

DIE ORGANISCHEN BESTANDTEILE
UNSERER NAHRUNG
UND IHRE WERTIGKEIT

von

Prof. Dr. FEODOR LYNEN, München

Prof. Dr. phil. Feodor Lynen wurde am 6. April 1911 in München geboren. Als Schüler des Chemikers Heinrich Wieland habilitierte er sich 1941 an der Universität München für Chemie und ist dort bis heute tätig, seit 1953 als Ordinarius für Biochemie. Außerdem ist Prof. Lynen seit 1954 als Direktor des Instituts für Zellchemie in der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft. Auch gehört er der Bayerischen Akademie der Wissenschaften an.

Seine Hauptarbeiten gelten dem energieliefernden Zellstoffwechsel und seiner Regulation. Nach seinen Forschungen über die biologische Bedeutung der Phosphorsäure sind in neuerer Zeit Untersuchungen über die chemische Struktur der »aktivierten Essigsäure« und über den »Fettsäurezyklus« von grundlegender Bedeutung für die heutige Betrachtung der Lebensvorgänge geworden.

In Romanen, in denen ein phantasiereicher Autor ein Bild menschlichen Lebens in fernen Zeiten zu zeichnen versucht, wird fast immer auch von einer radikalen Umstellung der Ernährung berichtet. Man liest, daß die Menschen der Zukunft nicht mehr die heute üblichen Speisen verzehren, sondern ein paar kleine Pillen schlucken und damit all die vielen zur Erhaltung ihres Lebens und ihrer Arbeitsfähigkeit unentbehrlichen Stoffe zu sich nehmen würden. Die Frage, ob eine solche Entwicklung erstrebenswert wäre, soll uns heute nicht beschäftigen. Im Rahmen eines Referates über die organischen Bestandteile unserer Nahrung und ihre Wertigkeit kann es vielmehr nur um die Frage gehen, ob grundsätzlich eine solche Ernährungsweise in konzentrierter Form überhaupt möglich wäre.

Um zu einer Antwort zu kommen, wollen wir zunächst einmal klären, was der Chemiker unter den organischen Stoffen der Nahrung versteht und welche Aufgaben diesen für den menschlichen Körper zukommen. Der Begriff einer organischen Verbindung hat im Lauf der Zeit eine Wandlung erfahren. Ursprünglich faßte man unter diesem Begriff ausschließlich chemische Verbindungen zusammen, die von lebenden Organismen erzeugt werden, wobei man annahm, daß ihre Entstehung dem Wirken einer besonderen Kraft, der sog. Lebenskraft, zu verdanken sei. Man hielt es für unmöglich, die organischen Verbindungen künstlich mit den in der anorganischen Chemie gebräuchlichen Methoden herzustellen. Als aber *Wöhler* in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts die Synthese von Oxalsäure und Harnstoff im Laboratorium gelang, brach dieses Merkmal der Unterscheidung zusammen. Man versteht daher

heute unter organischen Verbindungen alle Verbindungen des Kohlenstoffs, gleichgültig, ob diese von Tier oder Pflanze oder in der Retorte des Chemikers erzeugt werden.

Die in unserer Nahrung aufgenommenen Kohlenstoffverbindungen haben im wesentlichen zwei Aufgaben zu erfüllen. Sie dienen einmal dem Aufbau von Körpersubstanz und zum anderen der Energiegewinnung. Die erste Aufgabe tritt am sinnfälligsten in Erscheinung bei einem Kind, dessen Körper als Folge des Wachstums einen gesteigerten Nahrungsbedarf hat. So verzehrt ein Säugling in den ersten Lebensmonaten täglich etwa ein Fünftel seines eigenen Gewichts an Muttermilch, was, auf einen 70 Kilogramm schweren erwachsenen Mann umgerechnet, dem beachtlichen täglichen Nahrungskonsum von 14 Liter Milch oder 11 Kilogramm Kartoffeln oder mehr als 4 Kilogramm Brot entspräche.

