

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

I

L. inw.

~~370~~

352

istesswelt

W. Löb
Einführung
in die Biochemie

Zweite Auflage



B. G. Teubner. Leipzig. Berlin

Die Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt“

nummehr über 800 Bände umfassend, bietet wirkliche „Einführungen“ in abgeschlossene Wissensgebiete für den Unterricht oder Selbstunterricht des Laien nach den heutigen methodischen Anforderungen und erfüllen so ein Bedürfnis, dem weder umfangreiche Enzyklopädien noch skizzenhafte Abrisse entsprechen können. Die Bände wollen jedem geistig Mündigen die Möglichkeit schaffen, sich ohne besondere Vorkenntnisse an sicherster Quelle, wie sie die Darstellung durch berufene Vertreter der Wissenschaft bietet, über jedes Gebiet der Wissenschaft, Kunst und Technik zu unterrichten. Sie wollen ihn dabei zugleich unmittelbar im Beruf fördern, den Gesichtskreis erweiternd, die Einsicht in die Bedingungen der Berufsarbeit vertiefend.

Die Sammlung bietet aber auch dem Fachmann eine rasche zuverlässige Übersicht über die sich heute von Tag zu Tag weitenden Gebiete des geistigen Lebens in weitestem Umfang und vermag so vor allem auch dem immer stärker werdenden Bedürfnis des Forschers zu dienen, sich auf den Nachbargebieten auf dem laufenden zu erhalten. In den Dienst dieser Aufgaben haben sich darum auch in dankenswerter Weise von Anfang an die besten Namen gestellt, gern die Gelegenheit benutzend, sich an weiteste Kreise zu wenden.

Seit Herbst 1925 ist eine Neuerung insofern eingetreten, als neben den Bänden im bisherigen Umfange solche in erweitertem, etwa anderthalbfachem zu $1\frac{1}{2}$ fachem Preise ausgegeben werden, weil abgeschlossene Darstellungen größerer Gebiete auf beschränkterem Raume heute schwer möglich sind. Diese Bände, die die Nummern von 1001 ab tragen, erscheinen, um die Einheitlichkeit der Sammlung zu wahren, in der gleichen Ausstattung wie die übrigen Bände. Sie sind nur auf dem Rückentitel durch je ein Sternchen über und unter der Nummer besonders gekennzeichnet.

Alles in allem sind die schmucken, gehaltvollen Bände besonders geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden.

J
if

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295961

Leipzig, im A

Leubner

Zur Biologie, Botanik und Zoologie

sind bisher erschienen:

Einführung in die Biologie.

Allgemeine Biologie. Einführung in die Hauptprobleme der organischen Natur. Von Prof. Dr. H. Meebe. 3., verb. Aufl. Mit 44 Abbildungen im Text. (Bd. 190.)

Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. 2 Bände. I. Bd.: Die Beziehungen der Tiere zueinander. Mit 64 Abbildungen. (Bd. 426.) II. Bd.: Die Beziehungen der Pflanzen zueinander und zu den Tieren. Mit 68 Abbildungen. (Bd. 427.)

Die Schädlinge im Tier- und Pflanzenreich und ihre Bekämpfung. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Edelstein. 3. Aufl. Mit 36 Figuren im Text. (Bd. 18.)

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Oberstudientat Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 296.)

Einführung in die Biochemie in elementarer Darstellung. Von Prof. Dr. W. Eöb. 2., durchgef. u. verm. Aufl. von Prof. Dr. S. Friedenthal. Mit 12 Fig. im Text. (Bd. 352.)

Abstammungs- und Vererbungslehre, vgl. Anatomie.

Die Entwicklungsgeschichte des Menschen. Von Dr. A. Heilborn. 2. Auflage. Mit 61 Abbildungen. (Bd. 388.)

Experimentelle Abstammungs- u. Vererbungslehre. Von Prof. Dr. E. Lehmann. 2. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 379.)

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. A. Hesse. 6. Aufl. Mit 41 Textabbildungen. (Bd. 99.)

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. C. Keller. 2. Aufl. Mit 29 Figuren. (Bd. 252.)

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. W. Eubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)

Fortpflanzung.

Befruchtung und Vererbung. Von Dr. E. Reichmann. 3. Aufl. Mit 19 Abbild. im Text. (Bd. 70.)

Fortpflanzung und Geschlechtsunterschiede des Menschen. Eine Einführung in die Sexualbiologie. Von Prof. Dr. S. Boruttau. 3., verb. Aufl. Mit 39 Abbildungen im Text. (Bd. 540.)

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Direktor Prof. Dr. A. Goldschmidt. Mit 77 Abbildungen. (Bd. 253.)

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt. (Dimorphismus.) Von Dr. S. Knauer. Mit 97 Figuren. (Bd. 148.)

Mikroorganismen.

Die Bakterien im Haushalt der Natur und des Menschen. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 242.)

Die krankheitserregenden Bakterien. Grundtatsachen der Entstehung, Heilung und Verhütung der bakteriellen Infektionskrankheiten des Menschen. Von Prof. Dr. M. Eöblein. 2. Aufl. Mit 39 Abbildungen. (Bd. 307.)

Die Urtiere. Eine Einführung in die Wissenschaft vom Leben. Von Direktor Prof. Dr. A. Goldschmidt. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 160.)

Mikroorganismen.

Das Meer, seine Erforschung und sein Leben. Von Direktor Prof. Dr. O. Janson. 3. Aufl. Mit 40 Figuren. (Bd. 90.)

Einführung in die Mikrotechnik. Von Prof. Dr. V. Franz und Oberstudienrat Dr. S. Schneider. Mit 18 Abbildungen. (Bd. 765.)

Das Mikroskop. Seine wissenschaftlichen Grundlagen und seine Anwendung. Von Dr. A. Ehringhaus. Mit 75 Abbildungen. (Bd. 678.)

Botanik, insbesondere angewandte Botanik.

Pflanzenphysiologie. Von Prof. Dr. S. Molisch. 2. Aufl. Mit 69 Fig. (Bd. 569.)

Die Pilze. Von Dr. A. Eichinger. Mit 64 Abb. (Bd. 934.)

Pilze und Flechten. Von Prof. Dr. W. Nienburg. Mit 88 Abb. im Text. (Bd. 675.)

Einkeimblättrige Blütenpflanzen. Von Privatdozent Dr. K. Suesenguth. Mit 33 Abb. im Text. (Bd. 676.)

Die fleischfressenden Pflanzen. Von Prof. Dr. A. Wagner. Mit 82 Abb. (Bd. 344.)

Der Kleingarten. Von Joh. Schneider, Redakteur und Fachschriftsteller. 2., verbesserte u. vermehrte Auflage. Mit 80 Abb. (Bd. 498.)

Werdegang und Züchtungsgrundlagen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Von Prof. Dr. A. Zade. Mit 30 Abbildungen. (Bd. 766.)

Weinbau u. Weinbereitung. Von Dr. J. Schmittknecht. Mit 34 Abb. (Bd. 932.)

Der Tabak. Anbau, Handel und Verarbeitung. 2., verbesserte und ergänzte Auflage. Von Jac. Wolf. Mit 17 Abb. im Text. (Bd. 416.)

Botanisches Wörterbuch. Von Professor Dr. O. Gerke. Mit 103 Abb. im Text. (Leubners kleine Fachwörterbücher Bd. 1.)

Zoologie, insbesondere angewandte Zoologie.

Tierzüchtung. Von Dr. G. Wilsdorf. 2. Aufl. Mit 23 Abbild. auf 12 Tafeln und 2 Figuren im Text. (Bd. 369.)

Die Kleintierzucht. Von Joh. Schneider, Redakteur und Fachschriftsteller. 2., verb. Aufl. Mit 60 Abbildungen im Text und auf 6 Tafeln. (Bd. 604.)

Tierpsychologie. Eine Einführung in die vergleichende Psychologie. Von Prof. Dr. K. Euh. Mit 29 Abb. (Bd. 826.)

Deutsches Vogelleben, zugleich als Exkursionsbuch für Vogelfreunde. Von Prof. Dr. A. Voigt. 2. Aufl. (Bd. 221.)

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. W. K. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)

Bienen und Bienenzucht. Von Prof. Dr. E. Zander. Mit 41 Abb. (Bd. 765.)

Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. Maß. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

Zoologisches Wörterbuch. Von Dr. Lh. Knottnerus-Meyer. (Leubners kleine Fachwörterbücher Bd. 2.)

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.

340

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

352. Bändchen

Einführung in die Biochemie

in elementarer Darstellung

von

Prof. Dr. Walther Löb

Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage

von

Prof. Dr. Hans Friedenthal

Nikolassee-Berlin

Mit 12 Figuren im Text

1/2 30.



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1918

By/3
62.



~~1320~~ 1-301493

Schutzformel für die Vereinigten Staaten von Amerika:
Copyright 1918 by B. G. Teubner in Leipzig.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

Druck von B. G. Teubner, Dresden.

Akc. Nr. 3216/50

BPU-3-62/2017

Dorwort.

Wie meine „Einführung in die chemische Wissenschaft“ (Aus Natur und Geisteswelt Bd. 264), so ist auch diese „Einführung in die Biochemie“ aus Volkshochschulvorträgen entstanden. Elementare Kenntnisse in der allgemeinen, anorganischen und organischen Chemie mußten vorausgesetzt werden, um innerhalb eines knapp bemessenen Raumes die Grundzüge der biochemischen Gedankenwelt darstellen zu können. Bei dem Reichtum der Biochemie an Einzeltatsachen mußte vielfach auf das Spezielle zugunsten des Allgemeinen verzichtet werden. Nur die Grundlinien — die großen Probleme der Biochemie — sind ausgezogen: die chemische Tätigkeit der Zelle in den Assimilations- und Dissimilationsvorgängen. Einleitende Kapitel belehren über die für ihr Verständnis notwendigen physikalischen und chemischen Prinzipien.

Berlin, 1911.

Walther Löb.

Dorwort zur zweiten Auflage.

Die Einführung in die Biochemie von Walther Löb hat sich in ihrer anspruchlosen sachlichen Darstellung zahlreiche Freunde erworben. Als nach dem Tode des Verfassers die Notwendigkeit einer Neuauflage sich herausstellte, folgte ich der Aufforderung der Verlagsanstalt nach Durchsicht und Neuherausgabe mit der Absicht, möglichst wenig an der bisherigen Grundlage zu ändern. Fremdworte sollten, um die Gemeinverständlichkeit zu erhöhen, soweit es geht, vermieden oder mit deutscher Erklärung gegeben werden. Der modernen Auffassung von der Rolle des Eiweiß im Rahmen der Gesamtnahrung mußte Rechnung getragen und einer verbreiteten Überschätzung des Eiweißes in der Menschennahrung entgegengetreten werden. Die Einheitlichkeit der chemischen Grundprozesse bei allen Lebewesen und die chemische Ähnlichkeit von Tieren und Pflanzen bis zu den niedersten Lebewesen hinunter ist durch die neusten Forschungen immer deutlicher zutage getreten. Ist auch der Stoff ins Riesenhafte gewachsen, erlaubt doch die Aufstellung der Grundzüge des Stoffwechsels alles Lebendigen heute eine weit sachlichere und leichtere Darstellung der Biochemie als es früher möglich gewesen.

Nikolassee, im Oktober 1918.

Hans Friedenthal.

Inhaltsverzeichnis.

Erstes Kapitel.		Seite	
Physikalisch-chemische Einleitung. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie in der Biochemie	5		
Zweites Kapitel.			
Chemische Betrachtungen	10		
I. Anorganische Verbindungen	11		
II. Organische Verbindungen	12		
A. Die Kohlenhydrate	12		
B. Die Fette	17		
C. Die Eiweißkörper und Kernstoffe und ihre Spaltungsprodukte	18		
D. Stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte	22		
Drittes Kapitel.			
Die Zelle, ihre chemischen und physikalischen Hilfsmittel	24		
I. Die Zelle	24		
II. Die Enzyme	25		
III. Diffusion und osmotischer Druck	31		
Viertes Kapitel.			
Die Eingliederung oder Assimilation der Kohlenäure und des Stickstoffs durch die Lebewesen	37		
I. Die Assimilation der Kohlenäure	37		
II. Die Assimilation des Stickstoffs	42		
Fünftes Kapitel.			
Die Dissimilationsvorgänge im pflanzlichen Organismus	43		
I. Die Dissimilation der Kohlenhydrate in den Pflanzen	43		
		A. Die anaerobe Atmung.	45
		B. Die aerobe Atmung	45
		C. Gärungsvorgänge	46
		1. Die alkoholische Gärung	46
		2. Die Milchsäuregärung und andere Gärungen	48
		II. Die Dissimilation der Eiweißstoffe in den Pflanzen	50
		III. Die Endprodukte d. pflanzlichen Stoffwechsels	51
Sechstes Kapitel.			
Die Dissimilationsvorgänge im tierischen Organismus	52		
I. Zusammenhang zwischen Assimilation und Dissimilation	52		
II. Die Dissimilation der Kohlenhydrate	53		
III. Die Dissimilation der Fette	56		
IV. Die Dissimilation der Eiweißstoffe	58		
Siebentes Kapitel.			
Die Stoffwechselendprodukte des tierischen Organismus	59		
Achtes Kapitel.			
Blut und Leber	64		
I. Das Blut	65		
II. Hämoglobin und Chlorophyll	68		
III. Oxidationen im Blut	70		
IV. Die Leber	73		
Neuntes Kapitel.			
Stoffwechsel und Energieleistung	76		
Verzeichnis der Figuren und ihrer Quellen	82		

Erstes Kapitel.

Physikalisch-chemische Einleitung.

Die Biochemie ist die Lehre von den chemischen Vorgängen, die sich in den pflanzlichen und tierischen Körpern abspielen oder in ihrem Ablauf durch deren Vorhandensein beeinflusst werden. Um für diese Vorgänge das richtige Verständnis zu gewinnen, ist es nötig, das allgemeinste Naturgesetz, das Gesetz von der Erhaltung und Umwandlung der Energie in seiner Bedeutung für die Biochemie etwas näher zu betrachten. Unter Energie verstehen wir die Quelle aller Arbeitsleistungen und jeder Veränderung überhaupt; ihr Maß ist der Betrag der Arbeit selbst. Wir unterscheiden in der Natur bestimmte Energie- oder Arbeitsformen, so eine Lichtenergie, welche die durch die Strahlen bewirkten Veränderungen oder Arbeiten besorgt, wie z. B. die chemische Arbeit der Schwärzung einer photographischen Platte. Wir kennen eine mechanische Energieform, auf deren Betätigung wir alle Bewegung erzeugenden Arbeiten zurückführen, ferner eine thermische, elektrische und eine chemische Energieform. Die chemische Arbeit, die bei irgendeiner Reaktion geleistet werden kann, oder die bei einer chemischen Reaktion verbraucht wird, äußert sich in den mit der chemischen Reaktion verknüpften Wärmevorgängen. Spielt sich die Reaktion unter Wärmeentwicklung ab, so daß durch die Wärmeabgabe die Temperatur der Umgebung erhöht wird, so können wir mit dieser Wärme Arbeit leisten, etwa ein Gas ausdehnen, und die Ausdehnung benutzen, um im Zylinder einen Stempel zu bewegen, d. h. wir können die Wärme in mechanische Arbeit umsetzen. Da wir mittels eines mechanischen Apparates, der durch die Wärme betrieben wird, Elektromotoren, Dynamomaschinen und ähnliche Einrichtungen in Tätigkeit setzen können, so gelingt auch die Umsetzung der gewinnbaren Wärme in andere Energieformen, in Elektrizität, aus dieser in Licht, in die fortschreitende Bewegung usw. Man bezeichnet die mit Wärmeentwicklung verbundenen Reaktionen als exotherme. Jeder chemische Vorgang also, der Arbeit leisten soll, muß die Vorbedingung erfüllen,

unter den Verhältnissen, bei denen sich die Reaktion abspielt, exotherm zu verlaufen. Andere Reaktionen bedürfen zu ihrem Ablauf einer Zufuhr von Wärme oder, allgemeiner gesprochen, einer Zufuhr von Energie. Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß eine Energiequelle, wie Elektrizität oder Licht oder Wärme, einen Arbeitsbetrag zur Verfügung stellen muß, um die Reaktion zu ermöglichen, oder daß aus der Umgebung Wärme aufgenommen wird, d. h. die Umgebung sich abkühlt. Solche Reaktionen nennt man endotherme; sie sind nicht imstande, Arbeit zu leisten, sondern im Gegenteil, sie verbrauchen zu ihrem Zustandekommen Arbeit. Nur exotherme Reaktionen sind befähigt, als Energiequelle zu wirken. Verbindungen, die aus bestimmten Stoffen unter Wärmeaufnahme entstanden sind, können sich in diese Stoffe wieder zersetzen unter der Abgabe derselben Wärme, die bei ihrer Entstehung verbraucht wurde. Exotherm entstandene Substanzen, die sich unter Abgabe von Wärme aus bestimmten Anfangsstoffen gebildet haben, können in diese Anfangsstoffe nur unter Zufuhr der bei der Umwandlung abgegebenen Wärme zurückverwandelt werden. — Die endotherm entstandenen Verbindungen stellen demnach eine Art Kraftreservoir oder, wie man auch sagt, einen chemischen Spannungszustand dar. Sie sind vergleichbar einer unter Arbeitsleistung gespannten Uhrfeder, die bei der Entspannung die aufgewandte Arbeit wieder abgibt und diese in andere Arbeitsformen, wie Bewegung des Räderwerkes und der Zeiger einer Uhr, umsetzt.

Die Energieformen sind ineinander umwandelbar, d. h. aus Wärme kann Bewegung, aus Bewegung Elektrizität, aus dieser Licht usw. werden. Diese Umwandlungsfähigkeit der Energieformen ist für den Haushalt der Natur von der größten Bedeutung. Sie gestattet den lebenden Wesen, die Arbeitsvorräte, die sie für alle Lebensvorgänge gebrauchen, in der Form der bequemsten und konzentriertesten Energie aufzunehmen, d. h. der chemischen. Wenn bei dem Ablauf einer Reaktion, welche Arbeit, speziell Wärme liefert, die letztere auch als Maß für den Arbeitswert der Reaktion betrachtet werden darf, so kann doch bei der Umwandlungsfähigkeit der Energieformen, unter Zuhilfenahme geeigneter Apparate, wie sie der lebende Organismus zur Verfügung stellt, auch jede andere Energieform aus der chemischen Spannkraft erzeugt werden. Die Verhältnisse liegen bei den Organismen ähnlich wie bei einer Dampfmaschine, welche ihre gesamte Triebkraft in Form der Wärme liefernden chemischen Reaktion, der

Kohlensäurebildung aus Kohle und Sauerstoff, aufnimmt. Zunächst wird nur Wärme gebildet; die Wärme wird in den Druck des gespannten Wasserdampfes verwandelt, mit dessen Hilfe Triebäder, elektrische Apparate, Motore aller Art betrieben werden können, so daß jede beliebige Energieform aus der chemischen Betriebskraft der Reaktion gewonnen werden kann. Ebenso finden wir in dem lebenden Organismus die Fähigkeit, geeignete Reaktionen in der Weise zu leiten, daß die dabei frei werdende Energie in derjenigen Form ausgenutzt wird, wie sie der Organismus zu seiner Lebenserhaltung oder zur Betätigung seines Willens bedarf. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie sagt nun aus, daß diese Umwandlungen ohne Verlust vor sich gehen, d. h. daß bei diesen Umwandlungen eine Abnahme der Energie nicht eintritt, sondern die gesamte der Umwandlung unterworfenene Energieform in anderen Formen, aber mit gleichem Arbeitswert erscheint.

Wenden wir diese Überlegung auf eine chemische Reaktion zwischen zwei Stoffen A und B an, so können wir schreiben: $A + B = AB$. Ist eine solche Reaktion mit einem bestimmten Energieverbrauch, etwa mit Aufnahme von Wärme, verbunden, so muß dieselbe Wärmemenge wieder gewonnen werden können, wenn der Vorgang $AB = A + B$ eintritt, d. h. wenn die Reaktion rückgängig gemacht wird. Wird bei dieser Umkehrung des Prozesses die zuerst aufgenommene Wärme nicht als Wärme, sondern als irgendeine andere Energieform oder als mehrere andere Energieformen abgegeben, so ist deren Arbeitswert ebenso groß wie der der ursprünglich aufgenommenen Wärme.

Diese Betrachtungen sind notwendig, um das Gemeinsame und Unterscheidende der chemischen Reaktionen im pflanzlichen und im tierischen Organismus einzusehen. Pflanzen und Tiere sind Lebewesen und haben als gemeinsames Kennzeichen die Fähigkeit des Wachstums und der mit dem Wachstum verbundenen Beweglichkeit. Sie unterscheiden sich aber, wenn man die Übergangsformen zwischen Pflanzen und Tieren unberücksichtigt läßt, in einem wichtigen Punkte, der die biologische Stellung der beiden Lebensformen klarlegt. Die Pflanzen sind, abgesehen von ihrem Wachstum, ruhende Gebilde und an den Ort, an dem sie wurzeln, gebunden. Sie besitzen nicht die Fähigkeit der willkürlichen Ortsveränderung. Die Tiere in ihrer Mehrzahl sind bewegliche Gebilde. Sie können willkürlich den Ort wechseln und besitzen einen Organismus, welcher der Möglichkeit der stetigen Orts-

veränderung angepaßt ist. Daraus geht hervor, daß die Tiere für ihr Leben einer weit größeren Arbeitsleistung bedürfen als die Pflanzen. Wenn wir auch bei Pflanzen Flüssigkeitsströmungen und gewisse Bewegungen beobachten, Tätigkeiten, die natürlich Arbeit erfordern, so sind deren Beträge doch sehr viel kleiner als die entsprechenden Beträge bei den meisten Tieren, die, zumal die höher entwickelten, einen regen Blutkreislauf besitzen und die Arbeit des Herzens, der Pulse, Lungen usw. leisten müssen. Die Tiere bedürfen deshalb zu ihrer Lebenserhaltung weit größerer Energiezufuhr als die Pflanzen. Sie gebrauchen, da diese Energiezufuhr wesentlich in Form der chemischen Spannkraft aufgenommen und aufgespeichert wird, exotherme Reaktionen, die unter Wärme- und Energieabgabe verlaufen. Die Pflanzen hingegen können sich mit einem weit geringeren Arbeitsumsatz begnügen. Der Betrag exothermer Reaktionen darf für ihre Lebenserhaltung weit kleiner sein, so daß, vorausgesetzt, daß dem pflanzlichen Organismus eine geeignete Energiequelle zur Verfügung steht und sich wärmespeichernde Umsetzungen abspielen, die durch letztere geschaffenen Substanzen zum größten Teil aufgespeichert werden können. In der Tat vermag die Pflanze unter dem Einfluß der Lichtenergie viele endotherme Stoffe zu schaffen, die daher geeignet sind, bei ihrer Zerlegung und Verbrennung im tierischen Organismus die Energie wieder abzugeben, die ihre Bildung erfordert hat. Durch diesen chemischen Gegensatz besteht eine Lebens- und Arbeitsgemeinschaft zwischen Pflanzen und Tieren. Die Pflanze schafft die Verbindungen, die das Tier für sein Leben verwerten kann.

Das Gemeinsame der beiden Lebensformen besteht darin, daß das Tier wie die Pflanze zur Schaffung und Erhaltung des materiellen Organismus bestimmter chemischer Bausteine bedarf, die entweder unverändert oder stets in ähnlicher Art erneuert erst die chemische Fabrik bilden, in der sich die Lebensreaktionen abspielen. Während aber die Pflanze auch diese Stoffe aus den einfachen Bestandteilen, welche die Atmosphäre und der Erdboden zur Verfügung stellen, aufzubauen vermag, ist der tierische Organismus darauf angewiesen, sie in fertiger oder vorbereiteter Form der Pflanze zu entnehmen. Auch in dieser Beziehung erscheint das pflanzliche Leben als die Vorbedingung des tierischen Lebens; und wenn es auch Tiere gibt, die lediglich von dem Fleisch anderer Tiere leben, so haben doch diese sich von Pflanzen ernährt, ihr Material erst aus pflanzlichen Stoffen aufgebaut.

Da die Pflanzen den Aufbau der Substanzen ihres Organismus nur unter Zuhilfenahme von Energie, und zwar der Sonnenenergie, zu bewerkstelligen vermögen, so ist in letzter Linie alles Leben durch die Arbeitsleistung der Sonnenstrahlung geschaffen. In diesem Sinne ist alles, was lebt, ein Kind des Lichtes. Bei der Betrachtung der biochemischen Reaktionen ergibt es sich daher von selbst, daß wir zuerst die Vorgänge im pflanzlichen Organismus und dann die im tierischen Organismus beschreiben. Da, wie erwähnt, auch die Pflanzen eine chemische Energie verbrauchende Eigenatmung, ein Wachstum, das gleichfalls unter Wärmebildung abläuft, besitzen, so haben wir diese Tätigkeit, soweit sie sich in chemischen Reaktionen abspielt, zu unterscheiden von denjenigen Vorgängen, die nur der Bildung endothermer Verbindungen, der Erzeugung des Pflanzenleibes unter dem Einfluß der Sonne, dienen. Man bezeichnet die der Energieerzeugung dienenden Reaktionen als Abbaureaktionen oder Dissimilationsvorgänge, die energiespeichernden als Aufbaureaktionen oder Assimilationsvorgänge.

Die Assimilationsvorgänge müssen zeitlich den anderen vorausgehen, da sie das Pflanzenmaterial erst schaffen. Bezüglich der chemischen Substanzen, die wir im pflanzlichen Organismus finden, beziehen sich die Assimilationsvorgänge auf die stickstofffreien und stickstoffhaltigen organischen Substanzen, sowie auf die Aufnahme von Salzen. Da alle organischen Substanzen der Pflanze in letzter Linie von der Kohlensäure stammen, so bezeichnet man die Entstehung der kohlenstoffhaltigen, stickstofffreien Verbindungen als die Assimilation der Kohlensäure. Hinzu tritt als zweite Reaktionsform im Aufbau des pflanzlichen Organismus die Assimilation des Stickstoffs, der auch zeitlich der Assimilation der Kohlensäure folgt. Die Eingliederung des Stickstoffs im Aufbau der Lebenssubstanzen beginnt erst, nachdem aus der Kohlensäure organische Verbindungen entstanden sind.

Um die Grundzüge der biochemischen Wissenschaft kennen zu lernen, ist es deshalb erforderlich, die Assimilations- und Dissimilationserscheinungen, die in dem lebenden Organismus zum Ablauf kommen, etwas genauer zu betrachten. Diese Reaktionen spielen sich im Pflanzen- und Tierreich zum großen Teil in dem Element des Lebens, der Zelle, ab. Sie ist das Laboratorium, das die Natur mit den empfindlichsten und kompliziertesten Hilfsmitteln für den Ablauf der Lebensreaktionen eingerichtet hat. In ihren Funktionen äußerst ver-

schieden sind die Zellen in der prinzipiellen Anordnung des chemischen Geschehens übereinstimmend, so daß die allgemeine Schilderung der den Zellen gemeinsamen physikalischen und chemischen Einrichtungen über ihre wesentlichen Eigenschaften genügenden Aufschluß gibt. Die Kenntnis dieser Einrichtungen ist zum Verständnis der Assimilations- und Dissimilationsvorgänge notwendig.

Nur die allereinfachsten Organismen sind als freilebende Zellen zu bezeichnen. Bei allen verwickelter gebauten Lebewesen bauen die Zellen auf chemischem Wege durch Abscheidung und Umwandlung ihrer lebendigen Substanz eine meist aus Fibrillen zusammengesetzte Leibesmaschine, welche einen speziellen Teil der Zellverrichtungen übernehmen, ohne daß ihnen Lebenseigenschaften der Zellen zukämen. Die Bindegewebsfibrillen, Nervenfasern und Muskelfibrillen der höheren Tiere sind Beispiele solcher chemisch tätigen nichtzelligen Gebilde, welche, für spezielle Aufgaben gebaut, sich auch chemisch von dem Bau der lebendigen Substanz unterscheiden. Die chemischen Umsetzungen der Organismen beschränken sich nicht auf ihre Leibessubstanz. Durch chemisch wirksame Absonderungen wirken die Lebewesen auf ihre Umgebung, ihre Abscheidungen und Leichenteile helfen weite Schichten der Erdoberfläche bilden.

Zweites Kapitel.

Chemische Betrachtungen.

Da die lebenden Organismen, sowohl pflanzlicher wie tierischer Natur, aus Zellen bestehen, so ist die Chemie der Zelle auch die Grundlage für die Chemie des gesamten lebenden Organismus. Die Stoffe, die in der lebenden Zelle vorkommen, sind teils solche, die als Baumaterial der Leibessubstanz einen dauernden Bestandteil des Zellorganismus bilden, teils solche, die als Nahrung oder als Energielieferanten von der Zelle aufgenommen und in veränderter Form wieder abgeschieden werden. Daneben sind noch diejenigen chemischen Reaktionen zu berücksichtigen, welche den Wachstumsvorgängen dienen, also einer Neubildung von Zellsubstanz entsprechen für die Zeit, in welcher die Zellsubstanz eine Vermehrung erfährt. Zu den Stoffen, die das Baumaterial der Zelle bilden helfen, gehören zunächst die Eiweißstoffe, welche einen großen Teil der festweichen Zellsub-

stanz ausmachen. Oft enthält die Zelle auch Stoffe holzartiger Natur, Zellulosestoffe, und als nie fehlenden Hauptbestandteil das Wasser, in dem anorganische und organische Stoffe gelöst sind. Je nach der Lebewesengattung, zu der die Zellen gehören, ist der chemische Aufbau von diesem Grundschema abweichend. So enthalten viele Pflanzen Zellen, die ungemein stärkehaltig sind, und solche, die den grünen Blattfarbstoff, das Chlorophyll, zu bilden vermögen. In den Tierarten weichen die Zellarten der einzelnen Organe erheblich voneinander ab. Die Zellen des Blutes, die roten Blutkörperchen, enthalten den Blutfarbstoff, das Hämoglobin, der für die Tiere eine ebenso bedeutsame Funktion besitzt, wie sie das Chlorophyll für die Pflanzen ausübt. Wie der dauernde chemische Bestand der Zelle mit der Natur des Organismus wechselt, so schwankt auch der vorübergehende durch den Stoffwechsel bedingte Bestand an Stoffen von Art zu Art, so daß es unmöglich ist, sämtliche Substanzen, die dauernd oder vorübergehend einer Zelle angehören können, chemisch zu betrachten. Nur die wichtigsten sollen kurz besprochen werden.

