

Ernährung.

I. Einleitung.

Literatur: O. Cohnheim: Chemie der Eiweißkörper. Braunschweig 1900. — O. Hammarsten: Lehrbuch der physiologischen Chemie, Wiesbaden 1899. — J. König: Chemie der menschl. Nahr.- u. Genußmittel, Berlin 1893. — J. Munk u. J. Uffelmann: Ernährung des gesunden und kranken Menschen, Wien u. Leipzig 1887. — R. Neumeister: Lehrb. d. physiologischen Chemie, Jena 1897. — von Voit: Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels, in L. Hermanns Handb. d. Physiologie, 6. Bd., I. Teil.

Die Vorgänge im menschlichen und tierischen Organismus, deren Gesamtheit das Leben ausmacht, bestehen in Zersetzung komplizierter Stoffe und Verwandlung derselben in einfachere Verbindungen. Durch Oxydation der Bestandteile des Organismus werden Kräfte frei, Spannkraften werden in lebendige Kraft (Arbeit) umgesetzt. Jede Leistung des Körpers ist mit einem Verlust von oxydierbarem Körpermaterial verbunden; die einzelnen Bestandteile des tierischen Organismus haben kein konstantes Dasein, sie sind unaufhörlich gewissen Einflüssen unterworfen, die darauf hinausgehen, die organische Materie zu zersetzen und die Produkte dieses Zerfalles aus dem Körper auszuschcheiden. Soll der Körper diesem steten Zerfall seiner Substanz nicht erliegen, so ist es nötig, daß ihm immer wieder neue Stoffe von außen her zugeführt werden. Dieser fortwährende Wechsel von Ausscheidung und Aufnahme wird als „Stoffwechsel“ bezeichnet.

Diejenigen Stoffe nun, welche dem Zwecke der Erhaltung der Materie dienen können, welche einen für die Zusammensetzung des Körpers notwendigen Stoff zum Ansatz bringen oder dessen Abgabe verhüten und vermindern, nennt man „Nahrungsstoffe“, „Nährstoffe“ (Voit).

Da der Organismus vorzugsweise aus Wasser, N-haltigen eiweißartigen Stoffen, N-freien Stoffen und mineralischen Salzen aufgebaut ist, so ist jeder Stoff ein Nährstoff zu nennen, der imstande ist, einen Verlust des Körpers an Wasser, Eiweiß, Fett oder Mineralbestandteilen zu vermindern oder zu verhüten. Als Nährstoffe sind also zu betrachten alle die verschiedenen im Pflanzen- wie im Tierkörper vorhandenen Eiweiß-

stoffe, die Fette, die N-freien Extraktivstoffe oder Kohlehydrate, Wasser und mineralische Salze.

Die natürlichen Mischungen dieser einzelnen Nährstoffe (Fleisch, Eier ...) nennt man „Nahrungsmittel“. Ein einzelnes Nahrungsmittel für sich allein, ohne gleichzeitige Zugabe anderer Nahrungsmittel ist jedoch nicht als Nahrung zu bezeichnen, Zwar wäre eine Erhaltung auf kurze Zeit mit einem einzelnen Nahrungsmittel möglich, allein eine solche Ernährung wäre sehr unpraktisch deshalb, weil diese Substanzen die Nährstoffe nicht im richtigen Verhältnis, von dem einen oder anderen Nährstoff entweder zu viel oder zu wenig enthalten würden. Aber auch eine Kost, welche alle Nahrungsstoffe (Eiweiß, Fett, Kohlehydrate, Salze, Wasser) in richtiger Mischung besitzt und daher für den stofflichen Ersatz der verbrauchten Materie genügen würde, können wir nicht als Nahrung bezeichnen; denn wir würden eine derartige Kost eine Zeitlang genießen, bald aber Widerwillen gegen dieselbe empfinden und sie nicht mehr nehmen. Die Kost muß Abwechslung bieten und neben den Nahrungsstoffen noch Substanzen enthalten, welche uns dieselbe wohlschmeckend machen, welche den Appetit anregen; es sind dies die Genußmittel, Stoffe, welche als Nährstoffe keine Bedeutung haben, aber eine angenehme Empfindung verursachen und auf die Tätigkeit der Nerven einen wohltuenden Reiz ausüben, daher für die richtige Ernährung von großer Bedeutung sind.

Eine „Nahrung“ ist demnach ein Gemisch von Nahrungsstoffen und Nahrungsmitteln mit den nötigen Genußmitteln, welches den Organismus auf seiner Zusammensetzung erhält oder auf eine gewünschte Zusammensetzung bringt.

Wenn vorher gesagt wurde, daß alle die verschiedenen Eiweißkörper, Fette, Kohlehydrate, ferner Wasser und mineralische Salze als Nährstoffe zu betrachten seien, so erleidet doch ihre Zahl in hygienischer Beziehung noch Beschränkungen, indem wir nur die Verbindungen als Nährstoffe ansehen können, welche gewissen Bedingungen entsprechen, nämlich 1. zur Aufnahme in das Blut direkt oder nach Vorbereitung durch die Verdauungsorgane geeignet (verdaulich) sind, 2. einen Bestandteil des Organismus direkt ersetzen oder im Körper in einen solchen sich verwandeln, oder als Ingredienz zum Aufbau desselben verwendet werden können, 3. weder selbst noch durch ihre Umwandlungsprodukte Wirkungen äußern, welche die Leistungsfähigkeit irgend eines Organs beeinträchtigen (Gifte).

II. Die Nahrungsstoffe.

Die Nahrungsstoffe zerfallen in organische und anorganische. Die **organischen** Nahrungsstoffe können sein

a) N-haltige, b) N-freie.

Die N-haltigen sind die Proteinstoffe.

N-freie Nahrungsstoffe sind die Kohlehydrate und die Fette.

Anorganische Nahrungsstoffe sind vor allem das Wasser und gewisse mineralische Salze, besonders die Chloralkalien, die Phosphate, weniger die Karbonate der Alkalien und alkalischen Erden, Eisenverbindungen, Kieselsäure- und Fluorverbindungen.

1. Proteinstoffe.¹

Die Proteinstoffe (Eiweißstoffe im weiteren Sinne) werden eingeteilt in:

1. echte Eiweißstoffe,
2. Proteide (Verbindungen der Eiweißkörper mit anderen meist kompliziert zusammengesetzten Stoffen),
3. Albuminoide (eiweißähnliche Substanzen).

Die **eigentlichen, echten Eiweißstoffe** nehmen unter den Proteinstoffen den ersten Rang ein; sie bilden den Hauptbestandteil des tierischen und pflanzlichen Körpers. Alle enthalten Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel.² Die prozentische Menge dieser einzelnen Bestandteile bewegt sich etwa innerhalb folgender Grenzen: 50.0—55.0% C, 19.0—24.0% O, 6.5—7.3% H, 15.0—17.5% N, 0.3—2.4% S. Der Stickstoff wie auch der Schwefel des Eiweißmoleküls sind teils fest, teils locker gebunden. Ein kleiner Teil des Stickstoffs wird beim Erhitzen mit verdünnter Kalilauge als Ammoniak abgespalten; auch bei Einwirkung von salpetriger Säure tritt ein geringer Teil (1—2%) des Stickstoffs aus. (O. Nasse,³ C. Paal,⁴ H. Schiff,⁵ O. Loew⁶.) Der größte Teil des Stickstoffs ist daher nicht als Amidogruppe im Eiweißmolekül enthalten. Beim Erwärmen der Eiweißkörper mit Kalilauge wird auch ein Teil des Schwefels als Schwefelalkali abgespalten, das auf Zusatz von Bleiacetat schwarzes Schwefelblei bildet, wogegen der Rest des Schwefels erst nach völliger Zerstörung des Eiweißes durch Schmelzen mit Kali und Salpeter als Schwefelsäure nachweisbar ist; im Eiweißmolekül müssen somit mindestens zwei Atome Schwefel vorhanden sein.

Die Eiweißstoffe kommen entweder gelöst oder ungelöst vor. Die wäßrigen Lösungen derselben drehen die Ebene des polarisierten Lichtes nach links; die verschiedenen Eiweißstoffe besitzen aber verschiedene spezifische Drehungsexponenten. Die Eiweißstoffe sind nicht diffusibel. Sie lassen sich aus neutralen wie aus sauren Lösungen durch Sättigen der Lösung mit Ammonsulfat vollkommen aussalzen (den Peptonen kommt diese Eigenschaft nicht zu). Auch durch Kochsalz oder Magnesiumsulfat werden einzelne Eiweißkörper mehr oder weniger vollständig ausgesalzen.

¹ Siehe besonders: O. Cohnheim, Chemie d. Eiweißkörper. — ² Das Mykoprotein der Fäulnisbakterien und das Anthraxprotein der Milzbrandbakterien sind schwefelfrei. — M. Nenki und Schaffer, Journ. f. prakt. Chem. 1879. N. F. 20, 443; M. Nenki, Berl. Ber. 1884. 17, 2605. — ³ Pflügers Arch. 1872. 20, 443; 1872. 7, 139; 1874. 8, 381. — ⁴ Berl. Ber. 1896. 29, 1084. — ⁵ Berl. Ber. 1896. 29, 1354. — ⁶ Chem. Zeitg. 1896. 20, 1000.

Die Eiweißstoffe kristallisieren im allgemeinen nicht, doch ist es gelungen, kristallisierte Verbindungen von Eiweiß mit Salzen (Ammonsulfat) herzustellen. Vergl. Fr. N. Schulz, Die Kristallisation von Eiweißstoffen und ihre Bedeutung für die Eiweißchemie. Jena, bei G. Fischer, 1901. Über die Bedingungen, welche ein Zustandekommen kristallisierter Eiweißverbindungen ermöglichen, siehe W. Pauli, Pflügers Archiv, 1899, 78, 315.

Die echten Eiweißkörper sind in Alkohol unlöslich, werden daher durch Alkohol aus ihren wäßrigen Lösungen gefällt. Bei kurzer Einwirkung verdünnten Alkohols zeigen die gefällten Eiweißkörper keine Veränderung und sind nach Entfernung des Alkohols in reinem oder salzhaltigem Wasser wieder auflöslich. Bei längerer Einwirkung starken Alkohols jedoch gehen die Eiweißstoffe in den sog. koagulierten Zustand über und sind nunmehr gegen neutrale Lösungsmittel indifferent. Auch beim Erhitzen ihrer wäßrigen Lösungen scheiden sich die Eiweißstoffe als unlösliche Koagula aus, und zwar vollkommen aus neutralen oder schwach sauren, unvollständig aus alkalischen Lösungen. Ein Gehalt an freiem Alkali, auch die Anwesenheit von viel organischer Säure verhindert die Koagulation vollständig. Die Koagulationstemperaturen der verschiedenen Eiweißkörper sind nicht gleich, zudem auch von der Konzentration der Lösungen wie von der Art und Menge anwesender Salze abhängig. Das koagulierte Eiweiß ist, abgesehen von der Verdauung, nur löslich in verdünnten Laugen und verdünnten Mineralsäuren oder in konz. organischen Säuren; es entstehen dabei alkalische oder saure Eiweißlösungen (Alkalialbuminat oder Acidalbumin [Syntonin]). Die Eiweißkörper haben durch diese Behandlung eine wesentliche Veränderung erfahren, welche Neumeister mit der Bezeichnung „Denaturierung“ belegt; Albuminat und Syntonin sind in neutralen Flüssigkeiten fast unlöslich, fallen daher beim Neutralisieren durch Säuren bzw. Laugen aus.

Zersetzungsprodukte der Eiweißkörper. Durch Einwirkung hochgespannter Wasserdämpfe, ferner bei anhaltendem Kochen mit verdünnten Säuren oder Alkalien zerfallen die Eiweißkörper unter Wasseraufnahme (hydrolytischer Spaltung); es entstehen unter Entwicklung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff eine Reihe von Amidosäuren, hauptsächlich Tyrosin oder Paraoxyphenylamidopropionsäure = $C_6H_4 \begin{smallmatrix} OH \\ \diagup \\ CH_2 \end{smallmatrix} \cdot CH(NH_2)COOH$, ferner

Leucin oder Amidocaprinsäure = $\begin{smallmatrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{smallmatrix} > CH \cdot CH_2 - CH \cdot NH_2 \cdot COOH$ und Asparaginsäure oder Amidobernsteinsäure = $COOH \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2)COOH$. Während die erste Verbindung der aromatischen Reihe angehört, entstammen die beiden anderen der Fettreihe; es müssen sonach auch im Eiweißmolekül Atomgruppen beider Reihen vorhanden sein.

Bei andauernder Einwirkung von Alkalien wie Mineralsäuren werden, zum Teil durch weitere Zersetzung der Amidosäuren, eine Reihe spezifischer Produkte gebildet. Bei langem Kochen der Eiweißstoffe mit Alkali tritt

neben Ammoniak auch Kohlensäure, Oxalsäure und Essigsäure auf, und es entweichen Phenol, Indol und Skatol (E. Drechsel).¹

Bei fortgesetzter Einwirkung von gesättigter Barythydratlösung bei 150° erhält man neben Ammoniak, Kohlensäure, Oxalsäure, Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure Amidosäuren der Fettreihe (der Propionsäure [Alanin], der Buttersäure [Propalanin], der Valeriansäure [Butalanin], der Kapronsäure [Leucin], Asparaginsäure, Glutaminsäure) sowohl wie der aromatischen Reihe (Phenylamidopropionsäure oder Tyroleucin und Tyrosin) P. Schützenberger.² Bei Behandlung von Eiweißstoffen mit kochenden Mineralsäuren ist die Zersetzung eine nicht so weitgehende; hier treten nur geringe Mengen von Kohlensäure, Oxalsäure und Essigsäure auf. Beim Kochen jedoch mit Salzsäure unter Zusatz von etwas Zinnchlorür (nach H. Hlasiwetz und J. Habermann³) erhielt E. Drechsel⁴ neben den Amidosäuren zwei dem Kreatin und Kreatinin homologe stickstoffhaltige Basen, das Lysatin und Lysatinin, Verbindungen, welche bei ihrer Spaltung durch kochende Barytlauge Harnstoff liefern. S. Hedin⁵ erklärte später das Lysatinin für ein Gemenge von Lysin und Arginin; er⁶ erhielt beim Kochen mit Salzsäure und Zinnchlorür aus verschiedenen Eiweißkörpern die von E. Schulze und E. Steiger⁷ aus entschälten und entfetteten Lupinen und Kürbiskeimlingen dargestellte Base Arginin und das von A. Kossel⁸ aus Protaminen dargestellte Hystidin.

E. Drechsel⁹ erhielt ferner bei der Spaltung des Kaseins durch siedende Salzsäure die Diamidoessigsäure = $\text{CH}(\text{NH}_2)_2\text{COOH}$ und Lysin, wahrscheinlich Diamidocaprinsäure, nach A. Ellinger¹⁰ die Muttersubstanz des Kadaverins. R. Cohn¹¹ glaubte unter den Spaltungsprodukten des Kaseins ein Pyridinderivat gefunden zu haben, stellte aber später¹² fest, daß es sich um ein Derivat des Piperazins handle, um ein Isomeres des nach H. Ritthausen¹³ bei der Eiweißspaltung sich bildenden Leucinimids.

Bei der Oxydation von Eiweißstoffen mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung entsteht nach R. Maly¹⁴ Oxyprotosulfonsäure, kein Spaltungs-, sondern ein Oxydationsprodukt, in dem der leicht abspaltbare Schwefel in eine HSO_3 -Gruppe übergegangen ist; durch weitere Oxydation geht diese Säure in Peroxyprotsäure über.¹⁵ Die Oxyprotosulfon-

¹ Ladenburgs Handwörterbuch d. Chem., 3, 548; Indol und Skatol werden besonders reichlich erhalten, wenn Eiweißstoffe in schmelzendes Kalihydrat eingetragen werden. W. Kühne und M. Nenki, Berl. Ber. 1875. 8, 206. 336. — ² Ann. de chim. et de phys. 1875 (5). 16, 289; Bull. de la Soc. Chim. de Paris 1875. 23, 161. — ³ Ann. d. Chem. u. Pharm. 1873. 169, 150. — ⁴ Sitz.-Ber. 1875. 23, 161. — ⁵ Ann. d. Chem. u. Pharm. 1873. 169, 150. — ⁶ Ztschr. physiol. Chem. 1895. 21, 155. 297. — ⁷ Ztschr. physiol. Chem. 1895. 21, 155. — ⁸ A. Kossel u. F. Kutscher, 20, 186; 1896. 21, 155. — ⁹ Das. 1887. 11, 43. — ¹⁰ Berl. Ber. 1892. 25, 2456 u. 3504. — ¹¹ Ztschr. physiol. Chem. 1899. 28, 382. — ¹² Berl. Ber. 1899. 32, 3542. — ¹³ Ztschr. physiol. Chem. 1896. 22, 153. — ¹⁴ Das. 1900. 29, 283. — ¹⁵ Berl. Ber. 1896. 29, 2109. — ¹⁶ Monatsh. f. Chem. 1885. 6, 107; 1888. 9, 255; 1889. 10, 26. — ¹⁷ Vergl. St. Bondzynski und L. Zoja, Ztschr. physiol. Chem. 1894. 19, 225; R. Bernert, das. 1898. 26, 272; O. Cohnheim, Chem. d. Eiweißkörper, 124.

säure liefert bei ihrer Zersetzung kein Tyrosin, gibt auch nicht die Millonsche Farbenreaktion.

Auch die Halogeneiweißderivate enthalten zwar noch den ursprünglichen Schwefelgehalt, aber keinen durch Alkali abspaltbaren Schwefel; auch sie liefern bei ihrer Spaltung kein Tyrosin und geben auch nicht die Millonsche Reaktion. Näheres siehe O. Cohnheim, *Chemie der Eiweißkörper* S. 129.

Bei der Destillation mit Schwefelsäure liefern die Eiweißkörper etwas Furfurol, was auf die Anwesenheit einer Kohlehydratgruppe schließen läßt. Die Untersuchungen über diese Frage sind noch nicht abgeschlossen.¹

Fällung der Eiweißstoffe: Mäßig konzentrierte Salzsäure, Schwefelsäure oder Salpetersäure fällen die nativen Eiweißkörper durch Koagulation aus. Die Koagula mit Salz- und Schwefelsäure sind im Überschuß des Fällungsmittels schon in der Kälte unter Bildung von Syntonin (Acidalbumin) völlig löslich, während die Fällung mittels Salpetersäure selbst beim Erwärmen und bei großem Säureüberschuß unlöslich ist.

Weiter werden die Eiweißstoffe auch durch die meisten Schwermetallsalze (besonders Kupfersulfat, Eisenchlorid, neutrales und basisches Bleiacetat, Platinchlorid, angesäuertes Quecksilberchlorid) gefällt, indem dieselben, nachdem sie den Charakter schwacher organischer Säuren besitzen, mit den Metalloxyden unter Verdrängung der betreffenden Säure, in Wasser unlösliche, salzartige Verbindungen (Metallalbuminate) eingehen. Endlich werden die Eiweißstoffe auch noch durch die sog. Alkaloidreagentien (durch Gerbsäure, Pikrinsäure oder Ferrocyanalkali in essigsaurer Flüssigkeit; durch Phosphorwolfram- oder Phosphormolybdänsäure, Kaliumquecksilberjodid oder Kaliumwismutjodid bei Gegenwart einer Mineralsäure) gefällt; in diesen Verbindungen spielt das Eiweiß die Rolle einer Base. Die Fällungen mit Phosphorwolfram- und Phosphormolybdänsäure, sowie durch Kaliumquecksilberjodid sind vollständige, die übrigen nicht. Manche Eiweißstoffe werden auch durch Trichloressigsäure vollständig gefällt, z. B. die der Milch, nicht aber die des frischen Eiereiweiß (F. Obermayer).²

Farbenreaktionen der Eiweißstoffe. Dieselben sind nicht ausschließlich für Eiweißstoffe charakteristisch, es müssen daher stets mehrere der Proben ausgeführt werden.

1. Die Millonsche Probe. Kocht man eine wäßrige Lösung von Eiweiß mit einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, die etwas salpetrige Säure enthält,³ so wird das Eiweiß durch das Quecksilbersalz ausgefällt, und Niederschlag wie Flüssigkeit färben sich mehr oder weniger

¹ Siehe O. Cohnheim, l. c. 72. — ² Wiener med. Jahrb. 1888, 375. —

³ Millons Reagens: Man löst 1 T. Quecksilber in 2 T. rauchender Salpetersäure (spez. Gew. = 1,42) erst in der Kälte, dann unter Erwärmen; nach Lösung des Hg fügt man das doppelte Volum Wasser hinzu und läßt absitzen; vergl. C. J. Lintner, *Ztschr. angew. Chem.* 1900, 707.

dunkelrot; ungelöstes, in Wasser aufgeschwemmtes Eiweiß verwandelt sich direkt in ein rotes Koagulum.

Diese Reaktion geben alle aromatischen Verbindungen, in denen nur ein Wasserstoffatom durch eine Hydroxylgruppe ersetzt enthalten ist, im Eiweiß jene (Oxyphenyl-)Gruppe, die bei der Zersetzung Tyrosin liefert.

2. Die Xanthoproteinreaktion. Beim Erwärmen einer wäßrigen Eiweißlösung mit konz. Salpetersäure erhält man, infolge der Bildung von Nitroderivaten, gelbe Flocken oder eine gelbgefärbte Lösung; beim Übersättigen der salpetersauren Lösung mit Ammoniak wird die Farbe tieforange gelb.

Auch diese Reaktion ist an das Vorhandensein der Oxyphenylgruppe des Tyrosincomplexes im Eiweiß gebunden; sie tritt aber auch bei anderen organischen, besonders aromatischen Substanzen auf.

3. Die Biuretreaktion: Violettfärbung der mit Alkali und dann tropfenweis mit einer 2 proz. Kupfersulfatlösung versetzten Eiweißlösung. Diese Reaktion kommt einem Harnstoffderivat, dem Biuret, und den Albumosen und Peptonen ebenfalls zu, doch geben letztere schon in der Kälte eine purpur- bis reinrote Flüssigkeit, während die übrigen Proteinkörper einen blavioletten Farbenton erscheinen lassen, der erst beim Erwärmen purpurfarben wird.

Die Biuretreaktion ist allen Eiweißkörpern gemeinsam und kommt keinem der nicht mehr eiweißartigen Spaltungsprodukte des Eiweiß zu. (Unterscheidung des Eiweiß von seinen nicht mehr zu den Eiweißkörpern zu rechnenden Spaltungsprodukten.)

4. Die Reaktion von H. Molisch.¹ Gibt man zu einer Eiweißlösung einige Tropfen einer alkoholischen α -Naphthollösung und versetzt das Gemisch mit konzentrierter Schwefelsäure, so entsteht eine violette Färbung, die auf Zusatz von Alkohol, Äther oder Kalilauge gelb wird. Verwendet man Thymol an Stelle von α -Naphthol, so entsteht eine karminrote Färbung, die beim Verdünnen grün wird.

Diese Reaktion geben nur solche Eiweißkörper, welche eine Kohlehydratgruppe enthalten (Mucine, Mucide), aus der durch die Wirkung der konzentrierten Schwefelsäure Furfural gebildet wird, welches letztere dann mit dem α -Naphthol oder Thymol die Färbung (Furfuralreaktion) gibt. Vergl. L. v. Udransky, Ztschr. physiol. Chem. 1888. 12, 395.

5. Die Reaktion von A. Adamkiewicz:² Beim Lösen von möglichst entfettetem, trockenem Eiweiß in Eisessig und Zufügen des halben Volums konzentrierter Schwefelsäure färbt sich die Lösung sogleich oder beim Erhitzen violett.

6. Die Reaktion von L. Liebermann:³ Kocht man trocknes, mit Alkohol und Äther möglichst entfettetes Eiweiß mit möglichst konzentrierter Salzsäure, so tritt Violettfärbung der Lösung ein.

Die beiden letzten Reaktionen (sub 5 u. 6) sind bedingt durch die gleichzeitige Anwesenheit einer Kohlehydratgruppe und der Oxyphenylgruppe (F. Hofmeister).⁴

¹ Monatsh. f. Chem. 1888, 7, 198. — ² Berl. Ber. 1875. 8, 161; Pflügers Arch. 1874. 9, 157. — ³ Chem. Centralbl. 1887, 600. — ⁴ Ztschr. physiol. Chem. 1897. 24, 159.

Nach C. Reichl geben Eiweißstoffe mit 2—3 Tropfen verdünnter alkoholischer Lösung von Benzaldehyd, ziemlich viel Schwefelsäure (1:1) oder konzentrierter Salzsäure und einem Tropfen Ferrisulfat oder Eisenchloridlösung eine dunkelblaue Färbung.

Wie bereits erwähnt, kommen diese Reaktionen nicht dem Eiweiß als solchem zu, sondern gewissen Atomgruppen (Kohlehydrat-, Oxyphenyl-Gruppe), die in reaktionsfähiger Form in demselben enthalten sind. Die Farbenreaktionen sind daher von besonderer Wichtigkeit für das Studium des Aufbaues der Eiweißsubstanzen. Vergl. die Arbeiten von E. Salkowsky, *Ztschr. physiol. Chem.* 1888. **12**, 211; H. Schiff, *Berl. Ber.* 1896. **29**, 298; F. Hofmeister, *Ztschr. physiol. Chem.* 1897. **24**, 159.

Einteilung der Eiweißstoffe. Die eigentlichen Eiweißkörper gruppiert R. Neumeister² folgendermaßen:

I. Native oder genuine Eiweißkörper.

1. Albumine: Serumalbumin, Eialbumin, Laktalbumin, Pflanzenalbumin.
2. Globuline: Fibrinogen (Metaglobulin), Serumglobulin (Paraglobulin), Fibringlobulin (durch Verdauung aus Fibrin entstehend), pflanzliche Globuline, Myosin.
3. Vitelline: Phytovitellin, Kristallin.

Die Glieder der einzelnen Gruppen werden durch die Verschiedenheit ihrer Koagulationstemperaturen, ihre spezifischen Drehungsexponenten, sowie durch das Verhalten gegen gewisse Reagentien voneinander unterschieden.

II. Durch fermentative Spaltung eines nativen Eiweißstoffes (des Metaglobulins) entstehend: Fibrin.

III. Künstlich veränderte (denaturierte) Eiweißkörper: Albuminat, Acidalbumin (Syntonin), koaguliertes Eiweiß, Harnacks aschefreies Albumin.

Die Albumine sind in Wasser — auch in salzfreiem — löslich, werden durch Kochsalz oder Magnesiumsulfat nicht ausgesalzt, vollkommen jedoch durch Ammonsulfat. — Die Albumine enthalten von allen Eiweißkörpern den meisten Schwefel (1.6—2.2 %).

Die Globuline sind in reinem Wasser unlöslich, lösen sich aber bei Gegenwart von Neutralsalzen; sie werden durch Kochsalz unvollständig, durch Magnesiumsulfat bei 30° und durch Ammonsulfat vollständig aus neutralen Flüssigkeiten ausgesalzen.

Die Vitelline sind durch Kochsalz nicht fällbar, in ihrem übrigen Verhalten aber den Globulinen sehr ähnlich. Die Aleurone in den Pflanzensamen sowie die Dotterplättchen in den Eiern einiger Fische und Amphibien sind Vitellinkristalle(?).

Vergl. L. Radlkofer, *Über Kristalle proteinhaltiger Körper pflanzlichen und tierischen Ursprunges.* Leipzig 1859. — A. Tschirch und H. Kritzer,

¹ Monatsh. f. Chem. 1889. **10**, 317; 1890. **11**, 155. — ² Lehrb. d. physiol. Chem. 1897, 42; andere Einteilungen siehe: A. Wroblewski, *Berl. Ber.* 1897. **30**, 3045; A. Kossel, *Ztschr. physiol. Chem.* 1898. **25**, 165 u. **26**, 110.

