

Das Problem der Lebensdauer
und seine
Beziehungen zu Wachstum
und Ernährung

Von

MAX RUBNER

o. ö. Professor an der Universität zu Berlin und Direktor
der hygienischen Institute



MÜNCHEN UND BERLIN
Druck und Verlag von R. Oldenbourg
1908

Vorwort.

Vielfache Berührungen, in die mich Untersuchungen über Säuglingsernährung und Experimente über den Stoffwechsel der Mikroben mit den Erscheinungen des Wachstums gebracht hatten, erweckten in mir die Empfindung, daß wir über diese Vorgänge, gerade was die Grundfragen anbelangt, recht unvollkommen unterrichtet seien, und den Wunsch, zur Lösung dieser Materie Näheres beizutragen. Die Wachstumsvorgänge, die uns überall in der belebten Natur als die wesentlichsten Erscheinungen entgegentreten, haben vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus sozusagen nur als eine Abart des N- oder Eiweißansatzes Beachtung gefunden, in allgemeiner biologischer Hinsicht aber kein nachhaltiges Interesse wachgerufen. Man muß in der Literatur weit zurückgreifen, um auf diejenige Periode zu kommen, in der man, wenn auch mit unzulänglichen Methoden, versuchte, das Wachstumsproblem allgemeiner zu erfassen; nicht die engsten ernährungsphysiologischen Gesichtspunkte einer Spezies können das Wissensbedürfnis sättigen, die Wachstumsfragen sind Gemeingut alles biologischen Daseins.

Indem ich den Versuch machen wollte, diese Materie zu bearbeiten, stellte sich zunächst das Bedürfnis heraus, die Fragen des N-Verbrauchs beim Ansatz und Wachstum erst ernährungsphysiologisch eingehender zu behandeln.

Dies war aber wieder nicht eine frei für sich lösbare Aufgabe, sondern machte es nötig, über die Variationen des Eiweiß-

stoffwechsels in dessen Zusammensetzung mit anderweitigen Umsetzungen im Rahmen der modernen energetischen Auffassung ins klare zu kommen. So entstand der erste Teil der nachstehenden Untersuchungen, der eine Theorie der Ernährung des ausgewachsenen Organismus liefern soll. Indem sich diese Theorie bemüht, die rein stofflichen Fragen und Vorstellungen der älteren Ernährungslehre mit den Prozessen des Kraftwechsels innerlich zu verbinden, einheitlich zu gestalten und die Ernährungsprozesse dem Wesen nach zu erklären, erweitert sie die in den »Gesetzen des Energieverbrauchs« (1902) niedergelegten Anschauungen zu einem abgerundeten Ganzen.

Auf diesem Boden baut die zweite Abhandlung unsere Erkenntnis vom Säuglingswachstum auf, bringt eine schärfere Bestimmung der Stoffwechselgrößen und zeigt, wie unerläßlich die Scheidung zwischen Eiweißansatz und echtem Wachstum ist. Es machte sich mir aber das Gefühl geltend, daß wir nicht in der Lage sind, die hier einschlägigen Fragen richtig zu beantworten ohne ein vergleichend physiologisches Übergreifen auf die Wachstumsprobleme der Tiere.

Nicht als ein Problem einer ernährungsphysiologischen Bilanz hat man das Wachstum zu betrachten, nicht in der regelrechten stofflichen Befriedigung der Nahrungsbedürfnisse liegt unser biologisches Interesse begründet. Die Gesetze, nach denen in der Natur das Wachstum sich vollzieht, die sich in der Art und Geschwindigkeit und zeitlichen Beschränkung der Bildung der lebenden Masse zeigen, sind das Anziehende der Probleme. Die energetischen Verhältnisse des Wachstums zu studieren soll nicht der Endzweck sein, sondern mit den anderen Erscheinungen des Wachstums zusammen nur ein Mittel und eine Methodik bilden, um quantitative Methoden, die sich immer als die fruchtbarsten erweisen, auch auf dieses Gebiet anzuwenden.

In diesem Sinne vergleichend physiologischer Arbeit entstand die dritte Abhandlung, als deren wichtigste Ergebnisse der Nachweis gewisser großzügiger Wachstumsgesetze bei den Säugern anzusehen ist, die das extrauterine wie intrauterine Leben umfassen, und deren Endprobleme auf die Grundfrage organischen

Geschehens, auf Wachstumsdauer und Lebensdauer ein ungeahntes Streiflicht werfen.

Haben auch manche wichtige Fragen in nachstehendem ihre Beantwortung gefunden, nicht minder zahlreich sind die neuen Probleme, die uns entgentreten, und, falls die vorliegende Schrift die Lust zu weiterer Arbeit auf diesem Gebiet auch bei anderen zu erwecken vermag, hat sie damit ihren Zweck voll erreicht.

