

der Si-O-Schichtebenen gebunden werden, und daß die — nur bei hohem Säuregehalt des Elektrolyten — an der Oberfläche gebundenen Anionen an den Rändern der Aluminiumhydroxyd-Schichtebenen gebunden werden.

Die Darstellung zeigt, daß wir bei aller Vorsicht heute doch schon imstande sind, das chemische Verhalten der aktiven Oberflächen mit der Kristallstruktur der Kolloidteilchen in Verbindung zu bringen und dafür klare, nur wenig schematisierte Darstellungen zu geben.

Wir hoffen, daß die Fortsetzung unserer Untersuchungen dazu beitragen wird, ein zunehmend klareres Bild über das Wesen des Tons und seiner Eigenschaften zu gewinnen.

Zusammenfassung.

1. Die durch die röntgenographischen und kolloid-chemischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse

über die heute einigermaßen bekannten Tonminerale zeigt die Tabelle 2 auf S. 546.

2. Der über die Montmorillonit-Zusammensetzung ($\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 4$) hinaus vorhandene SiO_2 -Gehalt in manchen Bentoniten kristallisiert je nach dem geologischen Alter, bei den jüngeren tertiären Bentoniten (Tomești, Rumänien) als Hochcristobalit, bei älteren silurischen Ordovician-Bentoniten (Wyoming, U.S.A.) als Quarz aus.

3. Die Menge und Art der austauschfähigen Basen beeinflussen das plastische Verhalten der Kaoline, wie die Standfestigkeit von Bodentonen.

4. Die Aktivierung der Bleicherden beruht auf den Austausch der Basen gegen Wasserstoff. Die so gebildete „Tonsäure“ bewirkt die Bleichung.

Verfasser danken Fr. E. Buchholz für die Anfertigung der Röntgenaufnahmen und der Photometrierungen. [A. 82.]

Fortschritte der physiologischen Chemie seit 1929.

III. Vitamine*).

B-Vitamine

(Eingeg. 29. Mai 1934.)

Von Priv.-Doz. Dr. TH. WAGNER-JAUREGG, Kaiser Wilhelm-Institut f. medizin. Forschung, Abtlg. Chemie, Heidelberg.

Die Entwicklung der biologischen Erforschung dieser Gruppe wasserlöslicher Vitamine ist gekennzeichnet durch eine immer weitere Aufteilung in Einzelfaktoren, so daß man gegenwärtig bereits sechs B-Vitamine (B_1 , B_2 usw.) unterscheidet. Die Prüfung im Tauben- und Rattenversuch hat gezeigt, daß nicht alle diese Stoffe für beide Tierarten Vitamine darstellen; beispielsweise benötigen nur Tauben, nicht dagegen Ratten das Vitamin B_3 . Man zählt zu dieser Klasse von Vitaminen übrigens auch einige Ernährungsfaktoren (Y-Faktor, antianämische Faktoren, H-Vitamin, Physin usw.), welche mit den eigentlichen B-Vitaminen die Wasserlöslichkeit und das hauptsächlichste Vorkommen in Hefe und Leber gemein haben. Neben spezifischen Ausfallserscheinungen erzeugt ihr Fehlen in der Nahrung in manchen Fällen als gemeinsames Symptom Wachstumsstillstand. Ob alle in der Literatur beschriebenen Faktoren tatsächlich existieren, erscheint noch fraglich¹⁾; andererseits besteht die Möglichkeit, daß wir heute noch gar nicht alle Vertreter dieser Vitamingruppe kennen. Hier sollen nur die biologisch und chemisch genauer untersuchten Vitamine B_1 , B_2 und B_4 behandelt werden^{1a)}.

Vitamin B_1 .

Antiberiberi- oder antineuritisches Vitamin^{1b)}.

