

# Ernährung.

## I. Einleitung.

**Literatur:** O. Cohnheim: Chemie der Eiweißkörper, Braunschweig 1904. — O. Hammarsten: Lehrbuch der physiologischen Chemie, Wiesbaden 1904. — J. König: Chemie der menschl. Nahr- u. Genußmittel, Berlin 1903. — J. Munk u. J. Uffelmann: Ernährung des gesunden und kranken Menschen, Wien u. Leipzig 1887. — R. Neumeister: Lehrbuch der physiologischen Chemie, Jena 1897. — von Voit: Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels, in L. Hermanns Handb. d. Physiologie, 6. Band, 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 Verluste 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 auszuschleiden. Soll der Körper diesem steten Zerfalle 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 ver-

mindern oder zu verhüten. Als Nährstoffe sind also zu betrachten alle die verschiedenen im Pflanzen- wie im Tierkörper vorhandenen Eiweißstoffe, die Fette, die N-freien Extraktivstoffe oder Kohlehydrate, Wasser und mineralische Salze.

Die natürlichen Mischungen dieser einzelnen Nährstoffe (Fleisch, Eier . . .) nennt man „Nahrungsmittel“.<sup>1</sup> 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 wohlthuenden 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).

<sup>1</sup> Nahrungsmittel im Sinne des Nahrungsmittelgesetzes sind diejenigen Mittel, welche — sei es in fester oder flüssiger Gestalt — der Ernährung des menschlichen Körpers dienen, auch wenn zu ihrer Genießbarkeit eine vorherige Zubereitung erforderlich ist. Entsch. d. Reichsger. Bd. 4, S. 74.

## 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.<sup>1</sup>

*Kollmann, span. Journ. 1. 469, 2. f.*

Die Proteinstoffe (Eiweißstoffe im weiteren Sinne) sind kompliziert zusammengesetzte organische Verbindungen, welche bei der vollständigen Spaltung durch Säuren als Endprodukte Ammoniak, stickstoffhaltige organische Basen (Lysin, Hystidin, Arginin u. dergl.) und Amidosäuren (Leucin, Glutaminsäure, Tyrosin u. dergl.) geben (A. Wroblewski<sup>2</sup>). Sie 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 machen den Hauptbestandteil des tierischen und pflanzlichen Körpers aus. Gebildet werden dieselben nur im pflanzlichen Organismus und zwar aus einfachen, anorganischen stickstoffhaltigen Verbindungen, selbst aus dem freien Stickstoff der Luft unter Mitwirkung des Lichtes und der Bakterien; der tierische Organismus nimmt die ihm zum Aufbau seiner Organe und Gewebe nötigen Proteinstoffe nur fertig gebildet durch die Nahrung in sich auf. Alle Eiweißstoffe enthalten Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel.<sup>3</sup> 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

<sup>1</sup> Siehe besonders: N. Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper. — <sup>2</sup> Berl. Ber. 1897. 30, 3045. — <sup>3</sup> 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.

(1—2%) des Stickstoffs aus. (O. Nasse,<sup>1</sup> C. Paal,<sup>2</sup> H. Schiff,<sup>3</sup> O. Loew.<sup>4</sup>) 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.

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 (Alkalbuminat oder Acidalbumin [Syntonin]). Die Eiweißkörper haben durch diese Behandlung eine wesentliche Veränderung erfahren, welche Neumeister mit der Bezeichnung „Denaturierung“ belegt; Albuminat

<sup>1</sup> Pflügers Arch. 1872. **6**, 589; 1872. **7**, 139; 1874. **8**, 381. — <sup>2</sup> Berl. Ber. 1896. **29**, 1084. — <sup>3</sup> Berl. Ber. 1896. **29**, 1354. — <sup>4</sup> Chem. Ztg. 1896. **20**, 1000.

und Syntonin sind in neutralen Flüssigkeiten fast unlöslich, fallen daher beim Neutralisieren durch Säuren bezw. Laugen aus.

**Zersetzungsprodukte der Eiweißkörper.** Bei der trocknen Destillation liefern die Eiweißkörper unter Zurücklassung einer porösen, N-haltigen Kohle eine alkalisch reagierende, widerlich riechende Flüssigkeit, welche Ammoniumkarbonat, -acetat, -sulfid und -cyanid, Basen der Pyridin- und Anilinreihe, Kohlenwasserstoffe usw. enthält.

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 Paraoxyphenyl-

amidopropionsäure =  $C_6H_4 \begin{matrix} \text{OH} \\ \diagdown \\ \text{CH}_2 \end{matrix} \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , ferner Leucin oder

Amidocaprinsäure =  $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CH} \end{matrix} \text{CH}_2 - \text{CH} \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{COOH}$  und Asparagin-

säure oder Amidobernsteinsäure =  $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ . 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).<sup>1</sup> Auch beim Schmelzen von Eiweiß mit Ätzkali entweichen Ammoniak, Kohlensäure und andere flüchtige Produkte und es entstehen Schwefelwasserstoff, Methylmercaptan, Indol und Skatol (Geruch nach Kot), Leucin und Tyrosin und deren weitere Zersetzungsprodukte, wie flüchtige Fettsäuren, Phenole usw.

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 Tyro-leucin und Tyrosin) P. Schützenberger.<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup> 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. —  
<sup>2</sup> Ann. de chim. et de phys. 1875 (5). 16, 289; Bull. de la Soc. Chim. de Paris 1875. 23, 161.

Kochen jedoch mit Salzsäure unter Zusatz von etwas Zinnchlorür (nach H. Hlasiwetz und J. Habermann<sup>1</sup>) erhielt E. Drechsel<sup>2</sup> 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. Hedin<sup>3</sup> erklärte später das Lysatinin für ein Gemenge von Lysin und Arginin; er<sup>4</sup> erhielt beim Kochen mit Salzsäure und Zinnchlorür aus verschiedenen Eiweißkörpern die von E. Schulze und E. Steiger<sup>5</sup> aus entschälten und entfetteten Lupinen und Kürbiskeimlingen dargestellte Base Arginin und das von A. Kossel<sup>6</sup> aus Protaminen dargestellte Hystidin.

E. Drechsel<sup>7</sup> 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. Ellinger<sup>8</sup> die Muttersubstanz des Kadaverins. R. Cohn<sup>9</sup> glaubte unter den Spaltungsprodukten des Kaseins ein Pyridinderivat gefunden zu haben, stellte aber später<sup>10</sup> fest, daß es sich um ein Derivat des Piperazins handle, um ein Isomeres des nach H. Ritthausen<sup>11</sup> bei der Eiweißspaltung sich bildenden Leucinimids.

Der Hauptsache nach entstehen die obengenannten Zersetzungsprodukte auch bei der Fäulnis der Eiweißkörper, sowie bei der Trypsinverdauung.

F. Hofmeister<sup>12</sup> und A. Kossel<sup>13</sup> führen als teils durch Ferment-spaltung, teils durch Hydrolyse bis jetzt erhaltene Körper bzw. Kerne folgende an:

I. Körper der aliphatischen Reihe:

Guanidinrest  $\text{NH}_2-\text{C}(\text{NH})-\text{NH}$ .

Einbasische Monoaminosäuren:

Glykokoll oder Aminoessigsäure =  $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

Alanin oder Aminopropionsäure =  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

Aminobuttersäure =  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

Aminovaleriansäure =  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

Leucin oder Aminokapronsäure =  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ,

Serin oder Aminomilchsäure =  $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{CHOHCOOH}$ .

Zweibasische Monoaminosäuren:

Asparagin- oder Aminobernsteinsäure =  $\begin{array}{c} \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$ ,

Glutamin- oder Aminoglutarsäure =  $\begin{array}{c} \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$ .

<sup>1</sup> Ann. d. Chem. u. Pharm. 1873. 169, 150. — <sup>2</sup> Sitz.-Ber. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. v. 23./4. 1889; Berl. Ber. 1890. 23, 3096. — <sup>3</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1895. 21, 155. 297. — <sup>4</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1895. 20, 186; 1896. 21, 155. — <sup>5</sup> Das. 1887. 11, 43. — <sup>6</sup> A. Kossel u. F. Kutscher, Ztschr. physiol. Chem. 1899. 28, 382. — <sup>7</sup> Berl. Ber. 1892. 25, 2456 u. 3504. — <sup>8</sup> Berl. Ber. 1899. 32, 3542. — <sup>9</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1896. 22, 153. — <sup>10</sup> Das. 1900. 29, 283. — <sup>11</sup> Berl. Ber. 1896. 29, 2109. — <sup>12</sup> Naturw. Rundschau 1902. 17, 529. 545; Chem. Ctrbl. 1902. II, 1263. — <sup>13</sup> Berl. Ber. 1901. 34, 3214.

## Diaminosäuren:

Ornithin oder Diaminoveriersäure =  $C_4H_7(NH_2)_2.COOH$ ,Lysin od. Diaminokapronsäure =  $(CH_2)_2.CH.CH(NH_2).CH.NH_2.COOH$ ,Histidin =  $C_6H_9N_3O_2$ ,Arginin oder Guanidin-Aminoveriersäure =  $C_6H_{14}N_4O_2$ .

## Thioaminosäuren:

Cystein oder Thioaminomilchsäure =  $CH_2.NH_2.CHSH.COOH$ ,Cystin =  $NH_2.CH_2.CH.COOH$  $NH_2.CH_2.CH.COOH$ ,Glykosamin (stickstoffhaltiges Kohlehydrat) =  $CH_2OH.(CHOH)_3.CH_2.NH_2.CO$ .

## II. Körper der aromatischen Reihe:

Phenol, Kresol, Phenyllessigsäure, Phenylalanin, Tyrosin.

## III. Heterocyklische Körper:

Pyrrolreihe:  $\alpha$ -Pyrrolidinkarbonsäure.Indolreihe: Indol =  $C_8H_7$   $\begin{array}{c} \text{CH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH} \end{array}$  CH,Skatol, Methylindol =  $C_8H_7$   $\begin{array}{c} C(CH_3) \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH} \end{array}$  CH,Skatolkarbonsäure =  $C_8H_7$   $\begin{array}{c} C(CH_3) \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH} \end{array}$  C.COOH,Skatolessigsäure =  $C_8H_7$   $\begin{array}{c} C(CH_3) \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH} \end{array}$  C.CH<sub>2</sub>.COOH,Tryptophan =  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ .Pyridinreihe: Pyridin =  $C_5H_5N$ .

Die Anzahl der im Eiweißmolekül enthaltenen Kerne ist mit dieser Aufzählung nicht erschöpft; so entstehen z. B. bei der Spaltung der Nucleinsäuren Purinderivate (Adenin, Hypoxanthin usw.) sowie Verbindungen der Pyrimidingruppe; in den Nucleinstoffen finden sich Kohlehydratgruppen usw. Natürlich sind bei dem Aufbau eines Eiweißkörpers nicht alle diese Spaltungsprodukte beteiligt, die Verschiedenheit der Kerne, sowie deren Anordnung und Menge bestimmt die Verschiedenheit der Eiweißkörper. Siehe noch A. Kossel, Berl. Ber. 1901. 34, 3214.

Bei der Oxydation von Eiweißstoffen mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung entsteht nach R. Maly<sup>1</sup> Oxyprotosulfonsäure, kein Spaltungs-, sondern ein Oxydationsprodukt, in dem der leicht abspaltbare Schwefel in eine HSO<sub>3</sub>-Gruppe übergegangen ist; durch weitere Oxy-

<sup>1</sup> Monatsh. f. Chem. 1885. 6, 107; 1888. 9, 255; 1889, 10, 26.

dation geht diese Säure in Peroxyprottsäure über.<sup>1</sup> Die Oxyprottsulfonsäure 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.

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.<sup>2</sup>

**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.<sup>3</sup> 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 (2—5proz. Lösung) vollständig gefällt, z. B. die der Milch, nicht aber die des frischen Eiereiweiß (F. Obermayer).<sup>4</sup>

Über die Fällung der Eiweißstoffe durch Aussalzen sowie über Fällung durch Alkohol siehe S. 4.

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

<sup>1</sup> Vergl. St. Bondzynski und L. Zoja, Ztschr. physiol. Chem. 1894. 19, 225. — R. Bernert, das. 1898. 26, 272. — O. Cohnheim, Chem. d. Eiweißkörper, 124. — O. v. Fürth, Beitr. chem. Physiol. u. Pathol. 1905. 6, 296. — <sup>2</sup> Siehe O. Cohnheim, l. c. — <sup>3</sup> Auf dieser Eigenschaft beruht die Anwendung des Eiweiß (Hühnereiweiß, Milch) als Gegengift bei Metallvergiftungen. — <sup>4</sup> Wiener med. Jahrb. 1888, 375.



*Millons Reagens: Lösung von Quecksilbernitrat, die salpetrige Säure auffällt.  
Zersetzung: Kalilauge + salpetrige Säure-Lösung.*

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

Siehe auch: A. Lidof, Die Biuretreaktion. Journ. d. russ. physik. chem. Ges. 31, 571.

4. Die Reaktion von H. Molisch.<sup>2</sup> Gibt man zu einer Eiweißlösung einige Tropfen einer alkoholischen  $\alpha$ -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  $\alpha$ -Naphthol, so entsteht eine karmine rote Färbung, die beim Verdünnen grün wird.

Diese Reaktion geben nur solche Eiweißkörper, welche eine Kohlehydratgruppe enthalten (Mucine, Mucoide), aus der durch die Wirkung der konzentrierten Schwefelsäure Furfurol gebildet wird, welches letztere dann mit dem  $\alpha$ -Naphthol oder Thymol die Färbung (Furfurolreaktion) gibt. Vergl. L. v. Udransky, Ztschr. physiol. Chem. 1888. 12, 395. — Th. B. Osborne und J. F. Harris, Journ. Amer. Chem. Soc. 1903. 25, 474; Z. U. N. 1904. 7, 22.

<sup>1</sup> 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. — <sup>2</sup> Monatsh. f. Chem. 1888. 7, 198.

*Bildung aus  
Tryptophan in  
Glyoxalsäure*

5. Die Reaktion von A. Adamkiewicz:<sup>1</sup> Beim Lösen von möglichst entfettetem, trockenem Eiweiß in Eisessig und Zufügen des halben Volums konzentrierter Schwefelsäure färbt sich die Lösung so gleich oder beim Erhitzen violett.

*Glyoxalsäure*

6. Die Reaktion von L. Liebermann:<sup>2</sup> 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).<sup>3</sup>

*Tryptophan*

Nach C. Reichl<sup>4</sup> 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.

Nach F. G. Hopkins und Sydney W. Cole (Journ. of Physiol. 1901. 27, 418) ist die Reaktion nach Adamkiewicz auf eine Einwirkung von Tryptophan und Glyoxalsäure zurückzuführen, welche letztere aus dem Eisessig stammt und beim Stehen von Essigsäure an der Luft oder im Sonnenlichte, auch bei Gegenwart von Ferroverbindungen gebildet wird.

Auch die Liebermannsche Reaktion ist nach S. W. Cole (Journ. of Physiol. 1904. 30, 311) auf eine Zwischenwirkung von Glyoxalsäure, herrührend aus dem zum Auswaschen der Proteide angewandten Äther, und dem aus den Proteiden durch Salzsäure abgespaltenen Tryptophan zurückzuführen. Ebenso sind die Reichlsche und die Furfurol-Reaktion durch die Anwesenheit von Tryptophan bedingt.

**Einteilung der Eiweißstoffe.** R. Neumeister<sup>5</sup> unterscheidet

- die eigentlichen Eiweißkörper,
- Proteide (Verbindungen der Eiweißkörper mit anderen, meist kompliziert zusammengesetzten Stoffen),
- Albuminoide (eiweißähnliche Substanzen).

A. Die eigentlichen Eiweißkörper gruppiert R. Neumeister folgendermaßen:

*I.*

I. Native oder genuine Eiweißkörper, d. h. solche, die in pflanzlichen oder tierischen Säften oder Geweben vorgebildet sind und aus diesen unverändert (mit Kochsalz, Magnesium-, Ammonium-, Zinksulfat) gefällt werden können.

<sup>1</sup> Berl. Ber. 1875. 8, 161; Pflügers Arch. 1874. 9, 157. — <sup>2</sup> Chem. Ctrbl. 1887, 600. — <sup>3</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1897. 24, 159. — <sup>4</sup> Monatsh. f. Chem. 1889. 10, 317; 1890. 11, 155. — <sup>5</sup> 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.

1. Albumine: Serumalbumin, Eieralbumin, Laktalbumin, Pflanzenalbumin, *Muskelalbumin*.
2. Globuline: Fibrinogen (Metaglobulin), Serunglobulin (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 kaltem Wasser — auch in salzfreiem — löslich, werden durch Kochsalz oder Magnesiumsulfat nicht ausgesalzt, vollkommen jedoch durch Ammonsulfat. Aus der wäßrigen, schwach sauren, nicht aus alkalischer, unvollständig aus neutraler Lösung koagulieren die Albumine bei Erwärmen auf 70° C. — Die Albumine enthalten von allen Eiweißkörpern den meisten Schwefel (1.6—2.2 %).