Berlin, Januar 1908.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

I. Theorie der Ernährung nach Vollendung des Wachstums.

	Seite
Einleitung	1—5
Theorie des Eiweißumsatzes bei reiner Eiweißkost	5—15
Allgemeine Theorie des Kraftwechsels	15—19
Spaltung und Zersetzung des Eiweißes bei gemischter Kost	19—27
Regulation des N-Bestandes des Körpers	27—32
Funktionen des Eiweißes, Abnutzungsquote, optimaler N-Bestand der Zellen	32—43
Wechselnde Anziehung der Zelle für Nahrungseiweiß	43—50
Beziehungen zwischen N-Umsatz und N-Ansatz	50—60
Ausnutzung der Eiweißzufuhr für den Ansatz	60—66
Nutzeffekt einer Nahrung wechselnden Eiweißgehaltes hinsichtlich des N-Ansatzes	66—72
Tabellen	73—80

II. Ernährungsvorgänge beim Wachstum des Kindes.

Wachstumsgesetz und Individualität	81—87
Entwicklung der Lehre vom Stoffwechsel und Kraftwechsel des Säuglings	87—97
Die Größe des Nahrungsüberschusses bei optimalem Wachstum des Säuglings	97—106
Bei welchem Nahrungsüberschuß beginnt das Wachstum?	106—108
Theorie des Eiweißverbrauchs beim Wachstum	108—114
Parallelen zwischen Kraftwechsel des Säuglings und des Saugkalbes	114—117
Unterschied zwischen Ansatz und Wachstum	117—124
Bedeutung der Bestandteile der Frauenmilch als Nahrungsmittel des Säuglings	124—126

III. Das Wachstumsproblem und die Lebensdauer des Menschen und einiger Säugetiere vom energetischen Standpunkt aus betrachtet.

	Seite
Notwendigkeit einer vergleichend physiologischen Betrachtung des Wachstums	127—131
Die Wachstumsgeschwindigkeit	131—145
Das energetische Grundgesetz des Wachstums bei Säugetieren . .	145—165
Der energetische Nutzungsquotient beim Wachstum	162—167
Die Milch als Nahrungsmittel	167—175
Beziehungen des energetischen Grundgesetzes zum Aschestoffwechsel	175—177
Die Entwicklungsdauer und das energetische Grundgesetz im intrauterinen Leben	177—190
Erklärung des energetischen Wachstumsgesetzes	190—199
Das Gesetz der Lebensdauer	199—208

Theorie der Ernährung nach Vollendung des Wachstums.

Einleitung.

In der belebten Welt, angefangen von den Mikroorganismen einfachster Form bis zu den Wesen weitgehendster Differenzierung, ist die unerschöpfliche Wachstumskraft, die seit Entstehung des ersten Protoplasmas in unendlichen Zeiten die Wesen der fossilen Naturdenkmäler wie unser Dasein geschaffen hat, das Lebensrätsel selbst und die wunderbarste Naturerscheinung. Unzählbare Reste decken seit den Urzeiten tierischer und pflanzlicher Entwicklung die Walstatt, aber ungebrochen erstet neues Leben, das in sich die Erinnerung an früheste Zeiten unverfälscht bewahrt und die Kraft der ersten Schöpfung in nichts verloren hat, ewig jung auch heute die Welt mit Lebendem aller Art zu füllen imstande ist. Die Gesetze des Wachstums zu erkennen, heißt dem Wesen des Lebensprozesses näherzutreten. Die Forschung kann nur den Weg betreten, die Äußerungen biologischer Grundeigenschaften zu verfolgen, aus ihnen bietet sich die Möglichkeit des Rückschlusses auf das Wesen biologischen Geschehens.

Will man das Wachstumsproblem, d. h. die Grundeigenschaften der Zellen in dieser Hinsicht feststellen, so ist der Weg hierzu nicht leicht. Nur eines ist sicher, das Wachstum hat

bei den höheren Wesen die Eiweißstoffe zur Voraussetzung, das Wachstum ist die bedeutungsvollste Domäne des N-Stoffwechsels überhaupt; das scheint auch heute noch die gesichertste Prämisse unserer Vorstellungen. Will man aber die spezifische Rolle der Eiweißstoffe im Wachstum kennen lernen, so muß man vorher sich das Ziel setzen, die Funktionen des Eiweißes bei Erhaltung des Gleichgewichtszustandes, und unter den so sehr verschiedenen Modalitäten wechselnder Nahrungsgemische zu verstehen. Erkenntnis des Wachstums hat zur Voraussetzung Erkenntnis des Stoffwechsels des ausgewachsenen Tieres. Der letztere ist auch am häufigsten wirklich Gegenstand der Untersuchung gewesen und vornehmlich beim Fleischfresser. Zweck der Ernährung ist hier zumeist die stoffliche Erhaltung, in untergeordnetem Maße der Ansatz oder die Minderung der Körpermasse.