Chemische Zusammensetzung. Im Jahre 1926 stellten B. C. P. Jansen und W. F. Donath dieses Vitamin aus Reiskleie in Form von Kristallen dar, denen

¹⁾ Bereits erschienen sind die Abschnitte I. Naturstoffe, vgl. diese Ztschr. 47, 247, 271, 286, 290, 294, 315, 318, 351 [1934]; II. Enzyme, ebenda 47, 447, 451, 475, 491, 515 [1934], und III. Vitamine, ebenda 47, 523 [1934].

^{1a)} Siehe dazu z. B.: R. C. Lewis, Journ. Nutrition 6, 559 [1930].

^{1b)} Eine ausführliche Zusammenstellung der neueren Forschungsergebnisse findet man in den Artikeln von A. Winterstein u. C. Funk in G. Klein, Handbuch der Pflanzenanalyse, 4. Bd., S. 1067 (1933), Verlag J. Springer, Berlin; und A. Winterstein u. K. Schön in W. Weichardt, Ergebnisse der Hygiene, Bakteriologie usw., XIV. Bd., S. 454 (1933), Verlag J. Springer, Berlin.

^{1b)} In der japanischen Literatur auch als Oryzanin bezeichnet.

sie die Formel $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}$ zuschrieben. Nach B. C. P. Jansen, H. W. Kinnersley, R. A. Peters und V. Reader²⁾ entsprach von einem derartigen Präparat einer B_1 -Einheit im Taubenversuch eine Tagesdosis von 9 γ , im Rattenversuch eine solche von 5 γ (peroral). 1932 machten A. Windaus, R. Tschesche, H. Ruhkopf, F. Laquer und F. Schultz³⁾ die unerwartete Feststellung, daß im Molekül dieses Vitamins außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff auch noch Schwefel enthalten ist und daß es die Summenformel $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{OS}$ besitzt. Wie Tabelle 1 zeigt, stimmen die Analysen von Präparaten anderer Autoren teils auf Formeln, die ein H_2O mehr enthalten (Hydrat?), teils deuten sie auf einen Minder- bzw. Mehrgehalt von zwei Atomen Wasserstoff hin. Auch bezüglich der biologischen Wirksamkeit bestehen geringe Unterschiede.

Tabelle 1.

Autoren	Ausgangsmaterial (Ausbeute an Vit.- B_1 -Hydrochlorid)	Summenformel	Einer Tauben-Einheit entsprechen:
1. A. Windaus u. Mitarbeiter . .	70—80 mg aus 100 kg Brauereihefe	$\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{OS}$ (+ H_2O)	1,4—3,3 γ
2. S. Ohdake ⁴⁾ . .	100—250 mg aus 20 kg mit B_1 gemästeter Pferdehefe	$\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}$ ($\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}$)	2,5 γ
3. A. G. van Veen ⁵⁾		$\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}$	
4. B. C. P. Jansen, J. P. Wibaut, P. J. Hubers u. P. W. Wiardi ⁶⁾	Reiskleie	$\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}$	

²⁾ Biochemical Journ. 24, 1824 [1930].

³⁾ Ztschr. physiol. Chem. 204, 123 [1932]; Nachr. Ges. Wiss., Göttingen, Mathem. Phys. Kl. 1932, 342. R. Tschesche, Chem.-Ztg. 56, 166 [1932].

⁴⁾ Proceed. Imp. Acad., Tokyo 10, 95 [1934]; Bull. Agr. Chem. Soc. Japan 10, 71 [1934].

⁵⁾ Rec. Trav. chim. Pays-Bas 49, 1178 [1930]; 50, 610 [1931]; 51, 265, 279 [1932]. Chem. Ztrbl. 1931, I, 1126. Ztschr. physiol. Chem. 208, 125 [1932].

⁶⁾ Rec. Trav. chim. Pays-Bas 52, 366 [1933].