Mikrochemische Untersuchungen über die Aleuronkörner. Ber. d. pharm. Ges. 1900. 10, 214. — Siehe auch bei „Kaviar“.

Das Fibrin ist in Wasser und salzhaltigen Flüssigkeiten unlöslich, von warmen Laugen und Säuren wird es unter Denaturierung gelöst.

Die übrigen Proteinsubstanzen teilt Neumeister wieder ein in a) Proteide (Verbindungen der Eiweißkörper mit anderen, meist kompliziert zusammengesetzten Stoffen) und b) Albuminoide (eiweißähnliche Substanzen).

Zu den **Proteiden** gehören:

1. Die Nukleoalbumine, Verbindungen der Eiweißstoffe mit Nukleinen: Kasein.
2. Die Glykoproteide, Verbindungen der Eiweißstoffe mit Substanzen der Kohlehydratgruppe: Mucine, Mucoide, Hyalogene.
3. Die Hämoglobine, Verbindungen der Eiweißstoffe mit eisenhaltigen Farbstoffen: Hämoglobin, Oxyhämoglobin, Methämoglobin, Kohlenoxydhämoglobin.
4. Nukleine,¹ Verbindungen von Eiweiß mit Phosphorsäure oder einer Nukleinsäure.

Die Proteide werden gleich den eigentlichen Eiweißkörpern durch Alkohol gefällt; sie werden auch mit Ausnahme des Pseudomucins bei längerer Einwirkung des Alkohols koaguliert.

a) Die Nukleoalbumine finden sich neben den echten Eiweißstoffen im Protoplasma und in den Kernen aller tierischen und pflanzlichen Zellen. Sie haben den Charakter von Säuren; in reinem, salzhaltigem oder angesäuertem Wasser sind sie unlöslich, werden aber in sehr verdünnter Kalilauge oder Kalkwasser unter Bildung von Salzen gelöst.

Sie sind, wie die echten Eiweißstoffe, in starker Essigsäure löslich; überschüssige Salzsäure löst sie schon in der Kälte unter Denaturierung, wobei dieselben in Acidalbumin bzw. Albuminat und in Nuklein gespalten werden; dieselbe Spaltung wird durch den Magensaft hervorgerufen.

Die Nukleoalbumine geben im übrigen sämtliche Fällungs- und Farbenreaktionen der einfachen Eiweißstoffe. Durch Kochsalz werden sie unvollkommen, durch Magnesiumsulfat vollkommen ausgesalzen.

Das bestbekannte Nukleoalbumin ist das Kasein, ein Hauptbestandteil der Kuhmilch. Siehe unter Milch!

b) Die Mucine finden sich in größerer Menge in dem Exkret der Speicheldrüsen und der kleinen Drüsen der Schleimhäute. Sie besitzen sauren Charakter und sind in reinem Wasser unlöslich, lösen sich aber bei Gegenwart von sehr geringen Mengen Alkali zu neutralen Flüssigkeiten, die eine schleimige Beschaffenheit besitzen und beim Sieden nicht

¹ O. Hammarsten (Lehrb. d. physiol. Chem. 1899) faßt die Nukleoalbumine und die Nukleine (Verbindungen von Eiweiß mit phosphorhaltigen Substanzen) unter dem Namen „Nukleoproteide“ zusammen.

gerinnen. Mucinlösungen werden durch Essigsäure bei Abwesenheit von Salzen vollkommen gefällt, ebenso durch wenig Mineralsäure; bei Anwesenheit von Salzen tritt wenig oder gar keine Fällung ein; überschüssige Essigsäure löst die Fällung nicht auf (Eiweißstoffe werden gelöst). Das Mucin wird aus seinen Lösungen durch sämtliche Fällungsmittel der Eiweißstoffe, außer durch überschüssige Salpetersäure und Essigsäure und Ferrocyankalium niedergeschlagen; die Mucinlösungen zeigen sämtliche Farbenreaktionen der Eiweißstoffe. Kocht man Mucinlösungen mit verdünnten Mineralsäuren oder Alkalien, so werden dieselben in Syntonin und Körper gespalten, welche den Charakter von Kohlehydraten aufweisen; dieselbe Zersetzung bewirken gespannte Wasserdämpfe.

c) Die Mucoide oder Mucinoide, von denen das Pseudomucin oder Metalbumin am bekanntesten ist, welches sich stets in Ovariencysten findet, erleiden durch Einwirkung verdünnter siedender Mineralsäuren oder gespannter Wasserdämpfe die gleiche Zersetzung wie die Mucine.

Das Pseudomucin ist in Wasser (reinem wie salzhaltigem) löslich; es wird durch Essigsäure nicht gefällt (Unterschied von Mucin); die durch Alkohol bewirkte Fällung geht selbst bei langem Stehen unter absolutem Alkohol nicht in den koagulierten Zustand über, sondern bleibt leicht und vollkommen in Wasser löslich.

d) Die Hyalogene sind als Stütz- und Gerüstsubstanzen, besonders bei den niederen Tieren, sehr verbreitet. Sie sind meist in Wasser unlöslich und zerfallen bei Einwirkung von verdünnter Kalilauge oder gesättigtem Barytwasser schon in der Kälte einerseits in sog. Hyaline (nach ihrem chemischen Verhalten N-haltige, kolloide Kohlehydrate), anderseits in eiweißartige, schwefelhaltige, wenig untersuchte Körper. Sie zeigen die Farbenreaktionen der Eiweißstoffe.

Näheres siehe: Krukenberg, Über die Hyaline, Würzburg 1883; weitere Literatur findet man bei R. Neumeister, Lehrb. d. physiol. Chem. 1897, 48.

e) Über die Hämoglobine siehe unter „Blut“ Kap. V.

f) Die Nukleine sind phosphorsäurehaltige Eiweißkörper; die Phosphorsäure der Nukleine ist aber nicht immer nur an Eiweiß gebunden, sondern sie ist vielfach durch Vermittlung eines nicht näher bekannten Atomkomplexes zugleich mit einer Reihe von Basen verkettet. Weil diese Basen in ihren quantitativen Verhältnissen wechseln, gibt es eine Reihe von substituierten Phosphorsäuren, die man nach R. Altmann (Du Bois' Arch. 1889, 524) als „Nukleinsäuren“ bezeichnet; die in den Nukleinsäuren enthaltenen Basen sind das Adenin, Hypoxanthin oder Sarkin, Guanin und Xanthin; sie werden Xanthin- oder Nukleinbasen genannt. A. Kossel und A. Krüger nennen sie wegen ihrer nahen Beziehungen zur Harnsäure Alloxurbasen, E. Fischer (Berl. Ber. 1897. 30, 549) bezeichnet sie nach dem Grundkörper der Harnsäuregruppe, dem Purin, als Purinbasen.

Die Nukleine besitzen stark sauren Charakter, sind unlöslich in

Wasser, in Alkohol und Äther, ebenso in verdünnten Säuren, auch in künstlichem Magensaft. In Laugen sind sie löslich. Sie geben sämtliche Farbenreaktionen der Eiweißstoffe.

Man teilt die Nukleine in zwei Gruppen:

a) Paranukleine oder Pseudonukleine,¹ das sind Verbindungen von Eiweiß mit Phosphorsäure;

b) echte Nukleine oder Kernnukleine, das sind Verbindungen von Eiweiß mit Nukleinsäuren, welche letztere wieder aus Phosphorsäure und den Xanthinbasen zusammengesetzt sind. Dementsprechend liefern die Paranukleine bei ihrer Spaltung durch Mineralsäuren neben Eiweiß nur Phosphorsäure, wogegen die echten Nukleine außer Eiweiß und Phosphorsäure auch noch die Zersetzungsprodukte der in ihnen enthaltenen Nukleinsäuren, Phosphorsäure und Xanthinbasen, geben. — Ein Paranuklein ist in dem Kasein enthalten, Kernnukleine finden sich in den Eiterzellen und in der Hefe.

Die Nukleinsäuren scheinen auch als solche, ohne mit Eiweiß zu Nukleinen verbunden zu sein, vorzukommen; Nukleinbasen kommen in freiem Zustande im tierischen und pflanzlichen Gewebe vor und geben mit Säuren gut kristallisierbare Substanzen, welche zum Teil der Harnsäure sehr nahe verwandt sind.

Weiteres siehe: A. Kossel, Untersuchungen über Nukleine. Straßburg, 1881; Ztschr. f. physiol. Chem. 1879. 3, 284; 1880. 4, 290; 1881. 5, 152 u. 267; 1882. 6, 422; 1883. 7, 7; 1886. 10, 248. — A. Neumann, Zur Kenntnis der Nukleinsubstanzen. Arch. Physiol. 1898, 374.

Die **Albuminoide** sind spezielle Bildungen des Tierkörpers und kommen dort nur in ungelöstem Zustande vor; sie bilden die organische Grundlage der Stütz- und Deckgebilde. Im normalen Organismus der höheren Tiere kommen nur drei Albuminoide vor, das Keratin, das Elastin und das Kollagen.

Keratin, Hornstoff, ist der Hauptbestandteil der sog. Horngebilde (Epidermis, Nägel, Haare etc.); er hinterbleibt nach der Extraktion dieser Substanzen mit Alkohol, Äther, Säuren und Wasser. Derselbe enthält bis 5% S, teils fest, teils locker gebunden, wie beim Eiweiß.

Das Elastin bildet die das Bindegewebe durchsetzenden elastischen Fasern; dasselbe enthält nur wenig (0.3%), und zwar nur locker gebundenen Schwefel.

Das Kollagen bildet die leimgebende Substanz des Bindegewebes, es ist das Anhydrid des Glutins (Hofmeister);² werden Bindegewebe oder entkalkte Knochen gekocht, so geht das Kollagen unter Wasseraufnahme, als Glutin oder Leim, in Lösung. Durch Trocknen und Erhitzen auf 130° wird Glutin wieder in Kollagen zurückverwandelt. Der gesamte Schwefel des Kollagens (0.6%) ist fest gebunden.

¹ Erstere Bezeichnung stammt von A. Kossel, letztere von O. Hammarsten. — ² Ztschr. physiol. Chem. 1879. 2, 322.

Aus sämtlichen Proteinstoffen, sowohl den eigentlichen, wie den künstlich veränderten, den Proteiden, wie den Albuminoiden, lassen sich durch gemäßigte hydrolytische Einwirkung Spaltungsprodukte erzeugen, welche noch die allgemeinen Charaktere der Proteinsubstanzen zeigen (Unlöslichkeit in Alkohol, Eintritt der Xanthoprotein- und Biuretreaktion) — die sog. Albumosen und Peptone, welche auch durch die natürliche Verdauung entstehen. Kühne nennt die Peptone der Magenverdauung Amphopeptone.

Zusatz 1. Die von Miescher¹ im Fischsperma entdeckten **Protamine** sind nach A. Kossels² Untersuchungen Eiweißkörper, deren Molekül aber einfacher zusammengesetzt ist, als das aller bisher bekannten Eiweißstoffe. Es sind stark basische Körper, die mit Säuren gut charakterisierte Salze geben. Bei ihrer Zersetzung durch siedende verdünnte Schwefelsäure oder durch Trypsin (nicht durch Pepsin) liefern sie die von A. Kossel als Hexonbasen bezeichneten Stoffe: Arginin, Hystidin und Lysin, aber keine Amidosäuren. Kossel schließt daraus, daß in dem Eiweiß derselbe Atomkomplex enthalten ist, wie in den Protaminen. Beide, Eiweiß wie Protamine, sind durch Ferrocyanalkali, Pikrinsäure, Phosphormolybdänsäure, Jodquecksilberjodkali färbbar, jedoch nicht nur aus saurer, sondern auch aus neutraler, z. T. selbst aus schwach alkalischer Lösung; beide zeigen Linksdrehung, beide geben die Biuretreaktion. Millons Reaktion geben die Protamine nicht. Die Protamine sind frei von Schwefel und Phosphor. Sie besitzen deutliche giftige Wirkung (W. H. Thompson).³

Nach Kossels Anschauung bildet diese basenbildende Gruppe den eigentlichen Kern des Eiweißmoleküls; die komplizierteren Eiweißstoffe entstehen durch Anlagerung anderer Gruppen an diesen Kern. Von diesem Gedanken ausgehend hat Kossel eine neue Einteilung der Eiweißstoffe vorgenommen.

Zusatz 2. Fermente. Zu den Eiweißkörpern werden vielfach auch die ungeformten Fermente, die Enzyme gerechnet, obschon es bis jetzt nicht festgestellt ist, ob die Eiweißreaktionen, welche einige Forscher mit den von ihnen isolierten Enzymen erhalten haben, wirklich den Enzymen zukommen oder von beigemengten Eiweißkörpern herrühren. Die Enzyme sind kompliziert zusammengesetzte chemische Verbindungen, welche innerhalb der tierischen und pflanzlichen Zelle, auch den Zellen der Fermentorganismen erzeugt und nach außen hin abgeschieden werden. Diese Stoffe haben die Aufgabe, das schwerlösliche Nährmaterial in ein für die Ernährung geeignetes Material umzuwandeln. Sie sind in Wasser löslich, durch längeres Erhitzen auf 100° verliert die wäßrige Lösung ihre wirksame Kraft. Ihre Lösungen in Glycerin sind sehr haltbar, da konzentriertes Glycerin ein Protoplasmagift ist. Die Enzyme sind imstande, schon in sehr geringer Menge große Massen von gewissen Substanzen chemisch zu verändern, ohne jedoch selbst verbraucht oder verändert zu werden. Eigentümlich ist, daß die verschiedenen Enzyme ihre Wirksamkeit nur auf ganz bestimmte Stoffgruppen beschränken. Demgemäß unterscheidet man:

1. Proteolytische, eiweißverdauende, peptonisierende Enzyme (Pepsin, Trypsin, das vegetabilische Papayotin von *Carica papaya*;
2. amylolytische, Stärke verzuckernde Enzyme (das Ptyalin des Speichels und des Pankreassaftes, die vegetabilische Diastase);
3. fettsplattende Enzyme (das Steapsin des Pankreassaftes);
4. invertierende, Doppelzucker splattende Enzyme (Invertin, Maltase, Laktase);

¹ Arch. f. experim. Pathol. und Pharm. 1896. 37, 100. — ² Sitzungsber. d. Ges. z. Beförderung der ges. Naturwissenschaften zu Marburg. 1897, 56; Ztschr. f. physiol. Chem. 1896. 22, 176; 1898. 25, 165 und 26, 588. — ³ Ztschr. physiol. Chem. 1900. 29, 1.

5. Harnstoff zersetzende Enzyme;
6. Glykoside spaltende Enzyme;
7. Eiweißgerinnungsenzyme (das Labferment des Magens, das Fibrin-ferment).

Von diesen ungeformten Fermenten sind zu unterscheiden die geformten Fermente, die Fermentorganismen, niedere einzellige Pilze und Bakterien, welche die Fähigkeit und die Aufgabe haben, durch ihre Lebenstätigkeit die in der Natur durch das Absterben tierischer und pflanzlicher Substanzen angehäuften organischen Massen in einfache Nährstoffe zurückzuführen. Derartige niedere Organismen sind die Spaltpilze (Schizomyceten), die Hefepilze (Sproßpilze, Blastomyceten) sowie einige Schimmelpilze. Auch sie wirken durch hydrolytische Spaltung.

Die vorstehende Anschauung von dem Unterschiede zwischen Fermenten im engeren Sinne (lebenden Wesen) und Enzymen (Produkten der chemischen Vorgänge in der Zelle, welche die Zelle überleben und von ihr getrennt wirken können) ist in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von E. Buchner¹ erschüttert. Derselbe hat durch Zerreiben und Auspressen von Bierhefe einen eiweißreichen Zellsaft gewonnen, der gärungsfähige Zuckerlösungen zur Gärung bringt. Der von verschiedenen Seiten gemachte Einwurf, daß der Preßsaft noch lebende, gelöste Zellsubstanz enthalte, wurde entkräftet, indem gezeigt wurde, daß der wirksame Bestandteil des Saftes, die Zymase, weder durch Chloroform, noch durch Natriumarsenit oder große Mengen Glycerin beeinträchtigt wurde, während die Gärbarkeit lebender Hefen durch diese Stoffe völlig verhindert wird.

2. Kohlehydrate.²

Die Kohlehydrate machen den größten Teil der pflanzlichen Nahrungsmittel aus; sie bilden das Hauptmaterial zum Aufbau des Pflanzenkörpers. Es sind stickstofffreie Verbindungen mit 6 oder einem Vielfachen von 6 Atomen Kohlenstoff; Wasserstoff und Sauerstoff enthalten sie in demselben Verhältnis, wie das Wasser. Man teilt diese Stoffe gewöhnlich nach der Molekulargröße ein in:

I. Monosaccharide: $C_6H_{12}O_6$	II. Disaccharide: $C_{12}H_{22}O_{11}$	III. Polysaccharide: $(C_6H_{10}O_5)_n$
Traubenzucker (Dextrose, Glykose)	Rohrzucker (Saccharose)	Stärke
Fruchtzucker (Lävulose, Fruktose)	Milchzucker (Laktose)	Glykogen
Mannose	Malzzucker (Maltose)	Dextrin
Galaktose	Isomaltose	Gummi
		Cellulose
		Inulin

¹ Berl. Ber. 1897. 30, 117. 1110; vergl. noch Stavenhagen, Berl. Ber. 1897. 30, 2422; E. Buchner u. R. Rapp, das. 1897. 30, 2668; 1898. 31, 209. 1084. 1090. 1531; H. Will, Ztschr. f. ges. Brauwesen. 1898. 21, 291; H. Lange, Wochenschr. f. Brauereien. 1898. 15, 377. — ² Siehe auch: B. Tollens, Handb. d. Kohlehydrate. Breslau 1895 u. 1898; Rob. Sachse, Chemie und Physiologie der Farbstoffe, Kohlehydrate etc. Leipzig 1877; E. O. von Lippmann, Die Chemie der Zuckerarten. 1895; E. Fischer, Die Chemie d. Kohlehydrate u. ihre Bedeutung für die Physiologie. Vortrag 1894.

I. Die **Monosaccharide** oder **Glykosen** sind süßschmeckende, in Wasser und Alkohol leicht lösliche, in Äther unlösliche Körper; sie sind kristallisationsfähig, optisch aktiv und diffundieren. Ihre Verbindungen mit Basen werden Saccharate genannt; die Bleisaccharate sind in ammoniakalischen Flüssigkeiten fast unlöslich.

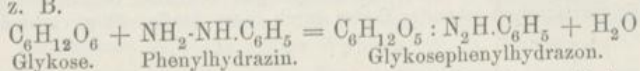
Reaktionen der Monosaccharide:

1. Sie sind in verdünnter wäßriger Lösung direkt durch Hefe vergärbbar, wobei sie in Alkohol und Kohlensäure zerfallen;

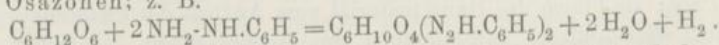
2. sie reduzieren beim Erwärmen in alkalischen Lösungen Metalloxyde (ammoniakalische Silberlösung, alkalische Kupferoxydlösung — Trommersche Probe, Fehlingsche Probe —);

3. mit Laugen oder wäßriger Schwefelsäure gekocht, werden sie unter Braunfärbung zersetzt (Mooresche Probe); für sich erhitzt, liefern sie Karamel, eine eigentümlich riechende, nicht mehr kristallisationsfähige Masse;

4. in essigsaurer Lösung verbinden sie sich bei gewöhnlicher Temperatur mit 1 Mol. Phenylhydrazin unter Wasseraustritt zu Hydrazonen; z. B.



Beim Erwärmen mit essigsaurem Phenylhydrazin verbinden sie sich mit 2 Mol. Phenylhydrazin unter nochmaligem Wasseraustritt und Abgabe von Wasserstoff zu gelben, in Wasser unlöslichen Verbindungen, den Osazonen; z. B.



Vorkommen. Die Dextrose, ebenso die Lävulose finden sich, meist in gleicher Menge, im Saft der meisten süßen Früchte und im Honig.

Die Mannose entsteht durch Kochen von Reservecellulose der Samen mit verd. Schwefelsäure, auch durch vorsichtige Oxydation des Mannits.

Die Galaktose ist in freiem Zustande im Tier- und Pflanzenreiche nicht nachgewiesen.

Anhang. In vielen Früchten und Pflanzen kommen außer den gewöhnlichen Zuckern mit 6 Kohlenstoffatomen auch Muttersubstanzen von Zuckern mit 5 C-Atomen vor (Xylose, Arabinose etc.), welche letztere man als Pentaglykosen oder Pentosen zusammenfaßt; die Muttersubstanzen selbst nennt man Pentosane.

Die Pentosen entstehen aus den Pentosanen durch hydrolytische Spaltung, besonders beim Kochen mit verdünnten Säuren. Die Pentosen reduzieren Fehlingsche Lösung und drehen die Polarisationssebene des Lichtes.¹ Beim Erhitzen mit Schwefelsäure oder Salzsäure liefern sie Furfurol. Das bei der Destillation mit Salzsäure übergehende Furfurol gibt mit Phloroglucin eine kirschrot gefärbte Lösung. Die Pentosen sind mit Hefe nicht vergärbbar.

Siehe auch: F. Mann, M. Krüger u. B. Tollens, Über die Bestimmung der Pentosen und Pentosane durch Furfuroldestillation. — Ztschr. angew. Chem. 1896. 33, 149. — J. König, Die Notwendigkeit der Umgestaltung der jetzigen Futter- und Nahrungsm.-Analyse. Landw. Versuchsst. 1897. 48.

¹ Die Arabinose ist stark ($\alpha^D = +104-105$), die Xylose schwach rechtsdrehend ($\alpha^D = +18$).

II. Die **Disaccharide** oder **Saccharosen (Biosen)** sind Anhydridverbindungen zweier Moleküle der einfachen Zucker. Der Rohrzucker besteht aus 1 Mol. Dextrose und 1 Mol. Lävulose, der Milchzucker aus 1 Mol. Dextrose und 1 Mol. Galaktose, der Malzzucker aus 2 Molekülen Dextrose. Die Disaccharide schmecken im allgemeinen süßer als die einfachen Zucker. Sie sind optisch aktiv, kristallisationsfähig und diffusibel. Wie die einfachen Zucker, bilden auch sie mit Basen Saccharate.

Reaktionen: 1. Die Disaccharide sind (außer Maltose) nicht direkt durch die Hefe vergärbbar, sondern erst nach ihrer Invertierung, d. i. Spaltung in die einfachen Zucker unter Aufnahme von Wasser.¹ Diese Spaltung kann durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren, durch Einwirkung gespannter Wasserdämpfe und durch gewisse Fermente bewirkt werden. Die Untersuchungen von E. Fischer² haben gezeigt, daß jeder Doppelzucker nur von spezifischen, invertierenden Enzymen gespalten wird. Das invertierende Enzym des Rohrzuckers ist das Invertin, das der Maltose die Maltase, das des Milchzuckers die Laktase. Der Milchzucker wird durch Hefe nicht vergoren; durch Milchsäureferment jedoch geht er rasch in Milchsäuregärung über, mit gewissen Schizomyceten geht er in Alkoholgärung über.

2. Auch die Disaccharide reduzieren die Metalloxyde in alkalischen Lösungen, der Rohrzucker erst nach seiner Invertierung.

3. Beim trocknen Erhitzen geben die Disaccharide gleich den Monosacchariden braunen Karamel, beim Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure oder Laugen werden sie unter Braunfärbung zersetzt.

4. Mit Phenylhydrazin verbinden sie sich zu Hydrazonen und Osazonen.

Vorkommen. Der Rohrzucker findet sich in größerer Menge in der Zuckerrübe (bis 16%), dem Zuckerrohr (bis 20%) und der Zuckerhirse (bis 15%), in geringer Menge in den meisten Pflanzen.

Der Milchzucker ist ein konstanter Bestandteil der Milch.

Die Maltose entsteht bei der Einwirkung vom Malzdiastase auf Stärke (beim Keimen des Getreides).

Die Isomaltose findet sich im Bier und in der Bierwürze (Lintner).³

III. Die **Polysaccharide**, ebenfalls Anhydride der Monosaccharide, entstehen aus der Vereinigung vieler Moleküle der einfachen Zucker; sie sind amorphe geschmacklose Körper, die in Alkohol und Äther unlöslich, in Wasser jedoch (die Cellulose ausgenommen) mehr oder weniger leicht löslich sind. Die wäßrigen Lösungen sind optisch aktiv; sie diffundieren nicht. Durch Sättigung der wäßrigen Lösungen mit Salzen,

¹ Der Ausdruck „Inversion, Umkehrung“ ist nur für den Rohrzucker bezeichnend, welcher bei der Invertierung in gleiche Teile Dextrose und Lävulose zerfällt; da aber die letztere stärker nach links dreht, als die Dextrose nach rechts, so ist der Invertzucker, das entstandene Gemisch, links drehend. — ² Berl. Ber. 1894. 27, 3479; 1895. 28, 1431. — ³ Ztschr. f. ges. Brauwesen 1891, 283; 1892, 6. 106. 142.

besonders Ammonsulfat, werden die Polysaccharide ausgeschieden. Mit Basen, auch mit Phenylhydrazin gehen sie keine Verbindungen ein; Metalloxyde in alkalischer Lösung werden nicht durch sie reduziert.

Spezielle Reaktionen: Stärke gibt mit Jodlösung (Jod in Jodkalium) die bekannte charakteristische Blaufärbung.¹ Durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren, durch Behandlung mit hochgespannten Wasserdämpfen oder durch Einwirkung gewisser Fermente werden die Polysaccharide in die einfachen Zucker zerlegt. Bei der hydrolytischen Spaltung der Stärke, des Glykogens und der Cellulose wird Dextrose gewonnen, bei der Zersetzung des Inulins Lävulose, bei der Zersetzung vieler Gummiarten Galaktose.

Die Dextrine sind Zwischenprodukte, welche bei der Umwandlung von Stärke sich bilden. So entsteht, wenn man Stärkelösung mit verdünnter Schwefelsäure kocht, zunächst Amidulin, dann Erythroextrin (Rotfärbung mit Jodlösung), nun Achroodextrin (wird durch Jod nicht mehr gefärbt), weiter Isomaltose, Maltose, endlich Traubenzucker.

Bei vorsichtiger Hydratation von Glykogen entstehen die gleichen Produkte (E. Külz und J. Vogel^{2,3}).

Die Polysaccharide sind durch Hefe nicht vergärbbar.

Vorkommen. Die Stärke findet sich in vielen Pflanzenzellen in Form runder oder länglicher Körner, welche unter dem Mikroskop meist deutliche Schichtung erkennen lassen. Nach C. Nägeli bestehen die Stärkekörner aus Granulose und Stärkecellulose; nur die Granulose wird beim Kochen mit viel Wasser, sowie durch Einwirkung diastatischer Enzyme gelöst; es entsteht das erste Spaltungsprodukt der Stärke, die lösliche Stärke, das Amidulin, das Amylodextrin von C. Lintner und G. Düll.

Lösliche Stärke erhält man auch beim Erhitzen von Stärke mit Glycerin auf 190° (C. Zulkowsky, Berl. Ber. 1880. **13**, 1395), durch Einwirkung von Natriumsuperoxyd (V. Syniewski, Berl. Ber. 1897. **30**, 2415 u. 1898. **31**, 1792), durch Einwirkung von verdünnter Kalilauge (A. Wroblewsky, Berl. Ber. 1897. **30**, 2108; Chem. Ztg. 1898. **22**, 375).

