

# Informations - Informationen - Informazioni - Notes

## EXPERIENTIA MAJORUM

### Notizen zur Geschichte der Sphygmographie

#### II

#### *Die Anfänge der physikalischen Pulsforschung im 17. und 18. Jahrhundert*

War in den beschreibenden Naturwissenschaften durch die Renaissance der Bann endgültig gebrochen worden, der seit dem Altertum auf dem Studium der Pflanzen- und Tierwelt lag, so machte sich in der Lehre von den Körperfunktionen über das 17. Jahrhundert hinaus noch immer der Einfluß galenischer Betrachtungsweise geltend. Als Beweis für diese Tatsache mögen auf unserem eng umschriebenen Gebiet einzelne Anschauungen des posnischen Arztes JOSEF STRUTHIUS (STRUSS, 1510 bis 1568) und des oberitalienischen Physiologen SANTORIO SANTORIO (SANCTORIUS, 1561–1636) angeführt werden.

In seiner seltenen Schrift *Sphymicae artis iam mille ducentos annos perditae et desideratae Libri V* (Basel, Joh. Oporin, 1555) sucht der Leibarzt des Königs SIGMUND AUGUST von Polen der von GALEN überlieferten, aber später nach seiner Ansicht wieder vernachlässigten, 1200 Jahre alten Pulslehre neues Leben zu verleihen und ihre Stellung in der Physiologie, Diagnostik und Therapie zu festigen. Bei aller Aufgeschlossenheit gegenüber den Grundsätzen der neuen Naturforschung bleibt seine Darstellung doch weitgehend dem scholastischen Denken verhaftet. Und der Inhalt seines Werkchens basiert in allen Teilen auf der Pulslehre GALENS, die ja bekanntlich in der Unterscheidung unzähliger Pulsarten kaum mehr zu übertreffen war. Immerhin finden sich erste Anzeichen einer ernst zu nehmenden naturwissenschaftlichen Skepsis, die am deutlichsten im Buch über die Technik des Pulsfühlers (Lib. II) zum Ausdruck kommt. Er betont dort immer wieder die Schwierigkeit der Palpation und läßt an verschiedenen Stellen durchblicken, daß eine Pulsunterscheidung lediglich durch Betastung ungenügend ist. Insbesondere weist er im Abschnitt über die Erkennung der einzelnen Pulsrhythmen darauf hin, daß für eine umfassende Beurteilung des Pulses das Verhältnis der Zeitdauer der Kontraktion und der Distension der Arterie bestimmt werden muß<sup>1</sup>. Es sei unmöglich, mit dem Finger den Beginn der Dehnung und das Ende der Zusammenziehung der Arterie festzustellen. Ohne Zweifel ist STRUTHIUS bestrebt, den Vorgang an der Arterie möglichst genau zu registrieren und damit einer der wichtigsten Körperfunktionen auf den Grund zu gehen.

Die bei ihm vorhandenen Ansätze einer physiologischen Pulsforschung, aus der später die Sphygmographie hervorgehen sollte, blieben jedoch unbeachtet. Vorerst stand das von der medizinischen Praxis her gestellte Problem der Pulszählung im Vordergrund des Interesses. Wenn dieses auch mit unserem Thema nur in loserem Zusammenhang steht, so müssen die dafür verwendeten Hilfsmittel zur Wahrung der geschichtlichen Kontinuität doch einer kurzen Betrachtung unterzogen werden. In den letzten Jahrzehnten des 16. Jahrhunderts hatte GALILEI die Gesetze der Pendelschwingungen entdeckt. Damit war ein neuer Weg für die Zeitbestimmung gewiesen. Es ist nun verständlich,