Die biologisch wirksamsten Präparate stellten *H. W. Kinnersley, J. R. O'Brien und R. A. Peters*⁷⁾ aus Hefe dar (500 mg aus 2000 kg frischer Bäckerhefe); von den wirksamsten Fraktionen entsprachen $1,6 \pm 0,4 \gamma$ (per os) einer Taubeneinheit. Die Analysen weichen ein wenig von denen anderer Autoren ab; nach Ansicht der englischen Forscher stellen auch die von ihnen gewonnenen Kristalle noch nicht das reine Vitamin B₁ dar. Als Verunreinigungen kommen Zersetzungspprodukte des Vitamins B₁ in Betracht; meistens enthält kristallisiertes B₁-Vitamin auch noch Vitamin B₄ beigemengt⁸⁾.

Nach *B. C. Guha und P. N. Chakravorty*⁹⁾ sollte durch Bestrahlung von Adeninsulfat mit ultraviolettem Licht Vitamin B₁ gebildet werden. Eine Nachprüfung dieser Angaben durch *F. Schultz und F. Laquer*¹⁰⁾ ergab, daß weder bestrahltes noch unbestrahltes Adenin oder dessen Salze eine antineuritische (B₁)-Wirkung zeigen.

Aus einer späteren Arbeit von *Guha* und *Chakravorty*¹¹⁾ geht hervor, daß ihr bestrahltes Adenin im Taubenversuch keine Polyneuritis-heilende Wirkung besaß; es vermochte lediglich in Tagesdosen von 5 mg Wachstum an Ratten hervorzurufen, die mit einer bestimmten Diät ernährt worden waren, die ein wenig B₁-Vitamin enthielt. Es wäre denkbar, daß *Guha* und *Chakravorty* ein durch das Vitamin B₁ verunreinigtes Adeniupräparat (siehe später) in Händen hatten, und daß der von ihnen beobachtete Effekt an Ratten nicht auf das Vitamin B₁, sondern auf das Vitamin B₄ zurückzuführen war¹⁰⁾. Reines, bestrahltes Adeninsulfat vermag bei Ratten B₁-Wachstums-wirkung nicht zu erzeugen¹²⁾.

Chemische und physikalische Eigenschaften¹³⁾. Das Vitamin B₁ ist eine Substanz von basischem Charakter, die bei 221° (Zers.) schmilzt. Von Derivaten seien erwähnt: das Chlorhydrat (Zers.-P. 250°), das Pikrolonat (Zers.-P. 229°), das Chloroaurat (Zers.-P. 198°) und das Rufianat (Zers.-P. 291°).

Adsorbierbar an Fullererde und an Kohle. Quantitativ fällbar durch Phosphorwolframsäure bei pH = 4,5–5,5. Gibt Niederschläge mit Sublimat in Gegenwart von Natriumacetat, mit AgNO₃ in Gegenwart von Baryt, mit Pikrolonsäure, Rufiansäure, *Reinecke*-Säure, Goldchlorid, Platinchlorid (in alkohol. Lösung). Nicht fällbar durch Quecksilbersulfat in saurer Lösung, durch Bleiessig, Pikrinsäure, Flaviansäure und Tannin.

Beim Kochen mit 10%iger Barytlösung werden NH₃ und H₂S abgespalten; beim Erhitzen mit 2 n-HCl auf 160° tritt etwa 1 Mol NH₃ aus, während der Schwefel im Molekül verbleibt. Kalte Permanganatlösung oxydiert den im Molekül enthaltenen Schwefel zu Schwefelsäure. Wird beim Schütteln mit Benzoylchlorid in Sodalösung nicht verändert. Acetonfällung zerstört das Hydrochlorid teilweise. Beim Erwärmen mit Zinkstaub erhält man eine starke Fichtenspanreaktion. Die gelbrote Färbung, welche B₁-Präparate mit diazotierter Sulfanilsäure (*Pauly*-Reaktion) bei einem bestimmten pH unter Zusatz von Formaldehyd als Stabilisator geben, eignet sich nach *H. W. Kinnersley* und *R. A. Peters*^{13a)} zur colorimetrischen

⁷⁾ Biochemical Journ. 27, 225, 232 [1933]. Siehe auch *A. G. v. Veen*, Nature 133, 137 [1934].