¹ Über Verbindungen der Stärke mit alkalischen Erden, siehe C. J. Lintner, Ztschr. angew. Chem. 1888, 232. — ² Ztschr. f. Biol. 1894, N. F. **13**, 108. — ³ Über die Vorgänge bei der Verzuckerung der Stärke vergl.: F. Musculus u. D. Gruber, Ztschr. physiol. Chem. 1878. **2**, 177; F. Musculus u. J. von Mering, das. 1879. **2**, 111; H. T. Brown u. J. Heron, Journ. Chem. Soc. 1879; Ztschr. ges. Brauwesen 1880, 31; H. T. Brown u. G. H. Morris, das.; Ztschr. ges. Brauw. 1885, 527 u. 1889, 422 u. 453; C. Lintner u. G. Düll, Berl. Ber. 1893. **26**, 2547 u. 1895. **28**, 1530; C. Scheibler u. H. Mittelmeier, das. 1893. **26**, 2930; K. Bülow, Pflügers Arch. 1895. **62**, 153; H. T. Brown u. G. H. Morris, Journ. Chem. Soc. 1896. **67**, 709; Berl. Ber. 1896. **29**, Ref. 1135; A. R. Ling u. J. A. Baker, das. 1896. **67**, 702, 739; Berl. Ber., das. 1134; H. Ost, Chem. Ztg. 1896, 761; Vikt. Syniewski, Annal. Chim. 1899. **309**, 282; Jahresb. f. Agrikulturchem. 1899. **42**, 227; ferner siehe: E. Prior, Chemie und Physiologie des Malzes und des Bieres, Leipzig 1896, 129; Brown u. Morris, Handb. d. Brauwissenschaft, Berlin 1893.

Das Glykogen (tierische Stärke) kommt im tierischen Organismus hauptsächlich in der Leber vor, findet sich aber auch in kleiner Menge in fast allen Geweben des tierischen Körpers. Es repräsentiert wie die pflanzliche Stärke einen Überschuß an Zucker, der als Reservematerial in den Organen abgelagert wird.

Die Cellulose bildet den Hauptbestandteil der Zellwände aller Pflanzen; sie ist in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich; sie löst sich nur in ammoniakalischer Lösung von Kupferoxyd (Schweitzers Reagens),¹ woraus sie durch Übersättigen mit Säuren wieder gefällt wird. Holz und Kork sind Umwandlungsprodukte der Cellulose.

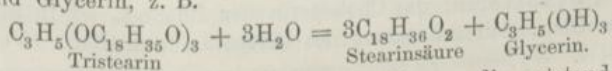
Gummi ist in vielen Pflanzen, teils in den Pflanzensäften gelöst, teils in eigenen Behältern abgesondert, enthalten. Tritt es aus den Pflanzen heraus, so erstarrt es zu einer durchsichtigen, amorphen Masse.

Das Inulin findet sich in den Wurzeln vieler Kompositen, in denen es die Stärke vertritt. Wenn man inulinhaltiges Gewebe in starken Alkohol legt, so setzen sich sog. Sphärökristalle von Inulin an den Zellwandungen an; sämtliche andere Polysaccharide sind stets nur amorph.

3. Fette, Lecithine, Cholestearine.

Die Fette sind wie die Kohlehydrate stickstofffreie Verbindungen, welche einen großen Teil des tierischen Körpers bilden. Sie sind ihrer chemischen Natur nach Gemenge von Triglyceriden der Fettsäuren, hauptsächlich der Palmitin-, Stearin- und Ölsäure. Die festen Fette bestehen vorwiegend aus Tripalmitin und Tristearin, während die flüssigen Fette, die Öle, als Hauptbestandteil das flüssige Triolein enthalten.

Alle Fette sind unlöslich in Wasser, auf dem sie als spezifisch leichtere Körper schwimmen. In heißem Alkohol lösen sie sich, scheiden sich aber beim Erkalten desselben wieder aus; leicht löslich sind die Fette in Äther, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzol, Petroläther. Auf Papier erzeugen sie Fettflecken, die beim Erwärmen nicht verschwinden (Unterschied von flüchtigen Ölen). Beim Erhitzen mit verdünnten Mineralsäuren, besonders aber mit alkoholischen Laugen werden die Fette unter Wasseraufnahme zersetzt; es bilden sich fettsaure Alkalien und Glycerin, z. B.



Diesen Vorgang bezeichnet man als Verseifung, die entstandenen fettsauren Salze heißen Seifen. Die Kali- und Natronseifen sind in Wasser unlöslich; die Seifen der alkalischen Erden unlöslich; die in Wasser unlöslichen Bleiseifen heißen Bleipflaster. Fügt man zu Seifenlösungen

¹ Dasselbe wird erhalten durch Auflösen eines (mit wenig Natronlauge erhaltenen) Niederschlages von Kupferhydroxyd in starkem Ammoniak.

Mineralsäuren, so wird die Seife zersetzt und die freien Fettsäuren scheiden sich als unlösliche Masse ab. Die in Wasser löslichen Seifen lassen sich durch Sättigen ihrer Lösungen mit Salzen (Kochsalz, Ammonsulfat) abscheiden.

Erhitzt man Fette für sich oder mit wasserentziehenden Substanzen (wasserfreie Phosphorsäure, Kaliumbisulfat), so zerfällt das Glycerin in Akrolein (Akrylaldehyd, Allylaldehyd) $\text{CH}_2\text{:CH.COH}$, das durch seinen widerlichen Geruch charakterisiert wird.

Die Farbstoffe der Fettgewebe nennt man Lipochrome.¹

Die **Lecithine** sind Verbindungen von Cholin mit einer durch Fettsäureradikale substituierten Glycerinphosphorsäure. Sie stehen den Fetten sehr nahe, sind in Wasser unlöslich, leicht löslich in Äther und Alkohol. Lecithine finden sich namentlich im Gehirn, in den Nerven und im Eigelb. Auch die Fette der Leguminosen und Cerealien enthalten nicht unbeträchtliche Mengen Lecithin. Töpler² fand im Samen der Leguminosen 0.26—0.61%, in dem der Cerealien 0.10—0.18 (bei Hafer 0.69%). Mit Säuren oder Basen, besonders Barytwasser erwärmt, zerfallen die Lecithine in Fettsäuren (Palmitin-, Stearin- oder Ölsäure) Glycerinphosphorsäure und Cholin. Nach E. Schmidt³ kann hierbei auch eine dem Cholin nahestehende Base entstehen, das Neurin, das auch bei der Fäulnis oder durch bakterielle Einwirkung auf Cholin und Lecithin bei genügendem Zutritt von Sauerstoff sich zu bilden vermag.

Die **Cholestearine** sind ihrer chemischen Natur nach wahrscheinlich einwertige Alkohole von der Formel $\text{C}_{27}\text{H}_{45}\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$; die nähere Konstitution ist nicht bekannt.⁴ Sie kristallisieren in großen perlmutterglänzenden Blättern, die in Alkohol und Äther löslich, in Wasser unlöslich sind. Von den Fetten unterscheiden sie sich durch ihre völlige Unlöslichkeit in Laugen, selbst bei Siedehitze.

Fügt man zu einer Lösung von Cholestearin in Chloroform konzentrierte Schwefelsäure, so färbt sich das Chloroform purpurrot, während die darunter befindliche Schwefelsäure grünlichgelb fluoresziert; verdunstet man die rote Chloroformlösung, so wird sie erst blau, dann grün und schließlich gelb. (Salkowskis Reaktion⁵.)

Cholestearine finden sich im Tierkörper sehr verbreitet, besonders in der Galle, im Blut, den Nerven, dem Gehirn und im Eigelb.

Das Phytosterin, das Cholesterin der Pflanzen, ist in allen vegetabilischen Ölen, mit Ausnahme des Olivenöls, enthalten. Von anima-

¹ Um die Lipochrome von den Fetten zu isolieren, verseift man die alkoholische Fettlösung mit Natronlauge, verjagt den Alkohol und führt die in Wasser gelösten Natronseifen durch Zusatz von Calciumchlorid in unlösliche Kalkseifen über. Nach dem Erkalten schüttelt man die Lipochrome mit Petroleumäther aus. — ² Jahresber. f. Agrik. Chem. 1861/62, 57. — ³ Ztschr. physiol. Chem. 1895. 20, 364. — ⁴ Vergl. K. Obermüller, Ztsch. physiol. Chem. 1891. 15, 37; J. Mauthner und W. Suida, Monatsh. f. Chem. 1894. 15, 85. 362. — ⁵ Pflügers Archiv 1872. 6, 207.

lischen Fetten enthält nur das Butterfett Phytosterin. Cholesterin schmilzt bei 146—147.5°, Phytosterin bei 132—134°.

III. Die Verdauung, die Verdauungssäfte und ihre Einwirkung auf die Nährstoffe.

Die im vorigen Kapitel besprochenen Nährstoffe gehen, in den Organismus aufgenommen, nicht direkt in die Säfte über; sie müssen noch gewisse (mechanische und chemische) Prozesse durchmachen, um assimilationsfähig zu werden. Die Gesamtheit aller derjenigen Prozesse nun, welche dazu dienen, den rohen Nährstoff in das für die Ernährung geeignete Material überzuführen, heißt die Verdauung. Die Veränderung der Nahrungsstoffe im Verdauungsapparat, der vom Mund bis zum After reicht, sind mechanischer und chemischer Natur. Der mechanische Prozess umfaßt die Zerkleinerung und innige Mischung derselben mit den sie chemisch vorbereitenden Flüssigkeiten (die Arbeit des Kauens und der Darmbewegung); der chemische Prozess besteht in der Löslichmachung (hydrolytischen Spaltung) und Lösung der Stoffe durch die sog. Verdauungssäfte: den Mundspeichel, den Magensaft, den Darmsaft, die Galle und den Pankreassaft (Bauchspeichel).

1. Mundspeichel. Derselbe ist ein gemischtes Sekret der großen Speicheldrüsen, welche sich in den Mund ergießen (glandula parotis, submaxillaris und sublingualis), außerdem noch mehrerer kleinerer Drüsen der Mundhöhle (glandulae buccales und labiales). Der Speichel reagiert schwach alkalisch; zuweilen, nach Mahlzeiten, im Fieber, bei Diabetes wird auch eine neutrale oder saure Reaktion beobachtet. Die Menge desselben ist schwankend, da jeder Reiz der Mundschleimhaut eine erhöhte Absonderung bewirkt; im Mittel sollen in 24 Stunden ca 1500 g Speichel abgesondert werden (F. Bidder und C. Schmidt¹), Fr. Tuzek²).

Auch die Zusammensetzung des Speichels ist verschieden, je nachdem die einen oder die anderen Drüsen sich mehr oder weniger an der Absonderung beteiligen. Nach Fr. Hammerbacher³ enthielt menschlicher Speichel 0.5797% feste Bestandteile, nach Bidder und Schmidt (l. c.) 0.484%. Als chemische Bestandteile des Mundspeichels sind aufzuführen: 1. Wasser, 2. anorganische Salze (besonders Calciumbikarbonat, Chloralkalien und phosphorsaure Alkalien), 3. geringe Mengen von Eiweiß, 4. Mucin, 5. Ptyalin (der digestiv wirksame Bestandteil des Speichels), 6. Kalium-rhodanid (bei Tieren meistens nicht gefunden (W. Ellenberger und V. Hofmeister⁴), 7. Gase: freier Sauerstoff (nach E. Pflüger⁵ etwa 0.5 Vol.-%), Stickstoff und Kohlensäure.

¹ Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau und Leipzig. 1852. —

² Ztschr. f. Biologie. 1876. 12, 534. — ³ Ztschr. physiol. Chem. 1881. 5, 302. —

⁴ Vergl. Physiologie der Haussäugetiere. Berlin 1890, 495. — ⁵ Pflügers Arch. 1868. 1, 686; vergl. R. Külz, Ztschr. f. Biologie 1887. N. F. 5, 321.

C. F. Schönbein¹, auch P. Gries² haben im Speichel salpetrige Säure nachgewiesen, Heyward fand Ammoniak.

Die Sekrete der verschiedenen Mundspeicheldrüsen sind nicht gleichartig: die Parotis sondert beim Menschen kein Mucin ab, wogegen die gl. sublingualis und die meisten kleineren Drüsen Mucin liefern; die gl. submaxillaris bildet sowohl Mucin als auch Eiweiß. Das Ptyalin findet sich beim Menschen sowohl im Parotidenspeichel als auch besonders im Sekret der gl. submaxillaris (P. Grützner³)⁴. Infolge der Anwesenheit von Eiweiß und Mucin gibt der Speichel die Biuret-, die Millonsche, die Xanthoprotein-Reaktion. Invertin ist im Speichel nicht vorhanden.

Die **Wirkung des Speichels** bei dem Verdauungsprozeß besteht darin, daß derselbe die Bissen durchfeuchtet und so das Schlucken erleichtert; daß derselbe der Nahrung mehr Wasser zuführt, wodurch er einerseits auf die Nahrungsstoffe lösend wirkt, andererseits eine leichtere Verarbeitung der nun zu einem mehr oder weniger wäßrigen Extrakt gewordenen festen Nahrung ermöglicht; endlich, daß das in ihm befindliche amylolytische Ferment, das Ptyalin, eine Zersetzung der in der Nahrung enthaltenen Stärke und des Glykogens (unter Wasseraufnahme) und eine Überführung in Zucker einleitet.

Bei der Einwirkung des Ptyalins auf Stärke entsteht, wie bei der Behandlung mit siedendem Wasser oder verdünnten Mineralsäuren, zunächst das einfache Hydrat, die lösliche Stärke (Amidulin, Amylodextrin); diese spaltet sich nach C. Lintner und G. Düll⁵ in drei Moleküle Erythro-dextrin, das wieder in drei Moleküle Achroodextrin zerfällt. Aus dem Achroodextrin entsteht zunächst Isomaltose, dann Maltose, das letzte Glied der enzymatischen Umwandlung, während bei Behandlung mit Schwefelsäure das Achroodextrin noch weiter zersetzt, in Glykose umgewandelt wird. Es wird aber nicht etwa erst alle Stärke in Amylodextrin, dieses dann vollständig in Erythro-dextrin übergeführt, sondern während einzelne Moleküle bereits am Ende des Zersetzungsprozesses angekommen sind, befinden sich andere in Zwischenstadien, wieder andere sind noch unzersetzt.

Vergl. F. Musculus u. D. Gruber, Ztschr. physiol. Chem. 1878. **2**, 177; J. von Mering, das. 1881. **5**, 185; C. Scheibler und V. Mittelmeyer, Berl. Ber. 1893. **26**, 2935.

Das Ptyalin des Mundspeichels kann also die Stärke und das Glykogen der Nahrung in Zucker verwandeln, allein nach den Unter-

¹ Journ. f. pr. Chem. 1862. **86**, 151. — ² Jahresber. f. Tierchem. 1878. **8**, 72. — ³ Pflügers Arch. 1876. **12**, 287. — ⁴ Es wird jetzt allgemein angenommen, daß alle Verdauungssekrete in den absondernden Drüsenzellen nicht schon vorgebildet und gelöst sind, sondern daß dieselben erst während der Sekretion gebildet werden; die Drüsenzellen enthalten also nicht Ptyalin, sondern das Zymogen des Ptyalins, nicht Mucin, sondern Mucinogen, nicht Trypsin, sondern Trypsinogen (cf. Neumeister l. c.). — ⁵ Berl. Ber. 1893. **26**, 2533.

suchungen von O. Hammarsten¹ ist die Zeit seiner Einwirkung während des Kauens für eine erhebliche Zuckerbildung zu kurz, denn sobald die stärkehaltige Substanz in den Magen gelangt ist, wird die Wirkung des Ptyalins durch den sauren Magensaft abgeschwächt und dann unterbrochen, um später durch das im Pankreassaft viel reichlicher enthaltene Ptyalin wieder aufgenommen zu werden.

Hammarsten (l. c.) konstatierte bei Einwirkung von Speichel auf verschiedene Stärkesorten eine eingetretene Zuckerbildung bei

Kartoffelstärke	nach	2—4	Stunden
Erbsenstärke	„	1 ³ / ₄ —2	„
Weizenstärke	„	1 ¹ / ₂ —1	„
Gerstenstärke	„	10—15	Minuten
Haferstärke	„	5—7	„
Roggenstärke	„	3—6	„
Maisstärke	„	2—3	„

Die chemische Funktion des Speichels kommt demnach beim Menschen nur wenig in Betracht. Die Eiweißstoffe erfahren durch den Mundspeichel keine Veränderung.

2. Magensaft. Dieser ist das Sekret zweier Drüsenarten.

1. der Pylorusdrüsen, zylindrischer, am Grunde z. T. etwas verzweigter, mit zylindrischen Zellen ausgekleideter Schläuche;

2. der Fundusdrüsen, zylindrisch, am Grunde verzweigt, und mit zwei Zellenarten versehen,

a) den Hauptzellen, zylindrisch, den Zellen der Pylorusdrüsen ähnlich, in allen Teilen der Drüse und im Drüsenhalse ausschließlich vorhanden,

b) den Belegzellen (früher Labzellen genannt) rundlich im Drüsenkörper wandständig hinter den Hauptzellen liegend, keine kontinuierliche Schicht bildend (Heidenhain).

Der Magensaft ist eine klare, farblose Flüssigkeit von stark saurer Reaction, welche bei mechanischem Reiz (der Nahrung) auf die Magenschleimhaut von dieser ausgeschieden wird. Bei leerem Magen ruht die Absonderung des Magens oder ist nur sehr gering. Die saure Reaktion desselben wurde eine Zeitlang auf die Gegenwart von Milchsäure zurückgeführt; F. Bidder und C. Schmidt² aber haben nachgewiesen, daß die saure Reaktion von freier Salzsäure herrührt, da die Chlormenge des Saftes größer ist als das Äquivalent sämtlicher gefundenen Basen. Neuere Untersuchungen haben einen Salzsäuregehalt des menschlichen Magensaftes von 0.2—0.3 % ergeben (Dionys Szabó³). Die freie Salzsäure des Magensaftes nimmt ihre Entstehung aus den Chloriden des alkalisch reagierenden Blutes, wie Versuche von C. Voit⁴ und A. Kahn⁵

¹ Jahresber. f. d. ges. Medizin (Virchow-Hirsch). 1871. 6, 95. — ² Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau und Leipzig 1852. — ³ Ztschr. physiol. Chem. 1877. 1, 155. — ⁴ Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. Wissensch. 1869. 2, 506. — ⁵ Ztschr. physiol. Chem. 1886. 10, 522.

dargethan haben. R. Maly¹ hat diese merkwürdige Erscheinung zu erklären versucht. Bringt man zwei auch im Blute vorkommende Salze, das alkalische Dinatriumphosphat und neutrales Calciumchlorid zusammen, so tritt auffallenderweise freie Salzsäure auf; diese diffundiert aber bedeutend schneller als lösliche Salze, 34 mal so schnell als Kochsalz. Eine andere Annahme von Maly ist diese, daß die Kohlensäure beim Zusammentreffen selbst mit Sulfaten oder Chloriden einen Teil der Basen binde und die stärkere Säure von diesen fortdränge. Die Möglichkeit dieser Reaktion wurde von ihm nachgewiesen, allein es ist schwer einzusehen, warum bei der Möglichkeit einer Salzsäurediffusion nicht auch die Kohlensäure diffundiert, ferner ist es nicht verständlich, weshalb die Salzsäure immer nur nach der einen Seite, in das Lumen der Drüse, das gebildete Natriumkarbonat aber stets in das Blut befördert wird (G. Bunge).² Nach Bunge ist die Hauptaufgabe der Salzsäure, die Nahrung vor Fäulnis und abnormer Gärung zu schützen.

Durch die Wirkung der Salzsäure werden mit der Nahrung in den Körper eingewanderte Fermentorganismen größtenteils getötet und dadurch der Gefahr, daß diese im Darm giftige Produkte, Indol, Skatol, besonders Toxine bilden, vorgebeugt. Enzyme, mit Ausnahme des Pepsins, werden durch Salzsäure zerstört; der Milchsäurebazillus, gewisse pathogene Bakterien widerstehen ihrer zerstörenden Wirkung; der Cholerabazillus dagegen kann getötet werden. Nach N. Nenki, N. Sieber und E. Schoumow-Simanowski³ werden gewisse Toxalbumine (das Tetano- und Diphtherietoxin) abgeschwächt oder vernichtet.

Der menschliche Magensaft enthält ca. 0.5 % Trockensubstanz. Bidder und Schmidt (l. c.) geben folgende quantitative Zusammensetzung des menschlichen Magensaftes an:

Wasser	99.44 %
Salzsäure	0.20 „
Organ. Bestandt. (Pepsin)	0.32 „
Salze	0.22 „

In dem Magensaft finden sich außer der Salzsäure noch weitere wirksame Bestandteile, das Pepsin (ein Eiweiß und Leim verdauender) und das Lab oder Chymosin (ein Milch koagulierender Körper). Invertin ist im menschlichen Magensaft nicht vorhanden (J. Worm-Müller⁴). Die sich häufig findende Milchsäure ist kein Produkt der Drüsensekretion (E. v. Brücke⁵), sondern entstammt der eingeführten Nahrung (bakterielle Gärung von Kohlehydraten), wie C. A. Ewald und J. Boas⁶ gezeigt haben. Die verschiedenen Drüsensekrete sind nicht gleichartig: nur die Belegzellen der Fundusdrüsen (Labzellen) liefern Salzsäure, während die Hauptzellen Pepsin und Lab liefern; ebenso geben

¹ Liebigs Annal. 1874. 173, 250. — ² Lehrb. d. physiol. Chem. 1889, 149; vergl. Neumeister l. c. 165. — ³ Centralbl. f. Bakter. 1898. 23, 840. 880. — ⁴ Pflügers Arch. 1884. 34, 576. — ⁵ Vorlesungen über Physiologie 1885. 1, 305. — ⁶ Virchows Arch. 1885. 101, 325 u. 1886. 104, 271.

die Pylorusdrüsen, welche lediglich aus Hauptzellen bestehen, nur Pepsin und Lab (R. Heidenhain¹, H. v. Swiecicki², E. Sehrwald³).

Das im Magensaft enthaltene Mucin stammt aus den Becherzellen, welche die Drüsenzellen umkleiden.

Wirkung des Magensaftes auf die Nährstoffe.

1. Viele vom Speichel noch nicht aufgelöste Substanzen werden durch den sauren Magensaft gelöst (auch Karbonate und Phosphate).

2. Die vom Ptyalin des alkalischen Mundspeichels eingeleitete Umwandlung der Stärke in Zucker wird im Magen fortgesetzt und durch die erhöhte Temperatur beschleunigt, bis die saure Reaktion des Magensaftes überhand nimmt und das Ferment zerstört; Cellulose wird durch den Magensaft nicht verändert.

3. Ein im Magensaft noch nicht isoliertes Ferment verwandelt Milchzucker in Milchsäure.

4. Die echten Eiweißstoffe, welche noch nicht gelöst sind, wie das Fibrin, gekochtes Eiereiweiß, Kasein des Käse etc., werden durch die Wirkung der Salzsäure und des Pepsins zunächst aufgelöst — Pepsin ist in neutraler oder alkalischer Lösung unwirksam —, dann denaturiert, d. h. in Syntonin (Acidalbumin) übergeführt. Der Denaturierung folgt, unter Wasseraufnahme, die allmähliche Spaltung des Eiweißmoleküls; das erste Spaltungsprodukt sind die Albumosen, bei weiterer Einwirkung des Magensaftes entstehen die Peptone, die Endpunkte der Magenverdauung.⁴

5. Von den Proteiden erfährt das Kasein der Milch vor der Pepsinverdauung noch eine eigentümliche Veränderung im Magensaft. Dasselbe wird aus der Milch nicht durch die freie Salzsäure gefällt, sondern durch das Labferment (als Käse, Parakasein), nachdem die Salzsäure zuvor den neutralen Kaseinkalk in das entsprechende saure Kalksalz verwandelt hat. Auf dies nunmehr in den festen Zustand übergeführte Kasein (Parakasein) wirkt jetzt die Pepsinsalzsäure und spaltet es in Nuklein und Eiweiß; ersteres ist im Magensaft unlöslich, letzteres geht als Syntonin in Lösung und wird nun weiter in Albumosen (Kaseosen) und schließlich in Peptone (Amphopeptone) gespalten (H. Thierfelder⁵, N. Chittenden und H. M. Painter⁶).

6. Auch die übrigen Proteide werden durch den Magensaft zunächst in ihre Komponenten gespalten: Hämoglobin in Eiweiß und Hämatin, die Glycoproteide in Eiweiß und Kohlehydrate.

7. Von den Albuminoiden werden nur das Kollagen und das Elastin (letzteres sehr schwer) gelöst; das Keratin widersteht der ver-

¹ Pflügers Arch. 1878. 18, 169 u. 1879. 19, 148. — ² Das. 1876. 13, 444. — ³ Münchener med. Wochenschr. 1889, 177. — ⁴ Über den Vorgang der Umwandlung siehe d. Ansicht von Th. Chandelon, Berl. Ber. 1885. 18, 1999; ferner M. Pfaundler, Ztschr. physiol. Chem. 1900. 30, 90. — ⁵ Ztschr. physiol. Chem. 1886. 10, 577. — ⁶ Kasein und dessen erste Spaltungsprodukte, New-Haven, 1887, ref. in Hermanns Jahresber. üb. d. F. d. Phys. 15, 254.

dauenden Wirkung des Magensaftes. Das Kollagen geht zunächst in sein Hydrat, das gelatinöse Glutin über, bei weiterer Einwirkung in nicht mehr gelatinierende Protogelatose (entsprechend den Proto-proteosen). Das Elastin liefert zunächst Protelastose, dann Deuteroelastose.

8. Die Fette, Nuklein und Lecithin, werden durch den Magensaft nicht verändert.

Selbstverdauung des Magens. Nach dem Tode tritt zuweilen bei langsamer Abkühlung des Körpers, besonders nach einem plötzlichen Tode eine Selbstverdauung des Magens ein; ein Stück ausgeschnittener Magenschleimhaut wird mit 0.2 proz. Salzsäure bei 40° C. behandelt, in kurzer Zeit zerstört. Die sich nun aufdrängende Frage, wie sich der lebende Magen gegen die protoplasmaschädigende Wirkung der Salzsäure schütze, hat man mehrfach zu beantworten versucht. Tatsache ist, daß alle proteolytische Enzyme der lebenden Zelle gegenüber unwirksam sind, aber der Grund für diese Widerstandsfähigkeit des lebenden Protoplasmas ist bis heute nicht aufgefunden. Vergl. R. Neumeister, *Lehrb. d. physiol. Chem.* 1897, 183.

Die sub 4 erwähnten **Albumosen und Peptone** bedürfen einer eingehenderen Besprechung.

Peptone nennt man die Endprodukte der Spaltung nativer Eiweißstoffe durch Fermente, durch Einwirkung verdünnter Säuren oder gespannter Wasserdämpfe, insofern diese Produkte sich durch ihr Verhalten als noch zur Gruppe der Eiweißkörper gehörig erweisen, also noch nicht durch weiteren Zerfall in ganz andere einfache Körper (Amidosäuren etc.) zerfallen sind.

Albumosen oder Propeptone nennt man die bei der Peptonisierung von Eiweiß entstehenden Zwischenprodukte.