I. Anorganische Verbindungen.

Außer dem Wasser, das den Hauptbestandteil der anorganischen Verbindungen des tierischen Organismus ausmacht, kommen noch zahlreiche Mineralstoffe dauernd in ihm vor, die zum Teil das Material des Organismus mitbilden, zum Teil als Ausscheidungsprodukte ununterbrochen in ihm vorhanden sind. Die wasserärmsten Organe des tierischen Organismus sind der Zahnschmelz, das Fettgewebe und die Knochen. Von freien Säuren kommen nur die im Magen vorhandene Salzsäure und die in der Expirationsluft enthaltene Kohlensäure in Betracht. Freie Basen findet man im Organismus nicht. Den wesentlichsten Bestandteil der Mineralstoffe bilden die Salze. Das wichtigste, in allen Körperflüssigkeiten vorkommende Salz ist der Chlornatrium oder Kochsalz. Ein erwachsener Mensch nimmt täglich etwa 15—17 g Kochsalz ein und scheidet eine gleiche Menge wieder aus. Trotzdem ist das Kochsalz für die Lebensprozesse unumgänglich notwendig, wahrscheinlich weil es durch die Regulierung des osmotischen Druckes (s. w. u.) den Flüssigkeitstransport durch die Zellmembran und Gewebemembran reguliert und sich an der Salzsäurebildung im Magensaft beteiligt. Chlorkalium findet sich in allen Zellen und in den roten Blutkörperchen, während im

Blutserum und in der Lymphe Soda, im Pankreas saft, Galle und Blut doppeltkohlensaures Natrium vorhanden sind. Etwa 10% der anorganischen Bestandteile des Knochens besteht aus Calciumcarbonat, das auch in den Zähnen und als saures kohlensaures Calcium in Blut und Lymphe enthalten ist. Den Hauptbestandteil der Knochenasche bildet das Calciumphosphat mit etwa 85%, Magnesiumphosphat ist in geringerer Menge in ihr enthalten. In den Muskeln ist das vorwiegende Salz das sekundäre Kaliumphosphat. Außerdem finden sich noch in Knochen und Zähnen geringe Mengen Fluorcalcium. Ferner enthält der tierische Organismus Spuren von Jod, Arsen, die ebenso wie Eisen, Schwefel und Phosphor in organischer Bindung gefunden werden und wichtige Aufgaben der Zellchemie zu erfüllen haben.

Bei der Untersuchung der Pflanzenasche ergibt sich, daß außer Schwefel und Phosphor — Elementen, die aus den organischen Stoffen der Pflanzenzelle stammen — noch die Metalle Kalium, Magnesium und Eisen immer und Calcium meist für die Entwicklung der Pflanzen notwendig sind. Die Metalle sind teils als Salze, teils in organischer Bindung in den lebenden Pflanzen vorhanden. Häufig findet man auch in der Asche Natrium, Kieselsäure und Chlor. Die quantitative Verteilung der Stoffe ist in den verschiedenen Pflanzen eine ungemein wechselnde.

II. Organische Verbindungen.

Die für den lebenden Organismus wichtigsten organischen Substanzen sind für Pflanzen und Tiere die gleichen, und zwar die Kohlenhydrate, die Fette und die Eiweißkörper. Da dieselben auf ihrem Wege durch den Organismus die mannigfachsten Veränderungen erleiden, so sind auch die durch die Zersetzung, den Abbau und erneuten Aufbau entstehenden Verbindungen von wesentlichem Interesse.

A. Die Kohlenhydrate.

Die Kohlenhydrate haben ihren Namen von ihrer Bruttozusammensetzung, die außer Kohlenstoff die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis des Wassers aufweist: $C_n(H_2O)_m$. Chemisch sind sie durch den Besitz der Ketonalkoholgruppe: $-CO-CH_2OH$ oder Alkoholaldehydgruppe: $-CHOH-CHO$ definiert. Kohlenhydrate mit Alkoholaldehydgruppe nennt man Aldosen, die mit der Ketonalkohol-

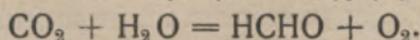
gruppe Ketosen. Die wichtigsten Kohlenhydrate sind die Zuckerarten. Man ordnet die Kohlenhydrate nach ihrem Verhalten bei der Hydrolyse, d. h. der mit Wasseraufnahme verbundenen Spaltung beim Behandeln mit verdünnten Säuren. Solche Kohlenhydrate, die keine Spaltung erleiden, nennt man Einzucker oder Monosaccharide. Zu ihnen gehören die wichtigsten Zuckerarten: Traubenzucker, Fruchtzucker usw. Andere Kohlenhydrate, die Doppelzucker, Biosen oder Disaccharide, zerfallen bei der Hydrolyse in je zwei Moleküle der einfachen Zucker; die wichtigsten Vertreter der Doppelzucker sind Milch- und Rohrzucker. Die Polysen oder Polysaccharide schließlich sind solche Kohlenhydrate, die durch Zusammentritt mehrerer Monosemoleküle gebildet sind und in diese bei der Hydrolyse gespalten werden. Der genaue Aufbau ihres Moleküls ist noch nicht aufgeklärt. Zu ihnen gehören die Stärke, die Dextrine, die Zellulose und die Gummiarten.

a) Monosen.

Die Monosen unterscheidet man nach der Anzahl der Kohlenstoffatome, von denen eins in der Keto- oder in der Aldehydgruppe vorhanden, die anderen mit alkoholischen Hydroxylgruppen verbunden sind, als Biose, Triosen, Tetrosen, Pentosen, Hexosen usw. Alle Zuckerarten stehen im engen Zusammenhang mit dem einfachsten Aldehyd, dem

Formaldehyd, HCHO ,

durch dessen Kondensation Zuckerarten entstehen, und in welchen diese durch Spaltung wieder zerfallen können. Die Monosen können als polymere Formaldehyde $(\text{CH}_2\text{O})_n$ aufgefaßt werden. Der Formaldehyd bildet für die pflanzliche Zuckersynthese das erste organische Glied, insofern er als ein unter Mitwirkung des Wassers entstehendes Reduktionsprodukt der Kohlensäure aufgefaßt werden kann:



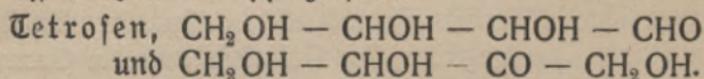
Dieser Vorgang leitet die pflanzliche Assimilation der Kohlensäure ein. (Genauerer s. S. 39.)

Glykolaldehyd, $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHO}$.

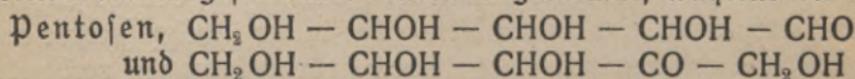
Der Glykolaldehyd bildet den Typus des einfachsten Zuckers, indem er die Alkohol- und Aldehydgruppe enthält. Er weist auch bereits die wichtigsten Zuckerreaktionen auf und geht durch Polymerisation ungewöhnlich leicht in kompliziertere Zuckerarten, wie Tetrosen und Hexosen, über.

Glycerinaldehyd, $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CHO}$.

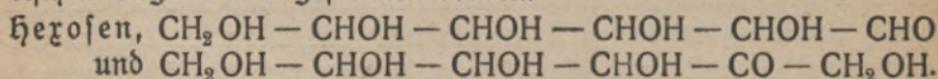
Von den Triosen, den Zuckerarten mit drei Kohlenstoffatomen, gibt es bereits zwei Vertreter, eine Aldose und eine Ketose. Beide, sowohl die Aldose, der Glycerinaldehyd, wie die Ketose, das Diaceton $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CO} - \text{CH}_2\text{OH}$, entstehen durch Oxydation des Glycerins. Das Gemisch beider, Glycerose genannt, geht ungemein leicht in Hexose über. Wenn diese kohlenstoffarmen Zuckerarten auch noch nicht im lebenden Organismus nachgewiesen sind, so sind sie doch bei dem Aufbau und Abbau der Zuckerarten als wahrscheinlich intermediäre Phasen von Bedeutung. Auch Pentosen können als Glycerinaldehyd nach vorhergehender Spaltung in Glykolaldehyd und Formaldehyd entstehen, ebenso aus dem Glykolaldehyd allein, der dabei wahrscheinlich zunächst in Formaldehyd zerfällt.



Auch die Zucker mit vier Kohlenstoffatomen besitzen noch keine direkte Bedeutung für den lebenden Organismus, während die



in den Kernen der Zellen sowohl im Pflanzen- wie im Tierorganismus eine wichtige Rolle spielen. Die Arabinose und die Xylose, zwei Aldopentosen, d. h. Aldosen mit fünf Kohlenstoffatomen, sind im tierischen Organismus gefunden worden.

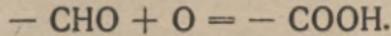


Die wichtigste Zuckergruppe ist die der Hexosen oder Sechszucker, und zwar sowohl der Aldosen wie der Ketosen. Ein Vertreter der ersteren ist der Traubenzucker, Dextrose oder Glukose, der, wie später noch ausführlicher zu erörtern ist, im wesentlichen als das Ausgangsprodukt der biologischen Zuckerreaktionen angesehen werden darf; normalerweise findet er sich im tierischen Organismus im Blut, in der Lymphe und in der Leber. Bei pathologischen Verhältnissen wird er unzerlegt ausgeschieden. Auch kommt er in vielen Pflanzen vor. Die entsprechende Ketose ist der Fruchtzucker, auch Säbuloose oder Fruktose genannt, die gleichfalls in tierischen und pflanzlichen Organismen verbreitet ist.

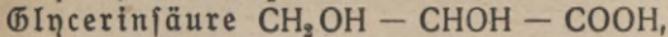
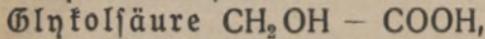
Die eigentümliche Zusammensetzung der Einfachzucker oder Monosen veranlaßt eine Reihe von Reaktionen, die allen diesen Substan-

zen gemeinsam ist, und die wir nur kurz zusammenfassend besprechen können.

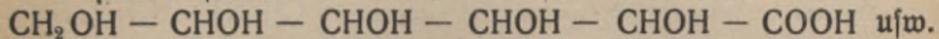
Durch Oxydation entstehen zunächst Säuren, indem an erster Stelle die Aldehydgruppe zur Carboxylgruppe oxydiert wird.



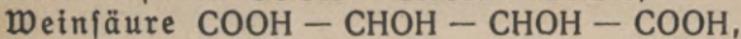
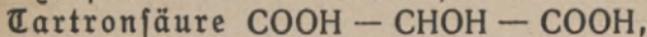
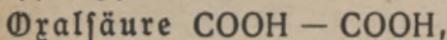
Solche Säuren sind:



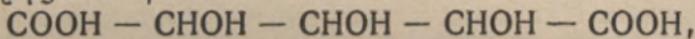
Glykuronsäure



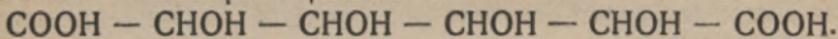
Im Fortgang der Oxydation wird fernerhin die endständige Alkoholgruppe oxydiert, und es entstehen die Dicarbonsäuren, wie



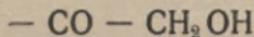
Trioxglutarsäure



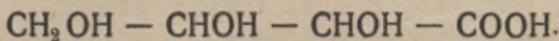
Zucker- und Schleimsäure



Bei den Ketosen wird meist die Gruppe



als Glykolsäure abgespalten, während der an die Ketogruppe sich anschließende Rest zur entsprechenden Carbonsäure oxydiert wird. So liefert Fruktose neben Glykolsäure die Monocarbonsäure einer Tetrose, die Erythronsäure:



Neben den Oxydationsvorgängen sind für die Biologie besonders die Spaltungsvorgänge von Bedeutung, welche die höheren Zuckerarten wieder in einfache Zucker zerlegen und den Weg der Synthese umkehren. Durch solche Spaltungen können z. B. aus den Hexosen wieder Triosen, aus diesen wieder Glykolaldehyd und Formaldehyd entstehen. Bei der vollkommenen Zuckerverbrennung zu Kohlensäure und Wasser, wie sie im lebenden Organismus stattfindet, wirken Spaltung und Oxydation zusammen, indem die durch die Spaltung geschaffenen einfachen Produkte weiter bis zu den Endprodukten verbrannt werden. Auch bei den Gärungsvorgängen der Zucker, die später ausführ-

licher besprochen werden, bestehen die einleitenden Vorgänge in den Spaltungen.

Durch Reduktion der Zuckerarten werden zunächst die Aldehyd- oder Ketogruppen in alkoholische Gruppen verwandelt. Es bilden sich mehrwertige Alkohole, so aus dem Glycerinaldehyd der Glycerinalkohol $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$, aus dem Glycerinaldehyd das Glycerin $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$, aus den Pentosen die Pentose $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$, aus den Hexosen die Hexose

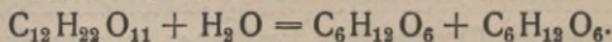


Durch sehr intensive Reduktion gelingt es, auch die Mehrzahl der Hydroxylgruppe durch Wasserstoff zu ersetzen und zu Substanzen zu gelangen, welche den Fettsäuren nahe stehen. Die Organismen können Fett aus Zucker bilden.

Auf die verwickelten Verhältnisse, welche durch die große Anzahl gleichatomiger Zuckerarten geschaffen werden, können wir hier nicht näher eingehen. Nur so viel sei erwähnt, daß die verschiedenen Zucker von gleicher Konstitution oft ein qualitativ und quantitativ verschiedenes Verhalten gegenüber dem polarisierten Licht zeigen, das auf ungleiche Konfiguration, d. h. ungleiche räumliche Orientierung der gleichen Atome im Molekül zurückgeführt wird. Die Atomstellung spielt bei allen natürlichen Reaktionen eine große Rolle, da die in der Natur wirksamen Agentien meist nur auf eine bestimmte Atomstellung einwirken, auf andere Atomstellungen aber trotz der gleichen Zusammensetzung ohne Einfluß sind.

b) Biosen oder Doppelzucker.

Hauptvertreter der Biosen sind: Rohrzucker, Milchzucker und Malzzucker. Der Rohrzucker, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, eines unserer wichtigsten Nahrungsmittel, wird durch Säuren in je ein Molekül Traubenzucker und Fruchtzucker unter Wasseraufnahme gespalten oder invertiert, ein Prozeß, den man wegen der mit der Spaltung verbundenen Wasseraufnahme als Hydrolyse bezeichnet:



Der Milchzucker, der die gleiche Atomzusammensetzung hat wie der Rohrzucker, wird durch die Hydrolyse in Traubenzucker und Galaktose, der Malzzucker oder die Maltose in zwei Moleküle Trauben-

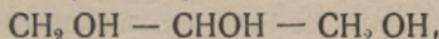
zucker zerlegt. Während der Rohrzucker im Pflanzenreiche sehr verbreitet ist, kommt der Milchzucker ausschließlich im Tierreich als ein Produkt der Tätigkeit der Milchdrüsenzellen vor.

c) Polyosen oder Vielfachzucker.

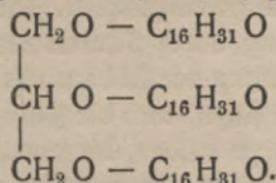
Über die Konstitution der Polyosen ist wenig bekannt. Man weiß nur, daß sie unter dem Einfluß der Hydrolyse allmählich unter Wasseraufnahme abgebaut werden und als physiologische Endprodukte Hexosen liefern. Die wichtigsten sind die Pflanzenstärke, die tierische Stärke und die Zellulose der Pflanzengewebe. Die tierische Polyose, das Glykogen, wird aus Hexosen im tierischen Organismus gebildet und zerfällt wieder durch Hydrolyse entsprechend dem Bedarf des tierischen Organismus in Hexosen. Die Polyosen haben die allgemeine Formel: $(C_6H_{10}O_5)_x$.

B. Die Fette.

Den Kohlenhydraten stehen die Fette durch die Tatsache, daß ein Bestandteil der Fette, das Glycerin, in engen Zusammenhang mit den Zuckerarten gebracht werden kann, chemisch nahe. Die Fette sind Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin,



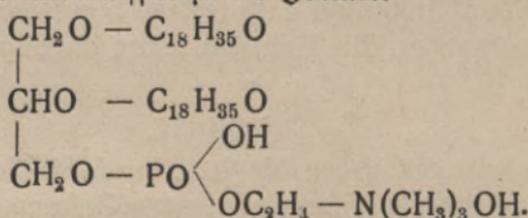
das seinerseits durch Reduktion des Glycerinaldehyds entsteht. Werden die drei alkoholischen Wasserstoffatome des Glycerins unter Wasseraustritt durch die Reste höherer Fettsäuren, wie der Palmitinsäure, der Stearinsäure und der Ölsäure ersetzt, so erhält man die neutralen Fettsäureester des Glycerins, die Fette. Natürliche Fette sind meist Gemische von solchen Estern, die je nach den gebundenen Fettsäuren als Tripalmitin, Tristearin und Triolein bezeichnet werden. Das Tripalmitin hat die Zusammensetzung:



Die Spaltung der Fette, die im tierischen Organismus die größte Bedeutung besitzt, wird als Verseifung bezeichnet. Sie besteht in der Trennung des Glycerins von den Fettsäuren unter der Einwirkung von Alkalien, welche mit den Fettsäuren die löslichen Alkalisalze oder

Seifen bilden. Solche Verseifung entsteht auch durch die Wirkung bestimmter, vom Organismus produzierter Stoffe, der Lipasen, wie wir später noch besprechen werden. Häufig kommen in der Natur auch phosphorhaltige Fette vor, die so zusammengesetzt sind, daß nur zwei der alkoholischen Gruppen des Glycerins durch Fettsäurereste ersetzt sind, während in der dritten Gruppe ein phosphorhaltiger Komplex eingefügt ist. Man bezeichnet diese fettähnlichen Stoffe zusammenfassend als Phosphatide. Zu ihnen gehören als wichtigste Vertreter die Lecithine.

Das verbreitetste Lecithin enthält außer der Stearinsäure phosphorsaures Cholin und entspricht der Formel:



Das Cholin ist eine stickstoffhaltige organische Base, die zu den Verbindungen des fünfwertigen Stickstoffes gehört. Erwähnt sei hier anhangsweise als fettähnlicher Stoff ein wasserlöslicher Alkohol, das Cholesterin, das in der Natur ungemein verbreitet ist. Es ist eine hydroaromatische Verbindung und steht den namentlich in Pflanzenzellen weitverbreiteten Terpenen chemisch nahe.

C. Die Eiweißkörper und Kernstoffe und ihre Spaltungsprodukte.

Die wichtigsten der stickstoffhaltigen Stoffe in allen Lebewesen, die Eiweißkörper, sind durch eine Reihe gemeinsamer Reaktionen als zusammengehörige Gruppe gekennzeichnet. Die wichtigsten dieser Reaktionen sind: die Spaltung durch Säuren unter Wasseraufnahme, die Hydrolyse, die zur Bildung der Albumosen, Peptone und schließlich der Aminosäuren führt, und die Fähigkeit, sich nur kolloidal zu lösen, d. h. Lösungen zu bilden, die durch tierische Membran nicht diffundieren. Ferner bestehen noch mehrere Einzelreaktionen, die alle Eiweißkörper aufweisen und einerseits mit dem Bestand der Eiweißkörper an Aminosäuren, andererseits mit ihrem ungemein großen Molekulargewicht zusammenhängen.

Die Eiweißstoffe enthalten die Elemente C, H, O, N und S, deren

Mengen bei den verschiedenen Eiweißstoffen innerhalb beträchtlicher Mengen schwanken:

$$\begin{aligned} \text{C} : 50 - 55\% ; \text{H} : 6.5 - 7.3\% ; \text{N} : 15 - 17.6\% ; \\ \text{O} : 19 - 24\% ; \text{S} : 0.3 - 2.4\% . \end{aligned}$$

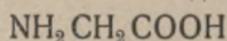
Andere Elemente wie Eisen und Phosphor sind am Aufbau der eigentlichen Eiweißkörper nicht beteiligt. Die phosphorhaltigen Kernstoffe haben in ihrem inneren Aufbau nicht einmal Verwandtschaft mit den Eiweißkörpern.

Der Aufbau der Eiweißkörper ist bis auf seine Einzelheiten bekannt. Wir wissen, daß verschiedenartige Aminosäuren in allen Eiweißarten durch Stickstoffatome zu einer langen Kette verbunden sind. Eingeteilt wurden die Eiweißstoffe meist nach mehr äußerlichen Merkmalen wie Herkunft, Löslichkeit, Fällbarkeit oder Gerinnungsvermögen. Ferner unterscheidet man die von der Natur gelieferten, ursprünglichen oder genuinen Eiweißkörper, die Albumine, von ihren Umwandlungsprodukten, den Säure- und Alkaliderivaten, den bereits koagulierten Eiweißstoffen und ihren ersten hydrolytischen Spaltprodukten, den Albumosen und Peptonen, die noch sämtlich die typischen Eiweißreaktionen zeigen. Die Proteide lassen sich in Eiweiß und eine zweite organische Komponente spalten; zu ihnen gehört der Blutfarbstoff, das Hämoglobin. Die Nucleoproteide, die im Zellkern vorkommen, enthalten außer dem Eiweißrest die phosphorsäurehaltigen Nucleinsäuren, Abkömmlinge einer vierbasischen kolloiden Phosphorsäure. Die Nucleinsäuren können bis vier Eiweißmoleküle an ihr eigenes Riesenmolekül angliedern, das außer der Phosphorsäure noch vier Zuckerreste und vier stickstoffhaltige Ringkörper (Purinbasen) enthält.

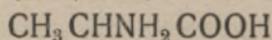
Albuminoide oder Eiweißabkömmlinge nennt man die unlöslichen Ausscheidungen, welche an dem Aufbau des tierischen Gerüsts beteiligt sind; zu ihnen gehören das Elastin, die Grundsubstanz des elastischen Gewebes, die Keratine, welche in Haaren, Nägeln, Hufen, Hörnern vorkommen, und die Kollagene des Bindegewebes der Knorpel und Knochen, die durch Auskochen mit Wasser in die Leimarten, wie Glutin und Gelatine, übergeführt werden. Den besten Einblick in die Zusammensetzung der Eiweißstoffe erhält man durch die vollständige Hydrolyse, die bei längerer Behandlung mit Säuren zu den Bausteinen des Eiweißmoleküls, den Aminosäuren, führt.

Die wichtigsten Aminosäuren, die aus den Eiweißstoffen gewonnen sind, sind die folgenden:

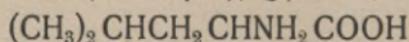
GlykokoII, Glycin oder Aminoessigsäure,



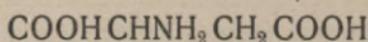
Alanin oder Aminopropionsäure,



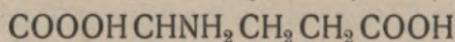
Leuzin oder Aminoisobutyllessigsäure,



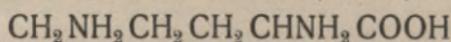
Asparaginsäure oder Aminobernsteinsäure,



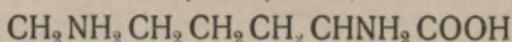
Glutaminsäure oder Aminoglutarinsäure,



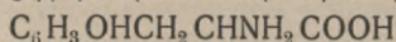
Ornithin oder Diaminovaleriansäure,



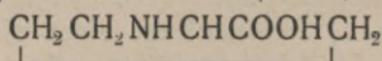
Ensin oder Diaminocaprinsäure,



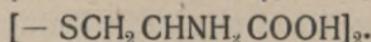
Tyrosin oder Oxyphenylaminopropionsäure,



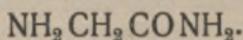
Prolin oder Pyrrolidincarbonsäure,



Cystin oder Dithiodiaminomilchsäure,

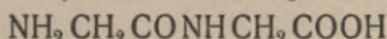


Man nimmt an, daß solche Aminosäuren in der mannigfachsten Anordnung in sogenannter Amidbindung in Eiweißmolekülen enthalten sind. Amide oder Säureamide sind durch den Besitz der Gruppe $-\text{CONH}_2$ charakterisiert, in welcher der mit dem Stickstoff verbundene Wasserstoff durch organische Reste substituiert werden kann. Wird ein Wasserstoffatom durch eine Gruppe R ersetzt, so erhält man Verbindungen vom Typus $-\text{CONH}-\text{R}$. Das Amid des GlykokoII, das einfachste Aminosäureamid, hat die Zusammensetzung:

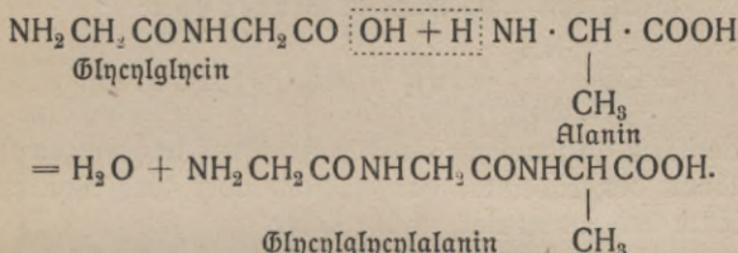
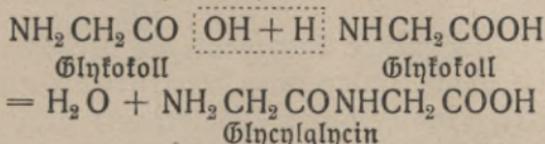


Tritt an die Stelle eines Amidwasserstoffs als Rest R der einer wei-

teren Aminosäure, so entstehen die Peptide, deren einfachster Vertreter das aus zwei Glykokollmolekülen gebildete Glycylglycin



ist. Die Carboxylgruppe — COOH kann nun abermals durch Ammoniak in die Säureamidgruppe — CONH₂ verwandelt und aufs neue mit weiteren Aminosäureresten verbunden werden. Z. B.



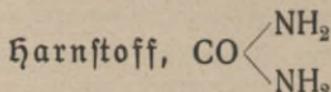
Auf synthetischem Wege sind bereits Peptide zusammengesetzt worden, welche nicht weniger als 18 Aminosäuremoleküle enthalten. Solche Peptide verhalten sich wie die natürlichen Eiweißkörper in der Beziehung, daß sie durch Säuren und Alkalien und durch bestimmte Enzyme, Produkte, die vom lebenden Organismus hervorgebracht werden und in ihm eine große, noch zu besprechende Rolle spielen, hydrolytisch gespalten werden und bei dieser Spaltung die in ihnen enthaltenen Aminosäuren liefern.

Es ist von Interesse, die Zusammensetzungen der wichtigsten Eiweißkörper in der Weise zu vergleichen, daß man die durch die Hydrolyse entstehenden Aminosäuren ihrer Natur und ihrer Menge nach ermittelt. Einige Daten über die wichtigsten Eiweißstoffe sind im folgenden zusammengestellt:

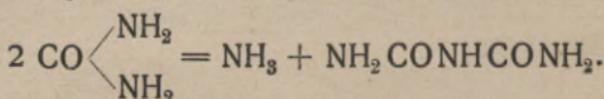
	Kasein	Serumalbumin	Keratin
	%	%	%
Glykokoll	0	0	4.7
Alanin	0.9	2.7	1.5
Leucin	10.5	20.0	7.1
Prolin	3.1	1.0	3.4
Cystin	0.06	2.3	0.6
Tyrosin	4.5	2.1	3.2

D. Stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte.

Wir müssen noch kurz auf die stickstoffhaltigen Substanzen eingehen, welche als End- und Zwischenprodukte des biologischen, meist mit Oxidationen verbundenen Eiweißabbaues von Bedeutung sind.

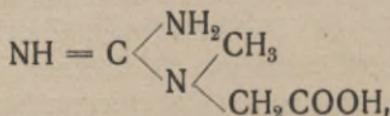


das wichtigste stickstoffhaltige Endprodukt des tierischen Stoffwechsels, entsteht künstlich durch Umlagerung des isocyan-sauren Ammoniums OCNNH_4 (Synthese von Wöhler) und geht beim Erhitzen unter Abspaltung von Ammoniak in Biuret über:

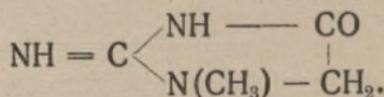


Im tierischen Organismus entsteht Harnstoff in geringen Mengen durch Abbau des Eiweißes, hauptsächlich aber durch Synthese aus Kohlensäure und Ammoniak, in der Leber.

Weitere wichtige, chemisch dem Harnstoff nahestehende Substanzen sind das in den Muskeln, im Blut usw. der Tiere vorkommende Kreatin



die Methylguanidinessigsäure und das im Harn enthaltene, durch Wasseraustritt aus dem Kreatin entstehende Kreatinin:

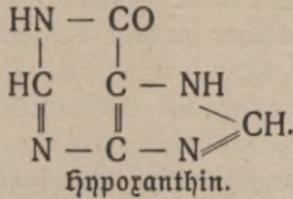
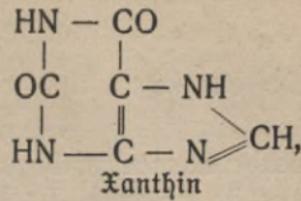
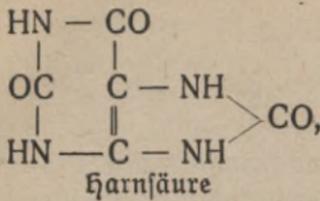


Ein große Bedeutung für den tierischen Stoffwechsel besitzen die Purine, Ringsubstanzen, zu denen die Harnsäure und eine Reihe von basischen Stoffen, die Purinbasen, gehören. Diese Substanzen verdanken dem Abbau der Nucleinsäuren ihre Entstehung. Eine Störung in den Ausscheidungsverhältnissen der Harnsäure begleitet die Krankheitsercheinungen der Gicht.