Der Bedarf des menschlichen Körpers an Baumaterial findet aber mit Abschluß der Wachstumsphase keineswegs ein Ende. Auch im erwachsenen Organismus laufen Aufbauvorgänge ab. Nur bleibt hier eine Substanzvermehrung wie im kindlichen Organismus aus, weil dieser Bildung von Körpersubstanz ein in gleichem Umfang erfolgender Abbau derselben gegenübersteht. Um dieses Geschehen zu charakterisieren, sprach der Biochemiker *Schönheimer*, durch dessen Experimente dieses dauernde »Stirb und Werde« im Organismus erstmalig dargetan wurde, von einem dynamischen Zustand, in dem sich alle Strukturbestandteile des Körpers befinden. Übertrifft in diesem dynamischen Zustand die Synthese den Abbau, so resultiert Wachstum. Halten sich jedoch beide die Waage, dann ist der Organismus im Gleichgewicht.

Die Geschichte der Naturwissenschaften verzeichnet viele Beispiele, in denen die Anwendung einer neuen Methode unmittelbar zu einer fundamentalen Entdeckung führte. Die Entdeckung des dynamischen Zustandes der Körperbestandteile durch *Schönheimer* liefert hierfür ein neues Beispiel, denn sie war eine Frucht der Anwendung der sog. Isotopen- oder Spurensucher-Methode auf das Problem des

Stoffwechsels organischer Verbindungen. Bei dieser Methode, die heute nicht nur im Laboratorium des Biochemikers zur allergrößten Bedeutung gelangt ist, wird das Molekül, für dessen Schicksal im Körper man sich interessiert, mit einem Etikett versehen, und zwar durch Einbau eines Isotops an Stelle eines normalerweise vorkommenden Elements. Als Etikett sind stabile oder radioaktive Isotope gleichermaßen anwendbar. Da jedoch letztere wegen der bei ihrem Zerfall ausgesandten Strahlung leichter nachzuweisen sind, gibt man ihnen aus methodischen Gründen den Vorzug. Die Anwendung der Isotopenmethode beim Studium des Stoffwechsels von Kohlenstoffverbindungen wurde daher wesentlich erleichtert, als beim Betrieb der Uranmeiler radioaktiver Kohlenstoff anfiel. Dieser radioaktive Kohlenstoff mit dem Atomgewicht 14 und der natürliche stabile Kohlenstoff mit dem Atomgewicht 12 verhalten sich als Isotope eines Elementes chemisch völlig gleich. Bietet man daher dem Organismus das radioaktive Element in verwertbarer Form an, so baut er dies in seine Zellstruktur ein wie den gewöhnlichen stabilen Kohlenstoff; während aber das stabile Atom physikalisch inaktiv ist, sendet das radioaktive Isotop Strahlen aus, die mit Hilfe des Geiger-Müllerschen Zählrohrs gemessen werden können. Das Auftreten von Radioaktivität in einem Körperbestandteil zeigt somit dessen Neubildung aus dem radioaktiv markierten Nährstoff an. Aber damit nicht genug, die Geschwindigkeit, mit welcher der betreffende Körperbestandteil den radioaktiven Kohlenstoff zuerst aufnimmt und dann später wieder abgibt, läßt auch erkennen, wie rasch dieser Bestandteil im dynamischen Gleichgewicht erneuert wird.

Die zweite Aufgabe der organischen Stoffe unserer Nahrung ergibt sich aus der Tatsache, daß jedwede Form organischen Lebens an die ständige Zufuhr von Energie gebunden ist. Ein Versiegen dieses Energiestroms, durch welchen die komplizierte Maschinerie des Zellgetriebes in dauernder Bewegung gehalten wird, führt unweigerlich zum Tod. Der Energiebedarf einer lebenden Zelle ergibt

sich schon allein aus dem dynamischen Zustand, wie wir ihn vorhin kennen gelernt haben. Ganz allgemein sind nämlich die Syntheseprodukte energiereicher als die Bausteine, so daß chemische Synthesen im Organismus nur unter Energiezufuhr erfolgen können. Für den Außenstehenden ist die energetische Bedürftigkeit solcher Prozesse vielleicht nicht ohne weiteres zu verstehen. Bei anderen Lebensäußerungen aber, wie etwa bei der Wärmebildung, als deren Folge die Körpertemperatur gleichbleibend bei 37° gehalten wird, oder bei allen mechanischen Arbeitsleistungen unseres Körpers kann es heute auch für den Laien keinen Zweifel mehr über die Notwendigkeit von Energieaufwand geben.