Wie aus nachstehendem ersichtlich, ist es jedoch schwer, eine strenge Grenze zwischen den hierher gehörigen Körpern und ihren zahlreichen Übergangsprodukten zu ziehen, und in praxi unterscheidet man daher nach W. Kühnes Vorschlag: Peptone werden durch Sättigung ihrer Lösungen mit Ammonsulfat ausgesalzen, Albumosen nicht.¹

Die quantitative Zusammensetzung der hierher zu ziehenden Produkte ist nicht sehr verschieden von derjenigen der Eiweißstoffe, ein Beweis, daß die Wasseraufnahme bei der hydrolytischen Spaltung nur eine geringe ist; immerhin ist aber eine solche nachgewiesen, wie die Analysen von W. Kühne und N. Chittenden zeigen.²

Die Albumosen und Peptone besitzen noch die chemische Struktur ihrer Muttersubstanzen, der Eiweißkörper; sie enthalten noch die beim Kochen mit Säuren Leucin und Tyrosin gebenden Atomkomplexe und geben daher auch die durch die Gegenwart dieser Atomgruppen bedingten Farbenreaktionen der Eiweißstoffe, besonders die Biuretreaktion. Sie vereinigen sich wie die Eiweißstoffe mit Basen wie mit Säuren zu

¹ Vergl. auch E. P. Pick, Ein neues Verfahren zur Trennung der Albumosen und Peptone; *Ztschr. physiol. Chem.* 1897. 24, 246. — ² Die Arbeiten von W. Kühne und N. Chittenden finden sich in der *Ztschr. f. Biologie* 1883. 19, 159; 1884. 20, 11; 1886. 22, 423; 1893. 29, 1. W. Kühne, Albumosen und Peptone. *Verh. d. naturhist. Vereins zu Heidelberg* 1885. N. F. 3, 286.

salzähnlichen Verbindungen und werden daher auch mehr oder weniger durch die Alkaloidreagentien sowie durch Metallsalze gefällt. Die Lösungen der Albumosen und Peptone sind wie die der Eiweißstoffe optisch linksdrehend. Bezüglich des Schwefelgehaltes zeigen die Albumosen und Peptone ein verschiedenes Verhalten; die Albumosen enthalten leicht abspaltbaren Schwefel, das Amphopepton enthält keinen.¹ Nach neueren Forschungen von H. Schrötter², S. Fränkel³ und O. Folin⁴ fehlt den Peptonen wahrscheinlich überhaupt der Schwefel.

Die Albumosen, je nach ihrer Herkunft aus Fibrin, Globulin etc. als Fibrinosen, Globulosen, Vitellosen, Kaseosen, Myosinosen etc. bezeichnet,⁵ stehen den Eiweißstoffen näher, als die durch weitere Spaltung entstandenen Peptone. Die Eiweißkörper diffundieren nicht, das Diffusionsvermögen der Albumosen ist gering, die Peptone diffundieren leicht. Die Albumosen sind wie die Eiweißkörper durch Alkohol fällbar, dagegen werden die Albumosen und auch die Peptone weder durch Aufkochen ihrer schwach alkalischen oder schwach sauren Lösungen, noch durch längere Einwirkung von Alkohol koaguliert, d. h. der Niederschlag ist auch nach längerer Einwirkung noch in Wasser löslich. Die Albumosen sind im allgemeinen leichter löslich als die Eiweißstoffe, die Löslichkeit der ersteren nimmt zu, je weiter sie sich in ihrer Zusammensetzung von den Muttersubstanzen entfernen, den Peptonen nähern. Daher werden die Albumosen durch Neutralsalze, besonders Ammonsulfat, schwerer ausgesalzen als die Eiweißkörper; die Peptone lassen sich nicht mehr aussalzen.

Die Eiweißkörper wie die Albumosen werden gefällt durch Metallsalze (Eisenchlorid, neutrales und basisch essigsaures Blei, Quecksilberchlorid, Platinchlorid); die Niederschläge sind im Überschuße des Fällungsmittels mehr oder weniger löslich. Kupferacetat und Kupfersulfat fällen nur die primären, nicht die sekundären (Deutero-) Albumosen (Trennung derselben!). Ferner werden die Eiweißkörper und Albumosen gefällt

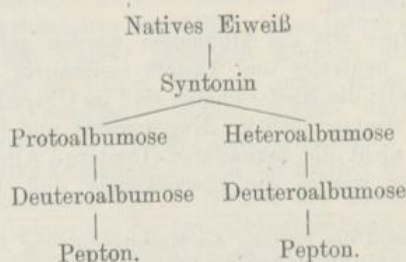
¹ W. Kühne nennt die Peptone der Magenverdauung Amphopeptone im Gegensatz zu den Antipeptonen der Pankreas- bzw. Trypsinverdauung. Er nimmt an, daß in den bei der Pepsinverdauung entstandenen Peptonen zwei Hauptgruppen von Eiweißstoffen, und zwar hier noch vereint, vorhanden sind, ein Anti- und ein Hemipepton. Während das Antipepton einer weiteren Einwirkung von Säuren oder Enzymen widersteht, wird das Hemipepton bei der Trypsinverdauung in Leucin, Tyrosin etc. zerlegt. Nach neueren Untersuchungen ist es fraglich geworden, ob die Antipeptone noch als wahre Eiweißstoffe anzusehen sind (Siegfried u. A.); vergl. O. Cohnheim, Chem. d. Eiweißkörper 1900, 117. — ² Monatsh. f. Chem. 1895, 16, 609; Ztschr. f. physiol. Chem. 1898, 26, 338. — ³ Zerfallsprodukte des Eiweiß, Wien 1896. — ⁴ Ztschr. f. physiol. Chem. 1898, 25, 152; vergl. d. widersprechende Ansicht von R. Neumeister, Lehrb. d. physiol. Chem. 1897, 237. — ⁵ Streng genommen heißen nur die Spaltungsprodukte des Eier- und Serumalbumins Albumosen; diese Bezeichnung wird jedoch auch allgemein für die gleichen Produkte der anderen Eiweißstoffe gebraucht; Chittenden faßt die Körper unter dem Namen Proteosen zusammen.

durch Salpetersäure, Essigsäure + Ferrocyanalkali, Sublimat, Phosphorwolframsäure bei Gegenwart von Salzsäure, durch Gerbsäure, Pikrinsäure, Trichloressigsäure,¹ Jodquecksilberjodkali; doch erfolgt die Fällung der Albumosen wegen ihrer leichteren Löslichkeit im allgemeinen schwieriger; sie erfordert eben meist eine höhere Konzentration der Lösungen und ist außerdem von der Temperatur abhängig, ein Umstand, der zum Nachweis der Albumosen neben Eiweißkörpern benutzt wird (R. Neumeister²).

Die Peptone werden nur gefällt durch absoluten Alkohol, aus neutraler Lösung durch Gerbsäure (im Überschuß löslich), durch Phosphorwolfram- und Phosphormolybdänsäure und durch Sublimat und zwar nur durch letzteres vollständig.

Nicht mehr gefällt werden die Peptone durch Salpetersäure (auch nicht in salzgesättigter Lösung), durch Essigsäure + Ferrocyanalkali, Pikrinsäure, Trichloressigsäure, Jodquecksilberjodkali und Salzsäure; Kupfer- und Eisensalze fällen die Peptone nicht, Bleisalze nur wenig.

Die Albumosen werden eingeteilt in primäre und sekundäre. Durch Spaltung des Eiweißmoleküls entstehen aus dem Syntonin zunächst zwei verschiedene („primäre“ Albumosen) die Protoalbumose, in reinem Wasser löslich, und die Heteroalbumose, nur bei Gegenwart von Salzen in Wasser löslich. Aus jeder dieser primären Albumosen bildet sich bei weiterer Einwirkung des Magensaftes je eine (sekundäre) Deuteroalbumose, die unter sich nur unwesentliche Differenzen zeigen. Die Deuteroalbumosen werden sodann in völlig gleiche Peptone gespalten. Also:



Die primären und sekundären Albumosen unterscheiden sich nach R. Neumeister durch folgende Reaktionen:³ Die primären Albumosen lassen sich durch Sättigung ihrer neutralen Lösung mit Kochsalz ausfällen, die sekundären nicht, diese bleiben gelöst und scheiden sich erst auf Zusatz einer Säure aus. Die primären Albumosen werden von Salpetersäure in salzfreier, die sekundären erst in salzhaltiger Lösung gefällt. Eine 2proz. Kupfersulfatlösung fällt die primären, nicht aber die sekundären Albumosen. Essigsäure + Ferrocyanalkali fällen die primären Albumosen leicht, die sekundären nur langsam und unvollständig.

¹ Einige Eiweißstoffe werden durch Trichloressigsäure nicht gefällt (frisches Eiereiweiß, Fleischbrei); R. Neumeister, *Lehrb. d. physiol. Chem.* 1897, 39. — ² *Ztschr. f. Biologie*, 1900. N. F. 8, 335. — ³ *Lehrb. d. physiol. Chem.* 1897, 232.

3. Die Verdauungssäfte des Darmes sind die Galle, der Pankreassaft und der Darmsaft.

a) Die **Galle** ist das Sekret der Leber. Die aus der Gallenblase geschlachteter Tiere gewonnene Galle bildet eine schleimige Flüssigkeit von gelbbrauner, grüner bis schwarzer Farbe und von bitterem Geschmack; sie reagiert alkalisch, da sie ca. 0.2% Natriumkarbonat und gleichviel tertiäres Natriumphosphat enthält.

Die Hauptbestandteile der Galle, welche sich nur in der Leber vorfinden und in ihr gebildet werden, sind die gallensauren Salze und die Gallenfarbstoffe; in der Galle der Rinder findet sich ein mucinähnliches Nukleoalbumin, das derselben die schleimige Beschaffenheit verleiht (kein Mucin), wogegen die menschliche Galle echtes Mucin enthält (L. Paykull¹); die Galle enthält ferner Cholesterin, Lecithin, Fette, Seifen, Spuren von Harnstoff, etwas Ptyalin, endlich Mineralstoffe (Chloride und Phosphate von Calcium, Magnesium und Eisen).²

Die Gallensäuren: Glykocholsäure ($C_{26}H_{43}NO_6$) und Taurocholsäure ($C_{26}H_{45}NSO_7$) sind an Natrium gebunden, in Wasser und in Alkohol leicht löslich, unlöslich in Äther. Beide Säuren sind Abkömmlinge der Cholsäure ($C_{24}H_{40}O_5$), Verbindungen der Cholsäure (Cholalsäure) mit Glykokoll (Amidoessigsäure, $CH_2(NH_2)COOH$) bzw. Taurin (Amidoäthylsulfosäure, $C_2H_4\begin{smallmatrix} NH_2 \\ \diagup \\ SO_3H \end{smallmatrix}$), zweier Stoffe, welche zweifellos den Proteinsubstanzen der Nahrung entstammen. Wie die Cholate gebildet werden, ist bis dahin unbekannt.

Die Farbstoffe der normalen Galle sind das gelbe Bilirubin und dessen Oxydationsprodukt, das grüne Biliverdin; durch das Vorwalten des einen oder des anderen Farbstoffs sind die verschiedenen Färbungen der Galle bedingt. Diese Farbstoffe sind Abkömmlinge des Blutfarbstoffs (Hämoglobins). Man nimmt an, daß der Blutfarbstoff, welcher beim Zerfall der roten Blutkörperchen frei wird, in die Leber übergeht, dort festgehalten und in Eiweiß und Hämatin gespalten wird, wovon letzteres nach M. Nenki und N. Sieber³ unter Abspaltung des Eisens und gleichzeitiger Wasseraufnahme in Bilirubin übergeht.

Das Ptyalin kommt in der Galle nicht regelmäßig vor, es ist kein Produkt der Leber, sondern wird als Ptyalinzymogen aus der Pankreasdrüse resorbiert, durch die Galle (wie durch den Harn) aus dem Organismus entfernt.

b) Das **Pankreas** scheidet sein Sekret, den Pankreassaft (Bauchspeichel) nur während der Verdauung, nach dem Eintritt der Nahrung in den Dünndarm ab. Der Pankreassaft, eine klare, schleimige Flüssig-

¹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1887. 12, 196. — ² In der Galle sind auch Spuren von Kupfer und Zink gefunden worden. Analysen von unter pathologischen Verhältnissen sich ausscheidenden Gallensteinen siehe Ritter, Jahresb. f. Tierchemie 1872. 2, 246. — ³ Berl. Ber. 1884. 17, 2275.

keit von alkalischer Reaktion (0.2—0.4% Natriumkarbonat enthaltend) ist reich an Eiweißstoffen; ferner finden sich in dem Sekret wenig Fett, Seifen und geringe Mengen von Zersetzungsprodukten der Eiweißkörper Leucin und Tyrosin (Produkte der Selbstverdauung des eiweißhaltigen Saftes); an Fermenten enthält der Pankreassaft das diastatische Ptyalin, das eiweißverdauende Trypsin und das fettspaltende Steapsin.

c) Der **Darmsaft** ist das Sekret der Darmschleimhaut, welche zwei Drüsenarten besitzt: 1. kleine, traubenförmige sog. Brunnersche Drüsen mit zylindrischen Zellen im obersten Teil des Duodenums, angrenzend an den Pylorus, und 2. die sog. Lieberkühnschen Drüsen, welche die Wand des Dünndarms wie auch des Dickdarms bekleiden. Die Brunnerschen Drüsen stehen in ihrem Bau wie in ihrer Funktion den Pylorusdrüsen sehr nahe.

Der hellgelbe Darmsaft (aus sog. Thiry-Vellaschen Fisteln gewonnen) enthält etwa 0.5% Kochsalz und ebensoviel Natriumkarbonat, besitzt daher alkalische Reaktion. Er enthält Eiweiß und Mucin, ein diastatisches und wahrscheinlich mehrere invertierende Fermente.

Verdauungsvorgänge im Darm. Im Darm kommt der sauer reagierende Speisebrei wieder mit alkalischen Sekreten in Berührung, und zwar im Duodenum mit Galle und Pankreassaft, im ganzen Darm mit dem Darmsaft.

Die Bedeutung der **Galle** bei der Verdauung ist früher hoch eingeschlagen; neuere Forschungen haben jedoch ergeben, daß dieselbe nur insofern zu den Verdauungsflüssigkeiten zu zählen ist, als sie bei der Resorption der Fette eine Rolle spielt, im übrigen aber an den chemischen Vorgängen bei der Assimilation der Nährstoffe sich nicht beteiligt. Die Galle muß in erster Linie als ein Exkret betrachtet werden, als eine Flüssigkeit, in welcher gewisse Endprodukte des Stoffwechsels zur Ausscheidung gelangen (R. Neumeister). Nach Versuchen von Voit¹ und von F. Röhm² wird Fleisch, Leim, Traubenzucker und Brot ohne Galle ebensogut verdaut, wie mit derselben; die Resorption von Fetten dagegen erleidet erhebliche Einbuße. Neumeister begründet die Anschauung, daß die Galle im allgemeinen ein Exkret sei noch weiter: die Menge des Gallenpigments ist viel zu gering,³ als daß man von ihm einen wesentlichen Einfluß auf die Vorgänge im Darm erwarten könnte; die Gallenfarbstoffe, in das Blut gespritzt, wirken giftig (L. de Bruin⁴); die Gallenfarbstoffe werden größtenteils mit den Fäces entleert. Die Cholesterine sind nach Hoppe-Seyler als Spaltungsprodukte aufzufassen, die bei Umsetzungen des lebenden Protoplasmas

¹ Voit, Üb. d. Bedeutung d. Galle f. d. Aufnahme d. Nahrungsm. im Darmkanal. Festschrift, München, 1882. — ² Pflügers Arch. 1883. **29**, 509. — ³ Stadelmann fand in der innerhalb 24 Stdn. von Hunden ausgeschiedenen normalen Galle nur 0.16 g Bilirubin. — ⁴ Üb. die giftige Wirkung des Bilirubins bei der Gelbsucht. 1889; Ctrbl. f. klin. Med. **11**, 491.

gebildet werden; dieselben sind im tierischen Organismus schwer zersetzlich, in wäßrigen Flüssigkeiten und im Harn unlöslich und werden deshalb, wenigstens teilweise, durch die Galle entfernt. Die gallensauren Salze dagegen werden, wie aus vielen Beobachtungen geschlossen werden muß, im Darmkanal größtenteils resorbiert, sie können nicht als Exkretstoffe angesehen werden; ihnen muß eine Rolle bei den Vorgängen im Darm zugeschrieben werden, und diese ist wohl darin zu suchen, daß die Cholate als Transportmittel für die aus der Leber fortzuführenden Cholesterine zu dienen haben, welche nur bei Gegenwart von gallensauren Alkalien in der Galle löslich sind; außerdem sind die Cholate wahrscheinlich bei der Aufsaugung der Fette seitens der Darmwandung insofern beteiligt, als sie die Oberfläche der Epithelzellen für Fette benetzbar machen, vielleicht auch die Emulgierung der Fette begünstigen.

Die Bedeutung der geringen Menge Fett, Lecithin und Seifen, welche in der Galle sich vorfinden, ist unbekannt.

Wichtiger sind die Veränderungen, welche das **Pankreassekret** auf die Nährstoffe ausübt. Das Sekret des Pankreas enthält bekanntlich drei wirksame Fermente, das diastatische Ptyalin, das eiweißzersetzende Trypsin und das fettspaltende Steapsin.

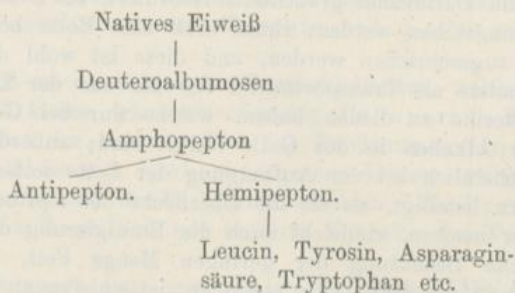
Das Ptyalin des Speichels ist durch die Salzsäure des Magensaftes zerstört worden; allein reichlicher noch als im Speichel findet sich Ptyalin im Pankreassaft. Die Bedingungen seiner Wirkungsweise sind durch den Zufluß alkalischer Säfte wieder hergestellt, und die im Munde begonnene, anfangs noch im Magen weiter bewirkte Umwandlung stärkehaltiger Nährstoffe in Isomaltose und Maltose wird nun hier fortgesetzt. Die Maltose wird dann durch das im Pankreassaft, besonders aber im Darmsaft vorhandene Invertin weiter in Traubenzucker übergeführt.

Das Trypsin wirkt gleich dem Magensaft, wenn auch in etwas anderer Weise, lösend auf die genuinen Eiweißkörper; die festen Eiweißkörper quellen nämlich nicht auf, sondern werden mürbe und zerfallen (*θρύνεσθαι* = zerfallen), bis sie sich schließlich verflüssigen. Milch wird vorher wie im Magensaft durch ein Labferment koaguliert. Nun folgt aber keine Überführung in Syntonin (welche durch die Anwesenheit der freien Salzsäure im Magensaft bedingt war), sondern das Eiweißmolekül wird sofort weiter gespalten und zwar entstehen Deuteroalbumosen (J. Otto¹, R. Neumeister²). Durch weitere Einwirkung des Saftes werden dann Peptone gebildet, und zwar nach Kühnes Untersuchungen³ zwei Arten von Peptonen, von welchen die eine Art, das Hemipepton weiter in Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Tryptophan⁴ etc. zerfällt,

¹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1883. 8, 133. — ² Ztschr. f. Biologie. 1887. 23, 398 u. 1890. 26, 345. — ³ Virchows Arch. 1867. 39, 130; Jahresber. d. ges. Med. 1867. 1, 183; W. Kühne u. R. H. Chittenden, Ztschr. f. Biol. 1884. 20, 46. — ⁴ Das Tryptophan ist ein Chromogen, das in essigsaurer Lösung mit Chlor- oder Bromwasser einen violetten Farbstoff liefert, der in Amylalkohol aufgenommen werden kann. Mit Hilfe dieser Reaktion kann man leicht den

während die andere Art, das Antipepton, durch das Trypsin nicht weiter in Amidosäuren gespalten wird.

Die Zersetzung des Eiweißes durch das Trypsin geht also nach folgendem Schema vor sich:



M. Siegfried¹ hält das Antipepton Kühnes, wie dieser, für ein einheitliches Individuum, das mit der von ihm (Siegfried) im Fleischextrakt, in der Milch u. s. w. entdeckten Fleischsäure wenigstens nahe verwandt, wenn nicht ident ist.

Nach Fr. Kutschers² Untersuchungen ist das Antipepton keine einheitliche Substanz, sondern ein Gemenge heterogener Körper, aus dem die Hexonbasen Hystidin, Arginin, sowie Lysin abgeschieden werden konnten. Bei energischer Trypsinverdauung des Eiweißes treten als Endprodukte dieselben Körper auf, welche bei der Einwirkung starker Schwefelsäure entstehen, während die Peptone nur Zwischenstufen bilden.

Die Proteide werden durch Einwirkung des Trypsins zunächst in ihre Komponenten zerlegt; dann erfolgt die weitere Zersetzung des abgespaltenen Eiweißes wie gewöhnlich. Von den Albuminoiden werden nur das Kollagen und das Elastin durch das Pankreassekret verändert, ersteres jedoch nur, wenn es schon in Leim übergeführt ist, was durch die Einwirkung der Säure im Magensaft geschieht (C. Ludwig und M. Ogata³). Die weiteren Veränderungen des Leims (Glutins) sind dann denen im Magensaft völlig gleich, es entsteht zunächst Protogelatose, dann Deutergelatose, endlich Gelatinpepton, das nach A. Ewald und W. Kühne durch Trypsin nicht weiter in Amidosäuren gespalten wird.

Das Elastin dagegen wird durch das Pankreassekret direkt gelöst und liefert die auch bei der Magenverdauung entstehenden Elastosen, aber wie dort so auch hier kein Elastinpepton (R. H. Chittenden und A. S. Hart⁴).

Eintritt tiefer Eiweißzersetzung nachweisen, ohne die Amidosäuren selbst zu isolieren. M. Nenki (Berl. Ber. 1895. 28, 560) hält dies Chromogen für die Muttersubstanz verschiedener tierischer Farbstoffe. — ¹ Arch. f. Anat. u. Phys., physiol. Abt. 1894, 401; Ztschr. f. physiol. Chem. 1899. 27, 335. — ² Endprodukte der Trypsinverdauung. Habilitationsschr., Marburg 1899; Ztschr. f. physiol. Chem. 1899. 28, 88; vergl. O. Cohnheim, D. Chemie der Eiweißkörper 1900, 115. — ³ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1883, 91. — ⁴ Ztschr. f. Biologie 1889. 25 (N. F. 7), 388.

Die stets fettsäurehaltigen Fette der Nahrungsstoffe, welche in dem sauren Speisebrei des Magens unverändert bleiben, werden durch den Saft der Galle und des Pankreas neutralisiert und dann alkalisch gemacht; die freien Fettsäuren bilden mit dem Alkalikarbonat Seifen, so daß sich überall zwischen den Fettmolekülen in Wasser lösliche Seifenmoleküle befinden. Die ganze Fettmasse erleidet nun, wesentlich gefördert durch die sich entwickelnde Kohlensäure, eine Zerstäubung in feinste Partikelchen (J. Gad¹). Die Fette werden emulgiert. Dieser Vorgang wird wesentlich unterstützt und gefördert durch die Wirkung des fettspaltenden Enzyms des Pankreassaftes, durch das Steapsin, welches Fette in Glycerin und freie Fettsäuren zerlegt.

Die Nukleine werden durch den Pankreassaft und den alkalischen Darmsaft, wie es scheint, ohne Veränderung gelöst und wenigstens teilweise resorbiert (G. Gumlich²).

Die Lecithine werden durch Steapsin in Glycerinphosphorsäure, freie Fettsäuren und Cholin gespalten.

Die Veränderungen, welche schließlich der Darmsaft noch auf die Nahrungsstoffe auszuüben vermag, sind nur sehr geringe. Der Darmsaft verändert weder Eiweißstoffe noch Fette; letztere werden emulgiert, wie von jeder anderen alkalischen Flüssigkeit. Der Darmsaft enthält neben Ptyalin nur noch Invertin, welches die durch das Ptyalin aus der Stärke und dem Glykogen entstandene Maltose in Traubenzucker überführt und die mit der Nahrung direkt eingeführten Doppelzucker, Rohr- und Milchezucker, in die betreffenden Monosaccharide spaltet. Durch seinen Mucinegehalt begünstigt er die Bewegung des Chymus und die Kotbildung.

IV. Veränderungen der Nährstoffe durch die Wirkung von Mikroorganismen.

Von den Umwandlungen, welche die Nahrungsstoffe durch die Verdauungssäfte bzw. deren Enzyme erleiden, sind wohl zu unterscheiden die Gärungs- und Fäulnisvorgänge, welche durch gewisse Darmbakterien (Fermentorganismen) bedingt sind.

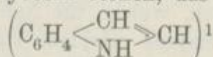
Mit den Nahrungsmitteln werden gleichzeitig eine große Menge von Mikroorganismen verschluckt, welche ihre Tätigkeit bereits im oberen Teile des Dünndarms beginnen, wo die ihnen in ihrer Entwicklung hinderliche Salzsäure neutralisiert wird; ihr eigentliches Wirkungsgebiet ist der untere Teil des Dünndarms, wo die von den Säften noch nicht umgewandelten Reste von Nährstoffen von ihnen verarbeitet und zur Resorption geeignet gemacht werden; im Dickdarm wird ihre Entwicklung durch die hier erfolgende Resorption der fertigen Nährstoffe und des Wassers bereits wieder eingeschränkt. Auch die von den

¹ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878, 187. — ² Ztschr. physiol. Chem. 1893, 18, 508.

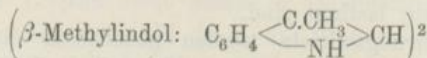
Organismen selbst erzeugten Produkte (Phenole, organische Säuren, welche durch das gleichzeitig entstehende Ammoniak nicht mehr neutralisiert werden) hemmen ihre Tätigkeit. Diese Einschränkung ihres Wirkungskreises kann für den Organismus nur vorteilhaft sein; denn wenngleich die Bakterien anfangs die Wirkung der Säfte unterstützen, indem sie gerade so wie diese die Nährstoffe in einen löslichen, resorptionsfähigen Zustand überführen, so ist doch ihre weitere Arbeit, die Zersetzung der Peptone, nur nachteilig, weil jede Zersetzung resorptionsfähiger Stoffe einen Verlust für den Körper bedeutet.

Die Bakterien, welche die Zersetzungen der Proteinsubstanzen bewirken, führen diese Stoffe in Lösung über und spalten sie dann, ebenso wie die Fermente der Verdauungssäfte, in Albumosen und Peptone; nur geht dieser Vorgang unter dem Einfluß der Bakterien viel langsamer vor sich als unter der Wirkung der Enzyme. Diese Umwandlung der Eiweißstoffe durch Bakterien scheint nicht eine direkte Lebensäußerung der Organismen selber zu sein, sondern das Produkt von durch sie abgesonderter Fermente. Sind bereits peptonisierte Lösungen vorhanden, so werden diese von den Bakterien angegriffen. Wie bei der Einwirkung des Pankreassaftes entstehen auch bei der Zersetzung der Eiweißpeptone durch Bakterien die Amidosäuren: Tyrosin, Leucin, Asparaginsäure, Tryptophan. Außer diesen Substanzen entstehen aber noch eine Reihe anderer, welche zum Teil aus einer weiteren bakteriellen Zersetzung der Amidosäuren entstammen, teils auch direkt aus Peptonen gebildet werden. Das Tyrosin kann durch Fäulnis infolge von Spaltungs-, Reduktions- oder Oxydationsvorgängen in andere Benzolderivate übergehen, in aromatische Oxy Säuren und weiter in Phenole.

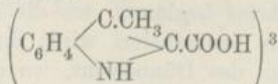
Neben der Bildung von Tyrosin und seinen Abkömmlingen beobachtet man bei der Einwirkung von Fermentorganismen auf Eiweißstoffe stets das Auftreten von Verbindungen der aromatischen Reihe, die nicht in direkter Beziehung zum Tyrosin stehen, das Indol



das Skatol



und die Skatolkarbonsäure



¹ Kühne, Berl. Ber. 1875. 8, 206; Nenki, das. 336; Nenki, über die Zersetzung der Gelatine u. d. Eiweißes bei der Fäulnis mit Pankreas, Bern 1876, 37. — ² L. Brieger, Journ. f. prakt. Chem. N. F. 17, 124—138. — ³ E. u. H. Salkowsky, Berl. Ber. 1880. 13, 191 u. 2217; Ztschr. physiol. Chem. 1885. 9, 8 u. 23; G. Ciamician u. G. Magnanini, Berl. Ber. 1888. 21, 1927. Salkowsky (Ztschr. f. physiol. Chem. 1899. 27, 302) fand bei der Eiweißfäulnis Skatolessigsäure, wo er früher Skatolkarbonsäure fand.