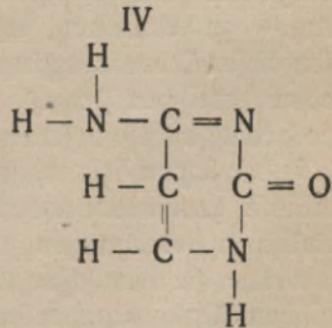
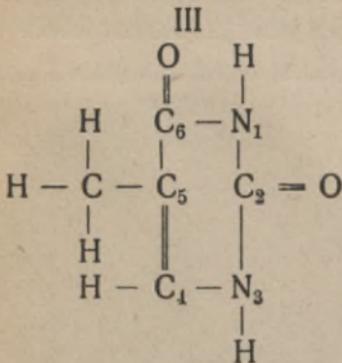
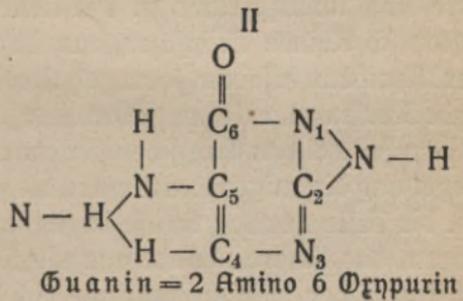
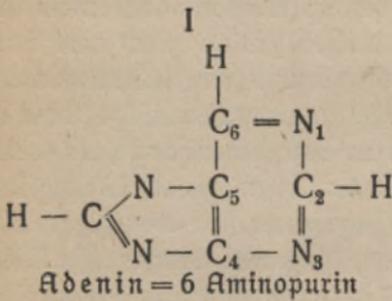
Die Formeln der Harnsäure und zweier Purinbasen, des Xanthins und Hypoxanthins, sind die folgenden:

Die hier geschilderten vier Purinkörper sind im Molekül der Nucleinsäure durch Zuckerreste an die Phosphorsäure gekuppelt und können

durch einfachen Wassereintritt ins Molekül von ihrer Stammfette wieder abgespalten werden.



Die Verwandtschaft mit den Stickstoffbasen der Nucleinsäuren zeigen die folgenden vier Strukturformeln.



Thymin oder 5 Methyl
2,6 Dioxypyrimidin

Cytosin oder 2 Oxy
6 Aminopyrimidin.

Synthetisch kann Harnsäure durch Zusammenschmelzen von Aminoessigsäure oder Glykoll mit Harnstoff gewonnen werden.

Drittes Kapitel.

Die Zelle.

I. Die Zelle, ihre chemischen und physikalischen Hilfsmittel.

Der lebende Elementar-Organismus des pflanzlichen und tierischen Organismus ist die Zelle. In der lebenden Einzelzelle spielen sich die Reaktionen ab, die sich nachher in dem Gesamtorganismus außerhalb des eigentlichen Zelleibes oft in komplizierterer und modifizierter Form wiederholen. Die Versuche an den einfachsten einzelligen Lebewesen tierischer und pflanzlicher Art, den Protozoen, in den Chemismus der Zelle einzudringen, sind bis jetzt noch in den Anfangsgründen geblieben; hauptsächlich, weil außer der Kleinheit und der Verwickelung der Verhältnisse gerade die Chemie der wichtigsten Substanzen, der Eiweißstoffe, noch unaufgeklärt ist. Die Zelle besteht meistens aus einem mikroskopisch kleinen Tröpfchen, das in manchen Fällen durch eine Haut oder Membran in seiner Form gehalten wird und in seinem Innern wechselnde Struktur wie Kerne, Säden oder feste Ablagerungen besitzt (Abb. 1). In dem festweichen Tröpfchen verlaufen im Zusammenhange mit seiner Umgebung diejenigen Reaktionen, die für das Leben charakteristisch sind, d. h. die Zelle vermag Stoffe in sich aufzunehmen, sich chemisch zu verändern, das Unbrauchbare auszuschleiden, kurz, eine Stoffwechselfätigkeit auszuüben. Sie ist imstande, sich — in der einfachsten Form durch Teilung — zu vermehren, ferner zu wachsen und zu sterben. Über die in allen diesen Lebensvorgängen auftretenden chemischen Prozesse besitzen wir noch keine abgeschlossenen Kenntnisse. In der letzten Zeit erst sind einige Anläufe genommen worden, die physikalischen Bedingungen zu erforschen, welche die chemischen und physiologischen Umformungen begleiten, Bedingungen, die mit der physikalischen und chemischen Natur der Zellohaut oder Zellmembran in nahem Zusammenhang stehen. Die Membran ist nämlich, obgleich sie den inneren

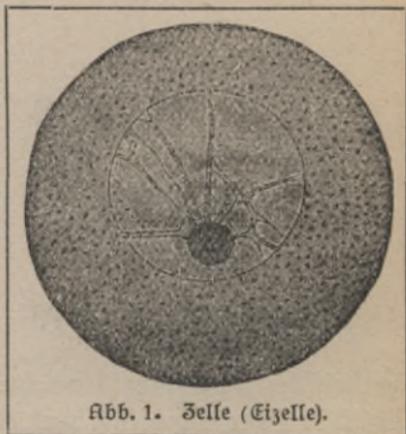


Abb. 1. Zelle (Eizelle).

Organismus der Zelle begrenzt, nicht etwa eine dicht abschließende, undurchlässige Wand. Die Außenhaut der lebenden Zelle ist befähigt, den Stoffwechsel der Zelle zu besorgen, d. h. die für ihr Leben wichtigen Stoffe aufzunehmen, sie nach ihrer Umformung nicht wieder herauszulassen, wohl aber die unbrauchbaren Reaktionsprodukte dieser Umwandlungen auszustößen. Von welcher Bedeutung das Studium dieser Verhältnisse für die Erkenntnis der Lebensvorgänge ist, geht besonders aus den Forschungen des amerikanischen Physiologen Jacques Loeb hervor, dem es gelungen ist, die unbefruchteten Eier niederer Lebewesen, d. h. möglichst einfacher Zellorganisationen (er wählte zu seinen Versuchen die Seeigelleier) lediglich dadurch zur Entwicklung zu bringen, daß er sie in bestimmt zusammengesetzte Flüssigkeiten brachte, wie z. B. in Salzlösungen. Der Eintritt gewisser Stoffe aus der Salzlösung in das Zellinnere regte die Entwicklung an, so daß das nächsthöhere Stadium der Larvenbildung durch rein chemische Reize erreicht wurde.

II. Die Enzyme.

Die Reaktionen, die sich im lebenden Organismus abspielen, unterscheiden sich ihrer Art nach wesentlich von den künstlich ausführbaren. Sie sind einerseits meist viel komplizierter, andererseits spielen sie sich bei verhältnismäßig niedriger Temperatur, nämlich der des lebenden Organismus, mit einer Geschwindigkeit und in einer Weise ab, die wir, wenn überhaupt, meist nur durch äußerst heftige chemische Einflüsse herbeiführen können. Ferner aber unterliegen sie einer regulierenden Kraft, die in dem lebenden Organismus selbst ihren Sitz hat und normalerweise die Reaktion so lenkt und leitet, daß der höchsten Aufgabe des lebenden Organismus, seiner Lebenserhaltung, durch sie gedient ist. Sie unterliegen also scheinbar einem zweckmäßigen Willen. Diese Erscheinung gab zuerst die Veranlassung, alle in einem lebenden Organismus sich abspielenden Reaktionen abseits der gewöhnlichen physikalischen und chemischen Vorgänge zu stellen, ihre Abhängigkeit von den physikalischen Gesetzen zu bestreiten und eine in dem Organismus sitzende Lebenskraft für seine Reaktionen verantwortlich zu machen.

Eine solche Auffassung würde eine naturwissenschaftliche Erkenntnis aller dieser Vorgänge unmöglich machen; denn indem sie außerhalb der chemischen Gesetze gestellt werden, erkennt man an, daß die naturwissenschaftliche Betrachtung eben nicht imstande ist, die erforder-

liche Aufklärung zu geben. Obgleich wir noch weit von der letzteren entfernt sind, so zeigt doch eine geeignete Problemstellung, daß man nach und nach die Prozesse des lebenden Organismus unter die naturwissenschaftlichen Gesetze bringen kann. Diese Problemstellung lautet folgendermaßen: Welche Hilfsmittel besitzt der Organismus, um Reaktionen zum Ablauf zu bringen und ihren Ablauf zu regulieren? Von welchen physikalischen und chemischen Faktoren ist die Tätigkeit dieser Hilfsmittel abhängig? Erst wenn diese Frage gelöst ist, kann die weitere in Angriff genommen werden, auf welchem Wege diese Hilfsmittel im Organismus entstanden sind und entstehen.

Um den angeregten Fragen näherzukommen, wollen wir einige in dem lebenden Organismus sich abspielende Vorgänge etwas genauer betrachten, und zwar zunächst den Vorgang der Verdauung im Magen. Die Fähigkeit der Selbstregulierung eines lebenden Organismus zeigt sich darin, daß die chemischen Prozesse, die sich in ihm abspielen, sich in der Geschwindigkeit ihres Ablaufs und in ihrem Umfang den Lebensbedingungen des Organismus gerade anpassen. Wir wissen, daß ein Teil der Kohlenhydrate zur Erhaltung der Körpertemperatur, zur Ausführung der willkürlichen und unwillkürlichen Bewegung im Organismus verbrannt wird. Wir sehen, daß ein anderer Teil der Kohlenhydrate trotz der Gegenwart der gleichen Oxidationsmittel nicht verbrannt, sondern aufgespeichert und nur als Reservematerial abgelagert wird. Eiweißstoffe werden im Magen und im Darm verdaut und resorbiert. Gleichzeitig aber bleibt das Eiweiß der lebenden Zellen selbst gegen die verdauenden und oxydierenden Einflüsse geschützt. Der Sauerstoff zirkuliert im Blut, begabt mit starken Oxidationseigenschaften, und doch finden wir die leicht oxydablen Gewebe, die vom sauerstoffhaltigen Blute umspült werden, unempfindlich gegen diesen Sauerstoff. Um in diese verwickelten Verhältnisse einen Einblick zu gewinnen, gibt es nur den wissenschaftlichen Weg, zunächst nach einfacheren Fällen zu suchen, welche die gleiche Eigenschaft der Regulierung chemischer Prozesse bieten. Wir können die Frage, die uns hier beschäftigt, dahin präzisieren, daß die Geschwindigkeit, mit der eine Reaktion abläuft, innerhalb weiter Grenzen regulierbar ist. Eine unendlich kleine Reaktionsgeschwindigkeit ist praktisch gleichbedeutend mit einem Stillstand des chemischen Geschehens. Von diesem Nullpunkt aus sind alle Abstufungen in der Geschwindigkeit bis zum explosionsartigen Verlauf denkbar. Können wir bei einfachen Reak-

tionen diese Reaktionsgeschwindigkeit beeinflussen, und wenn ja, mit welchen Mitteln geschieht es?

Man weiß schon lange, daß bestimmte Reaktionen nur in Gegenwart eines sich anscheinend an der Reaktion nicht beteiligenden Stoffes eintreten; und zwar genügt merkwürdigerweise oft eine Spur dieses die Reaktion ermöglichenden Stoffes, um große Umsetzungen bei den reagierenden Bestandteilen zu erzielen. So bleibt das metallische Eisen an vollkommen trockener Luft trotz der Gegenwart des Sauerstoffs unoxidiert, solange man es auch dem Einfluß des Sauerstoffs aussetzen mag. Die geringste Spur Wasser aber genügt, um das Rosten des Eisens herbeizuführen, und zwar hält dieser Oxidationsprozeß so lange an, als Eisen und Sauerstoff vorhanden sind, während die geringe Spur Wasser, die erst die Reaktion ermöglicht, der Menge und Zusammensetzung nach unverändert bleibt und sich anscheinend an der Reaktion überhaupt nicht beteiligt. Ein anderes Beispiel ist das folgende: Wenn Schwefel an der Luft verbrennt, so bildet sich die schweflige Säure SO_2 , die niedrigste Oxidationsstufe des Schwefels. Durch weiteren Sauerstoff gelangt man zu der Verbindung SO_3 , die mit Wasser die Schwefelsäure liefert und deshalb als Schwefelsäureanhydrid bezeichnet wird. Es gelingt nun nicht, dieses Schwefelsäureanhydrid aus der schwefligen Säure und Sauerstoff zu erzeugen, selbst wenn man die beiden Gase — SO_2 ist gleichfalls ein Gas — bei höherer Temperatur lange Zeit zusammenhält. Setzt man aber dem Gasgemisch eine Spur metallischen Platins zu, so vollzieht sich die Umsetzungen zu Schwefelsäureanhydrid bei 300–400° mit großer Geschwindigkeit, so daß auf diese Tatsache eine neue Industrie der Schwefelsäurefabrikation aufgebaut werden konnte.

Bereits in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat der berühmte schwedische Forscher Berzelius solche Erscheinungen beobachtet und sie als Kontakt-(Berührungs-)Erscheinungen beschrieben, in der Annahme, daß das Wesentliche für die Auflösung der Reaktion in der Berührung der reagierenden Stoffe mit dem Stoff besteht, welcher an der Reaktion selbst nicht teilnimmt. Ohne auf die Ursache dieser Wirkungen hier einzugehen, kann man allgemein sagen, daß durch die Anwesenheit der Kontaktsubstanzen die Reaktion ausgelöst wird, und man nennt deshalb diese Substanzen Katalysatoren, d. h. Auslöser. Die Reaktion selbst, die sich unter dem Einfluß der Katalysatoren abspielt, bezeichnet man als katalytische Reaktion. Man

kann also das Wesen der Katalysatoren aus den beobachteten Erscheinungen folgenderweise definieren: Katalysatoren sind Stoffe, die, ohne in die Endprodukte der Reaktion einzutreten, die Geschwindigkeit ganz maßgebend beeinflussen. Im weiteren Verlauf der wissenschaftlichen Untersuchung dieser Fragen lernte man Katalysatoren kennen, welche Reaktionen auch zu hemmen und zu verlangsamen vermögen. Es genügen daher auch die einfachen Hilfsmittel des Laboratoriums, um im gewissen Sinne Reaktionen zu regulieren. Es ist, um tiefer in das Problem der Katalyse einzudringen, erforderlich, die Gesetze und Möglichkeiten kennen zu lernen, die uns für die Erzielung bestimmter Beschleunigungen oder Hemmungen zugänglich sind, und es ist ersichtlich, daß wir im Besitze solcher Kenntnisse mit der Aussicht auf Erfolg auch das kompliziertere Problem in Angriff nehmen können, das die Regulierfähigkeit des lebenden Organismus stellt. Wir werden sehen, daß auch er sich des Hilfsmittels der Katalysatoren ausgiebig bedient, um je nach seinen Bedürfnissen Reaktionen zum Ablauf zu bringen, ihre Geschwindigkeit zu begrenzen oder scheinbar ganz zu unterdrücken.

Eine der charakteristischen Eigenschaften der Katalysatoren ist ihre Fähigkeit, in äußerst geringer Menge sehr beträchtliche Umsetzungen herbeizuführen, ohne durch die Reaktion verbraucht zu werden. Dieselbe Eigenschaft findet man bei einer großen Anzahl von Stoffen, die entweder selbst lebendig sind oder aus einem lebenden Organismus stammen. Eins der ältesten und bekanntesten Beispiele hierfür bietet die alkoholische Gärung des Zuckers, in welcher durch die Gegenwart einer geringen Menge eines niederen Pilzes, des Hefepilzes, die Zersetzung großer Zuckermengen zu Alkohol und Kohlensäure herbeigeführt wird. Die Hefe bleibt dabei dauernd wirkungsfähig und kann, wenn sie dem allmählich vergiftenden Einfluß des immer reichlicher entstehenden Alkohols entzogen wird, stets neue Mengen Zucker in Gärung versetzen. Hier finden wir also an einem lebenden Organismus die Eigenschaften wieder, die bei dem Rostprozeß des Eisens das Wasser, bei der Entstehung des Schwefelsäureanhydrids das Platin ausüben. Man ist daher, wenigstens formal, berechtigt, die Hefewirkung als eine katalytische anzusprechen.

Im Magensaft findet eine Spaltung der unlöslichen Eiweißstoffe statt, durch welche lösliche Produkte, die von den Gewebefäften des Organismus aufgenommen werden können, entstehen. Diese Umwand-

lung tritt aber nur in Gegenwart eines von der Magenschleimhaut abgeschiedenen Stoffes, des Pepsins, auf, das auch außerhalb des Magens die Fähigkeit der Verdauung der Eiweißkörper beibehält. Weil man die Hefe als ein Ferment, d. h. Gärungserreger bezeichnete, so hatte man Substanzen, die wie das Pepsin in gewissem Sinne eine ähnliche Funktion ausüben, gleichfalls Fermente genannt und den Unterschied, daß es sich bei der Hefe um einen lebenden Pilz, bei dem Pepsin um eine leblose Substanz handelt, dadurch hervorgehoben, daß man ersteres ein geformtes, letzteres ein ungeformtes Ferment genannt hat. Heute wissen wir, daß auch in den geformten Fermenten leblose Substanzen, wie das Pepsin, die wirksamen Agenzien sind, und man bezeichnet deshalb alle derartigen Substanzen, auch wenn sie an geformte Fermente gebunden sind und noch nicht von ihnen getrennt werden können, wie es bei manchen Bakterien der Fall ist, als Enzyme, d. h. im lebenden Organismus erzeugte Substanzen. Außer dem Pepsin im Magensaft sind fast aus allen Organen und Organflüssigkeiten Enzyme isoliert worden, die ganz bestimmte chemische Reaktionen katalytisch beeinflussen. So befindet sich im Speichel eine Substanz, Diastase genannt, welche die Verzuckerung der Stärkearten besorgt, im Blut die Hämase und Oxidase, die beide die Verbrennungsvorgänge im Organismus regulieren, im Darm das Trypsin und Erepsin, das einen Teil der Eiweißverdauung besorgt, in den verschiedensten Organen fettspaltende Enzyme, Lipasen genannt, ferner in Leber, Galle, Pankreas eine große Anzahl dieser wirksamen Enzyme.

Eine Eigenschaft dieser Enzyme muß ganz besonders hervorgehoben werden, um den Reichtum an Mitteln, den die Natur dem Organismus zur Verfügung stellt, zu verstehen. Jedes Enzym ist nur einer ganz bestimmten Reaktion angepaßt und ohne Einfluß auf irgendeine andere Reaktion, so daß jeder chemische Vorgang im Organismus einen eigenen Regulator besitzt, der genau auf die zu regulierende Umwandlung abgestimmt erscheint.

Wenn man einen kleinen elektrischen Lichtbogen zwischen zwei Metallspitzen in einer Weise, wie sie bei der Bogenlampe ausgeübt wird, überspringen läßt, so verdampft das Metall bei der ungemein hohen Temperatur, die etwa 3000° betragen mag. Man kann diesen Lichtbogen auch in reinem Wasser erzeugen, wenn man die Enden der mit einer starken elektrischen Stromquelle verbundenen Metallstäbe unter

Wasser nahezu in Berührung bringt. Dann verdampft das Metall wie in der Luft, kühlt sich aber sofort in dem umgebenden Wasser wieder ab und bleibt als äußerst fein verteilter Metallnebel im Wasser schwebend. Es entsteht so eine Art Lösung oder besser Aufschwemmung des Metalls in Wasser, die sich aber von einer gewöhnlichen Lösung, wie einer Salz- oder Zuckerlösung, durch viele Eigenschaften scharf unterscheidet. Wenn auch die einzelnen Metallnebelteilchen selbst bei starker Vergrößerung dem unbewaffneten Auge unsichtbar bleiben, so wissen wir doch, daß es sich um sehr fein verteilte Suspensionen, d. h. Schwebungen handelt. Das läßt sich dadurch erweisen, daß solche Metalllösungen nicht durch Pergament hindurchfiltrieren, sondern daß nur das Wasser die Poren des Pergaments durchdringt, das Metall aber zurückgehalten wird, während Salz- und Zuckerlösungen ungehindert durchzutreten vermögen. Man kennt eine große Anzahl von Substanzen, welche, in Wasser gebracht, in diesem Sinne nicht zu den wahren Lösungen gezählt werden können, sondern als ungemein feine Suspensionen oder Schwebungen betrachtet werden müssen. Alle Eiweißstoffe gehören zu ihnen und alle Enzyme. Man bezeichnet solche Lösungen, denen die Fähigkeit einer Diffusion durch tierische oder pflanzliche Membrane abgeht, als kolloidale Lösungen. Durch das elektrische Verfahren ist man imstande, kolloidale Metalllösungen herzustellen. Man hat je nach der Wahl der Metallstäbe, zwischen denen der Lichtbogen erzeugt wird, mit Leichtigkeit kolloidale Platin-, Gold-, Silber- usw. Lösungen herstellen können. Zwischen den Enzymlösungen und den kolloidalen Metalllösungen zeigen sich ganz überraschende Übereinstimmungen, die nicht zum wenigsten auf den bei beiden vorhandenen kolloidalen Zustand zurückgeführt werden müssen. Jedenfalls spielt die äußerst feine Verteilung der im Wasser vorhandenen Schwebeteilchen, die eine sehr große Oberfläche der kolloidal gelösten Substanzen schaffen, bei allen diesen Prozessen eine maßgebende Rolle. Der Wert, den die kolloidalen Metalllösungen für die Erkenntnis der Enzymlösungen besitzen, besteht in der Möglichkeit eines Vergleichs der die beiden Erscheinungskreise beherrschenden Gesetze.

Wir können eine ganze Reihe der durch Enzyme beeinflussten Reaktionen auch durch kolloidale Metalllösungen beeinflussen. Ein Beispiel bildet die Zersetzung des Wasserstoffperoxydes in Wasser und Sauerstoff $H_2O_2 = H_2O + O$. Das unter entsprechenden Vorichtsmaßregeln recht beständige Wasserstoffperoxyd wird durch Zusatz einer geringen

Menge eines Enzyms oder eines kolloidalen Metalls katalytisch sehr schnell zerfällt, und für beide Vorgänge bildet die Menge des in bestimmten Zeiten abgespaltenen Sauerstoffs ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit, so daß ein unmittelbarer Vergleich der Wirkungen gegeben ist. Dabei zeigt sich, daß die Enzyme im wesentlichen denselben Gesetzen der Reaktionsgeschwindigkeit unterliegen wie die kolloidalen Metalle, und daß speziell die Art ihrer Einwirkung auf das Wasserstoffperoxyd übereinstimmt. Die Ähnlichkeiten sind aber noch weitergehend, was wohl mit der Empfindlichkeit des kolloidalen Zustandes im allgemeinen zusammenhängt. Enzyme und kolloidale Metalllösungen zeigen Temperaturoptima ihrer Wirkungen. Beide verlieren ihre Wirksamkeit bei Temperaturen, die in der Nähe des Siedepunktes des Wassers liegen, beide können durch dieselben Stoffe vorübergehend betäubt oder ganz vergiftet werden, d. h. ihre Wirksamkeit gegenüber H_2O_2 für einige Zeit oder dauernd verlieren, und zwar sind diese Stoffe die gleichen, die wie Anilin, Blausäure, Sublimat auch als Blutgifte für den lebenden Organismus von Wichtigkeit sind. Die Enzyme werden innerhalb der lebendigen Substanz der Zelle erzeugt. Über ihre chemische Natur weiß man noch nichts, weil ihre Reindarstellung noch nicht gelungen ist. Da der lebende Organismus häufig darauf angewiesen ist, einzelne der für seinen Bestand notwendigen Teile gegen chemische Angriffe zu schützen, so besitzt er auch eine große Anzahl hemmender Katalysatoren, der Antienzyme. So wird die Eiweiß enthaltende Wandung des Magens vor der verdauenden Wirkung des Pepsins durch ein Antipepsin bewahrt. Ebenso enthalten die sauerstoffempfindlichen Zellen, die der Oxydation bei der Berührung mit sauerstoffhaltigem Blut entzogen werden müssen, Enzyme mit der Eigenschaft, den Sauerstoff inaktiv, also ohne oxydierende Kraft, abzuspalten. Näheres hierüber wird bei der Besprechung der Funktion des Blutes auszuführen sein.

III. Diffusion und osmotischer Druck.

Der lebende Organismus stellt in seiner Tätigkeit eine physikalisch-chemische Maschine von ungemein komplizierter Zusammensetzung dar. Obgleich die physikalischen und chemischen Prozesse zusammengehören und sich gegenseitig bedingen, ist es zur Erlangung einer Übersicht über die sich abspielenden Vorgänge zweckmäßig, sie gesondert zu betrachten. Den Ausschluß über die chemischen Reaktionen im Or-

ganismus erhalten wir dadurch, daß wir einerseits die Natur der den Organismus bildenden Stoffe festzustellen suchen, andererseits dadurch, daß wir die Veränderungen studieren, welche die Materie des Organismus selbst oder die Substanzen, die wir dem Organismus zuführen, erleiden. Die physikalische Seite der biochemischen Probleme liegt einerseits in der Erkenntnis der Versuchsbedingungen, unter denen die chemischen Reaktionen sich abspielen, d. h. in der Erkenntnis des physikalischen Zustandes des Organismus, andererseits in den Erforschungen der physikalischen Verhältnisse, die durch die Vorgänge im Organismus herbeigeführt werden. Das Grenzgebiet, welches die physikalisch-chemischen Prozesse gleichzeitig umfaßt, kann man als physikalische Biochemie oder als die physikalische Chemie des Organismus bezeichnen. Um diese Verhältnisse an einem einfachen Beispiel etwas klarer darzustellen, wollen wir die Vorgänge, die sich in einer Zelle abspielen, unter diesem Gesichtspunkte betrachten.

Mit den Lebensäußerungen der Zelle sind stoffliche Vorgänge, wie Aufnahme und Ausscheidung von Substanzen und Wachstum, verbunden. Notwendigerweise bedeuten die Vorgänge Neubildung und Zersetzung chemischer Verbindungen. Es werden entweder aus irgendwelchen Ausgangsmaterialien (Nahrung) neue Stoffe, die das Material des Organismus vergrößern und sein Wachstum herbeiführen, wie Eiweißstoffe, Kohlenhydrate, Fette, aufgenommen oder gebildet, oder es werden zur Gewinnung der für das Leben notwendigen Energie solche Stoffe zersetzt und in kleinere Moleküle von geringerem Energieinhalt übergeführt. So entstehen aus den Eiweißstoffen bei der Verbrennung neben Kohlensäure und Wasser Ammoniaksalze, die in Form von Harnstoff und Harnsäure ausgeschieden werden. Die Kohlenhydrate und Fette werden zu Kohlensäure und Wasser verbrannt. Alle diese Umwandlungen, seien sie synthetischer (aufbauender) oder analytischer (abbauender) Natur, gehören in das Gebiet der reinen Chemie. Die Bedingungen aber, unter denen diese Reaktionen zum Ablauf kommen, hängen vielfach von Faktoren ab, die in dieser rein chemischen Formulierung keinen Platz finden. So sind an den Aufbau- wie an den Abbaureaktionen, wie eben auseinandergesetzt, Katalysatoren oder Enzyme beteiligt, die weder in dem Ausgangsmaterial noch in dem Endprodukt der chemischen Reaktion selbst zum Vorschein kommen. Ihre Gegenwart ist aber für den Ablauf der Reaktion nötig; sie gehören mit zu den Bedingungen, die das Medium besitzen

muß, in dem sich die Reaktion abspielen soll. Es handelt sich hier mithin um die Beschaffenheit des Systems, die für die chemische Reaktion maßgebend ist, d. h. um eine Versuchsbedingung für die chemische Reaktion, nicht aber um diese selbst. Gleichzeitig aber ist das Verhältnis zwischen chemischer Reaktion und physikalischer Versuchsbedingung ein so inniges, daß man die Reaktion nicht ohne die begleitenden und notwendigen Bedingungen verstehen kann, die Gegenwart der Bedingungen hingegen erst ihre Erklärung in ihrem Zweck findet, in der chemischen Reaktion. Man wird deshalb mit Recht das Studium dieser, die Reaktion erst ermöglichenden Bedingungen als das der physikalisch-chemischen Seite des Problems bezeichnen dürfen.

Ferner bietet die Zelle, die wir uns etwa in einer Nährsalzlösung schwimmend denken wollen, noch andere Vorgänge, die, obgleich sie materielle Veränderungen der Zelle veranlassen, doch nicht das Wesen einer chemischen Reaktion besitzen. Es treten z. B. aus der Nährsalzlösung bestimmte Stoffe, ohne ihre Zusammensetzung zu verändern, durch die Zellmembran in die Zelle ein und andere Stoffe aus der Zelle in die Nährsalzlösung. Dadurch wird freilich die chemische Zusammensetzung der Zelle verändert, aber nicht durch eine chemische Reaktion, sondern durch einen physikalischen Vorgang, den man als Osmose (Wanderung) bezeichnet. Auch hier ist der Zusammenhang zwischen physikalischem und chemischem Geschehen ein so inniger, daß man den Gesamtprozeß nur als einen physikalischen und chemischen einheitlich begreifen kann. Aber auch rein physikalische Vorgänge scheint die Zelle zu bieten; so die mechanischen Leistungen, zu denen die Zelle, freilich vermöge der von chemischen Reaktionen gespendeten Energie, befähigt ist, oder die elektrischen Erscheinungen, die sich an verschiedenen Organen eines zusammengesetzteren Organismus zeigen. Aus diesen Betrachtungen geht die Größe und Kompliziertheit der biochemischen Aufgabe hervor, ein möglichst vollständiges Bild der in einem Organismus tätigen Reaktionen zu gewinnen.

Auf die Erscheinung der Diffusion und einiger durch sie veranlaßten Vorgänge wollen wir noch mit wenigen Worten eingehen. Wenn man zwei Gase mit verschiedenen Molekulargewichten, wie etwa Sauerstoff und Wasserstoff, vorsichtig übereinanderschichtet, so daß eine direkte Mischung möglichst vermieden wird, so findet doch bald und schnell eine durchaus gleichartige Verteilung der beiden Gase, eine homogene Mischung, statt. Nach kurzer Zeit ist in jedem Raumteil

des Gasgemisches der Gehalt an Sauerstoff und Wasserstoff ein konstanter. Man führt diese Erscheinung, die unabhängig von der Schwerkraft eintritt, auf die Beweglichkeit der Moleküle zurück, die zu einer gleichmäßigen Verteilung sämtlicher Molekülarten führt. Man nennt sie Diffusion.

