

## **M. Rubner: Die moderne Ernährungslehre.**

(Vortrag gehalten vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft  
am 18. Dezember 1920; eingegangen am 27. Februar 1922.)

### **I. Die allgemeine Ernährungslehre.**

Wo wir in der Welt der Organismen Lebensäußerungen wahrnehmen, besteht auch eine Ernährung. Mit dem Tod erlischt der Ernährungsprozeß. In der äußeren Erscheinung prägt sich die Ernährung am elementarsten in dem Wachstum und der Massenzunahme aus. Das Wachstum ist eine zeitweilige Erscheinung, aber auch in der wachstumlosen Zeit schreitet die Ernährung weiter. Sie hat mit dem ersten Hauch des Lebens in der Natur begonnen und wird einstmals enden, wenn der letzte Organismus auf der Erde dahin gegangen ist. Im Ernährungsvorgang liegt also ein wichtiger, vielleicht, wenn man so sagen darf, der wichtigste Teil des Geheimnisses des Lebens begründet.

Wie einst das erste Leben auf der Erde entstand, wissen wir nicht, und wenn man glaubt, daß den ersten Erscheinungsformen des Lebens die autotrophen Bakterien nahestehen, Organismen, die aus einfachem anorganischem Material und im Dunkeln ihre Bedürfnisse bestreiten, so hat auch diese Hypothese bereits das lebende Protoplasma zur Voraussetzung. Dieses aber besteht auch bei den einfachsten Formen aus einer komplizierten Organisation, deren Zertrümmerung das Leben zugleich vernichtet. So klein die Bakterien als Organismen sind, so haben sicherlich auch sie schon eine Lebensgeschichte, Vererbungs- und Funktionseigenschaften, deren Entwicklung auf Millionen von Jahren zurückreichen mag.

Die Erscheinungen der Ernährung können uns, wenn wir bedenken, wie verschieden Pflanzen und Tiere gebaut sind, als ungeheures Chaos erscheinen. Unendlich verschieden sind ja die Quellen der Nahrungsmittel, unendlich verschieden die Wege der Nahrungsmittelaufnahme und Verdauung. Aber trotz alledem sind wir in der Lage, die Ernährung allgemein zu betrachten und sie auf einfache gleichartige Vorgänge zurückzuführen. Die Wissenschaft hat uns zu einem so weit ausschauenden Plan die Mittel

an die Hand gegeben, denn die Grundlage alles Lebens und aller Ernährungsprozesse von den Mikroben angefangen bis zu den größten Säugern und im Bereich des pflanzlichen Lebens beruht auf der einfachen Formel, daß zwar die Nahrungsmittel unendlich wandelbar, der Ernährungsprozeß im wesentlichen aber in einer Zufuhr von Spannkraften und ihrer Auslösung, wie andererseits in der Anfügung neuer eiweißartiger Verbindungen beim Wachstum und der Belebung des Anwuchses zur Leistungsfähigkeit auf der Höhe des assimilierenden Protoplasmas besteht.

Unter diesem Gesichtspunkte wird uns das anaerobe Leben neben dem aeroben verständlich, die Massenumsetzung bei ersterem, weil die Spaltungen meist nur bescheidene Energiemengen liefern und andererseits der beschränkte Verbrauch bei dem aeroben Leben und der Entbindung großer Energiemengen durch Oxydation. Manche Organismen vollziehen auch heute noch je nach Bedarf diese Umwandlungen zwischen aerobem und anaerobem Leben, wie die Hefen, oder wie *Mucor mucedo*, der aerob als Schimmel lebt, in Zuckerlösung gebracht aber, seine Form ändernd, Alkohol bildet und dann keiner O-Zufuhr bedarf.

Die ursprünglichsten einfachsten Lebensformen waren wahrscheinlich unbewegliche Zellen, die Ausbildung der Bewegung und eigener Bewegungsorgane brachten dann einen neuen funktionellen Fortschritt und eine neue Quelle für den Bedarf an Energie durch Bewegungsarbeit.

Zweifellos das quantitativ wichtigste Ereignis liegt in der Nahrungsgeschichte der Organismen im Entstehen der Chlorophylle, eines Anwuchses, der für die Massenproduktion organischen Materials von ausschlaggebender Bedeutung war durch die Umwandlung der Sonnenenergie in die Spannkraften organischer Substanzen. Noch heute gibt es grüne Pflanzen, die man in wenigen Tagen so umzüchten kann, daß das Chlorophyll verschwindet, und die ganze Ernährung wie bei Tieren mit organischen Nährstoffen auch unter Wachstum und lebhafter Zellteilung ausgeführt werden kann.

In der eigentlichen Ernährung der Zelle bleibt zwischen Tier und Pflanze aber kein Unterschied. Sieht man von den Nebenfunktionen der durch Chlorophyll vermittelten Synthese ab, so verläuft ja bei der Pflanze das Leben auch nur unter Verbrauch von Energie aus den organischen Nährstoffen.

Die Fülle von Pflanzen und eine gewaltige Menge von Tieren bieten uns zunächst vom Standpunkt der Ernährungsprinzipie nichts Neues, mögen sie noch so sehr voneinander morphologisch ver-

schieden sein. Nur ist die ganze organische Welt durch die Pflanzen mit Chlorophyll unendlich reicher geworden, weil durch sie der Nahrungsstrom auf der Welt sich enorm vergrößert hat und der Fauna im großen Stil zur Entwicklung dienen konnte.

Gemeinsam der Tier- wie Pflanzenwelt ist die Beschränkung des Lebens auf bestimmte Temperaturgrenzen, die mit wenigen Ausnahmen ähnlich gelagert sind. Bei der unteren Grenze, dem Minimum, erwacht das Lebende gewissermaßen aus einem Dämmerzustande, dann nehmen mit steigender Temperatur die Leistungen des Protoplasmas unter Mehrung des Energieverbrauchs zu bis zur optimalen Grenze. Wenig über dieser liegt überall das »Maximum«, die Lebensgrenze. Von den kleinsten Lebewesen reicht in der Entwicklungsreihe dieses mit der Wärme wandelbare Leben, das also wie die uns bekannten Pflanzen gewissermaßen seinen Sommer und Winter hat, bis zu den Fischen und Reptilien herauf.

Betrachten wir die noch höher in der Wirbeltierreihe stehenden Arten, so stoßen wir auf die Warmblüter; bei ihnen tritt uns ein neuer Fortschritt in der Organisation entgegen, der nicht morphologisch, wohl aber funktionell sich äußert. Im Gehirn dieser hochstehenden Tiere tritt ein »Zentrum« von Ganglienzellen auf, von dem aus der Energieverbrauch zeitweilig so angeregt werden kann, daß die daraus entstehende Wärme hinreicht, um auch im Polarklima das Blut auf gleicher Temperatur zu halten, bei warmer und zu warmer Jahreszeit aber ein Übermaß von Wärme aus dem Körper weggeschafft werden kann. Die Wärmeregulation, wie man diese Einrichtung nennt, hatte eine enorme Bedeutung für die Entwicklung der Intelligenz der Warmblüter. Ihr Geistesleben ist viel reicher als das der Kaltblüter, weil das Gehirn auch gleich warm bleibt, und jederzeit bereit ist, Eindrücke aufzunehmen und zu verarbeiten.

So vielfältig uns die organische Welt in ihrem Formenreichtum und Lebensäußerungen entgegentritt, so zeigt sich uns, vom Standpunkt der Ernährung betrachtet, ein relativ einfaches Bild. Und alle wesentlichen Veränderungen in der Entwicklungsreihe, die Fortschritte und Verbesserungen, wenn man so sagen will, lassen sich auf wenige Grundereignisse, mit denen stets Änderungen des Energieverbrauchs in Zusammenhang stehen, zurückführen.

Sehr einfache Beziehungen sehen wir auch — von den Synthesen durch die grünen Pflanzen abgesehen — hinsichtlich der

chemischen Natur des Nährmaterials; wenn man von den niedersten Formen der Mikroben absieht, prägt sich eine gewisse Einheit der Ernährung durch das ganze Tier- und Pflanzenreich darin aus, daß die drei Stoffgruppen Eiweiß, Fette, Kohlehydrate immer wiederkehren, auch darin, daß z. B. bei den Wirbeltieren, die wir noch am besten kennen, die Zusammensetzung des ganzen Körpers, soweit wir bis jetzt wissen, sehr übereinstimmend, ja selbst in den Maßverhältnissen des morphologischen Aufbaus eine sehr ähnliche ist. Dadurch tritt die Möglichkeit einer generellen Übersicht wieder in den Vordergrund. Wenn man vergleichen will, muß man sich über die Vergleichsgröße klar sein. Der Vergleich kann offenbar zunächst nur das quantitativ faßbare Element des Energie-Umsatzes ohne Rücksicht auf die Art des Nährstoffs oder der Energiequellen betreffen, und andererseits die Beziehung zur Größe eines Tieres und zwar unter Vereinfachung auf eine Masseneinheit. Ob eine solche Masseneinheit, das Kilo, wirklich eine physiologische ist, darüber wäre eine längere Diskussion nötig; zahlreiche Einwände sind zu machen, aber andererseits lassen sich auch die Bedingungen angeben, unter denen wir mangels einer anderen Einheit uns derselben bedienen können.