E. und H. Salkowsky¹ haben ferner als konstante Produkte der Eiweiß-Fäulnis nachgewiesen die Phenylpropionsäure (Hydrozimtsäure: $C_6H_5-CH_2-CH_2-COOH$) und die Phenyllessigsäure ($C_6H_5-CH_2-COOH$).

Ein Teil dieser durch die Eiweißfäulnis im Darm entstandenen aromatischen Stoffe gelangt zur Aufsaugung. Das resorbierte Tyrosin wird in den Geweben vollkommen zersetzt, ebenso auch andere aromatische Amidosäuren. Die N-freien Umwandlungsprodukte des Tyrosins dagegen, sowie die übrigen aromatischen Zersetzungsprodukte des Eiweißes werden nicht oxydiert, sondern treten als solche oder nur wenig verändert im Harn wieder zu Tage.

Die giftigen Phenole durchwandern nicht als solche die Säftemasse, sondern werden vorher — vielleicht in der Leber — entgiftet, indem sie hier mit Sulfaten zu ätherschwefelsauren Salzen zusammentreten.

Auch das Indol und das Skatol werden an Schwefelsäure gebunden, nachdem sie zu Indoxyl und Skatoxyl oxydiert waren; das indoxylschwefelsaure Kali bildet im Harn das Indikan.

Die Skatolkarbonsäure passiert unverändert den Organismus. Die aromatischen Oxyssäuren werden z. T. ebenfalls mit Schwefelsäure gepaart im Harn vorgefunden. Der größte Teil geht aber in Form von Salzen in den Harn.

Die Fäulnisprodukte der Fettreihe aus Eiweiß sind neben Leucin die Ammonsalze flüchtiger Fettsäuren (Kapron-, Valerian-, Buttersäure), Methan und Wasserstoff, während der Schwefel des Eiweißes als Schwefelwasserstoff, zum Teil auch als Methylmerkaptan abgespalten wird. Die gebildeten Fettsäuren werden als Seifen resorbiert und im Organismus vollständig oxydiert.

Bei der Darmfäulnis des Bindegewebes und des Leims hat man neben Leucin stets reichliche Glykokollbildung beobachtet.

Die Umwandlung der Kohlehydrate wird ebenfalls durch die Lebenstätigkeit von Mikroorganismen unterstützt, von denen einige auch diastatische Fermente absondern. Nach Wortmann² sondert Bakterium Termo ein durch Alkohol fällbares Ferment ab, welches Stärke in derselben Weise verändert wie die Diastase. Der Traubenzucker wird dann wiederum durch Bakterienwirkung in Milchsäure, die Milchsäure in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff zerlegt.

Selbst die Cellulose, welche der zersetzenden Wirkung aller Verdauungssäfte widersteht, wird durch Darmbakterien unter Bildung von Methan und Kohlensäure verändert (H. Tappeiner³, F. Hoppe-Seyler⁴).

Auch an der Fettspaltung beteiligen sich Bakterien, welche die freigewordenen Fettsäuren sogleich in Verbindungen mit niederem Kohlenstoffgehalt zerlegen.

¹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1885. 9, 491. — ² Ztschr. f. physiol. Chem. 1882. 6, 287. — ³ Ztschr. f. Biolog. 1884. 20, 52; 1888. 24, 105. — ⁴ Ztschr. f. physiol. Chem. 1886. 10, 401.

Die Lecithine werden durch Fäulnisbakterien ebenso zerlegt wie durch das Steapsin, nämlich in Glycerinphosphorsäure, freie Fettsäuren und Cholin; bei weiterer Einwirkung der Bakterien (ohne Luftzutritt) zerfällt das Cholin unter Bildung von Kohlensäure, Methan und Ammoniak.

V. Übergang der Nahrungsstoffe in das Blut; weitere Schicksale derselben.

Die Aufsaugung (Resorption) der durch die Verdauungssäfte veränderten, in eine lösliche, resorbierbare Form übergeführten Nahrungsstoffe geschieht durch die Blut- und Lymphgefäße. Im Magen und Darm sind es die in der Schleimhaut verteilten äußerst feinen Ästchen der Blutgefäße, welche die aufgelösten Nahrungsstoffe in sich aufsaugen; der Dünndarm dagegen enthält noch besondere Aufsaugungsorgane, die sog. Zotten, zahlreiche kleine, kegelförmig gestaltete Ausstülpungen der Schleimhaut, die der inneren Fläche des Darmes ein samtartiges Aussehen geben.

Die Zotten sind von dem Zylinderepithel der Darmschleimhaut überzogen und besitzen Längslagen glatter Muskeln. In ihrem Innern enthält jede Zotte ein fein verzweigtes Blutgefäßnetz und in ihrer Achse das schlauchförmige Ende eines Lymphgefäßes, hier noch Chylusgefäß genannt. Diese Gefäße, auch Saugadern genannt, vereinigen sich zu mehr oder weniger starken Zweigen, die zwischen den Blättern des Gekröses verlaufen. Während dieses Verlaufes gehen sie noch durch die sog. Lymphdrüsen und vereinigen sich endlich in dem Milchbrustgang (ductus thoracicus), der in die Unterschlüsselbeinvene (vena subclavia) mündet.

Die in dem Darmtraktus gelösten flüssigen Nährstoffe, die Protein- stoffe oder deren Verdauungsprodukte, die Salze und Zucker, treten durch die Blutkapillaren der Darmwand direkt in das Blut über; die emulgierten Fette dagegen treten in die Chylusgefäße und erfahren vor ihrem Eintritt in das Blut noch eine besondere Vorbereitung durch besondere Drüsenorgane, die Lymphdrüsen. In diesen werden die absorbierten Stoffe dem Blute immer ähnlicher. Der Nahrungsstoff (Chylus) nimmt hier zahlreiche farblose Kerne und kernhaltige Zellen auf, die sog. Lymph-(Chylus-)körperchen, welche den farblosen Blutkörperchen völlig gleichen. Je mehr der Nahrungssaft (Chylus, Lymphe) in das Innere des Saugadersystems gelangt, desto größer wird sein Gehalt an Faserstoff; er erhält gleich dem Blute die Eigenschaft, nach Entfernung aus dem Körper von selbst zu gerinnen; er erhält zugleich eine leicht rötliche Färbung, die sich bei Luftzutritt erhöht; er tritt endlich in das Blut über und durchströmt mit diesem den ganzen Körper.

Die **Lymphe** ist eine farblose oder gelblichweiße Flüssigkeit, aus

einem farblosen Plasma und in demselben suspendierten Körperchen (Lymphkörperchen) bestehend; außerdem enthält dieselbe Fetttropfen und Kerne. Die Lymphe gerinnt nach der Entfernung aus dem Körper wie das Blut, nur langsamer. Die übrigen Bestandteile sind dieselben wie die des Blutes, mit Ausnahme des fehlenden Farbstoffs. Der Chylus unterscheidet sich von der Lymphe nur durch den höheren Fettgehalt, welcher ihm ein milchiges Aussehen gibt.

O. Nasse teilt folgende Zusammensetzung von Blut und Chylus einer Katze mit.

	Chylus %	Blut %
Wasser	90.57	81.00
Eiweißkörper (inkl. Körperchen und Extraktivstoffe)	4.89	17.69
Faserstoff	0.13	0.24
Fett	3.27	0.27
Kochsalz	0.71	0.54
Alkalisalze	0.23	0.16
Eisenoxyd	Spuren	0.05
Salze im ganzen	1.14	0.80

Das Blut ist eine rote, alkalisch reagierende Flüssigkeit; das spez. Gew. des menschlichen Blutes ist 1.05—1.06. Die mikroskopische Untersuchung des eben den Adern entnommenen Blutes zeigt, daß dasselbe aus einer gelblich gefärbten Flüssigkeit, dem Blutplasma, besteht, in welchem zahlreiche kleine, feste Partikelchen, die roten und weißen Blutkörperchen suspendiert sind.

Nach seiner Entfernung aus dem Körper gerinnt das Blut in kurzer Zeit; es scheidet sich in demselben ein schwerlöslicher Eiweißstoff, das Fibrin, aus, welches, die festen Blutkörperchen einschließend, den sog. Blutkuchen bildet. Dieser, anfangs sehr voluminös, schrumpft allmählich zusammen, wodurch eine gelblich gefärbte, eiweißhaltige Flüssigkeit, das Blutserum, ausgepreßt wird. Schlägt man jedoch das frisch aus der Ader fließende Blut mit einem Stabe, so scheiden sich nur mehr oder weniger zusammenhängende Fibrinfasern aus, die an dem Stabe haften und mit diesem aus der Flüssigkeit herausgehoben werden können, während die Blutkörperchen im wesentlichen in der Blutflüssigkeit suspendiert bleiben; das auf solche Weise des Fibrins beraubte, defibrierte Blut (Serum + Blutkörperchen) gerinnt nicht mehr.

Das Fibrin ist im Blute nicht schon fertig gebildet vorhanden; es bildet sich erst bei der Gerinnung aus dem Fibrinogen, einem globulinartigen Eiweißstoffe des Blutplasmas, welcher unter Einwirkung eines erst außerhalb des Organismus durch Zerfall von weißen Blutkörperchen entstandenen Enzyms (Fibrinferment, Thrombin) in Fibrin und einen bis jetzt nicht sicher definierten Eiweißkörper (Fibrinoglobulin?) gespalten wird. Das Enzym geht aber nicht gleich als solches aus den Blutkörperchen hervor, sondern zunächst sein Zymogen.

das unwirksame Prothrombin, welches sodann im Plasma unter Mithilfe von Kalksalzen zum wirksamen Thrombin wird.¹

Die Gerinnung des Blutes wird durch Wärme und durch Schlagen beschleunigt, verhindert wird sie durch Kälte und Zusatz von Alkalien.

Die **roten Blutkörperchen** sind beim Menschen und den Säugetieren (mit Ausnahme des Lamas, Kamels und deren Verwandten) runde, beiderseitig ausgehöhlte (bikonkave) kern- und membranlose Scheibchen, deren Durchmesser 0.006—0.008 mm beträgt.² Die Menge der roten Blutkörperchen wechselt bei den verschiedenen Tieren.³ Unter dem Mikroskop betrachtet, sieht man die Blutkörperchen manchmal geldrollen-ähnlich aneinander gelegt.

Die Bestandteile der roten Blutkörperchen sind:

1. das Hämoglobin bzw. Oxyhämoglobin (der färbende Bestandteil);

2. das farblose Stroma, das Stützgerüste der Blutkörper.

Das Hämoglobin ist ein schwefel- und eisenhaltiger, roter, in Wasser wenig, in verdünnten Alkalien leicht löslicher Farbstoff. Trennt man den Farbstoff durch Äther von den Blutkörperchen und läßt die rotgefärbte Flüssigkeit langsam eindunsten, so erhält man die sog. Blutkristalle (rhombische Tafeln oder Prismen). Das Hämoglobin ist imstande, relativ große Mengen Sauerstoff aufzunehmen; auf dieser Eigenschaft beruht seine physiologische Bedeutung. Die Sauerstoffverbindung des Hämoglobins, das Oxyhämoglobin, wird aber sehr leicht wieder reduziert; die Reduktion desselben geschieht außer durch das Körpergewebe auch durch chemische Reduktionsmittel (Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium etc.). Auch das Kohlenoxydgas verdrängt den Sauerstoff aus seiner Verbindung mit Hämoglobin, es entsteht das sauerstofffreie Kohlenoxydhämoglobin; beim Einatmen von Kohlenoxyd hört die respiratorische Tätigkeit der roten Blutkörperchen auf (Kohlenoxydvergiftung, Erstickungstod). Das Oxyhämoglobin (das gewöhnliche Blut) und das Kohlenoxyd-Hämoglobin (das Erstickungsblut) zeigen im Spektrum charakteristische Absorptionsstreifen, welche zur Erkennung derselben dienen.

Durch eiweißkoagulierende und eiweißfällende Einflüsse, also Wärme, Alkalien, Mineralsäuren, Alkohol, selbst Kohlensäure bei Gegenwart von viel Wasser, wird das Hämoglobin sehr leicht zersetzt und zwar in einen Eiweißkörper, der dem Globulin nahe steht, das Globin (ein Histon), und in Hämatin, den eisenhaltigen Farbstoff, der getrocknet blauschwarz

¹ Vergl. Alex. Schmidt, Zur Blutlehre, Leipzig 1892; sowie: Weitere Beiträge zur Blutlehre, Wiesbaden 1895; Ol. Hammarsten, Ztschr. f. physiol. Chem. 1896. 22, 333 und 1899. 28, 98. — ² Die mehr oder weniger elliptisch geformten Blutkörperchen des Lamas etc., der Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische (mit Ausnahme der Rundmäuler) sind meist kernhaltig. — ³ 1 ccm menschliches Blut enthält 4—5 Mill. solcher Blutzellen; bei Gebirgsbewohnern wurden 7—8 Mill. beobachtet.

und metallischglänzend erscheint. Er ist in Alkohol und Wasser nicht löslich; in Säuren löst er sich mit brauner Farbe, die Lösung in Alkalien ist dichroitisch (grün und rot). Wenn man eingetrocknetes Blut mit starker Essigsäure bei Gegenwart von etwas Kochsalz erhitzt, so erhält man beim Abkühlen die charakteristischen rhombischen (Teichmannschen) Hämkristalle von salzsaurem Hämatin.

Das farblose Stroma ist eine Art Protoplasma; es enthält durch Kohlensäure fällbares Globulin, geringe Mengen in Äther löslicher Substanzen (Fette, Seifen, Cholesterin, Lecithin und dessen Zersetzungsprodukte), Salze (Kali- und Phosphorsäureverbindungen, wenig Chloride, fast kein Natron), Wasser und Gase (wenig Kohlensäure [gebunden] und Stickstoff, vorwiegend Sauerstoff).

Die farblosen Blutkörperchen (**Leukocyten**) sind kugelige, kernhaltige Zellen mit granulösem Inhalt von 0.007—0.011 mm Durchmesser; sie besitzen keine Membran; sie sind kontraktile und nehmen, wenn bei ihrer Beobachtung die Körperwärme hergestellt wird, lebhaft Bewegung an, dabei ihre Gestalt amöbenartig stets verändernd. Die Zahl derselben schwankt sehr; im Mittel kommt auf 350—500 rote Körperchen ein farbloses. Ihrem Ursprunge nach sind sie Chylus- bzw. Lymphkörperchen, welche allmählich in rote Blutkörperchen übergehen.

Befähigt durch die Kapillargefäße hindurch in die Gewebe zu wandern, vermitteln sie den Transport ungelöster Substanzen (Fett, Pigmente), entfernen auch fremde Körper (Bakterien); die Eiterkörperchen sind ausgewanderte weiße Blutzellen.

Die chemischen Bestandteile der farblosen Blutkörper sind neben Wasser hauptsächlich Eiweißstoffe (Nukleine, Nukleoalbumine), ferner Lecithin, Cholesterin und Salze in geringer Menge.

Außer den roten und weißen Blutkörperchen finden sich im Blute noch andere geformte Bestandteile, die sog. Blutplättchen oder Hämatoblasten, farblose, lichtbrechende, runde Scheibchen mit 2—3 mal geringerem Durchmesser als die roten Blutkörper. Nach A. Kossel und L. Lilienfeld sind dies Derivate des Zellkerns, aus einer chemischen Verbindung zwischen Eiweiß und Nuklein bestehend.

Das **Blutplasma** enthält das Fibrinogen (siehe oben) und die Bestandteile des Blutserums.

Im Blutserum finden sich:

1. 8—10 % Eiweißkörper, unter denen 3—4 % Serumalbumin und 2—4 % Seroglobulin;
2. Fette, Fettsäuren, Cholesterin, Lecithin (0.1—0.2 %);
3. Traubenzucker, nach J. Seegen 0.14—0.15 %;¹
4. sog. Extraktivstoffe: Kreatin, Kreatinin, Sarkin, Harnstoff, Harnsäure;
5. Salze, besonders Kochsalz und kohlensaures Natrium;
6. Wasser;
7. Gase: Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff.

¹ Pflügers Arch. f. Physiol. 1886, 348.

Die Menge des Blutes beträgt beim Menschen 7—8 % des Körpergewichtes.

Man unterscheidet das hellrote, arterielle Blut und das dunkelrote, venöse Blut; der Unterschied ist hauptsächlich durch den Sauerstoffgehalt bedingt. Das arterielle Blut enthält die heller gefärbte Sauerstoffverbindung des Hämoglobins, das Oxyhämoglobin, während das venöse Blut seine dunkelrote Färbung der reduzierten Verbindung, dem Hämoglobin verdankt.¹ Das arterielle Blut ist ärmer an Kohlensäure als das venöse. Das arterielle Blut zeigt in allen Gefäßen eine gleiche Zusammensetzung, während die Zusammensetzung des venösen Blutes von der Natur und der Arbeit des Organes abhängig ist, aus welchem es herausfließt.

Die **Aufgabe des Blutes** ist, den ganzen Stoffverkehr zwischen den Organen zu vermitteln, also den einzelnen Organen Baumaterial, sowie die zur Verarbeitung desselben nötigen Stoffe und Sauerstoff zuzuführen, sodann die Zersetzungsprodukte wieder aufzunehmen und den Ausscheidungsorganen (Lungen, Haut, Nieren) zuzuleiten.

Den Mittelpunkt des Blutkreislaufes bildet das Herz, ein hohles, aus Muskelfasern bestehendes Organ. Die Herzhöhle wird in eine rechte und eine linke geteilt; jeder Teil wieder in zwei Kammern, die Vorkammer und die Herzkammer. Die beiden Vorkammern stehen durch Klappenventile mit den Herzkammern in Verbindung; die beiden Seitenhälften aber sind voneinander durch eine Scheidewand getrennt.

Der Blutumlauf gestaltet sich nun folgendermaßen. Das Blut wird aus der linken Vorkammer durch Kontraktion der Muskeln in die linke Herzkammer getrieben; ist diese gefüllt, so zieht sie sich zusammen — ein Zurückströmen des Blutes in die Vorderkammer ist durch die sog. zweizipfelige Klappe, *valvula mitralis* verhindert — und drückt das Blut in die Aorta. Diese, die größte Schlagader des Körpers, beschreibt einen Bogen und steigt im Brust- und Bauchraum hinab bis zur Beckengegend. Auf diesem Wege gibt sie große Zweige ab für die Eingeweide; im Becken spaltet sie sich dann gabelig in zwei gleichstarke Arterien, welche die unteren Extremitäten versorgen. Bereits vorher, in der großen Kurve, sind drei Adern abgeszweigt, welche das Blut in den Kopf und die beiden Arme führen. Diese Hauptarterien-Äste führen, sich in immer feinere Zweige netzförmig durch den ganzen Körper verbreitend, allen Organen und Geweben das Blut zu, dessen Bestandteile durch Diffusion austreten. Das seiner Nährstoffe beraubte, mit den Zerfallsprodukten beladene Blut wird nun von den Venenkapillaren aufgesogen und strömt durch zwei große Venenadern, die obere und die untere Hohlader (Hohlvene), zum Herzen zurück in die rechte Vorkammer. Das aus den Eingeweiden zurückkehrende Blut gelangt nicht direkt in die Venen,

¹ Das sauerstofffreie Erstickungsblut ist noch dunkler, fast schwarz gefärbt.

sondern durchläuft zuvor noch die Leber (Pfortadersystem). Aus der rechten Vorkammer tritt das venöse Blut in die rechte Herzkammer, von welcher aus es nun in die Lungenschlagader getrieben wird, welche sich in zwei Äste teilt, die den Blutstrom in die rechte und linke Lunge ergießen. Indem das Blut nun die Haargefäße durchläuft, in denen die Lungenarterien enden, kommt es mit der Luft in Berührung, nimmt Sauerstoff auf und wird wieder arterielles Blut. Das wieder neu belebte Blut gelangt in die Lungenvenen und durch diese wieder in die linke Vorkammer, wo es seinen Kreislauf von neuem beginnt.

Der Lauf vom Herzen zu den Lungen und zurück wird als kleiner Respirationskreislauf, der vom Herzen zu den Körperteilen und zum Herzen zurück als großer Blutkreislauf, Ernährungskreislauf, bezeichnet.

Außer dem Blutgefäßsystem enthält der Körper noch das bereits früher erwähnte Lymphgefäßsystem, in welches ein Teil der in die Gewebe ausgetretenen Bestandteile des Blutes und die verdauten Stoffe des Darmes eintreten. Die Lymphgefäße, deren Hauptstamm der Milchbrustgang ist, welcher neben der Aorta in der Brusthöhle liegt, ergießen ihren Inhalt in die Äste der oberen Hohlader.

Wie bereits früher erwähnt, sind die Resorptionswege der gelösten Nährstoffe (der Proteinstoffe und deren Verdauungsprodukte, der einfachen Zucker und Salze) die Blutkapillaren der Darmwand. Die Nährstoffe passieren zunächst die Darmepithelien und gelangen sodann durch eigentümliche, unbekannte Vorgänge¹ — nicht durch Diffusionserscheinungen — in die Kapillaren, um dann dem Pfortadersystem, der Leber, zuzuströmen; den zweiten Weg aus dem Darm zur Säftemasse, die Lymphbahnen, gehen die genannten Substanzen nicht, wie durch Versuche von J. Zawilsky, A. Schmidt-Mühlheim, J. v. Mering² nachgewiesen ist.

Die Fette dagegen treten in die Lymphbahnen ein.

Wie werden nun die Nährstoffe von den Geweben assimiliert? Wie werden die dem Blute direkt oder indirekt zugeführten Nährstoffe in die verschiedenen Körperbestandteile umgewandelt?

Eine erschöpfende Antwort ist auf diese Fragen bis jetzt nicht gegeben.

Früher hat man die Zersetzungs- und Umwandlungsvorgänge in das Blut verlegt, dies hat sich aber als irrig erwiesen, denn im Blute finden sich die charakteristischen gewebusbildenden Stoffe nicht vor. Das Blut, die Lymphe, der Chylus können nur als Transportwege angesehen werden. Der Ort für den Aufbau sind die Zellen und Gewebe der Organe selbst. Einige vorbereitende Arbeiten jedoch finden schon im Chylus, im Blute (Atmung) und besonders in der Leber statt.

¹ F. Hoppe-Seyler, *Physiol. Chem.* 1877. I, 348; R. Neumeister, *Lehrb. d. physiol. Chem.* 297. — ² R. Neumeister, *l. c.* 298.

Die hier stattfindenden Prozesse haben den Charakter der hydrolytischen Synthese (Bildung von komplizierten Körpern aus einfachen unter Austritt von Wasser), im Gegensatz zu der bei der Verdauung stattfindenden hydrolytischen Spaltung (Zerfall komplizierter Verbindungen unter Wasseraufnahme in einfachere).

Die von den Blutgefäßen des Magens und des Darmes resorbierten Stoffe werden zunächst durch die Pfortader der Leber zugeführt. Über die einleitenden **Assimilationsvorgänge** (vielleicht in der Leber) ist folgendes festgestellt.

1. Die Eiweißkörper werden im Verdauungskanal durch die Verdauungssäfte in lösliche Eiweißstoffe und in Peptone verwandelt. Man hat früher angenommen, daß der Resorption der Proteinsubstanzen stets eine Peptonisierung vorangehen müßte, daß die nicht diffusiblen nativen Eiweißstoffe in diffusible Peptone umgewandelt werden müßten, um die Darmwand passieren und in die Blutbahn gelangen zu können; allein es ist festgestellt, daß die meisten Eiweißkörper, ohne Peptonisation, im genuinen oder denaturierten Zustande die Darmwand passieren können. Nach Versuchen von C. Voit und J. Bauer¹ werden gelöstes Muskelfleisch und saurer Fleischsaft (Acidalbumin), sowie auch andere gelöste Eiweißkörper, per clyisma injiziert, von der Dickdarmschleimhaut aufgesaugt; im Dickdarm findet aber keine Peptonisation statt. Nicht direkt assimilierbar sind das genuine Eialbumin, Kasein, Hämoglobin, Glutin.²

Die Eiweißverdauung bringt die direkt assimilierbaren Eiweißstoffe als solche oder als Syntonin in Lösung, die nicht direkt assimilierbaren Stoffe dagegen werden so umgeformt, daß aus ihnen resorbierbare entstehen; außerdem aber wird zu noch unbekanntem Zwecke ein wechselnder Teil der Eiweißstoffe in Albumosen und Peptone gespalten.

Diese Albumosen und Peptone müssen, bevor sie in den Blutstrom aufgenommen werden können, nochmals eine Umformung erfahren, um assimilierbar zu werden. Peptone und Albumosen sind im Blut und Chylus, in den Säften und Geweben nicht nachweisbar; diese Körper müssen als Fremdkörper in der Säftemasse angesehen werden; in das Blut eingespritzte Albumosen und Peptone werden sofort wieder durch den Harn ausgeschieden, größere Mengen wirken giftig. Es ist nun durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen (C. Ludwig und G. Salvioli, F. Hofmeister³), daß wirklich eine Umbildung der Peptone in der Darmwand stattfindet, bevor dieselben in das Blut übertreten. Diese Umformung findet wahrscheinlich in dem Epithel der Schleimhaut statt, über die Natur derselben ist nichts Sicheres bekannt. Die neueren

¹ C. Voit u. J. Bauer, Über d. Aufsaugung im Dick- und Dünndarm, Ztschr. f. Biol. 1869. 5, 562. — ² Literatur siehe R. Neumeister, l. c. 301. — ³ Gaetano Salvioli, Du Bois' Arch. 1880, Suppl. 112; F. Hofmeister, D. Verhalten des Peptons in der Magenschleimhaut, Ztschr. f. phys. Chem. 1882. 6, 69; siehe R. Neumeister, Lehrb. d. phys. Chem. 310 u. 311.

Ernährungsversuche haben es jedoch wahrscheinlich gemacht, daß die Peptone und Albumosen tatsächlich wieder eine Rückbildung in eiweißartige Substanzen erfahren. Möglicherweise liefern die in der Darm-schleimhaut entstandenen, noch unbekannten Umwandlungsprodukte der Peptone einen Teil des sog. Organeiweißes.

Das weitere Schicksal der Eiweißstoffe ist unbekannt; den Spaltungsprodukten derselben begegnen wir erst dann wieder im Organismus, wenn sie auf dem Wege der Ausscheidung als Vorbildungsstufen des Harnstoffs auftreten. Der Harnstoff nebst geringen Mengen Harnsäure, Ammoniak und einigen Basen, welche sämtlich durch die Nieren als Harn ausgeschieden werden, bilden die Endprodukte der Zersetzung der Eiweißkörper im Organismus.

2. Die Fettspaltungsprodukte werden in Fette zurückverwandelt; nach Fütterung mit Seifen werden die den Fettsäuren der letzteren entsprechenden Glyceride im Körper wieder aufgefunden (S. Radziejewski¹).

Siehe noch: J. Munk, *Centrbl. Physiol.* 1900. **14**, 121. 153; E. Pflüger, *Pflügers Arch.* 1900. **82**, 303; V. Henriques und C. Hansen, *Centrbl. Phys.* 1900. **14**, 313.

3. Der überschüssige Nahrungszucker wird in der Leber aufgespeichert und in Glykogen verwandelt. Andererseits aber besitzen die Leberzellen umgekehrt auch die Fähigkeit, das aufgespeicherte Glykogen wieder in Zucker zu spalten und nach Bedarf an das Lebervenenblut abzugeben (Cl. Bernhard²). Das Glykogen hat somit für den Stoffwechsel der Tiere eine ähnliche Bedeutung, wie die Stärke für den Stoffwechsel der Pflanze; beide Stoffe stellen in den Organen abgelagertes Reservematerial vor. Der aus dem Glykogen entstehende Traubenzucker wird schließlich zu Kohlensäure und Wasser verbrannt.