Die Globuline sind in reinem Wasser unlöslich, lösen sich aber in verdünnten, neutralen Salzlösungen, aus denen sie durch Verdünnen mit Wasser, durch Ansäuern, auch schon durch anhaltendes Einleiten von Kohlensäure gefällt werden; sie werden durch Kochsalz unvollständig, durch Magnesiumsulfat bei 30° und durch Ammonsulfat vollständig aus neutralen Flüssigkeiten ausgesalzen. I

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. Radtkofer, Über Kristalle proteinhaltiger Körper pflanzlichen und tierischen Ursprunges. Leipzig 1859. — A. Tschirch und H. Kritzler, 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. //

#### B. 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,<sup>1</sup> 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.

*Phosphorhaltig.  
Zu Spaltungsgewürzen  
wie von Kasein  
Xanthinlösungen*

Sie sind, wie die echten Eiweißstoffe, in starker Essigsäure löslich; überschüssige Salzsäure löst sie schon in der Kälte unter Denaturierung, wobei dieselben in Acidalbumin bezw. 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 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.

Siehe: Fr. Müller, Beitr. z. Kenntnis des Mucins und einiger damit verwandter Eiweißstoffe. Ztschr. Biolog. 1901. 24, 468.

c) Die Mucoide oder Mucinoide, von denen das Pseudomucin oder Metalbumin, welches sich stets in Ovariencysten findet, am be-

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

kanntesten ist, 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), andererseits 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. Altman (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,<sup>1</sup> 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

<sup>1</sup> Ersterer Bezeichnung stammt von A. Kossel, letztere von O. Hammarsten.

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.

C. 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, Hörner, Haare usw.); 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. Es gibt die Millonsche und die Xanthoproteinsäure-Reaktion.

Das Kollagen bildet die leimgebende Substanz des Bindegewebes, ferner der organischen Grundsubstanz der Knochen und Knorpel; es ist das Anhydrid des Glutins (Hofmeister);<sup>1</sup> werden Bindegewebe oder entkalkte Knochen gekocht, so geht das Kollagen unter Wasseraufnahme, als Glutin, Gelatine oder Leim in Lösung. Durch Trocknen und Erhitzen auf  $130^{\circ}$  wird Glutin wieder in Kollagen zurückverwandelt. Der Gehalt an Schwefel wurde früher zu 0.6, in neuerer Zeit wird er zu 0.2—0.25% angegeben.<sup>2</sup> Bei der Fäulnis des Leims, auch beim Schmelzen desselben mit Kali sind Tyrosin, sowie Indol und Skatol nicht gefunden worden; trotzdem geben Leimlösungen eine schwache Millonsche und Xanthoproteinsäure-Reaktion, welche beide an das Vorhandensein der Oxyphenylgruppe des Tyrosinkomplexes im Eiweiß gebunden sind (C. T. Mörrner).<sup>3</sup>

Man unterschied früher zwischen Hautleim, Knochenleim oder Glutin und Knorpelleim oder Chondrin und bezeichnete die glutinengebenden Gewebe als Kollagene, die chondringebenden als Chondrogene, da man das Chondrin für einen einheitlichen, besonderen Körper hielt. Durch

<sup>1</sup> *Ztschr. physiol. Chem.* 1879. **2**, 322. — <sup>2</sup> Vergl. Cohnheim, *Chem. d. Eiweißkörper* 1900, 278. — <sup>3</sup> *Ztschr. physiol. Chem.* 1899. **28**, 471.

Untersuchungen von O. Schmiedeberg<sup>1</sup> u. a. wurde dasselbe jedoch als ein Gemenge von Kollagen und einem mucinartigen Körper erkannt.

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 Proteinstoffen 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.

### Synthese der Eiweißstoffe.

Die von Miescher<sup>2</sup> im Fischsperma entdeckten **Protamine** sind nach A. Kossels<sup>3</sup> 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 nur geringe Mengen von 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 fällbar, 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).<sup>4</sup>

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 folgende Einteilung der Eiweißstoffe vorgeschlagen:<sup>5</sup>

1. Gruppe. Protamine, die bei der Zersetzung nur die Basen Arginin, Hystidin und Lysin liefern.
2. Gruppe. Eiweißkörper, die bei der Zersetzung außer den Basen noch Amidosäuren der aliphatischen Reihe, z. B. Glykokoll oder Leucin geben, z. B. Leim.
3. Gruppe. Eiweißstoffe, die außer den Monoamidosäuren der aliphatischen Reihe noch Amidosäuren der aromatischen Reihe, also Tyrosin liefern, z. B. die Peptone und das Fibroin der Seide.
4. Gruppe. Hierher würde die große Zahl der eigentlichen Eiweißstoffe gehören, die außer den vorgenannten Stoffen noch S-haltige Atomkomplexe enthalten und bei denen durch die Verschiedenheit der Mengen der Komponenten große Mannigfaltigkeit der Körper bedingt ist.

Nach A. Kossel<sup>6</sup> entstehen durch Anlagerung einer Monoaminosäure, der Amidovaleriansäure, und einer noch unbekannt Substanz an die im Protaminkern an Menge vorherrschende (A. Kossel u. F. Kutscher<sup>7</sup>) Arginingruppe zunächst

<sup>1</sup> Schmiedebergs Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmak. 1891. 28, 355. — <sup>2</sup> Arch. f. experim. Pathol. u. Pharm. 1896, 37, 100. — <sup>3</sup> Sitzungsber. d. Ges. z. Beförderung der ges. Naturwissenschaften zu Marburg. 1897, 56; Ztschr. f. physiol. Chem. 1896. 22, 176; 1898. 25, 165 u. 26, 588. — <sup>4</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1900. 29, 1. — <sup>5</sup> Sitzungsber. d. Gesellsch. z. Förd. d. ges. Naturw. zu Marburg 1897, 56. — <sup>6</sup> Berl. Ber. 1901. 34, 3214. — Bull. Soc. Chim. Paris [3] 29, Heft 1; Chem. Ctrbl. 1903. II, 672. — <sup>7</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1900. 31, 165; Z. U. N. 1901. 4, 591.

die Protone, das sind bei der hydrolytischen Zersetzung der Protamine beobachtete, den Peptonen entsprechende Zwischenglieder, welche die Biuretreaktion geben. Aus diesen Protonen entstehen dann die Protamine und durch weitere Anlagerung von Monoaminverbindungen und anderen Kernen die Proteine. Die Verknüpfung der Aminosäuren erfolgt wahrscheinlich durch Iminogruppen.<sup>1</sup>

Während demnach A. Kossel basische Komplexe als den Grundstock der Eiweißkörper anspricht, legt Th. Panzer<sup>2</sup> sowie E. Fischer das Hauptgewicht auf die Aminosäuren. Panzer sagt: Eiweißkörper sind diejenigen Stoffe, welche bei der hydrolytischen Spaltung Amino- oder Diaminosäuren liefern.

Von der Annahme ausgehend, daß die Aminosäuren in den Proteinstoffen höchstwahrscheinlich nach Art der Säureamide miteinander verkuppelt sind, war E. Fischer schon lange bemüht, solche Anhydride synthetisch herzustellen. Nachdem es ihm zunächst gelang, durch Benutzung der Ester (Veresterung der Aminosäuren und fraktionierte Destillation) eine neue Trennungsmethode für die Monoaminosäuren zu finden, welche für die Hydrolyse der Proteine ein wertvolles Hilfsmittel wurde, und nicht nur die Isolierung der bekannten Aminosäuren erleichtert, sondern auch die Auffindung von neuen Gliedern der Klasse ermöglicht hat, glückte es ihm, auch eine ganze Reihe von Methoden ausfindig zu machen, welche eine amidartige Verkettung von Aminosäuren gestatten. Die hierbei gewonnenen Produkte nennt E. Fischer Polypeptide und zwar unterscheidet man nach der Anzahl der in ihnen enthaltenen Aminosäuren Di-, Tri-, Tetra- usw. Peptide. Der einfachste Vertreter der amidartigen Anhydride, das einfachste Dipeptid ist das Glycylglycin, das aus dem Glycinanhydrid durch Aufspaltung mit verdünntem Alkali leicht gewonnen wird. Weitere Synthesen lieferten nur Derivate der Polypeptide, von denen die Karbäthoxyl- und Karboxylverbindungen am ausführlichsten untersucht sind. Da aber die Abspaltung von CO<sub>2</sub> aus diesen Derivaten ohne tiefergehende Zersetzung nicht gelingen wollte, war zum Aufbau der höheren Polypeptide eine neue Methode erforderlich. Wiederum gelang es E. Fischer und E. Otto, eine Methode zu finden, welche die Herstellung sowohl einfacher Tripeptide wie von Kombinationen mannigfacher Art erlaubt. Der Ester eines Dipeptids, z. B. der Glycylglycinester NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CO.NH.CH<sub>2</sub>COOR wird mit einem halogenisierten Säurechlorid, z. B. Chloracetylchlorid zusammengebracht; durch vorsichtiges Verseifen des Kondensationsproduktes erhält man die Säure ClCH<sub>2</sub>CO.NH.CH<sub>2</sub>CONHCH<sub>2</sub>COOH, welche beim Erwärmen mit starkem wäßrigen Ammoniak das Diglycylglycin NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CONHCH<sub>2</sub>CONHCH<sub>2</sub>COOH gibt, das erste Tripeptid.<sup>3</sup> — Mit Hilfe dieser Methode ist es nun E. Fischer und seinen Schülern gelungen, nahezu 70 Polypeptide der verschiedensten Zusammensetzung zu bereiten, welche den natürlichen Peptonen schon sehr nahe verwandt sind und zu der Ansicht führen, daß die Peptone im wesentlichen ein bisher untrennbares Gemisch von Polypeptiden sind.

Vergl. E. Fischer, Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine. (1899—1906) Berlin 1906. — Berl. Ber. 1906. 39, 530.

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 zu kommen oder von beigemengten Eiweißkörpern herrühren. Die Enzyme sind kompliziert zusammengesetzte chemische Verbindungen, welche innerhalb der tierischen und pflanzlichen Zelle,

<sup>1</sup> Über Protamine siehe noch: M. Goto, Ztschr. physiol. Chem. 1902. 37, 94; Z. U. N. 1903. 6, 733. — A. Kossel, Ztschr. physiol. Chem. 1903. 40, 311; Z. U. N. 1904. 7, 592. — A. Kossel u. H. D. Dakin, Ztschr. physiol. Chem. 1903. 40, 565; 1904. 41, 407; Z. U. N. 1904. 8, 689. — <sup>2</sup> Wiener klin. Wochenschrift 1903. 16, 689; Z. U. N. 1904. 8, 688. — <sup>3</sup> Siehe E. Fischer, Berl. Ber. 1903. 36, 2094; E. Fischer u. E. Otto, das. 1903. 36, 2106; E. Fischer, das. 1903. 36, 2982.



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 instande, 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. fettspaltende Enzyme (das Steapsin des Pankreassaftes, die Lipase des Blutes);
4. invertierende, Doppelzucker spaltende Enzyme (Invertin, Maltase, Laktase);
5. Harnstoff zersetzende Enzyme (die Urease);
6. Glykoside spaltende Enzyme (Emulsin, Myrosin);
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. Buchner<sup>1</sup> erschüttert. Derselbe hat durch Zerreiben und Auspressen von Bierhefe einen eiweißreichen Zellsaft gewonnen, der gürungsfähige Zuckerlösungen zur Gärung bringt. Der von verschiedenen Seiten gemachte Einwurf, daß der Preßsaft noch lebende, gelöste Zellsubstanzen 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. Die Wirkung der Fermente, die Lebenstätigkeit der Zelle kann nämlich durch Zusätze von arseniger Säure, Phenol, Salizylsäure, Borsäure, Fluornatrium, Chloroform, Äther, Glycerin usw. aufgehoben werden; auf die vom Organismus abgetrennten Enzyme haben diese Zusätze keinen Einfluß, wohl aber Blausäure, Arsenwasserstoff, Quecksilberchlorid.

Siehe noch E. O. von Lippmann, Die Chemie der Zuckerarten 1904, 399.

<sup>1</sup> Berl. Ber. 1897. 30, 117. 1110; vergl. noch Stavenhagen, Berl. Ber. 1897. 30, 2422; Ed. 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, Wochenchr. f. Brauereien. 1898. 15, 377.

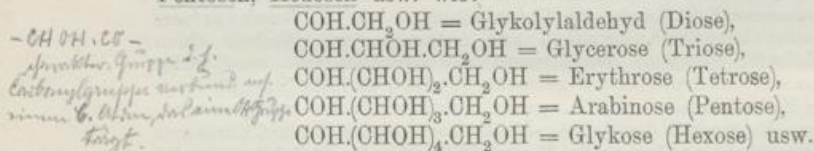
*N=für!*

## 2. Kohlenhydrate.

**Literatur:** E. Fischer, Die Chemie der Kohlehydrate und ihre Bedeutung für die Physiologie. Vortrag 1894. Die Arbeiten von E. Fischer und seinen Schülern finden sich in den Berichten der deutsch. chem. Gesellsch. in Berlin von 1886. **19** bis 1896. **29**, ferner Ztschr. physiol. Chem. 1898. **29**, 60. — E. O. von Lippmann, Die Chemie der Zuckerarten, Braunschweig 1904. — Rob. Sachsse, Chemie u. Physiologie der Farbstoffe, Kohlehydrate usw., Leipzig 1877. — B. Tollens, Handbuch der Kohlehydrate, Breslau 1895 u. 1898.

Die Kohlenhydrate machen den größten Teil der pflanzlichen Nahrungsmittel aus; sie bilden das Hauptmaterial zum Aufbau des Pflanzkörpers. Es sind nach der älteren Auffassung eine Reihe von neutral reagierenden, untereinander nahe verwandten stickstofffreien organischen Verbindungen mit 6 oder einem Vielfachen von 6 Atomen Kohlenstoff, welche außerdem Wasserstoff und Sauerstoff in dem gleichen Verhältnisse enthalten wie das Wasser, insbesondere drei Gruppen: die des Traubenzuckers, des Rohrzuckers und der Cellulose. Nach den neueren Forschungen sind jedoch auch noch solche Verbindungen hierher zu ziehen, welche weniger oder mehr als 6 Kohlenstoffatome enthalten und sich bezüglich ihrer Konstitution, ihrer chemischen und optischen Eigenschaften, sowie ihres Verhaltens zu Enzymen als wahre Zuckerarten, als mehrwertige Alkohole bzw. Abkömmlinge mehrwertiger Alkohole erweisen.

Alle Kohlenhydrate sind in chemischer Beziehung als Aldehyde oder Ketone mehrwertiger Alkohole bzw. als Derivate derselben aufzufassen; je nach der Menge der im Moleküle dieser Aldehydalkohole enthaltenen C. (bzw. O-) Atome spricht man von Diosen, Triosen, Tetrosen, Pentosen, Hexosen usw. wie:



Von diesen Verbindungen haben nur die Pentosen und Hexosen größere Bedeutung für die Nahrungsmittelchemie.

### I. Monosaccharide.

#### A. Pentosen.

In vielen Früchten und Pflanzen kommen außer den gewöhnlichen Zuckern mit 6 Kohlenstoffatomen auch Muttersubstanzen von Zuckern mit 5 Kohlenstoffatomen vor, welche letztere man als Pentaglykosen oder Pentosen zusammenfaßt; die Muttersubstanzen selbst nennt man Pentosane.

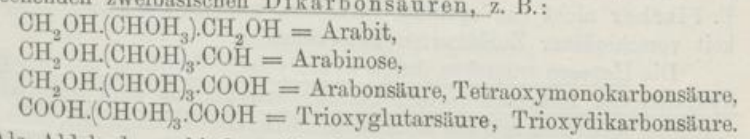
*Furfurol: C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O · C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O* *Abkürzung des Furfurans C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O (Pyridinabkürzung!)*  
*Spektrum im sichtbaren Bereich!*

Die Pentosen entstehen aus den Pentosanen durch hydrolytische Spaltung, besonders beim Kochen mit verdünnten Säuren. Sie reduzieren Fehlingsche Lösung und drehen die Polarisationsebene des Lichtes. Beim Erhitzen mit Schwefelsäure oder Salzsäure liefern sie Furfurol, nicht Lävulinsäure wie die Hexosen. Das bei der Destillation mit Salzsäure übergehende Furfurol kann zum Nachweise und zur quantitativen Bestimmung der Pentosen bzw. Pentosane dienen. Anilinacetatpapier<sup>1</sup> wird durch Furfurol rot gefärbt; beim Erwärmen mit Phloroglucin und salpetersäurefreier starker Salzsäure geben pentosanhaltige Stoffe, z. B. Papier mit Holzstoff, eine kirschrote Färbung, die Lösung zeigt einen Absorptionsstreifen rechts von der Na-Linie (H. J. Wheeler und B. Tollens);<sup>2</sup> mit salzsaurem Orcin<sup>3</sup> gekocht geben sie eine Blaufärbung. Furfurol gibt mit Phenylhydrazin und mit Phloroglucin in Wasser, auch in säurehaltigem, fast unlösliche Verbindungen, das Furfurolphenylhydrazon  $C_4H_3O.CHN.NH.C_6H_5$  und das Furfurolphloroglucin  $C_6H_3(O.C_5H_3O)_2$ ; diese Körper ermöglichen eine gewichtsanalytische Bestimmung der Pentosane.