Viele Äußerungen des Lebens und also auch die Ernährung sind von zufälligen Umständen abhängig und variabel. Diese natürlichen Ungleichheiten muß der Beobachter ausschalten und beseitigen; das ist eine Aufgabe, die sowohl technische Hilfsmittel wie ernährungsphysiologische Experimente voraussetzt.

Auf dem Wege der Untersuchung des Gaswechsels der Tiere, also der Feststellung der Kohlensäureausatmung oder der Bestimmung der O-Aufnahme kann man sich ein Bild über die Größe des Stoffverbrauchs machen; es ist selbstverständlich, daß die Physiologen alle möglichen Organismen nach dieser Richtung untersucht haben, meist in der Meinung, daß der Stoffwechsel eine bestimmte Eigenart irgend einer Spezies zum Ausdruck bringen müsse. Die Versuche schienen die Annahme zu bestätigen; denn auch dann, wenn man den Gaswechsel auf die gleiche Lebens-einheit, d. h. das Kilo umrechnet, so sind die Ergebnisse äußerst wandelbar, und man wird immer wieder geneigt, das als ein Korrelat zu den morphologischen Unterschieden der Tiere zu betrachten.

Aus diesem Labyrinth von Zahlen führt uns ein einfacher klarer Weg zu einer anderen Auffassung. Ein durchgreifendes Gesetz sichtet plötzlich die anscheinend regellosen Ungleichheiten

der Lebensenergie. Zunächst läßt sich durch das ganze Warmblüterreich nachweisen, daß der ungleiche Energieverbrauch (pro Kilo) wegfällt, wenn man denselben nicht auf die Masse, sondern auf die Oberfläche bezieht. Der Zusammenhang wird meist so erklärt, daß die Abkühlung der Tiere um so größer wird, je kleiner ihre Massen sind, weshalb sie, soll die Bluttemperatur gleich bleiben, mehr oder minder große Wärmemengen produzieren müssen. Doch trifft diese an sich einleuchtende Betrachtung biologisch nicht ganz zu, weil auch bei dem Kaltblüter ähnliche Gesetzmäßigkeiten sich zeigen. Ich verzichte aber, darauf weiter einzugehen. Hat man sich aber einmal entschlossen, die Masseneinheit über Bord zu werfen, so erklären sich viele andere biologische Vorkommnisse in einfacher Weise.

Jugend und Alter mit ihren Stoffwechseleigentümlichkeiten zeigen, daß nach den Oberflächenwerten betrachtet, kaum Unterschiede vorhanden sind, ja selbst zwischen den verschiedenen Spezies der Warmblüter ist, auf diese Flächeneinheit bezogen, kein sehr nennenswerter Unterschied an Energieverbrauch.

Während die Natur uns Warmblüter der verschiedensten Größen darbietet, die früher im Stoffwechsel inkommensurabel waren, gibt uns heute die richtige rechnerische Behandlung der Resultate die Möglichkeit, uns alle Tiere »gleich groß« zu berechnen, also die Masse zu eliminieren. Dabei ergibt sich dann das frappierende Resultat, daß alle Warmblüter, wären sie einer und derselben Größe, auch annähernd gleich viel Energie verbrauchen würden.

Für den Warmblüter haben wir also eine Einheitsernährung, d. h. ein Protoplasma offenbar derselben Herkunft, was den Energieverbrauch anlangt.

Auch im Bereiche der Kaltblüter finden sich viele Beispiele, welche dieselben Gesetze hinsichtlich der Beziehungen von Masse und Oberfläche zum Energieverbrauch usw. erkennen lassen.

Es führt uns also die Betrachtung der allgemeinen Ernährungslehre bzw. die Betrachtung des Energieverbrauchs, die uns vorläufig vom Chemismus der Zerlegungen ganz unabhängig macht, zu der Auffassung, daß all die Verschiedenheit, die wir bei einfacher Betrachtung der individuellen Verhältnisse finden, sich weitestens im Tierreich auf ein einheitliches Protoplasma mit bestimmten Grundeigenschaften des Energieverbrauchs zurückführen lassen, auf ein Protoplasma, welches in der Entwicklungsreihe der Tiere durch scharf definierte Regulations-Einrichtungen auf die der Eigenart der Tiere notwendige Größe des Verbrauchs abgestuft worden ist.

Wo die Reihe dieser gesetzmäßigen Erscheinungen bei den Organismen beginnt, wissen wir vorläufig nicht; aber es ist einleuchtend, daß sich die größeren Lebewesen mit Millionen und Billionen von Zellen aus den einfachen einzelligen Organismen entwickelt haben müssen. Darüber mögen ungemessene Zeiten dahingegangen sein. Aber jedenfalls wird man die Frage aufwerfen können, wie groß denn überhaupt der Energieverbrauch solch kleinster Lebewesen ist, wenn wir sie mit unseren Maßstäben der Masse oder Oberfläche vergleichend betrachten. Sind die Bakterien oder Hefen Lebewesen mit großem oder kleinem Nährstoffverbrauch, und wie stellt sich ihr Leben in dieser Hinsicht zu dem unsrigen? Es scheint ein vermessenes Unternehmen, eine Frage aufzuwerfen, die so ganz außerhalb der Möglichkeit experimenteller Forschung zu liegen scheint. In Wirklichkeit können wir auch über die Ernährungsverhältnisse der Mikroben ganz gute Auskunft geben. Nach meinen eigenen Untersuchungen ist der Energie-Umsatz bei Hefen oder Bakterien etwa 1700 kg-Cal. pro 1 kg Substanz in 24 Stdn.

Da 1 kg lebender Masse dieser Mikroben rund 1000 kg-Cal. Verbrennungswert hat, so bedeutet ein Umsatz von 1700 Cal., daß diese Zellen in einem Tag ca. 1.7-mal soviel organische Masse zum Leben verbrauchen, als ihr ganzer Körper überhaupt ausmacht. Das ist enorm viel. Denn wenn ein Mensch einen solchen Stoffumsatz hätte, würde das 120 000 kg-Cal. täglich ausmachen, also 50—60-mal soviel, als ein Erwachsener wirklich verbraucht.

Aber es ist doch wieder wenig, wenn wir die ungeheure relative Oberfläche dieser kleinsten Organismen betrachten und darauf ihren Energieverbrauch beziehen. Unzählige solcher kleinen Zellen müssen sich also erst zu einem Organismus vereinigt haben, ehe die Gesetze der Oberflächenentwicklung für den Stoffwechsel Geltung gewinnen. Aus diesem Gesetze folgt ohne weiteres eine Reduktion der Lebhaftigkeit des Energie-Umsatzes und der Verbrennung pro Kilo Tier bei absoluter Zunahme der Masse. Wie wir uns eine solche allmähliche Reduktion der Umsetzungsgröße vorstellen wollen, mag vielleicht für den ersten Augenblick etwas schwierig sein; wir dürfen aber dabei daran erinnern, daß in manchen Drüsen des Körpers Stoffe — Hormone — gebildet werden, welche imstande sind, den Stoffwechsel zu beschleunigen oder zu verlangsamen.

Das Wesen des Lebensprozesses ist überall dasselbe: Ein fortwährender Verbrauch der in Nährstoffen vorhandenen latenten Energie unter nachheriger Entwicklung von Wärme. Freie Energie,

wie Wärme haben für die Befriedigung des Energiebedürfnisses der Zelle keine Bedeutung.

Damit haben wir auch klargelegt, welche Bedeutung die Feststellung des Energieverbrauchs im allgemeinen hat, haben auch bewiesen, wie er die Grundlage der praktischen Bedürfnisse hinsichtlich der Quantitätsfrage des Bedarfs bildet.

Die letztere kann freilich je nach den Bedürfnissen der äußeren Lebensbedingungen erheblich verschieden sein: durch die Muskeltätigkeit, durch Kälte oder Wärme, unter verschiedenen klimatischen Bedingungen, aber auch je nach Art und Masse der Nahrung.

