20,00	+20,56
70	+21,11	+21,67	+22,22	+22,78	+23,33	+23,89	+24,44	+25,00	+25,56	+26,11

80,0 bis 109,9° F, Intervall $^1/_{10}$° F

°F	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
80,	26,67	26,72	26,78	26,83	26,89	26,94	27,00	27,06	27,11	27,17
81,	27,22	27,28	27,33	27,39	27,44	27,50	27,56	27,61	27,67	27,72
82,	27,78	27,83	27,89	27,94	28,00	28,06	28,11	28,17	28,22	28,28
83,	28,33	28,39	28,44	28,50	28,56	28,61	28,67	28,72	28,78	28,83
84,	28,89	28,94	29,00	29,06	29,11	29,17	29,22	29,28	29,33	29,39
85,	29,44	29,50	29,56	29,61	29,67	29,72	29,78	29,83	29,89	29,94
86,	30,00	30,06	30,11	30,17	30,22	30,28	30,33	30,39	30,44	30,50
87,	30,56	30,61	30,67	30,72	30,78	30,83	30,89	30,94	31,00	31,06
88,	31,11	31,17	31,22	31,28	31,33	31,39	31,44	31,50	31,56	31,61
89,	31,67	31,72	31,78	31,83	31,89	31,94	32,00	32,06	32,11	32,17
90,	32,22	32,28	32,33	32,39	32,44	32,50	32,56	32,61	32,67	32,72
91,	32,78	32,83	32,89	32,94	33,00	33,06	33,11	33,17	33,22	33,28
92,	33,33	33,39	33,44	33,50	33,56	33,61	33,67	33,72	33,78	33,83
93,	33,89	33,94	34,00	34,06	34,11	34,17	34,22	34,28	34,33	34,39
94,	34,44	34,50	34,56	34,61	34,67	34,72	34,78	34,83	34,89	34,94
95,	35,00	35,06	35,11	35,17	35,22	35,28	35,33	35,39	35,44	35,50
96,	35,56	35,61	35,67	35,72	35,78	35,83	35,89	35,94	36,00	36,06
97,	36,11	36,17	36,22	36,28	36,33	36,39	36,44	36,50	36,56	36,61
98,	36,67	36,72	36,78	36,83	36,89	36,94	37,00	37,06	37,11	37,17
99,	37,22	37,28	37,33	37,39	37,44	37,50	37,56	37,61	37,67	37,72
100,	37,78	37,83	37,89	37,94	38,00	38,06	38,11	38,17	38,22	38,28
101,	38,33	38,39	38,44	38,50	38,56	38,61	38,67	38,72	38,78	38,83
102,	38,89	38,94	39,00	39,06	39,11	39,17	39,22	39,28	39,33	39,39
103,	39,44	39,50	39,56	39,61	39,67	39,72	39,78	39,83	39,89	39,94
104,	40,00	40,06	40,11	40,17	40,22	40,28	40,33	40,39	40,44	40,50
105,	40,56	40,61	40,67	40,72	40,78	40,83	40,89	40,94	41,00	41,06
106,	41,11	41,17	41,22	41,28	41,33	41,39	41,44	41,50	41,56	41,61
107,	41,67	41,72	41,78	41,83	41,89	41,94	42,00	42,06	42,11	42,17
108,	42,22	42,28	42,33	42,39	42,44	42,50	42,56	42,61	42,67	42,72
109,	42,78	42,83	42,89	42,94	43,00	43,06	43,11	43,17	43,22	43,28

110 bis 299° F, Intervall 1° F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
110	43,33	43,89	44,44	45,00	45,56	46,11	46,67	47,22	47,78	48,33
120	48,89	49,44	50,00	50,56	51,11	51,67	52,22	52,78	53,33	53,89
130	54,44	55,00	55,56	56,11	56,67	57,22	57,78	58,33	58,89	59,44
140	60,00	60,56	61,11	61,67	62,22	62,78	63,33	63,89	64,44	65,00
150	65,56	66,11	66,67	67,22	67,78	68,33	68,89	69,44	70,00	70,56
160	71,11	71,67	72,22	72,78	73,33	73,89	74,44	75,00	75,56	76,11
170	76,67	77,22	77,78	78,33	78,89	79,44	80,00	80,56	81,11	81,67
180	82,22	82,78	83,33	83,89	84,44	85,00	85,56	86,11	86,67	87,22
190	87,78	88,33	88,89	89,44	90,00	90,56	91,11	91,67	92,22	92,78
200	93,33	93,89	94,44	95,00	95,56	96,11	96,67	97,22	97,78	98,33
210	98,89	99,44	100,0	100,6	101,1	101,7	102,2	102,8	103,3	103,9
220	104,4	105,0	105,6	106,1	106,7	107,2	107,8	108,3	108,9	109,4
230	110,0	110,6	111,1	111,7	112,2	112,8	113,3	113,9	114,4	115,0
240	115,6	116,1	116,7	117,2	117,8	118,3	118,9	119,4	120,0	120,6
250	121,1	121,7	122,2	122,8	123,3	123,9	124,4	125,0	125,6	126,1
260	126,7	127,2	127,8	128,3	128,9	129,4	130,0	130,6	131,1	131,7
270	132,2	132,8	133,3	133,9	134,4	135,0	135,6	136,1	136,7	137,2
280	137,8	138,3	138,9	139,4	140,0	140,6	141,1	141,7	142,2	142,8
290	143,3	143,9	144,4	145,0	145,6	146,1	146,7	147,2	147,8	148,3

300 bis 1890° F, Intervall 10° F

°F	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	148,9	154,4	160,0	165,6	171,1	176,7	182,2	187,8	193,3	198,9
400	204,4	210,0	215,6	221,1	226,7	232,2	237,8	243,3	248,9	254,4
500	260,0	265,6	271,1	276,7	282,2	287,8	293,3	298,9	304,4	310,0
600	315,6	321,1	326,7	332,2	337,8	343,3	348,9	354,4	360,0	365,6
700	371,1	376,7	382,2	387,8	393,3	398,9	404,4	410,0	415,6	421,1
800	426,7	432,2	437,8	443,3	448,9	454,4	460,0	465,6	471,1	476,7
900	482,2	487,8	493,3	498,9	504,4	510,0	515,6	521,1	526,7	532,2
1000	537,8	543,3	548,9	554,4	560,0	565,6	571,1	576,7	582,2	587,8
1100	593,3	598,9	604,4	610,0	615,6	621,1	626,7	632,2	637,8	643,3
1200	648,9	654,4	660,0	665,6	671,1	676,7	682,2	687,8	693,3	698,9
1300	704,4	710,0	715,6	721,1	726,7	732,2	737,8	743,3	748,9	754,4
1400	760,0	765,6	771,1	776,7	782,2	787,8	793,3	798,9	804,4	810,0
1500	815,6	821,1	826,7	832,2	837,8	843,3	848,9	854,4	860,0	865,6
1600	871,1	876,7	882,2	887,8	893,3	898,9	904,4	910,0	915,6	921,1
1700	926,7	932,2	937,8	943,3	948,9	954,4	960,0	965,6	971,1	976,7
1800	982,2	987,8	993,3	998,9	1004	1010	1016	1021	1027	1032

Beispiele: − 14° C = +6,8° F; 38,3° C = 100,9° F; 89° C = 192,2° F; 550° C = 1022° F

Celsius in Fahrenheit

− 59 bis 0° C, Intervall 1° C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
−50	−58,0	−59,8	−61,6	−63,4	−65,2	−67,0	−68,8	−70,6	−72,4	−74,2
−40	−40,0	−41,8	−43,6	−45,4	−47,2	−49,0	−50,8	−52,6	−54,4	−56,2
−30	−22,0	−23,8	−25,6	−27,4	−29,2	−31,0	−32,8	−34,6	−36,4	−38,2
−20	− 4,0	− 5,8	− 7,6	− 9,4	−11,2	−13,0	−14,8	−16,6	−18,4	−20,2
−10	+14,0	+12,2	+10,4	+ 8,6	+ 6,8	+ 5,0	+ 3,2	+ 1,4	− 0,4	− 2,2
−00	+32,0	+30,2	+28,4	+26,6	+24,8	+23,0	+21,2	+19,4	+17,6	+15,8

0 bis 49,9° C, Intervall $^1/_{10}$° C

°C	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
+0,	32,00	32,18	32,36	32,54	32,72	32,90	33,08	33,26	33,44	33,62
1,	33,80	33,98	34,16	34,34	34,52	34,70	34,88	35,06	35,24	35,42
2,	35,60	35,78	35,96	36,14	36,32	36,50	36,68	36,86	37,04	37,22
3,	37,40	37,58	37,76	37,94	38,12	38,30	38,48	38,66	38,84	39,02
4,	39,20	39,38	39,56	39,74	39,92	40,10	40,28	40,46	40,64	40,82
5,	41,00	41,18	41,36	41,54	41,72	41,90	42,08	42,26	42,44	42,62
6,	42,80	42,98	43,16	43,34	43,52	43,70	43,88	44,06	44,24	44,42
7,	44,60	44,78	44,96	45,14	45,32	45,50	45,68	45,86	46,04	46,22
8,	46,40	46,58	46,76	46,94	47,12	47,30	47,48	47,66	47,84	48,02
9,	48,20	48,38	48,56	48,74	48,92	49,10	49,28	49,46	49,64	49,82
10,	50,00	50,18	50,36	50,54	50,72	50,90	51,08	51,26	51,44	51,62
11,	51,80	51,98	52,16	52,34	52,52	52,70	52,88	53,06	53,24	53,42
12,	53,60	53,78	53,96	54,14	54,32	54,50	54,68	54,86	55,04	55,22
13,	55,40	55,58	55,76	55,94	56,12	56,30	56,48	56,66	56,84	57,02
14,	57,20	57,38	57,56	57,74	57,92	58,10	58,28	58,46	58,64	58,82
15,	59,00	59,18	59,36	59,54	59,72	59,90	60,08	60,26	60,44	60,62
16,	60,80	60,98	61,16	61,34	61,52	61,70	61,88	62,06	62,24	62,42
17,	62,60	62,78	62,96	63,14	63,32	63,50	63,68	63,86	64,04	64,22
18,	64,40	64,58	64,76	64,94	65,12	65,30	65,48	65,66	65,84	66,02
19,	66,20	66,38	66,56	66,74	66,92	67,10	67,28	67,46	67,64	67,82
20,	68,00	68,18	68,36	68,54	68,72	68,90	69,08	69,26	69,44	69,62
21,	69,80	69,98	70,16	70,34	70,52	70,70	70,88	71,06	71,24	71,42
22,	71,60	71,78	71,96	72,14	72,32	72,50	72,68	72,86	73,04	73,22
23,	73,40	73,58	73,76	73,94	74,12	74,30	74,48	74,66	74,84	75,02
24,	75,20	75,38	75,56	75,74	75,92	76,10	76,28	76,46	76,64	76,82
25,	77,00	77,18	77,36	77,54	77,72	77,90	78,08	78,26	78,44	78,62
26,	78,80	78,98	79,16	79,34	79,52	79,70	79,88	80,06	80,24	80,42
27,	80,60	80,78	80,96	81,14	81,32	81,50	81,68	81,86	82,04	82,22
28,	82,40	82,58	82,76	82,94	83,12	83,30	83,48	83,66	83,84	84,02
29,	84,20	84,38	84,56	84,74	84,92	85,10	85,28	85,46	85,64	85,82
30,	86,00	86,18	86,36	86,54	86,72	86,90	87,08	87,26	87,44	87,62
31,	87,80	87,98	88,16	88,34	88,52	88,70	88,88	89,06	89,24	89,42
32,	89,60	89,78	89,96	90,14	90,32	90,50	90,68	90,86	91,04	91,22
33,	91,40	91,58	91,76	91,94	92,12	92,30	92,48	92,66	92,84	93,02
34,	93,20	93,38	93,56	93,74	93,92	94,10	94,28	94,46	94,64	94,82
35,	95,00	95,18	95,36	95,54	95,72	95,90	96,08	96,26	96,44	96,62
36,	96,80	96,98	97,16	97,34	97,52	97,70	97,88	98,06	98,24	98,42
37,	98,60	98,78	98,96	99,14	99,32	99,50	99,68	99,86	100,0	100,2
38,	100,4	100,6	100,8	100,9	101,1	101,3	101,5	101,7	101,8	102,0
39,	102,2	102,4	102,6	102,7	102,9	103,1	103,3	103,5	103,6	103,8
40,	104,0	104,2	104,4	104,5	104,7	104,9	105,1	105,3	105,4	105,6
41,	105,8	106,0	106,2	106,3	106,5	106,7	106,9	107,1	107,2	107,4
42,	107,6	107,8	108,0	108,1	108,3	108,5	108,7	108,9	109,0	109,2
43,	109,4	109,6	109,8	109,9	110,1	110,3	110,5	110,7	110,8	111,0
44,	111,2	111,4	111,6	111,7	111,9	112,1	112,3	112,5	112,6	112,8
45,	113,0	113,2	113,4	113,5	113,7	113,9	114,1	114,3	114,4	114,6
46,	114,8	115,0	115,2	115,3	115,5	115,7	115,9	116,1	116,2	116,4
47,	116,6	116,8	117,0	117,1	117,3	117,5	117,7	117,9	118,0	118,2
48,	118,4	118,6	118,8	118,9	119,1	119,3	119,5	119,7	119,8	120,0
49,	120,2	120,4	120,6	120,7	120,9	121,1	121,3	121,5	121,6	121,8

50 bis 199° C, Intervall 1° C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	122,0	123,8	125,6	127,4	129,2	131,0	132,8	134,6	136,4	138,2
60	140,0	141,8	143,6	145,4	147,2	149,0	150,8	152,6	154,4	156,2
70	158,0	159,8	161,6	163,4	165,2	167,0	168,8	170,6	172,4	174,2
80	176,0	177,8	179,6	181,4	183,2	185,0	186,8	188,6	190,4	192,2
90	194,0	195,8	197,6	199,4	201,2	203,0	204,8	206,6	208,4	210,2
100	212,0	213,8	215,6	217,4	219,2	221,0	222,8	224,6	226,4	228,2
110	230,0	231,8	233,6	235,4	237,2	239,0	240,8	242,6	244,4	246,2
120	248,0	249,8	251,6	253,4	255,2	257,0	258,8	260,6	262,4	264,2
130	266,0	267,8	269,6	271,4	273,2	275,0	276,8	278,6	280,4	282,2
140	284,0	285,8	287,6	289,4	291,2	293,0	294,8	296,6	298,4	300,2
150	302,0	303,8	305,6	307,4	309,2	311,0	312,8	314,6	316,4	318,2
160	320,0	321,8	323,6	325,4	327,2	329,0	330,8	332,6	334,4	336,2
170	338,0	339,8	341,6	343,4	345,2	347,0	348,8	350,6	352,4	354,2
180	356,0	357,8	359,6	361,4	363,2	365,0	366,8	368,6	370,4	372,2
190	374,0	375,8	377,6	379,4	381,2	383,0	384,8	386,6	388,4	390,2

100 bis 990° C, Intervall 10° C

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	212	230	248	266	284	302	320	338	356	374
200	392	410	428	446	464	482	500	518	536	554
300	572	590	608	626	644	662	680	698	716	734
400	752	770	788	806	824	842	860	878	896	914
500	932	950	968	986	1004	1022	1040	1058	1076	1094
600	1112	1130	1148	1166	1184	1202	1220	1238	1256	1274
700	1292	1310	1328	1346	1364	1382	1400	1418	1436	1454
800	1472	1490	1508	1526	1544	1562	1580	1598	1616	1634
900	1652	1670	1688	1706	1724	1742	1760	1778	1796	1814

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Beispiel: 1,2367 h = ? (Stunden, Minuten, Sekunden)
0,236 h = 14,16 min
0,0007 h = 0,042 min
1,2367 h = 1 h 14,202 min
0,202 min = 12,12 s
1,2367 h = 1 h 14 min 12,12 s

Beispiel: 68 min 26,3 s = ? (Stunden)
26,3 s = 0,438 33... min
68 min 26,3 s = 68,438 33... min
68,4 = 1,140 000 00
0,0383 } min = 0,000 638 33... } h
0,00003... = 0,000 000 55...
68,43833... min = 1,140 638 88... h

Achtung! Die letzte Dezimalstelle ist nicht gerundet. Die dort befindliche Zahl wiederholt sich ins Unendliche.