⁸⁾ Chem. Ind. (1930), 49, Proc. Biochem. Soc. 990.

⁹⁾ Nature 130, 741 [1932].

¹⁰⁾ Ztschr. physiol. Chem. 219, 158 [1933].

¹¹⁾ Nature 132, 447 [1933].

¹²⁾ *B. Sure*, Biochemical Journ. 27, 2043 [1933].

¹³⁾ Siehe dazu die vorher zitierten Arbeiten, ferner: *B. C. Guha u. J. C. Drummond*, Biochemical Journ. 23, 880 [1929]. *H. Chick u. M. H. Roscoe*, ebenda 23, 504 [1929]. *A. Seidell*, Journ. biol. Chemistry 82, 633 [1929]. *R. R. Williams, R. E. Waterman u. S. Gurin*, ebenda 87, 559 [1930]; Chem. Ztrbl. 1930, II, 2544; 1931, II, 2179.

^{13a)} Biochemical Journ. 28, 667 [1934].

schen Bestimmung des Vitamins (Formaldehyd-Azo-Test). Über die Konstitution des Vitamins B₁ ist noch nichts Näheres bekannt.

Das Spektrum^{3), 14), 15)} zeigt ein Absorptionsmaximum bei 250 bis 260 m μ , das nach *Bowden* und *Snow*¹⁶⁾ bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht der Wellenlänge 256 m μ unter gleichzeitiger Vernichtung der Vitaminwirksamkeit verschwindet. Nach *R. A. Peters* und *J. St. L. Philpot*¹⁷⁾ besitzen die reinsten Präparate von *Peters* und Mitarbeitern eine Bande bei 245 bis 249 m μ ; zwischen der Höhe dieser Bande verschiedener Präparate und deren B₁-Wirksamkeit soll Parallelität bestehen.

Eine ausführliche Tabelle über das Vorkommen des Vitamins B₁ ist bei *R. H. A. Plimmer, W. H. Raymond* und *J. Lowndes*¹⁸⁾ zu finden.

Physiologische Funktion des B₁-Vitamins. Es wurde versucht, Anhaltspunkte für den Mechanismus der B₁-Wirkung zu gewinnen. Verschiedene Befunde sprechen dafür, daß Beziehungen des Vitamins B₁ zum Kohlenhydrathaushalt bestehen¹⁹⁾. Beim Ausbruch der Krampferscheinungen findet man regelmäßig starke Glykogenanhäufung, insbesondere in der Leber. Die Symptome der Taubenpolyneuritis und der Beriberi werden durch eine kohlenhydratreiche und fettarme Diät ungünstig beeinflußt; daher steigt auch mit dem Kohlenhydratgehalt der Nahrung der Vitamin-B₁-Bedarf des Organismus. *B. C. Guha*²⁰⁾ gibt an, daß reichliche Galaktosezufuhr bei fettfreier, B₁-haltiger Nahrung Beriberi-Symptome erzeugen könne.

Nach *R. A. Peters* und Mitarbeitern²¹⁾ findet man im Gehirn B₁-avitaminotischer Tauben eine starke Anhäufung von Milchsäure. Das normale Vermögen, Glucose zu oxydieren, ist stark herabgesetzt, und zwar am stärksten im Großhirn, weniger in den basalen Ganglien und überhaupt nicht im Kleinhirn. Noch deutlicher wird die verminderte Sauerstoffaufnahme in Lactatlösung erkennbar²²⁾; auch der Respirationsquotient ist herabgesetzt²³⁾. Sowohl Atemgröße wie auch Respirationsquotient werden in vitro durch Zugabe von kristallisierten Vitamin-B₁-Präparaten zu normalen Werten erhöht. Diese Wirkung wurde einer Substanz „Catatorulin“ zugeschrieben, deren Identität mit dem Vitamin B₁ wahrscheinlich erscheint. Der interessante In-vitro-Effekt des Vitamins wird von *R. A. Peters* und seinen Schülern eingehend untersucht; der Reaktionsmechanismus scheint ein recht komplizierter zu sein, dessen endgültige Aufklärung noch aussteht. Die einfachste Annahme, daß Catatorulin das Coenzym der Lactat-Oxydation ist, trifft nicht zu. Denn es vermögen weder gereinigte Vitamin-B₁-Präparate das Coferment des Milchsäure-Dehydrase-Systems zu ersetzen, noch vermögen Milchsäure-