Das war aber nicht immer so. Zu jener Zeit, als die Alchimisten nach dem Stein der Weisen suchten, war der allgemeine Glaube, daß der menschliche Körper ein Perpetuum mobile sei, eine Maschine, die Energie aus dem Nichts schaffen könne. Die Untersuchungen *Lavoisiers* zu Ende des 18. Jahrhunderts räumten jedoch endgültig mit dieser Vorstellung auf. *Lavoisier* erkannte, daß im menschlichen Organismus Kohlenstoffverbindungen verbrannt werden unter Verbrauch von Sauerstoff und unter Bildung von Kohlendioxyd, und daß diese Verbrennungen die Ursache der Wärmeproduktion sind.

Mit der Feststellung, daß die organischen Substanzen der Nahrung im Organismus einmal als Bau- und zum anderen als energetische Betriebsstoffe Verwendung finden, können wir sofort eine allgemeine, die Zahl der möglichen Nährstoffe einschränkende Bedingung formulieren. Denn es versteht sich damit von selbst, daß ein organisches Molekül als Nährstoff nur dann in Betracht kommt, wenn seine Verwertung im Organismus gewährleistet ist. Eine Substanz, wie Erdöl oder Benzin, der im täglichen Leben die allergrößte Bedeutung als Energiequelle zukommt, ist als Nährstoff für den menschlichen Organismus völlig wertlos, weil diesem die Fähigkeit zur Verbrennung des Benzins fehlt.

Unter der großen Zahl von Kohlenstoffverbindungen kommen als Nährstoffe für den Organismus nur ganz wenige

in Frage. Die Ursache für dieses Auswahlvermögen des Körpers können wir verstehen, wenn wir einen kurzen Blick auf das Wesen der chemischen Umsetzungen im Organismus werfen. Wenn wir als Beispiel etwa den Atmungsvorgang herausgreifen, jenen Prozeß, bei welchem die organischen Nahrungsbestandteile unter Aufnahme von Sauerstoff zu Kohlendioxyd und Wasser oxydiert werden, so fällt uns auf, daß dieser Verbrennungsprozeß im lebenden Organismus unter sehr milden Bedingungen, z. B. bei einer Temperatur von nur 37°, abläuft und sich damit ganz wesentlich von den Verbrennungsprozessen unterscheidet, die wir aus dem täglichen Leben kennen. Der Grund ist, daß beim biologischen Vorgang die Oxydation schrittweise, über viele Zwischenstufen erfolgt und jeder Schritt in dieser Kette chemischer Reaktionen überdies noch der Steuerung durch besondere Katalysatoren, durch die sog. Enzyme oder Fermente, unterliegt. Die Aufgabe dieser in allen lebenden Zellen vorhandenen Katalysatoren besteht darin, Widerstände, welche den Ablauf der chemischen Reaktionen unter den Temperaturbedingungen des Organismus hemmen, zu beseitigen.

Die chemische Natur der Enzyme lag lange Zeit im Dunkeln, aber seit 1926, da *Summer* erstmals die Reindarstellung eines solchen Enzyms aus lebenden Zellen gelang, wissen wir, daß die Enzyme Eiweißkörper sind. Zu den hervorstechendsten Eigenschaften der Enzyme gehört ihr Auswahlvermögen, das sich darin äußert, daß jedes Enzym im allgemeinen nur zur Steuerung einer einzigen chemischen Reaktion befähigt ist. In Anbetracht der in die Hunderte gehenden Zahl von chemischen Reaktionen, die für Bestehen und Wachstum lebender Organismen unentbehrlich sind, darf man annehmen, daß die Zahl der verschiedenen Enzyme im menschlichen Körper von der gleichen Größe ist. Ihre Zahl ist jedoch keineswegs unbeschränkt, und somit muß es auch für die chemische Reaktivität Grenzen geben, was sich unter anderem eben bei der Auswahl der vom Körper als Nahrung verwertbaren Kohlenstoffverbindungen zu erkennen gibt.