Mit welchen Grundeigenschaften sich dabei das Eiweiß an dem Stoffwechsel beteiligt, scheint einer kritischen Erörterung und experimentellen Untersuchung durchaus wert zu sein, ob schon wir darüber eine ziemliche Zahl theoretischer Versuche und praktischen Materials besitzen. Im Laufe der Jahre haben sich manche Tatsachen ergeben, welche frühere Annahmen als reformbedürftig erscheinen lassen.

Wenn man sich die Literatur der Ernährungsphysiologie betrachtet, wird man finden, daß die Frage des Eiweißstoffwechsels, soweit sie die Umsetzung im stofflichen Haushalte im engeren Sinne betrifft, über die Sammlung experimenteller Tatsachen lange Zeit nicht hinausgekommen ist, und daß es vor allem an der gesetzmäßigen inneren Verbindung der Einzelbeobachtungen und einer befriedigenden kausalen Erklärung fehlte. Die Ursache liegt, wie mir scheint, in der historischen Entwicklung des Eiweißstoffwechsels, der einen der frühest bearbeiteten Teile der Stoffwechsellehre darstellt und in eine Zeit fällt, in welcher die sonstigen Ernährungsvorgänge und vor allem der Gesamtkraftwechsel als bedeutungsvolle biologische Erscheinung gar nicht bekannt war.

Diese Verbindung herzustellen, halte ich für eine wichtige Aufgabe, die ich deshalb auch schon in meinem Buche: Gesetze

des Energieverbrauchs, S. 425¹⁾), streifen mußte, wobei sich zeigen liefs, daß eine Reihe von Vorgängen, wie der Mehrverbrauch von Eiweiß nach Mehrzufuhr, die Grenzwerte des Eiweißverbrauchs im Eiweißminimum und bei maximaler Fütterung, die Arten der Wärmeregulation bei Eiweißzufuhr usw., nur durch die energetische Betrachtung dem Verständnis nähergerückt werden.

Unter energetischer Betrachtung ist allerdings etwas ganz anderes zu verstehen als eine bloße mechanische Umrechnung beliebiger Stoffwechselvorgänge auf Kalorienwerte, wie einige noch heute anzunehmen scheinen. Die Naivität solcher Auffassungen ist an dem Wesen moderner Stoffwechselphysiologie verständnislos vorübergegangen. Die fortschreitende Wissenschaft hat bewiesen, daß es eine Trennung der Stoffwechsellehre und Wärmelehre überhaupt nicht mehr geben kann, da die erstere mit thermischen Verhältnissen kausal zusammenhängt. Das energetische Prinzip der Nahrungsregulierung in der Natur ist das tiefgehende und universellere, weil es die Zellen unabhängig von den Lebensbedingungen macht, ihnen unter den verschiedensten Umständen erlaubt, ihren Aufgaben und Zielen gerecht zu werden. Würden die Zellen nur auf eine starre Stoffwechselgleichung angewiesen sein, so wäre der Aktionsradius biologischer Existenz ein sehr enger. Den energetischen Aufgaben hat sich die Eiweißzufuhr anzupassen, daraus folgt auch, daß einfache N-Bilanzen nicht den Inbegriff des Eiweißstoffwechsels bilden können, sondern im Zusammenhang mit dem ganzen Zellleben betrachtet werden müssen. Der Eiweißstoffwechsel ist nur ein Teil eines Großen und Ganzen, das wir nur an der Hand energetischer Betrachtung verstehen können.

Mit voller Überlegung habe ich in meinen bisherigen Veröffentlichungen die sogenannten stofflichen Fragen, die gerade vielfach den Eiweißstoffwechsel betreffen, ganz ausgeschaltet oder doch auf ein geringes Maß beschränkt, weil es mir vor allem darauf ankam, die energetische Betrachtung als das um-

1) Künftig kurzweg als G. d. E. V. zitiert.

fassendere, allgemeinere und wichtigere Problem in den Vordergrund zu stellen und eine vorläufige Abrundung der Ergebnisse zu erzielen.

Um aber die Eiweißzerlegung und den Eiweißverbrauch den neuen Anschauungen auch im einzelnen anzupassen, konnte ich mich auch nicht in jeder Hinsicht auf anderweitig festgestellte Tatsachen stützen, bedurfte vielmehr auch besonderer experimenteller Unterlagen. Nunmehr sollen aber auch diese Fragen einer Behandlung, die, wie ich hoffe, das noch fehlende Gebiet des Eiweißstoffwechsels einer einheitlichen Auffassung zuführen wird, unterzogen werden. Der weitere Ausbau unserer Erkenntnis wird darauf weiterschreiten können, denn jeder Fortschritt ist stets nur eine bescheidene Etappe für die Arbeit der Zukunft.