Nicht nur an Gasen, sondern auch an Flüssigkeiten beobachten wir die Diffusion. Überschichtet man z. B. eine konzentrierte Salzlösung mit reinem Wasser, so bewegen sich die gelösten Salzteilchen gegen die Schwerkraft in das reine Wasser, und die Diffusion des gelösten Salzes dauert so lange, bis eine homogene, d. h. gleichartige Lösung entstanden ist. Statt des reinen Wassers können wir auch eine anders konzentrierte Salzlösung oder eine wäßrige Lösung irgendeines andern Stoffes wählen. Nur die eine Bedingung muß erfüllt sein, daß in der durch die Diffusion geschaffenen Lösung keine chemischen Reaktionen sich zwischen den Bestandteilen abspielen. Vermeidet man solche Stoffe, die miteinander in Reaktion treten, so beobachtet man, welche wäßrigen Lösungen man auch zusammenbringt, den Vorgang der Diffusion. Derselbe ist nicht auf wäßrige Lösungen beschränkt, sondern findet auch zwischen allen anderen Lösungen statt, falls dieselben sich mischen. So kann man Wasser und Alkohol gegeneinander bis zur Homogenität diffundieren lassen; ebenso wäßrige und alkoholische Lösungen irgendwelcher Substanzen. Nur dürfen die Lösungsmittel nicht die Eigenschaft haben, durch ihre Mischungen eine oder mehrere der gelösten Substanzen zur Ausscheidung zu bringen. In den natürlichen Gebilden handelt es sich lediglich um Wasser bzw. um wäßrige Lösungen, so daß wir auf diese unsere Betrachtungen beschränken.

Der Vorgang der Diffusion, der Wanderung der gelösten Moleküle, findet nun auch statt, wenn man zwei verschiedene Lösungen voneinander durch poröse Wandungen trennt, die aber die Eigenschaft haben, sowohl Wasser wie die gelösten Substanzen hindurchzulassen. Z. B. findet man, wenn eine Salzlösung von reinem Wasser durch eine Pergamentwand getrennt ist, daß das Salz durch die Pergamentwand so lange hindurchwandert, bis auf beiden Seiten der Wandung dieselbe Salzkonzentration herrscht. Diese Vorgänge lassen sich im *Dialysator* beobachten und verwerten, der aus einem oben offenen, unten mit einer porösen Membran verschlossenen Glaszylinder besteht, welcher in ein weiteres Glasgefäß gehängt wird, so daß durch die poröse Membran die Diffusion zwischen der im Innern des Zylinders

und der im weiteren Glasgefäß befindlichen Flüssigkeit stattfindet (Abb. 2). Man nennt diesen Diffusionsvorgang durch eine Membran hindurch Osmose (S. 33). Da die Zellmembran einer in vielen Beziehungen diffusionsfähigen Wand gleicht, so ist es ohne weiteres verständlich, daß bei der Durchtränkung des Organismus mit wäßrigen Lösungen wechselnder Konzentration der Diffusionsvorgang eine große Rolle für die Biochemie besitzen muß. Von den allgemeinen Gesetzen der Diffusion wollen wir nur erwähnen, daß sich der Diffusionsvorgang um so schneller abspielt, je größer das Konzentrationsgefälle, d. h. der Konzentrationsunterschied des gelösten Körpers auf beiden Seiten der Diffusionswand oder Membran und je ausgedehnter die berührende Fläche ist.

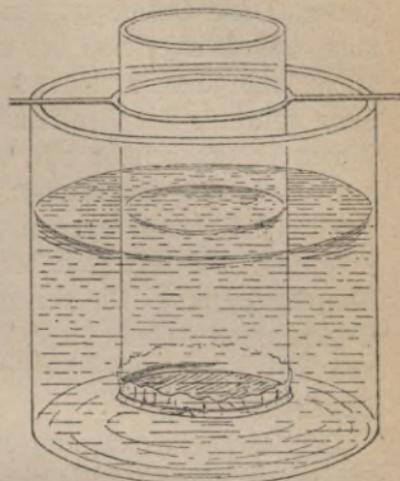


Abb. 2. Dialysator.

Da man die Diffusion auf die Beweglichkeit der gelösten Moleküle zurückführt, so erscheint als eine Konsequenz die Annahme, daß diese gelösten Moleküle einen Druck gegen die Membran ausüben, wenn dieselbe die Eigenschaft der Durchlässigkeit für sie nicht besitzt. Dann ist der Möglichkeit des Ausgleichs der Konzentration der Weg verschlossen; die Membran empfängt die Bewegungen der Moleküle als Stöße oder als Druck. Man nennt diesen Druck den osmotischen. Seine Gesetzmäßigkeiten, die von großer Bedeutung für die theoretische Chemie sind, wurden an anderer Stelle ausführlich auseinandergesetzt¹⁾. Uns interessiert hier die Frage: Unter welchen Bedingungen tritt der osmotische Druck in Zellverbänden in Erscheinung, und welche Wirkungen kann er ausüben?

Es ist klar, daß er nur dann wirksam werden kann, wenn die zwei Lösungen trennende Membran für die gelösten Moleküle undurchlässig ist, durchlässig hingegen für Wasser. Wir können einen Druck an der Fähigkeit des den Druck ausübenden Systems erkennen, sein Volumen oder seine Raumerfüllung zu vergrößern. Sobald wir, natürlich unter Vermeidung eines Ansatzes fester Materialien wie beim Wachstum, in Gasen oder Flüssigkeiten die Fähigkeit einer Volumvergrößerung erkennen, führen wir dieselbe auf die Betätigung von Druckgrößen

1) Löb, Einführung in die chemische Wissenschaft (ANUG Bd. 264).

zurück. Wenn also eine Lösung von einer zweiten durch eine Membran getrennt ist, und es wird durch die Moleküle der ersten Lösung ein größerer Druck ausgeübt als von denjenigen der zweiten, so muß sich jener durch eine Volumvergrößerung der ersten Lösung dokumentieren. Diese Volumzunahme kann aber nur dadurch zustande kommen, daß Wasser von der einen Seite der Membran durch diese hindurch, und zwar von der zweiten Lösung in die erste, auf die andere Seite gelangt. Die Bedingung für das Zustandekommen eines osmotischen Drucks besteht also darin, daß die Membran die Eigenschaft hat, durchlässig für Wasser zu sein, aber undurchlässig für die gelöste Substanz. Wäre sie durchlässig, so hätten wir den Vorgang der reinen Diffusion. Die Tätigkeit des osmotischen Druckes besteht also in einer Wasseranziehung. Die meisten Gewebe und Membranen im lebenden Organismus sind in dieser Weise halbdurchlässig oder semipermeabel und bieten daher die Bedingungen zur Betätigung des osmotischen Druckes.

Der Ausgleichsvorgang der Osmose kommt erst zur Ruhe, wenn auf beiden Seiten der Membran Gleichgewicht, d. h. gleicher osmotischer Druck herrscht. Da durch die Aufnahme fester Substanzen im pflanzlichen und tierischen Organismus der ursprüngliche Gleichgewichtszustand zwischen den Säften des Organismus und den in ihnen befindlichen Zellen gestört und durch die osmotische Druckarbeit wieder ausgeglichen wird, so kommt dem osmotischen Druck eine bedeutsame Rolle in der Flüssigkeitsregulierung und Volumregulierung des lebenden Organismus zu.

Für eine Reihe von Stoffen sind die meisten Zellwandungen durchlässig, so für einige Salze und Säuren. Dieselben können durch Diffusion aufgenommen werden. Die hierdurch bedingte Konzentrationserhöhung ruft aber eine Vergrößerung des osmotischen Druckes hervor, die durch Wasseraufnahme oder Abgabe anderer Stoffe reguliert werden muß, bis der Zustand gleichen osmotischen Druckes, die Isotonie, im Organismus wiederhergestellt ist.

So bilden Diffusion und osmotischer Druck zwei wichtige Hilfsmittel des Flüssigkeits- und Stofftransportes im lebenden Organismus und sind als solche häufig Vorbedingungen für den Eintritt biochemischer Reaktionen.

Viertes Kapitel.

**Die Eingliederung oder Assimilation
der Kohlensäure und des Stickstoffs
durch die Lebewesen.**

Nachdem wir die allgemeine Bedeutung der biochemischen Reaktionen sowie die Hilfsmittel, welche die Natur ihrem Ablauf im lebenden Organismus zur Verfügung stellt, kennen gelernt haben, wollen wir uns nunmehr den wichtigsten biochemischen Reaktionen selbst zuwenden.

Dieselben lassen sich vom Standpunkte des Energiegesetzes in zwei Klassen teilen, in solche, die der Energie *a u s s p e i c h e r u n g* dienen, also endotherm verlaufen, und solche, die der Energielieferung dienen, die exothermen. Wie bereits erwähnt, spielen die ersteren im pflanzlichen Organismus die überwiegende Rolle, während sie im tierischen Organismus in untergeordneterem Maße auftreten. Man bezeichnet sie als *A s s i m i l a t i o n s v o r g ä n g e*. Sie sind für die Pflanze dadurch gekennzeichnet, daß ihre Ausgangsmaterialien einfacher Natur sind und aus der Luft und dem Erdboden stammen. Die entgegengesetzt gerichteten Reaktionen, die *D i s s i m i l a t i o n s v o r g ä n g e*, erzeugen Energie; die Hauptstätte ihres Ablaufes ist daher der tierische Organismus, wenn sie auch für den Energieverbrauch der Pflanze Bedeutung besitzen.

Die wichtigen Lebenssubstanzen, zu denen die Assimilation führt, Kohlenhydrate, Fette und Eiweißstoffe, werden die Ausgangsmaterialien der Dissimilationsreaktionen, deren Endprodukte je nach der Art des die Dissimilation ausführenden Organismus verschieden sein können. Da der wirksame Träger des für die tierischen Dissimilationsprozesse unentbehrlichen Sauerstoffs das Blut ist, wird es nötig sein, auch auf seine Rolle einzugehen.

I. Die Assimilation der Kohlensäure.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Pflanzen die Kohlensäure der Luft unter der Einwirkung des Sonnenlichts in sich aufnehmen und dafür Sauerstoff ausatmen. Im Dunkeln dagegen atmen die Pflanzen Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Der erstere Vorgang ist der, den man als die Assimilation der Kohlensäure bezeichnet, und den

man durch einen einfachen Versuch im Laboratorium sich vergegenwärtigen kann (Abb. 3). In ein oben geschlossenes Glasrohr bringt man ein größeres Blatt und läßt eine erheblichere Menge Kohlen-

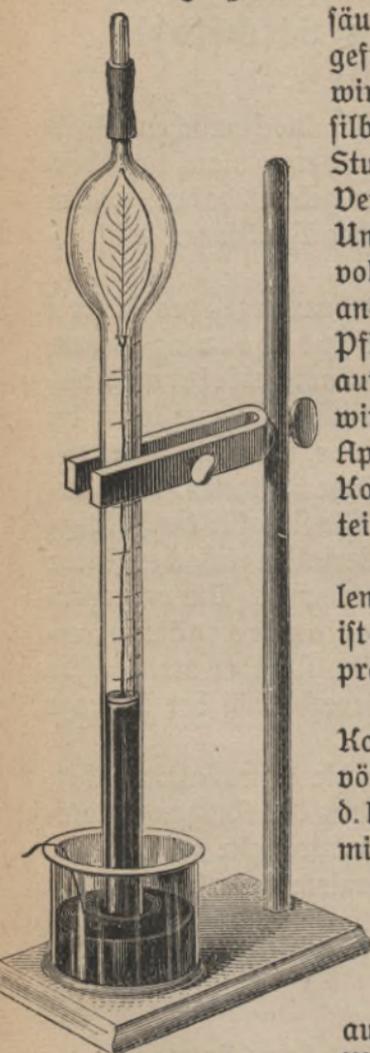


Abb 3 Nachweis der Assimilation der Kohlensäure.

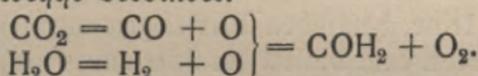
säure eintreten. Das vollständig mit diesem Gase gefüllte Glasrohr, das unten offen ist, verschließen wir dadurch, daß wir es in einen Napf mit Quecksilber tauchen. Lassen wir den Apparat mehrere Stunden in der Sonne stehen, so bemerken wir keine Veränderung des Gasvolumens; aber die chemische Untersuchung des Gases zeigt, daß die Kohlensäure vollständig verschwunden und an ihre Stelle ein anderes Gas, der Sauerstoff, getreten ist. Die Pflanze vermag also im Sonnenlichte Kohlensäure aufzunehmen und Sauerstoff abzugeben. Bringen wir den ursprünglich mit Kohlensäure gefüllten Apparat in einen dunklen Raum, so findet keine Kohlensäureaufnahme statt, sondern im Gegenteil, das Volumen der Kohlensäure vergrößert sich.

Das Produkt, das sich unter Aufnahme der Kohlensäure in der Pflanze zuerst nachweisbar bildet, ist die Stärke, die somit als das erste Assimilationsprodukt der Pflanze zu bezeichnen ist (Abb. 4).

Über die chemischen Reaktionen, die von der Kohlensäure zur Stärke führen, ist man noch nicht völlig im klaren. Die Stärke ist ein Kohlenhydrat, d. h. sie enthält in chemischer Bindung Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers. Es muß sich also zweifellos das Wasser an der Reaktion beteiligen und die Kohlensäure ihres Sauerstoffgehaltes zum Teil beraubt werden. Dadurch läßt sich der chemische Prozeß der Assimilation auf eine Reduktion der Kohlensäure unter Mitwirkung des Wassers zurückführen. Zu den Kohlenhydraten gehören sämtliche Zuckerarten.

Es ist wahrscheinlich, daß, wenn auch die Stärke das erste sichtbare Assimilationsprodukt ist, der Aufbau zu dieser komplizierten Verbindung in schneller Folge über einige Zwischenphasen führt, in erster Linie über Zuckerarten. Letztere entstehen nun äußerst leicht aus einer sehr

einfachen kohlenstoffhaltigen Verbindung, dem Formaldehyd CH_2O (S. 13), so daß die von dem Chemiker v. Baeyer ausgesprochene, durch künstliche Versuche gestützte Hypothese, daß der Assimilationsweg als schnellvergänglichen Zwischenstoff den Formaldehyd benutzt, große Wahrscheinlichkeit besitzt. Nimmt man den Zusammenschluß mehrerer Formaldehydmoleküle zu Kohlenhydrat, wie Zucker oder Stärke, als den sekundären Vorgang an, so bleibt als erste chemische Frage: Auf welchem Wege entsteht aus Kohlensäure und Wasser Formaldehyd? Nach Versuchen unter Bedingungen, die mit den natürlichen Assimilationsbedingungen vergleichbar sind, ist der Vorgang so aufzufassen, daß gleichzeitig eine Spaltung der Kohlensäure in Kohlenoxyd und Sauerstoff und eine Spaltung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff stattfindet und das Kohlenoxyd sich mit Wasserstoff direkt zu Formaldehyd verbindet:



Aus dieser Formulierung ist auch ohne weiteres ersichtlich, daß das bei der Assimilation entstehende Sauerstoffvolumen gleich dem aufgenommenen Kohlensäurevolumen sein muß. Der Zusammenschluß oder die Polymerisation des Formaldehyds, der nicht im freien Zustande, sondern wahrscheinlich an Eiweiß oder andere Substanzen gebunden in der Pflanze auftritt, kann zu allen möglichen Zuckerarten führen, die im Pflanzenreiche verbreitet sind, z. B. $6(\text{CH}_2\text{O}) = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = \text{Fruchtzucker oder Traubenzucker}$. Aus diesen mit sechs Kohlenstoffatomen versehenen Hexosen bilden sich dann unter Wasserabspaltung die höheren Kohlenhydrate, wie Rohrzucker, Stärke und andere.

Um die experimentellen Gründe für die Annahme eines derartigen Vorganges, der aus den anorganischen Bestandteilen der Atmosphäre zu den ersten organischen Verbindungen führt, zu erläutern, ist es notwendig, auch auf die physikalische Seite des Assimilationsvorganges etwas näher einzugehen. In den grünen Pflanzenteilen, innerhalb der Assimilationsorgane, der Chloroplasten, assimiliert die Pflanze. Die Chloroplasten sind Zellbestandteile, in die der grüne Blattfarbstoff, das Chlorophyll, eingebettet ist (Abb. 4). Nur die lebenden Chloroplasten können unter Aufnahme der Lichtenergie Stärke auf-

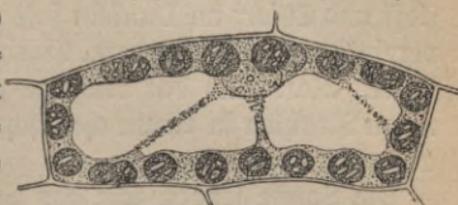


Abb. 4. Stärke in Chlorophyllkörpern.

bauen; die abgestorbene Pflanze und das von den Chloroplasten getrennte Chlorophyll besitzen dieses Vermögen nicht mehr.

Es lag nahe, zunächst zu untersuchen, ob man die in der Farbstoffnatur des Chlorophylls ausgeprägten Beziehungen zu den Lichtstrahlen experimentell feststellen könne. Das Licht beeinflusst viele chemische Prozesse: die Silbersalze der photographischen Platte werden verändert, Farbstoffe bleichen in der Sonne, Substanzen, die, wie Wasserstoff und Chlor, im Dunkeln fast unverändert nebeneinander bestehen, vereinigen sich unter dem Einfluß der strahlenden Energie zu Salzsäure. Man fand das wichtige photochemische Gesetz, daß nur diejenigen Strahlen in einem chemischen System wirksam sind, die von ihm absorbiert werden.

Die Sonne sendet, wie das Spektrum lehrt, eine große Zahl von Strahlen aus, deren verschiedene Wellenlängen wir als verschiedene Farben empfinden. Die langwelligen gelben und roten und die noch jenseits der roten liegenden, unsichtbaren, ultraroten Strahlen erzeugen hauptsächlich Wärme und üben, wie aus der photographischen Praxis bekannt ist, fast keine chemischen Wirkungen aus. Je mehr man sich durch Grün und Blau dem Violett des Spektrums nähert, um so kürzer werden die Wellen der Strahlen, um so geringer wird die Wärmewirkung, um so größer die chemische, die ihr Maximum jenseits des Violetts im unsichtbaren Ultraviolett erreicht.

Merkwürdigerweise absorbiert das Chlorophyll am stärksten die roten und gelben, also die chemisch schwächsten Strahlen, und im Einklang mit dem eben erwähnten photochemischen Gesetz ist auch der chemische Effekt, die Assimilation der Kohlensäure, unter dem Einfluß des gelben und roten Lichtes in der Pflanze am kräftigsten. Versuche mit Strahlensaltern, Anordnungen, die mittels farbiger Lösungen oder Gläser nur bestimmten Strahlen Durchgang gestatten, brachten diese Frage zur einwandfreien Entscheidung. Die chemisch wirksamsten ultravioletten Strahlen gelangen zudem nur in geringerem Maße auf die Erdoberfläche, da sie zum Teil bereits in der Atmosphäre absorbiert werden.

Es ergab sich also das merkwürdige Resultat, daß von der Pflanze hauptsächlich Wärmestrahlen aufgenommen und zu chemischen Synthesen verwertet werden, während die chemischen Strahlen nur eine untergeordnete Rolle bei der Assimilation ausüben. Aber dieser Widerspruch ist nur ein scheinbarer. Man kennt seit längerer Zeit in der Photographie die Sensibilisatoren, Substanzen — meist Farb-

stoffe —, die die Eigenschaft besitzen, Wärmestrahlen in chemisch wirksame umzuwandeln. Setzt man einem gegen Rot und Gelb wenig empfindlichen Silbersalze eine geringe Menge des Teerfarbstoffes Cyanin zu, so wird das Salz sensibilisiert, d. h. gegen rotes und gelbes Licht empfindlich. (Farbenempfindliche Platten sind solche mit Sensibilisatoren.) Ein solcher Sensibilisator, der auch in der Photographie verwendet wird, ist das Chlorophyll. Es erfüllt in den Pflanzen höchstwahrscheinlich die Funktion, die absorbierten Wärmestrahlen in chemische umzuformen. Es dient als Umwandlungsapparat der Wärmeenergie in chemische Energie, wie etwa ein Akkumulator elektrische Energie aus chemischer erzeugt.

Keine Frage aber ist, daß das Chlorophyll außer dieser noch eine Reihe anderer Funktionen ausübt; vor allem scheint es auch aktiv an der Sauerstoffentbindung aus der Kohlensäure, einem Vorgang, der ja mit der Assimilation verbunden ist, beteiligt. In chemischer Beziehung ist das Chlorophyll, gleichsam der Blutfarbstoff der Pflanzen, mit dem Hämoglobin, dem Blutfarbstoff der Tiere, chemisch nahe verwandt. Wie dieser durch seine Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen und durch den Organismus zu transportieren, ein wesentlicher Faktor der Zuckerverbrennung ist, so scheint das Chlorophyll durch Vermittlung der Sauerstoffabgabe an die Atmosphäre den der Oxydation entgegengesetzten Vorgang der Zuckersynthese zu unterstützen.

Neben den Kohlenhydraten kommen als indirekte Endprodukte der Kohlensäureassimilation in den Pflanzen die Fette vor. Zweifellos stehen Zucker- und Fettbildung in nahem Zusammenhang, der höchstwahrscheinlich durch einen mehr oder weniger direkten Übergang der Kohlenhydrate in Fette hergestellt wird. Die Zusammensetzung der letzteren besteht, wie eingangs auseinandergesetzt, in einer Verkettenung von Glycerin und Fettsäuren. Während ersteres leicht aus einer Spaltung des Zuckers hervorgehen kann, läßt sich die Bildung der Fettsäuren auf eine Reduktion des Zuckermoleküls zurückführen. Auch ist es möglich, daß Spaltprodukte des Zuckers wie Glycerinaldehyd durch Wasserverlust in ungesättigte Aldehyde übergehen, die unter Wasseraufnahme und Kondensation leicht imstande sind, Fettsäuren zu bilden. Wie dem auch sei, so viel steht fest, daß der Fettbildung die Assimilation der Kohlensäure vorausgehen muß, so daß diese beiden biologisch so wichtigen Körperklassen zweifellos aus dem gleichen Fundamentalprozeß, der Assimilation der Kohlensäure, hervorgehen.

In den Pflanzen üben die Fette, ebenso wie in dem tierischen Organismus, zweierlei Funktionen aus. Sie dienen dem Organismus als Bausteine und als Energiequelle. Die letzte Funktion wird natürlich erst durch die Verbrennung der Fette herbeigeführt, die bei den Keimungsvorgängen der Pflanzen, welche relativ viel Energie benötigen, einen ganz erheblichen Umfang annehmen kann. In zahlreichen Samen der höheren Pflanzen finden wir Fette als Nährmaterial für die ganzen Keimlinge in solchen Mengen angehäuft, daß der Mensch einen erheblichen Teil seines Fettbedarfes aus dem Fettlager der Pflanzensamen decken kann.

II. Die Assimilation des Stickstoffs.

Über die Reaktionen, welche den Stickstoff in den Kreislauf des Lebens bringen, d. h. ihn mit den organischen Substanzen zu den für die Zelle wichtigsten Verbindungen, den Eiweißstoffen, zusammenschließen, sind unsere Kenntnisse noch äußerst gering. So viel nur weiß man sicher, daß die Pflanze nicht imstande ist, den elementaren Stickstoff der Atmosphäre unmittelbar in sich aufzunehmen, sondern daß sie ihn meist in der Form löslicher Stickstoffverbindungen, wie der salpetersauren Salze, oder als Ammoniaksalze aus dem Erdboden durch die Wurzeln in sich aufnimmt. Auch gibt es bestimmte Bakterienarten, die den Übergang des freien Stickstoffs in salpetersaure Salze vermitteln und ihn so dem pflanzlichen Organismus zugänglich machen. Durch diese Sachlage ist es erklärlich, daß zum Gedeihen der Pflanze der Stickstoffgehalt der Atmosphäre nicht maßgebend ist, sondern daß der Erdboden die wichtigste Stickstoffquelle darstellt. Enthält nun auch die Ackerkrume im allgemeinen stickstoffhaltige lösliche Substanzen, die ihr auch aus der Atmosphäre durch die bei elektrischen Entladungen vor sich gehende Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff zugeführt werden, so ist doch meist der Vorrat an assimilierbarem Stickstoff durch die Pflanzenerschöpfung, wenn man dieselben, wie es bei den Nutzpflanzen geschieht, von dem Erdboden entfernt und dadurch ihre Verwesung und die Rückkehr des Stickstoffs in den Erdboden verhindert. Dann wird es notwendig, dem Boden neue Stickstoffnahrung zuzuführen in Gestalt des Düngers, der besonders als künstlicher Salpeterdünger den Stickstoff als Nitrat den Pflanzen in direkt assimilierbarer Form darbietet. Möglicherweise — mehr können wir in diesem Falle noch nicht sagen — reagiert der Stickstoff als Ammoniak NH_3 , oder als Salz des Ammoniaks mit den Zwischenprodukten der Kohlensäureassimilation,

etwa dem Formaldehyd oder den Kohlenhydraten selbst, oder auch mit den durch die noch zu besprechende Dissimilation entstehenden Abbauprodukten, z. B. mit organischen Säuren, und bildet als erste Stufe der natürlichen Eiweißsynthese die Aminosäuren, die außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch den Rest des Ammoniaks enthalten. Diese Aminosäuren können sich, wie durch Emil Fischer's epochemachenden Untersuchungen erwiesen ist, zu hochmolekularen Substanzen vereinigen, welche allmählich zu den Eiweißkomplexen führen.

Bezüglich der Salze läßt sich mit Sicherheit sagen, daß sie für den Stoffhaushalt der Pflanze notwendig sind und meist direkt aus dem Erdboden den Pflanzensäften zugeführt werden. Salze werden in den Samen so reichlich für den Aufbau des Keimlings aufgespeichert, daß eine Reihe von Samen bei Zufuhr genügender Feuchtigkeit ohne Berührung mit der Erde und ohne neue Salzzufuhr eine vollständige Pflanze zu entwickeln imstande ist. Namentlich die Knollengewächse und Zwiebeln enthalten alle Bausteine der neuen Pflanzengeneration in reichlicher Menge, so daß für längere Zeit eine Unterbrechung in der Zufuhr der Wachstumbausteine ohne Schaden vertragen werden kann.

Neben Kohlenensäure, Stickstoff und Salzen werden reichliche Mengen von Wasser im Laufe des Pflanzenwachstums gebunden und chemisch assimiliert. Alle Lebewesen leben in fließendem Wasser, für dessen stete Erneuerung der Stoffwechsel der lebendigen Substanz Sorge trägt. Wo das Wasser in der Umgebung fehlt, da erzeugen sich die Organismen durch Verbrennung organischer Verbindungen diese lebenswichtige Verbindung selber. Die Pelzmotte, auf trockenem Pelze lebend, baut ihren wasserhaltigen Leib zum größten Teil aus Verbrennungswasser der Keratinsubstanzen (Haarsubstanz) auf.

Fünftes Kapitel.

Die Dissimilationsvorgänge im pflanzlichen Organismus.

I. Die Dissimilation der Kohlenhydrate in den Pflanzen.

Die Assimilation der Kohlenensäure zu Stärke ist, wie bereits erörtert, ein Vorgang, der mit der Energieaufspeicherung verknüpft ist. Die Pflanze gebraucht in ihrem Leben, um die Energie des Wachstums zu decken und um den Kreislauf der Säfte in ihrem Gewebe zu er-

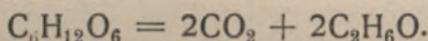


halten, Energie, die sie den durch die Assimilation aufgespeicherten Vorräten entnehmen muß. Ein diesem Zwecke dienender Vorgang besteht in einer Umkehrung des Assimilationsprozesses. Die Stärke wird wieder in die Bestandteile zerlegt, aus denen sie entstanden ist, und gibt dabei die Energie wieder ab, welche sie bei ihrer Bildung aus der Lichtenergie aufgenommen hat. Es ist nun nicht notwendig, daß dieser Stärkezerfall, den man die Dissimilation der Kohlenhydrate nennt, direkt bis zu dem Endprodukt Kohlensäure und Wasser, dem Ausgangspunkt der Assimilation, führt. Auch nur ein teilweiser Zerfall des Stärkemoleküls kann genügen, um die immerhin geringen Energiebedürfnisse der Pflanze oder einzelner Pflanzenteile zu befriedigen.

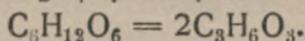
Solche teilweise Spaltung des Stärkemoleküls kann in der Weise stattfinden, daß der Sauerstoff der Luft dabei beteiligt ist und, ohne bis zur Kohlensäure zu oxydieren, andere organische Oxydationsprodukte entstehen läßt. Der Vorgang kann sich aber auch in der Weise abspielen, daß ohne Mitwirkung des äußeren Sauerstoffs Spaltungen eintreten unter gleichzeitiger Verschiebung des in der Stärke bereits enthaltenen Sauerstoffs. Dadurch wird ein Teil des Stärkemoleküls oxydiert, während der andere Teil des Stärkemoleküls, der seinen Sauerstoff abgibt, sauerstoffärmer oder reduziert wird. Man nennt die mit der Dissimilation der Stärke verbundenen Vorgänge in der Pflanze die Atmung der Pflanze, die also bei vollständiger Oxydation unter Mitwirkung des Sauerstoffs zu Kohlensäure und Wasser führt, die bei nicht vollständiger Oxydation unter Mitwirkung des Sauerstoffs zu irgendwelchen anderen organischen Oxydationsprodukten führt, oder die schließlich bei Fehlen des Sauerstoffs in Spaltungen des Stärkemoleküls oder Sauerstoffverschiebung besteht. Die letztgenannte Form der Atmung bezeichnet man deshalb auch als intramolekulare Atmung. Pflanzliche Gebilde oder niedrigere Lebewesen, welche lediglich durch intramolekulare Atmung ihr Energiebedürfnis bestreiten, nennt man anaerob, d. h. ohne Zufuhr von Luft lebensfähig. Diejenigen Gebilde, die des Sauerstoffs der Luft bedürfen, nennt man aerob. Zu letzteren gehören alle Tiere und die meisten höheren Pflanzen, zu den anaeroben die meisten Pilze, vornehmlich der Hefepilz.