Wenn wir alle diese äußeren Einflüsse auf den Organismus ausschließen, so kommen wir auf das Energieminimum des Verbrauches bei absoluter Ruhe, bei hoher Luftwärme, welche jeden sogenannten Kälteeinfluß beseitigt, bei Beseitigung der Nahrungsaufnahme und Erhaltung gleicher Körpertemperatur. Dabei werden immer noch an 20% für mechanische Arbeit des Herzens und der Atmung verbraucht.

Die übrigen Organe sind allerdings fast ausnahmslos in Ruhe, nur das Blut stirbt fortwährend und ergänzt sich wieder. Dies geschieht in gleichem Maßstab, wie der Energieverbrauch groß oder klein ist, bei großen Tieren also langsamer als bei kleinen. Der Zustand des Energieminimums beim Menschen ist absolute Ruhe, liegend, gut bekleidet, ohne Nahrung.

Zu den besonderen, aber vorübergehenden Lebensäußerungen gehört das Wachstum. Daher bedarf es noch einer kurzen Darlegung. Es besteht nirgendwo für sich allein, sondern stets neben dem Energiewechsel, den wir schon vorher erörtert haben. Zum Wachstum führt der Überschuß der Nahrung über den Betriebsstoffwechsel. Der Wachstumstrieb, d. h. die Größe des Wachstums in der Zeiteinheit, ist bei den Warmblütern näher bekannt. Er steht mit wenigen Ausnahmen mit dem Betriebsenergieverbrauch insofern in Zusammenhang, als der durch die Geburtsgröße bedingte Betriebsstoffwechsel verglichen bei gleichaltrigen Neugeborenen zugleich auch die Größe des Wachstums bedingt. Mit der Massenzunahme des Wachsenden sinkt der Betriebsenergieverbrauch und auch das Wachstum, bis die auf vererbten Eigenschaften begründete durchschnittliche Größe des Tieres erreicht ist. Der Neugeborene ist um ein vielfaches kleiner als die Mutter und erhält so viel an Wachstumsfähigkeit, daß er eben die Größe der Mutter wieder erreicht. Mit dem Wachstum sind bei den höheren Tieren als Regulatoren bestimmte Drüsen (Thymus-Schilddrüse)

betrault, sowie auch ähnliche Einrichtungen vorhanden, welche später die Geschlechtsreife herbeiführen. Im ganzen betrachtet, ist das Wachstum zumeist eine einheitlich eng begrenzte Periode im Leben der Tiere. Nur bei den Mikroben kann durch ausreichendes Nährmaterial die Teilung und Neubildung von Zellen nahezu ungehemmt vor sich gehen und bei ihrem hohen Betriebsstoffwechsel vollzieht sich das Wachstum ganz ungemein rasch. Im weiteren will ich auf diese Wachstumserscheinungen nicht weiter zurückkommen; es hat genügt zu zeigen, daß dieser Prozeß sich neben dem Betriebsstoffwechsel als ein besonderes biologisches Ereignis vollzieht.

Die Grundlagen der Lebenserhaltung durch die Ernährung sind also relativ einfache Prozesse, welche die Intensität der Leistung innerhalb ganz bestimmter und begrenzter Linien halten. Diese gesetzmäßigen Begrenzungen müssen streng an die Spitze jeder Betrachtung gestellt werden, weil derjenige, der sich mehr um das innere Getriebe der Organismen kümmert, nur zu leicht bei der Fülle chemischer Einzelprozesse den Überblick über die eigentlich geordnete Tätigkeit verliert. Zur Durchführung des eigentlichen und numerisch festgelegten Ernährungsprogramms haben wir eine Fülle von Einzeleinrichtungen; ich erwähne da nur das vegetative Nervensystem, das unserem Bewußtsein entzogen, seine Funktionen übt, die Blutzufuhr zu den Organen regelt, Drüsen zur Sekretion bringt, die Darmbewegungen und sonstigen Bewegungen der Verdauungstraktes leitet, die Ausscheidungen beherrscht. Wir haben außerdem die endokrinen Drüsen, welche besonderen Funktionen vorstehen, wie die schon genannten Wachstumsdrüsen, Drüsen der sexuellen Reifung, die Adrenalin absondernde Nebenniere, und daneben anscheinend unendliche Mengen von Fermenten, die chemische Teiloperationen vollziehen.

Die energetische Bedeutung dieser Prozesse, seien sie hydrolysierender Art oder reziproke Vorgänge des Aufbaus, werden meist weit überschätzt. Es ist auch klar, daß jene Prozesse, losgelöst von dem lebenden Protoplasma, eine Wertigkeit nur im Rahmen der Warmblüter-Organismen haben können. So regellos wie Fermente uns oft in den vom Körper getrennten Flüssigkeiten erscheinen, kann ihre Rolle in Wirklichkeit nicht sein. All diese Sekretionen und Arbeit ist aber stets einer Zentralleitung unterworfen und funktioniert quantitativ genau so, daß die Leistungen des Körpers den Aufgaben des oft Jahrzehnte hindurch gleichbleibenden Betriebsstoffwechsels genügen, oder durch die wandelbaren Eigenschaften des Wachstums die Spezies den vorgeschriebenen Zielen zuführen.

Im Verhältnis zu der außerordentlich mannigfaltigen Variation der äußeren Erscheinung oder der morphologischen Besonderheiten überhaupt erscheint uns der Lebensprozeß in seiner Gesamtheit einfach und schematisch gehalten.

## II. Die Ernährung der Warmblüter und des Menschen.

Nachdem wir die allgemeinen Züge der Ernährung kennen gelernt haben, wollen wir im Folgenden nunmehr auf die Ernährung des Menschen eingehen. Wir setzen daher voraus, daß uns, wie das ja aus den physiologischen Feststellungen möglich ist, die Größe des Energieverbrauchs für eine Person bekannt sei. Die nächste Aufgabe bleibt nun, die Gesetze und Regeln der Stoffwechsellehre zu behandeln, wobei wir nur auf die organischen Bestandteile eingehen wollen.

Die drei Hauptnährstoffe Eiweiß, Fette und Kohlehydrate können zwar untereinander nach den isodynamen Verhältnissen, d. h. nach gleicher Verbrennungswärme, ausgetauscht werden; aber niemals gibt es, soweit wir jetzt die tierische Ernährung überhaupt kennen, eine Ernährung ohne Eiweiß, wohl aber eine Ernährung mit Eiweiß allein. Somit ergeben sich zwei Grenzwerte der Ernährung bei jedwedem Organismus: einer unter größter Eiweißersparnis und einer mit maximalster Eiweißzufuhr.

Fette und Kohlehydrate können vielfach jedes für sich neben Eiweiß verwendet werden oder in beliebigen Gemischen. Beim Menschen begegnen wir aber einem Ausnahmefall; denn bei niedriger Eiweißmenge und Fett tritt bei ihm eine Acidose auf wie bei Diabetes, d. h. die anormale Zersetzung von Fett unter Bildung von  $\beta$ -Oxy-buttersäure, Aceton, Acetessigsäure usw. 10% der Gesamtcalorien als Kohlehydrate reicht aus, um diese Acidose zu verhüten; bei großen Eiweißmengen neben Fett kommt es nicht zur Acidose, wohl deshalb, weil die Kohlehydratgruppen des Eiweißes für den Kohlehydratmangel der Kost eintreten.

Die niedrigste Menge des Eiweißumsatzes erreicht man nach mehrtägiger Fütterung mit eiweißarmer oder eiweißfreier Kost neben Zufuhr von Fett und Kohlehydraten. Der Eiweißverbrauch sinkt auf die Abnützungsquote, die etwa bei 4% Eiweißcalorien liegt. 96% des ganzen Nahrungsbedarfes kann beliebig durch die andern Nährstoffe gedeckt werden. Spezifisch ist also nur der kleinste Teil des Stoffwechsels. Der Ausdruck »Abnützungsquote« sagt genau, was im Körper wirklich geschieht. Wie bei jeder Maschine nützt sich auch der Körper ab. Haare fallen aus, die äußere Haut schilfert ab und ebenso die Schleimhäute im

Innern des Körpers; auch andere Zellen oder Teile davon gehen zu Grunde, recht reichlich solche in den Verdauungsdrüsen. Einen regelmäßigen Untergang und Neuaufbau in etwa 90 Tagen erfährt das Blut. Vielleicht die Hälfte dessen, was wir Abnutzungsquote heißen, trifft auf die Zerstörung des Blutes. Alles dies muß stets wieder aufgebaut werden.