Stunde (Grad) – Minute (oder Minute – Sekunde)

h, ° min	0	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,10	6,00	6,06	6,12	6,18	6,24	6,30	6,36	6,42	6,48	6,54
0,11	6,60	6,66	6,72	6,78	6,84	6,90	6,96	7,02	7,08	7,14
0,12	7,20	7,26	7,32	7,38	7,44	7,50	7,56	7,62	7,68	7,74
0,13	7,80	7,86	7,92	7,98	8,04	8,10	8,16	8,22	8,28	8,34
0,14	8,40	8,46	8,52	8,58	8,64	8,70	8,76	8,82	8,88	8,94
0,15	9,00	9,06	9,12	9,18	9,24	9,30	9,36	9,42	9,48	9,54
0,16	9,60	9,66	9,72	9,78	9,84	9,90	9,96	10,02	10,08	10,14
0,17	10,20	10,26	10,32	10,38	10,44	10,50	10,56	10,62	10,68	10,74
0,18	10,80	10,86	10,92	10,98	11,04	11,10	11,16	11,22	11,28	11,34
0,19	11,40	11,46	11,52	11,58	11,64	11,70	11,76	11,82	11,88	11,94
0,20	12,00	12,06	12,12	12,18	12,24	12,30	12,36	12,42	12,48	12,54
0,21	12,60	12,66	12,72	12,78	12,84	12,90	12,96	13,02	13,08	13,14
0,22	13,20	13,26	13,32	13,38	13,44	13,50	13,56	13,62	13,68	13,74
0,23	13,80	13,86	13,92	13,98	14,04	14,10	14,16	14,22	14,28	14,34
0,24	14,40	14,46	14,52	14,58	14,64	14,70	14,76	14,82	14,88	14,94
0,25	15,00	15,06	15,12	15,18	15,24	15,30	15,36	15,42	15,48	15,54
0,26	15,60	15,66	15,72	15,78	15,84	15,90	15,96	16,02	16,08	16,14
0,27	16,20	16,26	16,32	16,38	16,44	16,50	16,56	16,62	16,68	16,74
0,28	16,80	16,86	16,92	16,98	17,04	17,10	17,16	17,22	17,28	17,34
0,29	17,40	17,46	17,52	17,58	17,64	17,70	17,76	17,82	17,88	17,94
0,30	18,00	18,06	18,12	18,18	18,24	18,30	18,36	18,42	18,48	18,54
0,31	18,60	18,66	18,72	18,78	18,84	18,90	18,96	19,02	19,08	19,14
0,32	19,20	19,26	19,32	19,38	19,44	19,50	19,56	19,62	19,68	19,74
0,33	19,80	19,86	19,92	19,98	20,04	20,10	20,16	20,22	20,28	20,34
0,34	20,40	20,46	20,52	20,58	20,64	20,70	20,76	20,82	20,88	20,94
0,35	21,00	21,06	21,12	21,18	21,24	21,30	21,36	21,42	21,48	21,54
0,36	21,60	21,66	21,72	21,78	21,84	21,90	21,96	22,02	22,08	22,14
0,37	22,20	22,26	22,32	22,38	22,44	22,50	22,56	22,62	22,68	22,74
0,38	22,80	22,86	22,92	22,98	23,04	23,10	23,16	23,22	23,28	23,34
0,39	23,40	23,46	23,52	23,58	23,64	23,70	23,76	23,82	23,88	23,94
0,40	24,00	24,06	24,12	24,18	24,24	24,30	24,36	24,42	24,48	24,54
0,41	24,60	24,66	24,72	24,78	24,84	24,90	24,96	25,02	25,08	25,14
0,42	25,20	25,26	25,32	25,38	25,44	25,50	25,56	25,62	25,68	25,74
0,43	25,80	25,86	25,92	25,98	26,04	26,10	26,16	26,22	26,28	26,34
0,44	26,40	26,46	26,52	26,58	26,64	26,70	26,76	26,82	26,88	26,94
0,45	27,00	27,06	27,12	27,18	27,24	27,30	27,36	27,42	27,48	27,54
0,46	27,60	27,66	27,72	27,78	27,84	27,90	27,96	28,02	28,08	28,14
0,47	28,20	28,26	28,32	28,38	28,44	28,50	28,56	28,62	28,68	28,74
0,48	28,80	28,86	28,92	28,98	29,04	29,10	29,16	29,22	29,28	29,34
0,49	29,40	29,46	29,52	29,58	29,64	29,70	29,76	29,82	29,88	29,94
0,50	30,00	30,06	30,12	30,18	30,24	30,30	30,36	30,42	30,48	30,54
0,51	30,60	30,66	30,72	30,78	30,84	30,90	30,96	31,02	31,08	31,14
0,52	31,20	31,26	31,32	31,38	31,44	31,50	31,56	31,62	31,68	31,74
0,53	31,80	31,86	31,92	31,98	32,04	32,10	32,16	32,22	32,28	32,34
0,54	32,40	32,46	32,52	32,58	32,64	32,70	32,76	32,82	32,88	32,94
0,55	33,00	33,06	33,12	33,18	33,24	33,30	33,36	33,42	33,48	33,54
0,56	33,60	33,66	33,72	33,78	33,84	33,90	33,96	34,02	34,08	34,14
0,57	34,20	34,26	34,32	34,38	34,44	34,50	34,56	34,62	34,68	34,74
0,58	34,80	34,86	34,92	34,98	35,04	35,10	35,16	35,22	35,28	35,34
0,59	35,40	35,46	35,52	35,58	35,64	35,70	35,76	35,82	35,88	35,94
0,60	36,00	36,06	36,12	36,18	36,24	36,30	36,36	36,42	36,48	36,54
0,61	36,60	36,66	36,72	36,78	36,84	36,90	36,96	37,02	37,08	37,14
0,62	37,20	37,26	37,32	37,38	37,44	37,50	37,56	37,62	37,68	37,74
0,63	37,80	37,86	37,92	37,98	38,04	38,10	38,16	38,22	38,28	38,34
0,64	38,40	38,46	38,52	38,58	38,64	38,70	38,76	38,82	38,88	38,94
0,65	39,00	39,06	39,12	39,18	39,24	39,30	39,36	39,42	39,48	39,54
0,66	39,60	39,66	39,72	39,78	39,84	39,90	39,96	40,02	40,08	40,14
0,67	40,20	40,26	40,32	40,38	40,44	40,50	40,56	40,62	40,68	40,74
0,68	40,80	40,86	40,92	40,98	41,04	41,10	41,16	41,22	41,28	41,34
0,69	41,40	41,46	41,52	41,58	41,64	41,70	41,76	41,82	41,88	41,94
0,70	42,00	42,06	42,12	42,18	42,24	42,30	42,36	42,42	42,48	42,54
0,71	42,60	42,66	42,72	42,78	42,84	42,90	42,96	43,02	43,08	43,14
0,72	43,20	43,26	43,32	43,38	43,44	43,50	43,56	43,62	43,68	43,74
0,73	43,80	43,86	43,92	43,98	44,04	44,10	44,16	44,22	44,28	44,34
0,74	44,40	44,46	44,52	44,58	44,64	44,70	44,76	44,82	44,88	44,94
0,75	45,00	45,06	45,12	45,18	45,24	45,30	45,36	45,42	45,48	45,54
0,76	45,60	45,66	45,72	45,78	45,84	45,90	45,96	46,02	46,08	46,14
0,77	46,20	46,26	46,32	46,38	46,44	46,50	46,56	46,62	46,68	46,74
0,78	46,80	46,86	46,92	46,98	47,04	47,10	47,16	47,22	47,28	47,34
0,79	47,40	47,46	47,52	47,58	47,64	47,70	47,76	47,82	47,88	47,94
0,80	48,00	48,06	48,12	48,18	48,24	48,30	48,36	48,42	48,48	48,54
0,81	48,60	48,66	48,72	48,78	48,84	48,90	48,96	49,02	49,08	49,14
0,82	49,20	49,26	49,32	49,38	49,44	49,50	49,56	49,62	49,68	49,74
0,83	49,80	49,86	49,92	49,98	50,04	50,10	50,16	50,22	50,28	50,34
0,84	50,40	50,46	50,52	50,58	50,64	50,70	50,76	50,82	50,88	50,94
0,85	51,00	51,06	51,12	51,18	51,24	51,30	51,36	51,42	51,48	51,54
0,86	51,60	51,66	51,72	51,78	51,84	51,90	51,96	52,02	52,08	52,14
0,87	52,20	52,26	52,32	52,38	52,44	52,50	52,56	52,62	52,68	52,74
0,88	52,80	52,86	52,92	52,98	53,04	53,10	53,16	53,22	53,28	53,34
0,89	53,40	53,46	53,52	53,58	53,64	53,70	53,76	53,82	53,88	53,94
0,90	54,00	54,06	54,12	54,18	54,24	54,30	54,36	54,42	54,48	54,54
0,91	54,60	54,66	54,72	54,78	54,84	54,90	54,96	55,02	55,08	55,14
0,92	55,20	55,26	55,32	55,38	55,44	55,50	55,56	55,62	55,68	55,74
0,93	55,80	55,86	55,92	55,98	56,04	56,10	56,16	56,22	56,28	56,34
0,94	56,40	56,46	56,52	56,58	56,64	56,70	56,76	56,82	56,88	56,94
0,95	57,00	57,06	57,12	57,18	57,24	57,30	57,36	57,42	57,48	57,54
0,96	57,60	57,66	57,72	57,78	57,84	57,90	57,96	58,02	58,08	58,14
0,97	58,20	58,26	58,32	58,38	58,44	58,50	58,56	58,62	58,68	58,74
0,98	58,80	58,86	58,92	58,98	59,04	59,10	59,16	59,22	59,28	59,34
0,99	59,40	59,46	59,52	59,58	59,64	59,70	59,76	59,82	59,88	59,94

Minute – Stunde (Grad) (oder Sekunde – Minute)

min s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	1,6666	1,6833	1,7000	1,7166	1,7333	1,7500	1,7666	1,7833	1,8000	1,8166
110	1,8333	1,8500	1,8666	1,8833	1,9000	1,9166	1,9333	1,9500	1,9666	1,9833
120	2,0000	2,0166	2,0333	2,0500	2,0666	2,0833	2,1000	2,1166	2,1333	2,1500
130	2,1666	2,1833	2,2000	2,2166	2,2333	2,2500	2,2666	2,2833	2,3000	2,3166
140	2,3333	2,3500	2,3666	2,3833	2,4000	2,4166	2,4333	2,4500	2,4666	2,4833
150	2,5000	2,5166	2,5333	2,5500	2,5666	2,5833	2,6000	2,6166	2,6333	2,6500
160	2,6666	2,6833	2,7000	2,7166	2,7333	2,7500	2,7666	2,7833	2,8000	2,8166
170	2,8333	2,8500	2,8666	2,8833	2,9000	2,9166	2,9333	2,9500	2,9666	2,9833
180	3,0000	3,0166	3,0333	3,0500	3,0666	3,0833	3,1000	3,1166	3,1333	3,1500
190	3,1666	3,1833	3,2000	3,2166	3,2333	3,2500	3,2666	3,2833	3,3000	3,3166
200	3,3333	3,3500	3,3666	3,3833	3,4000	3,4166	3,4333	3,4500	3,4666	3,4833
210	3,5000	3,5166	3,5333	3,5500	3,5666	3,5833	3,6000	3,6166	3,6333	3,6500
220	3,6666	3,6833	3,7000	3,7166	3,7333	3,7500	3,7666	3,7833	3,8000	3,8166
230	3,8333	3,8500	3,8666	3,8833	3,9000	3,9166	3,9333	3,9500	3,9666	3,9833
240	4,0000	4,0166	4,0333	4,0500	4,0666	4,0833	4,1000	4,1166	4,1333	4,1500
250	4,1666	4,1833	4,2000	4,2166	4,2333	4,2500	4,2666	4,2833	4,3000	4,3166
260	4,3333	4,3500	4,3666	4,3833	4,4000	4,4166	4,4333	4,4500	4,4666	4,4833
270	4,5000	4,5166	4,5333	4,5500	4,5666	4,5833	4,6000	4,6166	4,6333	4,6500
280	4,6666	4,6833	4,7000	4,7166	4,7333	4,7500	4,7666	4,7833	4,8000	4,8166
290	4,8333	4,8500	4,8666	4,8833	4,9000	4,9166	4,9333	4,9500	4,9666	4,9833
300	5,0000	5,0166	5,0333	5,0500	5,0666	5,0833	5,1000	5,1166	5,1333	5,1500
310	5,1666	5,1833	5,2000	5,2166	5,2333	5,2500	5,2666	5,2833	5,3000	5,3166
320	5,3333	5,3500	5,3666	5,3833	5,4000	5,4166	5,4333	5,4500	5,4666	5,4833
330	5,5000	5,5166	5,5333	5,5500	5,5666	5,5833	5,6000	5,6166	5,6333	5,6500
340	5,6666	5,6833	5,7000	5,7166	5,7333	5,7500	5,7666	5,7833	5,8000	5,8166
350	5,8333	5,8500	5,8666	5,8833	5,9000	5,9166	5,9333	5,9500	5,9666	5,9833
360	6,0000	6,0166	6,0333	6,0500	6,0666	6,0833	6,1000	6,1166	6,1333	6,1500
370	6,1666	6,1833	6,2000	6,2166	6,2333	6,2500	6,2666	6,2833	6,3000	6,3166
380	6,3333	6,3500	6,3666	6,3833	6,4000	6,4166	6,4333	6,4500	6,4666	6,4833
390	6,5000	6,5166	6,5333	6,5500	6,5666	6,5833	6,6000	6,6166	6,6333	6,6500
400	6,6666	6,6833	6,7000	6,7166	6,7333	6,7500	6,7666	6,7833	6,8000	6,8166
410	6,8333	6,8500	6,8666	6,8833	6,9000	6,9166	6,9333	6,9500	6,9666	6,9833
420	7,0000	7,0166	7,0333	7,0500	7,0666	7,0833	7,1000	7,1166	7,1333	7,1500
430	7,1666	7,1833	7,2000	7,2166	7,2333	7,2500	7,2666	7,2833	7,3000	7,3166
440	7,3333	7,3500	7,3666	7,3833	7,4000	7,4166	7,4333	7,4500	7,4666	7,4833
450	7,5000	7,5166	7,5333	7,5500	7,5666	7,5833	7,6000	7,6166	7,6333	7,6500
460	7,6666	7,6833	7,7000	7,7166	7,7333	7,7500	7,7666	7,7833	7,8000	7,8166
470	7,8333	7,8500	7,8666	7,8833	7,9000	7,9166	7,9333	7,9500	7,9666	7,9833
480	8,0000	8,0166	8,0333	8,0500	8,0666	8,0833	8,1000	8,1166	8,1333	8,1500
490	8,1666	8,1833	8,2000	8,2166	8,2333	8,2500	8,2666	8,2833	8,3000	8,3166
500	8,3333	8,3500	8,3666	8,3833	8,4000	8,4166	8,4333	8,4500	8,4666	8,4833
510	8,5000	8,5166	8,5333	8,5500	8,5666	8,5833	8,6000	8,6166	8,6333	8,6500
520	8,6666	8,6833	8,7000	8,7166	8,7333	8,7500	8,7666	8,7833	8,8000	8,8166
530	8,8333	8,8500	8,8666	8,8833	8,9000	8,9166	8,9333	8,9500	8,9666	8,9833
540	9,0000	9,0166	9,0333	9,0500	9,0666	9,0833	9,1000	9,1166	9,1333	9,1500
550	9,1666	9,1833	9,2000	9,2166	9,2333	9,2500	9,2666	9,2833	9,3000	9,3166
560	9,3333	9,3500	9,3666	9,3833	9,4000	9,4166	9,4333	9,4500	9,4666	9,4833
570	9,5000	9,5166	9,5333	9,5500	9,5666	9,5833	9,6000	9,6166	9,6333	9,6500
580	9,6666	9,6833	9,7000	9,7166	9,7333	9,7500	9,7666	9,7833	9,8000	9,8166
590	9,8333	9,8500	9,8666	9,8833	9,9000	9,9166	9,9333	9,9500	9,9666	9,9833
600	10,000	10,016	10,033	10,050	10,066	10,083	10,100	10,116	10,133	10,150
610	10,166	10,183	10,200	10,216	10,233	10,250	10,266	10,283	10,300	10,316
620	10,333	10,350	10,366	10,383	10,400	10,416	10,433	10,450	10,466	10,483
630	10,500	10,516	10,533	10,550	10,566	10,583	10,600	10,616	10,633	10,650
640	10,666	10,683	10,700	10,716	10,733	10,750	10,766	10,783	10,800	10,816
650	10,833	10,850	10,866	10,883	10,900	10,916	10,933	10,950	10,966	10,983
660	11,000	11,016	11,033	11,050	11,066	11,083	11,100	11,116	11,133	11,150
670	11,166	11,183	11,200	11,216	11,233	11,250	11,266	11,283	11,300	11,316
680	11,333	11,350	11,366	11,383	11,400	11,416	11,433	11,450	11,466	11,483
690	11,500	11,516	11,533	11,550	11,566	11,583	11,600	11,616	11,633	11,650
700	11,666	11,683	11,700	11,716	11,733	11,750	11,766	11,783	11,800	11,816
710	11,833	11,850	11,866	11,883	11,900	11,916	11,933	11,950	11,966	11,983
720	12,000	12,016	12,033	12,050	12,066	12,083	12,100	12,116	12,133	12,150
730	12,166	12,183	12,200	12,216	12,233	12,250	12,266	12,283	12,300	12,316
740	12,333	12,350	12,366	12,383	12,400	12,416	12,433	12,450	12,466	12,483
750	12,500	12,516	12,533	12,550	12,566	12,583	12,600	12,616	12,633	12,650
760	12,666	12,683	12,700	12,716	12,733	12,750	12,766	12,783	12,800	12,816
770	12,833	12,850	12,866	12,883	12,900	12,916	12,933	12,950	12,966	12,983
780	13,000	13,016	13,033	13,050	13,066	13,083	13,100	13,116	13,133	13,150
790	13,166	13,183	13,200	13,216	13,233	13,250	13,266	13,283	13,300	13,316
800	13,333	13,350	13,366	13,383	13,400	13,416	13,433	13,450	13,466	13,483
810	13,500	13,516	13,533	13,550	13,566	13,583	13,600	13,616	13,633	13,650
820	13,666	13,683	13,700	13,716	13,733	13,750	13,766	13,783	13,800	13,816
830	13,833	13,850	13,866	13,883	13,900	13,916	13,933	13,950	13,966	13,983
840	14,000	14,016	14,033	14,050	14,066	14,083	14,100	14,116	14,133	14,150
850	14,166	14,183	14,200	14,216	14,233	14,250	14,266	14,283	14,300	14,316
860	14,333	14,350	14,366	14,383	14,400	14,416	14,433	14,450	14,466	14,483
870	14,500	14,516	14,533	14,550	14,566	14,583	14,600	14,616	14,633	14,650
880	14,666	14,683	14,700	14,716	14,733	14,750	14,766	14,783	14,800	14,816
890	14,833	14,850	14,866	14,883	14,900	14,916	14,933	14,950	14,966	14,983
900	15,000	15,016	15,033	15,050	15,066	15,083	15,100	15,116	15,133	15,150
910	15,166	15,183	15,200	15,216	15,233	15,250	15,266	15,283	15,300	15,316
920	15,333	15,350	15,366	15,383	15,400	15,416	15,433	15,450	15,466	15,483
930	15,500	15,516	15,533	15,550	15,566	15,583	15,600	15,616	15,633	15,650
940	15,666	15,683	15,700	15,716	15,733	15,750	15,766	15,783	15,800	15,816
950	15,833	15,850	15,866	15,883	15,900	15,916	15,933	15,950	15,966	15,983
960	16,000	16,016	16,033	16,050	16,066	16,083	16,100	16,116	16,133	16,150
970	16,166	16,183	16,200	16,216	16,233	16,250	16,266	16,283	16,300	16,316
980	16,333	16,350	16,366	16,383	16,400	16,416	16,433	16,450	16,466	16,483
990	16,500	16,516	16,533	16,550	16,566	16,583	16,600	16,616	16,633	16,650