<sup>1</sup> *Rhythmi non noscentur, nisi integra tempora distensionis et contractionis, noscantur. horum enim temporum proportionem ex comparatione, rhythmus sunt. quo pacto autem comparabimus ad invicem ea quae ignota nobis sunt? Quod vero ignota sint integra tempora motus utriusque, nobis inde constat, quoniam et motus distensionis et contractionis integer, nobis cognitus esse non potest. Lib. II, cap. 12, pag. 119 seq.*

daß sich auch die Ärzte dieses willkommenen Mittels bedienten, um den zeitlichen Ablauf bestimmter Vorgänge zu erfassen. Als nächstliegendes Phänomen bot sich der Puls der neuen Betrachtungsweise dar. Der erste, der nach HUARD<sup>1</sup> das Verfahren des Pendels für die Pulszählung angewendet hätte, wäre ein gewisser ROGANUS (1594) gewesen. Doch sind darüber keine Einzelheiten bekannt.

AN GALILEI knüpft auch der paduanische Gelehrte SANTORIO an, der als Begründer der Lehre vom vegetativen Stoffwechsel und der medizinischen Thermometrie betrachtet werden darf. Auch bei ihm fällt jedoch trotz allen fortschrittlichen Ideen die starke Abhängigkeit von GALEN auf. Viele seiner Neuerungen gehen auf Äußerungen des pergamenischen Fürsten der Heilkunde zurück. Dies zeigen besonders deutlich seine *Commentaria in primam fen primi libri Canonis Avicennae* (Venedig 1646), in denen er immer wieder an die Überlieferung anknüpft. Aber auch seine Theorie über die *Perspiratio insensibilis*, die er durch seine Methode

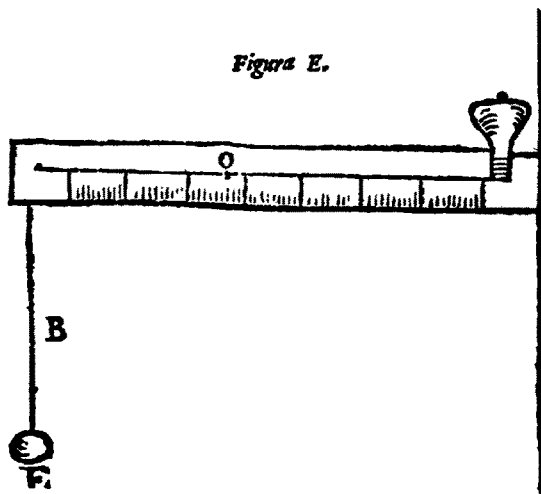


Fig. 1. Das einfache Pulsilogium des SANTORIO SANTORIO in Seitenansicht. Aus SANTORIO, *Commentaria in primam fen... Avicennae*, Col. 109 seq.

des Wägens genau glauben messen zu können, schließt eng an GALENS Lehre von der Wichtigkeit der Hautausscheidung an. Das Ziel seiner Tätigkeit sah SANTORIO darin, aus der «konjekturen» Medizin eine Wissenschaft der quantitativen Größen zu machen. Nach GALEN müsse ein Weg gefunden werden, nicht nur die «Art», sondern auch die «Quantität» einer Krankheit zu erkennen. Nach langem Nachdenken darüber, wie dieses Ziel erreicht werden könne, habe er vier Instrumente ausgedacht (Quaest. VI, col. 28). Als erstes dieser Instrumente, das er offenbar auch für das wichtigste hielt, beschreibt SANTORIO *nostrum pulsilogium*, mit Hilfe dessen «auf Grund mathematischer Sicherheit» die Frequenz des Pulses bestimmt werden könne. Die in Aussicht gestellte genaue Beschreibung dieses Instrumentes hat SANCTORIUS nie gegeben. Gewissermaßen als ein vereinfachtes «Modell» betrachtet der Autor die in der dazugehörigen Figur abgebildete, über einen Meterstab gespannte Pendelschnur, die ja nach der Länge des herabhängenden Stückes der Schnur mehr oder weniger rasche Schwingungen ausführt. Mit diesem Pulsilogium

<sup>1</sup> LÉON HUARD, *Aperçu historique sur la sphygmographie*. Thèse méd. Paris 1892. Prés.: Alexandre Laboulbène.