A. Die anaerobe Atmung.

Der wichtigste Typus der Atmung ist die Gärung, die je nach dem Endprodukt, das entsteht, als alkoholische, als Milch- oder als Buttersäuregärung bezeichnet wird. In diesen Fällen handelt es sich um intramolekulare Atmung oder um Spaltungen mit gleichzeitiger Sauerstoffverschiebung. Wir wissen, daß diese Gärungsercheinungen bedingt sind durch die Gegenwart gewisser in den Hefezellen enthaltener und von ihnen produzierter Stoffe, der Enzyme. Es ist gelungen, einen Teil der Enzyme von den organisierten Gebilden, in denen sie entstehen, zu trennen und unabhängig von den Lebensvorgängen ihre eigentümliche Wirkungsweise zu studieren. Vor allem läßt sich aus dem Hefepilz ein Ferment, die Zymase in Form eines wasserlöslichen Pulvers gewinnen, das die Eigenschaft hat, Zuckerslösungen (der Zucker entsteht zunächst unter Wasseraufnahme aus der Stärke) in Gärung zu versetzen, d. h. den Zucker in Kohlensäure und Alkohol zu verwandeln:



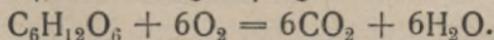
Die Milchsäuregärung läßt sich durch die Gleichung wiedergeben



Der Vorgang der Buttersäuregärung verläuft komplizierter, da hierbei noch eine Reihe von Nebenprodukten entsteht.

B. Die aerobe Atmung.

Die aerobe Atmung bietet, wenn die Oxidation vollständig ist und bis zu Kohlensäure und Wasser verläuft, das Bild einer einfachen Umkehrung der Assimilationsgleichung



Etwas komplizierter liegen die Verhältnisse, wenn die Oxidation bei irgendeinem der vielen möglichen Zwischenprodukte haltmacht. So ist es bei den meisten pflanzlichen Vorgängen der Fall, daß sich die vollständige Oxidation neben der teilweisen Oxidation gleichzeitig abspielt. Es würde zu weit führen, die Endprodukte dieser teilweisen Oxidation im einzelnen zu betrachten. Es genügt hier, darauf hinzuweisen, daß eine große Anzahl der beständigeren organischen Säuren mit einem geringeren Kohlenstoffgehalt, als er dem Zucker eigen ist, die Schlußetappe dieses teilweisen Oxidationsvorganges bilden kann; so die Ameisensäure, die Oxalsäure, die Essigsäure und andere

Settsäuren. Auch einige Gärungsprozesse der Zuckerarten verlaufen aerob, so die Essigsäuregärung, bei der zunächst entstandener Alkohol durch Sauerstoff zur Essigsäure oxydiert wird.

Es ist notwendig, die wichtigsten Formen der aeroben und anaeroben Atmung gesondert kurz zu besprechen.

C. Die Gärungsvorgänge.

1. Die alkoholische Gärung.

Wie bereits mehrfach ausgeführt ist, gebrauchen die Lebewesen Energie, die sie sich meistens, soweit tierische Zellen in Betracht kommen, in Form chemischer Spannkraft beschaffen. Um in die hier walten- den, sehr verwickelten Verhältnisse Einblick zu erhalten, ist es zweck- mäßig, zunächst die chemischen Stoffwechselvorgänge der einfachsten Organismen zu untersuchen, und zwar von solchen, die möglichst nur durch eine Reaktion die Betriebskraft herzustellen vermögen. Die an der Grenze der pflanzlichen und tierischen Formen stehenden Zellen sind für diese Aufgabe am geeignetsten. Man kennt solche einzellige Lebewesen, Protisten genannt, die gewisse tierische Funktionen mit pflanzlichen verbinden. Es gehören dazu Bakterien, Amöben und niedere Pilze, Zellformen, welche teils eigene Beweglichkeit besitzen, teils nicht, die sich durch Teilung fortpflanzen, in vielen Punkten ein pflanzliches Dasein zeigen, sich aber von den typischen Pflanzen da- durch unterscheiden, daß sie nicht in ihrem Nährboden wurzeln, son- dern von einem in den andern leicht übertragbar und innerhalb des- selben passiv oder aktiv beweglich sind. Ihr Stoffwechsel kommt da- durch zustande, daß sie aus dem Nährboden durch ihre Zellmembran geeignete Stoffe aufnehmen, im Zellinnern verarbeiten und die Zer- setzungsprodukte auf demselben Wege durch die Membran abscheiden. Ganz besondere Bedeutung besitzt der an der Erdoberfläche weitver- breitete Hefepilz (Abb. 5), eine einfache Zelle, die, unter dem Mikro- skop betrachtet, im Innern keinen Kern besitzt und eine fast kreis- runde Form aufweist. Die Bedeu- tung des Hefepilzes liegt darin, daß er als energieliefernde Sub- stanz den Zucker benutzt und die- sen zur Beschaffung der nötigen Lebensenergie in Alkohol und



Abb. 5. Hefezellen.

Kohlensäure zerlegt. Es ist gelungen, den Hefepilz in Reinkultur zu züchten, indem man sorgfältig ausgesuchte Hefezellen sich auf geeigneten Nährlösungen dauernd vermehren läßt und dann nach Erschöpfung des Nährbodens einen Teil der Hefe zur weiteren Entwicklung und Fortpflanzung auf frische Nährböden überträgt.

Die Branntweinbrennerei, die Brennspirituserzeugung und die Herstellung der alkoholischen Getränke beruhen auf der Wirkung der Hefe, den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu spalten. Lange war man über die Natur des Vorganges völlig im unklaren. Handelte es sich um eine Tätigkeit des Lebens, die auf rein chemischem Wege nicht nachahmbar ist, oder spielt sich hier eine chemische Reaktion ab, die im Reagenzglas durch leblose Substanzen wiederholt werden kann? Beide Ansichten fanden ihre Vertreter. Während Pasteur die vitalistische Theorie (Annahme einer Lebenstätigkeit) vertrat, stand Liebig auf dem Standpunkt, daß hier eine rein chemische Reaktion stattfindet, bei der die Hefe als sogenannte Kontakt-Substanz wirkt, d. h. durch ihre Berührung mit dem Zucker einen Zerfall einleitet, der auch ohne Hilfe der Zelle durchführbar ist. Dieser, in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts lebhaft geführte Streit ist durch die Untersuchungen Buchners entschieden worden. Es gelang Buchner, die Hefezelle mit Quarz und Kieselgur so zu zerreiben, daß die Zelle vollständig zerstört wurde, und die Zellflüssigkeit aus den zerstörten Zellen austrat. Wird ein solches Gemisch von Zellflüssigkeit, zersehten Zellmembranen, Quarz und Kieselgur unter einer hydraulischen Filterpresse ausgepreßt, so gewinnt man eine Flüssigkeit, die natürlich nichts Lebendes mehr enthält, die aber, einer Zuckerlösung zugesetzt, alsbald Kohlensäure und Alkohol erzeugt, sie, wie man sagt, in Gärung versetzt. Damit war die Pasteursche Anschauung widerlegt, denn der Hefepresssaft enthält keine lebenden Elemente mehr. Buchner konnte nun nachweisen, daß in dem Hefepresssaft eine eigentümliche feste Substanz gelöst ist, welche die alkoholische Gärung verursacht und auch aus der Lösung abgetrennt werden konnte. Er nannte diesen wirksamen Stoff Zymase. Die Zymase gehört zu der großen Klasse der Enzyme. Die Enzyme, wie auch die Zymase, sind bis jetzt noch nicht künstlich hergestellt worden, sondern erscheinen nur als Produkte der Lebenstätigkeit selbst. Wenn mithin Liebig auch darin recht hat, daß die alkoholische Gärung eine rein chemische Reaktion ist, so ist nach der jetzigen Auffassung doch gleichzeitig der Pasteursche

Standpunkt soweit gerechtfertigt, daß die die Reaktion anregende Zymase selbst als ein Produkt der Tätigkeit eines lebenden Organismus erscheint.

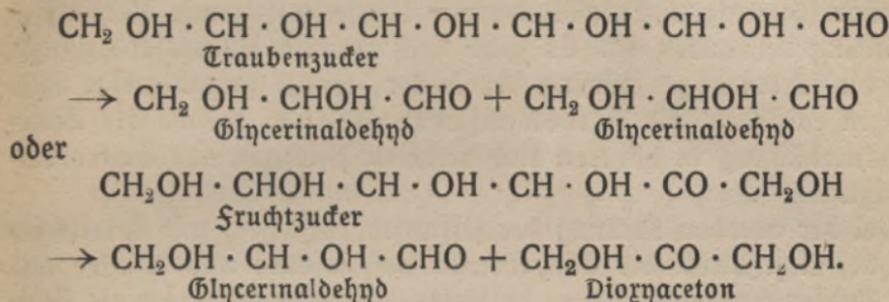
Der Zucker zerfällt, wie es seine chemische Zusammensetzung gestattet, restlos in Alkohol und Kohlensäure, ohne daß bei dieser Reaktion andere Stoffe von außen aufgenommen zu werden brauchen. Während der entwickelte tierische Organismus sich die Betriebsenergie durch Verbrennung der organischen Substanzen und vor allem der Zuckerarten unter Sauerstoffaufnahme aus der Atmosphäre verschafft, arbeitet die alkoholische Gärung in der Weise, daß sie den zur Erzeugung der Kohlensäure notwendigen Sauerstoff dem Zuckermoleküle selbst entzieht, wobei außer Kohlensäure Alkohol entsteht, der sauerstoffärmer ist als Zucker. Es wird ein Teil des Zuckers auf Kosten des andern oxydiert und letzterer dabei reduziert. Wie sich durch kalorimetrische Versuche leicht feststellen läßt, verläuft die Reaktion exotherm, d. h. es wird Wärme dabei entwickelt, die von der Hefe in andere Energieformen überführt werden kann. Durch diese positive Wärmetönung ist die Reaktion der alkoholischen Gärung befähigt, als Energiequelle für Lebewesen zu dienen.

Bringt man die Hefe oder den Buchnerschen Hefepreßsaft in eine Zuckerlösung, so treten fast momentan die Zersetzungserzeugnisse Alkohol und Kohlensäure auf, ohne daß sich ein Zwischenprodukt dieser recht komplizierten Zersetzung des Zuckers mit Sicherheit nachweisen läßt. Es ist aber keine Frage, daß sich in ungemein schneller Folge eine Reihe chemischer Prozesse abspielt. Das Problem der chemischen Natur der Zwischenprodukte ist zwar augenblicklich noch ungelöst; man schwankt zwischen der Annahme eines allmählichen Zerfalls des Zuckermoleküls in verschiedene unbeständige Phasen, die schnell in die Endprodukte übergehen, und einer vollständigen Zersetzung des Zuckers, welcher sich ein neuer Aufbau zu Alkohol und Kohlensäure aus den Zersetzungserzeugnissen anschließt. Da sich die alkoholische Gärung an einem Zuckermolekül vollständig abspielen kann ohne Hinzutreten anderer Stoffe mit Ausnahme der Zymase, so bietet sie ein lehrreiches Beispiel der intramolekularen Oxydation oder der intramolekularen Atmung.

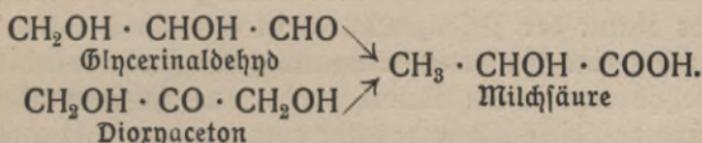
2. Die Milchsäuregärung und andere Gärungen.

Die Milchsäuregärung ist ein reiner Spaltungsvorgang, durch den ein Molekül einer Hexose in zwei Moleküle Milchsäure aufgelöst wird. Viele Bakterien haben die Fähigkeit, Zuckerarten in

Milchsäuregärung zu verstehen, insbesondere die Milchsäurebakterien, die den Milchzucker angreifen und das Sauerwerden der Milch veranlassen. Allem Anschein nach sind die einleitenden Prozesse bei der alkoholischen und der Milchsäuregärung identisch und bestehen wahrscheinlich in einer symmetrischen Spaltung des Zuckermoleküls, durch welche zunächst Glycerinaldehyd und Diaceton gebildet werden.



Je nach der biologischen Einrichtung des die Gärung besorgenden Substrates kann nun jede dieser beiden Substanzen entweder zu Milchsäure umgelagert werden oder in Alkohol und Kohlensäure zerlegt werden.



Wie die alkoholische, so ist auch die Milchsäuregärung ein exothermer Prozeß und spielt biologisch zweifellos die Rolle, den Bakterien und Pilzen einen Teil der notwendigen Lebensenergie zu liefern.

Zu den Gärungsvorgängen, welche nicht wie die bisher besprochenen anaerob verlaufen, sondern der Mitwirkung des Sauerstoffs bedürfen, gehört vor allen Dingen die Essigsäuregärung; denn sie beruht auf einer Oxydation des durch Spaltung des Zuckers entstandenen Alkohols zu Essigsäure. Sie wird von mehreren Bakterienarten hervorgerufen. Die Buttersäuregärung schließlich beruht wahrscheinlich auf einer über den Glycerinaldehyd hinausgehenden Spaltung des Zuckermoleküls, durch die Acetaldehyd erzeugt wird, der durch eine Synthese über das Aldol erst in die Buttersäure übergeführt wird.

als Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels angesehen werden, weil sie nach ihrer Bildung durch Synthese zu neuen Eiweißmolekülen verschwinden können, wenn die äußeren Bedingungen wie reichliche Lichtzufuhr den synthetischen Vorgängen förderlich sind. Die Abbauprodukte der Kohlenhydrate, die zum Teil zweifellos auch als Zwischenprodukte des Zuckeraufbaus in der Assimilation, wenn auch nur vorübergehend, berührt werden, sind die Substanzen, welche von den stickstofffreien organischen Pflanzenprodukten zu den Eiweißstoffen hinüberführen. Durch Einwirkung von Ammoniak auf Milchsäure können Aminosäuren wie Alanin oder Serin usw. entstehen. Durch Zusammenschluß von Aminosäuren aber ist die Möglichkeit der Eiweißsynthese eingeleitet.

Über die Dissimilation der Fette in den Pflanzen weiß man wenig. Nur so viel erscheint sicher, daß das in den Pflanzen aufgespeicherte Fett sowohl die Funktion des Baumaterials des Pflanzenleibes wie auch die einer Kraftquelle durch Verbrennung besonders bei der Keimung ausübt. Wir werden der wichtigen Frage der Fettdissimilation etwas eingehender bei den tierischen Verhältnissen nähertreten.

III. Die Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels.

Während bei den Tieren die Endprodukte des Stoffwechsels, die für den tierischen Organismus ihre Funktion erfüllt haben, aus diesem ausgeschieden werden, bleiben die pflanzlichen Stoffwechselprodukte, soweit sie nicht als Gase den pflanzlichen Organismus verlassen, ihm erhalten, und zwar nicht als Ballast, sondern als ein Teil des Pflanzenleibes, der wieder bestimmte Funktionen zu erfüllen hat. Die Ausscheidung von Stoffen durch die Wurzelhaare in die Umgebung der Pflanze ist an Menge sehr gering gegenüber den Ausscheidungen der Tiere. Die chemische Natur dieser Endprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels ist oft sehr kompliziert. Die Substanzen bilden sowohl die chemisch dauerhafte Endreihe synthetischer Vorgänge wie auch widerstandsfähige Glieder der Abbauprozesse. Zu den ersteren gehört vor allen Dingen das Kohlenhydrat Zellulose, das als Holzstoff das Gerüst der Pflanzen aufbaut, ohne sich, einmal aufgebaut, an den biochemischen Umsetzungen weiter zu beteiligen. Die chemische Natur anderer Endprodukte und ihre Beziehung zu den Ausgangspunkten der Pflanzennahrung ist wenig aufgeklärt. Zu solchen Stoffen gehören die Wachs-

arten, die Harze und Glukoside. Vielleicht stellen sie einen Teil des Schutzapparates der Pflanzen gegen Schädigungen durch äußere Einflüsse und durch Tiere dar, ebenso wie die ätherischen Öle und Kampferarten.

Zu den unter Mitwirkung des Sauerstoffs entstehenden Endprodukten zählen die Gerbstoffe und ihre Oxydationsprodukte, aromatische Verbindungen, die als regelmäßige Bestandteile bestimmter Pflanzen angetroffen werden. Die Alkaloide sind als spezifische Umsetzungsprodukte von Bausteinen der Eiweißkörper aufzufassen, sie sind als solche stickstoffhaltig und meist mit den Pflanzen Säuren zu Salzen verbunden. Die Pflanzensäuren selbst können, wie bereits hervorgehoben, nicht als eigentliche Endprodukte angesprochen werden, weil sie Zwischenstufen einer noch unvollendeten Oxydation darstellen, die unter geeigneten Bedingungen weiter bis zu den Endprodukten Kohlen Säure und Wasser durchgeführt werden kann. Auch die Alkaloide und die Gerbstoffe können unter Umständen einer aeroben Atmung anheimfallen, d. h. wieder aus den Pflanzen verschwinden, so daß der Begriff dieser Stoffe als Endprodukte kein unabänderlicher ist, sondern nur aus der großen Regelmäßigkeit des Vorkommens dieser Körper abgeleitet werden kann.

Sechstes Kapitel.

Die Dissimilationsvorgänge im tierischen Organismus.

I. Zusammenhang zwischen Assimilation und Dissimilation.

Bevor wir auf die Abbauprozesse, die sich im tierischen Organismus abspielen, eingehen, ist es nötig, einige allgemeinere Gesichtspunkte zu erwähnen, welche die Assimilations- und Dissimilationsvorgänge in eine enge Verbindung bringen. Man weiß, daß ein Teil der zugeführten typischen Nahrungstoffe, d. h. der Kohlenhydrate, der Fette und der Eiweißkörper von dem Organismus zur Erhaltung seines stofflichen Bestandes und zur Herstellung bestimmter Reservematerialien für die Energielieferung dauernd oder jedenfalls für längere Zeit deponiert wird. Diese Ablagerung geschieht aber nicht in einem direkten Prozeß, der die zugeführten Stoffe einfach an die Stellen der Ab-

lagerung überführt, sondern es treten hierbei chemische Reaktionen von einer allgemeinen biologischen Bedeutung auf. Jeder tierische Organismus verfügt über ganz bestimmte chemische Formen der Kohlenhydrate, Fette und Eiweißkörper und kann meist diese Stoffe nur in der seiner Art eigentümlichen Form als Material aufbewahren. Bei der Verschiedenartigkeit der chemischen Form, in der die drei erwähnten Klassen der Nahrungsmittel vom Organismus aufgenommen werden, ist deshalb eine Überführung in die art-eigene Form durch den Organismus selbst so gut wie immer nötig. Diese Überführung geschieht so, daß die komplizierten Moleküle der Nahrungsstoffe unter Mitwirkung von Enzymen in einfachere Bestandteile zerlegt werden, um dann aufs neue zu der art-eigenen Form aufgebaut zu werden. Wenn auch diese Vorgänge, wie wir noch genauer sehen werden, für die Kohlenhydrate und Fette nicht eine so allgemeine Bedeutung besitzen wie für die Eiweißstoffe, so ist es trotzdem wahrscheinlich, daß das Prinzip des Abbaus und der erneuten Synthese ein ganz allgemeines Hilfsmittel des tierischen Organismus ist, die verschiedenartigen Gemenge, die ihm als Nahrungsmittel zugeführt werden, nach individuellen Richtungen zu verarbeiten. Die Synthese tritt immer dann ein, wenn die Bedingungen für eine dauernde Deponierung der betreffenden Stoffe gegeben sind. Soweit die Nahrungsmittel als Energiequelle dienen, wird der die Energie liefernde Vorgang, also im allgemeinsten Fall die Oxidation, sich abspielen, wenn sich diesem Prozeß ein geeignetes Mittel darbietet, gleichgültig, ob es bereits in die art-eigene Form übergeführt ist oder nicht.

Dader als „Reservematerial“ aufgespeicherte Stoff jederzeit, wenn die Leistungen des Organismus es erfordern, als Energiequelle ausgenutzt werden kann, so sind die synthetischen Vorgänge mit dem Dissimilationsprozeß oder den Abbauvorgängen aufs engste verbunden. Wir werden also bei der Besprechung der tierischen Dissimilation einer Reihe synthetischer Vorgänge begegnen, die nicht streng zu den Dissimilationsvorgängen gehörend diese nur vorbereiten.

II. Die Dissimilation der Kohlenhydrate.

Um ein Bild über die Dissimilationsvorgänge der Kohlenhydrate zu erhalten, ist es am zweckmäßigsten, den Weg der Kohlenhydrate durch den tierischen Organismus etwas genauer zu verfolgen. Das allgemeinste zu den Kohlenhydraten gehörende Nahrungsmittel ist die Stärke.

Dieselbe unterliegt bereits durch ein Enzym des Speichels, das man als Diastase oder Ptyalin bezeichnet, einer Spaltung, und zwar entstehen zunächst kolloide Kohlenhydrate, dextrinartige Stoffe, die unter der Wirkung desselben Enzyms bis zu einem hochmolekularen Zucker, der Maltose, abgebaut werden. Dieser Prozeß ist aber kein vollständig verlaufender, sondern Stärke, Dextrin und Maltose gelangen noch gemischt in den Magen; dort unterliegen die Kohlenhydrate keiner spezifischen Formentwicklung, die erst im weiteren Gange der Verdauung durch das Sekret der Pankreasdrüse fortgeführt wird. Eine im Pankreassaft enthaltene Diastase zerlegt den Rest der Stärke und der Dextrine in Maltose. Dieser Zucker besteht aus zwei chemisch verbundenen Molekülen Traubenzucker. Die Zerlegung in dieses Endprodukt der Stärkespaltung geschieht gleichfalls im Pankreassaft durch ein Enzym, das man als Invertase oder speziell als Glukase bezeichnet. (Traubenzucker trägt auch den Namen Glukose.) Der Traubenzucker ist dasjenige Material, das nun sowohl der Umwandlung in die arteigene Form der Kohlenhydrate, das Glykogen, sowie auch den weiteren Oxydationsprozessen unterliegt. Bevor wir hierauf eingehen, sei erwähnt, daß von andern wichtigen Kohlenhydraten der Rohrzucker in ähnlicher Weise in Traubenzucker und Fruchtzucker zerlegt wird, ein Prozeß, der hauptsächlich im Darm stattfindet, wo auch die Aufspaltung des Milchzuckers in die Hexosen Galaktose und Traubenzucker (Hexosen nennt man alle Kohlenhydrate mit 6 Kohlenstoffatomen, wie Traubenzucker, Fruchtzucker, Galaktose usw.) vor sich geht. Die Zellulose ist schon als ein Endprodukt des pflanzlichen Stoffwechsels erwähnt worden. Sie ist gleichfalls ein Kohlenhydrat, das aber für die Fleischfresser und für die von gemischter Kost lebenden Wesen von geringer Bedeutung ist, da ein großer Teil unverändert den Organismus wieder verläßt, während die Pflanzenfresser mit Hilfe von Bakterienenzymen auch die Zellulose zu dissimilieren vermögen, wobei Kohlensäure, Methan, Essigsäure, Buttersäure und Valeriansäure entstehen. Beiläufig erwähnt sei, daß auch die im Magendarmkanal reichlich auftretenden Bakterien und Spaltpilze sämtliche Kohlenhydrate zu zersetzen vermögen.

Wir haben gesehen, daß im allgemeinen die Kohlenhydrate im Darm das Endprodukt ihrer diastatischen Zersetzung, d. h. die Hexosenbildung erfahren. Das weitere Schicksal des Traubenzuckers, den wir als wichtigsten Vertreter der Hexosen ansehen dürfen, ist das folgende:

Vom Darm aus gelangt der Traubenzucker in den Blutkreislauf und durchströmt, im Blute gelöst, Organe und Gewebe. Das Blut trägt ihn zunächst in die Leber, welche die Hauptablagerungsstätte für diejenigen Kohlenhydrate bildet, die als Reservematerialien für Arbeitsleistungen des tierischen Organismus aufbewahrt werden. Es findet hier ein Aufbau in ein stärkeähnliches Kohlenhydrat, das Glykogen (Abb. 6) statt, wahrscheinlich unter Mitwirkung von Enzymen. Das Vermögen der Glykogenbildung ist spezifisch an die Leberzelle gebunden. Das Fassungsvermögen der Leber für Glykogen ist ein beschränktes. Für eine Menschenleber beträgt es etwa 150 g; der Überschuß von Zucker wird weiter vom Blute transportiert und entweder als Fett aufgespeichert oder verbrannt. Der Zuckergehalt des Blutes ist normalerweise ein ganz bestimmter, etwa 0,1%; was über diesen Wert hinausgeht, wird durch das Regulierungsvermögen des Organismus, soweit es nicht als Leberglykogen und Fett beiseitegeschafft ist, in den Muskeln als Glykogen deponiert oder verbrannt.

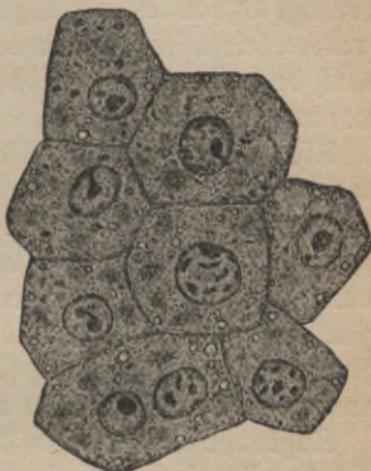


Abb. 6. Leberzellen mit Glykogen.

Mit der Glykogenbildung hat der Assimilationsprozeß der Kohlenhydrate im tierischen Organismus sein Ende erreicht. Der Traubenzucker bildet das Ausgangsmaterial des eigentlichen Dissimilationsprozesses. Die Frage, wie der Traubenzucker in die Endprodukte der Oxidation, in Kohlensäure und Wasser, übergeführt wird, ist ungewöhnlich wichtig, weil eine Störung dieses Vermögens zu einer der schwersten Stoffwechselkrankheiten, dem Diabetes mellitus oder der Zuckerkrankheit, führt. Sie ist noch nicht gelöst, jedoch ermöglicht der heutige Stand der Forschungen, ein äußerst wahrscheinliches Bild der Zuckerdissimilation zu entwerfen.

Zunächst die chemischen Seiten. Die Verbrennung von Zucker zu den Endprodukten stellt die Umkehrung der Assimilation der Kohlensäure dar, und es ist sehr wahrscheinlich, daß beide Vorgänge in ähnlicher Weise, aber in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Danach ist anzunehmen, daß der Traubenzucker zunächst weiter abgebaut wird, etwa zu Glycerinaldehyd oder zu Glycerinaldehyd oder zu Formaldehyd,

und daß diese Spaltprodukte des Zuckers durch die Oxydation in Kohlensäure und Wasser übergeführt werden, ebenso wie sie durch Reduktion aus Kohlensäure und Wasser entstanden sind und durch weitere Synthese den Zucker gebildet haben. Für den Eintritt solcher Spaltungen sprechen gerade Beobachtungen über die Zuckerkrankheit, die durch das Unvermögen gekennzeichnet sind, den Zucker zu verbrennen, d. h. zu Kohlensäure und Wasser zu oxydieren. Dabei ist aber das sonstige Oxydationsvermögen des Organismus nicht herabgesetzt; denn andere, selbst schwer verbrennbare Stoffe werden leicht oxydiert. Man muß deshalb annehmen, daß die eine Oxydation einleitenden und ihr vorausgehenden Spaltungen eine pathologische Störung erfahren haben.

Man hat schon viele Mühe darauf verwandt, diejenigen Enzyme, welche das Schwinden des Zuckers veranlassen, zu isolieren, bis jetzt ohne entscheidende Erfolge. Wohl hat man aus einer Reihe von Organen, wie hauptsächlich der Pankreasdrüse, auch aus Muskeln, derartige Enzyme, die man als glykolytische (zuckerzerstörende) bezeichnet, gewonnen; aber die außerhalb des Organismus in abgestorbenem Material ausgeführten Versuche konnten die im Leben auftretenden Vorgänge nicht vollkommen aufklären.

Außer der vollständigen Verbrennung des Traubenzuckers, die natürlich das Maximum an Energie zu liefern vermag, unterliegt der Zucker im tierischen Organismus noch Spaltungen anaerober Art, die den Gärungsvorgängen nahestehen. So weiß man seit lange, daß ein arbeitender Muskel eine saure Reaktion annimmt, und daß diese auf das Auftreten von Milchsäure, der sogenannten Fleischmilchsäure, zurückzuführen ist. Zweifellos liegt in der Spaltung des Traubenzuckers in Milchsäure ein Prozeß vor, der bei nicht genügender Sauerstoffzufuhr oder überhaupt bei Bedingungen, die eine vollständige Verbrennung des Zuckers erschweren, ebenso wie die bakterielle Milchsäuregärung, zum Zwecke der Energiegewinnung zum Ablauf gebracht wird.

Die Kohlensäure, die bei der Zuckerverbrennung entsteht, wird von dem venösen Blut aufgenommen und bei dem Blutkreislauf an die Lunge abgegeben, von wo aus sie mit der Expirationsluft den Körper verläßt.

III. Die Dissimilation der Fette.

Die Fette, welche im pflanzlichen und tierischen Organismus sehr verbreitet sind, besitzen wegen ihres hohen Verbrennungswertes als Reservestoff für die Kraftleistung des tierischen Organismus besondere

Bedeutung (s. w. u.). Alle natürlich vorkommenden Fette sind neutrale Fette; d. h. Verbindungen des Glycerins mit höheren Fettsäuren, die derart aufgebaut sind, daß sich drei Moleküle der Säuren mit je einem Molekül Glycerin in esterartiger Bindung befinden. Die biologisch-chemischen Reaktionen werden, soweit die Fette nicht direkt als solche aufgespeichert werden, stets durch den Verseifungsvorgang eingeleitet, dem sich wahrscheinlich auch wieder eine neue Synthese zur Fettsbildung anschließen kann. Die Produkte der Verseifung können als Material für die Energielieferung unter der Mitwirkung des Sauerstoffs in die Endprodukte der Verbrennung, in Kohlensäure und Wasser, übergeführt werden; sie verhalten sich also darin den Kohlenhydraten gleich.

Um einen Einblick in die Dissimilation der Fette zu gewinnen, genügt es, wie bei den Kohlenhydraten, ihren Weg durch den tierischen Organismus zu verfolgen. Der Speichel ist auf die Fette ohne Einwirkung, und auch der Magensaft scheint nur in sehr geringem Umfange eine Verseifung einzuleiten. Erst im Darm tritt unter der Einwirkung der Lipasen die Seifenbildung in größerem Umfange ein. Hierbei wird das noch vorhandene Fett, gleichfalls noch unter der Einwirkung eines Enzyms, des Emulsins, in feinsten Tröpfchen innerhalb der Seifenlösung verteilt, wodurch die Resorptionsfähigkeit der Fette durch die Gewebe und auch die angreifende Tätigkeit der Lipasen erleichtert wird. Im Darm findet aus den verseiften Anteilen gleichzeitig wieder eine Assimilation der Fette in einem durch die Bedürfnisse des Organismus bestimmten Umfange statt.