Auf dem Gebiete des Kraftwechsels sind wir in der Erkenntnis der einschlägigen Faktoren, in der Erklärung seiner Beziehung zu den Aufgaben des Lebens, der Darlegung der Nahrungseinflüsse so weit gekommen, daß wir die quantitativen Leistungen der Tiere sogar voraussagen können, wenn die Bedingungen des Versuches uns bekannt sind; ja wir haben über die allgemeinen Bilanzversuche hinaus einen Einblick in die Ursachen des Geschehens erlangt.

Die Erkenntnis der Ursachen und Gründe des jeweiligen Eiweißstoffwechsels erfordert, daß man diesen aus seiner Isoliertheit heraushebt und in die lebendige Verbindung zu den sonstigen energetischen Vorgängen stellt, und zusammen mit den Prozessen der Umsetzung N-freier Nahrungsstoffe eine nach gleichheitlichen Gesichtspunkten geordnete Ernährungstheorie zu geben versucht.

Hierzu scheint mir um so mehr Veranlassung zu sein, als in neuester Zeit in den Stoffwechselfragen und gerade in der Frage der Eiweißzersetzung eine Spekulationssucht und ein Wortschwall sich breit macht, der jede Fühlung mit der eigentlichen Forschungsarbeit aufgibt und zu der historisch gegebenen Entwicklung der Ernährungslehre in direktem Gegensatze steht.

Die Übertragung der Immunitätstheorien auf die Ernährungsvorgänge erfolgt unter Voraussetzungen, aus denen man sieht, daß die Stoffzersetzung in ihren Ursachen völlig verkannt wird.¹⁾

Theorie des Eiweißumsatzes bei reiner Eiweißkost.

Am einfachsten und übersichtlichsten läßt sich der Eiweißumsatz bei ausschließlicher Eiweißernährung erklären, wenn man ihn zugleich mit den Kraftwechselverhältnissen in Zusammenhang bringt. Nach den Untersuchungen v. Frerichs, Bidder und Schmidt, Bischoff, Voit u. a. hat sich ergeben, daß die Erhöhung der Zufuhr von Eiweiß stets mit einer Mehrausscheidung von N Hand in Hand geht, bei gleichbleibender Zufuhr aber tritt nach kurzer oder längerer Zeit ein N-Gleichgewicht ein. Diese Erscheinung wiederholt sich, sobald die Menge von Eiweiß aufs neue gesteigert wird. Sie findet schließlich ihr Ende in der Unlust und dem Unvermögen der Tiere, weitere Nahrungsmengen aufzunehmen oder zu verdauen. Voit hat die Anschauung ausgesprochen, daß alles bei reiner Fleischkost resorbierte Eiweiß zunächst in der Form des zirkulierenden Eiweißes auftritt (Zeitschr. f. Biol., Bd. V, S. 360), von diesem sammle sich ein mehr oder minder großer Anteil im Blute und den Säften an. Bei reiner Eiweißkost komme es zu keiner echten Gewebsbildung, d. h. nicht zum Ansatz von Organeiweiß (vgl. Voit, Handbuch der Ernährung, S. 114), nur zur Bildung von zirkulierendem Eiweiß. Wir müssen uns gleich hier über diese Annahme näher aussprechen.

Man erkennt nun zwar allgemein an, daß man bei der Ernährung mit Eiweiß zwischen dem Eiweiß, das die Lebens-

1) Die hier vorzulegenden Untersuchungen sind schon vor vielen Jahren ausgeführt worden. Die Experimente hat Dr. Peters in meinem Auftrage ausgeführt. Über ein wesentliches Resultat derselben, nämlich den Nachweis, daß die Verwertung des Eiweißes der Nahrung für den Ersatz des im Hunger zustande kommenden Eiweißverlustes keine konstante Größe sei, sondern daß sich der Körper, je ärmer er an Eiweiß wird, mit relativ kleiner werdender Eiweißzufuhr genügen lasse, habe ich schon früher Mitteilung gemacht. (Zeitschr. f. experimentelle Pathologie u. Therapie, Bd. I, S. 15.)

funktion selbst ausübt und anderem, unbelebtem, zu unterscheiden habe, viele Autoren haben den Namen Organeiweifs und zirkulierendes nicht akzeptiert und andere Fachausdrücke gewählt. Die Nomenklatur ist eine sehr verschiedene geworden. Statt Organeiweifs will Pflüger den Ausdruck »organisiertes Eiweifs« wählen, andere schlagen Gewebseiweifs, oder lebendiges Eiweifs oder stabiles Eiweifs vor. Ich meine aber, es liefse sich der Ausdruck Organeiweifs als kurzer Terminus technicus beibehalten.