lassen sich vergleichende Bestimmungen der Pulsfrequenz durchführen, die sehr genaue Werte ergeben und vom Arzt gut im Gedächtnis behalten werden können. In einer späteren Abbildung ist dasselbe Instrument in seitlicher Ansicht dargestellt (vgl. Fig. 1 auf Seite 250). Ein zweites *Pulsilogium*, mit Hilfe dessen nicht nur die Zeit, sondern auch die Frequenz des Pulses bestimmt werden könne, besitzt die Form eines Zifferblattes mit zwei Skalen, die nach dem Stand des «radius» bzw. «radiolus» je sieben *differentiae frequentionis* erkennen lassen (siehe die zweite Figur). Wie dieses In-

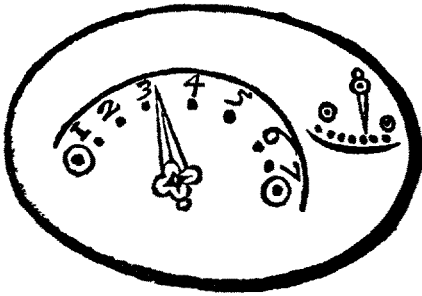


Fig. 2. Das nicht näher beschriebene Instrument des SANTORIO für die Pulsdiagnostik.

strument verwendet wurde, ob wir darin eine Art «Uhr» zu sehen haben, kann nicht gesagt werden. Das nach dem Pendelprinzip konstruierte «*Horologium*» von CHRISTIAN HUYGENS (1629–95) wurde ja erst im Jahre 1656 erfunden.

Das Meßgerät des SANTORIO, das lediglich Vergleichswerte vermittelte, war ohne Zweifel schon vor der Herausgabe dieses «Commentars» bekannt. Denn genau dasselbe «Modell» ist unter Berufung auf «SANTES SANCTORIUS» schon 1636 in den «Mathematischen und Philosophischen Erquickstunden» des Altdorfer Professors DANIEL SCHWENTER (1585–1636) genau beschrieben. Aus seiner Anleitung seien nach der Wiedergabe des Textes bei E. P. HÄUSSLER<sup>1</sup> einige der wichtigsten Sätze zum besseren Verständnis der ganzen Methode zitiert:

«Wann nun ein Artzt dem Krancken den Pulß griefft und sein Alter weiß / hält er den Faden auf dasselbige grad / so kan er durch die bewegung deß gewichtleins erfahre / umb wieviel grad der Pulß zu geschwind oder langsam schlage. Oder aber so er heut den Pulß griffen / und mit dem schlag das Gewichtlein verglichen / mercket er die Zahl der graden welche das Knötelein berührt / so kan er deß andern Tags sehen / umb wieviel er langsam: oder geschwinder schlage.»

Auf dem Umweg über Frankreich fand dieses Instrument bei den deutschen Naturforschern Eingang. Wie HALLER in seinen *Elementa physiologiae* schreibt, hätte um jene Zeit JOHANNES KEPLER (1571–1630) in seiner *Astronomia* auf die Bedeutung der Pulszählung aufmerksam gemacht. Die Stelle konnte ich allerdings nicht finden.

Die Entdeckung des Blutkreislaufes durch HARVEY (1628) stellte auch die Pulsforschung vor ganz neue Probleme. Die quantitative Betrachtungsweise, die den genialen Engländer zu seiner Schlußfolgerung geführt hatte, bemächtigte sich immer mehr der Kreislaufforschung. Und gerade hier mußte die rein physikalische

Methode ihre größten Erfolge zeitigen. Es wurden die ersten Untersuchungen über die Herzkraft angestellt. Die einzelnen Physiologen gingen allerdings, so verdienstvoll ihre Bestrebungen an und für sich waren, von ganz verschiedenen Voraussetzungen aus. Überdies wandte der erste erfolgreiche Bearbeiter dieses Problems, GIOVANNI ALFONSO BORELLI (1608–79) noch ganz unzulängliche Vergleiche der Kraft des Herzmuskels mit derjenigen von Extremitätsmuskeln an (1680). Aber doch war die Bahn frei geworden für die neue Richtung innerhalb der Physiologie, die auch der Sphygmographie neue Aspekte eröffnete.