Der entgegengesetzte Zustand, die Vollernährung mit Eiweiß tritt ein, nachdem mehr oder minder reichlich Stickstoff im Körper zurückgehalten worden ist. Eines der N-Depots scheint die Leber zu sein, wie auch die Galle bei reichen Eiweißgaben reicher fließt. Beide Ernährungsextreme sind physiologisch nicht vollkommen gleichbedeutend; das Verzehren von Nährstoffen vermag nämlich unter den bei den Menschen meist gegebenen Bedingungen eine Vermehrung der Wärmebildung zu erzeugen, die man spezifisch dynamische Wirkung nennt, weil sie für jeden Nahrungsstoff verschieden ist. Am wenigsten Wirkung haben die Kohlehydrate, mehr die Fette, die größte und gewaltigste die Eiweißstoffe. Reine Eiweißkost kann die Wärmebildung um 40% steigern, so stark wie sonst nur bei kräftiger Arbeitsleistung die Verbrennung zunimmt.

Die eiweißreiche Kost ist also eine der Kälte angemessene, jedenfalls beschleunigt sie auch die Bluterneuerung. Die Ernährung auf der Höhe der Abnutzungsquote bedingt dagegen leicht Kältegefühl und sicherlich auch Verlangsamung der Blutbildung und anderer wichtiger Funktionen.

Aber es ist in hohem Maße interessant, daß so außerordentlich kleine Eiweißmengen ganz allein alle stofflichen Bedürfnisse im Organismus bestreiten können. Dabei haben wir aber einen bemerkenswerten chemischen Unterschied in der Spaltung der Eiweißstoffe. Eiweißstoffe der Abnutzungsquote werden anders zerlegt als das übrige Eiweiß, das ebenso gut durch Fette oder Kohlehydrate ersetzt werden kann — dynamischer Anteil genannt.

Der heute viel gebräuchliche Ausdruck »endogener Stoffwechsel« bedeutet nichts anderes als die Feststellung der Besonderheiten des Abbaues des Eiweißes der Abnutzungsquote. Ihm gegenüber gestellt wird der »exogene«, d. h. der durch die reichlicher eingeführten Eiweißstoffe bedingte, Umsatz. Man vergleicht z. B. die Purin-Ausscheidung im endogenen Stoffwechsel bei normalen Menschen mit dem der Kost der Gichtiker usw.

Die physiologische Chemie hat ein großes Arbeitsfeld erhalten, indem sie in Anlehnung an die Stoffwechselforgänge den Abbau der eingeführten Nahrungsmittel bis in die Endprodukte in Atmung, Harn und Kot zu lösen hat.

Wenn sie sich dieser großen Aufgabe hingibt, ist es aber notwendig, nur bei bekannten und klaren Bedingungen der Stoffwechselvorgänge einzusetzen, was erst in der neuen Zeit möglich geworden ist, leider aber noch vielfach außer Acht gelassen wird. Abnütungsquote, dynamischer Anteil, Bau- oder Betriebsstoffwechsel müssen für die Fragestellung scharf auseinander gehalten werden, wenn nicht von Haus aus später unlösbare Widersprüche in die Resultate hineingetragen werden sollen.

### III. Veränderungen des Körperzustandes und Bedeutung des Zelleiweißes.

Die beiden Grenzen der Ernährungsverhältnisse können bei jeder Persönlichkeit zur Durchführung kommen; doch erreicht man beim Menschen leichter den niedersten Stand im Eiweißverbrauch, als den höchsten. Die Tiere wie die Menschen sind aber, wie man zu sagen pflegt, von sehr verschiedenem Körperzustand: sie können, vulgär gesagt, fett und mager sein. Aber es gibt noch Unterschiede, welche sich äußerlich nicht leicht beurteilen lassen. Denken wir uns jemanden unter der Einwirkung des Hungers, so scheidet er fortwährend im Harn und Kot N aus, er verbraucht also Eiweiß und nimmt zugleich an Fett ab. Abgesehen vom Blut verliert er nichts an Zellenzahl, aber deren Inhalt wird weniger und geht äußersten Falles bis unter die Hälfte des sonst besten Zustandes herunter. Fettreichtum kann ganz gut diesen einseitigen Zerfall des Eiweißgehaltes der Zellen verdecken. So wechselt der Körperzustand häufig vor allem durch die Beschaffenheit der Zellen. Wir haben oben gesagt, welche Extreme der praktischen Ernährung mit Eiweiß vorliegen können, und daß man sie so ziemlich allgemein anwenden kann. Also bliebe noch zu entscheiden, wie die verschiedenen Körperzustände in absteigendem und aufsteigendem Sinne sich ausbilden. Eiweißabgabe aus den Zellen tritt ein, wenn auch die Abnütungsquote nicht befriedigt werden kann. Wenn aber sonst genügend Energie an Fett und Kohlehydraten vorhanden ist, können z. B. 3 Jahre vergehen, ehe infolge eines Mangels von 25% an Eiweiß auch die Zellmasse 25% Verlust erreicht hat.

Schneller aber erfolgt der Abfall des Eiweißgehaltes der Zellen, wenn zu wenig Calorien gegeben werden, weil es dabei zum partiellen Hunger, d. h. zu einer Minderernährung für eine Anzahl von Tagesstunden kommt. Fett- und Kohlehydratmangel rufen aber sekundär den Hungerzustand hervor, und dabei ist der Konsum an Eiweiß sehr viel größer als in der Abnut-

zungsquote. Bleibt aber die Zufuhr von Eiweiß erheblich, d. h. über der Größe des in einem reinen Hungerzustand verbrauchten Eiweißes, so nimmt nur einseitig das Fett vom Körper ab, während die Zellen sich auf dem Eiweiß-Bestand halten.

Aus dem Gesagten ergeben sich Einflüsse, welche eine ganz verschiedene Beschaffenheit der einzelnen Personen zur Folge haben; in dem ersteren Fall Körpergewichtsabnahme unter Zellerfall, im letzteren nur Magerkeit und gut erhaltene, leistungsfähige Zellen.

Für den Wiederaufbau gelten betreffs der Eiweißzunahme der Zellen besondere Regeln. Um Fett zu ersetzen, ist die Sachlage einfach, dazu bedarf es nur einer Zugabe von Fett oder Kohlehydraten über das Maß des normalen Betriebsstoffwechsels hinaus.

Hinsichtlich der Zellfüllung aber, die nach Verlusten wieder mit einer gewissen Beschleunigung erfolgen soll, braucht man ganz erheblich mehr Eiweiß, als der Abnutzungsquote entspricht, weil jede Zufuhr von Eiweiß mit einem unvermeidlichen Verlust durch Zersetzung verbunden ist und also nur ein Teil der Zufuhr überhaupt zur Einlagerung in die Zellen kommt. Weiter ist interessant, daß je mehr die Zellen sich füllen, der Nutzeffekt für eine weitere Aufspeicherung geringer wird; mit anderen Worten man muß, je besser die Zellen werden, umso mehr mit dem Prozentgehalt der Kost an Eiweiß steigen, bis bei dem Optimum alles gefütterte Eiweiß auch quantitativ abgebaut wird.

Die normale Füllung der Zellen bedeutet eine wichtige biologische Änderung:

- a) sie bringt das Gefühl des Gesundseins und eine gehobene Stimmung,
- b) sie bringt Kraftgefühl und Betätigungsdrang, wie umgekehrt der Mangel an Zelleiweiß zu depressorischer Stimmung, Schwächegefühl und Arbeitsunlust führt.

Die ordnungsgemäß mit Eiweiß gefüllten Zellen sind die gesunden, widerstandsfähigen. Bei herabgekommenem Zustand entsteht beim Menschen, wie die Blockadewirkung dargetan hat, die Disposition zu allen möglichen Infektionskrankheiten, wie Tuberkulose, langsamer Verlauf der Heilungen usw.

#### IV. Besonderheiten der Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel.

Auf dem Boden der Stoffwechsellehre haben wir im Vorstehenden ein Bild davon gewonnen, wie man im allgemeinen an Nährstoffen den Aufbau der Nahrung einzurichten hat, welche

extreme Fälle möglich sind, und wie die Körpermasse selbst in ihrer Totalität bezw. in einzelnen Bestandteilen Änderungen durchmachen kann.