Für das aufserhalb der lebenden Substanz vorhandene Eiweifs, von Voit zirkulierendes genannt, hat man auch eine ganze Reihe anderer Namen in Vorschlag gebracht, wie »nichtorganisiertes Eiweifs« (Pflüger) oder labiles Eiweifs (Hofmeister), Zelleinschlufseiweifs (Lüthje), Reserveeiweifs (v. Noorden). Ich werde von Vorratseiweifs sprechen.

Diese Benennung ist in allen Fällen keine Willkür, sondern ein Ausflufs der physiologischen Vorstellungen, die man sich von der Funktion dieses aufserhalb der lebenden Substanz stehenden Eiweiffes machen darf. Voits »zirkulierendes Eiweifs« ist mit dessen Theorie über den Eiweifsstoffwechsel eng verbunden und deshalb beanstandet worden. Sie fufst im wesentlichen auf folgendem: Das resorbierte Eiweifs wird nach seinem Eintritt in die Blutbahn entweder gleich zum Aufbau der Organe verwendet oder bleibt im Blutstrom und wird zum größten Teil schnell zerlegt. Ein kleiner Rest entzieht sich der Zersetzung und wird erst in der Nachperiode, also z. B. im Hungerzustande, oder bei Verminderung der Eiweifszufuhr zerlegt. Die gesamte Eiweifszerlegung eines Tieres sollte sich aus der ungleichen Verbrennlichkeit des Organ- und des zirkulierenden Eiweiffes erklären lassen in der Weise, dafs vom Organeiweifs täglich etwa 1%, vom zirkulierenden aber 80% verbraucht würden (Zeitschr. f. Biol., Bd. V, S. 341). Letzteres, das nach reichlicher Eiweifszufuhr sich in größerer Menge bildet, bestimme die Gröfse der Eiweifszerlegung an den Hungertagen, speziell den ersten Tagen solcher Reihen, Eiweifs-mangel der Kost bedinge Minderung des zirkulierenden Eiweiffes, daher

Ersatz durch Organeiweiß nötig werde, reichliche Eiweißzufuhr mehre das zirkulierende Eiweiß, die Zersetzung des Eiweißes gehe letzterem proportional, sei aber außerdem vom Blutstrom abhängig. (S. auch die Darstellung bei Weinland: Deutsche Klinik III, S. 327.) Es scheint mir unnötig, einen historischen Abriss der Diskussionen dieser Theorie, die bei den Gegnern Voits bisweilen auf einfachen Missverständnissen beruhte, zu erörtern. Zunächst ist aber heute eines sicher, daß zum mindesten die für den Verbrauch von Organeiweiß (bei ungenügender Kost) angeführten Größen Voits nur für Hunde von ganz bestimmter Größe, nicht aber allgemein gelten, und für die Zerleglichkeit des Organeiweißes nichts beweisen, weil letzteres nur bei Nahrungsmangel nach Maßgabe des von Fett ungedeckten energetischen Bedarfes, der sehr verschieden ist und von Arbeit, Temperatur der Umgebung abhängig sein kann, eingeschmolzen wird.

Der Begriff zirkulierendes Eiweiß schrumpft fast, wie wir noch weiter sehen werden, zu dem Begriff Nahrungseiweiß überhaupt zusammen. Nur dürfen wir uns dabei nicht einen Übertritt des Eiweißes mit allen seinen Eigenschaften ins Blut vorstellen. Es ist aber überhaupt bezweifelt worden, daß eine nennenswerte Ansammlung solchen Eiweißes — als zirkulierendes — zustande komme. Demgegenüber bleiben aber die Experimente Voits nach denen bei Verringerung der Eiweißzufuhr einen oder mehrere Tage lang eine größere N-Menge als der Zufuhr entspricht, ausgeschieden wird, ja speziell der starke N-Umsatz im Hunger noch vorheriger Eiweißfütterung, unumstößliche Tatsachen. Dieser hier als eine besondere Erscheinung offen zutage tretende vermehrte Eiweißumsatz erinnert in seinem Verhalten ganz an Nahrungseiweiß. Es deckt an den Hungertagen nach Fleischfütterung zusammen mit dem Körperfett den Bedarf an Nahrungstoffen, wie die Energiebilanz sicher dartut. Bemerkenswert ist auch das Hinziehen dieser vermehrten N-Ausscheidung auf mehrere Hungertage, worauf wir noch später eingehen müssen. All dieses gibt der Vorstellung einer Anspeicherung von Eiweiß Raum, nur ist anscheinend hohe Eiweißzersetzung und große Anspeicherung dieses Nahrungseiweißes

nicht unter allen Umständen gesetzmäßig verbunden, was man bisher nicht genügend beachtet hat; daher läßt sich keine Zersetzungstheorie auf die Annahme des »zirkulierenden Eiweißes« stützen. Noch wichtigere Einwände mußte man gegen die Annahme des Einflusses der »Zirkulation« als eines wesentlichen Faktors der Eiweißzersetzung geltend machen. Die Zirkulationshypothese überliefs dem Blutstrom die Regulation des Verbrauches. Eine genauere biologische Vertiefung in dieses Problem kann aber dem Blutstrom nur eine sekundäre Rolle zuerkennen; das Primäre liegt in dem Bedürfnis der Zelle, die selbst von einem Überschufs an Nahrung keinen Anstoß zu vermehrtem Umsatz empfängt.