Der erste, der die Herzkraft dank der Einbeziehung des Begriffes des Schlagvolumens des Herzens einigermaßen richtig berechnete, war der Basler Arzt und Physiker DANIEL BERNOULLI (1700–82). Er teilte seine Ergebnisse erstmals in einer bis vor kurzem unbekannten akademischen Promotionsrede am 4. Oktober 1737 mit. O. SPIESS und F. VERZAR haben unlängst eingehend über diese schönen physiologischen Studien BERNOULLIS<sup>1</sup> berichtet, die bisher erst aus der Dissertation von DANIEL PASSAVANT (1748) bekannt waren. Dieser wie sein Lehrer fußen in ihren Untersuchungen teilweise auf den Vorarbeiten von STEPHEN HALES (1677–1761), der in der Geschichte unseres Wissenszweiges eine wichtige Stellung einnimmt. Ohne Übertreibung darf HALES wohl als der begabteste, nichtmedizinische Physiologe jener Zeit bezeichnet werden. Er war Pfarrer und Rektor in einem englischen Landstädtchen, widmete sich jedoch in seiner freien Zeit den verschiedenartigsten experimentellen Studien, durch die er sich namentlich um die pflanzliche und tierische Physiologie große Verdienste erworben hat.

Die an den Tieren angestellten Versuche veröffentlichte er in der ausgezeichneten Schrift *Statistical Essays, containing Hæmastatics*, die 1733 in London erschien<sup>2</sup>. HALES machte sich in ausgiebiger Weise die neuesten hydrostatischen Ergebnisse der Physik zunutze, und er darf die Ehre für sich in Anspruch nehmen, daß er von physiologischen Gesetzmäßigkeiten ausgehend die Lehre vom Blutdruck begründet hat. Er führte bei verschiedenen Tieren, vor allem bei Pferden und Hunden, Glasrohre in die Schenkelarterie ein und beobachtete dann das Ansteigen des Blutes in der Kanüle. Bei jedem Pulsschlag konnte er die Schwankungen des Niveaus der Blutsäule ablesen, und vor allem ging es ihm darum, den Einfluß des Blutverlustes auf die Höhe des Druckes in der Röhre zu bestimmen. Die Tabelle auf Seite 252 zeigt, zu welchen Resultaten HALES bei seinem ersten Experiment gelangte. Die späteren Versuche sind mehr oder weniger bloße Variationen und bieten für die Lehre vom Blutdruck kaum Neues. HALES fiel nun bei seiner Forschungstätigkeit verschiedenen Fehlern zum Opfer, die ihm denn auch von den späteren Bearbeitern schwer angekreidet wurden. In methodischer Hinsicht ist zu sagen, daß das Blut in der Röhre rasch gerann und daher die abgelesenen Steighöhen von Anfang an dadurch beeinträchtigt sein mußten. Noch schwerer wiegt die Tatsache, daß HALES aus einer rein hydrostatischen Größe den gesamten im Kreislaufsystem herrschenden Druck beurteilen wollte. Der Einfluß des Querschnittes eines bestimmten Gefäßes auf die darin herrschenden Widerstände, also auf den Seitendruck, blieb ihm vollständig verborgen. Die Bedeutung dieser Faktoren wurde erst in der *Hydrodynamica* von DANIEL BERNOULLI (s. unten) klargestellt.

<sup>1</sup> In: Zwei Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft. Basel 1941.

<sup>2</sup> Ich benützte die 2. Auflage von 1740.

<sup>1</sup> Beschreibung eines «Pulsmessers (Sphygmaticum)» aus dem Anfang des 17. Jahrhunderts. Mitt. Gesch. Med. 14, 107f. (1915).