Als weitere, für die Fettverarbeitung wichtige Organe treten die Sekrete der Pankreasdrüse und der Galle in Funktion. Das Sekret der ersteren befördert durch seine alkalische Reaktion die Seifenbildung energisch; die Gallenflüssigkeit bildet ein vorzügliches Lösungsmittel für die Fettsäuren und Seifen.

Das nicht vom Organismus verarbeitete Fett wird als solches hauptsächlich im Gewebe aufgestapelt und übt als schlechter Wärmeleiter eine wichtige Funktion bezüglich des Wärmeschutzes aus, oder es verläßt den Organismus unausgenutzt. In welcher Weise die vollständige Verbrennung der Fette vor sich geht, ist noch unbekannt.

Das den Fetten nahestehende Lecithin wird durch Lipasen in freie Fettsäuren, Glycerinphosphorsäure und Cholin, zerlegt. Von Bedeutung ist seine Fähigkeit, hämolytisch zu wirken,

d. h. die roten Blutkörperchen zu lösen. Inwieweit dieses Vermögen innerhalb des Organismus biologisch wichtig ist, konnte noch nicht festgestellt werden.

IV. Die Dissimilation der Eiweißstoffe.

Der für den tierischen Organismus wichtigste Nahrungstoff ist das Eiweiß, weil es außer den in den Kohlenhydraten und Fetten vorkommenden Elementen noch den für den Organismus unentbehrlichen Stickstoff enthält. Bei der Kompliziertheit der chemischen Zusammensetzung der Eiweißstoffe ist das Bild ihrer Umwandlung im Organismus ein weit reichhaltigeres als bei den eben erwähnten Körperklassen. Das Eiweiß vermag jegliche Funktion eines Nahrungsmittels auszuüben; d. h. es vermag sowohl den Organismus mit Material zu versehen, wie auch durch seinen Abbau und seine Oxydation Betriebsenergie zu schaffen. Eine Umwandlung von Eiweiß oder seinen Spaltungsprodukten in Fett oder Kohlenhydrate ist nur auf sehr indirektem Wege möglich.

Wie bereits früher auseinandergesetzt ist, besteht das Eiweißmolekül aus einer großen Anzahl von peptidartig miteinander verknüpften Molekülen einfacherer und komplizierterer Aminosäuren, die durch die Hydrolyse der Eiweißkörper entstehen. Die Aminosäuren bilden nicht die Endprodukte der tierischen Eiweißverarbeitung, wohl aber die letzten Eiweißbruchstücke, aus denen der tierische Organismus selbst das Eiweiß wieder aufzubauen vermag. Es gibt eine ungemein große Anzahl verschiedener Eiweißkörper, unterschieden nicht nur durch die Natur der sie bildenden Aminokörper, sondern auch durch die Gruppierung der letzteren innerhalb des Eiweißmoleküls. Soweit der Organismus das Eiweiß als eigenes Baumaterial verwertet, ist er deshalb darauf angewiesen, ein fremdes Nahrungseiweiß in das arteigene überzuführen. Dieser Prozeß kann erst durch die Synthese vor sich gehen, wenn die geeigneten Bausteine für diese Umwandlung, die Aminosäuren, durch eine weitgehende Spaltung geschaffen sind. Auch für die Eiweißkörper bietet sich am leichtesten ein Einblick, wenn wir ihren Weg im Organismus und die Umwandlungen, die sie dort erleiden, verfolgen.

Wie bei den Fetten, so findet auch bei den Eiweißstoffen durch den Speichel keinerlei Veränderung statt. Wohl aber setzt dieselbe im Magensaft unter der Mitwirkung der Salzsäure und des Verdauungsenzyms des Magens, des Pepsins, ein, und zwar in der Art, daß die un-

löslichen oder gerinnbaren Eiweißstoffe oder Proteine (auch Albumine genannt) in die wasserlöslichen oder ungerinnbaren Albumosen und Peptone übergeführt werden. Durch diesen Prozeß des Löslichmachens wird die weitere Verarbeitung der Eiweißkörper eingeleitet. Die Albumosen und Peptone unterliegen im Darm der Einwirkung des Pankreas-saftes, der ein unter Mitwirkung des Darmsaftes sehr energisch wirkendes Enzym, das Trypsin, enthält. Die Wirkung des Trypsins, welche in einem Abbau der Albumosen und Peptone bis zu den Aminosäuren besteht, wird durch ein vom Darm geliefertes Enzym, das Erepsin, unterstützt. Es sind aber zweifellos noch weitere Enzyme an dem Eiweißabbau beteiligt, durch welche die zur Synthese oder zur Oxidation geeigneten Spaltprodukte geschaffen werden. Die stickstoffhaltigen Endprodukte des Eiweißstoffwechsels sind nicht wie diejenigen der Kohlenhydrate und Fette gasförmiger Natur, sondern meist fette Stoffe, wie Harnstoff, Harnsäure, Purinbasen, und gelangen vorwiegend in Wasser gelöst im Urin zur Ausscheidung. Die stickstofffreien Endprodukte des Eiweißstoffwechsels sind nicht Spaltungsprodukte des Eiweißes, sondern sie werden erst durch Synthese aus den letzten Spaltungsprodukten des Eiweißes unter Energieaufwand gebildet.

Siebentes Kapitel.

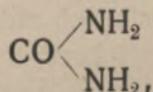
Die Stoffwechselendprodukte des tierischen Organismus.

Im letzten Kapitel ist der Mechanismus der Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißspaltung im Organismus dargelegt worden. Wir lernten hierbei die Hilfsmittel kennen, welche die Natur zur Verfügung stellt zur Erreichung des Zweckes, entweder Substanzen im Organismus abzulagern oder durch ihre Umwandlung Energie zu gewinnen. Da es unmöglich ist, den Zerfall selbst innerhalb des lebenden Organismus in seinen Einzelphasen zu verfolgen, so bringen hier die Stoffwechselendprodukte, welche als Ballast aus dem Organismus ausgeschieden werden, allein Anhaltspunkte über das Schicksal der Substanzen im Körper. Nur bei dem tierischen Organismus kann von einem derartigen chemischen Stoffwechsel in erheblicherem Umfange gesprochen werden. Die Stoffwechselendprodukte sind in den Ausscheidungen des Organismus vorhanden, da sie, ihrer Natur als Endprodukte entsprechend, einer weiteren Ausnutzung durch den tierischen Or-

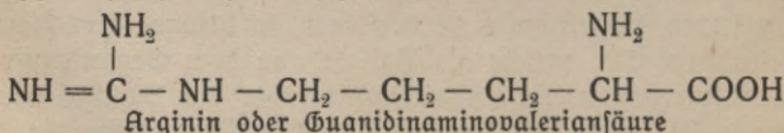
ganismus unfähig sind. Die wesentlichsten Ausscheidungen finden sich in der Expirationsluft und in den flüssigen und festen Excrementen. Während der Übergang der Kohlenhydrate durch Spaltung oder Oxydation in die Endprodukte chemisch noch ziemlich einfach erscheint, liegen die Verhältnisse bei den Eiweißstoffen weit verwickelter.

Die Fette sind in mancher Beziehung an die Seite der Kohlenhydrate zu stellen. Soweit die Fette nicht der vollständigen Oxydation zu Kohlensäure und Wasser anheimfallen, oder in ihre Bestandteile, d. h. Fettsäuren und Glycerin gespalten werden, vermag sie der Organismus als Fett selbst aufzunehmen und abzulagern. Auch die in Frage kommenden Spaltungen und Oxydationen der Kohlenhydratgruppe haben wir bereits besprochen, so daß nur der Abbau des Eiweißes vom chemischen Standpunkte aus noch einer etwas eingehenderen Betrachtung bedarf.

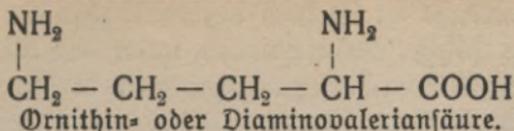
Das wesentliche Stoffwechselendprodukt des Eiweißumsatzes ist der Harnstoff, das Diamid der Kohlensäure



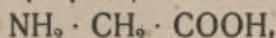
der in Abhängigkeit von der Eiweißzufuhr und dem Eiweißzerfall im Organismus in mehr oder weniger beträchtlichem Maße im Harn zur Ausscheidung gelangt. (Beim gesunden Menschen in 24 Stunden etwa 30 g) Da, seiner Zusammensetzung nach, der Harnstoff wegen seines Stickstoffgehaltes nur dem Eiweiß entstammen kann, so ist die Frage nach dem genetischen Zusammenhang des ersteren mit dem Eiweiß eine ungemein wichtige, die gleichzeitig Aufschluß über die Spaltungen des Eiweißes zu geben vermag. Nach den bisherigen Untersuchungen kann Harnstoff direkt in kleinen Mengen durch hydrolytische Spaltungen aus Eiweiß erzeugt werden, aber nur, wenn bei dieser hydrolytischen Spaltung zunächst eine Aminosäure, das Arginin



entsteht. Das Arginin spaltet sich unter dem Einfluß eines Enzyms, der Arginase, das aus dem Darm, der Leber, den Nieren und einigen Drüsen gewonnen werden konnte, in Harnstoff und Ornithin oder Diaminovalesteriansäure.



Möglicherweise kann der Harnstoff auch unter Mitwirkung eines Oxidationsprozesses entstehen. Man weiß, daß eine bei der Hydrolyse der Eiweißkörper relativ reichlich auftretende Säure, das Glykokoll,



bei der Oxidation in Gegenwart von Ammoniak Harnstoff liefert. Der wesentliche Ort der Harnstoffbildung ist die Leber.

Der allergrößte Teil des Eiweißstickstoffes erscheint im Harn der Tiere als Harnstoff. Ein zweites regelmäßiges Endprodukt der Eiweißzerlegung, das sich in geringer Menge normalerweise im Harn findet, ist das Kreatinin, dessen Anhydrid, das Kreatin oder die Methylguanidinessigsäure, in den Muskeln vorkommt. Die Zusammensetzung des Kreatins läßt die Möglichkeit zu, daß auch diese Substanz eine Vorstufe des Harnstoffs ist. Sie zerfällt nämlich beim Kochen mit Bariumwasser in Harnstoff, Sarkosin (Methylglykokoll) und andere Produkte.

Ein weiteres für den Eiweißstoffwechsel wichtiges Endprodukt ist die Harnsäure, sie ist für den normalen und erkrankten Organismus von größter Bedeutung. Die Harnsäure gehört in die Gruppe der Purine. Man unterscheidet im Stoffwechsel diejenige Harnsäure, welche bei purinfreier Kost produziert wird, die also aus dem Material des Organismus selbst stammt, als endogene Harnsäure von der exogenen, die aus dem Nahrungspurin gebildet wird und ihrer Menge nach von den zugeführten und resorbierten Purinen abhängig ist. Wenn auch diese Teilung in endogene und exogene Harnsäure sich experimentell nicht streng durchführen läßt, so ist doch diese Einteilung für die Klarlegung der bei ihrer Entstehung möglichen Verhältnisse brauchbar. Da auch die endogene Harnsäure ihrer Zusammensetzung nach aus Purinsubstanzen stammen muß, so handelt es sich darum, denjenigen Stoff des Organismus zu erkennen, der bei seiner Spaltung Purine liefert. Es hat sich gezeigt, daß vornehmlich der Zerfall der Zelle durch den Abbau ihrer Kernsubstanz Purinbasen liefert, die bei der Oxidation in Harnsäure überführt werden können.

Wenn auch die Harnsäure regelmäßig vom tierischen Organismus

ausgeschieden wird, so ist sie doch innerhalb des Organismus eines weitem Abbaus fähig, wahrscheinlich unter der Mitwirkung eines Enzyms. Solche weiteren Zerlegungsprodukte der Harnsäure sind das Glykoll und die Oxalsäure.

Ein Wort ist noch über die Quelle der Harnsäure im Organismus, die Nucleinsubstanzen, zu sagen. Diese, auch als Nucleoproteide bezeichneten Körper bestehen aus einem Eiweißkomplex in Verbindung mit der nicht eiweißartigen Nucleinsäure. Die Nucleinsäuren enthalten Phosphor und liefern bei ihrer Spaltung Phosphorsäure und Nucleinbasen, außerdem noch eine Kohlenhydratgruppe und andere Verbindungen, die wir hier übergehen müssen. An dem Aufbau der Nucleinsäure sind nun vor allem die Purinbasen beteiligt, welche, wie wir eben erörterten, das Ausgangsmaterial der Harnsäure darstellen. Die Nucleoproteide sind wahrscheinlich als solche in Organen enthalten. Sie fehlen jedenfalls in keiner Zelle, und zwar bilden sie einen Bestandteil des Zellkernes. Außer dem Blutfarbstoff, Hämoglobin, sind die Nucleoproteide die Hauptträger des Eisens im Organismus. Aus der Tatsache, daß somit auch die Purinbasen mit dem Zerfall der Zelle, insbesondere mit dem Abbau des Zellkerns in nahem Zusammenhang stehen, geht die große Bedeutung des Harnsäurestoffwechsels für den tierischen Organismus hervor. So sei erwähnt, daß eine Störung des Harnsäurestoffwechsels zu der bekannten schweren Stoffwechselkrankheit, der Gicht, führt.

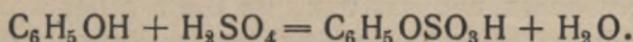
Über die weiteren Stoffwechsellendprodukte, welche durch den Harn zur Ausscheidung gelangen, sei nur kurz das Folgende bemerkt. An anorganischen Bestandteilen findet sich hauptsächlich das Kochsalz, welches zu den notwendigen Bestandteilen der menschlichen und tierischen Nahrung gehört, ohne jedoch an dem Gerüstaufbau des Organismus beteiligt zu sein. Für die Erzeugung des geringen Salzgehaltes der normalen Magenflüssigkeit ist das Kochsalz innerhalb des Organismus unentbehrlich. Wahrscheinlich liegt seine Hauptbedeutung in der Regulation der osmotischen Verhältnisse, die durch seine Konzentration im Blut und den Gewebsflüssigkeiten maßgebend bestimmt werden. Der Gehalt der Gewebsflüssigkeiten an Kochsalz ist unter allen Verhältnissen nahezu konstant, während die reichlich mit der Nahrung zugeführte Kochsalzmenge fast quantitativ normalerweise durch die Nieren wieder zur Ausscheidung gelangt.

Zu den anorganischen Endprodukten des Stoffwechsels gehört auch die Phosphorsäure, die sowohl aus zugeführter Nahrung als aus dem Zerfall der Zellkerne stammen kann. Überhaupt muß erwähnt werden, daß die Ausscheidungsprodukte der Menge und ihrer Zusammensetzung nach wesentlich von der Nahrung abhängen, und nur diejenigen Stoffe als notwendige Stoffwechselendprodukte angesehen werden können, welche den zum Leben erforderlichen Funktionen des Organismus, vornehmlich der Energiegewinnung und der Materialerneuerung, ihre Entstehung verdanken. Es genügt deshalb, die wesentlichen Bestandteile des normalen Harns in der folgenden Tabelle zusammenzustellen:

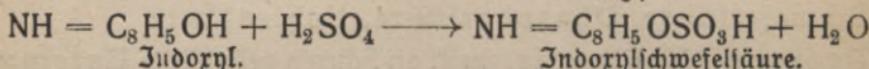
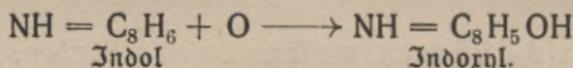
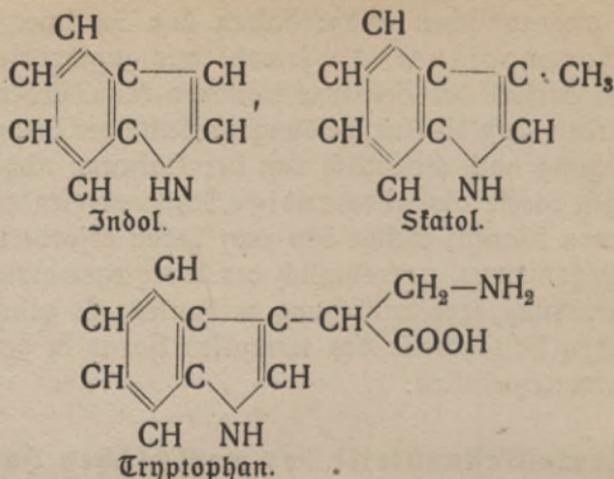
Normale Bestandteile des menschlichen Harns.

1. Wasser.
2. Anorganische Säuren, meist an Basen gebunden: Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure.
3. Anorganische Metalle, meist an Säuren gebunden: Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, außerdem Ammoniak.
4. Organische Bestandteile: Harnstoff, Kreatinin. Die Harnfarbstoffe: Urobilin, Urochrom und Uroerythrin; Phenolschwefelsäure, Harnindikan.
5. Enzyme, Pepsin, Diastase.

Hierzu ist noch folgendes zu bemerken. Das Urobilin entsteht durch reduzierende Darmbakterien aus dem Gallenfarbstoff Bilirubin; es wird zum größten Teile durch den Kot ausgeschieden. Ihm nahe steht in seinem chemischen Verhalten das Urochrom. Auch die Phenolschwefelsäure bildet sich durch Bakterienwirkung im Darm, und zwar durch Abspaltung von Phenol aus dem Tyrosin, einem Abbauprodukt des Eiweiß. In der Leber tritt die Verbindung mit Schwefelsäure ein:



Das Harnindikan oder die Indoxylschwefelsäure verdankt einem ganz ähnlichen Prozeß im Darm seine Entstehung, indem ein anderes Spaltungsprodukt des Eiweiß, das Tryptophan oder die Indolaminopropionsäure, weiter in Indol und seine Methyloverbindung, das Skatol, die dann nach ihrer Oxydation mit Schwefelsäure in Bindung treten, zerfällt.



Die Indoglylschwefelsäure geht durch Oxydationsmittel, wie Eisenchlorid, in den blauen Farbstoff Indigo über und kann daher durch Eisenchlorid im Harn nachgewiesen werden. In analoger Weise entsteht die Skatoglylschwefelsäure. Die Enzyme gelangen wahrscheinlich durch Resorption aus Magen und Darm in den Harn.

Achtes Kapitel.

Blut und Leber.

Für die soeben besprochenen Dissimilationsvorgänge im tierischen Organismus spielt die Sauerstoffaufnahme eine entscheidende Rolle. Der notwendige Sauerstoff wird durch die Lungen eingeatmet, vom Blute aufgenommen und übt nun, im Blute gelöst und durch des letzteren Kreislauf (Abb. 7) durch den ganzen Organismus geführt, überall dort seine Tätigkeit aus, wo es die Aufgaben des lebenden Organismus erfordern. Es ist deshalb zum Verständnis der auf Oxydationen beruhenden Dissimilationsvorgänge notwendig, die biochemische Funktion des Blutes im speziellen etwas genauer zu betrachten und im Anschluß daran einige Eigenschaften der für den Stoffwechsel wichtigen Leber zu besprechen.

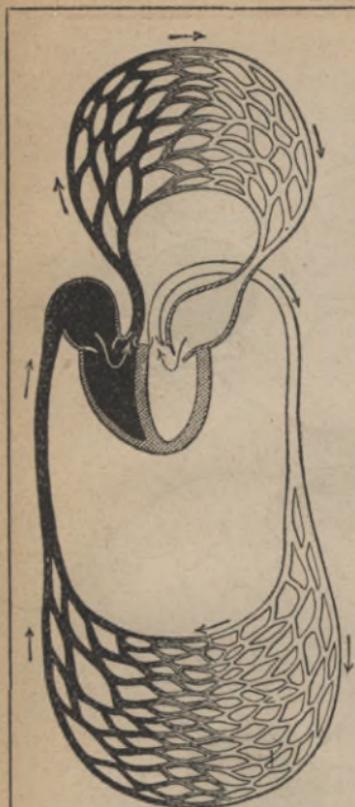


Abb. 7. Schema des Blutkreislaufes beim Menschen.

Venöse Hälfte schwarz, arterielle hell. Beide verbunden durch das Kapillarnetz der Lungen (oben) u der Gewebe (unten). In den Kapillaren umspült der Blutstrom alle Gewebe, deren Zellen aus ihm ihre Nahrung nehmen und an ihn ihre unbrauchbaren Stoffe abgeben.

I. Das Blut.

Das Blut der Säugetiere besitzt, wenn es durch die Lungen mit Sauerstoff versorgt ist, eine hellrote Farbe; nach Abgabe des Sauerstoffs im Organismus und Anreicherung mit Kohlensäure, dem Endprodukt der tierischen Verbrennung, eine blaugraue. Das sauerstoffhaltige Blut nennt man das arterielle, das kohlenstoffhaltige, das zu den Lungen zurückkehrt, dort die Kohlensäure abgibt und auf neue Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, das venöse. Die rote Farbe des Blutes wird durch die roten Blutkörperchen oder Erythrocyten (Abb. 8) bedingt, mikroskopisch kleine Gebilde, die in einer leicht gelblichen Flüssigkeit, dem Plasma, schwimmen. Außerdem enthält das Blut in geringerer Anzahl die weißen Blutkörperchen oder Leukocyten, auf deren Bedeutung wir hier nicht eingehen können. Außerhalb des tierischen Körpers gerinnt das Blut; es tritt eine Trennung der Flüssigkeit, des Serums, von dem Gerinnungs- oder Faserstoff, dem Fibrin, ein (Abb. 9). Nach der Trennung der roten Blutkörperchen und des Serums vom Fibrin lassen sich die ersteren von dem letzteren durch Zentrifugieren scheiden.

Die Gerinnung beruht auf dem Unlöslichwerden vorher löslicher Eiweißstoffe, speziell des Fibrinogens. Bei dem Gerinnungsprozeß geht der lösliche Eiweißstoff Fibrinogen in das unlösliche Fibrin über, das sich durch Schlagen des Blutes in Fasern gewinnen läßt. Das

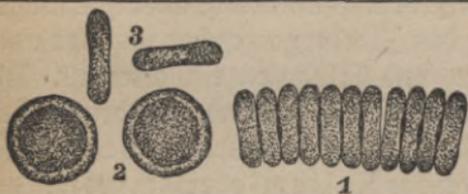


Abb. 8. Rote Blutkörperchen aus Menschenblut
1 Geldrollenform. 2 von der Fläche
3 von der Kante.

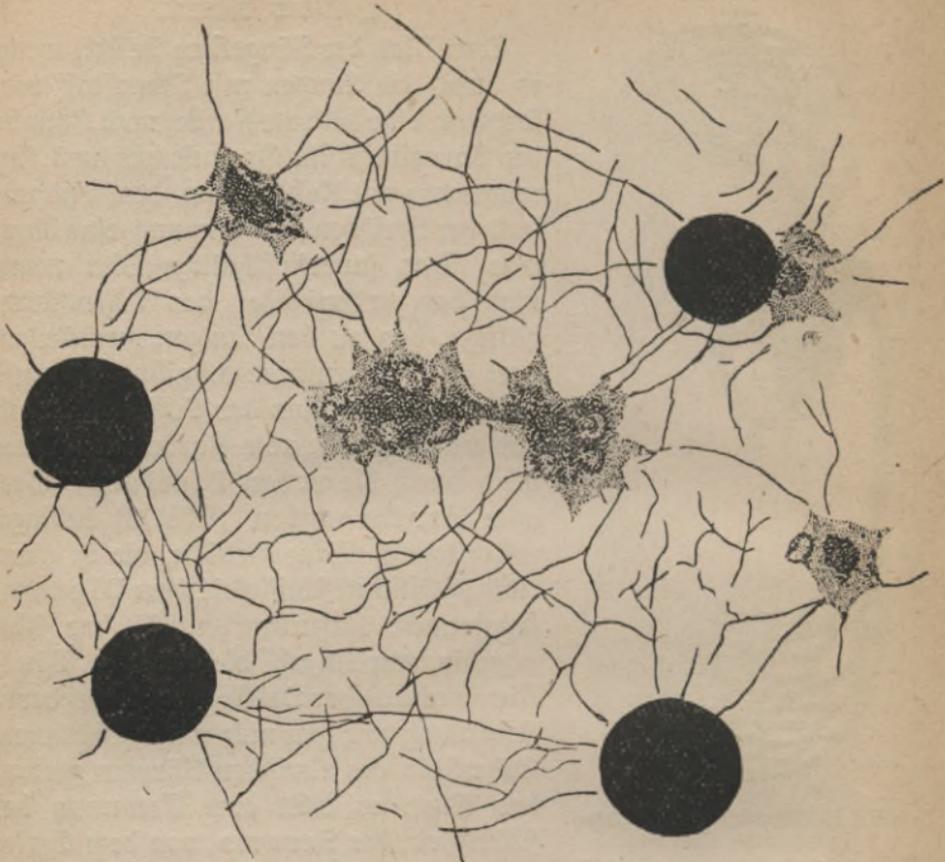


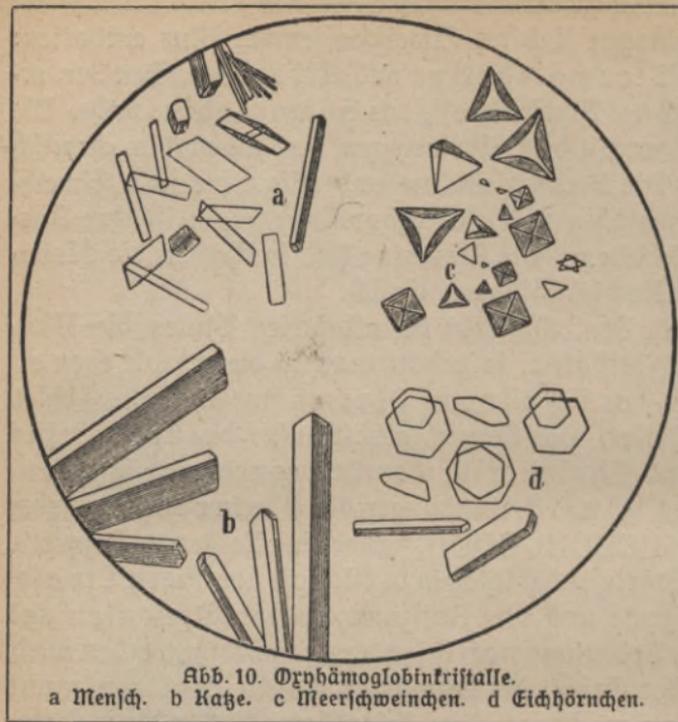
Abb. 9. Fibrinnetz mit Erythrocyten aus Menschenblut.

fibrinfreie Blut bezeichnet man als defibriniert. Die Umwandlung des löslichen Fibrinogens in das unlösliche Fibrin geschieht durch die Einwirkung des Gerinnungsenzyms, des Fibrinfermentes oder Thrombins. Das ausgeschiedene Fibrin ist unlöslich, aber quellungsfähig. Beiläufig bemerkt sei, daß das Fibrinogen außer im Blut noch in Chylus, Lymphe, Transsudaten und Exsudaten enthalten ist. Die Gerinnung läßt sich durch verschiedene Mittel verhindern, vornehmlich durch Zusatz von Blutegertract (Hirudin) zu Blut, durch eine Reihe von Salzlösungen, insbesondere durch das Kalium- oder Ammoniumoxalat, das durch Ausfällung der Kaltsalze des Blutes als unlösliches Kalciumoxalat die Gerinnungsfähigkeit zerstört, da Anwesenheit von Kalcium für die Blutgerinnung wesentlich ist.

Außer dem Fibrinogen sind an Eiweißstoffen im Blut enthalten: Nucleoproteide, Serumglobuline und Albumine. Den Serumglobulinen steht auch der Blutfarbstoff, das Hämoglobin, nahe. Die Nucleoproteide scheinen mit dem Fibrinogenzym, dem Thrombin, chemisch verwandt zu sein. Die Serumglobuline und Albumine sind Eiweißstoffe, die gerinnungsfähig und ausfällbar sind; jedoch ist ihre Ausfällbarkeit eine verschiedene. Die Albumine sind in Wasser, die Globuline in verdünnten Kochsalzlösungen löslich.

Trennt man durch Zentrifugieren defibrinierten Blutes die Blutkörperchen von der Flüssigkeit, so erhält man in dieser, wie eben erwähnt, das Serum, das sich also vom Plasma nur durch das Fehlen des Fibrins unterscheidet. Das Serum enthält außer den Eiweißstoffen Fett, Lecithin und Cholesterin; daneben normalerweise Traubenzucker (etwa 0,1%) und Verbindungen der Glukuronsäure oder Glukonsäure $\text{COH}(\text{CHOH})_4\text{COOH}$, ferner eine Reihe von Enzymen, wie Diastase, die Stärke und Glykogen in Maltose überführt, Lipase, eiweißspaltende Enzyme und ihre Antizyme, sodann Oxidasen und Katalasen, deren Bedeutung noch besonders gewürdigt werden wird. Schließlich ist noch der Gehalt des Serums an Toxin, Antitoxin und Immunkörpern zu erwähnen; ihre Erforschung ist für die moderne Serumtherapie von großer Bedeutung geworden. Von weiteren organischen Stoffen befindet sich im Blut normalerweise Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Milchsäure und andere Substanzen. An anorganischen Stoffen ist das Chlornatrium vorwiegend, ferner konnten Kalksalze, Natriumcarbonat, Phosphate und Kaliumsalze nachgewiesen werden.

Mit einigen Worten sei auf die Chemie der roten Blutkörperchen eingegangen. Der Inhalt der roten Blutkörperchen besteht hauptsächlich aus einer sehr konzentrierten Lösung des roten Blutfarbstoffs, des Hämoglobins, das in Berührung mit Sauerstoff in den Arterien als Oxyhämoglobin vorhanden ist, während in den Venen das Hämoglobin, seines Sauerstoffs beraubt, mit der durch die Verbrennung erzeugten Kohlensäure in Bindung tritt. Das Hämoglobin kann ebenso wie das Oxyhämoglobin in roten Kristallen dargestellt werden (Abb. 10), die bei vielen Tieren verschiedene Kristallformen zeigen. Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß durch Einwirkung chemischer Agenzien aus dem Hämoglobin Stoffe gewonnen werden können, welche mit den Spaltungsprodukten des Pflanzenfarbstoffes, des



Chlorophylls, in naher chemischer Beziehung stehen (s. w. u.). Auf die einzelnen Reaktionen des Hämoglobins gehen wir hier nicht ein. Nur mag seine Fähigkeit, sich mit Kohlenoxyd sehr leicht und fest chemisch zu binden, hervorgehoben werden. Auf dieser Tatsache beruht die so gefährliche Leuchtgas- und Kohlenoxydvergiftung.