Die als Nährstoffe in Frage kommenden Substanzen verteilen sich chemisch gesehen auf drei Verbindungsklassen: auf 1. die Kohlenhydrate, 2. die Fette und 3. die Eiweißkörper oder Proteine. Unter den zur ersten Klasse gehörenden Verbindungen spielt für die menschliche Ernährung die Stärke die größte Rolle. Sie ist der wesentliche Bestandteil von Brot, Reis und Kartoffeln, dem Grundstock der menschlichen Ernährung bei den verschiedenen Völkern. Verglichen damit sind andere Kohlenhydrate, wie der Rohrzucker, mit welchem wir unsere Speisen und Getränke süßen, oder der Milchezucker, mengenmäßig von geringerer Bedeutung. Im Körper werden die verschiedenen Kohlenhydrate unter der Mitwirkung spezifischer Enzyme in Traubenzucker übergeführt, der dann mit dem Blut zu den Organen transportiert und dort verwertet wird. Die Spaltung von Stärke in Zucker erfolgt beim Menschen sehr rasch, größtenteils schon während des Kauens durch Enzyme des Speichels, eine Tatsache, von der man sich im Selbstversuch leicht überzeugen kann. Man braucht nur einmal ein Stück zerkautes Brot im Mund behalten und kann dann beobachten, wie dieses allmählich einen süßen Geschmack annimmt. Es hat sich bei Versuchen dieser Art ergeben, daß der menschliche Speichel rohe Stärke im Gegensatz zu gekochter und verkleisterter Stärke nur langsam und zögernd abbaut, woraus die große Bedeutung einer Vorbehandlung stärkehaltiger Nahrungsmittel im Koch- oder Backprozeß verständlich wird.

Die beiden anderen Nahrungsbestandteile Eiweiß und Fett erleiden im Körper ein analoges Schicksal. Auch bei ihnen wird die Verwertung mit einer im Magen und Dünndarm erfolgenden Aufspaltung der zusammengesetzten Moleküle eingeleitet, wobei aus dem Eiweiß die sog. Aminosäuren, aus dem Fett Glycerin und Fettsäuren entstehen.

Daß die verschiedenen Nahrungsmittel nicht gleichwertig sind, lehrte die tägliche Erfahrung den Menschen seit alters her. Damit stellte sich für die Ernährungswissenschaft die Aufgabe, den Gründen für diese Verschiedenheit nachzugehen. Eine Forschungsrichtung, die in ihren Anfängen auf

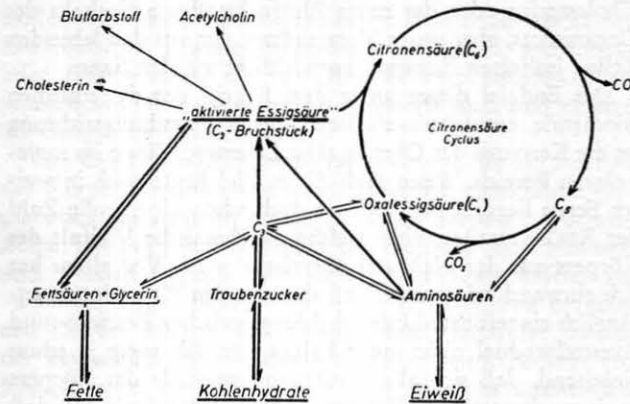
Lavoisier und *Liebig* zurückgeht, beschäftigte sich mit dem energetischen Aspekt. Durch die Aufstellung exakter Energiebilanzen, bei denen einerseits die Energie der aufgenommenen Nahrung, andererseits die gebildete Wärme und die mechanische Arbeitsleistung gemessen wurden, ließ sich zeigen, daß das Gesetz von der Erhaltung der Energie auch für den lebenden Organismus strenge Gültigkeit hat. Die chemische Energie, die beim Abbau der Nahrung im Körper frei werden kann, kommt in ihrer Gesamtheit als Wärme und als mechanische Arbeit wieder zum Vorschein. Eine logische Konsequenz dieser Tatsache ist das grundlegende Gesetz der Ernährungslehre, das sog. Isodynamiegesetz. Dieses von dem Physiologen *Rubner* formulierte Gesetz besagt, daß die Nährstoffe sich nach Maßgabe ihrer Verbrennungswärme gegenseitig vertreten können. Einander biologisch äquivalente Mengen der verschiedenen Nährstoffe werden als isodynam bezeichnet. Die zahlenmäßigen Grundlagen dieses Gesetzes sind die bei der Verbrennung der drei Nährstoffe im Organismus frei werdenden Wärmemengen. Sie betragen für 1 Gramm Fett 9,3 Kalorien, für 1 Gramm Eiweiß und für 1 Gramm Kohlenhydrate, die in dieser Hinsicht einander gleichwertig sind, jedoch nur 4,1 Kalorien. Das tägliche kalorische Bedürfnis eines Menschen, das je nach der Schwere des Berufs zwischen 2500 und 5600 Kalorien liegt, könnte demnach durch 600 bis 1400 Gramm Kohlenhydrate und Eiweiß, oder durch 300 bis 600 Gramm Fett befriedigt werden. Die Tatsache, daß die Fette den übrigen Nährstoffen energiemäßig weit überlegen sind, nutzen die Menschen seit alters her instinktiv aus. Es hat seinen guten Grund, wenn der Holzfäller im Gebirge zu seiner schweren Arbeit auch ein Stück Speck mitnimmt.