Eine umfassende Würdigung der gesamten Vorarbeiten auf dem Gebiet der Sphygmographie gibt ALBRECHT HALLER im zweiten Band seiner *Elementa physiologiae* (Lausanne 1760). Er geht dabei im Abschnitt über den Wanddruck in den Arterien<sup>1</sup> auf die Analyse der Bewegungen der einzelnen Blutkörperchen ein, wie sie von dem Basler Physiker JAKOB HERMANN (1678–1733) und PETER ANTON MICHELOTTI versucht worden war. Auch

Anschließend an BERNOULLI weist HALLER auf den in bestimmten periodischen Abständen wechselnden Druck in den Schlagadern hin und führt den Blutdruck in streng physikalischer Ableitung vor allem darauf zurück, daß die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den Venen langsamer ist als in den Arterien. Ja dieser stellte mathematisch betrachtet nichts anderes dar als die *differentia velocitatis in primo arteriae principio, inque fine ultimo*. Als wichtigsten Kronzeugen für seine Auffassung führt er FRANÇOIS BOISSIER DE SAUVAGES (1706–67) in Montpellier an, der ein sehr geschicktes Verfahren zur Demonstration des Seitendruckes herausgefunden habe.

Der bekannte Systematiker der Nosologie hatte das Werk von HALES ins Französische übersetzt und mit ausführlichen Kommentaren versehen herausgegeben<sup>1</sup>. Anschließend an die Nachprüfung der Versuche des englischen Physiologen und an die *Hydrodynamik* von DANIEL BERNOULLI hatte SAUVAGES<sup>2</sup> genaue Messungen über die Ausdehnung der Aorta und der Arterien durch den Pulsschlag angestellt. Auch er macht die Vergrößerung des Umfanges der Aorta von dem Widerstand in den äußeren Gefäßen abhängig. Er überträgt mit andern Worten die Ergebnisse BERNOULLIS auf den Blutkreislauf, berücksichtigt indessen auch die Tatsache, daß die Elastizität der Arterienwände die Verhältnisse grundlegend verändert. Eine weitere Einschränkung dieser Gesetze sieht er in der Viskosität des Blutes und dem Anhaften der Blutkörperchen an der Oberfläche der Arterien; infolgedessen verhalte sich die aktuelle zur virtuellen Geschwindigkeit wie 1:30. Der Elastizitätsfaktor macht sich geltend bei der postmortalen Dehnung der Gefäßwände. SAUVAGES unternimmt genaue Messungen des Elastizitätsmoduls und stellt fest, daß ein etwa «3 Daumen» langes Stück bei allmählicher Belastung bis auf das Doppelte gedehnt werden kann, noch größer ist die Zugfestigkeit (*tenacitas*) des Gefäßes. In einer längeren mathematisch-physikalischen Darlegung geht SAUVAGES dann der Frage nach, weshalb die Venen im Gegensatz zu den Arterien nicht pulsieren. Auch einige pathologische Fragen sind beiläufig berührt. Wer die von STAHL Vitalismus erfüllte Persönlichkeit des französischen Arztes kennt, der wird nicht wenig überrascht sein, bei ihm eine mechanistische Denkweise in der Ausprägtheit zu finden, wie sie aus der im Herbst 1754 verfaßten Abhandlung hervorgeht. Diese Tatsache zeigt aufs neue, wie tief die Anschauungen der Iatrophysiker verwurzelt waren.

Kehren wir abschließend zu HALLER zurück, der der Messung des Blutdruckes ein besonderes Kapitel widmet, so stellen wir fest, daß hier zwar einige Ergänzungen zu dem früher Gesagten beigefügt sind, daß er aber mit dieser physiologischen Registrierungsmethode noch sehr wenig anzufangen weiß. Das Verfahren von STEPHEN HALES wird zwar erwähnt, aber ohne daß darin etwas grundsätzlich Neues erkannt würde. Wenn sich HALLER die Mühe genommen hätte, etwas näher darauf einzugehen, so müßte er auf Grund seiner ausgezeichneten Studien über die Funktion des Herzmuskels deren Unzulänglichkeit erkannt haben. Wie bei SAUVAGES ist für HALLER die Druckmessung an der Arterie entweder ein lineäres Problem, das durch die Bestimmung der Vergrößerung des Umfanges genügend geklärt erscheint, oder dann läßt sich der Blutdruck im Sinne von HALES durch eine statische Größe, nämlich

\* These 5 Ounces loft in preparing the Artery.