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Beispiele: 512 Torr = 682,61 mb
51,2 Torr = 68,261 mb

Umrechnung von Millibar in die MKS-Druckeinheit Newton pro Quadratmeter: 1 mb = 100 N/m² (man versetze die Kommastelle der Millibarwerte um 2 Stellen nach rechts, um den entsprechenden Wert in N/m² zu erhalten)

Torricelli (Torr, mm Hg) – Millibar (mb)

Torr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	133,32	134,66	135,99	137,32	138,66	139,99	141,32	142,65	143,99	145,32
110	146,65	147,99	149,32	150,65	151,99	153,32	154,65	155,99	157,32	158,65
120	159,99	161,32	162,65	163,99	165,32	166,65	167,99	169,32	170,65	171,99
130	173,32	174,65	175,99	177,32	178,65	179,99	181,32	182,65	183,98	185,32
140	186,65	187,98	189,32	190,65	191,98	193,32	194,65	195,98	197,32	198,65
150	199,98	201,32	202,65	203,98	205,32	206,65	207,98	209,32	210,65	211,98
160	213,32	214,65	215,98	217,32	218,65	219,98	221,32	222,65	223,98	225,31
170	226,65	227,98	229,31	230,65	231,98	233,31	234,65	235,98	237,31	238,65
180	239,98	241,31	242,65	243,98	245,31	246,65	247,98	249,31	250,65	251,98
190	253,31	254,65	255,98	257,31	258,65	259,98	261,31	262,65	263,98	265,31
200	266,64	267,98	269,31	270,64	271,98	273,31	274,64	275,98	277,31	278,64
210	279,98	281,31	282,64	283,98	285,31	286,64	287,98	289,31	290,64	291,98
220	293,31	294,64	295,98	297,31	298,64	299,98	301,31	302,64	303,97	305,31
230	306,64	307,97	309,31	310,64	311,97	313,31	314,64	315,97	317,31	318,64
240	319,97	321,31	322,64	323,97	325,31	326,64	327,97	329,31	330,64	331,97
250	333,31	334,64	335,97	337,31	338,64	339,97	341,31	342,64	343,97	345,30
260	346,64	347,97	349,30	350,64	351,97	353,30	354,64	355,97	357,30	358,64
270	359,97	361,30	362,64	363,97	365,30	366,64	367,97	369,30	370,64	371,97
280	373,30	374,64	375,97	377,30	378,64	379,97	381,30	382,64	383,97	385,30
290	386,63	387,97	389,30	390,63	391,97	393,30	394,63	395,97	397,30	398,63
300	399,97	401,30	402,63	403,97	405,30	406,63	407,97	409,30	410,63	411,97
310	413,30	414,63	415,97	417,30	418,63	419,97	421,30	422,63	423,97	425,30
320	426,63	427,96	429,30	430,63	431,96	433,30	434,63	435,96	437,30	438,63
330	439,96	441,30	442,63	443,96	445,30	446,63	447,96	449,30	450,63	451,96
340	453,30	454,63	455,96	457,30	458,63	459,96	461,30	462,63	463,96	465,30
350	466,63	467,96	469,29	470,63	471,96	473,29	474,63	475,96	477,29	478,63
360	479,96	481,29	482,63	483,96	485,29	486,63	487,96	489,29	490,63	491,96
370	493,29	494,63	495,96	497,29	498,63	499,96	501,29	502,63	503,96	505,29
380	506,62	507,96	509,29	510,62	511,96	513,29	514,62	515,96	517,29	518,62
390	519,96	521,29	522,62	523,96	525,29	526,62	527,96	529,29	530,62	531,96
400	533,29	534,62	535,96	537,29	538,62	539,96	541,29	542,62	543,96	545,29
410	546,62	547,95	549,29	550,62	551,95	553,29	554,62	555,95	557,29	558,62
420	559,95	561,29	562,62	563,95	565,29	566,62	567,95	569,29	570,62	571,95
430	573,29	574,62	575,95	577,29	578,62	579,95	581,29	582,62	583,95	585,29
440	586,62	587,95	589,28	590,62	591,95	593,28	594,62	595,95	597,28	598,62
450	599,95	601,28	602,62	603,95	605,28	606,62	607,95	609,28	610,62	611,95
460	613,28	614,62	615,95	617,28	618,62	619,95	621,28	622,62	623,95	625,28
470	626,62	627,95	629,28	630,61	631,95	633,28	634,61	635,95	637,28	638,61
480	639,95	641,28	642,61	643,95	645,28	646,61	647,95	649,28	650,61	651,95
490	653,28	654,61	655,95	657,28	658,61	659,95	661,28	662,61	663,95	665,28
500	666,61	667,95	669,28	670,61	671,94	673,28	674,61	675,94	677,28	678,61
510	679,94	681,28	682,61	683,94	685,28	686,61	687,94	689,28	690,61	691,94
520	693,28	694,61	695,94	697,28	698,61	699,94	701,28	702,61	703,94	705,28
530	706,61	707,94	709,27	710,61	711,94	713,27	714,61	715,94	717,27	718,61
540	719,94	721,27	722,61	723,94	725,27	726,61	727,94	729,27	730,61	731,94
550	733,27	734,61	735,94	737,27	738,61	739,94	741,27	742,61	743,94	745,27
560	746,61	747,94	749,27	750,60	751,94	753,27	754,60	755,94	757,27	758,60
570	759,94	761,27	762,60	763,94	765,27	766,60	767,94	769,27	770,60	771,94
580	773,27	774,60	775,94	777,27	778,60	779,94	781,27	782,60	783,94	785,27
590	786,60	787,94	789,27	790,60	791,93	793,27	794,60	795,93	797,27	798,60
600	799,93	801,27	802,60	803,93	805,27	806,60	807,93	809,27	810,60	811,93
610	813,27	814,60	815,93	817,27	818,60	819,93	821,27	822,60	823,93	825,27
620	826,60	827,93	829,27	830,60	831,93	833,26	834,60	835,93	837,26	838,60
630	839,93	841,26	842,60	843,93	845,26	846,60	847,93	849,26	850,60	851,93
640	853,26	854,60	855,93	857,26	858,60	859,93	861,26	862,60	863,93	865,26
650	866,60	867,93	869,26	870,60	871,93	873,26	874,59	875,93	877,26	878,59
660	879,93	881,26	882,59	883,93	885,26	886,59	887,93	889,26	890,59	891,93
670	893,26	894,59	895,93	897,26	898,59	899,93	901,26	902,59	903,93	905,26
680	906,59	907,93	909,26	910,59	911,92	913,26	914,59	915,92	917,26	918,59
690	919,92	921,26	922,59	923,92	925,26	926,59	927,92	929,26	930,59	931,92
700	933,26	934,59	935,92	937,26	938,59	939,92	941,26	942,59	943,92	945,26
710	946,59	947,92	949,26	950,59	951,92	953,25	954,59	955,92	957,25	958,59
720	959,92	961,25	962,59	963,92	965,25	966,59	967,92	969,25	970,59	971,92
730	973,25	974,59	975,92	977,25	978,59	979,92	981,25	982,59	983,92	985,25
740	986,59	987,92	989,25	990,59	991,92	993,25	994,58	995,92	997,25	998,58
750	999,92	1001,3	1002,6	1003,9	1005,3	1006,6	1007,9	1009,3	1010,6	1011,9
760	1013,2	1014,6	1015,9	1017,2	1018,6	1019,9	1021,2	1022,6	1023,9	1025,2
770	1026,6	1027,9	1029,2	1030,6	1031,9	1033,2	1034,6	1035,9	1037,2	1038,6
780	1039,9	1041,2	1042,6	1043,9	1045,2	1046,6	1047,9	1049,2	1050,6	1051,9
790	1053,2	1054,6	1055,9	1057,2	1058,6	1059,9	1061,2	1062,6	1063,9	1065,2
800	1066,6	1067,9	1069,2	1070,6	1071,9	1073,2	1074,6	1075,9	1077,2	1078,6
810	1079,9	1081,2	1082,6	1083,9	1085,2	1086,6	1087,9	1089,2	1090,6	1091,9
820	1093,2	1094,6	1095,9	1097,2	1098,6	1099,9	1101,2	1102,6	1103,9	1105,2
830	1106,6	1107,9	1109,2	1110,6	1111,9	1113,2	1114,6	1115,9	1117,2	1118,6
840	1119,9	1121,2	1122,6	1123,9	1125,2	1126,6	1127,9	1129,2	1130,6	1131,9
850	1133,2	1134,6	1135,9	1137,2	1138,6	1139,9	1141,2	1142,6	1143,9	1145,2
860	1146,6	1147,9	1149,2	1150,6	1151,9	1153,2	1154,6	1155,9	1157,2	1158,6
870	1159,9	1161,2	1162,6	1163,9	1165,2	1166,6	1167,9	1169,2	1170,6	1171,9
880	1173,2	1174,6	1175,9	1177,2	1178,6	1179,9	1181,2	1182,6	1183,9	1185,2
890	1186,6	1187,9	1189,2	1190,6	1191,9	1193,2	1194,6	1195,9	1197,2	1198,6
900	1199,9	1201,2	1202,6	1203,9	1205,2	1206,6	1207,9	1209,2	1210,6	1211,9
910	1213,2	1214,6	1215,9	1217,2	1218,6	1219,9	1221,2	1222,6	1223,9	1225,2
920	1226,6	1227,9	1229,2	1230,6	1231,9	1233,2	1234,6	1235,9	1237,2	1238,6
930	1239,9	1241,2	1242,6	1243,9	1245,2	1246,6	1247,9	1249,2	1250,6	1251,9
940	1253,2	1254,6	1255,9	1257,2	1258,6	1259,9	1261,2	1262,6	1263,9	1265,2
950	1266,6	1267,9	1269,2	1270,6	1271,9	1273,2	1274,6	1275,9	1277,2	1278,6
960	1279,9	1281,2	1282,6	1283,9	1285,2	1286,6	1287,9	1289,2	1290,6	1291,9
970	1293,2	1294,6	1295,9	1297,2	1298,6	1299,9	1301,2	1302,6	1303,9	1305,2
980	1306,6	1307,9	1309,2	1310,6	1311,9	1313,2	1314,6	1315,9	1317,2	1318,6
990	1319,9	1321,2	1322,6	1323,9	1325,2	1326,6	1327,9	1329,2	1330,6	1331,9
1000	1333,2	1334,6	1335,9	1337,2	1338,6	1339,9	1341,2	1342,6	1343,9	1345,2
1010	1346,6	1347,9	1349,2	1350,6	1351,9	1353,2	1354,6	1355,9	1357,2	1358,6
1020	1359,9	1361,2	1362,6	1363,9	1365,2	1366,6	1367,9	1369,2	1370,6	1371,9
1030	1373,2	1374,6	1375,9	1377,2	1378,6	1379,9	1381,2	1382,6	1383,9	1385,2
1040	1386,6	1387,9	1389,2	1390,6	1391,9	1393,2	1394,6	1395,9	1397,2	1398,6