VI. Ausscheidung der Stoffwechselprodukte.

Die im Körper nicht verwerteten Produkte des Stoffzerfalles werden aus demselben ausgeschieden. Diese Ausscheidung geschieht hauptsächlich durch besondere Organe, durch den Darm, die Niere, die Lunge und die Haut.³

1. Der **Kot** (Fäces) enthält die unverdaulichen oder aus irgend welcher Ursache unverdauten Nahrungsreste; der unverdaut gebliebene Teil der Nahrung besteht neben anderem aus Cellulose, Muskelfasern, Horn- und Haargebilden, aus ungenügend zerkleinerten Nahrungsstoffen, wie hartem Eiweiß etc. Weiter enthält der Kot die nicht resorbierten

¹ *Centrbl. f. d. med. Wiss.* 1866, Nr. 23; *Virchows Arch.* 1868. **43**, 268 und 1872. **56**, 211. — ² *Nouvelle fonction du foie etc.*, Paris 1853. — ³ Die hier näher bezeichneten Wege sind nicht die einzigen, auf welchen der Körper Stoffe abgibt; so wären z. B. noch zu nennen die Milch, der Samen, der Nasenschleim, der Speichel, der Schweiß, Nägel, Haare etc.; die oben angeführten sind aber die hauptsächlichsten.

Reste der Verdauungssäfte, Schleim, Gallenfarbstoffe (welche die Färbung des Kotes bedingen), Wasser und Salze (meist unlösliche Phosphate und Karbonate). Auch im Darm gebildete Zersetzungsprodukte (Indol, Skatol), flüchtige Fettsäuren (Valeriansäure, Kapronsäure etc.) werden im Kot ausgeschieden. Endlich enthält der Kot noch zahlreiche Spaltpilze. W. Sucksdorff¹ fand bei gewöhnlichem Essen und Trinken pro 1 mgr Kot 25 000—230 4347 Kolonien.²

2. Der **Harn** enthält die durch die Nieren ausgeschiedenen, in Wasser löslichen Endprodukte des Stoffwechsels, hauptsächlich umgewandelte Stickstoffverbindungen, Wasser und Salze, außerdem Produkte, die zufällig in den Organismus gelangt und für ihn nicht verwertbar sind. Normaler menschlicher Harn reagiert sauer infolge seines Gehaltes an sauren Salzen. Sein spezifisches Gewicht ist im Mittel 1.018. Innerhalb 24 Stunden werden von einem erwachsenen Menschen — abgesehen von einer abnorm gesteigerten Flüssigkeitszufuhr — 1.2—1.7, im Mittel 1.5 Liter Harn entleert. Diese Menge enthält ungefähr 60 g (3.5—4 %) feste Bestandteile gelöst, von denen etwa 25 g (1.7 %) anorganischer und 35 g (2.3 %) organischer Natur sind.

Die anorganischen Bestandteile sind vorwiegend Kochsalz, dann saures phosphorsaures Natrium und Kalium, weiter saures phosphorsaures Calcium und Magnesium und schwefelsaures Kalium und Natrium; auch Eisen ist in geringer Menge (in organischer Bindung) im Harn enthalten.

An organischen Stoffen finden wir im Harn in erster Linie den Harnstoff ($\text{CO}[\text{NH}_2]_2$), dann Harnsäure ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$) in Form saurer Alkalisalze, Kreatinin, Hippursäure, ferner in geringen Mengen Xanthinstoffe (Xanthin, Hypoxanthin oder Sarkin, Guanin etc.), Oxalsäure (an Kalk gebunden), Oxalursäure (als oxalursaures Ammon), Allantoin, flüchtige Fettsäuren, Milchsäure, Kohlehydrate, Glycerinphosphorsäure, Ätherschwefelsäuren (Phenol-, Parakresol-, Indoxyl-, Skatoxyl-, Brenzkatechin-Schwefelsäure), aromatische Oxysäuren (Paraoxyphenylessigsäure und Paraoxyphenylpropionsäure), endlich Farbstoffe und Chromogene.

Von Gasen enthält der Harn hauptsächlich Kohlensäure neben geringen Mengen von Stickstoff und Spuren von Sauerstoff.

Die gelbe Farbe des normalen Harns rührt von mehreren Farbstoffen, größtenteils vom Urochrom her, einem stickstoffhaltigen, eisenfreien Körper, der die Xanthoproteinreaktion gibt und in naher Beziehung zum Urobilin zu stehen scheint (Archibald E. Garrod³), ferner enthält frischer Harn stets kleine Mengen von Hämatoporphyrin (durch Wasseraufnahme und Eisenabspaltung aus dem Hämatin entstanden, isomer mit Bilirubin), häufig auch Uroerythrin.

¹ Arch. f. Hyg. 1886, 355. — ² Über die Spaltpilze der Fäces; siehe Th. Escherich, D. Darmbakterien etc., Stuttgart, Ferd. Enke, 1886. B. Bienstock, Ztschr. f. klin. Med. 8, 1. — ³ Proceed of the Roy. Soc. 1894. 55, 394; Journ. of Physiol. 1895. 17, 441; Journ. of Pathol. and Bakteriologie. 1896. 3, 103.

In gestandenem, dem Licht ausgesetztem Harn findet sich regelmäßig Urobilin, ein gelber Farbstoff, der unter dem Einflusse von Luft und Licht aus einem Chromogen, dem Urobilinogen hervorgeht (Saillet¹).

Endlich finden sich im Harne auch verschiedene Substanzen (Indoxyl-, Skatoxyl-Schwefelsäure..), welche bei der Einwirkung von chemischen Reagentien farbige Zersetzungsprodukte liefern.

Über die Mengen der Hauptbestandteile, welche im Laufe von 24 Stunden in einer durchschnittlichen Harnmenge von 1.5 Liter abgesondert werden, mag folgende Tabelle ein annäherndes Bild geben.

Organische Stoffe.		Anorganische Stoffe.	
Harnstoff . . .	21.5—34 g	Chlor (Cl) . . .	9.0 g
Harnsäure . . .	0.2—1.25 g	entsprechend 15 g Kochsalz	
Kreatinin . . .	0.6—1.3 g	Schwefelsäure (SO ₃) .	1.5 — 3.0 g ²
Hippursäure i. M.	0.7 g	Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	1—8 g
Xanthinstoffe . .	15.6—45 mg	Kali (K ₂ O) . . .	2.3 — 3.9 g
		Natron (Na ₂ O) . .	4.2 — 7.4 g
		Kalk (CaO) . . .	0.12—0.25 g
		Magnesia (MgO) . .	0.18—0.28 g
		Eisen (Fe) . . .	3.0 — 11 mg

Der Harn kann noch zahlreiche zufällige Bestandteile enthalten, wenn ihm gewisse Stoffe durch Arzneien oder durch Nahrung zugeführt sind. Verschiedene Salze, Alkaloide, organische Farbstoffe, Öle, organische Säuren gehen unverändert in den Harn über. Die Salze der organischen Säuren mit Alkalien dagegen werden zersetzt und gehen als kohlensaure Alkalien in den Harn, der dann alkalisch wird.

Der Harn von Kranken zeigt manchmal abnormale Beschaffenheit. Oft wird er neutral oder alkalisch und trübt sich dann durch Ausscheidung von phosphorsaurem Kalk, phosphorsaurer Ammonmagnesia, oxalsaurem Kalk. Oft wird er sehr konzentriert und scheidet rötlich gefärbte harnsaure Salze ab (Fieberharn). Bei gewissen Krankheiten enthält er Albumin, Zucker, Gallenbestandteile. Manchmal bilden sich schon in den Harnwegen Konkretionen (Harnsteine), die meistens aus Harnsäure und harnsaurem Ammon, oft auch aus phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Ammonmagnesia oder aus oxalsaurem Kalk, sehr selten aus Cystin und Xanthin bestehen.

Bleibt Harn längere Zeit, besonders bei erhöhter Temperatur, stehen, so tritt Fäulnis, die sog. alkalische Gärung, ein. Der Harnstoff geht in kohlensaures Ammon über, infolgedessen die saure Reaktion des Harns in die alkalische übergeht.

3. Der **Atmungsprozess**. Wie bereits bei der Besprechung des Blutkreislaufes erwähnt wurde, wird das auf seinem Wege durch den großen Kreislauf veränderte, dunkelrote, kohlensäurereiche Blut aus der

¹ Rev. de médecine, 1897. 17, 114. — ² Ein Teil der Schwefelsäure ist in Form von aromatischen Ätherschwefelsäuren an Indol, Phenol, Skatol etc. gebunden.

rechten Herzkammer durch die Lungenarterie in die Lungen getrieben. In diesen wird das Blut durch den Zutritt der Luft erneuert, gibt Kohlensäure ab, nimmt wieder Sauerstoff auf und kehrt neu belebt als arterielles Blut zur linken Herzkammer zurück.

Die Lunge ist ein lufthaltiges, aus vielen kleinen Röhrrchen und Bläschen bestehendes Organ, in welches durch die Luftröhre abwechselnd Luft aus- und einströmt. Die Luftröhre beginnt mit dem Kehlkopf; der oberste Teil derselben ist äußerlich sichtbar (der sog. Adamsapfel). Im Innern des Kehlkopfes sind von vorne nach hinten, dicht nebeneinander zwei elastische, plattenartige Bänder ausgespannt, die sog. Stimmbänder, durch deren Schwingung beim verstärkten Aus- und Einatmen die Stimme erzeugt wird. An den Kehlkopf schließt sich die Luftröhre, die vor der Speiseröhre liegt und, aus übereinander liegenden geschlossenen Knorpelringen bestehend, an der Vorderseite des Halses hinabsteigt und sich dann in zwei, ebenso wie die Luftröhre gebaute Äste (Bronchien) teilt, welche, nach rechts und links auseinandergehend, in die rechte und linke Lunge münden. Die rechte Lunge besteht aus drei, die linke aus zwei oben zusammenhängenden Lappen. In jeden Lappen nun gehen Äste der Luftröhren, sich, wie die Zweige eines Baumes immer mehr, bis in die kleinsten Röhrrchen verzweigend. Die mikroskopisch kleinen Röhrrchen schließen mit je einem kleinen ausgebuchteten Bläschen (Alveole) ab, das aus einem zarten Häutchen besteht, durch welches die Luft leicht diffundiert. Außer den Luftröhrrchen tritt in jede Lunge eine Lungenarterie, sich ebenso wie jene in immer zartere Zweige teilend, die sich schließlich auf der inneren Fläche der Luftbläschen ausbreiten. Aus diesem zarten Netzwerk sammeln sich dann wieder Ästchen, die, immer größer werdend, schließlich als zwei große Äste die Lungen wieder verlassen, die sog. Lungenvenen, welche das regenerierte Blut wieder in den linken Vorhof des Herzens führen. Es befinden sich somit die zarten Blutkapillaren und die feinen Luftröhrrchen in möglichst naher Berührung, sodaß ein leichter Austausch der Gase ermöglicht ist. Weil die Kohlensäure des venösen Blutes unter einem größeren Drucke steht, als die in der Luft der Lungenröhrrchen, so tritt sie leicht in die Lunge über, wogegen das seines Sauerstoffs beraubte Hämoglobin mit Begierde seinen Sauerstoffgehalt aus der Luft der Lungenröhrrchen wieder ersetzt.

Diesen Vorgang nennt man den Atmungsprozeß. Die Zusammensetzung der eingeatmeten und der ausgeatmeten Luft beträgt im Mittel:

	Einatmungsluft	Ausatmungsluft
Stickstoff	79.2	79.3
Sauerstoff	20.8	15.4
Kohlensäure	0.03	4.3

Außer diesen Gasen enthält die ausgeatmete Luft noch beträchtliche Mengen Wasserdampf; bei ruhigem Atmen ist sie mit Wasserdampf ge-

sättigt; auch geringe Mengen Ammoniakgas sind in der ausgeatmeten Luft nachgewiesen; zuweilen enthält dieselbe noch flüchtige Substanzen aus der eingenommenen Nahrung (Alkoholämpfe).

4. Auch durch die Haut findet ein Gaswechsel statt, den man als **Hautatmung** (Perspiration) bezeichnet. Bei dieser findet ebenso wie bei der Lungenatmung eine Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe statt; der Gasaustausch ist jedoch verschwindend klein gegen den der Lungen. Während die Kohlensäuremenge, welche vom Menschen innerhalb 24 Stunden durch die Lunge ausgeschieden wird, 800—1200 g beträgt, wird durch die menschliche Haut in der gleichen Zeit bei einer Temperatur von 29—33° C. nur 8.4 g Kohlensäure ausgeschieden (N. P. Schierbeck¹). Mit zunehmender Temperatur steigt die Menge der durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäure (H. Aubert², A. Röhrig³, S. Fubini und J. Ronchi⁴). Dagegen ist die durch die Haut abgegebene Wassermenge, besonders bei Schweißsekretion, eine sehr hohe. Im Schweiß treten auch geringe Mengen von flüchtigen Säuren auf, welche demselben einen ganz spezifischen Geruch verleihen. Die Hautatmung kann durch Arbeit und Bewegung auf das 2—3fache gesteigert werden.

VII. Tierische Wärme.

Bei den Oxydations- und Spaltungsprozessen, durch welche die Zersetzung der Nahrungsstoffe im Körper zustande kommt, wird lebendige Kraft frei, welche sich als Wärme äußert. Die inneren Teile des Körpers besitzen eine fast konstante, nur innerhalb enger Grenzen schwankende Temperatur; die normale Körpertemperatur des Menschen beträgt, in den Achselhöhlen gemessen 37—37.5° C., die Temperatur des Herzblutes beträgt 39° C.

Als Quellen der tierischen Wärme sind anzusehen: 1. vor allem die tierischen Verbrennungsprozesse, denen die Nahrungsstoffe im Körper während des Stoffwechsels anheim fallen; 2. die Verrichtung mechanischer Arbeit des Körpers durch Reibung (Reibung des zirkulierenden Blutes an den Herz- und Gefäßwandungen, der Knochen in den Gelenken, der Haut an den Kleidern etc.); 3. scheint es zweifellos, daß eine notwendige Bedingung zur Entbindung tierischer Wärme der Einfluß ist, den das Nervensystem auf den Körper ausübt.

Die im Körper erzeugte Wärme ist vor allem die Quelle, welche alle Bewegungsvorgänge unterhält, also die nach außen sichtbaren Bewegungen (Arbeit, Gehen, Laufen etc.), dann die sog. automatischen Bewegungen der Atmung und des Herzmuskels. Weiter dient die Wärmeerzeugung

¹ Du Bois, Arch. 1893, 116. — ² Pflügers Arch. 1872, 6, 539. —

³ Deutsche Klinik 1872, 209. — ⁴ Moleschotts Untersuchungen z. Naturlehre 1878, 12, 100.

dazu, den Körper auf der Temperatur konstant zu erhalten, die für den Ablauf aller chemischen und physikalischen Vorgänge in ihm die beste ist; diese Temperatur liegt konstant bei 37° C. Da die den Körper umgebenden Medien (Kleider, Luft etc.) durchschnittlich niedriger temperiert sind als der Körper, so muß nach ganz allgemeinen physikalischen Überlegungen unser Organismus Wärme an die Umgebung abgeben. Fast die ganze im Körper produzierte Wärmemenge wird schließlich auf diesem Wege nach außen abgegeben.

Die Abgabe von Wärme geschieht 1. durch Strahlung von der Körperoberfläche; 2. durch Leitung, und zwar an den Körper berührende kältere Stoffe (Luft, Kleidung) oder an in den Körper aufgenommene Stoffe, die kälter sind als der Körper (eingatmete Luft, Nahrung); 3. durch Verdunstung von Wasser durch die Lungen, von der Haut, und den festen und flüssigen Exkreten.

Die Ursachen, welche den Körper befähigen, eine so konstante Temperatur sowohl bei niedriger als bei höherer Außentemperatur zu bewahren, sind in besonderen Vorrichtungen zu suchen, welche teils auf die Wärmeerzeugung, teils auf die Wärmeabgabe regulierend einwirken.

Als solche sind anzuführen:¹

1. Kälte steigert, Wärme vermindert das Hungergefühl und die Neigung zu Bewegungen; vermehrte Nahrungszufuhr und hierdurch bedingte erhöhte Verdauungstätigkeit liefert aber mehr Wärme. Bewegung erhöht die Wärmebildung im Körper, einesteils durch die mit derselben verbundene Erhöhung der Wärmebildung im Muskel, andernteils durch Reiben des Muskels und der durch ihn bewegten Teile an ihrer Umgebung. Auch unwillkürliche Muskelbewegungen (Schaudern, Zähneklappern) erhöhen die Temperatur.

2. Das Gefühl von Kälte und Wärme veranlaßt den Menschen, sich in einem Falle mit warmen Kleidern (schlechten Wärmeleitern) zu umgeben, sich mehr in geheizten Lokalen aufzuhalten, warme Speisen und Getränke zu sich zu nehmen, im anderen Falle aber mit dünner Kleidung zu versehen, auch dem Körper künstlich (kalte Bäder) Wärme zu entziehen.

3. Wärme vermehrt die Herztätigkeit und die Atmung. Erstere steigert die Blutzirkulation; es tritt eine stärkere Füllung der Blutgefäße ein, die Haut wird strotzend, wasserreicher und gibt nun durch Strahlung, Leitung und vermehrte Wasserverdunstung (Schweiß) mehr Wärme ab.

Die Kälte verengert die kleinen Gefäße der Haut und die in derselben verlaufenden Blutkapillaren. Der Haut wird weniger Blut, somit auch weniger Wärme aus dem Innern zugeführt, der Wärmeverlust muß somit ein geringerer sein.

Beschleunigtes Atmen erhöht die Wärmeabgabe durch die Lungen.

¹ Hermann, Lehrb. d. Physiol. 252.

Ein Erwachsener entwickelt täglich etwa $2\frac{1}{2}$ Mill. Wärmeeinheiten (Kalorien); eine Wärmeeinheit nennt man jene Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 g Wasser in seiner Temperatur um 1° C. zu erhöhen.

Prozentisch verteilt sich die Wärmeabgabe wie folgt:

Haut	87.0	< Strahlung	71.5	> 23.2 %
		< Wasserverdunstung	15.5	
Atem	11.1	< Wasserverdunstung	7.7	
		< Erwärmung der Atemluft	3.4	
Wärmeabgabe in Kot und Urin			2.0	

VIII. Der Stoffwechsel des Gesamtorganismus unter verschiedenen Verhältnissen.

I. Ermittlung des Gesamtstoffverbrauches.

Um die Größe des Gesamtstoffverbrauches eines Organismus zu ermitteln, bestimmt man die Einnahmen und Ausgaben desselben während einer gewissen Zeit, nach ihrer Menge sowohl wie nach ihrer elementaren Zusammensetzung. Die Differenz in Einnahme und Ausgabe bedeutet Gewinn oder Verlust des Körpers. Die bahnbrechenden Untersuchungen von T. L. W. Bischoff, M. v. Pettenkofer und C. v. Voit haben ergeben, daß der im Organismus verbrauchte Kohlenstoff größtenteils in Form von Kohlensäure, durch Lunge und Haut, zum kleinen Teile in Form kohlenstoffhaltiger, organischer Verbindungen durch den Harn und Kot abgeschieden wird. Durch Addition des gasförmig ausgeschiedenen Kohlenstoffs ($\text{CO}_2 \times 0.273 = \text{C}$) und des durch Elementaranalyse gefundenen Kohlenstoffs in Harn und Kot erhält man also ein Maß für den Verbrauch an Kohlenstoff im Körper. Ist der Kohlenstoffgehalt der Einnahme größer als der der Ausgaben, so ist Kohlenstoff zum Ansatz gelangt; im umgekehrten Falle ist kohlenstoffhaltiges Material zu Verlust gegangen. Ob dies verlorene C-haltige Material Eiweiß oder Fett war, erfährt man durch gleichzeitige Bestimmung des ausgeschiedenen Gesamtstickstoffs. Eiweiß enthält 54% C und 16% N. Wurde z. B. (im Hungerzustand) nur Eiweiß zerstört, so muß sich die C-Ausscheidung zur N-Ausscheidung wie 54:16 oder 3.4:1 verhalten; ein Überschuß an C stammt von anderem C-haltigem, aber N-freiem Material, das nur Fett sein kann. Der im Körper verbrauchte Stickstoff erscheint zum weitaus größten Teile im Harn wieder, ein geringer Teil findet sich im Kot. Durch Ermittlung des im Harn und Kot ausgeschiedenen N erhält man also ein Maß für den Verbrauch an N-haltigen Substanzen im Körper, ein Maß für die Größe der Eiweißzersetzung. Wurde dem Organismus mehr N zugeführt, als ausgeschieden wurde, so fand ein Ansatz von N, von Eiweiß, im umgekehrten Falle ein Verlust an Eiweiß statt. Die N-Differenz mit 6.25

multipliziert ergibt die Menge des angesetzten oder zu Verlust gegangenen Eiweißes.

C. v. Voit berechnet die N-Mengen nicht auf Eiweiß, sondern auf Muskelfleisch, welches durchschnittlich 3.4 % N enthält; 1 g N entspricht somit ca. 30 g Fleisch.¹

II. Einfluß der Nahrung auf den Stoffverbrauch.

1. Der Hunger.

Der tierische Organismus kann auch bei völliger Entziehung der Nahrung noch eine Zeitlang fortleben. Weil nun die Einnahmen des Körpers auf den eingeatmeten Sauerstoff beschränkt sind, die Zersetzungsprozesse aber weiter vor sich gehen und die verbrauchten Stoffe ausgeschieden werden, so tritt eine stetige, anfangs rasche, später langsamere Abnahme des Körpergewichtes ein; der Körper verzehrt sich selbst.

M. v. Pettenkofer und C. v. Voit² ermittelten bei einem kräftigen Arbeiter von 71 kg Körpergewicht für den ersten Hungertag folgenden Verlust:

im Harn:	12.5 g N und	5.8 g C
in der Respiration:	—	201.3 g C
= 12.5 g N und 207.1 g C		

12.5 g N = 78.1 g Eiweiß (= 370 g Fleisch), in denen 41.9 g C stecken. Es sind somit noch 207.1—41.9 = 165.2 g C übrig, die auf zerstörtes Fett zu verrechnen sind; 165.2 g C würden 214.76 g Fett entsprechen.³ Außerdem hatte der Körper 889 g Wasser abgegeben, sodaß derselbe also am ersten Hungertage gelebt hatte auf Kosten von 78 g Eiweiß (370 g Fleisch), 215 g Fett und 889 g Wasser.

J. Ranke⁴ wies bei einer anderen fettreichen Person für den zweiten Hungertag einen Verlust nach von 50 g Eiweiß, 203.8 g Fett und 868 g Wasser.

H. Senator, N. Zuntz, C. Lehmann, J. Munk und Fr. Müller⁵ ermittelten bei dem 57 kg schweren, 10 Tage hungernden Cetti, welcher innerhalb dieser Zeit nur 12 Liter Wasser trank, einen Totalgewichtsverlust von 6.35 kg; der Stoffverbrauch stellte sich am

1. Tage auf	88 g	Eiweiß,	160 g	Fett und	1600 g	Wasser
5. „ „	69.4 g	„	141 g	„ „	1900 g	„
10. „ „	61.4 g	„	126 g	„ „	1500 g	„

¹ Näheres über die Feststellung des Stoffverbrauches siehe: C. v. Voit, Phys. d. allg. Stoffwechsels p. 66; ferner: J. Munk u. J. Uffelmann, Die Ernährung des gesunden u. kranken Menschen p. 11. — ² Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 478 u. 1869. 5, 369. — ³ Die Fette enthalten i. Mittel 76.5 % C; $C \times \frac{100}{76.5}$ od. 1.3 = Fett. — ⁴ Ranke, Ernährung des Menschen, 1876, 210. — ⁵ Berliner klin. Wochenschr. 1887, 425. Virchows Arch. 1893, 131, Suppl. 1.

Der Hungernde verliert also gleichmäßig an Körpermasse, jedoch in den ersten Tagen mehr, wie in den späteren; der Verlust besteht der Hauptsache nach (etwa $\frac{2}{3}$) in Wasser, nur ein Drittel trifft auf Fett und Eiweiß, und zwar wird 3—4 mal mehr Fett zerstört wie Eiweiß. Nimmt der Hungernde Wasser zu sich, so ist der Verlust selbstredend nur auf Fett und Eiweiß beschränkt. Hunger ohne Wasseraufnahme wird schwerer vertragen als mit Wassergenuß. Bei fetten Personen ist der Eiweißverbrauch ein geringerer als bei mageren; Kinder, welche einen regeren Stoffwechsel haben, erliegen eher dem Hungertode als Erwachsene. Der Umstand, daß die N-Ausscheidung in den ersten Hungertagen eine stärkere ist, als in den folgenden Tagen, daß sie sogar auf ein Minimum herabsinkt, hat v. Pettenkofer und v. Voit zu der Annahme geführt, daß der Körper neben dem fester gebundenen „Organeiweiß“ noch je nach dem Eiweißgehalte der vorausgegangenen Nahrung mehr oder weniger „zirkulierendes“ Eiweiß enthalte; ist letzteres verbraucht, dann erst wird das fester gebundene Organeiweiß angegriffen, das schwerer zersetzt wird, infolgedessen die Größe der N-Ausscheidung abnimmt.

Vergl. W. Prausnitz, Die Eiweißzersetzung beim Menschen während der ersten Hungertage. *Ztschr. f. Biologie* 1893. N. F. **11**, 161. Über den Begriff: „zirkulierendes Eiweiß“ siehe: Ed. Pflüger: *Pflügers Arch.* 1893. **54**, 333; O. Hammarsten, *Lehrb. d. phys. Chem.* 1899, 586.

2. Alleinige Zufuhr von Eiweiß.

Eine gesteigerte Zufuhr von Eiweiß hat eine Steigerung der N-Ausscheidung, also auch eine gesteigerte Eiweißzersetzung zur Folge.

Voit¹ fand bei Versuchen an einem Hunde:

Verzehrt. Fleisch pr. Tag in Gramm	Harnstoffmenge im Tag in Gramm	Verzehrt. Fleisch pr. Tag in Gramm	Harnstoffmenge im Tag in Gramm
300	32	1500	106
500	40	1800	128
600	49	1900	139
800	56	2000	144
900	68	2200	154
1000	77	2500	173
1200	88	2660	181

War die 3fache Menge Eiweiß gegeben, so betrug die Harnstoffmenge das Doppelte, war die 6fache Menge Eiweiß zugeführt, so stieg die Harnstoffabgabe auf das Vierfache.

Mit der vermehrten Eiweißzufuhr und hierdurch bedingten Steigerung der Eiweißzersetzung wird der Verlust des Körpers an Eiweiß, wie er beim Hunger stattfindet, immer geringer. Bei weiterer Steige-

¹ *Ztschr. f. Biologie* 1867. **3**, 5; v. Voit, *Physiol. d. allg. Stoffwechsels*, 105.

rung der Eiweißzufuhr gelangt man schließlich zu dem Punkte, wo die eingeführte Menge gerade genügt, den Verlust aufzuheben. Bei Darreichung dieser Eiweißmenge befindet sich der Körper im Stickstoffgleichgewicht. Wird nun noch mehr Eiweiß zugeführt, so wird ein Teil des überschüssigen Eiweiß im Körper angesetzt. Um bei ausschließlicher Zufuhr von Eiweiß den Eiweißverlust zu decken, bedarf der Körper nach Voits Untersuchungen mindestens $2\frac{1}{2}$ mal so viel Eiweiß, als er im Hungerzustande zerstört hatte.