Wir gehen jetzt einen für die menschliche Ernährung wichtigen Schritt weiter. Die ältere Physiologie hat, solange sie an dem Ausbau der Stoffwechsellhre tätig war, mit einfachen Nahrungsgemischen, wie Fleisch, Fett, Zucker, bei ihren Versuchstieren, den Fleischfressern, ihre Fragen lösen können. Sobald man aber zur menschlichen Ernährung überging, liegen bei der Mannigfaltigkeit der Nahrungsmittel die Verhältnisse völlig anders. Vor allem kann uns dann die schematische Nahrungsmittelanalyse nach N-haltigen Stoffen, Fetten, Kohlehydraten, N-freien Extraktstoffen usw. nicht mehr befriedigen. Eine weit zurückliegende Beobachtung über den Eiweißverbrauch bei Kartoffel- und bei Brotkost gab mir Anlaß, die Frage der biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe näher aufzuwerfen und prüfen zu lassen. Die Versuche sind zuerst von Thomas an Menschen, von Osborne, Mendel und Mc. Collum durch Fütterung an Ratten ausgeführt. Ohne ins Einzelne zu gehen, hat sich herausgestellt, daß die verschiedenen Eiweißstoffe — von der Bezeichnung N-Substanz sei abgesehen — einen sehr ungleichen Wert zur Deckung der Abnutzungsquote besitzen, und daß die tierischen Produkte in dieser Hinsicht durch die pflanzlichen Eiweißstoffe im Durchschnitt nicht immer erreicht werden. So ist der Wert des Mais, Reis, Weizen nur halb so groß wie der von Milcheiweiß, der von Erbsen- und Bohneneiweiß nur  $\frac{1}{4}$  so groß wie Milcheiweiß. Das mag genügen, um ein ungefähres Bild der Unterschiede zu gewinnen.

Es ist aber nicht notwendig, daß ein vollwertiger Eiweißstoff unzersetzt eingeführt werde; er kann hydrolysiert sein, wenn nur alle Spaltprodukte richtig vorhanden sind und es ausgeschlossen ist, daß einzelne Aminosäuren und dergl. fehlen.

Damit geht überein, daß man manchmal durch die Kombination zweier Nahrungsmittel einen besseren physiologischen Effekt erhält, als jeder der gemischten Stoffe für sich allein gibt. Im Zusammenhang damit taucht natürlich sofort die Frage auf, wie der Nährwert der nicht-eiweißartigen N-haltigen Substanzen der Tier- und Pflanzenwelt zu bewerten sei. Bezüglich der tierischen Extraktstoffe läßt sich mit Bestimmtheit sagen, daß ihr Wert nicht im Sinne des vollen Eiweißersatzes liegt. Manche Stoffe dieser Extrakte gehören wahrscheinlich zum normalen Aufbau der Gewebe, andere mögen Stoffwechselprodukte

des Organes sein, in welchem sie gefunden wurden, so daß vorläufig wenigstens mit der Möglichkeit einer vorteilhaften Kombination mit anderem Nährmaterial N-haltiger Natur gerechnet werden muß. In dieser Richtung wurde bereits vor langer Zeit auf die Anwendung des Fleischextraktes neben vegetabilischen Nahrungsmitteln hingewiesen. Bei manchen Wurzelgewächsen, wie Kartoffeln usw., und Blattgemüsen kommen reichlich Aminosäuren und dergl. vor, von denen man immerhin vermuten darf, daß sie in Kombinationen eine vollwertige Mischung von Bausteinen des Eiweißes ermöglichen. Experimentell Gesichertes ist aber zurzeit noch nicht bekannt.

Wenn man von der biologischen Wertigkeit des Eiweißes spricht, so muß man mit der Möglichkeit rechnen, daß diese für den üblichen Betriebsstoffwechsel und andererseits für das Wachstum verschieden sein kann. Es ist möglich, daß eine Eiweißart zwar für die Erhaltung des Körpers in ausgewachsenem Zustand ausreicht, aber für den Aufbau entweder sich garnicht oder weniger gut eignet. Endlich kann noch die dritte Frage aufgeworfen werden, wie sich die Wertigkeit der Eiweißsorten verhält, wenn sie einfach als Brennmaterial statt Fett und Kohlehydraten dienen.

Sobald man das Eiweißproblem schärfer durchdenkt, erkennt man erst, daß vom ernährungsphysiologischen Standpunkt noch eine Fülle von Aufgaben gelöst werden müssen<sup>1)</sup>.

1) Vor kurzem sind von amerikanischen Forschern an Ratten Fütterungsversuche gemacht worden, die eine Ergänzung zu dem eben mitgeteilten ergeben haben und sich meist auf die Ernährung zur Wachstumszeit und später beziehen. Die Milch-Eiweißkörper sind danach das beste Material, wesentlich weniger wert sind die Eiweißstoffe des Weizens, der Hülsen- und Ölfrüchte. Am besten von diesen ist Weizen. Ihm kommen gleich Niere, Leber und Muskel. Nieren-Eiweiß war das günstigste. Von der Milch abgesehen können Kombinationen verschiedener Eiweißstoffe sehr verschiedenen Wert haben; Kombinationen von Vegetabilien mit Animalien haben stets höheren Wert als Kombinationen verschiedener pflanzlicher Eiweißstoffe. Wird  $\frac{2}{3}$  Pflanzen-Eiweiß mit  $\frac{1}{3}$  tierischem Eiweiß gemischt, so erhält man recht verschiedene Resultate:

Weizen + Muskel	gibt hervorragendes Wachstum und hohe Fruchtbarkeit.			
» + Niere	»	sehr gutes	»	»
Roggen + Muskel	»	»	»	»
» + Leber	»	»	»	»
Bohnen + Leber	»	mäßiges	»	geringe
Sojabohnen + Leber	»	schlechtes	»	»
Bohnen + Muskel	»	»	»	»

Tierische Organe ergänzen Getreidearten immer besser, als Hülsenfrüchte es tun. Die N-Substanzen der Kartoffel ergänzen die Eiweißstoffe

Unwillkürlich wird man jetzt auch die Frage erheben, ob denn dann die Fette biologisch gleichwertig sind; gewiß würde man dabei das Butterfett allen anderen vorziehen können, allein das hängt mit einer Reihe ganz anderer Dinge zusammen, die gleich anschließend behandelt werden sollen.

Eine Gruppe der pflanzlichen Nährstoffe nennt man N-freie Extrakte, man betrachtet sie meist als die gut verdauliche Komponente der kohlehydrathaltigen Anteile der Nahrungsmittel. Ihre Feststellung beruht auf einer Differenzberechnung zwischen gesamtorganischer Substanz und Abzug von Protein, Rohfett und Cellulose. Die letztere faßt man gewöhnlich als pflanzliche Zellmembran auf, was aber nicht zutreffend ist. Nach meinen Analysen ist die Zellmembran immer komplizierter aufgebaut, und die reine Cellulose macht davon oft nur die Hälfte oder selbst nur ein Viertel der Zellmembran aus. Die herkömmliche Rohfaser-Bestimmung kann weder als Cellulose- noch als Zellmembran-Bestimmung angesehen werden; daher sind auch die mit ihr als Grundlage berechneten Werte der N-freien Extrakte nicht zutreffend. In manchen Fällen, wie bei Spinat oder Salat, verschwinden die früher errechneten N-freien Extrakte nahezu vollständig, wenn man statt »Cellulose« die Analyse der Zellmembran zugrunde legt.

Die Wertigkeit dieser Zellmembranen selbst ist grundverschieden, manche sind nur zur Hälfte, andere zu 90% verdaulich, wahrscheinlich mit Hilfe geeigneter Bakterien in unserer Darmflora unter Bildung von Gasen und Säuren.

Die Nahrungsmittel werden nicht selten zur Quelle der Erkrankung; zum Teil rührt das von ihrer Zersetzlichkeit und Fäulnisfähigkeit her, oder auch von schädlichen Beimengungen giftiger Substanzen, die sie enthalten können, oder sie werden bedingt durch künstliche Beimengungen, die unter den allgemeinen Begriff der Verfälschungen fallen.

Von allen solchen Vorkommnissen, soweit sie den Charakter einzelner seltener Fälle haben, will ich hier nicht sprechen.

Doch gibt es auf diesem Gebiete auch Erkrankungen, die, wie man sagen darf, manchmal epidemieweise aufgetreten sind. Dahin gehört die Kribbelkrankheit, die sich bis ins Altertum zurückverfolgen läßt und bei uns nach dem 30-jährigen Kriege besonders im Norden Deutschlands in zahlreichen solcher Epide-

---

des Getreides und der Leguminosen in geringem Grade, längst nicht so gut wie die tierischen Organe und Milch, Kombinationen von Kartoffeln mit anderen Vegetabilien zeigen keine spezifischen Wirkungen der einzelnen Vegetabilien.

nien, die man mit feuchten Jahren und allgemeinem Nahrungsmangel in Zusammenhang brachte, aufgetreten ist. Im allgemeinen handelt es sich dabei um Mutterkorn-Vergiftungen. In Zeiten der Not hat man natürlich stark ausgemahlen, das Getreide nicht gereinigt. Ameisenkriechen, Krämpfe, brandiges Abfallen der Glieder, Frühgeburten bei der Frau waren die wesentlichsten Symptome.