Das Isodynamiegesetz wurde im Jahre 1894 von *Rubner* formuliert, drei Jahre später entdeckte *Buchner* die zellfreie Gärung und leitete damit die moderne biochemische Stoffwechsellehre ein, deren heutiger Wissensstand das Isodynamiegesetz erklären läßt. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die endgültige Verbrennung der drei verschiedenen Nährstoffe auf einem gemeinsamen Wege erfolgt. In

vorbereitenden Reaktionen werden die bereits erwähnten Spaltstücke der Nahrung: der Traubenzucker, die verschiedenen Aminosäuren, die Fettsäuren und das Glycerin früher oder später in das gleiche Bruchstück mit zwei Kohlenstoffatomen zerlegt, an dem sich dann im sog. Zitronensäurezyklus der eigentliche Endabbau zu Kohlendioxyd vollzieht. Die im wesentlichen erst in diesem Prozeß freiwerdende chemische Energie wird mit einem Wirkungsgrad von über 60 % in andere, zur Speisung der Arbeit des betreffenden Organs geeignete Energieformen umgewandelt. Auf Einzelheiten dieser Energietransformierung kann ich nicht eingehen. Es sei nur erwähnt, daß Verbindungen der Phosphorsäure dabei eine wesentliche Rolle spielen.

Etwas mehr muß ich jedoch über den Zitronensäurezyklus selbst sagen. Bei diesem Kreisprozeß, den *Krebs*, auf den Arbeiten der Biochemiker *Szent-Györgyi* und *Martius* aufbauend, im Jahre 1937 als einen der grundlegenden Prozesse des Zellstoffwechsels erkannte, wird das aus den Nährstoffen stammende Bruchstück an den vier Kohlenstoffatome enthaltenden Trägerstoff des Zyklus, an Oxallessigsäure addiert. Es entsteht Zitronensäure mit sechs Kohlenstoffatomen, an der sich dann unter schrittweiser, einer Reihe von Zwischenprodukten einschließender Oxydation die Entwicklung von Kohlendioxyd und gleichzeitig die Rückbildung des Trägerstoffs vollzieht. In dieser Weise kann eine kleine Menge des Trägerstoffs die Produktion unbegrenzter Mengen Kohlendioxyd aus den Nährstoffen vermitteln.

Die chemische Struktur des Bruchstücks mit zwei Kohlenstoffatomen, das von den Biochemikern in Anbetracht seiner nahen Beziehung zur Säure des Speiseessigs als »aktivierte Essigsäure« bezeichnet wurde, konnte vor vier Jahren im Münchener Laboratorium aufgeklärt werden. In dieser Substanz liegt eine der großen Zentralen im Zellstoffwechsel vor, denn die »aktivierte Essigsäure« leitet nicht nur die Verbrennung des Traubenzuckers, des Glycerins, der Fettsäuren und einiger Aminosäuren im Zitronensäurezyklus ein, sondern sie vermittelt auch die Umwandlung der Koh-



»Aktivierte Essigsäure«, eine Zentrale des Zellstoffwechsels

C ist das chemische Symbol für Kohlenstoff, CO_2 jenes für Kohlendioxyd. C_2 , C_3 , C_4 usw. bedeutet, daß das Molekül des betreffenden Stoffes zwei, drei, vier usw. Kohlenstoffatome enthält.

lenhydrate in Fette und Phosphatide, in das als Muttersubstanz der Keimdrüsen- und Nebennierenhormone so bedeutungsvolle Cholesterin, in den roten Farbstoff des Blutes und noch weitere Bestandteile des menschlichen Organismus.