¹⁴⁾ *Damianovich u. B. C. Guha*, Biochemical Journ. 25, 941 [1931].

¹⁵⁾ *F. F. Heyroth u. J. R. Loofbourrow*, Nature 130, 773 [1932].

¹⁶⁾ Nature 129, 720 [1932].

¹⁷⁾ Proceed. Roy. Soc. 113, 48 [1933].

¹⁸⁾ Biochemical Journ. 27, 64 [1933].

¹⁹⁾ Siehe z. B.: *E. Abderhalden u. E. Wertheimer*, PFLUGERS Arch. Physiol. 230, 601 [1932]; 233, 395 [1934].

²⁰⁾ Biochemical Journ. 25, 1385 [1931].

²¹⁾ *H. W. Kinnersley u. R. A. Peters*, Biochemical Journ. 23, 1126 [1929]; 24, 711 [1930]. *N. Gavrilescu u. R. A. Peters*, ebenda 25, 1397 [1931].

²²⁾ *N. Gavrilescu, A. J. Meiklejohn, R. Passmore u. R. A. Peters*, Proceed. Roy. Soc., London (B) 110, 431 [1932].

²³⁾ *H. M. Sinclair*, Biochemical Journ. 27, 1927 [1933].

dehydrase-Coferment-Präparate Vitamin-B₁-Wirkung hervorzurufen²⁴⁾. Es findet auch kein zusätzliches Verschwinden von Milchsäure entsprechend der gesteigerten Atmung nach Zusatz von B₁-Vitamin zum polyneuritischen Gehirnbrei statt²⁵⁾. Daher wurde die Annahme gemacht, daß die Wirkung des Catatorulins zu einem anderen, unbekannten Substrat X in Beziehung steht, für dessen volle Entfaltung die Anwesenheit von Lactat nötig ist²⁶⁾; nach R. A. Peters und H. M. Sinclair²⁷⁾ ist auch Pyrophosphat eine Komponente des fraglichen Systems. Kürzlich teilten R. A. Peters und R. H. S. Thomson^{27a)} mit, daß Brenztraubensäure, die im B₁-avitaminotischen Taubengehirn (nicht im normalen) während der Atmung in Lactatlösung *in vitro* gebildet wird, nach Zusatz von Vitamin B₁, in Gegenwart von Pyrophosphat, weitgehend verschwindet. Demnach dürfte das Vitamin B₁ das Coenzym einer fermentativen Umwandlung der Brenztraubensäure sein.

Vitamin B₂.

Das Fehlen dieses Vitamins macht sich bei jungen weißen Ratten durch Wachstumsstillstand bemerkbar; in manchen Fällen treten auch leichte Hauterkrankungen auf. Untersuchungen von P. György, R. Kuhn und Th. Wagner-Jauregg²⁸⁾ haben es wahrscheinlich gemacht, daß dieses Vitamin ein Flavin ist. Alles Nähere darüber ist bereits im Kapitel „Flavine“ dieser Fortschrittsberichte mitgeteilt²⁹⁾. Einer Ratten-Eiheit (Sherman-Bourquin-Diät mit B₄-Zulage)³⁰⁾ entsprechen 7 bis 10 γ Lactoflavin.