Eine andere Erkrankungsart ist der Skorbut. Ältere Mitteilungen über ihn als Volkskrankheit sind mit Vorsicht aufzunehmen; denn gerade das 17. Jahrhundert, wo man ihm so häufig begegnet, trieb mit dem Namen »Skorbut« insofern Mißbrauch, als eine Reihe von Erkrankungen ganz anderer Art ihm beigezählt wurden. Aber gewiß ist sein häufiges Auftreten seit dem 15. Jahrhundert bei den Seefahrern, seitdem eben langdauernde Überseefahrten aufkamen, und die Mittel zur Proviantierung recht unvollkommen waren. Einförmige Fleischkost oder überhaupt Kost ohne frische Nahrungsmittel gaben zum Ausbruch Veranlassung. Skorbut hängt also sicher mit der Art der Ernährung zusammen.

Neue Erkrankungen tauchten auf, seitdem der Mais in Oberitalien, Rumänien usw. zu einem hauptsächlichsten Bestandteil der Kost des Volkes gemacht worden ist.

Pellagra, auch lombardischer oder mailändischer Aussatz genannt, kommt in Italien so auch in Südtirol bis Rovereto und Trient vor, auch in einzelnen Bezirken Südfrankreichs und Spaniens. Wie der Name sagt, handelt es sich zuerst um eine Hautentzündung an allen der Sonne ausgesetzten Teilen unter Schuppenbildung, die von Jahr zu Jahr stärker wird; Abzehrung, Krämpfe, Lähmungen, Geistesstörung ergänzen das Krankheitsbild. Am besten hat sich zur Bekämpfung bewährt der Ersatz von Mais durch andere Feldfrüchte.

Und dort, wo der Reis eine Volksnahrung darstellt und den überwiegenden Teil der Kost bildet, wie in Indien und Japan, kommt die Beriberi-Krankheit, begleitet von nervösen Symptomen, schwerer Herzkrankheit mit Wassersucht u. dergl., in großen Epidemien vor.

Beriberi wurde namentlich in Niederländisch-Indien studiert. Nachdem man sie früher als eine ansteckende Krankheit bezeichnet hatte, erkannten sie holländische Forscher als eine Ernährungskrankheit, bedingt durch die Verwendung des polierten Reises, während sie dort, wo wenigstens das sogenannte Silberhäutchen am Reiskorn erhalten bleibt, nicht auftritt. Diese Beobachtung war durchaus richtig und hat sich in der Folgezeit in vollem

Umfange bestätigt. Es war naheliegend festzustellen, ob das Silberhäutchen als Ganzes oder nur bestimmte Teile desselben mit der Krankheit etwas zu tun haben.

Es hat sich ergeben, daß ein wäßriger Extrakt der Schalen und des Silberhäutchens eine Heilung herbeiführen kann. Man nannte die Gruppe der heilenden Stoffe die Vitamine, und die Krankheiten, welche durch den Mangel an Vitaminen hervorgerufen werden, hießen Avitaminosen. Die ganze Frage schien damit geklärt, und die Vitamine machte ihren Rundlauf durch die gesamte ärztliche und populäre Literatur, obschon Röhmann vor einer solchen Verallgemeinerung gewarnt hatte und statt Vitamin das Wort »Ergänzungstoffe« vorschlug.

Was die Reis-Erkrankung, um bei ihr zu bleiben, anlangt, so sind die nervösen Symptome, wie Zittern, Muskelschwäche, durch polierten Reis leicht bei Tauben hervorgerufen. Es lassen sich also auf dem Wege der Tierexperimente die Fragen bearbeiten, was von großem Wert ist und für die wissenschaftliche Lösung von großer Tragweite wird.

Für Experimente dieser Art eignen sich übrigens recht gut die Fütterungen an Ratten; man kann eine größere Zahl von Tieren gleichzeitig verwenden, kann erreichen, daß das ganze Wachstum der Tiere, ihre Geschlechtsreife, Fruchtbarkeit, Lebenslänge, die Einwirkung auf die Nachkommenschaft der Beobachtung unterzogen werden. Die Ratte als Versuchstier zur Bestimmung des Nährwertes von Nährstoffen ist schon vor etwa 40 Jahren von C. Voit verwendet worden und neuerdings wieder von amerikanischer Seite aufgenommen worden.

Im letzten Jahre vor dem Krieg und während desselben haben besonders Mc Collum und seine Mitarbeiter, wie auch Mendel, Osborne u. a., eingehendst solche Fütterungsversuche durchgeführt.

Der bei Beriberi wirksame Körper wird auch kurzweg als »antineuritische Prinzip« bezeichnet — er kommt auch in anderen Nahrungsmitteln vor — und scheint bei dem Wachstum der jungen Tiere beteiligt zu sein. Dargestellt hat man ein Substanzgemisch dieser Art aus fast allen natürlichen Nahrungsmitteln. Der Stoff dürfte mit der Substanz der Embryonen oder Keimlinge der Samen oder mit den Tier-Eiern im Zusammenhang stehen. Leber und Gehirn enthalten viel davon, Fleisch weniger, Hefezellen und deren Extrakt viel. In Erbsen und Bohnen und Leguminosen überhaupt soll er durch die ganze Frucht verteilt

sein, beim Getreide im Keimling und den peripheren Schichten des Samens, d. h. der sogenannten Kleberschicht. Wir müssen aber betreffs der Wirkung der aus Reisschalen hergestellten Substanz noch Folgendes anführen: Wenn man Tiere mit schalefreiem Reis füttert und die Krampfsymptome, die Schwäche und das Zittern hervorgerufen hat, so lassen sich diese letzteren Erscheinungen wohl durch Fütterung mit Reiskleie vorübergehend mildern, aber eine vollkommene Rettung gelingt nicht, weil die im Nervensystem und Körper eingetretenen Veränderungen nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Auch die wasserlösliche Substanz wirkt nur im Sinne vorübergehender Milderung der Erscheinungen. Ein spezifisches Antidot ist das »Vitamin« vielleicht überhaupt nicht, da es sich, wie gesagt, in zahlreichen anderen Nahrungsmitteln findet.

Eine ganz neue Richtung gab den Forschungen auf diesem Gebiet eine anfängliche nicht voll eingeschätzte Beobachtung Stepps im Jahre 1909. Dieser fand, daß eine Nahrung, die voll ernährt, diesen Wert verliert, wenn man ihr gewisse in Alkohol lösliche Körper entzieht. Hierbei handelt es sich jedenfalls nur um N-freie Körper, und der Name »Vitamin« verliert hier jegliche Berechtigung.

An diese Beobachtungen schließen sich eine große Zahl amerikanischer Beobachtungen, die es sich zur Aufgabe gemacht haben, die Bedeutung des in Fett löslichen Stoffes, sie nennen ihn kurzweg »Stoff A«, zu erkennen.

Man darf allerdings nicht verkennen, daß kleine Tiere an denen man experimentiert, für manche Zwecke auch ihre Nachteile haben, insofern man die physiologischen Vorgänge des Nahrungsumsatzes, das Studium der Ausscheidungen, nur in unvollkommener Weise dabei lösen kann.

Die Beobachtungen von Stepp wurden vollauf bestätigt und auf eine sichere breite Basis gestellt. Im einzelnen weicht auch wohl die englische Schule etwas von der amerikanischen ab, doch braucht man darauf im einzelnen nicht allzuviel Gewicht zu legen. Der fettlösliche Stoff, die Engländer nennen ihn »antirhachitisches Prinzip« und greifen dadurch der Lösung der Fragen vor, dient sowohl dem Wachstum wie auch zur Unterhaltung der normalen Beschaffenheit beim ausgewachsenen Tier.