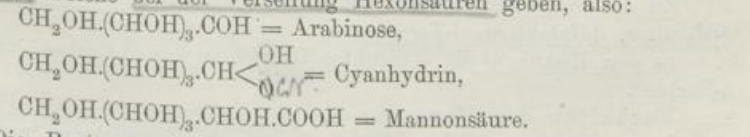
*Pentosen  
H<sub>2</sub>C=O  
Furfurol*

Siehe: A. Günther, G. de Chalmot u. B. Tollens, Üb. d. Best. d. Furfurols u. der in Vegetabilien enthaltenen Pentaglykosen und Pentosane. Berl. Ber. 1891. **24**, 3577. — B. Tollens, Üb. d. Nachw. d. Pentosane mittels der Phloroglucin-Salzsäure-Absatz-Methode. Berl. Ber. 1896. **29**, 1202. — F. Mann, M. Krüger u. B. Tollens, Üb. d. Best. der Pentosen u. Pentosane durch Furfuroldestillation. Ztschr. angew. Chem. 1896. **33**, 149. — J. König, Die Notwendigkeit der Umgestaltung der jetzigen Futter- u. Nahrungsm.-Analyse. Landw. Versuchst. 1897. **48**, 81.

Durch Reduktion der Pentosen mit Natriumamalgam gewinnt man die zugehörigen Alkohole (Pentite), durch schwache Oxydation die entsprechenden einbasischen Pentonsäuren, durch stärkere Oxydation die entsprechenden zweibasischen Dikarbonsäuren, z. B.:



Als Aldehyde verbinden sich die Pentosen mit Blausäure zu Cyanhydrinen, welche bei der Verseifung Hexonsäuren geben, also:



Die Pentosen sind mit Hefe nicht vergärbar. Die wichtigsten Pentosen sind die Arabinose und die Xylose.

<sup>1</sup> Mit essigsäurem Anilinöl befeuchtetes und dann getrocknetes Papier. — <sup>2</sup> Berl. Ber. 1889. **22**, 1046; 1896. **29**, 1202. — <sup>3</sup> 0.5 g Orcin in 30 ccm HCl (1.19) und dazu 30 ccm Wasser.

1. l-Arabinose wird gewonnen durch Kochen von arabischem Gummi, Kirschgummi oder Rübenschnitzeln mit verdünnter Schwefelsäure; dieselbe ist stark rechtsdrehend;<sup>1</sup> ( $\alpha_D = +104-105$ ).<sup>2</sup>

2. Xylose, Holzzucker; wird aus Holzgummi, Stroh, Jute durch Kochen mit verdünnter Säure gewonnen; dieselbe ist schwach rechtsdrehend ( $\alpha_D = +18$ ).

3. Rhamnose, Isodulcit, eine Methylpentose  $\text{CH}_3(\text{CHOH})_4\text{COH}$ , welche aus verschiedenen Glykosiden (Quercitrin, Xanthorhamnin usw.) durch Spaltung mit verdünnter Schwefelsäure erhalten wird.

4. Ribose, synthetisch aus Arabinose durch Umlagerung hergestellt.

Von den zugehörigen fünfwertigen Alkoholen, Pentiten, ist nur Adonit fertig gebildet in Pflanzen (Adonisröschen) aufgefunden worden. Der Adonit geht durch schwache Oxydation in Ribose über. Die Pentite Arabit und Xylit sind bis jetzt nur künstlich dargestellt.

*Glucose, Mannose, Galactose, Fructose, Lypose*

## B. Hexosen.

### Gruppe des Traubenzuckers $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

Die Kohlenhydrate dieser Gruppe unterscheiden sich von den sechswertigen Alkoholen, Hexiten,  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$ , durch einen Mindergehalt von 2 Wasserstoffatomen. Es sind süßschmeckende, in Wasser und in Alkohol leicht lösliche, in Äther unlösliche Körper, welche kristallisationsfähig sind und diffundieren. Die Hexosen sind in optisch isomeren Modifikationen vorhanden; es gibt rechtsdrehende und linksdrehende, aber auch optisch inaktive Modifikationen; letztere sind Gemische optisch entgegengesetzter Komponenten.

Die Vorzeichen d, l und i (dextrogyr, lävogyr, inaktiv), welche ursprünglich das optische Verhalten anzeigen sollten und zum Teil auch jetzt noch anzeigen, z. B. bei Glykose, bezeichnen in den Arbeiten von E. Fischer nicht das optische Verhalten, sondern die Zusammengehörigkeit verschiedener Zuckerarten untereinander.

Die Hexosen entstehen durch hydrolytische Spaltung aus den Kohlenhydraten der Rohrzucker- und Cellulosegruppe; sie sind teils Aldehydalkohole, Aldosen mit der Konstitution  $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COH}$ , teils Ketonalkohole, Ketosen mit der Formel  $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_3\text{CO}\text{CH}_2\text{OH}$ .

Zu den Aldosen gehören die d-Glykose (Traubenzucker, Dextrose), d-Mannose, d-Galaktose, d-Talose;

zu den Ketosen die d-Fruktose (Fruchtzucker, Lävulose) und die d-Sorbose.

Verhalten der Hexosen: 1. Die meisten natürlichen Hexosen sind in verdünnter wäßriger Lösung unter der Einwirkung von Hefe

<sup>1</sup> Die Arabinose ist trotz ihrer Rechtsdrehung als l-Modifikation bezeichnet wegen ihrer genetischen Beziehungen zur l-Glykose. — <sup>2</sup> Unter spezifischem Drehungsvermögen =  $\alpha_D$  versteht man den Winkel, um den die Polarisationsebene abgelenkt wird durch eine Flüssigkeit, welche 1 g Substanz in 1 ccm enthält bei einer Länge der Beobachtungsröhre von 100 mm.

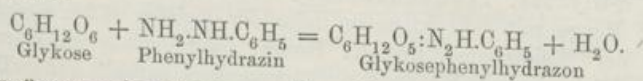
(Zymase) oder Bakterien direkt garungsfahig; bei der Gärung werden neben Kohlensäure bald Alkohol, bald Säuren gebildet. Durch Hefe bzw. deren Enzym (Zymase) vergärbar sind die d-Glykose, d-Mannose, d-Galaktose, sowie die d-Fruktose, nicht aber die d-Sorbose.

2. Die Hexosen reduzieren beim Erwärmen in alkalischen Lösungen Metalloxyde (ammoniakalische Silberlösung, alkalische Kupferoxydlosung — Trommersche Probe, Fehlingsche Probe —); hierbei werden sie selbst zu Kohlensäure, Ameisensäure, Oxalsäure usw. oxydiert. Durch Reduktion der Hexosen (mit Natriumamalgam) erhält man die zugehörigen Alkohole, die Hexite (Sorbit aus Glykose, Dulcitol aus Galaktose, Mannit aus Mannose); durch schwache Oxydation (mit Chlor, Brom, Salpetersäure) entstehen die einbasischen Hexonsäuren (Glykon-, Mannon-, Galakton-säure), durch stärkere Oxydation die entsprechenden zweibasischen Säuren (Zuckersäure aus Sorbit und Glykose, Mannozyklohexonsaure aus Mannit und Mannose, Schleimsäure aus Dulcitol und Galaktose). Die Lävulose zerfällt, wie alle Ketone, unter Bildung kohlenstoffarmerer Produkte (Erythron-säure, Glykolsäure).

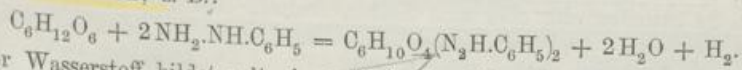
3. Mit Basen, besonders Kalk, bilden die Hexosen Saccharate, die durch Kohlensäure zerlegt werden. Die Bleisaccharate sind in ammoniakalischer Flüssigkeit fast unlöslich.

4. Mit Laugen oder wäßriger Schwefelsäure gekocht, werden sie unter Braunfärbung (Bildung von Huminsubstanzen) zersetzt (Moore'sche Probe); für sich über 200° erhitzt, liefern sie Karamel, eine eigentümlich riechende, nicht mehr kristallisationsfahige Masse.

5. In essigsaurer Lösung verbinden sie sich bei gewöhnlicher Temperatur mit 1 Mol. Phenylhydrazin unter Wasseraustritt zu Hydrazonen, z. B.:



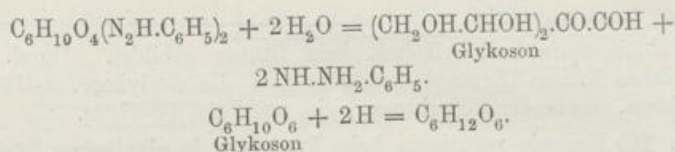
Beim Erwärmen mit essigsauerm Phenylhydrazin verbinden sie sich mit 2 Mol. Phenylhydrazin unter nochmaligem Wasseraustritt und Abgabe von Wasserstoff zu gelbgefärbten, in Wasser unlöslichen Verbindungen, den Osazonen, z. B.:



Der Wasserstoff bildet mit einem Teile des Phenylhydrazins Anilin und Ammoniak.

Durch Behandlung mit rauchender Salzsäure werden die Osazone in Phenylhydrazin und die sog. Ozone gespalten (E. Fischer),<sup>1</sup> welche mit Zinkstaub und Essigsäure erwärmt unter Aufnahme von 2 Atomen Wasserstoff wieder in Zucker übergehen.

<sup>1</sup> Berl. Ber. 1888. 21, 2631; 1889. 22, 87.



Zur Ausführung der Osazonreaktion erwärmt man 1 T. des betreffenden Zuckers mit einer Lösung von 2 T. Phenylhydrazin in 2 T. Essigsäure von 50% und 20 T. Wasser — oder von 2 T. salzsaurem Phenylhydrazin und 3 T. Natriumacetat in 20 T. Wasser so lange auf dem Wasserbade, bis sich das Osazon abgeschieden hat. Letzteres wird nach dem Erkalten gesammelt, mit Wasser gewaschen und aus heißem verdünnten Alkohol umkristallisiert; bei der Bestimmung des Schmelzpunktes der Osazone ist rasches Erhitzen erforderlich.

6. Mit fuchsinschwefliger Säure geben die Aldosen — nicht die Ketosen — die Aldehydreaktion.

7. Mit Blausäure verbinden sich die Hexosen zu Cyanhydrinen  $[\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CH} < \begin{smallmatrix} \text{OH} \\ \text{CN} \end{smallmatrix}]$ ; durch Verseifung dieser gewinnt man Heptonsäuren  $[\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CHOH.COOH}]$ , welche bei der Reduktion mit Natriumamalgam Heptosen liefern (Synthese höherer Zucker nach E. Fischer).

8. Wird trocknes Salzsäuregas in Lösungen von Zuckerarten in Methyl-, Äthyl- oder Benzyl-Alkohol geleitet, so entstehen nach E. Fischer ätherartige Verbindungen, die Glykoside.

Als „Glykoside“ bezeichnet man eine Reihe von im Pflanzenreiche fertig gebildet vorkommenden Stoffen, welche durch Enzyme, verdünnte Säuren oder Alkalien unter Wasseraufnahme in eine Glykose und in ein oder mehrere andere, einfacher oder komplizierter zusammengesetzte Produkte zerfallen, also esterartige Verbindungen der Glykosen mit Säuren, Alkoholen, Aldehyden, Phenolen usw.

Vergl. J. J. L. van Rijn: Die Glykoside. Berlin 1900.

1. **d-Glykose**, Traubenzucker, Dextrose, findet sich meist in gleicher Menge mit d-Fruktose im Saft der meisten süßen Früchte, besonders der Weintrauben und im Honig, pathologisch im Harn. Der aus der Stärke gewonnene Zucker (Stärkezucker) enthält außer Traubenzucker noch Dextrin und unvergärbare Substanzen.

Traubenzuckerlösungen sind rechtsdrehend und zeigen Biorotation, d. h. frisch bereitete Lösungen drehen fast doppelt so stark als eine etwa 24 Stunden alte oder zum Kochen erhitzte oder mit 0.1% Ammoniak versetzte.  $\alpha_D^{20}$  wasserfrei = +52.5° nach 24 Stunden; frisch bereitete Lösungen drehen bis +100°.

Über d. Synthese des Traubenzuckers siehe E. Fischer, Berl. Ber. 1890. 23, 2114. — Über d. Ursache der Biorotation des Traubenzuckers siehe E. Fischer, Berl. Ber. 1890. 23, 2626; B. Tollens, das. 1893. 26, 1799; C. A. Lobry de Bruyn u. W. Alberda van Ekenstein, das. 1895. 28, 3081; R. Behrend u. P. Roth, Ann. Chem. 1904. 331, 359.

2. **d-Mannose**, stereoisomer mit d-Glykose, entsteht durch Kochen von Reservecellulose der Samen, besonders der Steinnuß mit verdünnter Schwefelsäure, auch durch vorsichtige Oxydation des Mannits.  $\alpha_D^{20}$  = +12.9°.

abgibt Fehlsche  
ungelöste  
Osazonbildung,

7°

//

*Witten = Hydrolyse? Rohrzucker (Saccharose) in Alkohollösung (mittler) spaltet sich in Fruktose und Dextrose*

3. **d-Galaktose** entsteht neben Glykose bei der Hydrolyse von Milchzucker.  $\alpha_D^{20} = +83.8$  nach längerem Stehen der Lösung, in frisch bereiteter Lösung =  $+130-140^\circ$ .

*f. d. Dextrose*

4. **d-Fruktose**, Fruchtzucker, Lävulose, findet sich in den Säften der süßen Früchte und im Honig neben d-Glykose, entsteht ebenfalls neben Glykose, bei der Inversion des Rohrzuckers. Fruchtzuckerlösungen zeigen Birotation.  $\alpha_D^{20} = -90.2-93.0^\circ$ . Die Lävulose vergärt anfangs langsamer wie die Dextrose, daher z. B. bei reinen Süßweinen, deren Gärung etwa durch Alkoholzusatz unterbrochen wurde, stets die Lävulose vorherrscht.

*f. d. Dextrose*

*f. d. Dextrose*

5. **Sorbose**, Sorbinose, findet sich im Saft der Vogelbeeren.  $\alpha_D^{20} = -43.4^\circ$ .

*l.*

Von den zu den Hexosen gehörigen sechswertigen Alkoholen kommen in der Natur vor: der Sorbit im Saft der Vogelbeere, Sorbus aucuparia; Mannit in der Manna, dem eingetrockneten Saft der Mannesche, Fraxinus ornus; Dulcit in zahlreichen Pflanzensäften von Melampyrum, Evonymus-Arten, besonders der Dulcitmanna von Madagaskar.

Über C-reichere Zucker (Heptosen, Oktosen usw.) vergl. E. O. von Lippmann, Chem. d. Zuckerarten 1904, 988.

II. Disaccharide. *Rohrzucker, Milchzucker, Malzzucker, Hydrox., Melibiose.*

Gruppe des Rohrzuckers, Saccharobiosen  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

Die Glieder dieser Gruppe sind Anhydridverbindungen zweier Moleküle der einfachen Zucker, Derivate der Hexosen. 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 Mol. Dextrose. Die Disaccharide schmecken im allgemeinen süßer als die einfachen Zucker; sie sind optisch aktiv, kristallisationsfähig und diffusibel.

*Rohrzucker f. Inversion: Dextrose u. Fruktose.*

Verhalten der Disaccharide. 1. Die Disaccharide sind nicht direkt durch Hefe vergärbar, sondern erst nach ihrer Invertierung d. h. Spaltung in die einfachen Zucker unter Aufnahme von Wasser (Hydrolyse).<sup>1</sup> Diese Spaltung kann durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren, durch Einwirkung gespannter Wasserdämpfe und durch gewisse Fermente bewirkt werden. Die Untersuchungen von E. Fischer<sup>2</sup> haben gezeigt, daß jeder Doppelzucker nur von spezifischen invertierenden Enzymen gespalten wird. Das invertierende Enzym des Rohrzuckers ist das Invertin, die Hefeninvertase, das der Maltose die ebenfalls in der Hefe vorhandene Maltase oder Hefenglukase. Milchzucker wird nicht (wie Rohr- und Malzzucker) durch die gewöhnliche Wein- und Bierhefe

<sup>1</sup> Der Ausdruck „Inversion, Umkehrung“ ist nur für den Rohrzucker bezeichnend, welcher bei der Invertierung in gleiche Teile Dextrose und Lävulose zerfällt; da nun die letztere stärker nach links dreht als die Dextrose nach rechts, so ist der Invertzucker, das entstandene Gemisch, linksdrehend. — <sup>2</sup> Berl. Ber. 1894. 27, 3479; 1895. 28, 1431.

vergoren, wohl aber durch die Laktase der Milchzuckerhefe (Kefir), welche den Milchzucker zunächst in Dextrose und Galaktose und dann erst in Alkohol und Kohlensäure spaltet. Bei dieser Gärung entsteht neben Alkohol auch Milchsäure. Milchzuckerhefe vergärt keine Saccharose und Maltose. Durch Milchsäureferment (*Bac. acidi lactici*) geht der Milchzucker, auch der Rohrzucker usw. leicht in Milchsäuregärung über.  $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$ .

2. Die Disaccharide bilden mit Basen Saccharate, wie die einfachen Zucker.

3. Auch die Disaccharide reduzieren die Metalloxyde in alkalischen Lösungen (Fehlingsche Lösung, ammoniakalische Silberlösung), und zwar Maltose und Milchzucker direkt beim Kochen, Rohrzucker erst nach der Inversion.