By this Time there is a Pint loft in making the several Trials, which is not allowed for in this Table.

The several Trials.	The Quantities of Blood let out in Wine Measure.		The several Heights of the Blood after these evacuations	
	Quarts	Pints	Feet	Inches
1	0	* 5 Ounces	8	3
2	1	0	7	8
3	2		7	2
4	3		6	6 $\frac{1}{2}$
5	4		6	10 $\frac{1}{2}$
6	5		6	1 $\frac{1}{2}$
7	6		5	5 $\frac{1}{2}$
8	7		4	8
9	8		3	3
10	8	1	3	7 $\frac{1}{2}$
11	9	0	3	10
12	9	1	3	6 $\frac{1}{2}$
13	10	0	3	9 $\frac{1}{2}$
14	10	1	4	3 $\frac{1}{2}$
15	11	0	3	8
16	11	1	3	10 $\frac{1}{2}$
17	12	0	3	9
18	12	1	3	7 $\frac{1}{2}$
19	13	0	3	2
20	13	1	4	
21	14	0	3	9
22	14	1	3	3
23	15	0	3	4 $\frac{1}{2}$
24	15	1	3	1
25	16	0	2	4

Fig. 3. Tabelle zum ersten, am Pferd angestellten Experiment, de den Einfluß der Blutentnahme auf die Höhe der Blutsäule in der eingeführten Meßkanüle zeigt (nach HALES, *Hæmastatics*).

in der Zusammenfassung durch HALLER erkennt man die ausgesprochen mechanistische, ja fast geometrische Betrachtungsweise der Blutbewegung, die durch die Entdeckung der roten Blutkörperchen (SWAMMERDAN, 1658, dann genauer MALPIGHI und LEEUWENHOEK) aufgekommen war. Sehr eingehend sind dann bei HALLER die Auswirkungen dieses Seitendruckes auf die krankhaft veränderten Arterienwände (Aortenaneurysma usw.) behandelt. Die große Fülle pathologisch-anatomischer Beobachtungen gerade am Kreislaufsystem bei LANCISI, MORGAGNI (*Adversaria*) u.a. wird also hier bereits auch pathologisch-physiologisch verwertet. In der anschließenden Betrachtung über die wellenförmige Bewegung des Blutes in den Arterien, das nach HALLER als ein einziges großes System von Röhren in Rechnung gesetzt werden muß, hört man die Darlegungen aus der *Hydrodynamica* (Straßburg 1738) von DANIEL BERNOULLI<sup>2</sup> heraus. Aber auch gewisse erste Anzeichen der WEBERSchen Wellenlehre lassen sich hier bereits finden.

<sup>1</sup> *Pressio in latera arteriarum perpendicularis*, l. c., pag. 231 seq.  
<sup>2</sup> Erschienen 1744 in Genf bei den Erben von Cramer et Frères Philibert.

<sup>1</sup> Vgl. den 12. Abschnitt über die «Statik der bewegten Flüssigkeiten, die sog. hydraulische Statik».  
<sup>2</sup> *Nova acta physico-medica Acad. Caes. Leopoldino-Carolinae Nat. Curios.* vol. 1, Nürnberg 1757, pagg. 128–141.

die Höhe der Blutsäule in einem seitlich eingeführten Rohr bestimmen. Von einer volumetrischen Betrachtung ist nicht einmal in theoretischer Hinsicht die Rede. Sie blieb den Forschern des 19. Jahrhunderts vorbehalten.