Die B₂-Mangel-Dermatitis tritt durchaus nicht regelmäßig in Erscheinung, bei verschiedener Diät in wechselnd häufigem Ausmaße; ihr Auftreten scheint von der Jahreszeit unabhängig zu sein³¹⁾. Sie läßt sich durch B₂-Präparate, proportional deren Wachstumswirkung, heilen³²⁾. Ein Anhaltspunkt für die Verschiedenheit des Wachstums- und des Hautfaktors liegt nicht vor.

P. L. Day, W. C. Langston und C. S. O'Brien³³⁾ fanden bei fast 100% ihrer B₂-frei ernährten Albinoratten Katarakt, eine Beobachtung, welche in der einschlägigen Literatur allein dasteht.

Nach M. Kellogg und W. H. Eddy³⁴⁾ und nach P. György³⁵⁾ lassen sich von den gewöhnlichen B₂-Mangel-Hauterscheinungen verschiedene, schwere, pellagraähnliche Formen hervorrufen, wenn man ungenügende Zufuhr von Vitamin B₂ mit einer Überdosierung an Vitamin B₁ (4 bis 6 Taubeneinheiten) kombiniert. Diese Angaben beleben frühere Vorstellungen wieder, wonach für das Zustandekommen der Pellagra außer Vitaminmangel (B₂ und A?) noch ein toxischer Faktor (Vitamin B₁?) eine Rolle spielt. Für die Heilung der pellagraähnlichen Ratten-Dermatitis ist nach P. György ein alkalistabiler Ernährungsfaktor nötig, der in den nach Kinnarsley, O'Brien, Peters und Reader³⁶⁾ aus Hefe dargestellten Kohle-Eluaten vorhanden ist und der Vitamin B₆ genannt wurde. (Vielleicht identisch mit dem Y-Faktor von H. Chick und A. M. Coppings³⁷⁾ oder dem Taubenfaktor B₅ von C. W. Carter, H. W. Kinnarsley und R. A. Peters³⁸⁾.)

Vitamin B₄.

V. Reader³⁹⁾ zeigte, daß in wäßrigen oder alkoholischen Hefe-Extrakten außer den Vitaminen B₁ und B₂ noch ein weiterer Ernährungsfaktor vorhanden ist, den junge, weiße Ratten für normales Gedeihen benötigen. Fehlt dieser Stoff, der Vitamin B₄ genannt wurde, in der Nahrung, dann treten Gleichgewichtsstörungen und Gewichtsstillstand auf. Durch mehrstündigtes Autoklavieren bei 120° und pH 9 wird dieses Vitamin inaktiviert.

Das Vitamin B₄ kommt, gemeinsam mit anderen B-Vitaminen, reichlich in Hefe, Leber, Niere, Herz, Eiklar usw. vor; auch im Blut (Erythrocyten vom Pferd und Serum vom Rind), das fast kein B₂-Vitamin enthält, konnte es nachgewiesen werden⁴⁰⁾.

Der von A. Bourquin und H. C. Sherman⁴¹⁾ als B₂-Mangel-Diät angegebenen Grundkost fehlt außer dem Vitamin B₂ auch das Vitamin B₄; für B₄-Bestimmungen wird sie erst brauchbar, wenn man B₂ zusetzt, und für B₂-Bestimmungen, wenn man sie durch B₂-freie B₄-Lösungen ergänzt⁴²⁾. Für diese Zwecke geeignete Präparate erhält man⁴³⁾ durch Fällung roher Lactoflavin-Fullerererde-Eluate aus Molken⁴³⁾ mit Pikrinsäure; das Filtrat enthält nur wenig Vitamin B₄, wohl aber reichlich B₂. B₂-arme B₄-Präparate stellen die Rückstände der Milchzuckerfabrikation (Milchmelasse und -albumin), ferner manche Malzsorten dar.