Millibar (mb) – Torricelli (Torr, mm Hg)

mb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	75,006	75,756	76,506	77,256	78,006	78,756	79,507	80,257	81,007	81,757
110	82,507	83,257	84,007	84,757	85,507	86,257	87,007	87,757	88,507	89,257
120	90,007	90,757	91,508	92,258	93,008	93,758	94,508	95,258	96,008	96,758
130	97,508	98,258	99,008	99,758	100,51	101,26	102,01	102,76	103,51	104,26
140	105,01	105,76	106,51	107,26	108,01	108,76	109,51	110,26	111,01	111,76
150	112,51	113,26	114,01	114,76	115,51	116,26	117,01	117,76	118,51	119,26
160	120,01	120,76	121,51	122,26	123,01	123,76	124,51	125,26	126,01	126,76
170	127,51	128,26	129,01	129,76	130,51	131,26	132,01	132,76	133,51	134,26
180	135,01	135,76	136,51	137,26	138,01	138,76	139,51	140,26	141,01	141,76
190	142,51	143,26	144,01	144,76	145,51	146,26	147,01	147,76	148,51	149,26
200	150,01	150,76	151,51	152,26	153,01	153,76	154,51	155,26	156,01	156,76
210	157,51	158,26	159,01	159,76	160,51	161,26	162,01	162,76	163,51	164,26
220	165,01	165,76	166,51	167,26	168,01	168,76	169,51	170,26	171,01	171,76
230	172,51	173,26	174,01	174,76	175,51	176,26	177,01	177,76	178,51	179,26
240	180,01	180,76	181,51	182,26	183,02	183,77	184,52	185,27	186,02	186,77
250	187,52	188,27	189,02	189,77	190,52	191,27	192,02	192,77	193,52	194,27
260	195,02	195,77	196,52	197,27	198,02	198,77	199,52	200,27	201,02	201,77
270	202,52	203,27	204,02	204,77	205,52	206,27	207,02	207,77	208,52	209,27
280	210,02	210,77	211,52	212,27	213,02	213,77	214,52	215,27	216,02	216,77
290	217,52	218,27	219,02	219,77	220,52	221,27	222,02	222,77	223,52	224,27
300	225,02	225,77	226,52	227,27	228,02	228,77	229,52	230,27	231,02	231,77
310	232,52	233,27	234,02	234,77	235,52	236,27	237,02	237,77	238,52	239,27
320	240,02	240,77	241,52	242,27	243,02	243,77	244,52	245,27	246,02	246,77
330	247,52	248,27	249,02	249,77	250,52	251,27	252,02	252,77	253,52	254,27
340	255,02	255,77	256,52	257,27	258,02	258,77	259,52	260,27	261,02	261,77
350	262,52	263,27	264,02	264,77	265,52	266,27	267,02	267,77	268,52	269,27
360	270,02	270,77	271,52	272,27	273,02	273,77	274,52	275,27	276,02	276,77
370	277,52	278,27	279,02	279,77	280,52	281,27	282,02	282,77	283,52	284,27
380	285,02	285,77	286,52	287,27	288,02	288,77	289,52	290,27	291,02	291,77
390	292,52	293,27	294,02	294,77	295,52	296,27	297,02	297,77	298,52	299,27
400	300,02	300,77	301,52	302,27	303,02	303,77	304,53	305,28	306,03	306,78
410	307,53	308,28	309,03	309,78	310,53	311,28	312,03	312,78	313,53	314,28
420	315,03	315,78	316,53	317,28	318,03	318,78	319,53	320,28	321,03	321,78
430	322,53	323,28	324,03	324,78	325,53	326,28	327,03	327,78	328,53	329,28
440	330,03	330,78	331,53	332,28	333,03	333,78	334,53	335,28	336,03	336,78
450	337,53	338,28	339,03	339,78	340,53	341,28	342,03	342,78	343,53	344,28
460	345,03	345,78	346,53	347,28	348,03	348,78	349,53	350,28	351,03	351,78
470	352,53	353,28	354,03	354,78	355,53	356,28	357,03	357,78	358,53	359,28
480	360,03	360,78	361,53	362,28	363,03	363,78	364,53	365,28	366,03	366,78
490	367,53	368,28	369,03	369,78	370,53	371,28	372,03	372,78	373,53	374,28
500	375,03	375,78	376,53	377,28	378,03	378,78	379,53	380,28	381,03	381,78
510	382,53	383,28	384,03	384,78	385,53	386,28	387,03	387,78	388,53	389,28
520	390,03	390,78	391,53	392,28	393,03	393,78	394,53	395,28	396,03	396,78
530	397,53	398,28	399,03	399,78	400,53	401,28	402,03	402,78	403,53	404,28
540	405,03	405,78	406,53	407,28	408,03	408,78	409,53	410,28	411,03	411,78
550	412,53	413,28	414,03	414,78	415,53	416,28	417,03	417,78	418,53	419,28
560	420,03	420,78	421,53	422,28	423,03	423,78	424,53	425,28	426,04	426,79
570	427,54	428,29	429,04	429,79	430,54	431,29	432,04	432,79	433,54	434,29
580	435,04	435,79	436,54	437,29	438,04	438,79	439,54	440,29	441,04	441,79
590	442,54	443,29	444,04	444,79	445,54	446,29	447,04	447,79	448,54	449,29
600	450,04	450,79	451,54	452,29	453,04	453,79	454,54	455,29	456,04	456,79
610	457,54	458,29	459,04	459,79	460,54	461,29	462,04	462,79	463,54	464,29
620	465,04	465,79	466,54	467,29	468,04	468,79	469,54	470,29	471,04	471,79
630	472,54	473,29	474,04	474,79	475,54	476,29	477,04	477,79	478,54	479,29
640	480,04	480,79	481,54	482,29	483,04	483,79	484,54	485,29	486,04	486,79
650	487,54	488,29	489,04	489,79	490,54	491,29	492,04	492,79	493,54	494,29
660	495,04	495,79	496,54	497,29	498,04	498,79	499,54	500,29	501,04	501,79
670	502,54	503,29	504,04	504,79	505,54	506,29	507,04	507,79	508,54	509,29
680	510,04	510,79	511,54	512,29	513,04	513,79	514,54	515,29	516,04	516,79
690	517,54	518,29	519,04	519,79	520,54	521,29	522,04	522,79	523,54	524,29
700	525,04	525,79	526,54	527,29	528,04	528,79	529,54	530,29	531,04	531,79
710	532,54	533,29	534,04	534,79	535,54	536,29	537,04	537,79	538,54	539,29
720	540,04	540,79	541,54	542,29	543,04	543,79	544,54	545,29	546,04	546,79
730	547,55	548,30	549,05	549,80	550,55	551,30	552,05	552,80	553,55	554,30
740	555,05	555,80	556,55	557,30	558,05	558,80	559,55	560,30	561,05	561,80
750	562,55	563,30	564,05	564,80	565,55	566,30	567,05	567,80	568,55	569,30
760	570,05	570,80	571,55	572,30	573,05	573,80	574,55	575,30	576,05	576,80
770	577,55	578,30	579,05	579,80	580,55	581,30	582,05	582,80	583,55	584,30
780	585,05	585,80	586,55	587,30	588,05	588,80	589,55	590,30	591,05	591,80
790	592,55	593,30	594,05	594,80	595,55	596,30	597,05	597,80	598,55	599,30
800	600,05	600,80	601,55	602,30	603,05	603,80	604,55	605,30	606,05	606,80
810	607,55	608,30	609,05	609,80	610,55	611,30	612,05	612,80	613,55	614,30
820	615,05	615,80	616,55	617,30	618,05	618,80	619,55	620,30	621,05	621,80
830	622,55	623,30	624,05	624,80	625,55	626,30	627,05	627,80	628,55	629,30
840	630,05	630,80	631,55	632,30	633,05	633,80	634,55	635,30	636,05	636,80
850	637,55	638,30	639,05	639,80	640,55	641,30	642,05	642,80	643,55	644,30
860	645,05	645,80	646,55	647,30	648,05	648,80	649,55	650,30	651,05	651,80
870	652,55	653,30	654,05	654,80	655,55	656,30	657,05	657,80	658,55	659,30
880	660,05	660,80	661,55	662,30	663,05	663,80	664,55	665,30	666,05	666,80
890	667,55	668,30	669,06	669,81	670,56	671,31	672,06	672,81	673,56	674,31
900	675,06	675,81	676,56	677,31	678,06	678,81	679,56	680,31	681,06	681,81
910	682,56	683,31	684,06	684,81	685,56	686,31	687,06	687,81	688,56	689,31
920	690,06	690,81	691,56	692,31	693,06	693,81	694,56	695,31	696,06	696,81
930	697,56	698,31	699,06	699,81	700,56	701,31	702,06	702,81	703,56	704,31
940	705,06	705,81	706,56	707,31	708,06	708,81	709,56	710,31	711,06	711,81
950	712,56	713,31	714,06	714,81	715,56	716,31	717,06	717,81	718,56	719,31
960	720,06	720,81	721,56	722,31	723,06	723,81	724,56	725,31	726,06	726,81
970	727,56	728,31	729,06	729,81	730,56	731,31	732,06	732,81	733,56	734,31
980	735,06	735,81	736,56	737,31	738,06	738,81	739,56	740,31	741,06	741,81
990	742,56	743,31	744,06	744,81	745,56	746,31	747,06	747,81	748,56	749,31
1000	750,06	750,81	751,56	752,31	753,06	753,81	754,56	755,31	756,06	756,81
1010	757,56	758,31	759,06	759,81	760,56	761,31	762,06	762,81	763,56	764,31
1020	765,06	765,81	766,56	767,31	768,06	768,81	769,56	770,31	771,06	771,81
1030	772,56	773,31	774,06	774,81	775,56	776,31	777,06	777,81	778,56	779,31
1040	780,06	780,81	781,56	782,31	783,06	783,81	784,56	785,31	786,06	786,81

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Millimeter Wasser (mm H_2O) – Millibar (mb)

	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	0,0000	9,8064	19,613	29,419	39,226	49,032	58,838	68,645	78,451	88,257
1000	98,064	107,87	117,68	127,48	137,29	147,10	156,90	166,71	176,51	186,32
2000	196,13	205,93	215,74	225,55	235,35	245,16	254,97	264,77	274,58	284,38
3000	294,19	304,00	313,80	323,61	333,42	343,22	353,03	362,84	372,64	382,45
4000	392,26	402,06	411,87	421,67	431,48	441,29	451,09	460,90	470,71	480,51
5000	490,32	500,13	509,93	519,74	529,54	539,35	549,16	558,96	568,77	578,58
6000	588,38	598,19	608,00	617,80	627,61	637,41	647,22	657,03	666,83	676,64
7000	686,45	696,25	706,06	715,87	725,67	735,48	745,28	755,09	764,90	774,70
8000	784,51	794,32	804,12	813,93	823,74	833,54	843,35	853,15	862,96	872,77
9000	882,57	892,38	902,19	911,99	921,80	931,61	941,41	951,22	961,02	970,83

Millibar (mb) – Millimeter Wasser (mm H_2O)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	10,197	20,395	30,592	40,790	50,987	61,185	71,382	81,580	91,777
10	101,97	112,17	122,37	132,57	142,76	152,96	163,16	173,36	183,55	193,75
20	203,95	214,15	224,34	234,54	244,74	254,94	265,13	275,33	285,53	295,73
30	305,92	316,12	326,32	336,52	346,71	356,91	367,11	377,31	387,50	397,70
40	407,90	418,10	428,29	438,49	448,69	458,89	469,08	479,28	489,48	499,67
50	509,87	520,07	530,27	540,46	550,66	560,86	571,06	581,25	591,45	601,65
60	611,85	622,04	632,24	642,44	652,64	662,83	673,03	683,23	693,43	703,62
70	713,82	724,02	734,22	744,41	754,61	764,81	775,01	785,20	795,40	805,60
80	815,80	825,99	836,19	846,39	856,59	866,78	876,98	887,18	897,38	907,57
90	917,77	927,97	938,17	948,36	958,56	968,76	978,95	989,15	999,35	100,95

Millimeter Wasser (mm H_2O) – Torricelli (Torr, mm Hg)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	7,3554	14,711	22,066	29,422	36,777	44,132	51,488	58,843	66,198
1000	73,554	80,909	88,265	95,620	102,98	110,33	117,69	125,04	132,40	139,75
2000	147,11	154,46	161,82	169,17	176,53	183,88	191,24	198,60	205,95	213,31
3000	220,66	228,02	235,37	242,73	250,08	257,44	264,79	272,15	279,50	286,86
4000	294,22	301,57	308,93	316,28	323,64	330,99	338,35	345,70	353,06	360,41
5000	367,77	375,12	382,48	389,84	397,19	404,55	411,90	419,26	426,61	433,97
6000	441,32	448,68	456,03	463,39	470,74	478,10	485,46	492,81	500,17	507,52
7000	514,88	522,23	529,59	536,94	544,30	551,65	559,01	566,36	573,72	581,08
8000	588,43	595,79	603,14	610,50	617,85	625,21	632,56	639,92	647,27	654,63
9000	661,98	669,34	676,70	684,05	691,41	698,76	706,12	713,47	720,83	728,18

Torricelli (Torr, mm Hg) – Millimeter Wasser (mm H_2O)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	13,595	27,191	40,786	54,382	67,977	81,573	95,168	108,76	122,36
10	135,95	149,55	163,15	176,74	190,34	203,93	217,53	231,12	244,72	258,31
20	271,91	285,51	299,10	312,70	326,29	339,89	353,48	367,08	380,67	394,27
30	407,86	421,46	435,06	448,65	462,25	475,84	489,44	503,03	516,63	530,22
40	543,82	557,41	571,01	584,61	598,20	611,80	625,39	638,99	652,58	666,18
50	679,77	693,37	706,96	720,56	734,16	747,75	761,35	774,94	788,54	802,13
60	815,73	829,32	842,92	856,52	870,11	883,71	897,30	910,90	924,49	938,09
70	951,68	965,28	978,87	992,47	1006,1	1019,7	1033,3	1046,9	1060,4	1074,0
80	1087,6	1101,2	1114,8	1128,4	1142,0	1155,6	1169,2	1182,8	1196,4	1210,0
90	1223,6	1237,2	1250,8	1264,4	1278,0	1291,6	1305,2	1318,8	1332,4	1346,0

Physikalische Atmosphäre (atm) – Bar (b)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	000,00	101,33	202,65	303,98	405,30	506,63	607,95	709,28	810,60	911,93
1000	1013,3	1114,6	1215,9	1317,2	1418,6	1519,9	1621,2	1722,5	1823,9	1925,2
2000	2026,5	2127,8	2229,2	2330,5	2431,8	2533,1	2634,5	2735,8	2837,1	2938,4
3000	3039,8	3141,1	3242,4	3343,7	3445,1	3546,4	3647,7	3749,0	3850,4	3951,7
4000	4053,0	4154,3	4255,7	4357,0	4458,3	4559,6	4661,0	4762,3	4863,6	4964,9
5000	5066,3	5167,6	5268,9	5370,2	5471,6	5572,9	5674,2	5775,5	5876,9	5978,2
6000	6079,5	6180,8	6282,2	6383,5	6484,8	6586,1	6687,5	6788,8	6890,1	6991,4
7000	7092,8	7194,1	7295,4	7396,7	7498,1	7599,4	7700,7	7802,0	7903,4	8004,7
8000	8106,0	8207,3	8308,7	8410,0	8511,3	8612,6	8714,0	8815,3	8916,6	9017,9
9000	9119,3	9220,6	9321,9	9423,2	9524,6	9625,9	9727,2	9828,5	9929,9	10031,

Bar (b) – Physikalische Atmosphäre (atm)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,9869	1,9738	2,9608	3,9477	4,9346	5,9215	6,9085	7,8954	8,8823
10	9,8692	10,856	11,843	12,830	13,817	14,804	15,791	16,778	17,765	18,752
20	19,738	20,725	21,712	22,699	23,686	24,673	25,660	26,647	27,634	28,621
30	29,608	30,595	31,582	32,568	33,555	34,542	35,529	36,516	37,503	38,490
40	39,477	40,464	41,451	42,438	43,425	44,412	45,398	46,385	47,372	48,359
50	49,346	50,333	51,320	52,307	53,294	54,281	55,268	56,255	57,242	58,228
60	59,215	60,202	61,189	62,176	63,163	64,150	65,137	66,124	67,111	68,098
70	69,085	70,072	71,058	72,045	73,032	74,019	75,006	75,993	76,980	77,967
80	78,954	79,941	80,928	81,915	82,902	83,888	84,875	85,862	86,849	87,836
90	88,823	89,810	90,797	91,784	92,771	93,758	94,745	95,732	96,718	97,705

Torricelli (Torr, mm Hg) – Physikalische Atmosphäre (atm)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,1316	0,2632	0,3947	0,5263	0,6579	0,7895	0,9211	1,0526	1,1842
1000	1,3158	1,4474	1,5789	1,7105	1,8421	1,9737	2,1053	2,2368	2,3684	2,5000
2000	2,6316	2,7632	2,8947	3,0263	3,1579	3,2895	3,4211	3,5526	3,6842	3,8158
3000	3,9474	4,0789	4,2105	4,3421	4,4737	4,6053	4,7368	4,8684	5,0000	5,1316
4000	5,2632	5,3947	5,5263	5,6579	5,7895	5,9211	6,0526	6,1842	6,3158	6,4474
5000	6,5789	6,7105	6,8421	6,9737	7,1053	7,2368	7,3684	7,5000	7,6316	6,7632
6000	7,8947	8,0263	8,1579	8,2895	8,4211	8,5526	8,6842	8,8158	8,9474	9,0789
7000	9,2105	9,3421	9,4737	9,6053	9,7368	9,8684	10,000	10,132	10,263	10,395
8000	10,526	10,658	10,789	10,921	11,053	11,184	11,316	11,447	11,579	11,711
9000	11,842	11,974	12,105	12,237	12,368	12,500	12,632	12,763	12,895	13,026