H. BUSS.

### Tagung der Chemiedozenten in Heidelberg vom 15. bis 18. April 1947

Professor FREUDENBERG lud im Namen der Chemischen Gesellschaft von Heidelberg zu einer Tagung der Chemiedozenten ein. Es folgten der Einladung Vertreter der Hochschulen aus Freiburg, Tübingen, Karlsruhe, München, Heidelberg, Darmstadt, Mainz, Erlangen, Gießen, Marburg, Bonn, Aachen und zahlreiche Vertreter aus der Industrie.

Der erste Tag wurde der anorganischen und physikalischen Chemie gewidmet, anderthalb Tage der makromolekularen Chemie und ein Tag der organischen und physiologischen Chemie. Es kann an dieser Stelle nur ein kleiner Ausschnitt aus dem Inhalt der gebotenen Vorträge (über 40) gegeben werden, wobei bei der Auswahl ein subjektiver Maßstab nicht zu vermeiden ist. Bemerkenswert war die Bereitschaft der Vertreter der Industrie, über technische Fortschritte zu berichten.

WILHELM KLEMM hielt vier Kurzvorträge über das Verhalten des Magnesiums zu den Erdalkalimetallen, über das System Phosphor/Arsen, über magnetisches Verhalten und Konstitution von Titantrichlorid, elektrische Leitfähigkeit der Vanadinoxide. WEIRZ teilte neue Untersuchungen über die Adsorption an oberflächenaktiven Stoffen mit. So wird dampfförmiges AgJ durch Kieselgel «entfärbt», Leukobasen der Malachitgrünreihe und andere Substanzen werden durch Adsorption farbig. Diese Erscheinungen sind auf Polarisierungseffekte zurückzuführen. KORTÜM korrigierte verschiedene frühere Angaben über Fremdgaseffekte bei der Lichtabsorption von Halogenen und teilte systematische eigene Messungen mit. Der Fremdgaseffekt geht vermutlich auf eine spezifische Wechselwirkung zwischen den Gasteilchen zurück, die sich in einer Entmischung der Gasphase (Solvation im Gaszustand) äußert. VON SUSICH gab die Zusammensetzung dreier in Europa gebräuchlicher Kontakte für die Butadiendarstellung bekannt. Neben der Elementaranalyse hatte die röntgenographische Methode den Hauptanteil an der Strukturanalyse der Kontakte. MEERWEIN entdeckte und untersuchte die Polymerisationsfähigkeit des Tetrahydrofurans. Die Polymerisation verläuft schematisch wie die bekannte des Äthylenoxyds. Als Katalysatoren wirken Verbindungen der Klasse der tertiären Oxoniumsalze. Die Wirkungsweise der Katalysatoren und der Polymerisationsablauf wurden aufgeklärt. Es liegt eine Ionenkettenpolymerisation vor. HUSEMANN untersuchte im Anschluß an die Arbeiten von BERGSTRÖM und KARRER Schwefelsäureester makromolekularer Substanzen auf ihre blutgerinnungshemmenden Eigenschaften. Es wurde ein Zusammenhang von Molekülgröße, Molekülform mit Wirksamkeit und Toxizität gefunden. Bestimmte Präparate zeigen etwa die gleiche klinische Brauchbarkeit wie das schwieriger zugängliche Heparin. KERN: Über die molekulare Wirkungsweise von Peroxydkatalysatoren und über die Wirkungsweise von Inhibitoren auf die Polymerisation von Vinylderivaten ist fast nichts bekannt. Durch die Zusammenarbeit verschiedener Laboratorien konnte aufgeklärt werden, daß die beste katalytische Wirkung beim Vor-