Mit fast allen wichtigen tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln hat man Versuche gemacht, um zu sehen, wo und in welchen ungefähren Mengen der Körper A vorkommt. Er stammt aus tierischen Fetten oder grünen Blättern. Milch, Butter, Rahm, Le-

bertran, Eigelb enthalten viel, weniger Rindsfett, sehr wenig Speck, noch weniger pflanzliche Öle. Außerdem findet er sich in Blattgemüsen, Kopfsalat, Spinat, das sind die Gemüse, die den allerreichlichsten Gehalt an Zellmembran haben; auch in Kohl, doch sind diese Gruppen wenig durchforscht; Wurzelgemüse enthalten wenig, auch Nüsse und Kartoffeln wenig. Von fleischigen Teilen sind zu erwähnen als reich an A: Leber, Niere, Herz, fette Fische, weniger Hirn, Muskel, Thymus, magere Fische, Rogen. Rohe Milch enthält viel, abgerahmte wenig A, getrocknete Milch ist vollwertig, kondensierte Milch geringer an Wert. Von den Getreidesorten ist zu erwähnen als A-haltig Weizen und Maiskeimling (die Kleie enthält nichts) die ganzen Körner des Weizens, Mais, Reis enthalten weniger (nicht mehr als Fleisch), feines Weizenmehl, polierter Reis nichts, Leinsamen, Hirse soviel wie Keimlinge; Sojabohnen wenig, ebensowenig gekeimte Hülsenfrüchte oder gekeimtes Getreide, Blattgemüse im Verhältnis zu Butterfett erheblich weniger.

Bemerkenswert ist also vor allem das Versagen mancher Körnerfrüchte, auch wenn man ihren natürlichen Mangel an Kalk korrigiert hat. Wurzelgewächse ändern wenig, nur die Zugabe von grünen Gemüsen, allerdings aber erst in so bedeutenden Mengen, daß eine Nutzenwendung auf den Menschen ausgeschlossen ist. In den Tierversuchen mußte die Nahrung aus 60% Cerealien und 40% Kleepulver bestehen. Bei maximalster Ernährung und ausschließlichem Genuß von Wirsingkohl verzehrte meine Versuchsperson überhaupt nur  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{7}$ , d. h. 15—18%, der nötigen Nahrung. Auch die Tiere konnten so große Mengen nur im getrockneten Zustand verwerten. Anders steht es natürlich bei den Wiederkäuern, unseren Milchtieren usw. Bemerkenswert ist der Mangel der pflanzlichen Fette an Substanz A und das Prädominieren der Milch und des Milchfettes. Günstig ist die thermostabile Natur von A. Die Bedeutung der Milch läßt sich am besten dadurch illustrieren, daß schon die Zugabe von 4% Milch zur A-freien Nahrung die Vollwertigkeit herstellt.

Durch den Mangel an A gedeihen die Tiere überhaupt nicht, weder im Wachstum, noch lassen sie sich sonst bei Gesundheit erhalten. Die englischen Beobachter meinen, auf Mangel an A seien die Ödeme der Kriegszeit zurückzuführen gewesen; davon kann keine Rede sein. Versuche, die Ödeme durch Fettzufuhr, z. B. Lebertran, zu beheben, waren ohne allen Erfolg. Die Amerikaner schreiben dem Mangel an A auch eine bestimmte Erkrankung zu. Eine besondere Armut an A ruft, wie Mc Collum meint, als spe-

zifische Erkrankung die Xerophthalmie hervor, eine Entzündung der Augen mit Verklebung derselben. Unter den Erscheinungen der Blockade hat jedenfalls diese Erkrankung keine Rolle gespielt. Ihre Beziehung als Volkskrankheit bedarf also zweifellos noch weiterer Begründung.

5% Butterfett beseitigte unter allen Umständen bei Tieren das Auftreten solcher allgemeinen Xerophthalmie. Dem Lebertran wird hohe Bedeutung zugeschrieben, während die anderen Körperfette von geringer Bedeutung sein sollen.

Hinsichtlich der Pellagra sind die amerikanischen Autoren der Meinung, daß sie mit dem Maisgenuß an sich nicht zusammenhänge, sondern auf ungenügender, allgemeiner: schlechter, Ernährung beruhe. Goldberger und Wheeler haben in einer soeben erschienenen Schrift über die experimentelle Erzeugung von Pellagra berichtet. Die Versuche haben sie an Gefangenen der Rankin-Farm ausgeführt. Es dauerte mehrere Monate, ehe die ersten Erscheinungen der Hautveränderung sich geltend machten. Die Kost war vom ernährungsphysiologischen Standpunkt nicht ganz ausreichend, sonst aber nicht allzu einförmig, aber eiweißarm. Als bei Tieren die Diät angewandt wurde, zeigten sich verschiedene Ergebnisse: bei Tauben wirkte die Nahrung toxisch, bei Hühnern zeigte sich ein Mangel an Stoff A, bei Ratten ein Mangel an Wachstum und mangelhafte Erhaltung — jedenfalls keine Symptome der Pellagra.

Auch der Skorbut wird nicht allgemein zu den Avitaminosen gerechnet. Die amerikanische Schule hält ihn für eine bakterielle Erkrankung auf Grund der einseitigen, die Darmfäulnis begünstigenden Kost. Insbesondere werden die Versuche von Holst als nicht beweiskräftig angesehen. Andere sprechen von einem »antiskorbutischen Prinzip«, das in frischen Gemüsen sich befinden soll, weniger in frischem Fleisch, Milch und Fischen. Trocknen schädigt diese Stoffe, was bei Gemüse zu beachten ist. Viel von dem wirksamen Stoff selbst enthalten Kohl, Kohlrüben, Salate, Kresse, Citronen, Orangen, Himbeeren, Tomaten; weniger Wert haben Kartoffeln, Karotten, grüne Bohnen, Zuckerrüben. Die Angelegenheit bedarf noch weiterer Aufklärung. Ob die Rhachitis zu den Avitaminosen gerechnet werden muß, ist zweifelhaft.

Wird ein Muttertier so ernährt, daß an Stoff A ein Mangel vorliegt, so zeigt sich ungenügendes Wachstum auch bei den Neugeborenen. Stoff A wird also nicht im Körper erzeugt.

Bei den fleischfressenden Tieren muß man annehmen, daß einerseits das Fleisch selbst nicht frei von der wirksamen Sub-

stanz A sein kann, und daß außerdem die drüsigen Organe, welche die Fleischfresser mit Vorliebe zuerst angreifen, die Muttersubstanz enthalten. Bei den Pflanzenfressern aber würden der Klee und ähnliche Blattpflanzen den Stoff A liefern können, der mit der Milch auf den Menschen, also auch auf die stillende Mutter, übergeht.

Eine vegetarische Kost wird beim Omnivoren jedenfalls stets einen gewissen Mangel behalten, die das optimale Verhältnis der Ernährung nicht zuläßt. Am leichtesten erhält man eine Sicherstellung der Ernährung durch den Zusatz der Milch, der Eier oder einiger drüsiger Organe des Schlachtviehes. Die Bedeutung von Milch und Milchprodukten steht nach Mc. Collum in erster Linie.

Man wird bei der Übertragung der Ergebnisse an kleinen Tieren auf den Menschen vorsichtig sein müssen. In mancher Richtung können solche Erfahrungen nur ein annähernd richtiges Bild von den Bedingungen normalen Lebens geben, weil sie namentlich, was in der Methodik liegt, jene Vorgänge, wie sie im Darm sich abspielen können, gar nicht in den Bereich der Untersuchung ziehen können und diese überhaupt bei den verschiedenen Spezies sehr verschieden sind.

Eine Eigenschaft mancher Nahrungsmittel ist endlich in hohem Maße bemerkenswert. Bei Tieren, wie besonders beim Menschen haben manche Nahrungsmittel eine Rückwirkung auf die Sekretion der Darmsäfte, die sich durch gewaltige Ausscheidungen solcher Darmsaftreste bemerkbar machen.

Von drei Seiten ist unabhängig voneinander auf diese Tatsache hingewiesen worden. So hat Uhlmann gefunden, daß die sogenannten Vitamine der Beriberi-Krankheit zweifellos ein Substanzgemenge sind, welches deutlich eine sekretionsbeeinflussende Wirkung hat. Bickel beobachtet bei Gemüse-Extrakten eine Wirkung ähnlich wie Pilocarpin. Ich selbst habe namentlich bei Blattgemüsen eine enorme Steigerung der Rückstände der Darmsäfte gefunden, die bis zu 43% der resorbierten Calorien ausmachen können. Solche Vorgänge dürften nicht übersehen werden; zum mindesten ist naheliegend, daß die Beigabe solcher Gemüse durch die Sekretionssteigerung die Resorption anderer, den Darm wenig anregenden Stoffe begünstigen kann, also namentlich auch da, wo etwa, wie bei monotoner Kost, die Sekretionen allmählich nachlassen, einen normalen Ausgleich schaffen. Ob gerade diese Verhältnisse nicht auch in die Experimente von Mc. Collum hineinspielen, läßt sich a priori weder bejahen noch verneinen.