Physikalische Atmosphäre (atm) – Torricelli (Torr, mm Hg)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	000,00	760,00	1520,0	2280,0	3040,0	3800,0	4560,0	5320,0	6080,0	6840,0
10	7600,0	8360,0	9120,0	9880,0	10640,	11400,	12160,	12920,	13680,	14440,
20	15200,	15960,	16720,	17480,	18240,	19000,	19760,	20520,	21280,	22040,
30	22800,	23560,	24320,	25080,	25840,	26600,	27360,	28120,	28880,	29640,
40	30400,	31160,	31920,	32680,	33440,	34200,	34960,	35720,	36480,	37240,
50	38000,	38760,	39520,	40280,	41040,	41800,	42560,	43320,	44080,	44840,
60	45600,	46360,	47120,	47880,	48640,	49400,	50160,	50920,	51680,	52440,
70	53200,	53960,	54720,	55480,	56240,	57000,	57760,	58520,	59280,	60040,
80	60800,	61560,	62320,	63080,	63840,	64600,	65360,	66120,	66880,	67640,
90	68400,	69160,	69920,	70680,	71440,	72200,	72960,	73720,	74480,	75240,

Physikalische Atmosphäre (atm) – Technische Atmosphäre (at)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	000,00	103,32	206,65	309,97	413,29	516,61	619,94	723,26	826,58	929,90
1000	1033,2	1136,6	1239,9	1343,2	1446,5	1549,8	1653,2	1756,5	1859,8	1963,1
2000	2066,5	2169,8	2273,1	2376,4	2479,7	2583,1	2686,4	2789,7	2893,0	2996,4
3000	3099,7	3203,0	3306,3	3409,7	3513,0	3616,3	3719,6	3822,9	3926,3	4029,6
4000	4132,9	4236,2	4339,6	4442,9	4546,2	4649,5	4752,8	4856,2	4959,5	5062,8
5000	5166,1	5269,5	5372,8	5476,1	5579,4	5682,8	5786,1	5889,4	5992,7	6096,0
6000	6199,4	6302,7	6406,0	6509,3	6612,7	6716,0	6819,3	6922,6	7025,9	7129,3
7000	7232,6	7335,9	7439,2	7542,6	7645,9	7749,2	7852,5	7955,9	8059,2	8162,5
8000	8265,8	8369,1	8472,5	8575,8	8679,1	8782,4	8885,8	8989,1	9092,4	9195,7
9000	9299,0	9402,4	9505,7	9609,0	9712,3	9815,7	9919,0	10022,	10126,	10229,

Technische Atmosphäre (at) – Physikalische Atmosphäre (atm)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,9678	1,9357	2,9035	3,8714	4,8392	5,8070	6,7749	7,7427	8,7106
10	9,6784	10,646	11,614	12,582	13,550	14,518	15,485	16,453	17,421	18,389
20	19,357	20,325	21,293	22,260	23,228	24,196	25,164	26,132	27,100	28,067
30	29,035	30,003	30,971	31,939	32,907	33,874	34,842	35,810	36,778	37,746
40	38,714	39,681	40,649	41,617	42,585	43,553	44,521	45,489	46,456	47,424
50	48,392	49,360	50,328	51,296	52,263	53,231	54,199	55,167	56,135	57,103
60	58,070	59,038	60,006	60,974	61,942	62,910	63,878	64,845	65,813	66,781
70	67,749	68,717	69,685	70,652	71,620	72,588	73,556	74,524	75,492	76,459
80	77,427	78,395	79,363	80,331	81,299	82,266	83,234	84,202	85,170	86,138
90	87,106	88,074	89,041	90,009	90,977	91,945	92,913	93,881	94,848	95,816

Torricelli (Torr, mm Hg) – Technische Atmosphäre (at)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,1359	0,2718	0,4077	0,5436	0,6795	0,8155	0,9514	1,0873	1,2232
1000	1,3591	1,4950	1,6309	1,7668	1,9027	2,0386	2,1746	2,3105	2,4464	2,5823
2000	2,7182	2,8541	2,9900	3,1259	3,2618	3,3977	3,5337	3,6696	3,8055	3,9414
3000	4,0773	4,2132	4,3491	4,4850	4,6209	4,7568	4,8928	5,0287	5,1646	5,3005
4000	5,4364	5,5723	5,7082	5,8441	5,9800	6,1159	6,2519	6,3878	6,5237	6,6596
5000	6,7955	6,9314	7,0673	7,2032	7,3391	7,4750	7,6109	7,7469	7,8828	8,0187
6000	8,1546	8,2905	8,4264	8,5623	8,6982	8,8341	8,9700	9,1060	9,2419	9,3778
7000	9,5137	9,6496	9,7855	9,9214	10,057	10,193	10,329	10,465	10,601	10,737
8000	10,873	11,009	11,145	11,281	11,416	11,552	11,688	11,824	11,960	12,096
9000	12,232	12,368	12,504	12,640	12,776	12,911	13,047	13,183	13,319	13,455

Technische Atmosphäre (at) – Torricelli (Torr, mm Hg)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	000,00	735,78	1471,6	2207,3	2943,1	3678,9	4414,7	5150,5	5886,3	6622,0
10	7357,8	8093,6	8829,4	9565,2	10300,	11037,	11773,	12508,	13244,	13980,
20	14716,	15451,	16187,	16923,	17659,	18395,	19130,	19866,	20602,	21338,
30	22073,	22809,	23545,	24281,	25017,	25752,	26488,	27224,	27960,	28696,
40	29431,	30167,	30903,	31639,	32374,	33110,	33846,	34582,	35318,	36053,
50	36789,	37525,	38261,	38996,	39732,	40468,	41204,	41940,	42675,	43411,
60	44147,	44883,	45618,	46354,	47090,	47826,	48562,	49297,	50033,	50769,
70	51505,	52241,	52976,	53712,	54448,	55184,	55919,	56655,	57391,	58127,
80	58863,	59598,	60334,	61070,	61806,	62541,	63277,	64013,	64749,	65485,
90	66220,	66956,	67692,	68428,	69164,	69899,	70635,	71371,	72107,	72842,

Inch** of water at 3,96° C (in. H_2O) – Torricelli (Torr, mm Hg)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	000,00	186,83	373,65	560,48	747,31	934,14	1121,0	1307,8	1494,6	1681,4
1000	1868,3	2055,1	2241,9	2428,8	2615,6	2802,4	2989,2	3176,1	3362,9	3549,7
2000	3736,5	3923,4	4110,2	4297,0	4483,9	4670,7	4857,5	5044,3	5231,2	5418,0
3000	5604,8	5791,6	5978,5	6165,3	6352,1	6539,0	6725,8	6912,6	7099,4	7286,3
4000	7473,1	7659,9	7846,7	8033,6	8220,4	8407,2	8594,1	8780,9	8967,7	9154,5
5000	9341,4	9528,2	9715,0	9901,8	10089,	10275,	10462,	10649,	10836,	11023,
6000	11210,	11396,	11583,	11770,	11957,	12144,	12331,	12517,	12704,	12891,
7000	13078,	13265,	13452,	13638,	13825,	14012,	14199,	14386,	14573,	14759,
8000	14946,	15133,	15320,	15507,	15693,	15880,	16067,	16254,	16441,	16628,
9000	16814,	17001,	17188,	17375,	17562,	17749,	17935,	18122,	18309,	18496,

Torricelli (Torr, mm Hg) – Inch** of water at 3,96° C (in. H_2O)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	0,5353	1,0705	1,6058	2,1410	2,6763	3,2115	3,7468	4,2820	4,8173
10	5,3525	5,8878	6,4230	6,9583	7,4936	8,0288	8,5641	9,0993	9,6346	10,170
20	10,705	11,240	11,776	12,311	12,846	13,381	13,917	14,452	14,987	15,522
30	16,058	16,593	17,128	17,663	18,199	18,734	19,269	19,804	20,340	20,875
40	21,410	21,945	22,481	23,016	23,551	24,086	24,622	25,157	25,692	26,227
50	26,763	27,298	27,833	28,369	28,904	29,439	29,974	30,509	31,044	31,580
60	32,115	32,650	33,186	33,721	34,256	34,792	35,327	35,862	36,397	36,933
70	37,468	38,003	38,538	39,074	39,609	40,144	40,679	41,215	41,750	42,285
80	42,820	43,356	43,891	44,426	44,961	45,497	46,032	46,567	47,102	47,638
90	48,173	48,708	49,243	49,779	50,314	50,849	51,384	51,920	52,455	52,990

Pound-force / square inch*** – Technische Atmosphäre (at)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0000	7,0307	14,061	21,092	28,123	35,153	42,184	49,215	56,246	63,276
1000	70,307	77,338	84,368	91,399	98,430	105,46	112,49	119,52	126,55	133,58
2000	140,61	147,64	154,68	161,71	168,74	175,77	182,80	189,83	196,86	203,89
3000	210,92	217,95	224,98	232,01	239,04	246,07	253,11	260,14	267,17	274,20
4000	281,23	288,26	295,29	302,32	309,35	316,38	323,41	330,44	337,47	344,50
5000	351,53	358,57	365,60	372,63	379,66	386,69	393,72	400,75	407,78	414,81
6000	421,84	428,87	435,90	442,93	449,96	457,00	464,03	471,06	478,09	485,12
7000	492,15	499,18	506,21	513,24	520,27	527,30	534,33	541,36	548,39	555,42
8000	562,46	569,49	576,52	583,55	590,58	597,61	604,64	611,67	618,70	625,73
9000	632,76	639,79	646,82	653,85	660,89	667,92	674,95	681,98	689,01	696,04

Technische Atmosphäre (at) – Pound-force / square inch***

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	00,000	14,223	28,447	42,670	56,893	71,117	85,340	99,563	113,79	128,01
10	142,23	156,46	170,68	184,90	199,13	213,35	227,57	241,80	256,02	270,24
20	284,47	298,69	312,91	327,14	341,36	355,58	369,81	384,03	398,25	412,48
30	426,70	440,92	455,15	469,37	483,59	497,82	512,04	526,26	540,49	554,71
40	568,93	583,16	597,38	611,60	625,83	640,05	654,27	668,50	682,72	696,94
50	711,17	725,39	739,61	753,84	768,06	782,28	796,51	810,73	824,95	839,18
60	853,40	867,62	881,85	896,07	910,29	924,52	938,74	952,96	967,19	981,41
70	995,63	1009,9	1024,1	1038,3	1052,5	1066,8	1081,0	1095,2	1109,4	1123,6
80	1137,9	1152,1	1166,3	1180,5	1194,8	1209,0	1223,2	1237,4	1251,7	1265,9
90	1280,1	1294,3	1308,5	1322,8	1337,0	1351,2	1365,4	1379,7	1393,9	1408,1

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers. ** Inch (US). *** Inch (tech.).

Beispiele: 656 cal_{15} (0,656 $kcal_{15}$) = 2745,7 J; 65,6 cal_{15} = 274,57 J

15 °-Kalorien (cal_{15}) - Joule (J)