Die Größe der Eiweißzufuhr bestimmt aber nicht ausschließlich den Eiweißumsatz; auch der Körperzustand ist von Einfluß auf die Eiweißzersetzung. Ist der Körper infolge vorhergehender starker Eiweißzufuhr reich an Eiweiß geworden, so muß ihm zur Deckung des Eiweißverlustes mehr Eiweiß zugeführt werden, als wenn er durch vorhergegangene spärliche Fleischzufuhr eiweißarm geworden war. Ein Versuch von Voit zeigt dies:

Fleischzufuhr	Fleisch		vorausgegangen
	verbraucht ¹	am Körper	
1500	1599	— 99	2000 g Fleisch
1500	1467	+ 33	1500 g Fleisch
1500	1267	+ 233	Hunger
1500	1186	+ 314	eiweißarmes Futter

Der Tierkörper hat die Neigung, seinen Eiweißzerfall der Eiweißzufuhr anzupassen; mit den verschiedensten Eiweißmengen kann Stickstoffgleichgewicht erzielt werden.

Ganz gleichgültig, ob die am ersten Tage gegebene Fleischmenge einen Verlust oder einen Ansatz von Eiweiß zur Folge hatte, nimmt bei weiterer Zufuhr derselben Eiweißmenge der Verlust oder Ansatz so lange ab, bis Zufuhr und Zersetzung gleich geworden sind. Es gibt aber für jeden Organismus eine obere und eine untere Grenze, über welche bzw. unter welche hinaus dieser Gleichgewichtszustand nicht mehr möglich ist. Die obere Grenze ist in der Aufnahmefähigkeit des Darmes für Eiweiß gegeben; die untere Grenze wechselt je nach dem Körperzustande des Tieres; sie ist abhängig von der Eiweißmasse am Körper und ist erreicht, wenn das stabile Material, das Organeiweiß angegriffen wird. Außerdem ist die untere Grenze der Eiweißzufuhr von dem Fettbestande des Körpers wesentlich abhängig; ein fettreicher Körper gebraucht zur Erreichung des Stickstoffgleichgewichtszustandes weniger Eiweiß als ein fettärmer.

Eine Steigerung der Eiweißzufuhr bedingt nicht einen äquivalenten, andauernden Eiweißansatz, da mit der erhöhten Auf-

¹ Der Fleischverbrauch ist aus der N-Ausscheidung berechnet; 3.4 g N = 100 g Fleisch.

nahme von Eiweiß sofort die Zersetzung wächst. Wird dem Körper mehr Eiweiß zugeführt, als er zur Erhaltung des Gleichgewichtszustandes nötig hat, so erfolgt zwar in den ersten Tagen ein Eiweißansatz; derselbe wird aber immer geringer, bis wieder das Gleichgewicht eingetreten ist. Man kann daher durch keine, auch noch so große Eiweiß-(Fleisch-)zufuhr einen Eiweißansatz auf die Dauer erzielen, eine Mästung an Fleisch bewirken. Falsch ist es jedoch hieraus zu schließen, eine über das Notwendige hinausgehende Eiweißzufuhr sei ein Luxus; die erhöhte Eiweißzufuhr vermehrt die Menge des zirkulierenden Eiweißes und bedingt einen größeren Stoffumsatz und eine größere Leistungsfähigkeit des Körpers.

Durch kleinere, ungenügende Gaben von Fleisch verliert der Körper neben Eiweiß auch Fett; größere Eiweißzufuhr vermindert den beim Hunger stattfindenden Verbrauch an Eiweiß und Fett; bei sehr großen Fleischgaben kann sogar Fettansatz erfolgen. v. Pettenkofer und v. Voit¹ haben dies experimentell bewiesen, indem sie in acht verschiedenen Perioden einem Hunde ansteigende Fleischmengen verabreichten, wobei sie folgende Werte erhielten:

Nr.	Fleisch verzehrt	Fleisch zersetzt	Fleisch am Körper	Fett am Körper	Kohlen-säure	Sauerstoff aufgenommen	Sauerstoff nötig
1.	0	165	- 165	- 95	327	330	329
2.	500	599	- 99	- 47	356	341	332
3.	1000	1079	- 79	- 19	463	453	398
4.	1500	1499	+ 1	+ 29	482	435	426
5.	1500	1500	0	+ 4	547	487	477
6.	1800	1757	+ 43	+ 1	656	—	592
7.	2000	2044	- 44	+ 58	604	517	524
8.	2500	2512	- 12	+ 57	783	—	688

Diese Zahlen zeigen zunächst, daß Eiweißzufuhr und Zersetzung gleichen Schritt halten, ja daß sogar (in Nr. 7 und 8) bei sehr hoher Zufuhr noch ein geringer Teil Organeiweiß zersetzt ist. Bei kleinen Gaben von Fleisch hat der Körper Eiweiß und Fett verloren; der Verlust wird mit steigender Zufuhr geringer und erreicht bei 1500 g das Gleichgewicht; bei noch größeren Fleischgaben wächst wieder die Zersetzung von Eiweiß bis zum abermaligen Gleichgewicht, während Fett im Körper abgelagert wird. Aus obigen Zahlen ist weiterhin noch ersichtlich, daß der Sauerstoffverbrauch mit der Menge des verzehrten Fleisches wächst, daß also in den Körper nicht stets die gleiche Menge Sauerstoff eintritt, sondern daß sich der Körper den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff nach Bedarf aus der Luft herbeiholt.

¹ Ztschr. f. Biol. 1871. 7, 439.

Die vorstehend geschilderten Verhältnisse sind an Hunden studiert; über den Stoffverbrauch des Menschen bei ausschließlicher Eiweiß-(Fleisch-)nahrung liegt nur ein Versuch vor, der von J. Ranke¹ angestellt wurde; das Resultat war folgendes:

Einnahmen:		
in 1832 g Fleisch:	62.3 g N und	229.4 g C
in 70 g Fett:	—	50.7 g C
	62.3 g N und	280.1 g C
Ausgaben:		
in 2073 cem Harn:	40.9 g N und	18.0 g C
im Kot:	3.3 g N und	14.9 g C
in der Atmung:	—	231.2 g C
	44.2 g N und	264.1 g C
also im Körper verblieben:	18.1 g N und	16.0 g C

18.1 g N = 113.1 g Eiweiß = 582 g Fleisch wurden somit im Körper angesetzt. 113 g Eiweiß verlangen zu ihrer Bildung (neben 18 g N) 60.6 g C; da aber nur 16 g C zur Verfügung stehen, muß der Körper 44.6 g C = 58 g Fett hergegeben haben. Das Körpergewicht hatte nach Beendigung des Versuches 146 g abgenommen, so daß also außer Fett auch noch Wasser zu Verlust gegangen war.

Nach diesem Versuche würde der Mensch bei ausschließlicher Fleischkost an seinem stofflichen Bestande einen Verlust erleiden; allein es ist doch wohl wahrscheinlich, daß bei reichlicher Fleischkost der menschliche Körper nach einigen Tagen sich ebenso in das N- und C-Gleichgewicht setzen würde, wie das beim Hunde der Fall ist. Außerdem ist der Versuch Rankes nicht ganz einwandfrei, da derselbe an einem fettreichen Körper ausgeführt wurde, welcher nicht alles Fleisch zersetzte (nur 1200 g, entsprechend den im Harn ausgeschiedenen 40.9 g N). Je fettreicher der Körper ist, desto weniger Eiweiß wird zerstört; da die Zersetzungsfähigkeit der Zellen des Körpers durch die Zersetzung geringer Mengen Eiweiß nicht erschöpft ist und bei ausschließlicher Fleischkost anderweitig zersetzbare Stoffe nicht vorhanden sind, wird das am Körper befindliche Fett angegriffen (J. Munk²).

Es ist daher wohl kaum zweifelhaft, daß bei einem fettärmeren Menschen mehr oder alles Eiweiß zersetzt und der Körper bei ausschließlicher Fleischnahrung auf seinem stofflichen Bestande erhalten werden kann; allein der Verdauungsapparat des Menschen ist solcher Kost nicht angepaßt; er könnte die zu seiner völligen Ernährung nötigen Fleischmassen (täglich ca. 4 Pfund Fleisch) nicht bewältigen und würde sehr bald Widerwillen gegen diese Kost empfinden. Der Mensch bedarf einer gemischten Kost, welche neben Eiweiß noch Fett und Kohlehydrate enthält.

¹ J. Ranke, Die Ernährung d. Menschen 1876, 224; Munk u. Uffelman
l. c. 33. — ² Berl. klin. Wochenschr. 1885, Nr. 13.

3. Zufuhr von Pepton.

v. Voit ist der Ansicht, daß das dargereicherte Pepton im Körper vollständig zerstört wird und kein Ansatz von Eiweiß daraus erfolgt, daß es aber durch seine Zerstörung den Zerfall des Eiweißes in den Zellen und Geweben fast ganz oder ganz aufheben kann und daß dann nur so viel Eiweiß vom Organismus abgegeben wird, als in den abgestoßenen organisierten Gebilden enthalten ist.

Nach den neueren Untersuchungen von N. Zuntz¹, S. Pollitzer², V. Gerlach³ und E. Pfeiffer⁴ scheint es jedoch sicher, daß die Albumosen und Peptone Stickstoffansatz bewirken und deshalb, wenigstens auf kurze Zeit — die Versuche erstreckten sich auf 10—15 Tage — in jeder Beziehung die gewöhnliche Eiweißnahrung vertreten können. Ob dieses auf die Dauer möglich ist, darf man wohl mit Recht bezweifeln, weil sich sehr bald Widerwille und Reizungserscheinungen des Darmes bei den Versuchstieren geltend machten. Immerhin dürften die leicht resorbierten Peptonpräparate neben anderen Stoffen als Nahrung für Kranke von nicht zu unterschätzendem Nutzen sein.

4. Zufuhr von Leim und leimgebenden Geweben.

Die Rolle, welche der Leim und die leimgebenden Gewebe beim Stoffumsatz spielen, ist folgende: Der N des Leims wird selbst bei den größten Gaben vollständig wieder ausgeschieden, es erscheint sogar in den Exkreten etwas mehr N, als im Leim enthalten war. Der Leim schützt sonach die Eiweißstoffe (das zirkulierende Eiweiß) vor Zerfall, vermag jedoch nicht den Körper völlig vor Eiweißverlust zu bewahren oder gar Organeiweiß zum Ansatz zu bringen; er wirkt eiweißersparend; zur Erhaltung des Eiweißbestandes muß der Nahrung immer etwas Eiweiß zugefügt werden.⁵ Die leimgebenden Gewebe wirken ebenfalls eiweißersparend, sind aber auch nicht imstande, den Eiweißverlust des Körpers ganz zu verhüten und das Eiweiß völlig zu ersetzen.⁶

Durch die Einwirkung des Leims wird nicht nur das Eiweiß, sondern auch das Fett vor Zersetzung geschützt.⁷

5. Stoffverbrauch bei alleiniger Zufuhr von Fett oder Kohlehydraten.

a) Zufuhr von Fett.

Im Hungerzustande verliert der Körper beständig Eiweiß und Fett (neben Wasser); wird nun einem hungernden Tiere ausschließlich Fett gegeben, so wird dadurch der Eiweißverlust des Körpers nicht aufgehoben; die Eiweißzerstörung geht ziemlich unverändert weiter; es tritt kaum eine Verminderung, bei größeren Fettgaben sogar eine kleine

¹ Pflügers Arch. 1885. 37, 313. — ² Das. 1885. 37, 301. — ³ Die Peptone in ihrer wissenschaftl. u. praktisch. Bedeutung. Hamburg u. Leipzig 1891, 63. — ⁴ Berlin. klin. Wochenschr. 1885. 32, Nr. 30. — ⁵ Bischoff u. Voit, Gesetze der Ernährung des Fleischfressers, 1860, 215; Ztschr. f. Biologie 1872. 8, 297. — ⁶ Etzinger, Ztschr. f. Biol. 1874. 10, 97; Voit, Ztschr. f. Biol. 1874. 10, 212. — ⁷ Pettenkofer u. Voit, Ztschr. f. Biol. 1872. 8, 371.

Vermehrung des Eiweißzerfalles ein. Durch die Fettzufuhr wird auch der Verbrauch des Fettes nicht beeinflusst, doch tritt für den Fettverlust des Körpers das zugeführte, vom Darm resorbierte Fett ein; wird reichlich Fett gegeben, so wird die Fettabgabe vom Körper verhütet; wird mehr Fett gegeben als verbraucht wird, so kann sogar Fettansatz erfolgen, so daß bei ausschließlicher Fütterung mit Fett Ansatz von Fett neben Fleischverlust auftreten kann. Auffallend ist dabei, daß bei Aufnahme von überschüssigem Fett sowohl der Eiweiß- wie auch der Fettverbrauch gesteigert wird.¹

b) Zufuhr von Kohlehydraten.

Auch durch ausschließliche Zufuhr von Kohlehydraten kann ein Eiweißverlust des Körpers nicht verhindert werden. Zwar wird etwas weniger Eiweiß zersetzt wie beim Hunger, aber der Zerfall desselben hört selbst bei den größten Gaben von Kohlehydraten nie ganz auf. Die Fettabgabe wird jedoch allmählich geringer, bis zuletzt bei einer gewissen Menge von Kohlehydraten kein Fett mehr vom Körper abgegeben wird; bei sehr reichlicher Darreichung von Kohlehydraten kann, ebenso wie bei reichlicher ausschließlicher Fettzufuhr, sogar ein geringer Fettansatz sich einstellen.²

Die von J. Ranke³ beim Menschen angestellten Versuche, ergaben dasselbe Resultat, wie die Tierversuche.

6. Zufuhr von Eiweiß und Fett.⁴ a) Eiweißumsatz.

Es ist bereits früher gesagt, daß bei ausschließlicher Zufuhr von Eiweiß die Eiweißzersetzung in einem fettreichen Körper eine geringere sei als in einem fettarmen. Ebenso wie das Körperfett wirkt das Nahrungsfett; dieses wie jenes vermindert die Eiweißabgabe vom Körper, wirkt also eiweißersparend und ermöglicht einen Eiweißansatz. Die Ersparnis im Eiweißumsatz durch Zugabe von Fett beträgt nach Voits Berechnung im Mittel 7%, sie kann jedoch bis zu 15% gesteigert werden.

Folgende Versuchsreihe von Voit mag zur Erläuterung dienen:

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Fett	zersetzt	am Körper
1500	—	1512	— 12
1500	150	1474	+ 26
500	—	556	— 56
500	100	520	— 20
500	—	522	— 22
500	300	456	+ 44

¹ Voit, Ztschr. f. Biologie 1869. 5, 329; Pettenkofer u. Voit, ebenda, 383.

— ² Voit, Ztschr. f. Biol. 1869. 5, 431; Pettenkofer u. Voit, ebenda, 435. — ³ J. Ranke, Die Ernährung des Menschen, München 1876, 220. — ⁴ Bischoff u. Voit, Die Gesetze d. Ernährung des Fleischfressers, 1860, 97; Voit, Ztschr. f. Biologie 1869. 5, 329; Pettenkofer u. Voit, das. 9, 1.

Bei ausschließlicher Fleisch-(Eiweiß-)kost bedarf der Körper zur Erzielung des N-Gleichgewichtes sehr großer Mengen von Eiweiß; wird aber dem Fleisch Fett zugegeben, so tritt das N-Gleichgewicht schon bei einer viel geringeren Eiweißzufuhr ein, als bei alleinigem Genuß von Eiweiß. Hunde, welche zur Erhaltung ihres Eiweißbestandes 1000—1200 g Fleisch bedürfen, kommen auch in das N-Gleichgewicht, wenn ihnen nur die Hälfte Fleisch, daneben aber 100—120 g Fett gereicht wird.

M. Rubner¹ konstatierte das gleiche Verhältnis beim Menschen.

Durch mittlere Fettgaben bei mittleren bis großen Gaben Eiweiß läßt sich Eiweißansatz erzielen; bei gleicher Fettgabe wird durch mittlere Fleischgabe ein fast ebensogroßer Fleischansatz erzielt als durch die doppelte oder dreifache Menge Fleisch. Nachstehende Zahlen Voits lassen dies deutlich erkennen.

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Fett	Umsatz	Ansatz
450	250	344	106
1000	250	875	125
1500	250	1381	119

β) Fettumsatz. Über das Verhalten des Fettumsatzes bei Zufuhr von Eiweiß und Fett gibt uns folgende Versuchsreihe von Pettenkofer und Voit² Aufschluß.

Nr.	Nahrung		Änderungen am Körper			
			Fleisch		Fett	
	Fleisch	Fett	zersetzt	am Körper	zersetzt	am Körper
1.	400	200	450	— 50	159	+ 41
2.	500	100	491	+ 9	66	+ 34
3.	500	200	517	— 17	109	+ 91
4.	800	350	635	+ 165	136	+ 214
5.	1500	30	1457	+ 43	0	+ 32
6.	1500	60	1501	— 1	21	+ 39
7.	1500	100	1402	+ 98	9	+ 91
8.	1500	100	1451	+ 49	0	+ 109
9.	1500	150	1455	+ 45	14	+ 136

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß das aus der Nahrung stammende Fett in sehr großen Mengen umgesetzt werden kann und zwar umsomehr, je mehr zugeführt wird (Nr. 2 und 3); der größte Fleisch- und Fettansatz wird bei mittelgroßen Gaben von Fleisch und großen Fettgaben erzielt (Nr. 4). Die Versuche, in denen sehr große Fleischmengen (1500 g) neben wechselnden kleineren oder größeren

¹ Ztschr. f. Biologie 1879. 15, 122. — ² Ztschr. f. Biol. 1873. 9, 30.

Mengen Fett gegeben wurden (Nr. 5—9), zeigen, daß von dem Kohlenstoff der Nahrung nahezu so viel im Körper zurückbleibt, als im Fett aufgenommen wurde; es ist demnach wohl der Schluß gerechtfertigt, daß das Fett als solches im Körper abgelagert, dafür aber der Kohlenstoff des zersetzten Eiweißes ausgeschieden wird. Das Eiweiß bzw. der aus dem Eiweiß sich abspaltende, C-reiche Anteil, muß leichter im Körper zu Kohlensäure und Wasser zerfallen, als das Fett der Nahrung.

Ebenso wie das Fett wirken die Fettsäuren¹ und wahrscheinlich auch das Glyzerin auf den Eiweißzerfall.

7. Zufuhr von Eiweiß und Kohlehydraten.²

Die Kohlehydrate bewirken, wie der Leim und das Fett, eine Ersparnis im Eiweiß- und Fettverbrauch. Über den Eiweißumsatz bei gleichzeitiger Zufuhr von Kohlehydraten gibt uns folgende Versuchsreihe von Voit Aufklärung:

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Kohlehydrate	zersetzt	am Körper
500	—	546	— 46
500	250	475	+ 25
1500	—	1599	— 99
1500	200	1454	+ 46
2000	—	1991	+ 9
2000	250	1792	+ 208

Demnach ist bei Zufuhr von Kohlehydraten eine bedeutend geringere, ja eine an sich ungentügende Fleischmenge imstande, den Körper auf seinem Eiweißbestande zu erhalten; es ist sogar ein Fleischansatz ermöglicht. Eine ausreichende Menge Eiweiß (2000 g) mit gleichzeitiger Gabe von Kohlehydraten kann einen sehr beträchtlichen Fleischansatz zur Folge haben. Gibt man mittlere Eiweißmengen und viel Kohlehydrate, so währt der Fleischansatz längere Zeit fort. Die Ersparung von Eiweiß durch Kohlehydrate beträgt im Mittel 9%.

Jede Vermehrung der Kohlehydrate bei gleicher Eiweißzufuhr hat eine Herabsetzung der Eiweißzersetzung zur Folge. (Steigende Fettgaben bei gleicher Eiweißzufuhr vermindern die Eiweißzersetzung nicht konstant, können dieselbe sogar erhöhen.)

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Kohlehydrate	zersetzt	am Körper
500	100	537	— 37
500	200	505	— 5
500	300	466	+ 34

¹ J. Munk, Verh. d. phys. Ges. zu Berlin 1879, 94; Arch. f. pathol. Anat. 1880, 10. — ² Voit, Ztschr. f. Biologie 1869, 5, 431; Pettenkofer u. Voit, das., 1873, 9, 435.

Die eiweißersparende Kraft der Kohlehydrate ist größer als die der Fette:

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	N-freie Nahrung	zersetzt	am Körper
500	250 Fett	558	— 58
500	200 Kohlehydrate	505	— 5
500	300 „	466	+ 34
800	250 „	745	+ 55
800	200 Eett	773	+ 27
2000	250 Kohlehydrate	1792	+ 208
2000	250 Fett	1883	+ 117

Neben der Nahrungszufuhr ist auch der Körperzustand bestimmend für den Eiweißumsatz; ein eiweißreicher Körper bedarf größerer Mengen von Eiweiß und Kohlehydraten als ein eiweißarmer; der Eiweißumsatz ist abhängig von der Größe der vorausgegangenen Eiweißzufuhr (C. v. Voit¹).

Nahrung		Nahrung vorher		Fleischumsatz
Fleisch	Kohlehydrate	Fleisch	Kohlehydrate	
500	200	500	200	528
500	200	750	150	623
500	200	1500	0	712
700	150	1700	0	773
700	150	1930	0	1014

Inwieweit der Fettumsatz bei gleichzeitiger Zufuhr von Eiweiß und Kohlehydraten beeinflusst wird, zeigen folgende Versuche von Pettenkofer und Voit².

Nr.	Nahrung		Änderung am Körper		Ausgeschied. Kohlensäure
	Fleisch	Kohlehydrate	Fleisch	Fett	
1. {	400	227	+ 7	— 25	538
	400	344	— 13	+ 39	578
2. {	500	167	— 68	+ 20	416
	500	182	— 37	+ 16	444
3.	800	379	+ 192	+ 55	664
4.	1500	172	+ 25	+ 43	679
5.	1800	379	+ 331	+ 112	841

Die Kohlehydrate vermindern demnach nicht nur die Eiweißzer-

¹ Phys. d. allg. Stoffwechsels, 141. — ² Pettenkofer u. Voit, Ztschr. f. Biologie 1873. 9, 505.

setzung, sondern auch die Fettzersetzung; sie können den Fettverlust vom Körper verhüten und sogar Fettansatz bewirken.

In Bezug auf die Mengenverhältnisse, in denen sich die gleichwirkenden Fette und Kohlehydrate vertreten, war man zu verschiedenen Zeiten verschiedener Ansicht. J. v. Liebig war der Ansicht, daß die Kohlehydrate und Fette sich in den Mengen ersetzen, in denen sie Sauerstoff gebrauchen, um zu Kohlensäure und Wasser oxydiert zu werden; nach ihm waren 100 T. Fett gleichwertig mit 240 T. Kohlehydraten. Pettenkofer und Voit¹ leiteten später aus ihren Versuchen ab, daß 100 T. Fett äquivalent seien 175 T. Kohlehydrate. Die neueren Untersuchungen von M. Rubner², ferner von Th. Pfeiffer und F. Lehmann³ haben jedoch die Richtigkeit der Liebigschen Anschauung dargetan. Fett und Kohlehydrate vertreten sich in dem Verhältnis, wie sie bei der Oxydation Wärme liefern; 100 T. Fett sind in Bezug auf die Verhütung des Fettverlustes bezw. die Erzielung von Fettansatz gleichwertig mit 240 T. Kohlehydraten.

8. Zufuhr von Wasser.

Eine reichliche Aufnahme von Wasser bringt unter sonst gleichen Verhältnissen in der Mehrzahl der Fälle eine größere N- oder Harnstoffausscheidung hervor. Voit⁴ teilt folgenden Versuch mit, den er mit einem Hunde ausführte, nachdem das Tier durch bestimmte Eiweißnahrung in Stickstoffgleichgewicht gebracht war

Einnahme		Harnmenge	Harnstoff
Fleisch	Wasser		
200	0	256	28.3
0	0	177	16.7
230	0	250	28.0
0	1957	742	21.3

Die Harnstoffmenge ist hier um $4.6 \text{ g} = \text{ca. } 25\%$ gestiegen. J. Forster⁵ spritzte einem Hungerhunde am 8. Tage nach Eintritt gleichmäßiger Stickstoffausscheidung 3 Liter Wasser in den Magen; er erhielt folgende Zahlen:

	Harnmenge	Harnstoff
3. Tag	260	17.2
4. "	226	15.1
5. "	198	12.8
6. "	177	12.6
7. "	171	12.1
8. "	2010	22.9
9. "	385	14.9
10. "	343	18.6
11. "	255	18.4

¹ Ztschr. f. Biol. 1873. 9, 534. — ² Ztschr. f. Biol. 1883. 19, 312. — ³ Journ. f. Landw. 1886. 34, 379. — ⁴ Voit, Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes etc. 1860, 61. — ⁵ Ztschr. f. Biologie 1878. 14, 175.

Es stieg also die Harnmenge von 171 ccm auf 2010 ccm, die Harnstoffmenge von 12.1 g auf 22.9 g.

Eine stärkere Wasseraufnahme steigert die N-(Harnstoff-)Ausscheidung nur dann, wenn sie die Harnmenge vermehrt, nicht wenn sie zum Ersatz von Wasserverlust durch starke Anstrengung oder hohe Temperatur der Luft (Schweiß) dient.

Die vermehrte Harnstoffabscheidung nach Aufnahme größerer Wassermengen läßt sich auf zweierlei Art deuten. Einmal kann sie von beschleunigter Wegführung vorhandenen Harnstoffs herrühren; sie kann aber auch durch verstärkten Eiweißzerfall bedingt sein. Erstere Ansicht ist von F. Bidder und C. Schmidt¹, von H. Oppenheim² und Jacques Mayer³ vertreten; ist diese Ansicht richtig, so muß, wenn die Wasserzufuhr aufhört und die Harnmenge wieder normal geworden ist, auch die Harnstoffausscheidung wieder auf ihren normalen Stand zurückgehen. Hat aber die durch fortgesetzte Wasserzufuhr bewirkte Vermehrung der Harnmenge auch eine andauernde Harnstoffsteigerung zur Folge, oder zeigt sich nach einmaliger größerer Wasseraufnahme noch längere Zeit eine vermehrte Harnstoffabscheidung (siehe Forsters Versuch), so ist wohl anzunehmen, daß diese Steigerung von vermehrtem Eiweißkonsum herrührt. Voit⁴ hält letztere Ansicht für erwiesen, bestreitet jedoch nicht, daß auch etwa gleichzeitig in geringem Grade eine Ausspülung von Harnstoff stattfindet.

Vergl. R. O. Neumann, Der Einfluß größerer Wassermengen auf die Stickstoffausscheidung beim Menschen. Arch. Hyg. 1899. 36, 248.

Über die Wirkung reichlicher Zuführung von Wasser auf den Fettverbrauch ist nichts Sicheres bekannt.

9. Zufuhr einiger Salze.

Die Wirkung einer Zugabe von Kochsalz auf den Stoffumsatz hat Voit⁵ in einer 49tägigen Fütterungsreihe mit 1500 g Fleisch bei Zusatz von 0—20 g Kochsalz studiert. Derselbe erhielt folgende Werte:

Kochsalz	Harnstoff
0	107.4
5	109.5
10	110.9
20	112.8

Mit der Kochsalzmenge steigt also die Menge des Harnstoffs, wenn gleich nicht sehr beträchtlich (— 5%).

A. Dehn⁶ hat nach Aufnahme von 2 g Chlorkalium an sich selbst ebenfalls eine Harnstoffvermehrung von 4 g nachgewiesen. Auch Weiske⁷

¹ F. Bidder u. C. Schmidt, Die Verdauungssäfte u. d. Stoffwechsel 1852, 312. 343. — ² Arch. f. d. ges. Physiol. 1880. 22, 49. — ³ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880, Nr. 15. — ⁴ Voit, Physiol. d. allgem. Stoffwechsels, 156. — ⁵ Voit, Unters. üb. d. Einfluß d. Kochsalzes etc. 1860, 29—66. — ⁶ Arch. f. d. ges. Physiol. 1876. 13, 367. — ⁷ Journ. f. Landw. 1874, 370.

konstatierte an Hammeln bei wachsender Salzzufuhr eine gesteigerte Stickstoffausscheidung im Harn.