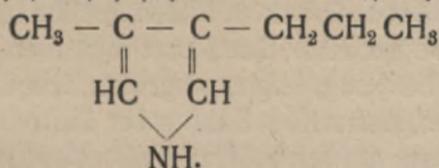
Gegenüber den weißen Blutkörperchen sind die roten ungemein vorwiegend. Im Menschenblute sind normalerweise im cbmm 4—5 Millionen rote und 8—10 Tausend weiße Blutkörperchen vorhanden. Die pathologische Abnahme der Zahl der roten Blutkörperchen oder ihres Hämoglobingehaltes führt zu dem Krankheitsbild der Bleichsucht oder Chlorose, eine starke Vermehrung der weißen Blutkörperchen zu der gefürchteten Leukämie. Der Hämoglobingehalt des Blutes schwankt bei den Menschen in Abhängigkeit von dem Alter des Individuums und beträgt im mittleren Lebensalter etwa 15%. Bei krankhaften Zuständen, die wir hier nur vorübergehend berühren können, finden sich im Blut auch die Spaltungsprodukte der Eiweißkörper, die Ammonosäuren.

II. Hämoglobin und Chlorophyll.

Das Hämoglobin besteht aus einem Eiweißkomplex, der eine eisenhaltige Komponente als Träger der Farbe enthält. Wenn man den Eiweißkörper des Blutfarbstoffs, das Globin, abspaltet, so bleibt der eisenhaltige Farbstoff, das Häm in zurück, und zwar, da verhältnismäßig energische Reaktionen zur Erzielung dieses Effektes notwendig

sind, in einer Form, die wahrscheinlich von der des Farbstoffs im frischen Blute abweicht. Durch Einwirkung starker, mit Kochsalz versetzter Essigsäure auf Orythämoglobin gelingt diese Spaltung, wobei das Globin in Lösung bleibt und das Hämin als salzsäurehaltiges Spaltungsprodukt in atlasglänzenden Kristallen zur Abscheidung gelangt (Teichmannsche Kristalle), die zum Nachweis geringer Blutmengen dienen können. Durch Einwirkung von Alkalien auf Hämin entsteht das Hämatin, welches auch bei der Einwirkung von Magen- und Pankreasflüssigkeit auf Orythämoglobin auftritt. Es ist das Hämatin ein, bei Gegenwart von Sauerstoff, sich leicht bildendes Zerfallsprodukt des Hämoglobins. Das Hämin kann als Salzsäureester des Hämatins bezeichnet werden.

Wenn die Abspaltung des Farbstoffs unter Ausschluß von Sauerstoff vollzogen wird, so erhält man statt des Hämatins ein Reduktionsprodukt desselben, das Hämochromogen, welches wahrscheinlich die eigentliche gefärbte Atomgruppe des Hämoglobins ist. Besonders wichtig ist die Tatsache, daß dasselbe oder ein nahe verwandtes Hämopyrrol, welches aus dem Hämoglobin durch energische Reduktion entsteht, auch durch dieselben chemischen Eingriffe aus dem Chlorophyll gewonnen werden kann, so daß den Farbstoffen dieser beiden Lebensgebiete wahrscheinlich die gleiche Muttersubstanz zugrunde liegt. Hämopyrrol ist Methylpropylpyrrol und entspricht der Formel:



Wie das Hämoglobin, der rote Blutfarbstoff, dem Blute der Säugetiere eine charakteristische Farbe gibt und als wesentlichster Bestandteil im Kreislauf der Säfte des tierischen Organismus eine bedeutende Rolle erfüllt, so besitzt der grüne Blattfarbstoff, das Chlorophyll, für die Pflanze eine ähnliche Bedeutung. Wenn auch der Mechanismus der Verbrennung im tierischen Organismus noch nicht in allen Punkten aufgeklärt ist, so wissen wir doch, daß dem Hämoglobin eine unentbehrliche Funktion dabei zufällt, und zwar nach der Richtung hin, die den Übergang der komplizierten organischen Verbindungen in die anorganischen Endprodukte vermittelt. Eine analoge, aber entgegengesetzt gerichtete Funktion spielt sich in der Pflanze unter der Mit-

wirkung des Chlorophylls ab, nämlich die bereits besprochene Assimilation der Kohlensäure, die den Aufbau komplizierter organischer Substanzen aus den anorganischen Ausgangsprodukten, Kohlensäure und Wasser, herbeiführt. Es ist deshalb zweckmäßig, über die Chemie des Chlorophylls die wichtigsten Merkmale anzugeben. Es scheint, daß die grünen Pigmente nicht bei allen Pflanzen die gleiche Zusammensetzung besitzen, jedoch ist ihnen allen der Gehalt eines anorganischen Bestandteils, und zwar des Magnesiums gemeinsam. Durch Alkohol gelingt es, das Chlorophyll den Pflanzen zu entziehen und durch weitere Maßnahmen von seinen Begleitstoffen, den gelben Farbstoffen Karotin und Xanthophyll, zu trennen. Auch kann man das Chlorophyll in kristallisierter Form gewinnen. Die Fähigkeit der Kohlensäureassimilation hat das isolierte, von den Zellen getrennte Chlorophyll verloren. Über die genaue Zusammensetzung des Chlorophylls ist man noch im unklaren, jedoch kann man durch Einwirkung von Säuren und Alkalien Derivate des Chlorophylls erhalten, welche, wie eben hervorgehoben, eine Beziehung zu den Derivaten des Blutfarbstoffs Hämoglobin erkennen lassen.

III. Oxydationen im Blut.

Das Hämoglobin ist imstande, den Sauerstoff aus der Luft, wie er ihm durch die Lungen zugeführt wird, sich anzugliedern und die Verbindung Oxyhämoglobin zu bilden, welche dem arteriellen Blut seine hellrote Farbe verleiht. Der Sauerstoff aber befindet sich in so lockerer chemischer Bindung, daß er ungemein leicht wieder abgegeben wird. So genügt es, arterielles Blut in der Luftpumpe unter sehr geringen Druck zu setzen, um den größten Teil des aufgenommenen Sauerstoffs wieder zu entfernen. Auf dieser Eigenschaft des Hämoglobins, den Sauerstoff leicht aufzunehmen und wieder abzugeben, beruht eine seiner wichtigsten Funktionen im lebenden Organismus, nämlich die, denselben mit dem zur Verbrennung der organischen Substanzen und damit zur Energielieferung nötigen Sauerstoff zu versorgen. An vielen Stellen des Organismus finden Verbrennungen statt, deren Bedeutung für den Kraftwechsel bereits erörtert wurde. Diese Verbrennungen führen die organischen Verbindungen in die Endprodukte der Oxydation, Kohlensäure, Wasser usw. über und geben die dabei auftretende Wärme entweder als solche, oder in einer anderen Energieform ab. Um einen einfachen Fall zu erwähnen, werden die Kohlenhydrate — speziell

der Zucker — hauptsächlich in den Muskeln, denen die mechanische Arbeitsleistung obliegt, oxydiert. Der zu dieser Oxydation nötige Sauerstoff wird durch die Tätigkeit des Herzens im Blut als Oxyhämoglobin zu den Muskeln transportiert, dort wird der Sauerstoff zur Verbrennung abgegeben. Das Oxyhämoglobin geht zunächst in das Hämoglobin über und die roten Blutkörperchen nehmen die durch die Verbrennung entstehende Kohlensäure auf. Das mit Kohlensäure bereicherte Blut wird in den Venen, in denen das Blut durch den Kohlensäuregehalt die blaurote Farbe besitzt, wieder zum Lungengewebe transportiert. Dort wird die Kohlensäure abgegeben und ausgeatmet, während der durch die Einatmung zugeführte Sauerstoff wieder Oxyhämoglobin erzeugt. In den Arterien gelangt das nun wieder oxydationsfähige Blut aufs neue in den Organismus und zu den Muskeln.

Es interessiert uns nun zunächst die Frage, in welcher Weise die Oxydationswirkung des Oxyhämoglobins bewirkt wird. Ist dasselbe direkt ein Oxydationsmittel oder nur ein Sauerstoffüberträger, der gleichsam den Luftsauerstoff in einer gelösten Form zu den Stellen führt, wo die Oxydation stattfinden soll? Die letztere Frage muß bejaht werden. Das Oxyhämoglobin, das, wie eben erwähnt, seinen Sauerstoff ungemein leicht wieder abgibt, wirkt nicht anders, wie der Luftsauerstoff, d. h. es besitzt eine ungemein geringe oxydierende Kraft. Ebenso wenig, wie man mittels Durchleiten von Luft durch eine Zuckerpflanze den gelösten Zucker zu Kohlensäure und Wasser verbrennen kann, ist es möglich, durch Oxyhämoglobin eine so weitgehende Oxydation herbeizuführen. Es ist zweifellos, daß hier, wie bei den meisten Reaktionen im lebenden Organismus die Mitwirkung von Enzymen erforderlich ist.

Die Untersuchung dieser wichtigen Frage hat folgendes ergeben: In den roten Blutkörperchen befinden sich Enzyme, welche den Sauerstoff, der an und für sich nur geringe oxydative Eigenschaften besitzt, zu stärkeren Oxydationswirkungen befähigt. Man kann durch einen einfachen Versuch sich von den hier herrschenden Verhältnissen leicht überzeugen. Eine Substanz, welche wie das Oxyhämoglobin nur recht geringe oxydative Eigenschaften besitzt, ist das Wasserstoffperoxyd, H_2O_2 . Setzt man zu diesem Wasserstoffperoxyd einen geeigneten oxydierbaren Körper, so findet keine Oxydation statt. Das Wasserstoffperoxyd bleibt ebenso wie der zugesetzte Körper unverändert. Setzt man aber zu einer Wasserstoffperoxydlösung die roten Blutkörperchen

selbst oder ihren gesamten Inhalt, so bietet sich ein merkwürdiges Bild. Das Wasserstoffperoxyd wird nach der Gleichung $H_2O_2 = H_2O + O$ stürmisch zerlegt. Befindet sich gleichzeitig ein oxydierbarer Stoff in der Lösung, so tritt eine Oxydation ein. Man wählt zur Klarstellung dieser Verhältnisse als oxydablen Stoff einen solchen, der farblos ist und durch die Oxydation in einen Farbstoff übergeht, wie eine alkoholische Lösung von Guajakharz und Benzidin. Beide liefern durch die Oxydation blaue, natürlich verschiedene Farbstoffe. Es gibt nun eine Anzahl von Enzymen, welche der Mischung von Benzidin oder Guajakharz mit Wasserstoffperoxyd zugesetzt, eine stürmische Entwicklung von Sauerstoff veranlassen, ohne aber eine Blaufärbung, d. h. eine Oxydation zu erzeugen. Man bezeichnet solche Enzyme, deren Gegenwart auch im Blute nachgewiesen ist, als Katalasen. Andere Enzyme aber — und das im Blut vorhandene für die Oxydation wichtige — bewirken außer der Sauerstoffentwicklung eine sofortige Oxydation und Blaufärbung der in der Lösung befindlichen Substanzen. Man nennt solche Enzyme wegen ihrer oxydativen Eigenschaften Oxydasen. In Gegenwart der Katalasen, so nimmt man an, wird der Sauerstoff aus dem Wasserstoffperoxyd mit derjenigen Eigenschaft abgeschieden, die er in der Luft besitzt, d. h. mit der geringen Oxydationsfähigkeit, der Sauerstoff bleibt inaktiv. Die Katalasen sind also weniger wirksam für Anregung von Verbrennungen als die Oxydasen. Die letztgenannten entwickeln den Sauerstoff aktiviert, mit den Eigenschaften eines starken Oxydationsmittels, das imstande ist, die Oxydation von solchen Substanzen herbeizuführen, welche durch den Luftsauerstoff nicht verändert werden.

Man gewinnt über die Oxydationsvorgänge im Blut daher folgendes Bild: Das Oxyhämoglobin ist eine Verbindung, die den Sauerstoff nach allen Teilen des Organismus hintransportiert und ihn so lose gebunden enthält, daß er unter der Einwirkung von Enzymen abgespalten wird. Dort, wo im Organismus das Oxyhämoglobin mit Katalasen zusammentrifft, bleibt der Sauerstoff inaktiv, während an Stellen, wo sich Oxydasen befinden, der Sauerstoff aktiviert als Oxydationsmittel abgespalten wird. Da der Organismus seiner ganzen Zusammensetzung nach aus verbrennbaren Teilen besteht — denn das Material der Zellen selbst sind Eiweißstoffe, Fette usw., die der Oxydation im Stoffwechsel unterliegen können —, so hat das Lebensbedürfnis des Organismus hier zwei Aufgaben zu erfüllen. Einmal müssen die lebenswichtigen,

aber sauerstoffempfindlichen Teile von der Wirkung des letzteren geschützt werden, um eine Zerstörung des Organismus selbst zu verhindern, zweitens müssen die in dem Stoffwechsel tätigen Produkte, die vielfach derselben chemischen Klasse angehören, zwecks des Energiegewinns verbrannt werden. Es scheint nun, daß der Organismus dieser doppelten Aufgabe dadurch gerecht wird, daß er die zu schützenden Teile mit Katalasen versieht, die zu oxydierenden mit Oxydasen. Dadurch wird erreicht, daß an den ersteren der Sauerstoff des Oxyhämoglobins nur in der wirkungslosen Form des Luftsaurestoffs abgespalten werden kann, an den letzteren aber mit den Eigenschaften eines Oxydationsmittels.

Die Voraussetzung für die Richtigkeit dieser Anschauung ist die Annahme, daß das Oxyhämoglobin in seinem Verhalten dem Wasserstoffperoxyd vergleichbar ist. In der Tat ist es nach dem Verhalten des Oxyhämoglobins sehr wahrscheinlich, daß wir in ihm eine Verbindung zu sehen haben, die in ihrem Aufbau dem Wasserstoffperoxyd entspricht. Denn die Peroxyde sind in ihrer Gesamtheit dadurch gekennzeichnet, daß sie durch die Aufnahme eines Moleküls Sauerstoff entstehen, nach der Gleichung $H_2 + O_2 = H_2 O_2$. So auch scheint das Hämoglobin durch die Respirationstätigkeit ein Molekül Sauerstoff aufzunehmen, als Hämoglobinperoxyd im Blute zu kreisen und bei seinem Zerfall in der bei dem Wasserstoffperoxyd angegebenen Weise den Sauerstoff abzugeben.

Wie schon mehrfach hervorgehoben, ist die Verwertung der Kohlenhydrate, ihre Assimilation und Dissimilation im tierischen Organismus eine der wichtigsten Funktionen des letzteren. Obgleich die chemischen Vorgänge, die sich bei diesen Prozessen abspielen, in wesentlichen Punkten noch nicht aufgeklärt sind, so weiß man doch, daß speziell der Leber eine maßgebende Aufgabe hierbei zufällt. Es scheint deshalb angebracht, kurz auf unsere chemischen Kenntnisse über die Leber selbst einzugehen.

IV. Die Leber.

Während die Untersuchung des Stoffwechsels uns im wesentlichen über die Endprodukte unterrichtet, in welche die Nahrungstoffe auf ihrem Weg durch den Organismus übergehen, vermittelt die Untersuchung einzelner Organe und der Organflüssigkeiten nicht nur ihre Zusammensetzung, sondern gibt gleichzeitig auch Aufklärung über die Produkte, die dauernd in ihnen verarbeitet werden und deshalb dauernd in ihnen enthalten sind. Da, wie wir gesehen haben, die Endprodukte

niemals in einem direkten Prozeß erreicht werden, sondern sich erst in einzelnen Etappen bilden, und wir ferner wissen, daß die einzelnen Organe mit bestimmten Funktionen versehen sind, die Nahrungsstoffe abzubauen, zu verändern oder aufzubauen, so lehrt uns die Chemie der Organe auch einen Teil ihrer chemischen Funktionen kennen. Man bezeichnet den allmählichen Zerfall in die Endprodukte, der sich innerhalb des Organismus abspielt, sowie den Austausch von Bestandteilen zwischen den einzelnen Organen des Körpers als den intermediären Stoffwechsel. Zu seiner genaueren Erforschung werden auch künstliche Methoden zu Rate gezogen, indem die durch die Spaltprodukte charakterisierten Reaktionen außerhalb des Organismus mittels chemischer Reagenzien wiederholt werden. Das wichtigste Mittel hierzu bietet die Hydrolyse, d. h. die Aufspaltung komplexer Moleküle mit Hilfe von Säuren oder Alkalien unter gleichzeitiger Wasseraufnahme. Aus den bei solchen Reaktionen, die sich zweifellos im Organismus auch vollziehen, auftretenden Spaltprodukten, ist man imstande, die ursprünglichen Substanzen wenn auch nicht immer ihrer Konstitution nach, so doch in bezug auf die an ihrem Aufbau beteiligten Moleküle zu charakterisieren. Das ist besonders wichtig für die Eiweißstoffe, die im wesentlichen die Zellen aller Organe aufbauen. So ist es bis jetzt auch der einzige Weg geblieben, um die verschiedenen, in den einzelnen Organen vorkommenden Eiweißarten voneinander zu unterscheiden, die hydrolytischen Spaltprodukte quantitativ und qualitativ festzustellen.

Bereits in einem früheren Kapitel ist einer der wichtigsten Aufgaben, welche die Leber erfüllt, gedacht worden, der Ausspeicherung der Kohlenhydrate in der Form des Glykogens. Hiermit ist aber die Rolle, welche die Leber im Organismus des Säugetiers spielt, keineswegs abgeschlossen. Sie ist für den Verdauungsprozeß nach verschiedenen Richtungen hin von größter Bedeutung. Der von ihr sezernierte Saft, die Gallenflüssigkeit, greift in die Eiweißverdauung, wie schon erwähnt, maßgebend ein. Bei der Sekretion der Galle bilden sich die Gallenfarbstoffe, das rotgelbe Bilirubin und sein Oxydationsprodukt, das grüne Biliverdin, aus dem Blutfarbstoff, wobei der letztere von den Zellen der Leber vernichtet wird und seinen Eisengehalt in der Leber ablagert.

Über die chemische Zusammensetzung der Leber ist folgendes zu sagen. Allgemein sei hier bemerkt, daß bei der Feststellung der chemischen Natur von Körperorganen der Übelstand zu berücksichtigen ist, daß sie nach dem Tode des Organismus sehr schnell eingehenden Veränderungen

unterliegen. Man ist daher häufig nicht in der Lage, über den Zustand der Substanzen im lebenden Organismus selbst sichere Angaben zu machen.

In der Leber finden sich reichlich Eiweißstoffe, die zum Teil löslich, zum Teil unlöslich sind, außerdem Fett, Lecithin und ein dem Lecithin ähnlicher Stoff, das Jekorin. Wenn man die Gesamtsubstanz der Leber vorsichtig in den trockenen Zustand überführt und durch Extraktion von den unlöslichen Eiweißstoffen befreit, so erhält man die löslichen Extraktivstoffe der Leber. Zu diesen gehört das Glykogen und relativ reichlich Purinbasen, ferner Harnstoff, Harnsäure und Aminosäuren. Besonders reich ist die Leber, entsprechend der großen Rolle, die sie bei dem Verdauungsvorgange spielt, an Enzymen, und zwar enthält sie Katalasen, Oxydasen, Diastasen, Lipasen und eiweißspaltende Enzyme. Regelmäßig findet sich Eisen in der Leber, aber in wechselnder Menge. Außerdem kommen mehrere anorganische Substanzen, Kalium, Natrium, Phosphorsäuren, Calcium und Chlor — natürlich in chemischer Bindung — in der Leber vor. Besonders leicht werden Fremdstoffe, wie fremde Metalle, z. B. Blei, Arsen, von der Leber aufgenommen und gebunden.

Wahrscheinlich liegt in diesem Vermögen der Leber, Fremdstoffe abzulagern, eine Schutzwehr des Organismus gegen Giftschäden, wie denn die Leber überhaupt in mannigfacher Weise als Entgiftungsorgan zu wirken befähigt erscheint. Die größte und am besten erforschte Rolle der Leber ist die im Kohlenhydratstoffwechsel. Man weiß, daß alle Kohlenhydrate, welche das Pfortaderblut der Leber zuführt, in ihr in Glykogen umgewandelt und als solches abgelagert werden, so daß ein Kohlenhydratreservoir entsteht, aus dem durch Einwirkung einer Diastase so viel Traubenzucker abgespalten wird, daß der Zuckergehalt des Blutes innerhalb der normalen Grenzen, d. h. etwa 0,1%, bleibt. Bei der Abnahme dieses Regelungsvermögens der Zuckerabgabe tritt eine Anreicherung von Zucker im Blut ein, die zu einer verbreiteten Stoffwechselkrankheit, der Zuckerkrankheit, führt. Bei der Kohlenhydratverbrennung spielt die Bauchspeicheldrüse, das Pankreas, eine wichtige Rolle. Durch operative Entfernung dieser Drüse entsteht alsbald Zuckerkrankheit. Überhaupt stehen die Sekrete der einzelnen Organe in ihren Wirkungen in so nahem Zusammenhang mit dem Gesamtstoffwechsel und dienen so einheitlich dem einen Zwecke der Erhaltung des Organismus, daß man kaum von der isolierten Funktion eines einzelnen Organs reden kann.

Neuntes Kapitel.

Stoffwechsel und Energieleistung.

Für die physiologische Stoffwechseluntersuchung sind einige Verhältnisse von Bedeutung, welche die Größe der Arbeit bei der Lebens-tätigkeit eines Organismus zu beurteilen gestatten. Einen übertriebenen Wert bei der Behandlung dieser Fragen legte man bis vor kurzem auf die Feststellung der Eiweißzufuhr in ihrer Beziehung zu dem Eiweißverbrauch, der sich durch den Stickstoffgehalt in den Ausscheidungen kontrollieren läßt. Aus der Feststellung der aufgenommenen und ausgeschiedenen Stickstoffmengen ergibt sich die für die Beurteilung der Leistung des Organismus wichtige Stickstoffbilanz. Durch Versuche an hungernden Tieren ist ermittelt worden, daß der tierische Organismus auch ohne Zufuhr von Nahrungseiweiß Stickstoff ausscheidet, d. h. es wird das Körpereiweiß selbst verarbeitet. Das Eiweiß kann durch kein anderes Nahrungsmittel vollständig ersetzt werden. Es gelingt, ein Versuchstier im sog. Stickstoffgleichgewicht zu halten, d. h. ihm ebensoviel Stickstoff in Form von Eiweiß als Nahrung zuzuführen, wie es wieder ausscheidet. Überwiegt die Stickstoffzufuhr die Ausscheidung, so setzt das Versuchstier Eiweiß an, man spricht von einer positiven Stickstoffbilanz. Im entgegengesetzten Falle besteht eine negative Stickstoffbilanz; das Tier zehrt sein eigenes Eiweiß auf. Soweit der Eiweißzerfall der Deckung des Energiebedarfs für die Muskel-tätigkeit dient, läßt er sich durch Kohlenhydrate und Fette ersetzen; aber aus den eben erwähnten Versuchen an hungernden Tieren geht hervor, daß gewisse Funktionen im Körper notwendigerweise mit einem allerdings geringen Eiweißverbrauch verbunden sind.

Das zweite physiologisch wichtige Verhältnis der Stoffwechselendprodukte bezieht sich auf das Endprodukt der Verbrennung des Kohlenstoffs der organischen Nahrungstoffe, die Kohlensäure und den dem Organismus zugeführten Sauerstoff. Dieses Verhältnis läßt sich durch Untersuchung der Ausatemluft leicht kontrollieren. Da ein Volumen Sauerstoff bei der Verbrennung der Kohlenhydrate ein Volumen Kohlensäure erzeugt, so ist, soweit es sich um Kohlenhydratverbrennung handelt, die ausgeatmete Luft um das gleiche Volum an Sauerstoff ärmer und an Kohlensäure reicher, als die eingeatmete Luft. Jedoch ist das Verhältnis Kohlensäure zu Sauerstoff, der sog. *respiratorische*

Quotient, im Versuch nicht gleich 1, sondern meist etwa gleich 0,9. Bei der Verbrennung von Fett, das gleichfalls Kohlensäure als Endprodukt neben Wasser liefert, hat der respiratorische Quotient nur den Wert 0,71, so daß der meistgesundene Wert von 0,9 auf eine Beteiligung beider Nahrungstoffe an der Verbrennung hinweist, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß auch ein Teil des Eiweißkohlenstoffs als Kohlensäure ausgeschieden wird.

Die im Organismus auftretenden Energieformen, wie Wärme, mechanische Energie und elektrische Energie, haben ihre Quelle in der chemischen Energie der zugeführten Nahrungsmittel unter der Mitwirkung des Sauerstoffs der Luft. Im Hungerzustand ist das Material für die Verbrennungsreaktionen der Organismus selbst. Da sich der Energiewert einer chemischen Reaktion am leichtesten im kalorischen Maße, d. h. im Wärmemaße angeben läßt, und da die Tatsache der gegenseitigen Umwandelbarkeit aller Energieformen die einheitliche Anwendung dieses kalorischen Maßes gestattet, so genügt es, wenn man die energetische Seite des Stoffwechsels im Zusammenhang mit dem Wärmehaushalt des Organismus betrachtet. Die drei wesentlichen Faktoren des Stoffwechsels, die wir soeben erörterten, die Stickstoffausscheidung, die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe, sind in verschiedenem Maße an der Wärmeproduktion beteiligt. Die Wärmeproduktion kann als Ausdruck der gesamten Umsetzungen betrachtet werden, wenn durch eine geeignete Versuchsanordnung dafür gesorgt wird, daß alle Umsetzungen als Wärme gemessen werden können. Diese Versuchsbedingung läßt sich in großen Kalorimetern, in denen das Versuchstier bei konstanter Temperatur in vollständiger Ruhe gehalten wird, erreichen, falls sämtliche von dem Tier produzierte Wärme konstant abgeführt und gemessen wird. (Abb. 11.) Aus Versuchen, die in dieser Anordnung durchgeführt wurden, ergaben sich Resultate, welche die Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Energie für den tierischen Organismus erweisen. In spezieller Anwendung auf die drei Klassen der organischen Nahrungsmittel ließ sich das Gesetz der Isodynamie ableiten, das aussagt, daß sich die verschiedenen Nahrungstoffe, Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate in Gewichtsmengen vertreten können, welche bei ihrer Verbrennung nahezu gleiche Wärmemengen liefern. Dieses Gesetz, das für Fette und Kohlenhydrate bereits nicht streng gültig ist, da der Organismus ohne Zufuhr von Kohlenhydraten auf die Dauer nicht bestehen kann, macht bezüglich der Eiweißkörper weitere



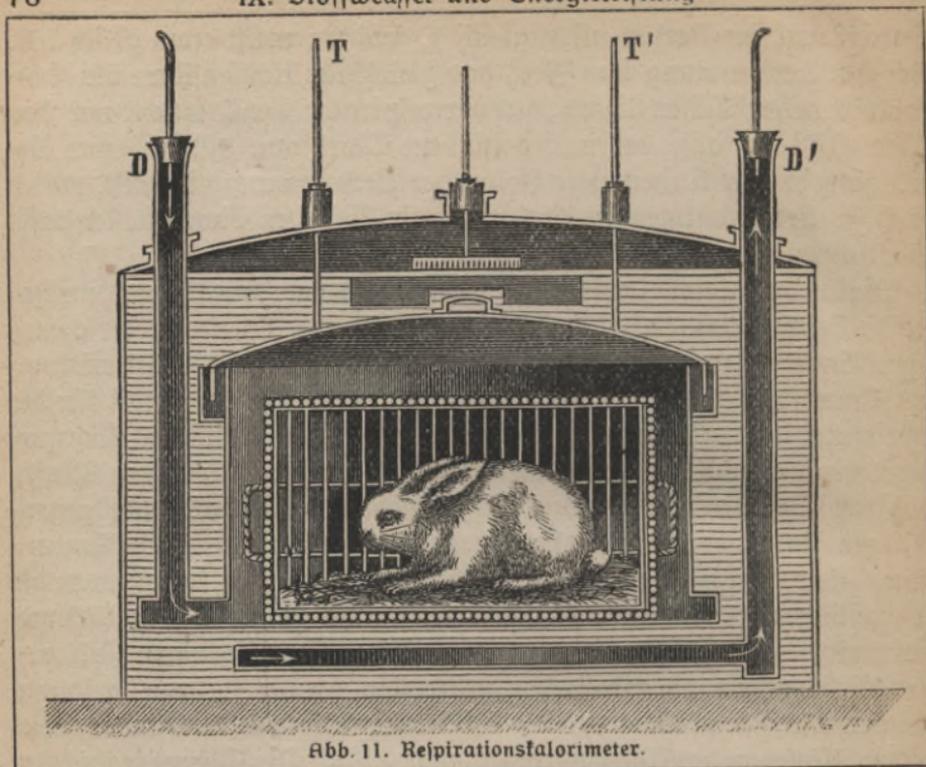


Abb. 11. Respirationskalorimeter.

Ausnahmen, auf die wir bereits hingewiesen haben, indem das Eiweiß sich vollständig niemals durch ein anderes Nahrungsmittel ersetzen läßt. Die Gruppe der Fettsubstanzen scheint in der Tiernahrung fehlen zu dürfen, weil der Organismus durch Reduktion aus Kohlenhydraten Fette zu bereiten imstande ist, dagegen ist eine Entstehung von Kohlenhydraten aus Eiweiß nicht nachgewiesen. Die in der folgenden Tabelle gegebenen Werte zeigen das Verhältnis der Nahrungsmittel in ihrer Bedeutung für den Wärmeumsatz und somit auch für den gesamten Energieumsatz des lebenden Organismus etwas genauer an.