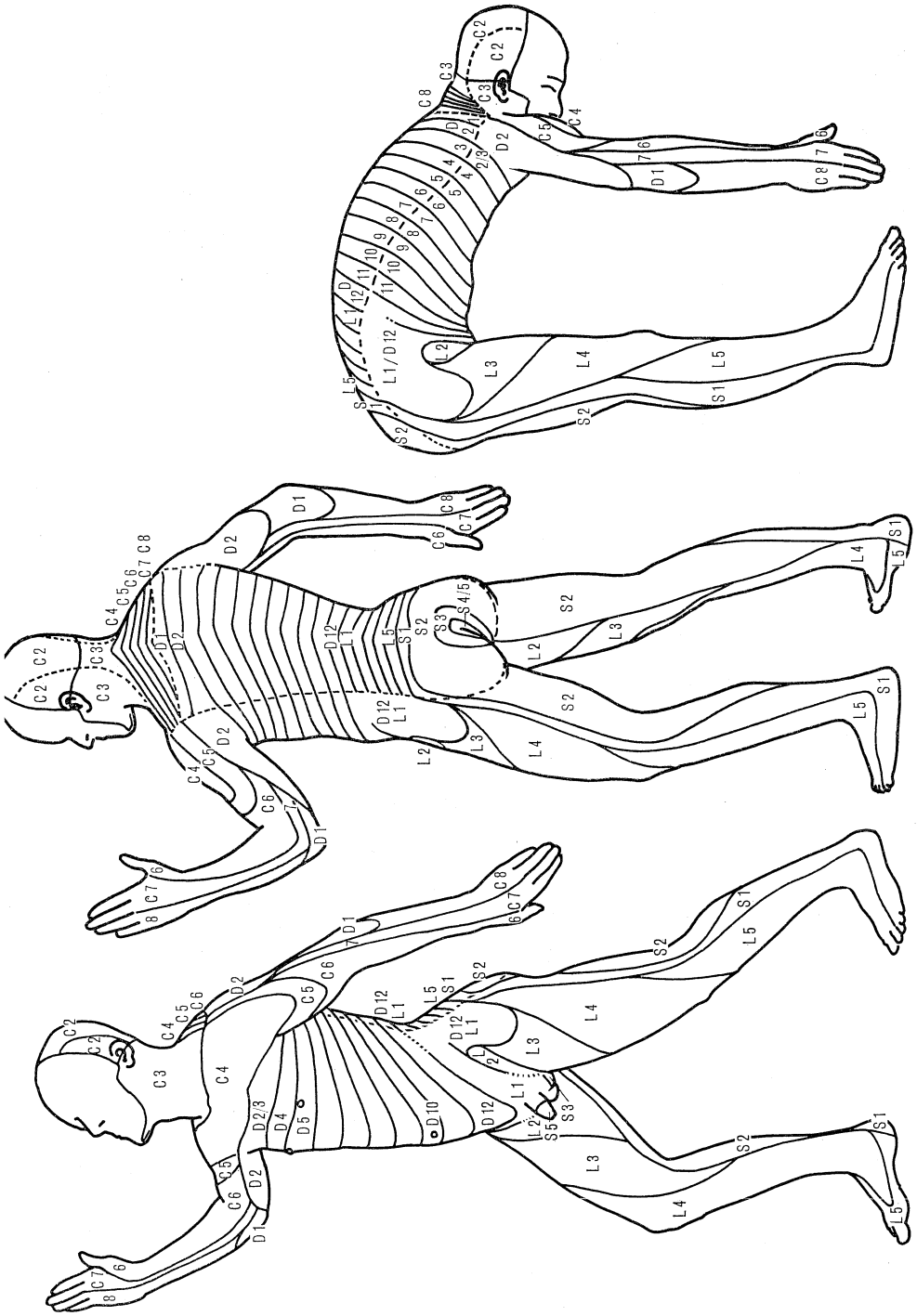
cal_{15}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	418,55	422,74	426,92	431,11	435,29	439,48	443,66	447,85	452,03	456,22
110	460,41	464,59	468,78	472,96	477,15	481,33	485,52	489,70	493,89	498,07
120	502,26	506,45	510,63	514,82	519,00	523,19	527,37	531,56	535,74	539,93
130	544,12	548,30	552,49	556,67	560,86	565,04	569,23	573,41	577,60	581,78
140	585,97	590,16	594,34	598,53	602,71	606,90	611,08	615,27	619,45	623,64
150	627,83	632,01	636,20	640,38	644,57	648,75	652,94	657,12	661,31	665,49
160	669,68	673,87	678,05	682,24	686,42	690,61	694,79	698,98	703,16	707,35
170	711,54	715,72	719,91	724,09	728,28	732,46	736,65	740,83	745,02	749,20
180	753,39	757,58	761,76	765,95	770,13	774,32	778,50	782,69	786,87	791,06
190	795,25	799,43	803,62	807,80	811,99	816,17	820,36	824,54	828,73	832,91
200	837,10	841,29	845,47	849,66	853,84	858,03	862,21	866,40	870,58	874,77
210	878,96	883,14	887,33	891,51	895,70	899,88	904,07	908,25	912,44	916,62
220	920,81	925,00	929,18	933,37	937,55	941,74	945,92	950,11	954,29	958,48
230	962,67	966,85	971,04	975,22	979,41	983,59	987,78	991,96	996,15	1000,3
240	1004,5	1008,7	1012,9	1017,1	1021,3	1025,4	1029,6	1033,8	1038,0	1042,2
250	1046,4	1050,6	1054,7	1058,9	1063,1	1067,3	1071,5	1075,7	1079,9	1084,0
260	1088,2	1092,4	1096,6	1100,8	1105,0	1109,2	1113,3	1117,5	1121,7	1125,9
270	1130,1	1134,3	1138,5	1142,6	1146,8	1151,0	1155,2	1159,4	1163,6	1167,8
280	1171,9	1176,1	1180,3	1184,5	1188,7	1192,9	1197,1	1201,2	1205,4	1209,6
290	1213,8	1218,0	1222,2	1226,4	1230,5	1234,7	1238,9	1243,1	1247,3	1251,5
300	1255,7	1259,8	1264,0	1268,2	1272,4	1276,6	1280,8	1284,9	1289,1	1293,3
310	1297,5	1301,7	1305,9	1310,1	1314,2	1318,4	1322,6	1326,8	1331,0	1335,2
320	1339,4	1343,5	1347,7	1351,9	1356,1	1360,3	1364,5	1368,7	1372,8	1377,0
330	1381,2	1385,4	1389,6	1393,8	1398,0	1402,1	1406,3	1410,5	1414,7	1418,9
340	1423,1	1427,3	1431,4	1435,6	1439,8	1444,0	1448,2	1452,4	1456,6	1460,7
350	1464,9	1469,1	1473,3	1477,5	1481,7	1485,9	1490,0	1494,2	1498,4	1502,6
360	1506,8	1511,0	1515,2	1519,3	1523,5	1527,7	1531,9	1536,1	1540,3	1544,4
370	1548,6	1552,8	1557,0	1561,2	1565,4	1569,6	1573,7	1577,9	1582,1	1586,3
380	1590,5	1594,7	1598,9	1603,0	1607,2	1611,4	1615,6	1619,8	1624,0	1628,2
390	1632,3	1636,5	1640,7	1644,9	1649,1	1653,3	1657,5	1661,6	1665,8	1670,0
400	1674,2	1678,4	1682,6	1686,8	1690,9	1695,1	1699,3	1703,5	1707,7	1711,9
410	1716,1	1720,2	1724,4	1728,6	1732,8	1737,0	1741,2	1745,4	1749,5	1753,7
420	1757,9	1762,1	1766,3	1770,5	1774,7	1778,8	1783,0	1787,2	1791,4	1795,6
430	1799,8	1804,0	1808,1	1812,3	1816,5	1820,7	1824,9	1829,1	1833,2	1837,4
440	1841,6	1845,8	1850,0	1854,2	1858,4	1862,5	1866,7	1870,9	1875,1	1879,3
450	1883,5	1887,7	1891,8	1896,0	1900,2	1904,4	1908,6	1912,8	1917,0	1921,1
460	1925,3	1929,5	1933,7	1937,9	1942,1	1946,3	1950,4	1954,6	1958,8	1963,0
470	1967,2	1971,4	1975,6	1979,7	1983,9	1988,1	1992,3	1996,5	2000,7	2004,9
480	2009,0	2013,2	2017,4	2021,6	2025,8	2030,0	2034,2	2038,3	2042,5	2046,7
490	2050,9	2055,1	2059,3	2063,5	2067,6	2071,8	2076,0	2080,2	2084,4	2088,6
500	2092,8	2096,9	2101,1	2105,3	2109,5	2113,7	2117,9	2122,0	2126,2	2130,4
510	2134,6	2138,8	2143,0	2147,2	2151,3	2155,5	2159,7	2163,9	2168,1	2172,3
520	2176,5	2180,6	2184,8	2189,0	2193,2	2197,4	2201,6	2205,8	2209,9	2214,1
530	2218,3	2222,5	2226,7	2230,9	2235,1	2239,2	2243,4	2247,6	2251,8	2256,0
540	2260,2	2264,4	2268,5	2272,7	2276,9	2281,1	2285,3	2289,5	2293,7	2297,8
550	2302,0	2306,2	2310,4	2314,6	2318,8	2323,0	2327,1	2331,3	2335,5	2339,7
560	2343,9	2348,1	2352,3	2356,4	2360,6	2364,8	2369,0	2373,2	2377,4	2381,5
570	2385,7	2389,9	2394,1	2398,3	2402,5	2406,7	2410,8	2415,0	2419,2	2423,4
580	2427,6	2431,8	2436,0	2440,1	2444,3	2448,5	2452,7	2456,9	2461,1	2465,3
590	2469,4	2473,6	2477,8	2482,0	2486,2	2490,4	2494,6	2498,7	2502,9	2507,1
600	2511,3	2515,5	2519,7	2523,9	2528,0	2532,2	2536,4	2540,6	2544,8	2549,0
610	2553,2	2557,3	2561,5	2565,7	2569,9	2574,1	2578,3	2582,5	2586,6	2590,8
620	2595,0	2599,2	2603,4	2607,6	2611,8	2615,9	2620,1	2624,3	2628,5	2632,7
630	2636,9	2641,1	2645,2	2649,4	2653,6	2657,8	2662,0	2666,2	2670,3	2674,5
640	2678,7	2682,9	2687,1	2691,3	2695,5	2699,6	2703,8	2708,0	2712,2	2716,4
650	2720,6	2724,8	2728,9	2733,1	2737,3	2741,5	2745,7	2749,9	2754,1	2758,2
660	2762,4	2766,6	2770,8	2775,0	2779,2	2783,4	2787,5	2791,7	2795,9	2800,1
670	2804,3	2808,5	2812,7	2816,8	2821,0	2825,2	2829,4	2833,6	2837,8	2842,0
680	2846,1	2850,3	2854,5	2858,7	2862,9	2867,1	2871,3	2875,4	2879,6	2883,8
690	2888,0	2892,2	2896,4	2900,6	2904,7	2908,9	2913,1	2917,3	2921,5	2925,7
700	2929,9	2934,0	2938,2	2942,4	2946,6	2950,8	2955,0	2959,1	2963,3	2967,5
710	2971,7	2975,9	2980,1	2984,3	2988,4	2992,6	2996,8	3001,0	3005,2	3009,4
720	3013,6	3017,7	3021,9	3026,1	3030,3	3034,5	3038,7	3042,9	3047,0	3051,2
730	3055,4	3059,6	3063,8	3068,0	3072,2	3076,3	3080,5	3084,7	3088,9	3093,1
740	3097,3	3101,5	3105,6	3109,8	3114,0	3118,2	3122,4	3126,6	3130,8	3134,9
750	3139,1	3143,3	3147,5	3151,7	3155,9	3160,1	3164,2	3168,4	3172,6	3176,8
760	3181,0	3185,2	3189,4	3193,5	3197,7	3201,9	3206,1	3210,3	3214,5	3218,6
770	3222,8	3227,0	3231,2	3235,4	3239,6	3243,8	3247,9	3252,1	3256,3	3260,5
780	3264,7	3268,9	3273,1	3277,2	3281,4	3285,6	3289,8	3294,0	3298,2	3302,4
790	3306,5	3310,7	3314,9	3319,1	3323,3	3327,5	3331,7	3335,8	3340,0	3344,2
800	3348,4	3352,6	3356,8	3361,0	3365,1	3369,3	3373,5	3377,7	3381,9	3386,1
810	3390,3	3394,4	3398,6	3402,8	3407,0	3411,2	3415,4	3419,6	3423,7	3427,9
820	3432,1	3436,3	3440,5	3444,7	3448,9	3453,0	3457,2	3461,4	3465,6	3469,8
830	3474,0	3478,2	3482,3	3486,5	3490,7	3494,9	3499,1	3503,3	3507,4	3511,6
840	3515,8	3520,0	3524,2	3528,4	3532,6	3536,7	3540,9	3545,1	3549,3	3553,5
850	3557,7	3561,9	3566,0	3570,2	3574,4	3578,6	3582,8	3587,0	3591,2	3595,3
860	3599,5	3603,7	3607,9	3612,1	3616,3	3620,5	3624,6	3628,8	3633,0	3637,2
870	3641,4	3645,6	3649,8	3653,9	3658,1	3662,3	3666,5	3670,7	3674,9	3679,1
880	3683,2	3687,4	3691,6	3695,8	3700,0	3704,2	3708,4	3712,5	3716,7	3720,9
890	3725,1	3729,3	3733,5	3737,7	3741,8	3746,0	3750,2	3754,4	3758,6	3762,8
900	3767,0	3771,1	3775,3	3779,5	3783,7	3787,9	3792,1	3796,2	3800,4	3804,6
910	3808,8	3813,0	3817,2	3821,4	3825,5	3829,7	3833,9	3838,1	3842,3	3846,5
920	3850,7	3854,8	3859,0	3863,2	3867,4	3871,6	3875,8	3880,0	3884,1	3888,3
930	3892,5	3896,7	3900,9	3905,1	3909,3	3913,4	3917,6	3921,8	3926,0	3930,2
940	3934,4	3938,6	3942,7	3946,9	3951,1	3955,3	3959,5	3963,7	3967,9	3972,0
950	3976,2	3980,4	3984,6	3988,8	3993,0	3997,2	4001,3	4005,5	4009,7	4013,9
960	4018,1	4022,3	4026,5	4030,6	4034,8	4039,0	4043,2	4047,4	4051,6	4055,7
970	4059,9	4064,1	4068,3	4072,5	4076,7	4080,9	4085,0	4089,2	4093,4	4097,6
980	4101,8	4106,0	4110,2	4114,3	4118,5	4122,7	4126,9	4131,1	4135,3	4139,5
990	4143,6	4147,8	4152,0	4156,2	4160,4	4164,6	4168,8	4172,9	4177,1	4181,3

Joule (J) - 15 °-Kalorien (cal_{15})

J	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	23,892	24,131	24,370	24,609	24,848	25,087	25,326	25,564	25,803	26,042
110	26,281	26,520	26,759	26,998	27,237	27,476	27,715	27,954	28,193	28,431
120	28,670	28,909	29,148	29,387	29,626	29,865	30,104	30,343	30,582	30,821
130	31,060	31,299	31,537	31,776	32,015	32,254	32,493	32,732	32,971	33,210
140	33,449	33,688	33,927	34,166	34,404	34,643	34,882	35,121	35,360	35,599
150	35,838	36,077	36,316	36,555	36,794	37,033	37,272	37,510	37,749	37,988
160	38,227	38,466	38,705	38,944	39,183	39,422	39,661	39,900	40,139	40,377
170	40,616	40,855	41,094	41,333	41,572	41,811	42,050	42,289	42,528	42,767
180	43,006	43,245	43,483	43,722	43,961	44,200	44,439	44,678	44,917	45,156
190	45,395	45,634	45,873	46,112	46,350	46,589	46,828	47,067	47,306	47,545
200	47,784	48,023	48,262	48,501	48,740	48,979	49,218	49,456	49,695	49,934
210	50,173	50,412	50,651	50,890	51,129	51,368	51,607	51,846	52,085	52,323
220	52,562	52,801	53,040	53,279	53,518	53,757	53,996	54,235	54,474	54,713
230	54,952	55,191	55,429	55,668	55,907	56,146	56,385	56,624	56,863	57,102
240	57,341	57,580	57,819	58,058	58,296	58,535	58,774	59,013	59,252	59,491
250	59,730	59,969	60,208	60,447	60,686	60,925	61,164	61,402	61,641	61,880
260	62,119	62,358	62,597	62,836	63,075	63,314	63,553	63,792	64,031	64,270
270	64,508	64,747	64,986	65,225	65,464	65,703	65,942	66,181	66,420	66,659
280	66,898	67,137	67,375	67,614	67,853	68,092	68,331	68,570	68,809	69,048
290	69,287	69,526	69,765	70,004	70,243	70,481	70,720	70,959	71,198	71,437
300	71,676	71,915	72,154	72,393	72,632	72,871	73,110	73,348	73,587	73,826
310	74,065	74,304	74,543	74,782	75,021	75,260	75,499	75,738	75,977	76,216
320	76,454	76,693	76,932	77,171	77,410	77,649	77,888	78,127	78,366	78,605
330	78,844	79,083	79,321	79,560	79,799	80,038	80,277	80,516	80,755	80,994
340	81,233	81,472	81,711	81,950	82,189	82,427	82,666	82,905	83,144	83,383
350	83,622	83,861	84,100	84,339	84,578	84,817	85,056	85,294	85,533	85,772
360	86,011	86,250	86,489	86,728	86,967	87,206	87,445	87,684	87,923	88,162
370	88,400	88,639	88,878	89,117	89,356	89,595	89,834	90,073	90,312	90,551
380	90,790	91,029	91,267	91,506	91,745	91,984	92,223	92,462	92,701	92,940
390	93,179	93,418	93,657	93,896	94,135	94,373	94,612	94,851	95,090	95,329
400	95,568	95,807	96,046	96,285	96,524	96,763	97,002	97,240	97,479	97,718
410	97,957	98,196	98,435	98,674	98,913	99,152	99,391	99,630	99,869	100,11
420	100,35	100,59	100,82	101,06	101,30	101,54	101,78	102,02	102,26	102,50
430	102,74	102,97	103,21	103,45	103,69	103,93	104,17	104,41	104,65	104,89
440	105,12	105,36	105,60	105,84	106,08	106,32	106,56	106,80	107,04	107,28
450	107,51	107,75	107,99	108,23	108,47	108,71	108,95	109,19	109,43	109,66
460	109,90	110,14	110,38	110,62	110,86	111,10	111,34	111,58	111,81	112,05
470	112,29	112,53	112,77	113,01	113,25	113,49	113,73	113,96	114,20	114,44
480	114,68	114,92	115,16	115,40	115,64	115,88	116,12	116,35	116,59	116,83
490	117,07	117,31	117,55	117,79	118,03	118,27	118,50	118,74	118,98	119,22
500	119,46	119,70	119,94	120,18	120,42	120,65	120,89	121,13	121,37	121,61
510	121,85	122,09	122,33	122,57	122,80	123,04	123,28	123,52	123,76	124,00
520	124,24	124,48	124,72	124,96	125,19	125,43	125,67	125,91	126,15	126,39
530	126,63	126,87	127,11	127,34	127,58	127,82	128,06	128,30	128,54	128,78
540	129,02	129,26	129,49	129,73	129,97	130,21	130,45	130,69	130,93	131,17
550	131,41	131,64	131,88	132,12	132,36	132,60	132,84	133,08	133,32	133,56
560	133,80	134,03	134,27	134,51	134,75	134,99	135,23	135,47	135,71	135,95
570	136,18	136,42	136,66	136,90	137,14	137,38	137,62	137,86	138,10	138,33
580	138,57	138,81	139,05	139,29	139,53	139,77	140,01	140,25	140,49	140,72
590	140,96	141,20	141,44	141,68	141,92	142,16	142,40	142,64	142,87	143,11
600	143,35	143,59	143,83	144,07	144,31	144,55	144,79	145,02	145,26	145,50
610	145,74	145,98	146,22	146,46	146,70	146,94	147,17	147,41	147,65	147,89
620	148,13	148,37	148,61	148,85	149,09	149,33	149,56	149,80	150,04	150,28
630	150,52	150,76	151,00	151,24	151,48	151,71	151,95	152,19	152,43	152,67
640	152,91	153,15	153,39	153,63	153,86	154,10	154,34	154,58	154,82	155,06
650	155,30	155,54	155,78	156,01	156,25	156,49	156,73	156,97	157,21	157,45
660	157,69	157,93	158,17	158,40	158,64	158,88	159,12	159,36	159,60	159,84
670	160,08	160,32	160,55	160,79	161,03	161,27	161,51	161,75	161,99	162,23
680	162,47	162,70	162,94	163,18	163,42	163,66	163,90	164,14	164,38	164,62
690	164,85	165,09	165,33	165,57	165,81	166,05	166,29	166,53	166,77	167,01
700	167,24	167,48	167,72	167,96	168,20	168,44	168,68	168,92	169,16	169,39
710	169,63	169,87	170,11	170,35	170,59	170,83	171,07	171,31	171,54	171,78
720	172,02	172,26	172,50	172,74	172,98	173,22	173,46	173,69	173,93	174,17
730	174,41	174,65	174,89	175,13	175,37	175,61	175,85	176,08	176,32	176,56
740	176,80	177,04	177,28	177,52	177,76	178,00	178,23	178,47	178,71	178,95
750	179,19	179,43	179,67	179,91	180,15	180,38	180,62	180,86	181,10	181,34
760	181,58	181,82	182,06	182,30	182,53	182,77	183,01	183,25	183,49	183,73
770	183,97	184,21	184,45	184,69	184,92	185,16	185,40	185,64	185,88	186,12
780	186,36	186,60	186,84	187,07	187,31	187,55	187,79	188,03	188,27	188,51
790	188,75	188,99	189,22	189,46	189,70	189,94	190,18	190,42	190,66	190,90
800	191,14	191,37	191,61	191,85	192,09	192,33	192,57	192,81	193,05	193,29
810	193,53	193,76	194,00	194,24	194,48	194,72	194,96	195,20	195,44	195,68
820	195,91	196,15	196,39	196,63	196,87	197,11	197,35	197,59	197,83	198,06
830	198,30	198,54	198,78	199,02	199,26	199,50	199,74	199,98	200,22	200,45
840	200,69	200,93	201,17	201,41	201,65	201,89	202,13	202,37	202,60	202,84
850	203,08	203,32	203,56	203,80	204,04	204,28	204,52	204,75	204,99	205,23
860	205,47	205,71	205,95	206,19	206,43	206,67	206,90	207,14	207,38	207,62
870	207,86	208,10	208,34	208,58	208,82	209,06	209,29	209,53	209,77	210,01
880	210,25	210,49	210,73	210,97	211,21	211,44	211,68	211,92	212,16	212,40
890	212,64	212,88	213,12	213,36	213,59	213,83	214,07	214,31	214,55	214,79
900	215,03	215,27	215,51	215,74	215,98	216,22	216,46	216,70	216,94	217,18
910	217,42	217,66	217,90	218,13	218,37	218,61	218,85	219,09	219,33	219,57
920	219,81	220,05	220,28	220,52	220,76	221,00	221,24	221,48	221,72	221,96
930	222,20	222,43	222,67	222,91	223,15	223,39	223,63	223,87	224,11	224,35
940	224,58	224,82	225,06	225,30	225,54	225,78	226,02	226,26	226,50	226,74
950	226,97	227,21	227,45	227,69	227,93	228,17	228,41	228,65	228,89	229,12
960	229,36	229,60	229,84	230,08	230,32	230,56	230,80	231,04	231,27	231,51
970	231,75	231,99	232,23	232,47	232,71	232,95	233,19	233,42	233,66	233,90
980	234,14	234,38	234,62	234,86	235,10	235,34	235,58	235,81	236,05	236,29
990	236,53	236,77	237,01	237,25	237,49	237,73	237,96	238,20	238,44	238,68