Dies haben auch alle späteren Untersuchungen gezeigt. Die Zirkulation der Nahrungsstoffe ist nicht bestimmend für ihren Verbrauch, die energetischen Untersuchungen haben bewiesen, daß die Zelle ihren Bedarf an Kräften nach ihren physiologischen Aufgaben bestimmt; sie reguliert ihre Nahrung selbst und deckt, im Falle der Blutstrom nicht sofort sich zu akkomodieren vermag, ihren Bedarf aus Vorratsstoffen. Dies ist einer der wichtigsten Punkte, in welchem die energetische Auffassung einen Wendepunkt gegenüber den älteren Theorien der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts bedeutet.

Es läßt sich auch keineswegs beweisen, daß nach Eiweißfütterung stets zirkulierendes Eiweiß im Körper vorhanden ist. Von alledem abgesehen, konnte die Theorie nicht befriedigen, weil sie das, was erklärt werden sollte, als Prämisse annahm. Man muß dartun, warum einmal nur Organeiweiß, ein andermal nur zirkulierendes entsteht. Zweifellos hat man in der Bekämpfung der Voitschen Theorie zumeist die von ihm gefundenen Tatsachen nicht gebührend beachtet; mit positiven Befunden, wie Voit sie gegeben hat, muß jede andere Anschauung und Theorie rechnen, man darf sie nicht einfach als unbequem zur Seite schieben. Gehen wir nunmehr zu einer einfacheren anderweitigen Erklärung der Eiweißzersetzung, die ihren Grund in dem genau begrenzten energetischen Bedarf der

Zelle findet, über, so bietet die Tatsache des Ansteigens der Eiweißzersetzung nach Eiweißzufuhr keinen Grund zur Annahme besonderer Eigenschaften des Eiweißes selbst, denn der ganze Vorgang ist eine naturgemäße Erscheinung jedweder Fütterungsweise. Ob N-haltige oder N-freie Stoffe in Betracht kommen, die Nahrung unterliegt unter allen Verhältnissen der lebenden Substanz. Die Steigerung der Eiweißzersetzung wird eingeleitet durch die Überschwemmung des Säftestroms durch das Eiweiß. Sie ist ebensowenig etwas Absonderliches wie die Steigerung der Kohlehydratzersetzung nach Kohlehydratzufuhr und die Verdrängung des Körperfettes aus der Zersetzung durch Nahrungsfett der Zufuhr.

In der Abhandlung über die Vertretungswerte der organischen Nahrungsstoffe habe ich zuerst diese einfache Auffassung der Zersetzung der letzteren ausgesprochen. (Zeitschr. f. Biol., Bd. XIX, S. 394.)

Im Sinne der energetischen Auffassung und des Isodynamiegesetzes liegt es, daß nicht stoffliche Vorgänge an sich für die Leistung der Zelle entscheidend sind, sondern nur der Energieinhalt der Stoffe. Die Ursache für die Zersetzung der Stoffe nahm ich an nach Maßgabe der Konzentration in den Säften, dem Zucker liefs ich seinen bekannten Vorrang wegen der leichten Löslichkeit und Verteilung im Säftestrom.

Dieser Auffassung, daß eben die Art der eingebrachten Nahrung es ist, welche die Art der Verbrennung bedingt, haben sich später E. Voit sowie auch O. Frank und Trommsdorff angeschlossen. (Zeitschr. f. Biol., XLIII, S. 258.) Letztere betonen, daß es bei der Zerlegung der jeweiligen Nahrungsstoffe auf ähnliche Verhältnisse ankomme, wie sie das Guldberg-Waagesche Massenwirkungsgesetz vermuten lasse. Aus letzterem erklärt sich auch die allmähliche Abnahme des Vorrats eiweißes bei Hunger nach Fleischfütterung. Solange das Eiweiß in der Zufuhr reichlich vorhanden ist, ist es eben Nahrungsstoff, und daß dieser statt der Körperstoffe verbrennt, liegt eben im Begriff des Nährenden. Je mehr in den Körper kommt, um so umfangreicher wird auch die Ernährungsaufgabe erfüllt.