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

5. Mit Phenylhydrazin geben Maltose und Laktose Hydrazone und Osazone, Rohrzucker nicht, bezw. nur bei eintretender Hydrolyse.

*bildet sich aus  
Zuckerlösung  
und gibt Metallniederschlag  
auf Zinkcarbonat*  
✓ Saccharose, 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.  $\alpha_D^{20} = +66.5^\circ$ .

*Früher 10% Kefir  
mit Milch wird  
Milchsäure in Alkohol  
2. 10% gelblich*  
✓ Laktose, Laktobiose, Milchzucker, ist ein konstanter Bestandteil der Milch; die Laktose zeigt Multirotation  $\alpha_D^{20} = +52.53^\circ$  nach 24 Stunden; frische Lösungen drehen wesentlich mehr.

*an Alkohol gelöst*  
✓ Maltose, Malzzucker entsteht bei der Einwirkung von Malzdiastase auf Stärke (beim Keimen des Getreides).  $\alpha_D^{20} = +138.3^\circ$ .  
7° Barfoeds Reagens (essigsäures Kupfer) wird durch Maltose nicht reduziert; d-Glykose wirkt reduzierend.

Isomaltose wurde von E. Fischer<sup>1</sup> aus Glykose durch Behandeln mit konz. Salzsäure synthetisch dargestellt und findet sich nach C. Lintner<sup>2</sup> im Bier und in der Bierwürze. Nach neueren Untersuchungen von H. Ost<sup>3</sup> ist die Isomaltose nichts weiter als Maltose mit beigemengten löslichen Dextrinen und Nichtzuckerstoffen. Nicht vergärbbar.

Mykose, Trehalose, findet sich in verschiedenen Pilzen, in *Agaricus muscarius* bis zu 10% der Trockensubstanz; dieselbe reduziert nicht direkt, liefert auch kein Osazon.  $\alpha_D^{20} + = 197.3^\circ$ .

Melibiose bildet sich neben Fruktose als Zwischenprodukt bei der teilweisen Hydrolyse der Raffinose oder Melitriose bezw. Melitose; bei weiterer Hydrolyse zerfällt sie in Glykose und Galaktose.  $\alpha_D^{20} = +129.4^\circ$ .

<sup>1</sup> Berl. Ber. 1895. 28, 3024. — <sup>2</sup> Ztschr. f. ges. Brauw. 1891, 283; 1892, 6. 106. 142. — <sup>3</sup> Ztschr. angew. Chem. 1904. 17, 1663.



## III. Trisaccharide.

Saccharotriosen  $C_{18}H_{32}O_{16}$ .

Die Kohlenhydrate dieser Gruppe sind ebenfalls Anhydride von Monosacchariden, welche aus der Vereinigung dreier Moleküle Hexosen unter Austritt von  $2H_2O$  entstehen; bei der Hydrolyse zerfallen sie unter Wasseraufnahme wieder in drei Moleküle einfacher Zucker.

Hierher gehört die Raffinose, Melitriose oder Melitose, die in der Eukalyptusmanna, in den Baumwollsamern und in der Gerste gefunden wurde, außerdem ein konstanter Bestandteil des Rübensaftes ist. Da dieselbe bei Gegenwart von Rohrzucker leichter löslich ist, als der Rohrzucker selbst, so häuft sie sich bei dem Entzuckerungsvorgange in der Melasse, in den Nachprodukten an und bewirkt hier infolge ihrer starken Rechtsdrehung ( $\alpha_D$  in 10proz. Lösung =  $+104.5^\circ$ ) eine höhere Polarisation als die Saccharose, daher sie früher auch Pluszucker genannt wurde. Sie gärt mit Hefe sehr leicht, reduziert Fehlingsche Lösung nicht direkt, sondern erst nach ihrer hydrolytischen Spaltung, wobei sie zunächst in d-Fruktose und Melibiose, letztere dann in d-Glykose und d-Galaktose zerfällt.

## IV. Polysaccharide.

Cellulosegruppe  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

Die Polysaccharide, ebenfalls Anhydride der Monosaccharide, entstehen aus der Vereinigung vieler Moleküle der einfachen Zucker. Sie sind meist amorphe und geschmacklose Körper, die in Alkohol und Äther unlöslich, in Wasser jedoch (die Cellulose ausgenommen) mehr oder weniger leicht löslich sind. Stärke und Pflanzenschleime quellen in heißem Wasser nur auf, die wäßrigen Lösungen sind meist optisch aktiv; sie diffundieren nicht.

Die Polysaccharide sind durch Hefe nicht direkt vergärbar, durch Kochen mit verdünnten Säuren, Behandlung mit hochgespannten Wasserdämpfen oder Einwirkung von Enzymen werden sie aber in Hexosen gespalten, die alsdann vergären und Fehlingsche Lösung reduzieren. Bei der hydrolytischen Spaltung der Stärke, des Glykogens und der Cellulose wird Dextrose gewonnen, bei der Zersetzung des Inulins Lävulose und bei der Spaltung vieler Gummiarten Galaktose. Durch Sättigung der wäßrigen Lösungen mit Salzen, besonders Ammonsulfat, werden die Polysaccharide ausgeschieden. Mit Basen, auch mit Phenylhydrazin, gehen sie keine Verbindungen ein; Metalloxyde in alkalischer Lösung werden durch sie nicht reduziert.

Hierher gehören die Cellulose, die Stärke und die stärkeähnlichen Stoffe (Glykogen, Inulin, Lichenin), die Dextrine und die Pflanzengummiarten.

**Cellulose.** Die Cellulose bildet den Hauptbestandteil der Zellwände aller Pflanzen; ziemlich rein findet sie sich in jungen Pflanzenteilen,

besonders in der Baumwolle, im Holundermarke. (Holz und Kork sind Umwandlungsprodukte der Cellulose.) Reine Cellulose ist unlöslich in Wasser, in Alkohol, Äther, Diastaselösung, kalter verdünnter Lauge und in verdünnter Säure; sie löst sich in Kupferoxydammoniak (Schweitzers Reagens<sup>1</sup>) und wird aus dieser Lösung durch Säuren wieder gefällt. Jod allein färbt Cellulose gelb, Chlorzinkjodlösung,<sup>2</sup> Jod + Schwefelsäure oder Phosphorsäure färben sie blau.

Cellulose quillt in kalter konz. Schwefelsäure zu einer kleisterartigen Masse auf; gießt man diese Masse in Wasser, so scheiden sich farblose Flocken aus, welche durch Jod blau gefärbt und als Amyloid bezeichnet werden.<sup>3</sup> Bei längerer Einwirkung von konz. Schwefelsäure löst sich die Cellulose auf unter Bildung von Dextrin, das beim Verdünnen der Lösung mit Wasser und Kochen in Glykose übergeht. Rauchende Salpetersäure oder ein Gemisch von konz. Salpetersäure und Schwefelsäure bilden aus Cellulose je nach der Konzentration der Säure oder der Dauer der Einwirkung Di-, Tri-, Tetra-, Penta- oder Hexanitrate.

Die in Ätheralkohol unlösliche Schießbaumwolle ist vorwiegend Hexa-, Kollodium (in Alkohol-Äther löslich) Tetranitrat; Celluloid ist ein Gemenge von Kampfer und nitrierter Cellulose. Cellulosetetraacetat dient als Grundmasse für die Herstellung von Kunstseide.

Der Bacillus amylobacter vergärt die Cellulose bei Gegenwart von Stickstoffsubstanz zu Kohlensäure und Methan, unter Umständen sogar zu Wasserstoff (Sumpfgas in Teichen und Sümpfen, Darmgase).

**Stärke**, Amylum, findet sich in allen assimilierenden Pflanzen und zwar als erstes erkennbares Assimilationsprodukt des Chlorophylls in den Blättern, ferner als Reservestoff in den Samen, Knollen, Wurzeln und schließlich in löslicher Form auf der Wanderung von der Bildungsstätte nach den Reservestoffbehältern.

Man nimmt an, daß durch die Tätigkeit des Chlorophylls unter Mitwirkung des Sonnenlichtes aus Kohlensäure und Wasser Formaldehyd entstehe, aus welchem dann unter dem Einflusse der Zelltätigkeit des Protoplasmas durch Kondensation Glykose [ $6 \text{CH}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ] oder Stärke [ $6 \text{CH}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ] gebildet wird. Die Stärke findet sich in den Pflanzenzellen in einer für die betreffende Pflanze charakteristischen Form runder oder elliptischer, selten polyedrischer Körner, welche unter dem Mikroskope meist eine deutliche um einen zentralen Kern gelagerte Schichtung erkennen lassen; letztere beruht auf dem ungleichen Wasser-

<sup>1</sup> Herstellung von Schweitzers Reagens: Man fällt Kupfersulfat mit Natronlauge bei Gegenwart von Salmiak, reinigt den Niederschlag zuerst durch Dekantieren, dann auf dem Filter und trägt von dem Kupferoxydhydrat so lange in 20 proz. Ammoniak, als davon noch gelöst wird. — <sup>2</sup> Chlorzinkjodlösung nach Radkofer: Eine Auflösung von Zn in Salzsäure wird bis zum Sirup von etwa 2.00 spez. Gew. eingedampft, der Sirup bis zu 1.8 spez. Gew. mit Wasser verdünnt. In 100 T. der letzteren Flüssigkeit löst man 6 T. Jodkali und soviel Jod, als die Flüssigkeit aufzunehmen vermag. — <sup>3</sup> Pergament ist ungeleimtes Papier, das durch Behandlung mit konz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oberflächlich in Amyloid verwandelt ist.

*Stärke wird durch Jodlösung bläulich gefärbt, durch Jodlösung der Mineralsäuren.*

gehalte der einzelnen Regionen, wodurch ein verschiedenes Lichtbrechungsvermögen bedingt ist. 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 u. G. Düll.

Stärke gibt mit Jodlösung (Jod in Jodkali) die bekannte Blaufärbung, welche beim Erhitzen verschwindet, beim Abkühlen aber wieder erscheint. Mit einer hinreichenden Menge Wasser von 70–80° behandelt quellen die Stärkekörner auf und bilden den Stärkekleister, eine gelatinöse durchscheinende Masse, in welcher die ursprüngliche Form der Stärkekörner nicht mehr zu erkennen ist; der Stärkekleister bildet aber keine eigentliche Lösung der Stärke in Wasser; die Stärke diffundiert nicht. Erhitzt man aber die Stärke längere Zeit mit Wasser unter starkem Druck, so erhält man eine wirkliche Stärkelösung; auch bei Gegenwart verschiedener Salze (Chlornatrium, Chlorzink usw.) findet eine Lösung der Stärke statt.

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; 1898. 31, 1792), durch Einwirkung von verdünnter Kalilauge (A. Wroblewsky, Berl. Ber. 1897. 30, 2108; Chem. Ztg. 1898. 22, 375).

Über Verbindungen der Stärke mit alkalischen Erden siehe C. J. Lintner, Ztschr. angew. Chem. 1888, 232.

**Glykogen**, tierische Stärke, Leberstärke, 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 Überfluß an Zucker, der als Reservematerial in den Organen abgelagert wird. Glykogen wird durch Jodlösung weinrot gefärbt; es geht durch Kochen mit verdünnten Säuren in Glykose über.

Das **Inulin** findet sich in den Wurzeln vieler Kompositen (Inula Helenium, Georgina variabilis usw.), in denen es die Stärke vertritt; es wird durch Jod gelb gefärbt; durch Kochen mit Wasser geht es in Fruktose über. Wenn man inulinhaltiges Gewebe in starken Alkohol legt, so setzen sich sog. Sphärökrystalle von Inulin an den Zellwandungen an.

**Lichenin**, Moosstärke, ist in vielen Flechten, besonders im isländischen Moos, Cetraria islandica, enthalten. In kaltem Wasser quillt es gallertartig auf, durch Hydrolyse wird es in Glykose umgewandelt.

**Dextrine** nennt man die in Wasser löslichen rechtsdrehenden Substanzen, welche als Zwischenprodukte bei der Umwandlung von Stärke in Maltose bzw. Glykose sich bilden. So entsteht, nach bisheriger Auffassung, wenn man Stärkelösung mit verdünnter Schwefelsäure kocht, zunächst Amidulin, dann Erythro-dextrin (Rotfärbung mit Jodlösung).

nun Achroodextrin (wird durch Jod nicht mehr gefärbt), weiter Isomaltose, Maltose, endlich Traubenzucker.

Nach E. Külz und J. Vogel<sup>1</sup> entstehen bei vorsichtiger Hydratation von Glykogen die gleichen Produkte.

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, *Ann. Chim.* 1899. **309**, 282; *Jahresb. f. Agrikulturchem.* 1899. **42**, 227; *Ann. Chem.* 1902. **324**, 212. — H. Dierssen, *Ztschr. angew. Chem.* 1903. **16**, 122. — F. Grüters, *das.* 1904. **17**, 1169. — H. Ost, *das.* 1904. **17**, 1663. — A. Rössing, *Chem. Ztg.* 1905. **29**, 867. — Ferner siehe H. T. Brown u. G. H. Morris, *Handb. d. Brauwissenschaft*, Berlin. — E. Prior, *Chemie u. Physiologie des Malzes u. des Bieres*, Leipzig.

Nach H. Ost tritt die „Isomaltose Lintner“ bei der Säurehydrolyse ebensowenig auf wie bei der Hydrolyse der Stärke durch Diastase. Was Lintner u. Düll, Syniewski, Dierssen u. a. für Isomaltose halten, nämlich die Produkte von  $\alpha_D = +140^\circ$  und Reduktionsvermögen = 80–84%, besteht nach Ost aus Maltose mit beigemengten leicht löslichen Dextrinen (Grüters Maltodextrin  $\gamma$ ) und Nichtzuckerstoffen.

Das käufliche Dextrin (Stärkegummi) besteht der Hauptsache nach aus Achroodextrin mit wechselnden Beimengungen von Erythro-dextrin und Traubenzucker.

Das Dextrin des Handels wird gewonnen:

durch Erhitzen fein gepulverter trockner Stärke auf 230–260° C. in einer mit Rührwerk versehenen eisernen Trommel über direktem Feuer oder im Ölbad — Röstgummi, Leiogomme:

oder durch Erhitzen der mit wenig Säure gemischten Stärke (1000 T. Stärke, 300 T. H<sub>2</sub>O, 2 T. NO<sub>3</sub>H vom spez. Gew. 1.36); die in Tafeln geformte Masse wird anfangs bei 60–80° getrocknet, dann einige Stunden auf 100° C. erhitzt — Dextringummi, Gommeline:

oder durch Einwirkenlassen von Diastase auf Stärkekleister bei 65–70°; die verflüssigte Stärke wird aufgeköcht, filtriert und mit Alkohol gefällt.

Das offizielle Dextrin wird gewonnen durch Erhitzen von 150 T. Kartoffelstärke mit 4 T. krist. Oxalsäure in 750 T. H<sub>2</sub>O im Dampfbade unter Umrühren, bis eine Probe nach dem Erkalten keine Jodreaktion mehr gibt; dann wird die Oxalsäure mit CaCO<sub>3</sub> neutralisiert und die filtrierte Flüssigkeit zur Trockne verdampft. Zur Reinigung des Dextrins von beigemengter Maltose und Dextrose kocht man öfter mit Alkohol aus, löst wiederholt in wenig Wasser, fällt mit Alkohol aus und trocknet schließlich bei möglichst niedriger Temperatur (sonst Neubildung von Dextrose).

Wäßrige Dextrinlösung dreht das polarisierte Licht nach rechts; reines Dextrin wirkt in der Kälte auf Fehlingsche Lösung nicht ein, beim Erwärmen findet Reduktion statt infolge Bildung von Glykose.

<sup>1</sup> *Ztschr. f. Biol.* 1894. N. F. **13**, 108.

Barfoeds Reagens — ein mit 1 % freier Essigsäure versetzte Lösung von Kupferacetat 1:5 — wird auch in der Wärme durch reines Dextrin nicht reduziert; Glykose scheidet Kupferoxydul ab. — Dextrin ist nicht direkt, wohl aber nach längerer Diastasewirkung (Bildung von Maltose) durch Hefe vergärbar. Bleiessig fällt Dextrin nicht (Unterschied von Pflanzengummi); von Baryhydrat sowie Kalkwasser in Alkohol werden Dextrinlösungen gefällt.

Pflanzengummi und Pflanzenschleime sind im Pflanzenreiche fertig gebildet vorkommende Produkte, die entweder als amorphe, durchsichtige Massen ausgeschieden werden (Ausschwitzungen) oder gewissen Pflanzenteilen (Samen, Knollen usw.) durch geeignete Lösungsmittel entzogen werden können. Die natürlichen Gummiarten sind Verbindungen der Arabinsäure, oder des Arabins, Cerasins, Bassorins oder anderer Kohlenhydrate mit Kali, Kalk, Magnesia usw., welche durch Behandlung mit Säuren getrennt werden. Die eigentlichen Gummiarten sind in Wasser leicht löslich, die Pflanzenschleime quellen in Wasser nur auf. Die Pflanzengummiarten drehen das polarisierte Licht nach links (Unterschied von Stärkegummi, Dextrin); basisches Bleiacetat fällt Gummiösungen, ebenso Eisenchlorid. Beim Kochen mit verdünnten Säuren liefern die Pflanzengummi und Pflanzenschleime gärunsfähigen Zucker (Hexosen), häufig außerdem nach Pentosen. — Bei der Oxydation mit Salpetersäure liefern die Pflanzengummi und Pflanzenschleime Schleimsäure und Oxalsäure neben Zuckersäure und Oxalsäure; Stärkegummi oder Dextrin liefert hauptsächlich Oxalsäure neben Zuckersäure und Weinsäure.