Weil ein größerer Kochsalzgenuß das Bedürfnis nach größerer Wasseraufnahme nach sich zieht, so könnte es zweifelhaft erscheinen, ob die Steigerung der Harnstoffabscheidung eine Folge der vermehrten Harnabgabe (Diurese), oder die direkte Wirkung des genossenen Salzes als solches ist. Voit hat indessen nachgewiesen, daß schon bei alleiniger Einführung von Kochsalz, ohne Wasseraufnahme, fast ebensoviel Harn abgeschieden wird, wie bei Zufuhr von Wasser; der verstärkte Wasserstrom kann daher eine bessere Auslaugung des Harnstoffs bewirken. Andererseits muß aber aus dem 49 Tage lang fortgeführten Versuch Voits, bei welchem andauernd mehr Harnstoff ausgeschieden wurde, wohl geschlossen werden, daß die Salzzufuhr auch eine Steigerung des Eiweißumsatzes nach sich zieht.

Nach Pugliese und Coggi¹ soll Kochsalz in genügend großen Mengen die Stickstoffausscheidung herabsetzen. Siehe auch W. Straub, Ztschr. f. Biol. 1899, 37, 527.

Ob Kochsalzgaben auf den Fettumsatz einwirken, ist nicht bekannt. Ähnlich wie das Kochsalz wirken: Glaubersalz (Voit²), Salmiak (Rabuteau³, L. Feder⁴, W. v. Knieriem⁵, E. Salkowski⁶, J. Munk⁷, A. Adamkiewicz⁸), Salpeter, essigsäures und phosphorsaures Natron (Salkowski⁹), Borax (M. Gruber¹⁰), Benzoesäure (E. Salkowski¹¹), Salicylsäure und deren Salze (Wolfsohn, C. Virchow¹²).

Sämtliche vorgenannte Substanzen bewirken eine mehr oder weniger große Steigerung der Eiweißzersetzung.

10. Einfluß des Alkohols und einiger Alkaloide.

Nach den Beobachtungen von A. P. Fokker¹³ und J. Munk¹⁴, welche mit Hunden im N-Gleichgewichtszustande arbeiteten, vermindern kleine und mittlere Gaben von Alkohol den Eiweißzerfall um 6—7⁰/₀; größere Dosen jedoch, welche Betäubung hervorrufen, steigern die Eiweißzersetzung um 4—10⁰/₀.

Nach Boeck und Bauer¹⁵ bewirken kleinere Dosen bei Hunden eine Verminderung des Sauerstoffverbrauches um 18⁰/₀ und der Kohlensäureabgabe um 20⁰/₀; größere Dosen, die jedoch noch nicht betäubend

¹ Malys Jahresber. f. Tierchemie 1896. 26, 729. — ² Ztschr. f. Biologie 1865. 1, 195. — ³ Union médicale 1871, 325. — ⁴ Sitzungsber. d. bayr. Akad. math. phys. G. 1876; Ztschr. f. Biol. 1877. 13, 256 u. 1878. 14, 161. — ⁵ Ztschr. f. Biol. 1874. 10, 269; 1877. 13, 36. — ⁶ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875, 913; Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. 1, 47. — ⁷ Ztschr. physiol. Chem. 1878. 2, 45. — ⁸ Arch. f. pathol. Anatomie 1879. — ⁹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. 1, 46; 1878. 2, 395; Archiv f. pathol. Anatomie 1877, 500. — ¹⁰ Ztschr. f. Biologie 1880. 16, 198. — ¹¹ Ztschr. f. physiol. Chem. 1, 45. — ¹² Wolfsohn, Inaug.-Diss. Königsberg 1876; Ztschr. f. physiol. Chem. 6, 78. — ¹³ Nederlandsch. Tijdschrift voor Geneeskunde 1871, 125. — ¹⁴ Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1878/79, Nr. 6. — ¹⁵ Ztschr. f. Biologie. 1874. 10, 361.

waren, hatten eine Steigerung beider Werte um 12—34% zur Folge. Auch G. Bodländer¹ beobachtete eine Herabsetzung des Sauerstoffverbrauches und Abnahme der CO₂-Ausscheidung, Geppert² dagegen konnte keine nennenswerte Änderung der Sauerstoffaufnahme und CO₂-Ausscheidung beobachten. Füh³ konstatierte eine ziemlich beträchtliche Abnahme beider. E. A. Parkes und Wollawicz⁴ sahen beim Menschen bei kleinen Gaben eine appetitanregende Wirkung, bei größeren eine den Appetit vermindernde; einen Einfluß auf den Eiweißumsatz konnten sie nicht nachweisen. Obernier⁵ beobachtete nach kleiner Alkoholgabe eine Verminderung der Harnstoffausscheidung.

Die Wirkung des Alkohols scheint demnach wenig sicher festgestellt.

Siehe noch: R. O. Neumann, Die Bedeutung des Alkohols als Nahrungsmittel. Arch. Hyg. 1899. 36, 1. Rud. Rosemann, Über die angebliche eiweißsparende Wirkung des Alkohols. Pflügers Arch. 1899. 77, 405.

Über die Wirkung des Koffeins, des wirksamen Prinzips des Kaffees und des Tees, hat Voit⁶ mitgeteilt, daß in keinem Falle eine irgendwie in Betracht kommende Änderung des Eiweißverbrauches konstatiert werden konnte; es trat eher eine geringe Vermehrung, als eine Verminderung des Verbrauches ein. Voit leitet diese Vermehrung von dem Stickstoffgehalt des Kaffees her.

E. Roux⁷ und A. Dehn⁸ haben bei Versuchen am Menschen eine geringere Steigerung der Harnstoffausscheidung beobachtet; Rabuteau⁹ dagegen will eine Verminderung der Harnstoffabgabe gesehen haben.

Ohne Zweifel bringen Kaffee und Tee im Organismus eine Änderung hervor, die das Nervensystem anregt, ohne daß sie den Stoffverbrauch wesentlich alterieren.

11. Einfluß der Muskeltätigkeit. Arbeit und Ruhe. Quelle der Muskelkraft.

Die Erfahrungen des täglichen Lebens zeigen, daß jede Muskelanstrengung einen größeren Stoffverbrauch im Körper nach sich zieht; der experimentelle Beweis für diese Tatsache wurde zuerst von A. L. Lavoisier und Seguin¹⁰, später von K. Vierordt¹¹ und von Scharling¹² geliefert. Die beiden erstgenannten Forscher haben nachgewiesen, daß beim arbeitenden Menschen eine vermehrte Sauerstoffaufnahme statt-

¹ Ztschr. klin. Med. 11, 548. — ² Arch. f. experim. Pathologie 22, 367. — ³ Füh, Einfl. d. Weingeistes auf die Sauerstoffaufnahme, Diss. 1885. — ⁴ Proceedings of the Roy. Society 18, 362 u. 19, 73. — ⁵ Arch. f. d. ges. Physiol. 1869. 2, 508. — ⁶ Voit, Unters. üb. d. Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees etc. München 1860, 67. — ⁷ Compt. rend. 1873. 77, 365. — ⁸ Dehn, Üb. d. Ausscheidung der Kalisalze, Inaug.-Diss. Rostock 1876; Arch. f. ges. Physiol. 1876. 13, 367. — ⁹ Compt. rend. 1870. 71, 426 u. 732; 1873. 77, 489. — ¹⁰ Mém. de l'Acad. des sciences 1789, 185; Oeuvres de Lavoisier 2, 688; Report of the British assoc. 1871, 189; vergl. Voit l. c. 187. — ¹¹ Vierordt, Physiol. d. Atmens 1845; Arch. f. physiol. Heilkunde 3, 536; Wagners Handwörterbuch d. Physiol. 1844. 2, 828. — ¹² Ann. d. Chem. u. Pharm. 1843, 45, 214; Journ. f. prakt. Chem. 48, 435.

findet; die letzteren haben auch eine vermehrte Kohlensäureabgabe konstatieren können. Welche Stoffe der Umsetzung unterliegen, war bis dahin nicht erforscht. J. v. Liebig stellte nun 1842 den Satz auf, daß allein die Zersetzung des Muskeleiweiß die Quelle der Muskelkraft bilde. Man dachte sich, daß bei der Tätigkeit der Muskeln ihre eigene Substanz, welche aus eiweißartigem Stoffe besteht, dem Zerfall unterliege.

J. R. Mayer trat 1845 schon dieser Ansicht gegenüber und sagte: Die Muskeln bilden nicht das Material, durch dessen Umsetzung (in Harnstoff) Kraft erzeugt wird, sondern nur den Apparat, in welchem die Umwandlung der Kraft vor sich geht. Im Jahre 1860 jedoch zeigte Voit¹, daß entgegen der bisherigen Anschauung — nach welcher bei stärkerer Arbeitsleistung ein größerer Eiweißumsatz und damit eine vermehrte Harnstoffausscheidung zu erwarten stünde — die Eiweißzersetzung auch bei sehr angestrenzter Tätigkeit nicht die erwartete Steigerung erfährt.

Voit ließ einen jungen, nicht fetten Hund in einer Tretmühle laufen und bestimmte sowohl während des Hungerns, als auch nachdem das Tier in das N-Gleichgewicht gebracht war, die Harnstoffausscheidung; es ergab sich:

Nahrung		Harn- menge	Harnstoff	Fleisch- umsatz		
Fleisch	Wasser					
I.	0	258	186	14.3	196	ohne Laufen
	0	872	518	16.6	227	mit Laufen
II.	0	123	145	11.9	164	ohne Laufen
	0	527	186	12.3	167	mit Laufen
	0	125	143	10.9	149	ohne Laufen
III.	1500	182	1060	109.8	1522	ohne Laufen
	1500	657	1330	117.2	1625	mit Laufen
	1500	140	1081	109.9	1526	ohne Laufen
IV.	1500	412	1164	114.1	1583	mit Laufen
	1500	63	1040	110.6	1535	ohne Laufen

Ein zweiter Versuch mit einem älteren, fetteren hungernden Hunde und unter starker Anstrengung (8stündiges Laufen) ergab noch auffallendere Zahlen:

Tag	Wasser auf	Harnstoff	
1.	320	11.6	Ruhe
2.	367	11.6	"
3.	1000	11.2	Laufen
4.	500	12.5	Ruhe
5.	490	11.8	"

¹ Voit, Unters. üb. d. Einfl. d. Kochsalzes etc.; Ztschr. f. Biolog. 1866. 2, 339.

Später von Pettenkofer und Voit¹ gemeinsam angestellte Versuche am Menschen, bei Ruhe wie bei angestrenzter Arbeit, bei Hunger wie im N-Gleichgewicht ergaben ebenfalls, daß die Eiweißzersetzung durch die Arbeit nur wenig gesteigert wurde; keinesfalls konnte die Steigerung durch die Muskelarbeit bedingt sein.

Die Muskeltätigkeit und die Größe des Eiweißverbrauches stehen demnach nicht in Beziehung zueinander.

Die Versuche von Voit fanden Bestätigung durch die Erfahrungen anderer Autoren. Interessant ist eine Beobachtung von A. Fick und J. Wislicenus², welche im Eiweißhungerzustande das Faulhorn bestiegen und dabei die Größe der Eiweißzersetzung bestimmten. Beide Forscher hatten in den der Besteigung vorhergehenden 17 Stunden nur stickstofffreie Nahrung genossen; sie sammelten den während des 6stündigen Aufstieges gelassenen Harn, vereinigten ihn mit dem in den nächsten 6 Stunden ausgeschiedenen und bestimmten die N-Menge des Harnes. Die aus dem Stickstoff berechnete Menge des umgesetzten Eiweißes ergab ca. 37 g. Diese 37 g Eiweiß liefern 250 Kalorien, ungefähr 106 000 kg-m Arbeit entsprechend. Die tatsächliche Arbeitsleistung beider Herren muß auf ca. 368 000 kg-m veranschlagt werden. Es kann also die Verbrennung von Eiweißstoffen nicht die ausschließliche Kraftquelle des Muskels gewesen sein, da mehr als dreimal soviel Arbeit geleistet wurde, als das aus der Eiweißverbrennung berechnete Äquivalent der Wärmemenge beträgt.

J. Forster³ fand, daß der Eiweißzerfall bei einem durch Curare-Vergiftung bewegungsunfähig gemachten Tiere ein nicht geringerer war, als bei einem sich frei bewegenden, nicht vergifteten.

Eine geringe Vermehrung des Eiweißumsatzes bei gesteigerter Arbeit dagegen konnte H. Oppenheim⁴ dann beobachten, wenn Atembeschwerden eintraten, z. B. bei schnellem Bergsteigen etc.; die gleiche Steigerung des Eiweißzerfalles tritt nach A. Fränkel⁵ bei Einatmung von Kohlenoxyd, allgemein bei jeder verminderten Sauerstoffzufuhr ein.

Wie bereits angeführt wurde, hatten Vierordt und Scharling bei der Muskeltätigkeit eine vermehrte Kohlensäureausscheidung beobachtet; da dieselbe nach den jetzigen Erfahrungen nicht in einer größeren Eiweißzersetzung ihren Grund haben kann, muß nunmehr angenommen werden, daß sie eine Folge vermehrter Zerstörung N-freier Substanzen ist.

Pettenkofer und Voit⁶ haben durch zahlreiche Versuche nachgewiesen, daß, während der Eiweißzerfall bei der Arbeit keine wesentliche Steigerung erfährt, der Gaswechsel infolge der Muskeltätigkeit

¹ Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 459. — ² Vierteljahrsschr. d. Zürich. naturf. Ges. 1865. 10, 317. — ³ Ztschr. f. Biologie 1878. 14, 146. — ⁴ Pflügers Arch. 1880. 23, 446. — ⁵ Virchows Arch. 1876. 67, 273 u. 1879. 70, 117. — ⁶ Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 538.

bedeutend zunahm. Sie fanden bei einem 70 kg schweren Manne in der Ruhe, wie bei 8—10stündiger Arbeit, bei Hunger wie bei gemischter Kost den täglichen Eiweiß- und Fettverbrauch wie folgt:

		Verbrauch an		Kohle- hydrate zersetzt	Kohlens. aus- geschied.	Sauerstoff auf- genomm.	Wasser ausge- haucht
		Eiweiß	Fett				
1. Hunger	Ruhe	78	215	—	716	761	889
	Arbeit	75	380	—	1187	1072	1777
2. Gemischte Kost	Ruhe	137	65	352	912	831	828
	Arbeit	137	173	352	1209	980	1412

In beiden Fällen ist der Fettverbrauch sowohl, wie die Wasserausscheidung bei der Arbeit eine beträchtlich größere als in der Ruhe.

Wenn daher der arbeitende Organismus auf seinem Bestande erhalten werden soll, so ist es nötig, ihm mehr Fett oder diesem gleichwertige Kohlehydrate zuzuführen, als dies bei einem ruhenden Organismus notwendig ist. Geschieht dies nicht, dann muß der Mehrverbrauch an Fett bei der Arbeit durch das Körperfett gedeckt werden. Der Körper wird fettärmer; mit der Fettverarmung steigt aber der Eiweißverbrauch, sodaß nun auch die N-Ausscheidung gesteigert erscheint.

So erklären sich auch die Versuche von F. W. Pavy¹ und Flint² an dem englischen Schnellläufer Weston, bei welchem die beiden Forscher nach tagelang fortgesetztem Laufen ein Ansteigen der Harnstoff-(N-)Ausscheidung beobachteten.

Auch die von O. Kellner und E. Wolff³ ausgeführten Versuche, bei welchen gleichmäßig gefütterte Pferde in den letzten Arbeitsperioden mehr Stickstoff ausschieden als im Anfange der Arbeit, sind von J. Forster⁴ in obigem Sinne (indirekter Einfluß der Arbeit auf den Eiweißverbrauch) gedeutet worden.

Die Muskularbeit erfolgt also vorherrschend und zunächst auf Kosten N-freier Substanzen; wenn diese nicht mehr zur Verfügung stehen, oder die Anstrengung bis zu eintretender Atemnot gesteigert wird, erst dann wird Eiweiß angegriffen.

Neuerdings glaubten wieder P. Argutinsky⁵ und E. Pflüger⁶ durch Versuche nachgewiesen zu haben, daß gerade umgekehrt die Eiweißstoffe in erster Linie die Quelle der Muskelkraft bilden.

J. Munk⁷ und J. Hirschfeld⁸ zeigten jedoch, daß die Versuche Argutinskys nicht mit den nötigen Kautelen gemacht wurden, indem die aufgenommene Nahrung im Verhältnis zur geleisteten Arbeit eine

¹ Lancet 1876 u. 1877. — ² Journ. of Anat. and Physiol. 1877, 91. — ³ Preuß. landw. Jahrb. 1880, 701. — ⁴ Deutsche Ztschr. f. Tiermedizin 1878, 3, 302. — ⁵ Pflügers Archiv 1889, 46, 552. — ⁶ Pflügers Archiv 1891, 50, 98. — ⁷ J. Munk, Über Muskularbeit und Eiweißzerfall; Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1890 Nr. 12. — ⁸ Virchows Archiv 1890, 111, 501.

ungenügende war, so daß tatsächlich neben Fett auch Muskelsubstanz zersetzt wurde, wie in den Versuchen von Kellner und Wolff.

Hirschfeld hat bei Versuchen an sich selbst auch durch die kräftigste Muskularbeit weder bei eiweißreicher, noch bei eiweißarmer Nahrung, wenn letztere nur an sich reichlich war, eine gesteigerte Stickstoffausscheidung herbeiführen können.

Wenngleich nun die Muskularbeit als solche mit der Eiweißzer-
setzung nicht im Zusammenhange steht, auch keine vermehrte Eiweiß-
zersetzung zur Folge hat, so ist doch eine erhöhte Eiweißgabe für den
arbeitenden Menschen nicht nur nicht überflüssig, sondern sogar notwendig.
Die Muskeln, welche ihrer Hauptmasse nach (abgesehen vom Wasser zu
21 %) aus Eiweiß bestehen, nehmen infolge der größeren Anstrengung
an Masse zu, es erfolgt Eiweißansatz, der Gesamtkörper wird eiweiß-
reicher. Damit nun dieser Zustand erhalten bleibe, damit die Muskulatur
ihre Leistungsfähigkeit nicht einbüße, ist eine reichlichere Eiweißzufuhr er-
forderlich. Das Eiweißbedürfnis eines angestrengt arbeitenden Menschen
ist ein größeres, als das eines weniger oder gar nicht arbeitenden
Individuums.

Der erhöhte Bedarf des Arbeiters an stickstofffreiem Nährmaterial
bedingt gesteigerte Anforderungen an den Darm, eine vermehrte Pro-
duktion der Verdauungssäfte und Verdauungsfermente; da letztere aber
als N-haltige Substanzen nur durch Zersetzung von Eiweiß erhalten
werden können, so ist auch aus diesem Grunde für den angestrengt
arbeitenden Menschen neben reichlicherer Zufuhr N-freier Nahrung eine
größere Zufuhr von N-haltigem Eiweiß nötig, als für ein untätiges In-
dividuum (Fr. Hofmann¹).

Geistige Tätigkeit übt auf den Stoffverbrauch nach Unter-
suchungen von C. Speck² keinen meßbaren Einfluß aus.

Während des Schlafes, dem Zustande größter Ruhe, ist die
Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe sehr herabgesetzt
(J. B. Boussingault, W. Henneberg, Scharling, Ed. Smith,
Liebermeister³). Nach Versuchen von Pettenkofer und Voit⁴ ist
der Eiweißzerfall während des Schlafes derselbe wie im wachen Zustande,
sobald der Einfluß der Nahrung aufgehoben ist; dagegen wird während
des Schlafes weniger Fett zersetzt, in Übereinstimmung mit der Tat-
sache, daß bei der Arbeit zwar nicht mehr Eiweiß, wohl aber mehr Fett
der Zerstörung anheimfällt.

12. Einfluß der Temperatur der umgebenden Luft.

Der Eiweißverbrauch wird weder durch Kälte noch durch
Wärme wesentlich geändert; eine Erniedrigung der Außen-
temperatur hat eine Zunahme der Kohlensäureausscheidung,

¹ Fr. Hofmann, D. Fleischnahrung, Leipzig 1880. — ² Arch. f. experim.
Pathol. Pharmacologie 1881, 81. — ³ Siehe Voit, Handb. d. Physiol. p. 204. —
⁴ Ztschr. f. Biologie 1866, 2, 545.

einen gesteigerten Fettverbrauch zur Folge. Es beweisen das die Versuche von Voit und Herzog Carl Theodor in Bayern¹, welche an einem 71 kg schweren Manne in der Ruhe und im Hunger zustande ausgeführt wurden.

Außen- temperatur	Ausgeschied. CO ₂	Ausgeschied. N im Harn
+ 4.4° C	210.7	4.2
6.5 "	206.0	4.1
9.0 "	192.0	4.2
14.5 "	155.1	3.8
16.3 "	158.0	4.0
23.7 "	164.8	3.4
24.2 "	166.5	3.3
26.7 "	160.0	4.0

Da bei dem möglichst ruhig dasitzenden Manne stärkere willkürliche Bewegungen als Ursache der vermehrten Kohlensäureausscheidung auszuschließen waren, da ferner auch der Einfluß einer veränderten Atemmechanik (in der Kälte sind die Atemzüge tiefer und häufiger) zu gering ist, um eine so beträchtlich gesteigerte Kohlensäureabgabe zu erklären, so muß man annehmen, daß die erhöhte Kohlensäureabscheidung die Folge einer Reflexwirkung ist, welche von den sensiblen Hautnerven ausgeht und von diesen auf weitere Organe des Körpers, besonders die Muskeln, sich fortpflanzt; in den Muskeln findet dann durch Reflex ein Einfluß auf die Zersetzung statt.

IX. Nahrung des Menschen.

Die allgemeinen Anforderungen, welche wir an die Kost des Menschen zu stellen haben, faßt v. Voit² in folgenden Sätzen zusammen:

1. Es muß jeder Nahrungsstoff in genügender Menge vorhanden sein.

Es genügt nicht, von dem einen oder dem anderen Nahrungsstoffe eine große Menge zu geben; denn bei reichlichster Zufuhr aller übrigen Nährstoffe würde der Körper dennoch aus Mangel an nur einem einzigen Stoffe z. B. Eiweiß oder Wasser gar bald Hungers sterben. Wieviel in jedem einzelnen Falle gegeben werden muß, hängt von verschiedenen Umständen ab. Ein kräftiger Arbeiter gebraucht mehr als ein schwacher, wenig tätiger Körper.

2. Die einzelnen Nahrungsstoffe müssen in richtigem Verhältnis gegeben werden. Damit dem Körper die richtige Nah-

¹ Ztschr. f. Biologie 1878. 14, 51. 57. — ² v. Voit l. c. 495.

nung zugeführt werde, muß von jedem der Nahrungsstoffe soviel verarbeitet werden, als zur Erhaltung der Stoffe des Körpers eben nötig ist, nicht zu viel und nicht zu wenig. Ein kräftiger Mensch scheidet bei mittlerer Arbeit täglich ungefähr 18.3 g N und 328 g C aus. Um diesen Verlust zu ersetzen, müßte derselbe von folgenden Nahrungsmitteln in Gramm genießen:

	für 18.3 g N		für 328 g C
Käse	272 g	Speck	450 g
Fettarmes Fleisch	538	Weizenmehl	824
Eier (18 Stück)	905	Erbsen	919
Schwarzbrot	1430	Schwarzbrot	1346
Reis	1868	Eier (43 Stück)	2231
Kartoffeln	4575	Kartoffeln	3124
Speck	4796	Milch	4652
Weißkohl	7625	Weißkohl	9318
Weißer Rüben	8714	Weißer Rüben	10650
Bier	17000	Bier	13160

Keines dieser Nahrungsmittel enthält demnach die Nährstoffe in der richtigen Zusammensetzung; wenn auch die Erhaltung des Körpers auf kurze Zeit mit fast jedem dieser Nahrungsmittel möglich ist, so wäre doch eine derartige Ernährung sehr irrationell, weil überall zu viel oder zu wenig von dem einen oder dem anderen Nahrungsstoff vorhanden ist. Man würde auf der einen Seite dem Organismus zu wenig bieten, auf der anderen Seite ihn ungeheuer überlasten. Es empfiehlt sich daher eine gemischte Kost und zwar, da die aus dem Tierreich stammenden Nahrungsmittel viel Eiweiß und Fett enthalten, die aus dem Pflanzenreich viel Kohlehydrate und wenig Eiweiß, eine aus animalischen und vegetabilischen Substanzen gemischte Nahrung. Durch eine gemischte Kost werden auch die Nachteile einseitiger, ausschließlicher Ernährung mit Vegetabilien (zu großes Volumen, schlechte Ausnutzung, Übermaß von Kohlehydraten) wie alleiniger Ernährung mit Fleisch (Verschwendung von Eiweiß, unzureichende Zufuhr von Fett und Kohlehydraten, Neigung zur Verstopfung) verhütet.

3. Die Nahrungsstoffe müssen aus dem Darmkanal in die Säfte aufgenommen werden können. Die eingenommenen Nahrungsstoffe müssen sich in einer Form befinden, in der sie vom Darm aus in genügender Menge in die Säfte übergehen können und zugleich dem Darm wie dem übrigen Körper zu ihrer Bewältigung nicht zu viel Last und Arbeit aufbürden oder anderweitige Schädlichkeiten bereiten. So bringt das zumeist große Volum der vegetabilischen Nahrung (Kartoffeln, Schwarzbrot etc.) für den Darm Beschwerden; die prozentische Ausnutzung der Nährstoffe im Darm ist bei einem mittleren Volumen eine bessere als bei größerem Volumen; anderseits ist auch wieder eine gewisse Füllung des Magens nötig, um das Gefühl der Sättigung zu erzeugen.

Manche vegetabilische Nahrungsmittel (Cerealien, Leguminosen) müssen zunächst von ihren für die Verdauungssäfte unzugänglichen Hüllen befreit und der Inhalt sodann in eine von den Säften angreifbare Form gebracht werden; durch den Einfluß des Wassers und höherer Temperatur müssen die Zellwände gesprengt und das an sich schwer verdauliche Stärkemehl zur Quellung gebracht werden.

Die meisten animalischen Nahrungsmittel werden zwar im gesunden Darm in rohem Zustande ebenso gut verdaut wie nach vorhergegangener Zubereitung etwa durch Kochen oder Braten; allein bei schwächlichen und kränklichen Personen ist auch bei der animalischen Kost eine vorherige Zubereitung, sei es durch Zerkleinern, durch Kochen, Braten etc. von größter Bedeutung.

4. Es müssen außer den Nahrungsmitteln noch Genußmittel gegeben werden. Auch dieser Punkt ist bereits angedeutet. Eine Kost, welche nur die für den Bestand des Körpers nötigen Nahrungsstoffe enthält, ist keine Nahrung, sondern ein geschmackloses Gericht, das uns widersteht, Erbrechen und Diarrhöen hervorruft; erst die Genußmittel, die Würzen, riechende und schmeckende Stoffe, wecken die Lust zum Essen und üben durch ihre Einwirkung auf die Nerven einen wohlthuenden Einfluß auf die Verdauungsvorgänge aus.

Die Kochkunst hat die wichtige Aufgabe, die Nahrungsstoffe so zu mischen, daß der Organismus sich dadurch auf die beste Weise stofflich erhält, die Materialien für die Verdauung vorzubereiten und die mannigfaltigen Genußmittel in richtiger Art und Folge zuzufügen, damit die Speisen mit Lust verzehrt und einen guten Ablauf der Vorgänge im Darm bewirken.