* Nachdruck nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

Radikuläre Dermatome unter Berücksichtigung der Rami ventrales et dorsales

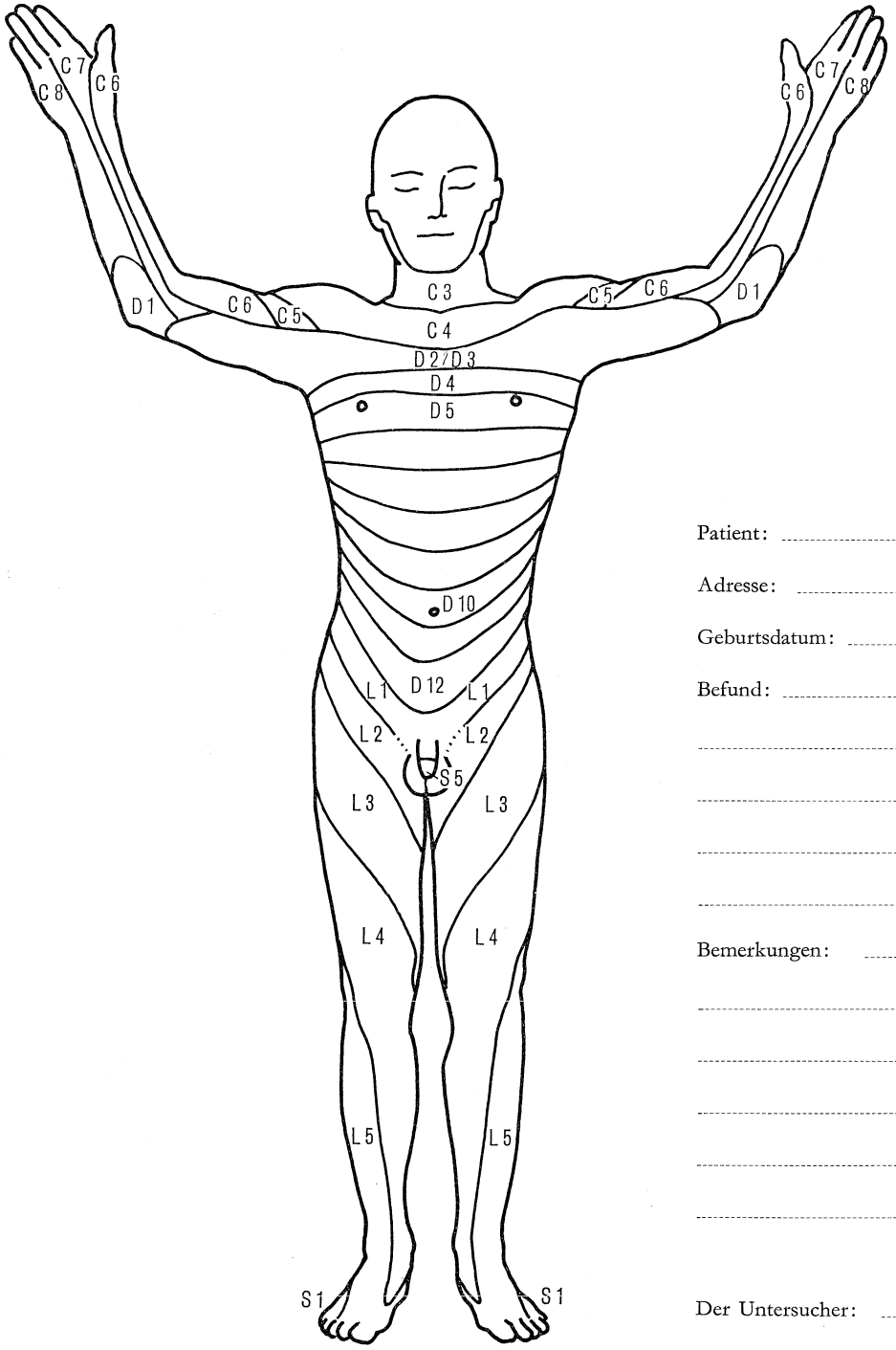


© Copyright 1960 by J. R. Geigy S.A., Basle, Switzerland

Folia medica Geigy, Nr. 1

Unter der Bezeichnung *Folia medica Geigy* geben wir in zwangloser Folge eine Reihe von Einzelblättern heraus, die bei Bedarf kostenlos bei uns nachbezogen werden können.

J. R. Geigy A.G., Pharmazeutische Abteilung, Basel 16 (Schweiz)



Patient: .....

Adresse: .....

Geburtsdatum: .....

Befund: .....

.....

.....

.....

.....

Bemerkungen: .....

.....

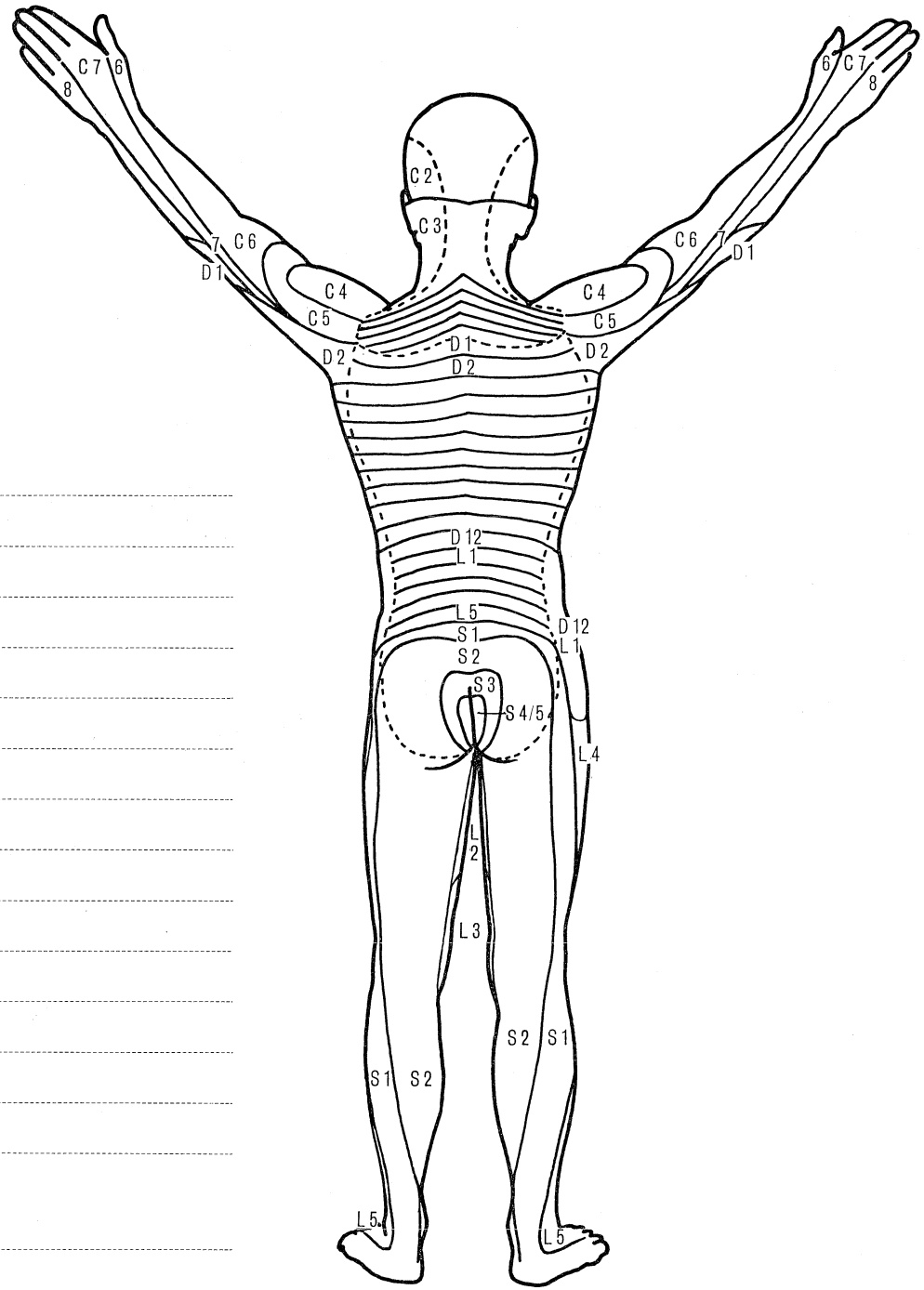
.....

.....

.....

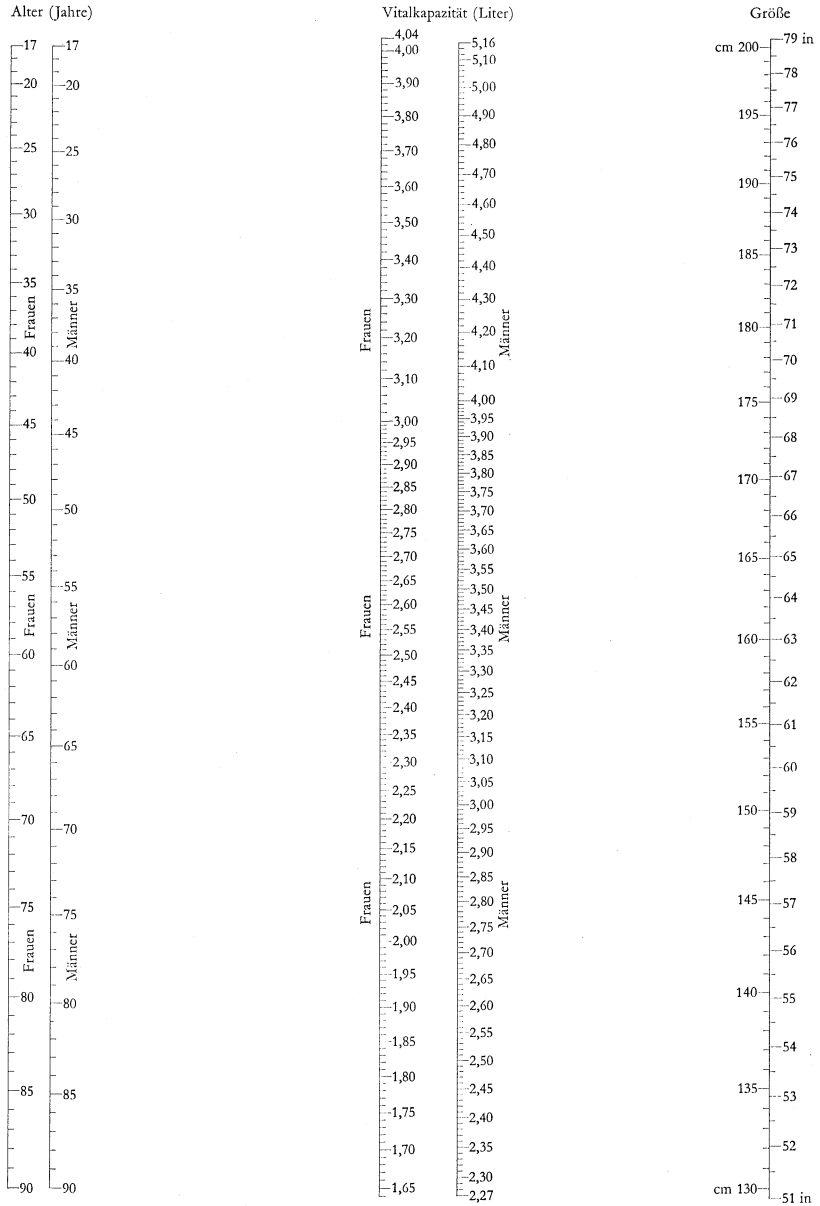
.....

Der Untersucher: .....



1) Nach Alois Brügger und Charlotte Rhonheimer (Neurochirurgische Universitätsklinik Zürich, Direktor: Prof. Dr. med. H. Krayenbühl), in: Vertebrale, radikuläre und pseudoradikuläre Syndrome, *Acta rheumatologica Geigy*.

Nomogramm zur Bestimmung der Vitalkapazität[1]



Man verbindet Alter und Körpergröße durch eine Gerade. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der mittleren Skala ergibt die Vitalkapazität in Liter.

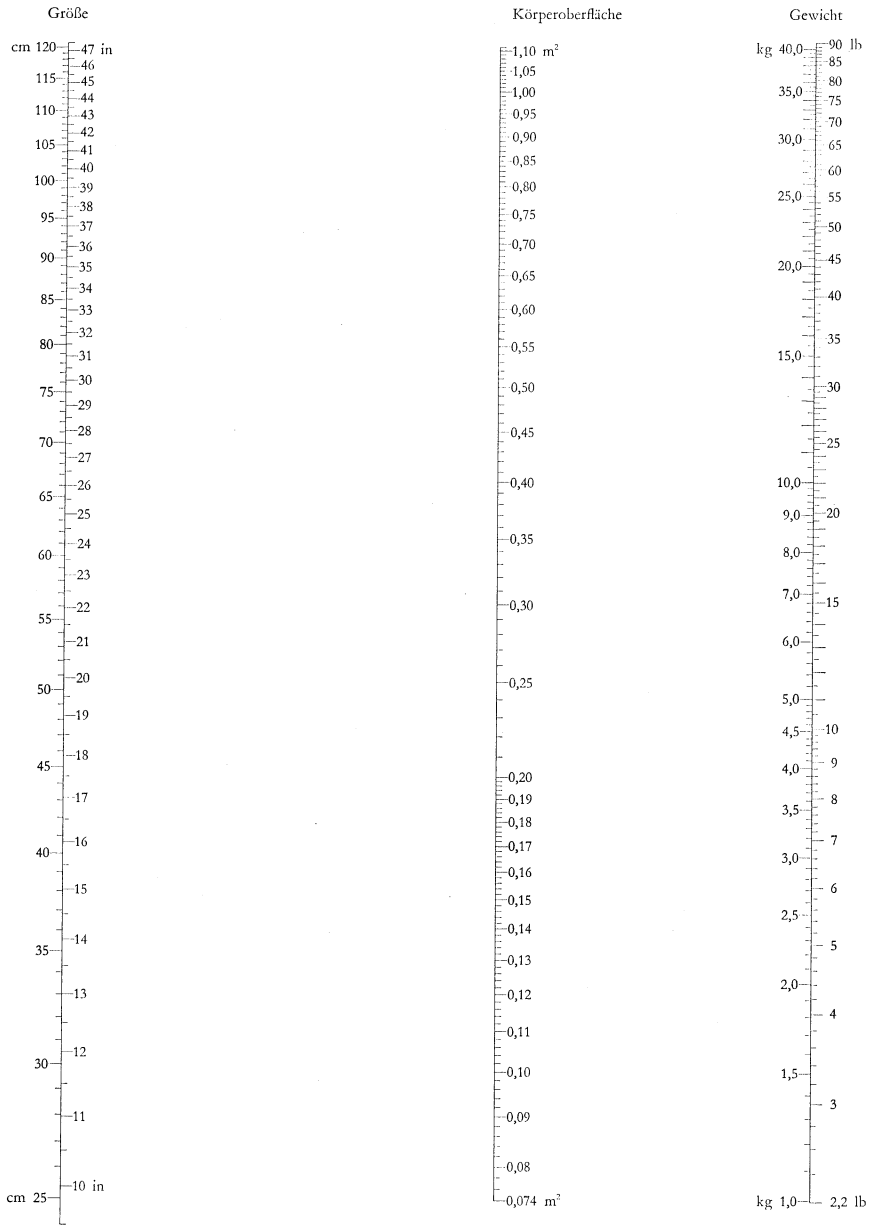
1) Nach der Formel von COURNAND, A., zitiert in ROSSIER et al., *Physiologie und Pathophysiologie der Atmung*, 2. Aufl., Berlin (1958), S. 95: Männer: $[27{,}63 - (0{,}112 \times A)] \times H$, Frauen: $[21{,}78 - (0{,}101 \times A)] \times H$, wobei A = Alter in Jahren, H = Größe in Zentimeter.