Zu den pflanzlichen Gummi gehören:

- das arabische Gummi, eine Ausschwitzung tropischer Akazien und Mimosen,
- das Kirschgummi, eine Ausscheidung der Kirsch- und Pflaumbäume usw.,
- das Traganthgummi, Ausschwitzungen verschiedener Astragalusarten.

Von Pflanzenschleimen seien erwähnt:

- der Leinsamenschleim in den jungen Samen von *Linum usitatissimum*,
- der Salepschleim aus den Knollen verschiedener Orchisarten,
- der Quittenschleim aus den Samen von *Cidonia vulgaris*,
- der Althäaschleim aus der Wurzel von *Althaea officinalis*.

### Pektinstoffe.

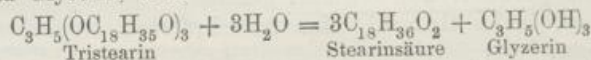
Pektinstoffe nennt man eine Reihe stickstofffreier im Pflanzenreiche, besonders in fleischigen Früchten und Rüben vorkommender Substanzen, die mit dem Gummi und den Pflanzenschleimen viel Ähnlichkeit haben, jedoch nicht die Zusammensetzung der Kohlenhydrate besitzen. Durch

Kochen mit Wasser, durch Einwirkung verdünnter Säuren sowie von Fermenten wird die den Pektinkörpern zugrunde liegende, in Wasser unlösliche Pektose in wenig erforschte Umwandlungsprodukte (Pektin, Para-, Meta-Pektin, Pektinsäure usw.) gespalten, die teils in Wasser löslich sind, teils in Wasser aufquellen und die Flüssigkeit gelatinieren machen. Das Endprodukt dieser Umwandlungen, die Metapektinsäure reduziert Fehlingsche Lösung und scheint mit dem Arabin oder Metarabin ident zu sein.

### 3. Fette, Lecithine, Cholestearine.

Die Fette sind wie die Kohlenhydrate 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.



*Seifen bilden sich aus  
Kohlensäurelösungen* Diesen Vorgang bezeichnet man als Verseifung, die entstandenen fettsauren Salze heißen Seifen. Die Kali- und Natronseifen sind in Wasser löslich, die Seifen der alkalischen Erden unlöslich; die in Wasser unlöslichen Bleiseifen heißen Bleipflaster. Fügt man zu Seifenlösungen 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)  $\text{CH}_2\text{:CH.CO.H}$ , das durch seinen widerlichen Geruch charakterisiert wird.

Die Farbstoffe der Fettgewebe nennt man Lipochrome.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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.



Lecithin

Fette, Lecithine, Cholestearine.

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.

A. Juckenack (Z. U. N. 1899. 2, 905) fand im Eigelb 0.823% Gesamtlecithinphosphorsäure, entsprechend 9.35% Distearyllecithin, 9.03% Palmitin-stearyllecithin und 9% Oleinpalmitinlecithin.

Auch die Fette der Leguminosen und Cerealien enthalten nicht unbeträchtliche Mengen Lecithin.

Töppler (Jahresb. f. Agrik. Chem. 1861/62, 57) fand im Samen der Leguminosen 0.26—0.61%, in dem der Cerealien 0.10—0.18 (bei Hafer 0.69%). E. Schulze (Landw. Versuchsst. 1898. 49, 203) fand in den Samen der blauen Lupine (entschält) 2.2%, der gelben Lupine 1.64%, der Wicke, Erbse und Linse 1.03—1.09%, des Weizens 0.43, der Gerste 0.47, des Mais 0.25, des Buchweizens 0.53% Lecithin.

Mit Säuren oder Basen, besonders Barytwasser erwärmt, zerfallen die Lecithine in Fettsäuren (Palmitin-, Stearin- oder Ölsäure) Glycerinphosphorsäure und Cholin. Nach E. Schmidt<sup>1</sup> 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.<sup>2</sup> 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.

*Handwritten notes:*  
 146-148°  
 1424-1508°  
 Mischf. in Äther

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 Reaktion, Pflügers Arch. 1872. 6. 207.)

Erwärmt man eine Lösung von Cholesterin in Eisessig mit Acetylchlorid und etwas Chlorzink, so tritt rosarote Färbung mit grünlichgelber Fluoreszenz auf (L. Tschugaew, Ctrbl. f. Physiol. 16, 757; Ztschr. anal. Chem. 1904. 43, 724).

Löst man etwas Cholesterin in Chloroform und versetzt die Lösung mit der Hälfte ihres Volums Schwefelsäure (vom spez. Gew. 1.76), so erhält man in der Schwefelsäureschicht eine grüne Fluoreszenz, in der Chloroformschicht eine blutrote, kirschrote, dann purpurne Färbung; fügt man nun zu der Chloroformschicht 1—5 Tropfen Essigsäureanhydrid, so tritt karminrote Färbung des Chloroforms, blutrote der Schwefelsäure auf. (G. Denigès Bull. de la Soc. de Pharm. de Bordeaux 1903.) Siehe noch C. Neuberg u. Dora Rauchwerger, Beitr. zur wissenschaftl. Medizin u. Chem. Festschr. f. E. Salkowski. Berlin 1904, 279.

<sup>1</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1895. 20, 364. — <sup>2</sup> Vergl. K. Obermüller, Ztschr. physiol. Chem. 1891. 15, 37; J. Mauthner u. W. Suida, Monatsh. f. Chem. 1894. 15, 85. 362.

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

A. Bömer (Z. U. N. 1898. 1, 81) fand im Eieröl 4,49%.

*Spezialgenuss  
132-141°  
Körnung-Gemisch.  
132-143°  
Körnung-Gemisch*

Das **Phytosterin**, das Cholesterin der Pflanzen, ist in allen vegetabilischen Ölen enthalten. Cholesterin schmilzt bei 146—148°, Phytosterin bei 135,5—141°.

### 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. Schmidt,<sup>1</sup> Fr. Tuzek<sup>2</sup>).

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. Hammerbacher<sup>3</sup> 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 Calciumbicarbonat,

<sup>1</sup> Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau und Leipzig, 1852. — <sup>2</sup> Ztschr. f. Biologie. 1876. 12, 534. — <sup>3</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1881. 5, 302.



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. Hofmeister<sup>1</sup>), 7. Gase: freier Sauerstoff (nach E. Pflüger<sup>2</sup> etwa 0.5 Vol.-%), Stickstoff und Kohlensäure.

C. F. Schönbein,<sup>3</sup> auch P. Gries<sup>4</sup> 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. Grützner<sup>5</sup>).<sup>6</sup> 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 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 amylytische Ferment, das Ptyalin, eine Zersetzung der in der Nahrung enthaltenen Stärke und des Glykogens (unter Wasseraufnahme) und eine Überführung in Zucker einleitet.*

Die **Wirkung des Speichels** bei dem Verdauungsprozesse 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 amylytische 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. Düll<sup>7</sup> 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

<sup>1</sup> Vergl. Physiologie der Haussäugetiere. Berlin 1890, 495. — <sup>2</sup> Pflügers Arch. 1868. 1, 686; vergl. R. Kütz, Ztschr. f. Biologie 1887. N. F. 5, 321. — <sup>3</sup> Journ. f. pr. Chem. 1862. 86, 151. — <sup>4</sup> Jahresber. f. Tierchem. 1878. 8, 72. — <sup>5</sup> Pflügers Arch. 1876. 12, 287. — <sup>6</sup> Es wird jetzt allgemein angenommen, daß alle Verdauungsssekrete 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.). — <sup>7</sup> Berl. Ber. 1893. 26, 2533.

angekommen sind, befinden sich andere in Zwischenstadien, wieder andere sind noch unzersetzt.

Vergl. F. Musculus u. D. Gruber, Ztschr. physiol. Chem. 1878. 7, 177. — J. von Mering, das. 1881. 5, 185. — C. Scheibler u. V. Mittelmeyer, Berl. Ber. 1893. 26, 2935. — E. Külz u. J. Vogel, Ztschr. f. Biol. 1895. [N. F.] 31, 108.

Das Ptyalin des Mundspeichels kann also die Stärke und das Glykogen der Nahrung in Zucker verwandeln, allein nach den Untersuchungen von O. Hammarsten<sup>1</sup> 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 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> —2	„
Weizenstärke	„	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —1	„
Gerstenstärke	„	10—15	Minuten
Haferstärke	„	5—7	„
Roggenstärke	„	8—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 Reaktion, 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. Schmidt<sup>2</sup> aber haben nachgewiesen, daß

<sup>1</sup> Jahresber. f. d. ges. Medizin (Virchow-Hirsch). 1871. 6, 95. — <sup>2</sup> Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau und Leipzig 1852.

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 Szabó<sup>1</sup>). Die freie Salzsäure des Magensaftes nimmt ihre Entstehung aus den Chloriden des alkalisch reagierenden Blutes, wie Versuche von C. Voit<sup>2</sup> und A. Kahn<sup>3</sup> dargetan haben. R. Maly<sup>4</sup> 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, 34mal 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).<sup>5</sup> 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 giftigen 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 Choleraabazillus dagegen kann getötet werden. Nach N. Nenki, N. Sieber und E. Schoumow-Simanowski<sup>6</sup> 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-Müller<sup>7</sup>). Die sich häufig findende Milchsäure ist kein Produkt der

<sup>1</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1877. 1, 155. — <sup>2</sup> Sitzungsber. d. bayr. Akad. d. Wissensch. 1869. 2, 506. — <sup>3</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1886. 10, 522. — <sup>4</sup> Liebigs Annal. 1874. 173, 250. — <sup>5</sup> Lehrb. d. physiol. Chem. 1889, 149; vergl. Neumeister l. c. 165. — <sup>6</sup> Ctrbl. f. Bakter. 1898. 23, 840. 880. — <sup>7</sup> Pflügers Arch. 1884. 34, 576.

Drüsensekretion (E. v. Brücke<sup>1</sup>), sondern entstammt der eingeführten Nahrung (bakterielle Gärung von Kohlehydraten), wie C. A. Ewald und J. Boas<sup>2</sup> 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 die Pylorusdrüsen, welche lediglich aus Hauptzellen bestehen, nur Pepsin und Lab (R. Heidenhain,<sup>3</sup> H. v. Swiecicki,<sup>4</sup> E. Sehrwald<sup>5</sup>).

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 usw., 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.<sup>6</sup>

Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß das Pepsin bei längerer Einwirkung die Eiweißstoffe ebenso weitgehend spaltet wie das Trypsin.<sup>7</sup>

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

<sup>1</sup> Vorlesungen über Physiologie 1885. 1, 305. — <sup>2</sup> Virchows Arch 1885. 101, 325 u. 1886. 104, 271. — <sup>3</sup> Pflügers Arch. 1878 18, 169. u. 1879. 19, 148. — <sup>4</sup> Das. 1876. 13, 444. — <sup>5</sup> Münchener med. Wochenschr. 1889, 177. — <sup>6</sup> 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. — <sup>7</sup> D. Lawrow, Ztschr. physiol. Chem. 1898. 26, 513; 1901. 33, 312; L. Langstein, Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol. 1902. 1, 507; 1903. 2, 229.

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. Thierfelder,<sup>1</sup> R. H. Chittenden und H. M. Painter<sup>2</sup>).

N. Zuntz u. L. Sternberg<sup>3</sup> vermuten, daß das Lab nicht den Zweck hat, die Ausnützung des Kaseins zu fördern, sondern daß dasselbe ein Stoffwechselprodukt des Organismus ist.

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

7. Von den Albuminoiden werden nur das Kollagen und das Elastin (letzteres sehr schwer) gelöst; das Keratin widersteht der verdauenden Wirkung des Magensaftes. Das Kollagen geht zunächst in sein Hydrat, das gelatinöse Glutin über, bei weiterer Einwirkung in nicht mehr gelatinierende Protogelatose (entsprechend den Protopeptosen). 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 protoplasmachädigende Wirkung der Salzsäure schütze, hat man mehrfach zu beantworten versucht. Tatsache ist, daß alle proteolytischen 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 (Biuretreaktion, Zusammensetzung und physiologisches Verhalten) als noch zur Gruppe der Eiweißkörper gehörig erweisen, also noch nicht durch weiteren Zerfall in ganz andere einfache Körper (Amidosäuren usw.) zerfallen sind.

**Albumosen**, **Proteosen** 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 bezeichnet man daher nach

<sup>1</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1886, 10, 577. — <sup>2</sup> Kasein und dessen erste Spaltungsprodukte, New-Haven 1887, ref. in Hermanns Jahresber. üb. d. F. d. Phys. 15, 254. — <sup>3</sup> Arch. Physiol. 1900, 362.

W. Kühnes Vorschlag<sup>1</sup> als Peptone die Eiweißkörper, die überhaupt nicht ausgesalzen werden können, wogegen man alle diejenigen löslichen Spaltungsprodukte des Eiweißes, welche nicht mehr koaguliert werden können, aber durch irgendwelche Salze wie Ammonsulfat (Kühne) und Zinksulfat (Bömer) bei saurer Reaktion ausgesalzt werden als Albumosen bezeichnet.

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 R. H. Chittenden zeigen.<sup>2</sup>

*Biuretreaktion  
(Albumosen u.  
Peptone):  
44.  
Bilf. Albumosen  
u. Peptone sind in  
alkalischer Lösung  
auf Wasserstoff  
nachweisbar.*

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 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 durch Pepsin gebildete Pepton enthält keinen. Nach neueren Forschungen von H. Schrötter,<sup>3</sup> S. Fränkel<sup>4</sup> u. O. Folin<sup>5</sup> fehlt den Peptonen wahrscheinlich überhaupt der Schwefel.

Die Albumosen, je nach ihrer Herkunft aus Fibrin, Globulin usw. als Fibrinosen, Globulosen, Vitellosen, Kaseosen, Myosinosen usw. bezeichnet,<sup>6</sup> 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,

<sup>1</sup> Vergl. auch E. P. Pick, Ein neues Verfahren zur Trennung der Albumosen und Peptone; Ztschr. physiol. Chem. 1897. 24, 246. — <sup>2</sup> Die Arbeiten von W. Kühne und R. H. Chittenden finden sich in der Ztschr. f. Biologie 1883. 19, 159; 1884. 20, 11; 1886. 22, 423; 1892. 29, 1. 308. — W. Kühne, Albumosen und Peptone. Verh. d. naturhist. Vereins zu Heidelberg 1885. N. F. 3, 286. — <sup>3</sup> Monatsh. f. Chem. 1895. 16, 609; Ztschr. f. physiol. Chem. 1898. 26, 338. — <sup>4</sup> Zerfallsprodukte des Eiweiß, Wien 1896. — <sup>5</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1898. 25, 152; vergl. die widersprechende Ansicht von R. Neumeister, Lehrb. d. physiol. Chem. 1897, 237. — <sup>6</sup> 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.

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 durch Salpetersäure, Essigsäure + Ferrocyankali, Sublimat, Phosphorwolframsäure bei Gegenwart von Salzsäure, durch Gerbsäure, Pikrinsäure, Trichloressigsäure,<sup>1</sup> 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. Neumeister<sup>2</sup>).

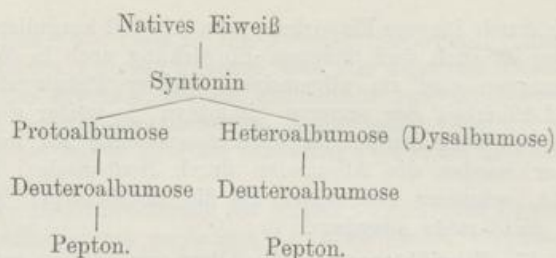
Die Peptone werden nur gefällt durch absoluten Alkohol, aus neutraler Lösung durch Gerbsäure (im Überschuße löslich), durch Phosphorwolfram- und Phosphormolybdänsäure und durch Sublimat und zwar nur durch letzteres vollständig.

Nicht mehr gefällt werden die Peptone durch Salpetersäure (auch nicht in salzesättigter Lösung), durch Essigsäure + Ferrocyankalium, 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 (Acidalbumin) zunächst zwei verschiedene („primäre“ Albumosen) die Protoalbumose, in reinem Wasser löslich, und die Heteroalbumose, nur bei Gegenwart von Salzen in Wasser löslich. Aus der Heteroalbumose bildet sich durch längeres Stehenlassen unter Wasser oder durch Trocknen ein Umwandlungsprodukt, die Dysalbumose, welche in neutralen Flüssigkeiten unlöslich ist. Aus jeder dieser primären Albumosen bildet sich bei weiterer Einwirkung des Magensaftes je eine „sekundäre“ Deutero-Albumose, die unter sich nur unwesentliche Differenzen zeigen. Aus den Deuteroalbumosen gehen durch weitere Spaltung als Endprodukte die völlig gleichen Peptone hervor. Also:

<sup>1</sup> Einige Eiweißstoffe werden durch Trichloressigsäure nicht gefällt (frisches Eiereiweiß, Fleischbrei); R. Neumeister, *Lehrb. d. physiol. Chem.* 1897, 39. —

<sup>2</sup> *Ztschr. f. Biologie*, 1900. N. F. 8, 335.