Für einen normalen Ablauf der Verdauung kann die gleichmäßige normale Bewegung des Darminhaltes von Bedeutung sein,

weil bei der Stagnation unter Umständen, d. h. bei Vorwiegen von Eiweißstoffen, die Fäulnis überwiegen kann. Es kommt dann zur Bildung von Schwefelwasserstoff und Methylmercaptan; bei reichlicher Anwesenheit von Bakterien steigert sich die Bildung dieser Produkte erheblich, so daß zweifellos Störungen des Befindens nachzuweisen sind. Etwa die Hälfte der Gase findet sich im Kot, die andere geht in den Körper über. Bleiben die Massen längere Zeit so liegen, so treten die Bakterien ins Blut über und sind dort nachweisbar, während unter normalen Verhältnissen das Blut steril gefunden wird. Die Fäulnis wird in eine Gärung unter Bildung von Buttersäure und Essigsäure umgewandelt, wenn die Kohlehydrate in entsprechender Menge in der Kost sich finden.

Wir würden uns einen großen Verstoß gegen jede physiologische Betrachtung der Nahrungsmittel schuldig machen, wenn man nicht die Besonderheiten menschlicher Ernährung betonen wollte. Die menschliche Ernährung hat, was die Auswahl der Nahrungsmittel und ihre Zusammensetzung anlangt, natürlich ihre besonderen Gesetze und Regeln. Es ist auch jedem Tierzüchter bekannt, wie sorgfältig einzelne Spezies ihren Nahrungsbedarf nach ihrem besonderen Geschmack zusammensuchen. Der bestimmte orientierte Geschmack (oder Geruch) aber ist Spezies-Eigenschaft oder auch Rassen-Eigenschaft, jedenfalls aber ein physiologisches Moment von größter Bedeutung. Während es sich bei den Tieren im wesentlichen um instinktive Handlungen handelt, liegen beim Menschen die Verhältnisse verwickelter durch den weitgehenden Einfluß, den psychische Vorgänge ausüben. Ich sehe von der hygienischen Bedeutung von Geschmack und Geruch usw. als Wahrer der Gesundheit ab, obschon beiden in dieser Hinsicht eine große Bedeutung zukommt. Eine geschmacklose Kost, auch wenn sie gesundheitlich völlig unbedenklich wäre, ist eine Unmöglichkeit für jede Dauerernährung. Im stärksten Hunger überwindet der Mensch zwar alle geschmacklichen Bedenken, aber es kommt dabei eben doch nur zu ungenügender Ernährung und bei längerer Dauer zum Zusammenbruch der Gesundheit. Wie der Mangel an Geschmack, so können auch stark hervortretende Geschmäcke ebenso hinderlich für die dauernde Ernährung sein.

Geschmack als Empfindung betrachtet ist vor allem keine konstante Größe, zweifellos auch nicht immer ein einfacher Reiz, sondern ein psychischer Akt, das geht schon aus dem Gesagten hervor. Im Verlangen nach Nahrung ist der Geschmackseindruck am ausgeprägtesten, im Sättigungszustand kann er abgestumpft sein oder sich in Ekel verwandeln. Er ist erworben und durch

die Belehrung variierbar. Käse stößt durch seinen Geruch und Geschmack ab; aber wenn man uns gelehrt hat, er sei ein gutes Nahrungsmittel, so kommen wir über den üblen Sinneseindruck hinweg. Die anezogenen Geschmacksurteile können für das ganze Leben nachhalten.

Besteht eine Kost aus mehreren Nahrungsmitteln, welche als getrennte Gerichte gegeben werden, so kann man wochenlang und länger eine solche Kost genießen; sie hört aber auf günstig zu sein, wenn man alle Speisen zusammenmischt und diese einheitlichen Gemenge darbietet. Ausgeprägte Eigenschaften sind in der Hinsicht wertvoll, weil sie zu einer Mischung von Nahrung aus verschiedenen Quellen zwingen, wodurch die oben bestehenden Gefahren einer einseitigen Kost mit Mangel wichtiger akzessorischer Stoffe ausgeschlossen werden.

Unerträglich ist die gleiche Zubereitungsweise, z. B. täglich wiederkehrende Breiformen; dieser Mangel einer richtigen Auswahl führt zur Verweigerung der Nahrungsaufnahme. Neben einer Geschmacksermüdung, wie sie bei gleichbleibenden Reizen eintritt, kommt hier der Ausfall des Kauens und der Mangel an Anregung durch die Speichelsekretion in Betracht. Die Zusammenhänge sind verständlich, da das Unlustgefühl an sich schon auf die Absonderung sehr vieler Verdauungssäfte ungünstig wirkt und außerdem der Ausfall des Kauens die Sekretion des Speichels lahmlegt. Außerdem bedeutet ein Abwechselungsdrang die größte und wichtigste Sicherung gegen einseitige Ernährung, die leicht zur unzureichenden Kost wird. Beispiele leicht widerstehender Kostarten sind die Leguminosen, die Wurzel- und Blattgemüse, frische Bohnen usw.

Beachtenswert ist die Konzentration der Kost; diese muß eine solche sein, daß sie bei üblichen 2 Hauptmahlzeiten und üblicher Magenfülle voll ernähren kann.

Die Ansprüche der Geschmacksqualitäten ändern sich mit der Menge aufzunehmender Nahrung. Je größer die Nahrungsmenge, um so einfacher die Ansprüche, und um so weniger spielen die psychischen Momente eine Rolle. Je weniger an Bedarf und je mehr die geistige Anspannung eine Rolle spielt, um so mehr sinkt der Appetit und die Sekretion, und um so mehr tritt die Notwendigkeit hervor, durch schärfer reizende Kombinationen den »Appetit« auf der zur Erhaltung des Körpers richtigen Höhe zu halten. Dasselbe Nahrungsgemisch kann ohne alle tieferen Besonderheiten durch diese Einflüsse, die vom Gehirn ausgehen, bei dem einen vollwertig sein, bei dem anderen minderwertig; die menschliche Ernährung findet also ihre Erklärung niemals aus

den Tierexperimenten, sondern kann nur am Menschen selbst studiert werden.

Das psychische Moment spielt insofern eine Rolle, als durch die Erziehung bestimmte Vorlieben oder Abneigungen geweckt werden können, wie auch das Vorbild der Eltern in der Nahrungswahl von ausschlaggebender Bedeutung wird. Der durch psychische Momente mehr oder minder getrübtten Nahrungswahl steht als unabweislicher Instinkt der eigentliche Hunger gegenüber, der ein Organhunger ist, d. h. mit den Bedürfnissen der Zellen zusammenhängt.

Die Stillung des Appetits erfolgt zunächst meist schon psychisch, indem der Hungernde, der sich an die gedeckte Tafel setzt, ohne weiteres die vorher gefühlte Begierde nach Nahrung weniger empfindet. Weiter findet eine Stillung der Begierde durch die Füllung des Magens statt. Sobald der Magen stark gefüllt wird, hört das störende Hungergefühl auf, obschon die Zellen noch keine Nahrung erhalten haben. Ist die Nahrung aber minderwertig, so kommt sehr bald, auch wenn der Magen noch nicht leer ist, das erneute allgemeine Hungergefühl wieder und steigert sich bei Speisen, die einen geringen Geschmackswert haben, zu einem Widerspiel der Empfindungen, indem sich Ekel an der Nahrung und allgemeines Gefühl der Nahrungsbedarfes streiten.

Die eingehende Betrachtung der Nahrungsmittel lehrt uns, daß dieselben nicht planlos als Nahrung verwendet werden dürfen. Es können, wie man sieht, durch falsche einseitige Anwendung derselben auch ernste Schädigungen auftreten, die allerdings im wesentlichen nur bei den Reis essenden Nationen zu wahren Volkskrankheiten sich ausgewachsen haben.

Im übrigen gilt für den Kulturmenschen durchweg die gemischte Kost als diejenige, welche er seit der Aufgabe des Nomadenlebens innegehalten hat. Die Nationen stimmen in der Nahrungswahl zwar nicht überein, aber die Zahl der Nahrungsmittel ist bei allen doch sehr reich, so daß die mannigfachsten Gemische entstehen. Wenn man von Japan absieht, sinkt der Anteil der Animalien nicht unter  $\frac{1}{10}$ , geht nicht über 40% der Nahrung in die Höhe. Betrachtet man außerdem die Art der Nahrungsmittel nach dem physiologischen Werte und ihrem Gehalt an animalischen Nährstoffen, so zeigt sich überall, daß die Kost auch in Übereinstimmung mit neuen Erhebungen alles besitzt, was zum gesunden Leben notwendig ist.

---