Die Einsicht in solche stofflichen Zusammenhänge verdanken wir häufig der Anwendung jener eingangs erwähnten Isotopen- oder Spurensuchermethode. Im Interesse eines bis in die letzten Details des chemischen Zellgeschehens vordringenden Wissens trachtet aber die biochemische Forschung, jene bei solchen Ab- und Aufbauvorgängen mitwirkenden Enzyme aus dem Organismus zu isolieren und dann mit ihrer Hilfe den vitalen Vorgang im Reagenzglas nachzuahmen. In diesem Bestreben ist es uns und ebenfalls amerikanischen Biochemikern kürzlich gelungen, den Aufbau der Fettsäureketten aus »aktivierter Essigsäure« im Reagenzglas zu bewerkstelligen. Und es wird nicht mehr lange dauern, bis auch die vorhin erwähnte Synthese des

Cholesterins oder des roten Blutfarbstoffes außerhalb des Organismus, aber unter Verwendung der aus den lebenden Zellen isolierten Enzyme, verwirklicht werden kann.

Das Endziel dieser unter dem Begriff der dynamischen Biochemie zusammengefaßten jungen Forschungsrichtung ist die Kenntnis der Chemie aller Lebensvorgänge im molekularen Bereich. Wenn auch dieses Ziel heute noch in weiter Ferne liegt, so kennen wir doch schon eine große Zahl der Reaktionszüge, über welche die chemische Vielfalt des Körpers aus der Nahrung aufgebaut wird. Vor allem hat sich einwandfrei gezeigt, daß die von den Physiologen anfänglich eingeführte Unterscheidung zwischen Betriebs- und Baustoffwechsel nicht mehr haltbar ist. Ich sagte ja schon einleitend, daß sich alle Strukturbestandteile des Körpers in einem dynamischen Zustand befinden, was bedeutet, daß sie alle am Stoffwechsel teilnehmen. Die Tatsache der Reversibilität fast aller chemischen Reaktionsketten im Organismus und die Existenz von Knotenpunkten des Zellstoffwechsels, wie ich es an dem einen Beispiel der »aktivierten Essigsäure« auseinandergesetzt habe, all dies lehrt uns, daß ein Nährstoff, der den energetischen Betrieb des Organismus unterhält, gleichzeitig auch Baumaterial für die Lebenssubstanz liefert. Die innige Verzahnung beider Vorgänge ist der tiefere Grund für die Gültigkeit des ja primär aus energetischer Betrachtungsweise abgeleiteten Isodynamiegesetzes.

Trotz seines sehr weiten Gültigkeitsbereichs sind dem Isodynamiegesetz aber doch gewisse Grenzen gesetzt, denn die Nährstoffe können zwar sehr weitgehend, aber doch eben nicht völlig beliebig gegeneinander ausgetauscht werden. Am längsten bekannt ist die Tatsache, daß die Nahrung eine bestimmte Menge Eiweiß enthalten muß, die durch keine noch so große Menge Kohlenhydrat oder Fett ersetzt werden kann. Der Grund dafür ist in dem begrenzten Synthesevermögen des menschlichen Körpers zu sehen. Eine Anzahl von Körperbausteinen kann nämlich vom Organismus selbst nicht produziert werden, so daß ihre direkte Zufuhr mit der Nahrung unerlässlich ist. Zu ihnen

zählen eine Reihe von Aminosäuren, dem Baumaterial der Eiweißkörper, gewisse ungesättigte Fettsäuren, wie Linol- oder Linolensäure, die im Olivenöl und anderen Ölen pflanzlicher Herkunft reichlich enthalten sind, und zuletzt die Gruppe der Vitamine.

Von den 19 verschiedenen Aminosäuren, die am Aufbau der Körperproteine teilnehmen, kann der menschliche Organismus aus anderen Nährstoffen nur deren 10 synthetisieren. Die übrigen 9 müssen in der Nahrung enthalten sein und werden deshalb vom Ernährungswissenschaftler als »unentbehrliche« oder »essentielle« Aminosäuren bezeichnet. Da der Aufbau von Körpereweiß durch die Zufuhr der essentiellen Aminosäuren begrenzt wird, bedingt ein Mangel oder ein Fehlen nur einer einzigen essentiellen Aminosäure, selbst bei großem Überschuß aller übrigen, eine allgemeine Störung des Eiweißstoffwechsels und damit schließlich eine Schädigung des Enzymbestandes mit all ihren weittragenden Folgen. Wenn im Organismus eine essentielle Aminosäure nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht und damit die Eiweißsynthese betroffen wird, so ist es ähnlich, wie wenn eine Autofabrik durch den Unterlieferanten eines einzigen wesentlichen Bauelements im Stich gelassen wird. Es nützt dann nichts, daß alle übrigen Bauteile des Autos vorhanden sind. Das Fehlen des einen bewirkt, daß kein Auto mehr produziert werden kann.

