

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 Oxyprotsulfonsäure, 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 Oxyprotsulfon-

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 Ferrocyankali 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 Furfurol gebildet wird, welches letztere dann mit dem α -Naphthol oder Thymol die Färbung (Furfurolreaktion) 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 Ovarienzysten 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 Gärfähigkeit 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.

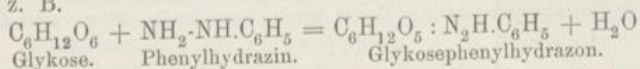
Reaktionen der Monosaccharide:

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

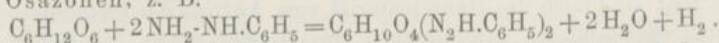
2. sie reduzieren beim Erwärmen in alkalischen Lösungen Metalloxyde (ammoniakalische Silberlösung, alkalische Kupferoxydlösung — Trommersche Probe, Fehlingsche Probe —);

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 vergärbare, 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.

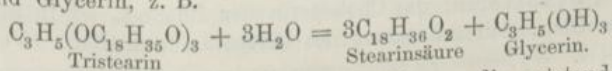
Gummi ist in vielen Pflanzen, teils in den Pflanzensäften gelöst, teils in eigenen Behältern abgesondert, enthalten. Tritt es aus den Pflanzen heraus, so erstarrt es zu einer durchsichtigen, amorphen Masse.

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.