liegen eines Redoxsystems in molarem Verhältnis erreicht wird. Zunächst entsteht aus dem Peroxyd ein Radikal. Dieses Radikal löst die Polymerisation nach dem Radikalkettenschema aus. MÜNSTER revidiert verschiedene Ansichten über die theoretische Auswertung von osmotischen Daten von Lösungen makromolekularer Kettenmoleküle. Er führt die Nichtgültigkeit der Gasgesetze auf eine Abweichung von der statistischen Mechanik zurück, die auf dem Größenunterschied von Lösungsmittelmolekül und Makromolekül beruht. Die Rolle der Solvation und Beweglichkeit der Ketten wird thermodynamisch formuliert. Aus den vorliegenden Messungen geht hervor, daß die Kettenmoleküle nur eine geringe innere Beweglichkeit aufweisen. G. V. SCHULZ faßte bisherige Arbeiten, die über die Größe und Gestalt der Makromoleküle Aussagen machen, zusammen und erweiterte sie durch eigene Messungen und Rechnungen. Die nach verschiedenen Methoden gewonnenen Ergebnisse geben in einigen Fällen, z. B. bei Zellulosederivaten und Polystyrol gute Übereinstimmung, in anderen Fällen bestehen noch Diskrepanzen, z. B. beim Kautschuk und beim Polyisobutylene. Die Gestalt der Kettenmoleküle ist vom Lösungsmittel abhängig, gute Lösungsmittel stabilisieren die Gestalt. HENGSTENBERG unternahm an verschiedenen Kunststoffen ultrazentrifugale Molekulargewichtsbestimmungen. Technische Produkte zeigen oft ein kompliziertes Sedimentationsverhalten, so daß eine Bestimmung des mittleren Molekulargewichtes schwierig ist. Es fehlt bis jetzt eine Schnellmethode zur Bestimmung des Verteilungsgrades der Molekulargewichte. Der Referent hält am aussichtsreichsten eine Kombination von Lichtstreuungsmessungen und Messungen des osmotischen Druckes. WÜRSTLIN: Die Ermittlung der Dielektrizitätszahl von Kunststoffen mit polaren Gruppen (z. B. Polyamide, Polyester) liefert eine für diese Stoffe charakteristische Zahl. Mit der DK läßt sich der Einfrierpunkt eines Kunststoffes bestimmen. Der Gang der DK mit der Temperatur ist abhängig vom Molekulargewicht, von der Länge der Monomeren und dem eventuellen Vorhandensein von Seitenketten. Die Zusammenhänge von Konstitution und DK können qualitativ gut gedeutet werden. Er klärte an ausführlichen Arbeiten an Polyestern experimentell die konstitutionellen Voraussetzungen für das Vorhandensein einer Gummielastizität auf. WOLF teilte die deformierbaren Kunststoffe nach ihrem elastisch-plastischen Verhalten in fünf Gruppen ein. HOPF: Während die zu festen Kunststoffen führende Blockpolymerisation des Äthylens Drucke über 1000 atm erfordert, gelingt die Polymerisation des Äthylens in Lösung oder Emulsion schon bei Drucken unter 50 atm. Sämtliche Polymere enthalten in geringer Menge Fremdgruppen, herrührend vom Katalysator oder von Resten des Luftsauerstoffes. Die Fremdatomare sitzen an den Endgruppen. WITTIG sprach über den Einfluß der metallorganischen Bindung auf die Isomerisierbarkeit metallierter Äther. Es läßt sich eine Reihe mit verschiedenen Metallen metallierter Äther nach ihrer Isomerisierungsgeschwindigkeit aufstellen. Am schnellsten isomerisieren Li-Verbindungen. Das geeignetste Lösungsmittel ist das Tetrahydrofuran. SCHÖPF erläuterte vier spezielle Synthesen unter physiologischen Verhältnissen. THEILACKER lehnt auf Grund sorgfältiger Untersuchungen die in der Literatur beschriebene Existenz optisch aktiver Salze von asymmetrischen Nitroverbindungen ab. HELFERICH beschrieb die Isolierung einer besonders aktiven Phosphatase aus Kartoffelpreßsaft. WALDSCHMIDT-LEITZ zerlegte die Protamine Clupein und Salmin in die Aminosäuren, trennte diese quan-