Die primären und sekundären Albumosen unterscheiden sich nach R. Neumeister durch folgende Reaktionen:<sup>1</sup> 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 + Ferrocyankali fällen die primären Albumosen leicht, die sekundären nur langsam und unvollständig.

An die früheren Untersuchungen von P. Schützenberger<sup>2</sup> anschließend, nimmt W. Kühne an, daß die Proteinstoffe bei der Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren oder von Enzymen in zwei Gruppen von neuen Eiweißkörpern zerfallen, in eine Hemi- und eine Anti-Gruppe, von denen die letztere gegen die Spaltungsmittel widerstandsfähiger ist als die erstere. Demnach entstehen also zwei Gruppen von Albumosen (Anti- und Hemialbumose) und ebenso zwei Gruppen von Peptonen (Anti- und Hemipepton). In der zunächst entstehenden Albumose sind beide Gruppen noch vereint; bei weiterer Einwirkung von Mineralsäuren oder bei der Pepsinverdauung geht die Hemigruppe in Hemialbumose und Hemipepton, die Antigruppe in Antialbumid, Antialbumose und schließlich in Antipepton über.

In dem durch Pepsin gebildeten Pepton der Magenverdauung sind nach W. Kühne ebenfalls die Anti- und Hemigruppe noch vereinigt, daher er die Peptone der Magenverdauung „Amphopeptone“ nennt, im Gegensatz zu den Antipeptonen der Pankreas- bzw. Trypsinverdauung. Das Trypsin bewirkt nämlich eine völlige Spaltung der Amphopeptone in Antipepton und Hemipepton; das Hemipepton geht bei weiterer Trypsinwirkung in Amidosäuren, Tyrosin, Leucin usw. über, das Antipepton bleibt unzersetzt zurück. Nach den Untersuchungen von M. Siegfried ist indessen das Antipepton nicht mehr als ein Eiweißkörper anzusehen. Siehe bei „Trypsinverdauung“.

Neuere Forschungen deuten darauf hin, daß die Umwandlung der Eiweißstoffe in Pepton nicht so glatt verläuft, daß auch das oben an-

<sup>1</sup> Lehrb. d. physiol. Chem. 1897, 232. — <sup>2</sup> Bull. de la Soc. chimique de Paris 1875. 23, 161.



gegebene Verhalten der Albumosen und Peptone zu Ammonsulfat kein maßgebender Unterschied zwischen diesen Körpern bilde, daß vielmehr bei der Umsetzung von Eiweiß in Pepton, ähnlich wie bei dem Übergange von Stärke in Zucker, eine Anzahl von Zwischenprodukten entstehen, die zum Teil ineinander übergehen und deren Trennung und Reindarstellung mindestens außerordentlich schwierig, wenn nicht undurchführbar ist.

Vergl. E. P. Pick, Ztschr. physiol. Chem. 1897. **24**, 246; 1899. **28**, 219 u. Beiträge z. chem. Physiol. u. Pathol. 1902. **2**, 481. — E. Zunz, Ztschr. physiol. Chem. 1899. **27**, 219; 1899. **28**, 132 und Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol. 1902. **2**, 435.

**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. Paykull<sup>1</sup>); die Galle enthält ferner Cholesterin, Lecithin, Fette, Seifen, Spuren von Harnstoff, etwas Ptyalin, endlich Mineralstoffe (Chloride und Phosphate von Calcium, Magnesium und Eisen).<sup>2</sup>

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,  $C_2H_4\begin{matrix} NH_2 \\ \diagup \\ SO_3H \end{matrix}$ ), 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

<sup>1</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1887. **12**, 196. — <sup>2</sup> In der Galle sind auch Spuren von Kupfer und Zink gefunden worden. Analysen von unter pathologischen Verhältnissen sich ausscheidenden Gallensteinen siehe Ritter, Jahrb. f. Tierchemie 1872. **2**, 246. Je nach ihren Hauptbestandteilen unterscheidet man drei Arten von Gallensteinen. Die eine Art enthält als vorherrschenden Bestandteil Pigmentkalk (Bilirubinkalk), die andere Cholesterin, die dritte Calciumcarbonat und -phosphat. Cholesterinsteine finden sich am häufigsten beim Menschen, Pigmentsteine vorwiegend bei Schafen und Rindern.

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. Sieber<sup>1</sup> 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 Flüssigkeit 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 fettsplattendende Steapsin.

*Im Stromsaft  
für Leberarterie  
Steapsin  
Phosphorsäure  
Steapsinphosphat  
in Flüssigkeit  
in Pankreasdrüse  
Phosphat  
Steapsinphosphat  
in Pankreasdrüse  
in Leberarterie  
Lactose.*

c) Der **Darmsaft** ist das Sekret der Darmschleimhaut, welche zwei Drüsenarten besitzt: 1. kleine, traubenförmige sog. Brunnersche Drüsen mit zylindrischen Zellen im obersten Teile 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 angeschlagen; 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 Voit<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Berl. Ber. 1884. 17, 2275. — <sup>2</sup> Voit: Über d. Bedeutung d. Galle f. d. Aufnahme d. Nahrungsm. im Darmkanal. Festschrift, München 1882.

und von F. Röhm<sup>1</sup> 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,<sup>2</sup> 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 Bruin<sup>3</sup>); die Gallenfarbstoffe werden größtenteils mit den Fäces entleert. Die Cholesterine sind nach Hoppe-Seyler als Spaltungsprodukte aufzufassen, die bei Umsetzungen des lebenden Protoplasmas 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 Galle verhindert die faulige Zersetzung des Darminhaltes.

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** oder die **Lipase**.

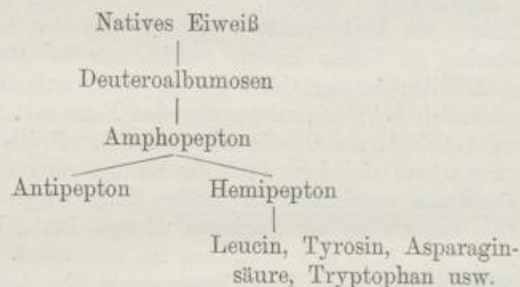
Das Ptyalin des Speichels ist durch die Salzsäure des Magensaftes zerstört worden; allein reichlicher noch als im Speichel findet sich Ptyalin im Pankreassaft. Die Bedingungen seiner Wirkungsweise sind durch den Zutritt alkalischer Säfte wieder hergestellt, und die im Munde begonnene, anfangs noch im 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 kommt in der Pankreasdrüse nicht als solches vor, sondern als Zymogen, aus dem es bei der Absonderung des Saftes, wie bei Einwirkung von Wasser, Säuren oder Alkohol abgespalten wird.

<sup>1</sup> Pflügers Arch. 1883. 29, 509. — <sup>2</sup> Stadelmann fand in der innerhalb 24 Stunden von Hunden ausgeschiedenen normalen Galle nur 0.16 g Bilirubin. — <sup>3</sup> Üb. die giftige Wirkung des Bilirubins bei der Gelbsucht. 1889; Ctrbl. f. klin. Med. 11, 491.

Es 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 (*θρύπτουσαι* = 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. Otto,<sup>1</sup> R. Neumeister<sup>2</sup>). Durch weitere Einwirkung des Saftes werden dann Peptone gebildet, und zwar nach Kühnes Untersuchungen<sup>3</sup> zwei Arten von Peptonen, von welchen die eine Art, das Hemipecton, weiter in Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Tryptophan<sup>4</sup> usw. zerfällt, 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:



Wie bereits früher erwähnt, ist es durch die Untersuchungen von M. Siegfried (Arch. f. Anat. u. Phys., physiol. Abt. 1894, 41; Ztschr. physiol. Chem. 1899. **27**, 335) sowie P. Balke (Ztschr. physiol. Chem. 1896. **22**, 248) zweifelhaft geworden, ob das Antipepton Kühnes überhaupt noch ein echter Eiweißstoff ist. Nach ihnen ist das Antipepton Kühnes ein einheitliches Individuum und ident mit der von Siegfried im Fleischextrakte, in der Milch usw. entdeckten Fleischsäure, einer einbasischen Säure, deren chemische Eigenschaften und Zusammensetzung mit denen des Antipeptons übereinstimmen. Demnach würde bei starker Trypsinverdauung überhaupt kein Pepton entstehen, sondern einfache Spaltungsprodukte; als echtes Pepton wäre nur das bei der Pepsinverdauung entstehende Amphopepton anzusehen, das auch die Millonsche Reaktion gibt, nicht aber das Antipepton.

<sup>1</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1883. **8**, 133. — <sup>2</sup> Ztschr. f. Biologie 1887. **23**, 398 u. 1890. **26**, 345. — <sup>3</sup> Virchows Arch. 1867. **39**, 130; Jahresber. d. ges. Med. 1867. **1**, 183; W. Kühne u. R. H. Chittenden, Ztschr. f. Biol. 1884. **20**, 46. — <sup>4</sup> 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 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.

Nach Fr. Kutschers Untersuchungen (Endprodukte der Trypsinverdauung. Habilitationsschr. Marburg 1899; Ztschr. physiol. Chem. 1899. **28**, 88; Berl. Ber. 1900. **33**, 3457) 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.

M. Siegfried (Berl. Ber. 1900. **33**, 2851. 3564; Ztschr. physiol. Chem. 1902. **35**, 164) hat indessen seine früheren Angaben bestätigt gefunden. Antipepton und Fleischsäure sind ident; es gibt sogar zwei Fleischsäuren, beide Säuren sind einbasisch; sie geben die Biuret-, nicht die Millonsche Reaktion; sie sind optisch aktiv (linksdrehend); infolge ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung des Trypsins — die Einwirkung des Trypsins auf die Protein-substanzen dauerte bei Siegfrieds Versuchen 8 Wochen — tragen diese durch das Fehlen der Tyrosingruppe scharf gekennzeichneten Peptone die Bezeichnung „Antipeptone“ mit Recht.

Siehe noch: M. Siegfried, Ztschr. physiol. Chem. 1903. **38**, 259. — Fr. Müller, das. 1903. **38**, 265.

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. Ogata<sup>1</sup>). 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. Hart<sup>2</sup>).

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 Seifenmolekülen befinden. Die ganze Fettmasse erleidet nun, wesentlich gefördert durch die sich entwickelnde Kohlensäure, eine Zerstäubung in feinste Partikelchen (J. Gad<sup>3</sup>). 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.

Zur Frage der Fettersorption siehe noch: J. Munk, Ctrbl. Physiol. 1900. **14**, 121. 153. — V. Henriques u. C. Hansen, Ctrbl. f. Physiol. 1900. **14**, 313. — E. Pflüger, Pflügers Arch. 1900. **80**, 161; 1900. **81**, 375; 1900. **82**, 303. 381; 1901. **86**, 1; 1902. **88**, 299. 431; 1902. **89**, 211.

<sup>1</sup> Arch. f. Anat. u. Physiol. 1883, 91. — <sup>2</sup> Ztschr. f. Biologie 1889. **25** (N. F.) 7, 388. — <sup>3</sup> Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878, 187.

Die Nukleine werden durch den Pankreassaft und den alkalischen Darmsaft, wie es scheint, ohne Veränderung gelöst und wenigstens teilweise resorbiert (G. Gumlich<sup>1</sup>).

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 Milchsucker, in die betreffenden Monosaccharide spaltet. Durch seinen Mucingehalt 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.

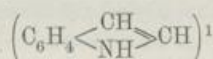
Mit den Nahrungsmitteln werden gleichzeitig eine große Menge von Mikroorganismen verschluckt, welche ihre Tätigkeit bereits im oberen Teile des Dünndarms beginnen, wo die ihnen in ihrer Entwicklung hinderliche Salzsäure neutralisiert wird; ihr eigentliches Wirkungsgebiet ist der untere Teil des Dünndarms, 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 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 wengleich 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

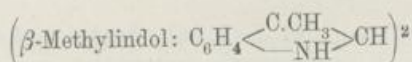
<sup>1</sup> Ztschr. physiol. Chem. 1893. 18, 508.

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 abgesonderten Fermenten. 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 Oxyssäuren und weiter in Phenole.

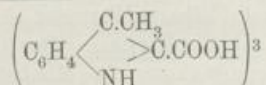
Neben der Bildung von Tyrosin und seinen Abkömmlingen beobachtet man bei der Einwirkung von Fermentorganismen auf Eiweißstoffe stets das Auftreten von Verbindungen der aromatischen Reihe, die nicht in direkter Beziehung zum Tyrosin stehen, das Indol:



das Skatol:



und die Skatolkarbonsäure:



E und H. Salkowsky<sup>4</sup> haben ferner als konstante Produkte der Eiweißfäulnis nachgewiesen die Phenylpropionsäure (Hydrozimtsäure:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$ ) und die Phenylelessigsäure ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_2\text{—COOH}$ ).

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

<sup>1</sup> 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. — <sup>2</sup> L. Brieger, Journ. f. prakt. Chem. N. F. **17**, 124—138. — <sup>3</sup> 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 Skatolelessigsäure, wo er früher Skatolkarbonsäure fand. — <sup>4</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1885. **9**, 491.

werden nicht oxydiert, sondern treten als solche oder nur wenig verändert im Harn wieder zutage.

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.

Siehe auch: J. König, A. Spieckermann u. A. Olig: Über die Zersetzung der Proteinstoffe durch Bakterien. *Ztschr. f. Unters. v. Nahr.- u. Genußm.* 1903. **6**, 204.

Die Umwandlung der Kohlenhydrate wird ebenfalls durch die Lebenstätigkeit von Mikroorganismen unterstützt, von denen einige auch diastatische Fermente absondern. Nach Wortmann<sup>1</sup> 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. Tappeiner<sup>2</sup>, F. Hoppe-Seyler<sup>3</sup>).

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

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.

<sup>1</sup> *Ztschr. f. physiol. Chem.* 1882. **6**, 287. — <sup>2</sup> *Ztschr. f. Biolog.* 1884. **20**, 52; 1888. **24**, 105. — <sup>3</sup> *Ztschr. f. physiol. Chem.* 1886. **10**, 401.



## 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 Milchbrustgange (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 Saugadernsystems 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

95% H<sub>2</sub>O  
5% Lymphe

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

*87% 420*  
*20% Fettgehalt*  
*10mm - 5-6 Fibrinogen*  
*mit 300 etc. Blutkörperchen*  
*Blutplasma*  
*in 100*  
*Blutkörperchen*  
*in 100*

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 Mit-hilfe von Kalksalzen zum wirksamen Thrombin wird.<sup>1</sup>

*hängt die Gerinnung ab*

<sup>1</sup> Vergl. Alex. Schmidt: Zur Blutlehre, Leipzig 1892; sowie: Weitere Beiträge zur Blutlehre, Wiesbaden 1895; Ol. Hammarsten, Ztschr. f. physiol. Chem. 1896. 22, 333 u. 1899. 28, 98.

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 Säugtieren (mit Ausnahme des Lamas, Kamels und deren Verwandten) runde, beiderseitig ausgehöhlte (bikonkave) kern- und membranlose Scheibchen, deren Durchmesser 0.006 – 0.008 mm beträgt.<sup>1</sup> Die Menge der roten Blutkörperchen wechselt bei den verschiedenen Tieren.<sup>2</sup> Unter dem Mikroskop betrachtet, sieht man die Blutkörperchen manchmal geldrollenähnlich aneinandergelegt.

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 usw.). 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 Kohlenoxydhämoglobin (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 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

<sup>1</sup> Die mehr oder weniger elliptisch geformten Blutkörperchen des Lamas usw., der Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische (mit Ausnahme der Rundmäuler) sind meist kernhaltig. — <sup>2</sup> 1 cem menschliches Blut enthält 4–5 Mill. solcher Blutzellen; bei Gebirgsbewohnern wurden 7–8 Mill. beobachtet.

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, lebhaftere 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 % Serunglobulin;
2. Fette, Fettsäuren, Cholesterin, Lecithin (0.1—0.2 %);
3. Traubenzucker, nach J. Seegen 0.14—0.15 %;<sup>1</sup>
4. sog. Extraktivstoffe: Kreatin, Kreatinin, Sarkin, Harnstoff, Harnsäure;
5. Salze, besonders Kochsalz und kohlensaures Natrium;
6. Wasser;
7. Gase: Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff.

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

<sup>1</sup> Pflügers Arch. f. Physiol. 1886, 348.

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.<sup>1</sup> 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. *Zusatz (aus dem Text): Leber.*

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 abgezweigt, 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, 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

<sup>1</sup> Das sauerstofffreie Erstickungsblut ist noch dunkler, fast schwarz gefärbt.

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 Vorgänge<sup>1</sup> — 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. Mering<sup>2</sup> 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 Frage 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 gewebbildenden 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.