So hat sich die Frage des N-Verbrauchs nach Nahrungszufuhr durchsichtiger gestaltet, als es nach den älteren Darstellungen der Fall war. Das Paradoxe der N-Mehrung in den Ausscheidungen hat eine einfache Erklärung gefunden.

Aber damit ist keineswegs, wie man nach vielen neueren Darstellungen meinen sollte, alles gesagt, was die Zersetzung des Eiweißes Eigenartiges an sich hat. Man hat im Übereifer einiges über Bord geworfen, was wir gar nicht entbehren können.

Die Tatsache, daß nach Eiweißfütterung an den darauffolgenden Hungertagen noch mehr N ausgeschieden wird als an den Tagen vor der Eiweißfütterung, bedarf noch einer Erläuterung. Dieser Vorgang, der so oft und eingehende Diskussionen hervorgerufen hat, ist durchaus klar und eindeutig und geradezu eine notwendige Voraussetzung jeder ausschließlichen Eiweißfütterung.

Ich fasse das Vorratseiweiß, dem engeren Begriffe des Wortes entsprechend, als jenen, wenn auch etwas transformierten Anteil des Nahrungseiweißes auf, der bei der ausschließlichen Verwendung des letzteren im Körper noch während der Resorption vorhanden sein muß, um das N-Gleichgewicht zu erhalten. Es findet sich nur dort, wo durch das gefütterte Eiweiß rein dynamische Aufgaben in größerem Umfange erfüllt werden. Je mehr also das Eiweiß als reiner Ersatz für Fett oder Kohlehydrat eintritt, um so mehr muß ein gewisser Vorrat vorhanden sein, der in der Zeit der Nahrungsresorption den N-Verlust hindert. Aus dieser Annahme folgt dann auch noch weiter, daß eben in den späteren Stunden des Versuchstags noch Nahrungseiweiß im Blute oder sonstwo vorhanden sein muß, wenn reichlich »zirkulierendes Eiweiß« gefunden werden soll, daher muß zum mindesten so viel Eiweiß gefüttert werden, daß ein N-Gleichgewicht erreicht wird. Das Vorratseiweiß wird geradezu zu einer notwendigen Voraussetzung des N-Gleichgewichts.

Füttere ich nach einer reichlichen Eiweißzufuhr erneut dieselbe Menge, so wird das Gleichgewicht sofort eintreten usw. Das Vorratseiweiß ist also das kalorische Äqui-

valent an Nahrung für jene Zeit, in der der neue Eiweißstrom zur Ernährung noch nicht vollkommen hinreicht.

Gruber hat (Zeitschr. f. Biol., Bd. XLII, S. 11, 1901) eine andere Erklärung des allmählichen Ansteigens der N-Ausscheidung nach reichlicher Eiweißgabe, und für die Vermehrung der N-Ausscheidung nach Reduktion der Eiweißzufuhr gegeben, auch Falta hat sich ihm hierin angeschlossen. (Deutsches Arch. f. klin. Med., Bd. 86, S. 547.) Gruber hält die vorübergehende Eiweißretention für eine Folge der Superposition der Tageskurven, so etwa, daß, wie Voit annimmt, am ersten Tage der Fütterung nur 80% des Eiweißes zerstört werden, an den nächsten Tagen die Reste, wodurch dann allmählich ein Gleichgewicht entstehen muß. Die Schwierigkeit dieser Theorie liegt in der Unmöglichkeit ihrer Verallgemeinerung, denn, wie wir im nächsten Abschnitt bei Betrachtung der mit N-freien Stoffen kombinierten Fütterung sehen werden, fällt dort die eigentümliche zeitliche Verteilung, das langsame Ansteigen der N-Ausscheidung bei Fütterung, das Nachhinken der Zersetzung bei Eiweißentziehung ganz weg.

Der Eiweißumsatz zeigt aber noch eine besondere Eigentümlichkeit, eine bisweilen unvollkommene Zersetzung des Eiweißes. Eine solche Spaltung in einem N-haltigen und N-freien Teil glaubten Pettenkofer und Voit bei Zufuhr großer Fleischmengen entdeckt zu haben. »Das Eiweiß wird zuerst in nähere Produkte gespalten, von denen eines wahrscheinlich Fett ist.« (Physiol. d. allg. Stoffwechsels, v. Voit, S. 320.) Die Fettspaltung aus Eiweiß war für die Voitsche Ernährungstheorie eine ganz wesentliche Grundlage. Es ist richtig, was spätere Kritiker gesagt haben (s. zum Vergleich Zeitschr. f. Biol., Bd. V, S. 108, 1869 und Pflüger in dessen Archiv, Heft August 1897), daß diese Versuche über die Eiweißspaltung nicht beweisend waren. Aber es ist trotzdem gewiß, daß man bei sehr großen Fleischgaben eine Eiweißspaltung findet, wie ich mich schon 1882 überzeugt hatte. (Die Versuche sind mitgeteilt in G. d. E. V., S. 84.) Bei einem großen Hunde (24 Kilo) konnte ich bis 26 und 29 g C pro Tag als Spaltprodukte sich ab-

lagern sehen, und M. Cremer hat an Katzen die Spaltung des Eiweisses einwandfrei erwiesen. (Zeitschr. f. Biol., Bd. XXXVIII, 1899, S. 309.) Nur über die Natur dieses Spaltungsproduktes dürfte kein Zweifel in dem Sinne bestehen, daß es nicht Fett ist, sondern Kohlehydrat.