Die Möglichkeit, die kalorimetrischen Werte aus Tier- und Menschenversuchen bei genauer Kenntnis der Art und Menge der eingeführten Nahrungsmittel zur Ermittlung des Arbeitsnutzwertes der letzteren zu verwenden, beruht auf einem allgemeinen Naturgesetz. Dasselbe sagt aus, daß die Energiemenge, welche bei dem Übergang eines chemischen Gebildes in ein anderes frei oder gebunden wird, unabhängig von dem Wege ist, auf dem dieser Übergang erfolgt. Bei der Umwandlung gleicher (auch der Menge nach) Ausgangsprodukte in gleiche

Endprodukte bleibt der kalorische Effekt, als Maß der Energiedifferenz, stets der gleiche, wenn auch die Zwischenphasen des Übergangs oder — chemisch gesprochen — die Zwischenprodukte der Reaktion verschieden sind. Es ist also für den Energiebetrag gleichgültig, ob 3. B. Zucker mit einem Überschuß von Sauerstoff plötzlich, etwa explosiv, zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird, oder ob sich dieser Übergang in einem lebenden Organismus ganz allmählich vollzieht. Nur muß bei der Messung auch der physikalische Zustand der Anfangsprodukte, wie vor allem die Temperatur, bei den zu vergleichenden Versuchen identisch sein; und dieselben Bedingungen gelten für die Endprodukte.

Da es sich im Organismus vielfach um Verbrennungsreaktionen handelt, so sind die Werte von besonderem Interesse, welche die Nahrungsmittel bei ihrer vollständigen Oxidation liefern. Zur Ermittlung dieser Daten bedient man sich des Verbrennungskalorimeters (Abb. 12). Das Untersuchungsmaterial wird in eine starke, innen platiniertere oder emaillierte Stahlbombe mit einem großen Überschuß von Sauerstoff (20–25 Atm. Druck) gebracht. Durch elektrische Zündung wird die sehr schnell verlaufende Verbrennung herbeigeführt, während die Bombe sich im Kalorimeter befindet und die durch die Verbrennung erzeugte Wärme an das Kalorimeterwasser abgibt.

Bei Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln und Korrekturen erhält man genaue Werte für die Verbrennungswärmen. Zum Verständnis der folgenden Daten sei noch erwähnt, daß als die Einheit der Wärmemenge diejenige definiert ist, welche die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° Celsius (von 20°–21°) erhöht. Man nennt sie eine große Kalorie (Cal). Kleine Wärmemengen mißt man zweck-

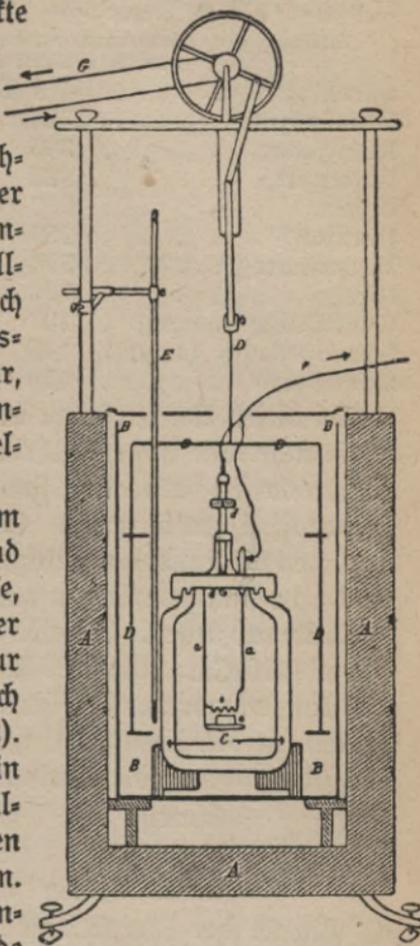


Abb. 12. Verbrennungskalorimeter.

mäßig mit der kleinen Kalorie (cal) oder Gramm-Kalorie, derjenigen Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 g Wasser um 1° Celsius erhöht. 1 cal = $\frac{1}{1000}$ Cal.

Substanz	Verbrennungswärme ¹⁾ pro 100 g Substanz	Substanz	Verbrennungswärme ¹⁾ pro 100 g Substanz
Stärke	419 Cal	Taubenfleisch	100 Cal
Traubenzucker	374 =	Weizen	349 =
Milchzucker	395 =	Roggen	346 =
Butterfett	923 =	Reis	355 =
Kasein	585 =	Kartoffel	95 =
Harnstoff	254 =	Apfel	52 =
Buttersäure	594 =	Weintraube	66 =
Alkohol	708 =	Weizenbrot	270 =
Ochsenfleisch (mager)	101 =	Roggenbrot	243 =
Schweinefleisch (mager)	146 =	Hafermehl	395 =
Gänsefleisch	470 =		

Bei diesen Werten ist zu beachten, daß im Organismus die Eiweißstoffe nicht wie in der kalorimetrischen Bombe vollkommen bis zu den Endprodukten verbrannt, sondern in die stickstoffhaltigen Endprodukte Harnstoff, Harnsäure usw. übergeführt werden. Um zu den für den tierischen Organismus gültigen Werten zu kommen, muß man deshalb die Verbrennungswärmen der zugehörigen organischen Ausscheidungsprodukte abziehen. Dieselbe beträgt für 100 g der Eiweißstoffe im Mittel 150 Cal. Alle drei Klassen der Nahrungsmittel, Eiweiß, Fette und Kohlenhydrate, sind durch ihre Verbrennbarkeit als Energielieferanten für den tierischen Organismus von großer Bedeutung. Sie können alle, worauf die Verbrennungswärmen hinweisen:

Eiweiß 585 Cal

Butterfett 923 =

Traubenzucker 374 = pro 100 g Substanz

als Quelle der Muskelkraft in Frage kommen. Hierbei nimmt das Eiweiß, wie schon erwähnt, eine besondere Stellung ein. Es ist die einzige der genannten Substanzen, welche Stickstoff enthält, ohne den der tierische Organismus nicht existieren kann. Da weiter das Eiweiß der mannigfachsten Umwandlungen im Organismus fähig ist, so kann das Eiweiß als das wichtigste Nahrungsmittel bezeichnet werden. Von der zur Erhaltung des Lebens notwendigen Eiweißmenge hatte man sich bis vor kurzem auf Grund von kurz dauernden Stoffwechselversuchen recht übertriebene und irreführende Vorstellungen gebildet. Der mensch-

1) Nach Junz und Loewy, Physiologie des Menschen. Leipzig 1909.

liche Säugling, welcher neben seinem Stoffwechsel noch die Zunahme von Körpersubstanz beim Wachstum aus seiner Nahrung der Muttermilch beitreten muß, erhält eine äußerst eiweißarme Nahrung, bei der er wächst und gedeiht. Die Menschenmilch, die eiweißärmste aller bekannten Tiermilchen, enthält nicht mehr als etwa 1% Eiweiß. Der Erwachsene kommt mit verhältnismäßig noch geringeren Eiweißmengen aus als der Säugling, der täglich neue Körpersubstanz bilden muß.

Langdauernde Versuche an Menschen, besonders von Hindthede in Kopenhagen, haben bewiesen, daß der Mensch mit der Hälfte des früher für notwendig gehaltenen Eiweißbedarfes von etwa 120 g pro Tag sein gutes Auskommen findet und zu andauernder schwerer Arbeit trotzdem befähigt bleibt.

Es ist durch Versuche an Tieren und Menschen festgestellt, daß bei angestrenzter Muskelarbeit die Kohlenhydrate und Fette vom Organismus verbraucht werden, wenn sie ihm zur Verfügung stehen, und daß dabei Eiweiß, die organische Grundsubstanz des Organismus, gespart wird. Es empfiehlt sich mithin, was sich die Praxis seit langem schon nutzbar gemacht hat, bei angestrenzter Muskelarbeit dem Organismus genügende Mengen dieser stofffreien Nahrungsmittel zukommen zu lassen, um den Materialbesitz des Organismus an Eiweiß möglichst zu schonen. Besonders bei körperlichen Leistungen wird deshalb der reichliche Genuß von Kohlenhydraten von Nutzen sein, doch sollte ein Übermaß von Eiweißzufuhr beim Menschen auch da vermieden werden, wo der Kostenpunkt bei der Beschaffung der Nahrungsmittel keine Rolle spielt. Erfahrungsgemäß verbindet sich beim Menschen starke Eiweißzufuhr in der Nahrung gern mit Alkoholmißbrauch und einem Übermaß an Gewürzen, Salzen und Reizstoffen in der Nahrung.

Die Zusammensetzung der Menschenmilch gibt uns auch für den Erwachsenen einen Anhalt für eine richtige Wahl der Verhältnisse von Eiweißstoffen, Kohlenhydraten und Fetten sowie der notwendigen Salze in der Nahrung.



Verzeichnis der Abbildungen und ihrer Quellen.

Abbildung	Seite
1. Zelle (Eizelle) (aus Verworn, Allgemeine Physiologie)	24
2. Dialysator (aus Verworn, Allgemeine Physiologie).	35
3. Nachweis der Assimilation der Kohlensäure (aus Verworn, Allgemeine Physiologie)	38
4. Stärke in Chlorophyllkörpern (aus Verworn, Allgemeine Physiologie)	39
5. Hefezellen (aus Verworn, Allgemeine Physiologie)	46
6. Leberzellen mit Glykogen (aus Junz und Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen)	55
7. Schema des Blutkreislaufs beim Menschen (aus Verworn, Allgemeine Physiologie)	65
8. Rote Blutkörperchen aus Menschenblut (aus Junz und Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen)	65
9. Fibrinnetz mit Erythrocyten aus Menschenblut (aus Junz und Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen).	66
10. Oxyhämoglobinkristalle (aus Junz und Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen)	68
11. Respirationskalorimeter (aus Junz und Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen)	78
12. Verbrennungskalorimeter (aus Junz und Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen)	79

Chemie

Unter Redaktion von Geh. Hofrat Prof. Dr. E. v. Meyer. Allgem. Kristallographie u. Mineralogie. Unter Redaktion von Geh. Hof- und Reg.-Rat Prof. Dr. Fr. Rinne. Mit 53 Abb. (Die Kultur der Gegenwart. Hrsg. von Prof. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, 2.) Geheftet M. 18.—, gebunden M. 20, in Halbfranz M. 26.—

Inhalt: Entwicklung der Chemie von Boyle bis Lavoisier (1660—1793): E. v. Meyer. Die Entwicklung d. Chemie im 19. Jahrh. durch Begründung und Ausbau der Atomtheorie: E. v. Meyer. Anorganische Chemie: C. Engler, L. Wöhler. Organische Chemie: O. Wallach. Physikal. Chemie: R. Luther, W. Nernst. Photochemie: R. Luther. Elektrochemie: M. Le Blanc. Beziehungen der Chemie zur Physiologie: A. Kossel. Beziehungen der Chemie zum Ackerbau: † O. Keller, R. Immendorf. Wechselwirkungen zwischen der chemischen Forschung und der chemischen Technik: O. Witt. Allgemeine Kristallographie und Mineralogie: Fr. Rinne.

Vorlesungen über chemische Atomistik. Von Professor Dr. W. F. Hinrichsen. Mit 7 Abb. und 1 Tafel. Geb. M. 7.—

Das chemische Gleichgewicht auf Grund mechan. Vorstellungen. Von Prof. H. v. Jüptner. Mit 60 Fig. M. 11.—, geb. M. 12.50

Stereochemie. Die Lehre von der räumlichen Anordnung der Atome im Molekül. Von Dr. L. Mamlock. Mit 58 Fig. Geb. M. 5.—

Die Erscheinungsformen der Materie. Vorles. über Kolloidchemie von Prof. Dr. V. Kohlschütter. Geh. M. 7.—, geb. M. 8.—

Radioaktivität. Von Prof. Dr. Stefan Meyer und Prof. Dr. Egon von Schweidler. Mit 87 Abb. Geh. M. 22.50, geb. M. 24.—

Das Leitvermögen der Elektrolyte, insbesond. der wäßrigen Lösungen. Methoden, Resultate u. chem. Anwendungen. Von Dr. F. Kohlrausch, weil. Präsident der physikal.-techn. Reichsanstalt, u. Prof. Dr. L. Holborn, Direktor bei d. physikal.-techn. Reichsanstalt. 2., verm. Aufl. Mit Fig. i. T. u. 1 Tafel. M. 7.50, geb. M. 8.75

Chemische Technologie. Grundlagen, Arbeitsverfahren u. Erzeugn. d. chem. Technik. Unt. Mitw. zahlr. Fachleute bearbeitet von Prof. Dr. R. Sachße. 2. Aufl. Mit 96 Abb. Geb. M. 3.60

Vorbereitungsbuch f. d. Experimentalunterricht in Chemie. V. Prof. Dr. K. Scheid. M. 233 Fig. u. zahlr. Tab. M. 13.—, geb. M. 14.—

Physikalisch-chemische Praktikumsaufgaben. Von Prof. Dr. G. Kümmell. Mit 24 Fig. Geh. M. 1.60, geb. . . M. 2.—

Chemisches Experimentierbuch. Von Prof. Dr. K. Scheid. 2 Teile. I. Teil. 4. Aufl. [U. d. Pr. 1918.] II. Teil . . . M. 3.—

Auf sämtl. Preise Teuerungszuschläge des Verlages u. der Buchhandlungen

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geh. M. 1.20

Jeder Band geb. M. 1.50

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen

Zur Biologie und Medizin sind u. a. erschienen:

Aberglaube, Der, in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. v. Hansemann. 2. Aufl. (Bd. 83.)
Abstammungs- und Vererbungslehre, Experimentelle. Von Prof. Dr. E. Lehmann. Mit 26 Abb. (Bd. 379.)
Abstammungslehre u. Darwinismus. Von Prof. Dr. R. Heise. 5. Aufl. Mit 40 Fig. (Bd. 39.)
Abwehrkräfte des Körpers, Die. Eine Einführung in die Immunitätslehre. Von Prof. Dr. med. H. Kämmerer. Mit 52 Abb. (Bd. 479.)
Anatomie des Menschen, Die. Von Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 6 Bde. Jeder Bd. mit zahlr. Abb. (Bd. 418/423.) I. Zelle und Gewebe. Entwicklungsgeschichte. Der ganze Körper. 3. Aufl. II. Das Skelett. 2. Aufl. III. Das Muskel- und Gefäßsystem. 2. Aufl. IV. Die Eingeweide (Darm-, Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorgane, Haut). 3. Aufl. V. Nervensystem u. Sinnesorgane. 2. Aufl. VI. Mechanik (Statik u. Kinetik) des menschlichen Körpers. (D. Körper i. Ruhe u. Bewegung.) 2. Aufl.
Arbeitsleistungen des Menschen, Die. Einführung in die Arbeitsphysiologie. Von Prof. Dr. H. Boruttan. Mit 14 Fig. (Bd. 539.)
Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmieberg. (Bd. 365.)
Arzt, Der. Seine Stellung u. Aufgaben i. Kulturleben d. Gegenw. V. Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)
Auge, Das, und die Brille. Von Prof. Dr. M. v. Rohr. Mit 84 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 372.)
Bakterien, Die, i. Haush. d. Natur u. d. Menschen. V. Prof. Dr. E. Gutzeit. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (242.)
— **Die krankheitserregenden Bakterien.** Von Prof. Dr. M. Coehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)
Befruchtungsvorgang, Der, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. E. Teichmann. 2. Aufl. Mit 9 Abb. u. 4 Doppeltafeln. (Bd. 70.)
Biologie, Allgemeine. Einführung i. d. Hauptprobleme der organischen Natur. Von Prof. Dr. H. Miehe. 2. Aufl. 52 Figuren. (Bd. 130.)
— **Experimentelle. Regeneration. Transplantation und verw. Gebiete.** Von Dr. C. Theising. Mit 1 Tafel und 69 Textabb. (Bd. 337.)
Chirurgie, Die, unserer Zeit. Von Prof. Dr. J. Seffler. Mit 52 Abb. (Bd. 339.)
Desinfektion, Sterilisation und Konservierung. Von Reg.- und Med.-Rat Dr. O. Solbrig. Mit 20 Abb. im Text. (Bd. 401.)
Fortpflanzung. ♀. und Geschlechtsunterschiede des Menschen. Eine Einführung in die Sexualbiologie. Von Prof. Dr. H. Boruttan. 2. Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 540.)
Gebiß, Das menschl., i. Erkrankung u. Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. 24 Abb. (Bd. 229.)
Geisteskrankheiten. Von Geh. Med.-Rat Oberstabsarzt Dr. G. Jäger. 2. Aufl. (Bd. 151.)

Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 4. Aufl. Mit 4 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 251.)
Gesundheitslehre. Von Obermedizinalrat Prof. Dr. M. v. Gruber. 4. Aufl. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)
Gesundheitslehre für Frauen. Von Prof. Dr. K. Baisch. Mit 11 Abb. (Bd. 538.)
Herz, Blutgefäße u. Blut u. i. Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. M. 18 Abb. (Bd. 312.)
Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömmner. 2. Aufl. (Bd. 199.)
Kosmetik. Ein kurzer Abriss der ärztlichen Verschönerungstunde. Von Dr. J. Sander. Mit 10 Abb. im Text. (Bd. 489.)
Leibesübungen, Die, und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Sander. 4. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 13.)
Mensch, Entwicklungsgeschichte d. M. Von Dr. A. Heilborn. Mit 60 Abb. (Bd. 388.)
Menschl. Körper. Bau u. Tätigkeit d. menschl. K. Einführ. in d. Physiol. d. Menschen. Von Prof. Dr. H. Sachs. 4. Aufl. Mit 34 Abb. (Bd. 32.)
Nerven. Vom Nervensystem, seinem Bau u. seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande. Von Prof. Dr. R. Sander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)
Physiologie des Menschen. Von Privatdoz. Dr. A. Lipschütz. 4 Bde. I: Allgemeine Physiologie. II: Physiologie des Stoffwechsels. III: Physiol. der Atmung, des Kreislaufes und der Ausscheidung. IV: Physiol. der Bewegungen und der Empfindungen. (Bd. 527—530.)
Säuglingspflege. Von Dr. E. Kobraf. 2. Aufl. Mit Abb. (Bd. 154.)
Sinne des Menschen, Die. Sinnesorgane und Sinnesempfindungen. Von Hofrat Prof. Dr. J. K. Kreibitz. 3. Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 27.)
Sprache. Entwickl. d. Spr. u. Heilung ihrer Gebrechen b. Normalen, Schwachstinnigen u. Schwerhörigen. Von Lehrer K. Nidel. (Bd. 586.)
Stimme. Die menschl. Stimme u. i. Hygiene. Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. P. H. Gerber. 3., veränd. Aufl. Mit 20 Abb. (Bd. 136.)
Tuberkulose, Die, Wesen, Verbreitung, Ursache, Verhüt. u. Heilung. V. Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 2. Aufl. M. 1 Taf. u. 8 Fig. (Bd. 47.)
Tiere, Die. Einführung in die Wissenschaft vom Leben. Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 160.)
Veranlagung, Gekistige, und Vererbung. Von Dr. phil. et med. G. Sommer. (Bd. 512.)
Verbildungen, Körperl., im Kindesalter u. i. Verhütung. V. Dr. M. David. Mit 26 Abb. (321.)
Wörterbuch, medizinisches. Von Dr. Griesbach. (Teubners H. Taschenwörterb.) ca. M. 3.—

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

... Eine glückliche Ergänzung der Sammlung
„Aus Natur und Geisteswelt“... sind:

Leubners Kleine Fachwörterbücher

Sie geben rasch und zuverlässig Auskunft auf jedem Spezialgebiete und lassen sich je nach den Interessen und den Mitteln des einzelnen nach und nach zu einer Enzyklopädie aller Wissenszweige erweitern.

„Mit diesen kleinen Fachwörterbüchern hat der Verlag Leubner wieder einen sehr glücklichen Griff getan. Sie erfreuen tatsächlich für ihre Sondergebiete ein Konversationslexikon und werden gewiß großen Anklang finden.“
(Deutsche Warte.)

Bisher erschienen:

Philosophisches Wörterbuch von Studentrat Dr. P. Thormeyer.
3. Aufl. (Bd. 4.) Geb. *R.M.* 4.—

Psychologisches Wörterbuch von Privatdozent Dr. J. Giese. Mit zahlr. Fig. (Bd. 7.) [In Vorb. 1927.]

Wörterbuch zur deutschen Literatur von Oberstudientrat Dr. H. Köhl.
(Bd. 14.) Geb. *R.M.* 3.60

Musikalisches Wörterbuch von Prof. Dr. H. J. Moser. (Bd. 12.)
Geb. *R.M.* 3.20

Kunstgeschichtliches Wörterbuch von Dr. H. Vollmer. (Bd. 13.)
[Erscheint Ende Sommer 1927.]

Physikalisches Wörterbuch von Prof. Dr. G. Berndt. Mit 81 Fig.
(Bd. 5.) Geb. *R.M.* 3.60

Chemisches Wörterbuch von Prof. Dr. H. Remß. Mit 15 Abb. u.
5 Tabellen. (Bd. 10/11.) Geb. *R.M.* 8.60, in Halbn. *R.M.* 10.60

Geographisches Wörterbuch von Prof. Dr. O. Kende. Allgemeine
Erdkunde. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 8.) [u. d. Pr. 1927.]

Zoologisches Wörterbuch von Dr. Lh. Knottnerus-Meyer.
(Bd. 2.) Geb. *R.M.* 4.—

Botanisches Wörterbuch von Prof. Dr. O. Gerte. Mit 103 Abb.
(Bd. 1.) Geb. *R.M.* 4.—

Wörterbuch der Warenkunde von Prof. Dr. M. Pietsch. (Bd. 3.)
Geb. *R.M.* 4.60

Handelswörterbuch von Handelsschuldirektor Dr. V. Sittel und
Justizrat Dr. M. Strauß. Zugleich fünfssprachiges Wörterbuch, zusammen-
gestellt v. V. Armhaus, verpfl. Dolmetscher. (Bd. 9.) Geb. *R.M.* 4.60

Weiterhin befinden sich in Vorbereitung 1927:

Volkskundliches Wörterbuch von Prof. Dr. E. Sehle.

Astronomisches Wörterbuch von Dr. J. Weber.

Grundzüge der Länderkunde

Von Prof. Dr. A. Hettner. I.: Europa. 4. Aufl. Mit 4 Taf., 269 Kärtchen u. Fig. i. T. Geh. ca. *R.M.* 11.—, geb. *R.M.* 13.—. II.: Die außereuropäischen Erdteile. 3., verb. Aufl. Mit 197 Kärtchen und Diagrammen im Text. Geh. *R.M.* 14.—, in Ganzleinen *R.M.* 16.—

„Hier haben wir das, was uns gefehlt hat, ein Buch von Meisterhand geschrieben, für die weiten Kreise der Gebildeten. Das Werk ist reich an neuen Gedanken. Ein Prachtstück ist z. B. der großartige Überblick über die politische Geschichte Europas vom geographischen Standpunkt gesehen.“
(München-Augsburger Abendzeitung.)

Allgemeine Wirtschafts- u. Verkehrsgeographie

V. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. K. Sapper. Mit 70 kartogr. Darst. Geh. *R.M.* 12.—
„Ein erstaunliches Werk! — Erstaunlich durch die Fülle des darin gebotenen wissenschaftlichen Inhaltes, in dem ein seltener Reichtum eigener Erfahrungen des weitgereisten Verfassers verwebt ist und der noch durch eine ungewöhnlich umfangreiche und wertvolle Literaturangabe ergänzt wird . . . Sappers ‚Allgemeine Wirtschafts- und Verkehrsgeographie‘ muß schlechthin als erschöpfend bezeichnet werden.“
(Neues Land.)

Anthropologie

Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgeg. von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. G. Schwalbe u. Prof. Dr. E. Fischer. M. 29 Abb.-Taf. u. 98 Abb. i. T. (Die Kultur d. Gegenw., hrsg. v. Prof. Dr. P. Hinneberg. Teil III, Abt. V.) *R.M.* 26.—, geb. *R.M.* 29.—, in Halbl. *R.M.* 34.—
Eine Gesamtdarstellung der Urgeschichte, Menschen- und Völkertunde.

Physis

Unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgegeben von Hofrat Prof. Dr. E. Lecher. 2., verb. u. verm. Aufl. Mit 116 Abb. (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. v. Prof. Dr. P. Hinneberg. Teil III, Abt. III, Bd. 1.) Geh. *R.M.* 34.—, geb. *R.M.* 36.—, in Halbleder *R.M.* 40.—
„Es ist nun gelungen, ein das weite Gebiet der Physis umfassendes Werk zu schaffen, das sowohl für die Phisiker vom Fach als auch für die Fernerstehenden von unschätzbarem Wert ist.“
(Die Welt der Technik.)

Grundriß der Astrophysik

Eine allgemeinverständliche Einführung in den Stand unserer Kenntnisse über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Von Prof. Dr. K. Graff. Teil I: Die wissenschaftl. Grundlagen der wissenschaftl. Forschung. (Ersch. Ende Aug. 1927.) Teil II: Die Weltkörper des Sonnensystems. Teil III: Die Fixsterne, Nebelflecken und Sternhaufen. [Teil II und III folgen im Herbst 1927.]

Teubners Naturwissenschaftliche Bibliothek

„Die Bände dieser vorzüglich geleiteten Sammlung stehen wissenschaftlich so hoch und sind in der Form so gepflegt und so ansprechend, daß sie mit zum Besten gerechnet werden dürfen, was in vollständiger Naturkunde veröffentlicht worden ist.“
(Natur.)

Mathematisch-Physikalische Bibliothek

Herausgeg. von W. Liepmann u. A. Witting. Jeder Band *R.M.* 1,20, Doppelband *R.M.* 2,40

„Jede d. einzelnen Darstellungen ist mustergültig i. ihrer Art u. vermag den Zweck voll zu erfüllen, in leichtverständlicher u. angenehmer Weise zur Vertiefung d. mathematischen Bildung beizutragen. Die Sammlung wird auf das allernachdrücklichste empfohlen.“
(Die Quelle.)

Verzeichnisse v. Teubn. Nat. Bibl. u. d. Math.-Phys. Bibl. v. Verlag, Leipzig, Poststr. 3 erhältlich.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Künstlerischer Wandschmuck für Haus und Schule

Teubners Künstlersteinzeichnungen

Wohlfeile farbige Originalwerke erster deutscher Künstler fürs deutsche Haus
Die Samml. enthält jetzt über 200 Bilder in den Größen 100×70 cm (R.M. 10.-), 75×55 cm (R.M. 9.-), 103×41 cm bzw. 93×41 cm (R.M. 6.-), 60×50 cm (R.M. 8.-), 55×42 cm (R.M. 6.-), 41×30 cm (R.M. 4.-). 7 Kleine Kunstblätter: 24×18 cm je R.M. 1.-
Geschmackvolle Rahmung aus eigener Wertstätte.

Neuererscheinungen:

Zwei Weihnachtbilder und zwei Osterbilder von K. Kämmerer.

1. Morgen Kinder, wird's was geben. 2. Vom Himmel hoch da komm ich her. — 1. Ostern, Ostern ist es heut'. 2. Ostereuse schlecht ums Haus. (41×30 cm) Preis je R.M. 3.—.
Postkartenausgabe je R.M. —.15. Bilder einzeln gerahmt in weißem Rahmen unter Glas je R.M. 8.25, die zusammengehörigen Bilder als Wandfries gerahmt je R.M. 18.50.
Postkarten unter Glas mit schwarzer Einfassung, mit Aufhängeschnur je R.M. —.65, in schwarz poliertem Rahmen mit Glas je R.M. —.85

Schattenbilder

K. W. Diefenbach „Per Aspera ad astra“. Album, die 34 Teilb. des vollst. Wandfrieses fortlaufend wiederh. (25×20 1/2 cm) R.M. 15.—. Teilbilder als Wandstiege (80×42 cm je R.M. 5.—, (35×18 cm) je R.M. 1.25, auch gerahmt i. versch. Ausführ. erhältlich.
„Göttliche Jugend.“ 2 Mappen mit je 20 Blatt (34×25 1/2 cm) je R.M. 7.50. Einzelbilder je R.M. —.60, auch gerahmt in verschiedenen Ausführungen erhältlich.

Kindermusik. 12 Blätter (34×25 1/2 cm) in Mappe R.M. 6.—, Einzelblatt R.M. —.60

Gerda Luise Schmidts Schattenzeichnungen. (20×15 cm) je R.M. —.50. Auch gerahmt in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Blumenotafel. Reifenspiel. Der Besuch. Der Liebesbrief. Ein Frühlingstrauß. Die Freunde. Der Brief an „Ihn“. Annäherungsversuch. Am Spinett. Beim Wein. Ein Märchen. Der Geburtstag.

Frieze zur Ausschmückung von Kinderzimmern

Neu: „Die Wanderfahrt der drei Wichtelmännchen.“ Zwei farbige Wandstiege von M. Ritter. 1. Abschied - Kurze Raft. 2. Hochzeit - Tanz. Jeder Fries mit Bildern (103×41 cm) R.M. 6.—, jedes Bild einzeln R.M. 3.—.
Ferner sind erschienen Herrmann: „Aischenbrödel“ u. „Kottäppchen“; Baurnseind: „Die sieben Schwaben“; Rehm-Victor: „Schlaraffenleben“, „Schlaraffenland“, „Englein zur Wacht“ und „Englein z. Hut“ (103×41 cm, je R.M. 6.—).

Rudolf Schäfers Bilder nach der Heiligen Schrift

Der barmherzige Samariter, Jesus der Kinderfreund, Das Abendmahl, Hochzeit zu Kana, Weihnachten, Die Bergpredigt (75×55 bzw. 60×50 cm). R.M. 9.— bzw. R.M. 8.—.

6 Blätter in Format **Biblische Bilder** in Mappe R.M. 4.50, als Einzelblatt je R.M. —.75
36×28 unter dem Titel

Karl Bauers Federzeichnungen

Charakterköpfe zur deutschen Geschichte. Mappe, 32 Bl. (36×26 cm) R.M. 5.—
12 Bl. R.M. 2.—

Aus Deutschlands großer Zeit 1813. In Mappe, 16 Bl. (36×28 cm) R.M. 2.50

Führer und Helden im Weltkrieg. Einzelne Blätter (36×28 cm) R.M. —.50
2 Mappen, enthaltend je 12 Blätter, je R.M. 1.—

Teubners Künstlerpostkarten

Jede Karte R.M. —.10, Reihe von 12 Karten in Umschlag R.M. 1.—

Jede Reihe auch gerahmt. Verzeichnis vom Verlag in Leipzig.

Ausführlicher Wandschmuckkatalog für R.M. —.75 vom Verlag, Leipzig, Poststr. 3 erhältlich.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301493



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000295961