Die hier stattfindenden Prozesse haben den Charakter der hydrolytischen Synthese (Bildung von komplizierten Körpern aus einfachen unter Austritt von Wasser), im Gegensatze zu der bei der Verdauung

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

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. Bauer<sup>1</sup> 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 Eieralbumin, Kasein, Hämoglobin, Glutin.<sup>2</sup>

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. Hofmeister<sup>3</sup>), 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 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-

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

schleimhaut entstandenen, noch unbekanntem Umwandlungsprodukte der Peptone einen Teil des sog. Organeiwisses.

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. Radziejewski<sup>1</sup>).

Siehe noch: J. Munk, *Ctrlbl. Physiol.* 1900. **14**, 121. 153; E. Pflüger, *Pflügers Arch.* 1900. **82**, 303; V. Henriques u. C. Hansen, *Ctrlbl. Physiol.* 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. Bernhard<sup>2</sup>). 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.<sup>3</sup>

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 usw. Weiter enthält der Kot die nicht resorbierten 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),

<sup>1</sup> *Ctrlbl. f. d. med. Wiss.* 1866, Nr. 23; *Virchows Arch.* 1868. **43**, 268 und 1872. **56**, 211. — <sup>2</sup> *Nouvelle fonction du foie etc.*, Paris 1853. — <sup>3</sup> 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 usw.; die oben angeführten sind aber die hauptsächlichsten.



flüchtige Fettsäuren (Valeriansäure, Kapronsäure usw.) werden im Kot ausgeschieden. Endlich enthält der Kot noch zahlreiche Spaltpilze. W. Sucksdorff<sup>1</sup> fand bei gewöhnlichem Essen und Trinken pro 1 mgr Kot 25 000—230 4347 Kolonien.<sup>2</sup>

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 usw.), Oxalsäure (an Kalk gebunden), Oxalursäure (als oxalursaures Ammon), Allantoin, flüchtige Fettsäuren, Milchsäure, Kohlenhydrate, Glycerinphosphorsäure, Ätherschwefelsäuren (Phenol-, Parakresol-, Indoxyl-, Skatoxyl-, Brenzkatechinschwefelsäure), 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. Garrod<sup>3</sup>), ferner enthält frischer Harn stets kleine Mengen von Hämatoporphyrin (durch Wasseraufnahme und Eisenabspaltung aus dem Hämatin entstanden, isomer mit Bilirubin); häufig auch Uroerythrin.

In gestandenem, dem Licht ausgesetztem Harn findet sich regelmäßig Urobilin, ein gelber Farbstoff, der unter dem Einflusse von

<sup>1</sup> Arch. f. Hyg. 1886. 4, 355. — <sup>2</sup> Über die Spaltpilze der Fäces siehe: Th. Escherich, Die Darmbakterien usw., Stuttgart, Ferd. Enke, 1886. — B. Bienstock, Ztschr. f. klin. Med. 8, 1. — H. Hammerl, Ztschr. f. Biol. 1897. 35, 355 (hier weitere Literatur!). — <sup>3</sup> Proceed. of the Roy. Soc. 1894. 55, 394; Journ. of Physiol. 1895. 17, 441; Journ. of Pathol. and Bakteriologie. 1896. 3, 103.

Luft und Licht aus einem Chromogen, dem Urobilinogen hervorgeht (Saillet<sup>1</sup>).

Endlich finden sich im Harn 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 <sub>3</sub> ) . . .	1.5—3.0 g <sup>2</sup>
Hippursäure i. M.	0.7 g	Phosphorsäure (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) . . .	1—8 g
Xanthinstoffe . .	15.6—45 mg	Kali (K <sub>2</sub> O) . . . . .	2.3—3.9 g
		Natron (Na <sub>2</sub> 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 kohlen-saure Alkalien in den Harn, der dann alkalisch wird.

Der Harn von Kranken zeigt manchmal anormale 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 kohlen-saures Ammon über, infolgedessen die saure Reaktion des Harns in die alkalische übergeht und der Harn durch Ausscheidung von harn-saurem Ammon oder Ammonium-Magnesium-Phosphat trübe wird.

3. Der **Atmungsprozeß**. Wie bereits bei der Besprechung des Blutkreislaufes erwähnt wurde, wird das auf seinem Wege durch den großen Kreislauf veränderte, dunkelrote, kohlen-säurereiche Blut aus der rechten Herzkammer durch die Lungenarterien in die Lungen getrieben.

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

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 Röhrcn 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 übereinanderliegenden 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 Röhrcn verzweigend. Die mikroskopisch kleinen Röhrcn schließen mit je einem kleinen ausgebuchteten Bläschen (Alveole) ab, das aus einem zarten Häutchen besteht, durch welches die Luft leicht diffundiert. Außer den Luftröhrcn 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 Luftröhrcn in möglichst naher Berührung, so daß ein leichter Austausch der Gase ermöglicht ist. Weil die Kohlensäure des venösen Blutes unter einem größeren Drucke steht, als die in der Luft der Lungenröhrcn, so tritt sie leicht in die Lunge über, wogegen das seines Sauerstoffs beraubte Hämoglobin mit Begierde seinen Sauerstoffgehalt aus der Luft der Lungenröhrcn wieder ersetzt.

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

	Einatemungsluft	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 gesättigt; auch geringe Mengen Ammoniakgas sind in der ausgeatmeten

Luft nachgewiesen; zuweilen enthält dieselbe noch flüchtige Substanzen aus der eingenommenen Nahrung (Alkoholdämpfe).

Der mittlere menschliche Organismus macht täglich 17—18 000 Atemzüge; mit jedem Atemzuge werden etwa  $\frac{1}{2}$  Liter Luft ein- und ausgeatmet.

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. Schierbeck<sup>1</sup>). Mit zunehmender Temperatur steigt die Menge der durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäure (H. Aubert,<sup>2</sup> A. Röhrig,<sup>3</sup> S. Fubini und J. Ronchi<sup>4</sup>). 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 anheimfallen; 2. die Verrichtung mechanischer Arbeit des Körpers durch Reibung (Reibung des zirkulierenden Blutes an den Herz- und Gefäßwänden, der Knochen in den Gelenken, der Haut an den Kleidern usw.); 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

<sup>1</sup> Du Bois' Arch. 1893, 116. — <sup>2</sup> Pflügers Arch. 1872. **6**, 539. — <sup>3</sup> Deutsche Klinik 1872, 209. — <sup>4</sup> Moleschotts Untersuchungen zur Naturlehre 1878. **12**, 100.

(Arbeit, Gehen, Laufen usw.), dann die sog. automatischen Bewegungen der Atmung und des Herzmuskels. Weiter dient die Wärmeerzeugung 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  $37^{\circ}\text{C}$ . Da die den Körper umgebenden Medien (Kleider, Luft usw.) 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 (eingeatmete 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:<sup>1</sup>

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, einestheils 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.

<sup>1</sup> Hermann, Lehrb. d. Physiol. 252.

Beschleunigtes Atmen erhöht die Wärmeabgabe durch die Lungen. 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  $1^{\circ}$  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-haltigen, 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 angesetztten 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.<sup>1</sup>

## 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. Voit<sup>2</sup> 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.<sup>3</sup> Außerdem hatte der Körper 889 g Wasser abgegeben, so daß derselbe also am ersten Hungertage gelebt hatte auf Kosten von 78 g Eiweiß (370 g Fleisch), 215 g Fett und 889 g Wasser.

J. Ranke<sup>4</sup> 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. Müller<sup>5</sup> 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	„

<sup>1</sup> 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. — <sup>2</sup> Ztschr. f. Biologie 1866. 2, 478 u. 1869. 5, 369. — <sup>3</sup> Die Fette enthalten i. Mittel 76.5 % C;  $C \times \frac{100}{76.5}$  oder 1.3 = Fett. — <sup>4</sup> Ranke, Ernährung des Menschen, 1876, 210. — <sup>5</sup> 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. — Ferner siehe: E. Abderhalden, P. Bergell und Th. Dörpinghaus, Verhalten des Körpereiwisses im Hunger. Ztschr. physiol. Chem. 1904. 41, 153.

## 2. Alleinige Zufuhr von Eiweiß.

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

Voit<sup>1</sup> 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,

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biologie 1867. 3, 5; v. Voit, Physiol. d. allg. Stoffwechsels, 105.



wie er beim Hunger stattfindet, immer geringer. Bei weiterer Steigerung 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		voraufgegangen
	verbraucht <sup>1</sup>	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 fettarmer.

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

<sup>1</sup> 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. Voit<sup>1</sup> 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.

<sup>1</sup> 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. Ranke<sup>1</sup> 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 = 592 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. Munk<sup>2</sup>).

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 Kohlenhydrate enthält.

<sup>1</sup> J. Ranke: Die Ernährung d. Menschen 1876, 224; Munk u. Uffelmann l. c. 33. — <sup>2</sup> Berl. klin. Wochenschr. 1885, Nr. 13.

Alle in der  
 Peptone sind  
 Albumosen  
 Peptone sind  
 Albumosen

### 3. Zufuhr von Pepton.

v. Voit ist der Ansicht, daß das dargereichte 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. Zuntz<sup>1</sup>, S. Pollitzer<sup>2</sup>, v. Gerlach<sup>3</sup> und E. Pfeiffer<sup>4</sup> 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.<sup>5</sup> Die leimgebenden Gewebe wirken ebenfalls eiweißersparend, sind aber auch nicht imstande, den Eiweißverlust des Körpers ganz zu verhüten und das Eiweiß völlig zu ersetzen.<sup>6</sup>

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

### 5. Stoffverbrauch bei alleiniger Zufuhr von Fett oder Kohlenhydraten.

#### 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

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

tritt kaum eine Verminderung, bei größeren Fettgaben sogar eine kleine 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.<sup>1</sup>

#### b) Zufuhr von Kohlenhydraten.

Auch durch ausschließliche Zufuhr von Kohlenhydraten 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 Kohlenhydraten nie ganz auf. Die Fettabgabe wird jedoch allmählich geringer, bis zuletzt bei einer gewissen Menge von Kohlenhydraten kein Fett mehr vom Körper abgegeben wird; bei sehr reichlicher Darreichung von Kohlenhydraten kann, ebenso wie bei reichlicher ausschließlicher Fettzufuhr, sogar ein geringer Fettansatz sich einstellen.<sup>2</sup>

Die von J. Ranke<sup>3</sup> beim Menschen angestellten Versuche ergaben dasselbe Resultat, wie die Tierversuche.

#### 6. Zufuhr von Eiweiß und Fett.<sup>4</sup> α) 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<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, sie kann jedoch bis zu 15<sup>0</sup>/<sub>10</sub> 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

<sup>1</sup> Voit, Ztschr. f. Biol. 1869. 5, 329; Pettenkofer u. Voit, ebenda, 388.

— <sup>2</sup> Voit, Ztschr. f. Biol. 1869. 5, 431; Pettenkofer u. Voit, ebenda, 435. —

<sup>3</sup> J. Ranke: Die Ernährung des Menschen, München 1876, 220. — <sup>4</sup> Bischoff u. Voit: Die Gesetze d. Ernährung des Fleischfressers, 1860, 97; Voit, Ztschr. f. Biol. 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 Genusse 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. Rubner<sup>1</sup> 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 Voit<sup>2</sup> 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 umso mehr, 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

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1879. 15, 122. — <sup>2</sup> 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 Fettsäuren<sup>1</sup> und wahrscheinlich auch das Glycerin auf den Eiweißzerfall.

### 7. Zufuhr von Eiweiß und Kohlenhydraten.<sup>2</sup>

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

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	Kohlenhydrate	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 Kohlenhydraten eine bedeutend geringere, ja eine an sich ungenügende 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 Kohlenhydraten kann einen sehr beträchtlichen Fleischansatz zur Folge haben. Gibt man mittlere Eiweißmengen und viele Kohlenhydrate, so währt der Fleischansatz längere Zeit fort. Die Ersparung von Eiweiß durch Kohlenhydrate beträgt im Mittel 9 0/0.

Jede Vermehrung der Kohlenhydrate 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	Kohlenhydrate	zersetzt	am Körper
500	100	537	— 37
500	200	505	— 5
500	300	466	+ 34

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

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

Nahrung		Fleisch	
Fleisch	N-freie Nahrung	zersetzt	am Körper
500	250 Fett	558	- 58
500	200 Kohlenhydrate	505	- 5
500	300 "	466	+ 34
800	250 "	745	+ 55
800	200 Fett "	773	+ 27
2000	250 Kohlenhydrate	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 Kohlenhydraten als ein eiweißarmer; der Eiweißumsatz ist abhängig von der Größe der vorausgegangenen Eiweißzufuhr (C. v. Voit<sup>1</sup>).

Nahrung		Nahrung vorher		Fleischumsatz
Fleisch	Kohlenhydrate	Fleisch	Kohlenhydrate	
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 Kohlenhydraten beeinflusst wird, zeigen folgende Versuche von Pettenkofer und Voit<sup>2</sup>.

Nr.	Nahrung		Änderung am Körper		Ausgeschied. Kohlensäure
	Fleisch	Kohlenhydrate	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

<sup>1</sup> Phys. d. allg. Stoffwechsels, 141. — <sup>2</sup> Pettenkofer u. Voit, Ztschr. f. Biol. 1873. 9, 505.



Die Kohlenhydrate vermindern demnach nicht nur die Eiweißzersetzung, 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 Kohlenhydrate vertreten, war man zu verschiedenen Zeiten verschiedener Ansicht. J. v. Liebig war der Ansicht, daß die Kohlenhydrate 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. Kohlenhydraten. Pettenkofer und Voit<sup>1</sup> leiteten später aus ihren Versuchen ab, daß 100 T. Fett äquivalent seien 175 T. Kohlenhydrate. Die neueren Untersuchungen von M. Rubner<sup>2</sup>, ferner von Th. Pfeiffer und F. Lehmann<sup>3</sup> haben jedoch die Richtigkeit der Liebigschen Anschauung dargetan. Fett und Kohlenhydrate vertreten sich in dem Verhältnis, wie sie bei der Oxydation Wärme liefern; 100 T. Fett sind in bezug auf die Verhütung des Fettverlustes bzw. die Erzielung von Fettansatz gleichwertig mit 240 T. Kohlenhydraten.

#### 8. Überernährung, Unterernährung.

Überernährung, Mastkur nennt man eine den Bedarf übersteigende Aufnahme von Nährstoffen, welche einen Ansatz von Fleisch und Fett am Körper bezweckt. Die Überernährungskost enthält vor allem viel Fett und Kohlenhydrate. Anstrengende Muskeltätigkeit ist bei der Mastkur zu vermeiden; mäßige Bewegung im Freien und eine ruhige Lebensweise beeinflussen die Kur im günstigen Sinne.

Die Unterernährung, Entfettungskur geht auf eine Entfettung des Körpers aus. Hierfür gibt L. Landois<sup>4</sup> folgende Regeln: Gleichmäßige Enthaltung aller Nahrungsmittel, jede einseitige Kostbeschränkung ist nachteilig. Enthaltung des Genusses von Flüssigkeiten bei der Mahlzeit. Steigerung der Muskeltätigkeit durch Bewegung und Arbeit. Beförderung der Wärmeabgabe durch kalte Bäder, leichte Bekleidung, kühle und kurze Bettruhe. Anwendung schwacher Abführmittel.

Näheres siehe: F. Hirschfeld: Die Anwendung der Über- und Unterernährung, Frankfurt 1897, und: Nahrungsmittel und Ernährung, Berlin 1900. — A. Hoffmann u. E. v. Leyden: Handb. d. Ernährungstherapie. Leipzig 1898. I. Bd. 2. Abt. 535.

#### 9. Zufuhr von Wasser.

Eine reichliche Aufnahme von Wasser bringt unter sonst gleichen Verhältnissen in der Mehrzahl der Fälle eine größere N- oder Harnstoffausscheidung hervor. Voit<sup>5</sup> teilt folgenden Versuch mit, den er mit

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1873. 9, 534. — <sup>2</sup> Ztschr. f. Biol. 1883. 19, 312. — <sup>3</sup> Journ. f. Landw. 1886. 34, 379. — <sup>4</sup> L. Landois: Lehrb. d. Physiol. des Menschen, Wien u. Leipzig 1900. — <sup>5</sup> Voit: Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes usw. 1860, 61.

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. Forster<sup>1</sup> 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

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. Schmidt<sup>2</sup>, von H. Oppenheim<sup>3</sup> und Jaques Mayer<sup>4</sup> 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

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1878. 14, 175. — <sup>2</sup> F. Bidder u. C. Schmidt: Die Verdauungssäfte u. d. Stoffwechsel 1852, 312. 343. — <sup>3</sup> Arch. f. d. ges. Physiol. 1880. 22, 49. — <sup>4</sup> Ctrbl. f. d. med. Wiss. 1880, Nr. 15.

Versuch), so ist wohl anzunehmen, daß diese Steigerung von vermehrtem Eiweißkonsum herrührt. Voit<sup>1</sup> hält letztere Ansicht für erwiesen, bestreitet jedoch nicht, daß auch etwa gleichzeitig in geringem Grade eine Ausspülung von Harnstoff stattfindet.