Die Entscheidung über den Wert eines Nahrungsgemisches fällt somit immer demjenigen Faktor zu, der sich im Minimum befindet, der, mit anderen Worten, nur in suboptimaler Menge vorhanden ist. Dies ist das zweite grundlegende Gesetz der Ernährungslehre, das Gesetz des Minimums, dessen allgemein-biologische Bedeutung bereits von *Liebig* erkannt wurde.

Verglichen mit dem Bedarf an Energiequellen ist der Bedarf des Menschen an essentiellen Aminosäuren gering. Von allen zusammen genügen für den Erwachsenen 6 bis 12 Gramm, eine Menge, die unter den Bedingungen einer natürlichen Kost in etwa 30–60 Gramm Eiweiß enthalten

sind. Diese Menge bezeichnet man in der Ernährungswissenschaft als »physiologisches Eiweißminimum« oder »Bilanzminimum«.

Zu den unentbehrlichen Verbindungen, deren Synthese der menschliche Organismus nicht durchführen kann, zählen, wie schon erwähnt, auch die Vitamine. Wir kennen heute etwa 20 Vertreter dieser Körperklasse, müssen aber damit rechnen, daß noch nicht alle Vitamine erfaßt sind. Diese Nahrungsfaktoren, welche den verschiedensten chemischen Stoffklassen angehören, zeichnen sich dadurch aus, daß, bis auf wenige Ausnahmen, schon durch außerordentlich kleine Mengen, die bei $\frac{1}{1000}$ Gramm und noch darunter liegen, der tägliche Bedarf des Menschen befriedigt wird. Trotzdem muß nach dem Gesetz des Minimums ein Mangel oder Fehlen nur eines dieser Faktoren den Wert einer Nahrung begrenzen. Über die Wirkungsweise der Vitamine wird in einem späteren Vortrag dieser Sendereihe noch ausführlicher berichtet werden.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß eine vollwertige Ernährung das energetische Bedürfnis des Organismus befriedigen muß, wobei Kohlenhydrat, Fett und Eiweiß einander vertreten können. Gleichzeitig muß die Nahrung aber auch alle jene Bausteine, wie die essentiellen Aminosäuren oder die Vitamine, enthalten, die für den Bestand des Organismus unerlässlich sind. In der praktischen Ernährung gibt es viele Möglichkeiten, um diese Bedürfnisse zu befriedigen, so daß alle Versuche, eine einzige Kostform als optimale Ernährung vorzuschreiben, wissenschaftlich nicht unterbaut sind. Je nach den Nahrungsquellen, die zur Verfügung stehen, kann die Deckung des Energiebedarfs, wie auch die Versorgung mit Aminosäuren und Vitaminen auf sehr verschiedene Art und Weise geschehen. Für die meisten Menschen bilden die billigeren pflanzlichen Produkte, wie die verschiedenen Getreidearten, die Kartoffeln und die Feldfrüchte, die Grundlage der Ernährung. Da diese Nahrungsmittel aber im wesentlichen Kohlenhydratträger sind, sollten sie in einer vollwertigen Kost durch hochwertiges tierisches Eiweiß, wie

Fleisch, Eier, Milch oder Käse, ergänzt werden. Die immer wieder anzutreffende Behauptung, daß eine rein vegetarische Lebensweise oder Rohkost gesünder sei, kann wissenschaftlicher Kritik nicht standhalten.

Lassen Sie mich nun zum Schluß noch zu der eingangs aufgeworfenen Frage zurückkehren, ob mit der Möglichkeit einer zukünftigen radikalen Umstellung der menschlichen Ernährung zu rechnen ist. Nach dem heutigen Wissensstand müssen wir diese Frage verneinen. Eine Umstellung auf andere Nährstoffe wäre ja, wie wir erfahren haben, nur über die radikale Änderung des Enzymbestandes unseres Körpers möglich. Da aber der Enzymbestand durch die Erbfaktoren festgelegt ist, scheidet eine solche Möglichkeit aus. Die Basis der menschlichen Ernährung wird somit auch in Zukunft Kohlenhydrat, Fett und Eiweiß sein.