H. Barnes, J. R. O'Brien und V. Reader⁴⁴⁾ stellten aus Hefe eine kristallisierte Substanz dar, die, an Ratten verfüttert, in Tagesdosen von 10 γ B₄-Wirksamkeit zeigte. Analyse und Eigenschaften dieser Kristalle ließen eine Identität mit Adenin-Hydrochlorid vermuten; R. Tschesche⁴⁵⁾ zeigte, daß man tatsächlich nach der Vorschrift der englischen Autoren Adenin-Hydrochlorid erhält. Reines Adenin besitzt keine B₄-Aktivität⁴⁶⁾. Die wirksamen Adenin-Präparate enthalten offenbar Vitamin B₄ als Verunreinigung. Reines B₄-Vitamin muß demnach zweifellos in Tagesdosen unter 1 γ wirksam sein. Auch Vitamin-B₁-Präparate enthalten vielfach noch Vitamin B₄⁴⁷⁾. [A. 72.]

²⁴⁾ E. Boyland, ebenda 27, 786 [1933].

²⁵⁾ A. J. Meiklejohn, ebenda 27, 1310 [1933].

²⁶⁾ Eine Angabe über die Wechselwirkung zweier Substrate, von denen nur das eine oxydiert wird, haben kürzlich auch B. Gözzi u. A. Szent-Györgyi (Ztschr. physiol. Chem. 224, 1 [1934]) gemacht. Danach soll die Veratmung von Milchsäure durch zerkleinerten Taubenbrustmuskel in Gegenwart von Succinat oder Fumarat weitgehend gesteigert werden, ohne daß dabei Bernsteinsäure bzw. Fumarsäure verschwindet. Es wird angenommen, daß Succinat lediglich als Katalysator des Wasserstofftransports, gleichsam als Zwischenacceptor, an der Oxidation der Milchsäure beteiligt ist.

²⁷⁾ Biochemical Journ. 27, 1910 [1933].

^{27a)} Journ. Physiol. 81, 22 P [1934]. Siehe dazu auch T. W. Birch u. P. J. G. Mann, Biochemical Journ. 28, 622 [1934], u. T. W. Birch u. L. J. Harris, ebenda 28, 602 [1934].

²⁸⁾ Ber. Dtsch. chem. Ges. 66, 317, 676, 1034, 1577 [1933]. Ztschr. physiol. Chem. 223, 21, 27, 236, 241 [1934].

²⁹⁾ Diese Ztschr. 47, 318 [1934].

³⁰⁾ P. György, R. Kuhn u. Th. Wagner-Jauregg, Ztschr. physiol. Chem. 223, 236 [1934].

³¹⁾ M. H. Roscoe, Biochemical Journ. 27, 1533 [1933].

³²⁾ M. H. Roscoe, ebenda 27, 1537 [1933].

³³⁾ Am. J. Ophth. 14, 1005 [1931]. Arch. of Ophthalmology 10, 508 [1933]. Journ. Nutrition 7, 97 [1934].

³⁴⁾ Science 79, 609 [1933].

³⁵⁾ Nature 133, 498 [1934].

³⁶⁾ Biochemical Journ. 27, 225 [1933].

³⁷⁾ Ebenda 24, 1764 [1930].

³⁸⁾ Ebenda 24, 1832 [1930].

³⁹⁾ Biochemical Journ. 23, 689 [1929]; 24, 77, 1827 [1930].

⁴⁰⁾ Nach unveröffentlichten Versuchen von F. W. van Klaveren.

⁴¹⁾ Journ. Amer. chem. Soc. 53, 3501 [1931].

⁴²⁾ P. György, F. W. van Klaveren, R. Kuhn u. Th. Wagner-Jauregg, Ztschr. physiol. Chem. 223, 236 [1934].

⁴³⁾ Darstellung nach R. Kuhn, P. György u. Th. Wagner-Jauregg, Ber. Dtsch. chem. Ges. 66, 1034 [1933].

⁴⁴⁾ Biochemical Journ. 26, 2035 [1932].

⁴⁵⁾ Ber. Dtsch. chem. Ges. 66, 581 [1933].

⁴⁶⁾ R. D. Heard, H. W. Kinnarsley, J. R. O'Brien u. R. A. Peters, Nature 131, 617 [1933].