Nach R. O. Neumann<sup>2</sup> ist die durch plötzlich erhöhte Wasserzufuhr bedingte Stickstoffsteigerung im Harn als eine vermehrte Auslaugung der Gewebe anzusehen. Nach Alb. Spiegler<sup>3</sup> bewirkt eine Wasserentziehung von kurzer Dauer eine durch Verzögerung der Resorption verursachte Verminderung der Eiweißzersetzung; nach aufgehobener Wasserentziehung tritt wieder die normale Resorption ein und damit eine Steigerung der Stickstoffausscheidung. Bei länger dauernder Wasserentziehung tritt, meist nach vorangegangener geringer Verminderung des Eiweißzerfalles eine Steigerung desselben ein, die den Ansatz von Eiweiß behindern oder gänzlich aufheben kann.

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

#### 10. Zufuhr einiger Salze.

Die Wirkung einer Zugabe von Kochsalz auf den Stoffumsatz hat Voit<sup>4</sup> in einer 49 tägigen 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, wenngleich nicht sehr beträchtlich ( $-5\%$ ).

A. Dehn<sup>5</sup> hat nach Aufnahme von 2 g Chlorkalium an sich selbst ebenfalls eine Harnstoffvermehrung von 4 g nachgewiesen. Auch Weiske<sup>6</sup> 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 Versuche Voits, bei

<sup>1</sup> Voit: *Physiol. d. allgem. Stoffwechsels*, 156. — <sup>2</sup> *Arch. f. Hyg.* 1899. 36, 248. — <sup>3</sup> *Ztschr. f. Biol.* 1901. [N. F.] 23, 239. — <sup>4</sup> Voit: *Unters. über d. Einfluß d. Kochsalzes usw.* 1860, 29—66. — <sup>5</sup> *Arch. f. d. ges. Physiol.* 1876. 13, 367. — <sup>6</sup> *Journ. f. Landw.* 1874, 370.

welchem andauernd mehr Harnstoff ausgeschieden wurde, wohl geschlossen werden, daß die Salzzufuhr auch eine Steigerung des Eiweißumsatzes nach sich zieht.

Nach G. Bunge<sup>1</sup> bewirkt eine erhöhte Aufnahme von Kalisalzen eine erhöhte Ausscheidung von Natronsalzen und umgekehrt. Da nun die pflanzlichen Nahrungsmittel, speziell die Cerealien, Leguminosen, Kartoffeln usw., reich an Kalisalzen sind, ihr Gehalt an Kochsalz aber nicht genügt, um den gesteigerten Verlust an Natronsalzen zu decken, so ist bei vorwiegender Pflanzenkost eine Beigabe von Kochsalz notwendig, um dem Körper die für die Absonderung der Verdauungssäfte und für die Verdauung der Eiweißstoffe nötige Menge zuzuführen.

Nach Pugliese und Coggi<sup>2</sup> 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 (Voit<sup>3</sup>), Salmiak (Rabuteau<sup>4</sup>, L. Feder<sup>5</sup>, W. v. Knieriem<sup>6</sup>, E. Salkowski<sup>7</sup>, J. Munk<sup>8</sup>, A. Adamkiewicz<sup>9</sup>), Salpeter, essigsäures und phosphorsaures Natron (Salkowski<sup>10</sup>), Borax (M. Gruber<sup>11</sup>), Benzoesäure (E. Salkowski<sup>12</sup>), Salizylsäure und deren Salze (Wolfsohn, C. Virchow<sup>13</sup>).

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

Für den im Wachstum begriffenen jungen Körper ist zur Bildung des Knochen- und Zahngewebes eine genügende Zufuhr von Erdphosphaten von großer Bedeutung; auch das Eisen ist als wesentlicher Bestandteil des für die Sauerstoffzufuhr notwendigen Hämoglobins in der Nahrung unentbehrlich. Die Hämoglobinbildung wird durch Zufuhr von organischen und wie es scheint noch mehr von anorganischen Eisenpräparaten begünstigt.

Siehe noch: G. v. Bunge: Der Kalk- und Eisengehalt unserer Nahrung. Ztschr. f. Biol. 1901. [N. F.] **23**, 155; 1904. [N. F.] **27**, 532.

#### 11. Einfluß des Alkohols und einiger Alkaloide.

Nach den Beobachtungen von A. P. Fokker<sup>14</sup> und J. Munk<sup>15</sup>, welche mit Hunden im N-Gleichgewichtszustande arbeiteten, vermindern kleine und mittlere Gaben von Alkohol den Eiweißzerfall um 6—7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>;

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1873. **9**, 104; 1874. **10**, 111. — <sup>2</sup> Malys Jahresber. f. Tierchem. 1896. **26**, 729. — <sup>3</sup> Ztschr. f. Biol. 1865. **1**, 195. — <sup>4</sup> Union médicale 1871, 325. — <sup>5</sup> Sitzungsber. d. bayer. Akad. math. phys. G. 1876; Ztschr. f. Biol. 1877. **13**, 256 u. 1878. **14**, 161. — <sup>6</sup> Ztschr. f. Biol. 1874. **10**, 269; 1877. **13**, 36. — <sup>7</sup> Ctrbl. f. d. med. Wiss. 1875, 913; Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. **1**, 47. — <sup>8</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1878. **2**, 45. — <sup>9</sup> Arch. f. pathol. Anatomie 1879. — <sup>10</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. **1**, 46; 1878. **2**, 395; Arch. f. pathol. Anat. 1877, 500. — <sup>11</sup> Ztschr. f. Biol. 1880. **16**, 198. — <sup>12</sup> Ztschr. f. physiol. Chem. 1877. **1**, 45. — <sup>13</sup> Wolfsohn, Inaug.-Diss. Königsberg 1876; Ztschr. f. physiol. Chem. 1882. **6**, 78. — <sup>14</sup> Nederlandsch. Tijdschrift voor Geneeskunde 1871, 125. — <sup>15</sup> Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1878/79, Nr. 6.

größere Dosen jedoch, welche Betäubung hervorrufen, steigern die Eiweißzersetzung um 4–10%.

Nach Boeck und Bauer<sup>1</sup> bewirken kleinere Dosen bei Hunden eine Verminderung des Sauerstoffverbrauches um 18% und der Kohlen säureabgabe um 20%; größere Dosen, die jedoch noch nicht betäubend waren, hatten eine Steigerung beider Werte um 12–34% zur Folge. Auch G. Bodländer<sup>2</sup> beobachtete eine Herabsetzung des Sauerstoffverbrauches und Abnahme der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung, Geppert<sup>3</sup> dagegen konnte keine nennenswerte Änderung der Sauerstoffaufnahme und CO<sub>2</sub>-Ausscheidung beobachten. Fütth<sup>4</sup> konstatierte eine ziemlich beträchtliche Abnahme beider. E. A. Parkes und Wollawicz<sup>5</sup> sahen beim Menschen bei kleinen Gaben eine appetitanregende Wirkung, bei größeren eine den Appetit vermindernde; einen Einfluß auf den Eiweißumsatz konnten sie nicht nachweisen. Obernier<sup>6</sup> beobachtete nach kleiner Alkoholgabe eine Verminderung der Harnstoffausscheidung.

Nach R. O. Neumann<sup>7</sup> wird, sobald einem Körper, der bislang genügende Nahrung erhielt, ein Teil des eiweißsparenden Fettes entzogen wird, eine größere Menge N aus angegriffenem Körpereiß ab geschieden. Wird nun das der Nahrung entzogene Fett durch eine gleichwertige Menge Alkohol ersetzt, so tritt wieder N-Gleichgewicht ein. Alkohol kann also Fett vertreten und in mäßigen Mengen als Nahrungsmittel angesehen werden. Der regelmäßige Genuß größerer Mengen ist aber bekanntlich von den nachteiligsten Folgen begleitet, besonders wenn gleichzeitig die Nahrungszufuhr vernachlässigt wird.

Siehe auch: Rud. Rosemann, Pflügers Arch. 1901. **86**, 307; 1903. **94**, 557; 1904. **100**, 348. — E. Ducleaux, Ann. Inst. Pasteur 1902. **16**, 807; Wochenschr. f. Brauerei. 1903. **20**, 97. — W. Caspari, Wochenschr. f. Brauerei. 1903. **20**, 8. — L. Schnyder, Pflügers Arch. 1903. **93**, 451.

Über die Wirkung des Koffeins, des wirksamen Prinzipes des Kaffees und des Tees, hat Voit<sup>8</sup> 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 Stickstoffgehalte des Kaffees her.

E. Roux<sup>9</sup> und A. Dehn<sup>10</sup> haben bei Versuchen am Menschen eine geringere Steigerung der Harnstoffausscheidung beobachtet; Rabuteau<sup>11</sup> dagegen will eine Verminderung der Harnstoffabgabe gesehen haben.

Ohne Zweifel bringen Kaffee und Tee im Organismus eine Änderung

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1874. **10**, 361. — <sup>2</sup> Ztschr. klin. Med. **11**, 548. — <sup>3</sup> Arch. f. experim. Pathologie **22**, 367. — <sup>4</sup> Fütth: Einfl. d. Weingeistes auf die Sauerstoffaufnahme, Diss. 1885. — <sup>5</sup> Proceedings of the Roy. Society **18**, 362 u. **19**, 73. — <sup>6</sup> Arch. f. d. ges. Physiol. 1869. **2**, 508. — <sup>7</sup> Arch. f. Hyg. 1899. **36**, 1; Münchener med. Wochenschr. 1901. **48**, 1126. — <sup>8</sup> Voit: Unters. üb. d. Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees usw. München 1860, 67. — <sup>9</sup> Compt. rend. 1873. **77**, 365. — <sup>10</sup> Dehn: Üb. d. Ausscheidung der Kalisalze, Inaug.-Diss. Rostock 1876; Arch. f. ges. Physiol. 1876. **13**, 367. — <sup>11</sup> Compt. rend. 1870. **71**, 426 u. 732; 1873. **77**, 489.

hervor, die das Nervensystem anregt, ohne daß sie den Stoffverbrauch wesentlich alterieren.

### 12. 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 Seguin<sup>1</sup>, später von K. Vierordt<sup>2</sup> und von Scharling<sup>3</sup> geliefert. Die beiden erstgenannten Forscher haben nachgewiesen, daß beim arbeitenden Menschen eine vermehrte Sauerstoffaufnahme stattfindet; 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 Voit<sup>4</sup>, 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		Harnmenge	Harnstoff	Fleischumsatz		
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

<sup>1</sup> 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. — <sup>2</sup> Vierordt: Physiol. d. Atmens 1845; Arch. f. physiol. Heilkunde 3, 536; Wagners Handwörterbuch d. Physiol. 1844. 2, 828. — <sup>3</sup> Ann. d. Chem. u. Pharm. 1843. 45, 214; Journ. f. prakt. Chem. 48, 435. — <sup>4</sup> Voit, Unters. üb. d. Einfluß d. Kochsalzes usw.; Ztschr. f. Biol. 1866. 2, 339.

Ein zweiter Versuch mit einem älteren, fetteren hungernden Hunde und unter starker Anstrengung (8 stündiges 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	„

Später von Pettenkofer und Voit<sup>1</sup> 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. Wislicenus<sup>2</sup>, 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 6 stündigen 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. Forster<sup>3</sup> 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. Oppenheim<sup>4</sup> dann beobachten, wenn Atembeschwerden eintraten, z. B. bei schnellem Bergsteigen usw.; die gleiche Steigerung des Eiweißzerfalles tritt nach A. Fränkel<sup>5</sup> bei Einatmung von Kohlenoxyd, allgemein bei jeder verminderten Sauerstoffzufuhr ein.

Wie bereits angeführt wurde, hatten Vierordt und Scharling bei der Muskeltätigkeit eine vermehrte Kohlensäureausscheidung be-

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

obachtet; 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 Voit<sup>1</sup> haben durch zahlreiche Versuche nachgewiesen, daß, während der Eiweißzerfall bei der Arbeit keine wesentliche Steigerung erfährt, der Gaswechsel infolge der Muskeltätigkeit bedeutend zunahm. Sie fanden bei einem 70 kg schweren Manne in der Ruhe, wie bei 8—10 stündiger Arbeit, bei Hunger wie bei gemischter Kost den täglichen Eiweiß- und Fettverbrauch wie folgt:

		Verbrauch an		Kohlenhydrate zersetzt	Kohlens. ausgeschied.	Sauerstoff aufgenommen.	Wasser ausgehaucht
		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 Kohlenhydrate 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, so daß nun auch die N-Ausscheidung gesteigert erscheint.

So erklären sich auch die Versuche von F. W. Pavy<sup>2</sup> und Flint<sup>3</sup> 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. Wolff<sup>4</sup> ausgeführten Versuche, bei welchen gleichmäßig gefütterte Pferde in den letzten Arbeitsperioden mehr Stickstoff ausschieden als im Anfange der Arbeit, sind von J. Forster<sup>5</sup> in obigem Sinne (indirekter Einfluß der Arbeit auf den Eiweißverbrauch) gedeutet worden.

Die Muskelarbeit 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.

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1866. 2, 538. — <sup>2</sup> Lancet 1876 u. 1877. — <sup>3</sup> Journ. of Anat. and Physiol. 1877, 91. — <sup>4</sup> Preuß. landw. Jahrb. 1880, 701. — <sup>5</sup> Deutsche Ztschr. f. Tiermedizin 1878. 3, 302.



Neuerdings glaubten wieder P. Argutinsky<sup>1</sup> und E. Pflüger<sup>2</sup> durch Versuche nachgewiesen zu haben, daß gerade umgekehrt die Eiweißstoffe in erster Linie die Quelle der Muskelkraft bilden.

J. Munk<sup>3</sup> und J. Hirschfeld<sup>4</sup> zeigten jedoch, daß die Versuche Argutinskys nicht mit den nötigen Kautelen gemacht wurden, indem die aufgenommene Nahrung im Verhältnis zur geleisteten Arbeit eine 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 Muskelarbeit weder bei eiweißreicher, noch bei eiweißarmer Nahrung, wenn letztere nur an sich reichlich war, eine gesteigerte Stickstoffausscheidung herbeiführen können.

Wenngleich nun die Muskelarbeit als solche mit der Eiweißzersetzung nicht im Zusammenhange steht, auch keine vermehrte Eiweißzersetzung 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<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) aus Eiweiß bestehen, nehmen infolge der größeren Anstrengung an Masse zu, es erfolgt Eiweißansatz, der Gesamtkörper wird eiweißreicher. Damit nun dieser Zustand erhalten bleibe, damit die Muskulatur ihre Leistungsfähigkeit nicht einbüße, ist eine reichlichere Eiweißzufuhr erforderlich. 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 Produktion 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 Individuum (Fr. Hofmann<sup>5</sup>).

Geistige Tätigkeit übt auf den Stoffverbrauch nach Untersuchungen von C. Speck<sup>6</sup> 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, Liebermeister<sup>7</sup>). Nach Versuchen von Pettenkofer und Voit<sup>8</sup> ist der Eiweißzerfall während des Schlafes derselbe wie im wachen Zustande,

<sup>1</sup> Pflügers Archiv 1889. 48, 552. — <sup>2</sup> Pflügers Archiv 1891. 50, 98. — <sup>3</sup> J. Munk, Über Muskelarbeit und Eiweißzerfall; Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1890, Nr. 12. — <sup>4</sup> Virchows Archiv 1890. 111, 501. — <sup>5</sup> Fr. Hofmann: Die Fleischnahrung, Leipzig 1880. — <sup>6</sup> Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakologie 1881, 81. — <sup>7</sup> Siehe Voit, Handb. d. Physiol. p. 204. — <sup>8</sup> Ztschr. f. Biol. 1866. 2, 545.

sobald der Einfluß der Nahrung aufgehoben ist; dagegen wird während des Schlafes weniger Fett zersetzt, in Übereinstimmung mit der Tatsache, daß bei der Arbeit zwar nicht mehr Eiweiß, wohl aber mehr Fett der Zerstörung anheimfällt.

### 13. Einfluß der Temperatur der umgebenden Luft.

Der Eiweißverbrauch wird weder durch Kälte noch durch Wärme wesentlich geändert; eine Erniedrigung der Außentemperatur hat eine Zunahme der Kohlensäureausscheidung, einen gesteigerten Fettverbrauch zur Folge. Es beweisen das die Versuche von Voit und Herzog Carl Theodor in Bayern<sup>1</sup>, welche an einem 71 kg schweren Manne in der Ruhe und im Hungerzustande ausgeführt wurden.

Außen- temperatur	Ausgeschied. CO <sub>2</sub>	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 auszuscheiden 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.

Siehe noch: K. E. Ranke: Nahrungsbedarf im Winter und Sommer des gemäßigten Klimas. Ztschr. f. Biol. 1900. [N. F.] 22, 288.

## IX. Nahrung des Menschen.

Die allgemeinen Anforderungen, welche wir an die Kost des Menschen zu stellen haben, faßt v. Voit<sup>2</sup> in folgenden Sätzen zusammen:

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

<sup>1</sup> Ztschr. f. Biol. 1878. 14, 51, 57. — <sup>2</sup> v. Voit l. c. 495.

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 Nahrung zugeführt werde, muß von jedem der Nahrungsstoffe soviel verabreicht 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 Kohlenhydrate 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 Kohlenhydraten) wie alleiniger Ernährung mit Fleisch (Verschwendung von Eiweiß, unzureichende Zufuhr von Fett und Kohlenhydraten, Neigung zur Verstopfung) verhütet.

3. Die Nahrungsstoffe müssen aus dem Darmkanal in die Säfte aufgenommen werden können. Die eingenommenen Nahrungs-

stoffe 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 usw.) 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 usw. 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.