Folia medica Geigy, Nr. 2

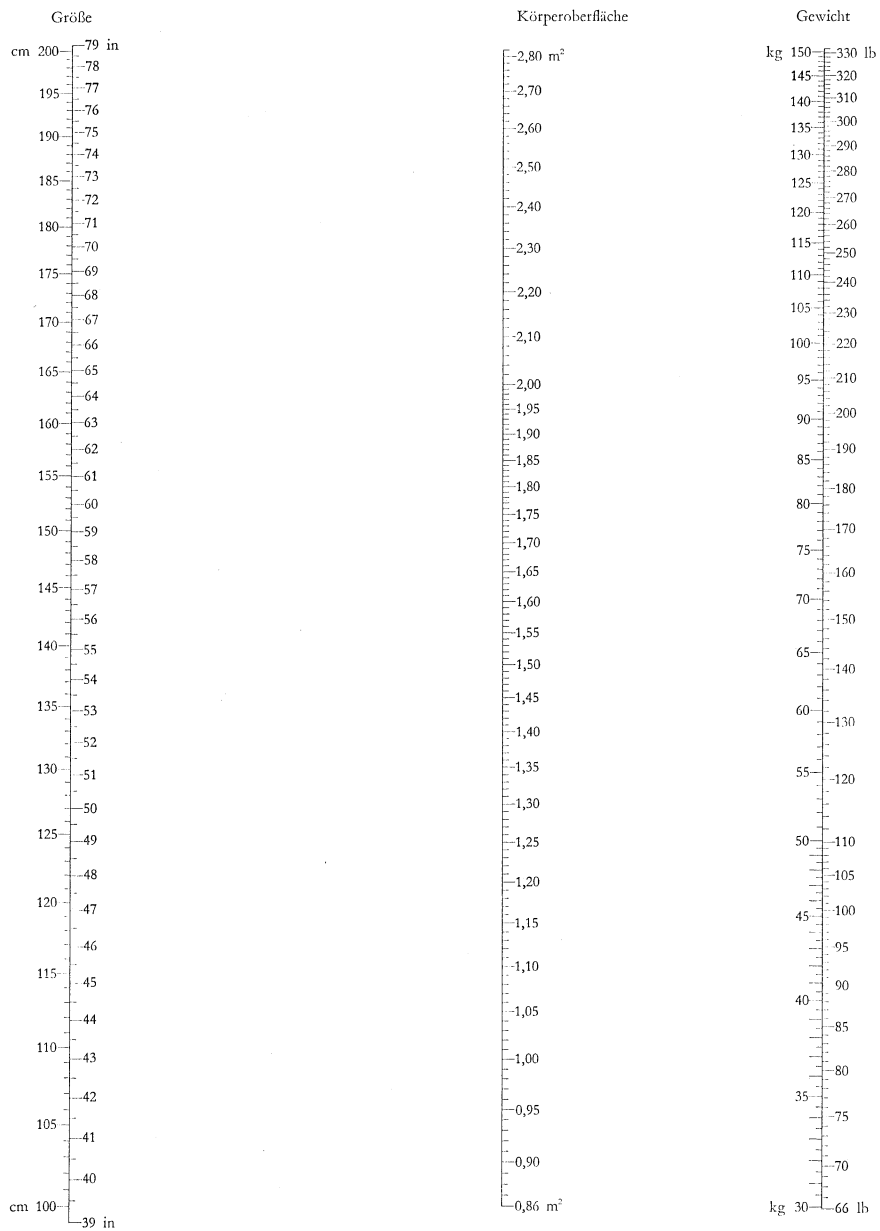
Unter der Bezeichnung *Folia medica Geigy* geben wir in zwangloser Folge eine Reihe von Einzelblättern heraus, die bei Bedarf kostenlos bei uns nachbezogen werden können.

J. R. Geigy A.G., Pharmazeutische Abteilung, Basel 16 (Schweiz)

Nomogramm zur Berechnung der Körperoberfläche[1] von Kindern



Nomogramm zur Berechnung der Körperoberfläche[1] Erwachsener



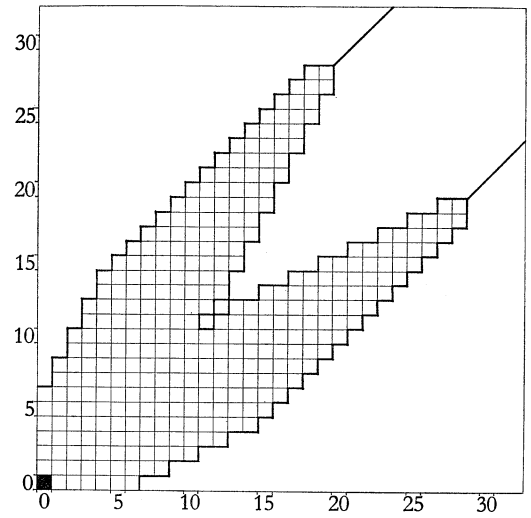
Man verbindet Körpergröße und -gewicht durch eine Gerade. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der mittleren Skala ergibt die Körperoberfläche.

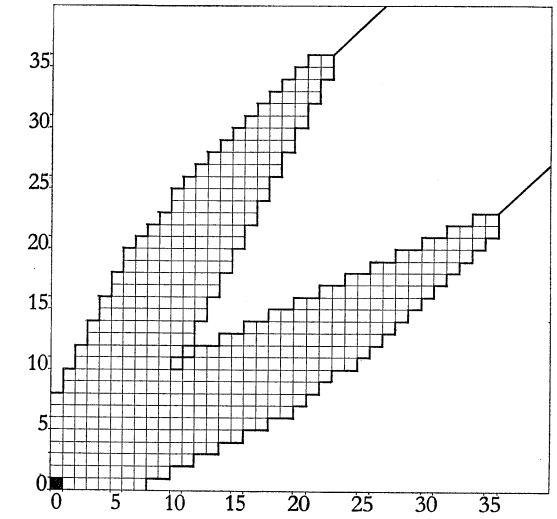
1) Nach der Formel von DuBois und DuBois, *Arch. intern. Med.*, **17**, 863 (1916): $O = G^{0,425} \times H^{0,725} \times 71{,}84$ oder $\log O = \log G \times 0{,}425 + \log H \times 0{,}725 + 1{,}8564$, wobei O = Körperoberfläche in Quadratzentimeter, G = Gewicht in Kilogramm, H = Größe in Zentimeter.

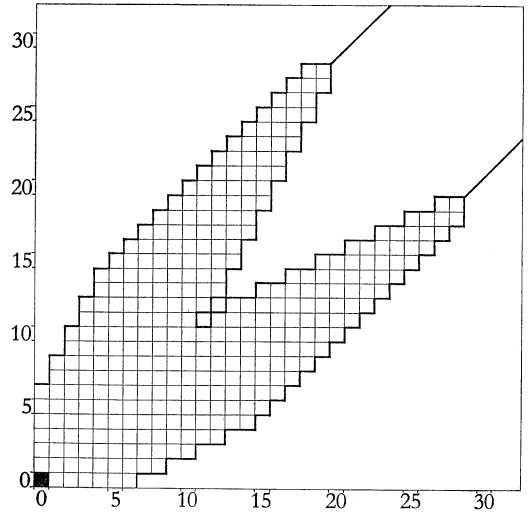
Folia medica Geigy, Nr. 3

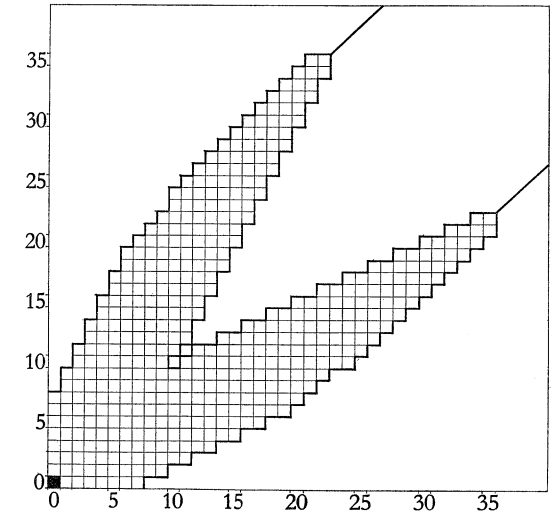
Pläne zur Sequentialanalyse auf Grund von Paardifferenzen[1]

$2\alpha = 0{,}1$ ← Signifikanzwahrscheinlichkeit → $2\alpha = 0{,}05$









Anwendungsbeispiel: Es soll geprüft werden, ob Medikament A besser sei als Medikament B. Aus dem Patientenmaterial werden zwei Patienten herausgegriffen. Beide sind *gleichzeitig* oder *kurz* nacheinander zu behandeln, wobei ein Münzenwurf entscheide, welcher Patient das Medikament A erhalten soll. Die Beurteilung der Wirkung erfolgt nach der Skala

Mittel A besser
Mittel B besser
kein Unterschied

Ist Mittel A besser, kreuze man das Feld *senkrecht über* dem schwarzen

Anwendungsbeispiel: Es soll geprüft werden, ob Medikament A besser sei als Medikament B. Aus dem Patientenmaterial werden zwei Patienten herausgegriffen. Beide sind *gleichzeitig* oder *kurz* nacheinander zu behandeln, wobei ein Münzenwurf entscheide, welcher Patient das Medikament A erhalten soll. Die Beurteilung der Wirkung erfolgt nach der Skala

Mittel A besser
Mittel B besser
kein Unterschied

Ist Mittel A besser, kreuze man das Feld *senkrecht über* dem schwarzen

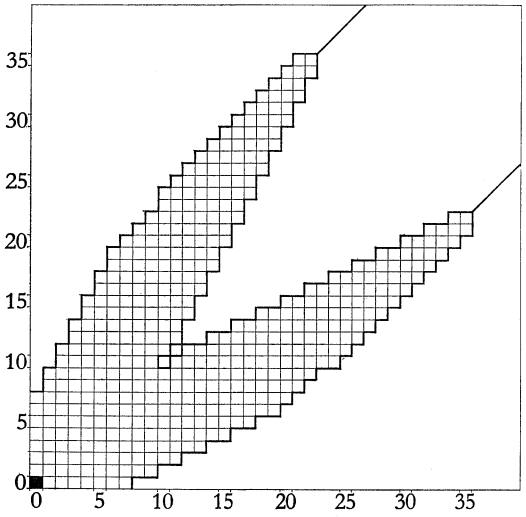
1) Nach Bross, I., *Biometrics*, **8**, 188 (1952). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.

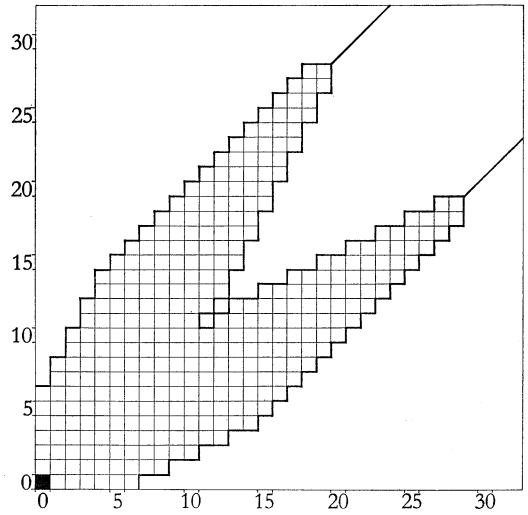
(Fortsetzung siehe Rückseite)

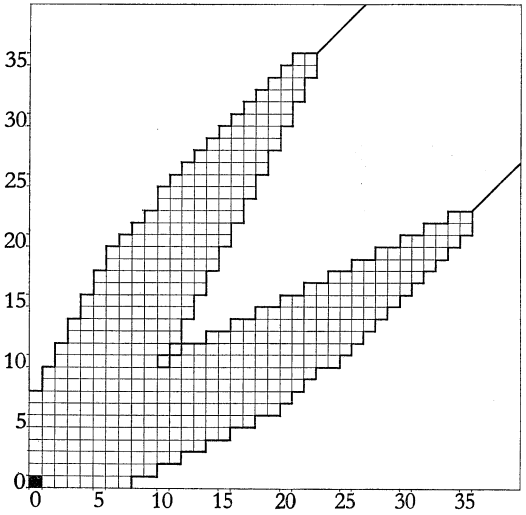
J. R. Geigy A.G., Pharmazeutische Abteilung, Basel 16 (Schweiz)

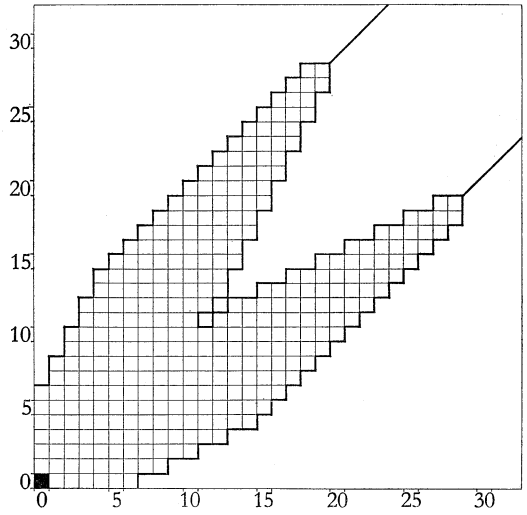
Pläne zur Sequentialanalyse auf Grund von Paardifferenzen[1]

$2\alpha = 0{,}05$ ← Signifikanzwahrscheinlichkeit → $2\alpha = 0{,}1$









Quadrat an. Ist Mittel B besser, markiere man das Feld *waagrecht daneben*. Besteht kein Unterschied, wird kein Eintrag gemacht. Danach schreitet man zum zweiten Versuch, der gleich angelegt wird, wie oben beschrieben. Das Resultat wird in derselben Weise eingetragen wie beim ersten Versuch, als Bezugsquadrat dient hingegen das beim ersten Versuch markierte Feld, beim dritten Versuch das im zweiten Versuch markierte Feld usw. Sobald im Laufe der Versuchsserie eine Grenze überschritten wird, gilt:

a) obere Grenze: Medikament A ist besser
b) untere Grenze: Medikament B ist besser
c) mittlere Grenze: kein Unterschied festzustellen

Signifikanzwahrscheinlichkeit von a) und b): 2α

Quadrat an. Ist Mittel B besser, markiere man das Feld *waagrecht daneben*. Besteht kein Unterschied, wird kein Eintrag gemacht. Danach schreitet man zum zweiten Versuch, der gleich angelegt wird, wie oben beschrieben. Das Resultat wird in derselben Weise eingetragen wie beim ersten Versuch, als Bezugsquadrat dient hingegen das beim ersten Versuch markierte Feld, beim dritten Versuch das im zweiten Versuch markierte Feld usw. Sobald im Laufe der Versuchsserie eine Grenze überschritten wird, gilt:

a) obere Grenze: Medikament A ist besser
b) untere Grenze: Medikament B ist besser
c) mittlere Grenze: kein Unterschied festzustellen

Signifikanzwahrscheinlichkeit von a) und b): 2α

---

1) Nach Bross, I., *Biometrics*, **8**, 188 (1952). Nachdruck mit Erlaubnis des Autors und des Verlages.