Ich hatte den Grund für die zweifellos leichte Spaltbarkeit des Eiweisses nach Entdeckung der Isodynamie der Nahrungstoffe in dem thermischen Verhalten gesucht. (Zeitsch. f. Biol., Bd. XIX, S. 394.) Die Spaltung ist ein regelmäßiger Vorläufer des Eiweissabbaues, diese Annahme fand ihre Stütze in Experimenten, bei denen von mir auch ohne Überfütterung die Eiweisszerlegung in einzelnen Tagesperioden untersucht worden war. (Vgl. Ludwigs Festschrift, 1887.) Auch Voit hat die Spaltung des Eiweisses als regulären Vorgang vermutet. (Zeitschrift f. Biol., Bd. V, S. 108 und dasselbst Bd. XXVIII, S. 297. 1891.) Weitere Beiträge zum Entscheid dieser Frage haben Frank und Trommsdorff geliefert (Biol., Bd. XXXIII, 1902).

Allerdings lassen die letzteren noch den Einwand gelten, als könnten bei diesen Resultaten durch Verschiebung zwischen Lungenausscheidung des C und der N-Ausscheidung im Harn bis zu einem gewissen Grade Täuschungen unterlaufen, doch wird mit Recht von Falta (a. a. O. S. 557) dagegen geltend gemacht, daß keine genügenden Beweise für eine Retardierung der Nierenausscheidung zu erbringen seien. Wir sind gerade über die Verhältnisse dieser Eiweisspaltung sehr eingehend durch die Untersuchungen unterrichtet, die ich hinsichtlich der energetischen Verhältnisse, die dabei in Frage kommen, ausgeführt und deren Ergebnisse, die ich in den G. d. E. V. 1902 näher dargelegt habe. Bei der Eiweisszerlegung wird ein Teil der potentiellen Energie sofort als Wärme frei, die nur innerhalb des Gebietes der chemischen Wärmeregulation quantitativ ausgenutzt wird, sonst aber als überschüssig zu Verlust geht. Ich nenne diese die spezifisch dynamische Wirkung (G. d. E. V. S. 70 und 327); sie ist bei Eiweiss sehr erheblich. Der Energierest, repräsentiert durch den N-freien Rest des Eiweisses, dient ebenso

wie alle anderen Nährstoffe zur Befriedigung des Energiebedürfnisses der Zelle. Es kommen also für energetische Zwecke fast nur, wenn nicht überhaupt nur N-freie Gruppen (des Eiweisses, Fett, Kohlehydrate) in Betracht. Aus diesen Vorgängen gewinnt aber die Theorie der Eiweiszersetzung eine wichtige neue Stütze, welche eine ganze Reihe von weiteren Eigentümlichkeiten der Eiweiszersetzung in klareres Licht stellte, nämlich die auffallenden grossen Eiweissumsätze, die man bei Steigerung der Eiweisszufuhr erreichen kann. Da bei der spezifisch dynamischen Wirkung Wärme verloren geht, gelangt man mit ausschliesslicher Eiweissfütterung nur bei sehr niedrigen Lufttemperaturen auf den Energieverbrauch des hungernden Tieres, in der Regel auf eine Grösse, die darüber liegt und im Gebiete der physikalischen Regulation das 1,4fache des Hungerminimums bei chemischer Regulation ausmacht (s. G. d. E. V. 349). Dadurch bietet sich also bei Eiweiss für den Organismus die Möglichkeit, relativ mehr als von den anderen Nahrungsstoffen, kalorimetrisch betrachtet, umzusetzen.

Die Grösse des Umsatzes wird, worauf ich weiter hingewiesen habe, noch durch den Umstand gesteigert, dass reichliche Eiweisszufuhr durch die Massenzunahme des Körpers selbst wieder einen Grund zu einer Zunahme des Umsatzes herbeiführt, der eben der Gewichtszunahme des Körpers entspricht (G. d. E. V. S. 247 und S. 257).

Dieser Satz widerspricht zum Teil einer älteren Behauptung, dass bei reiner Eiweisskost die Bildung von Organeiwiss ausgeschlossen sei. Ich kann mich nicht davon überzeugen, dass es unmöglich sei, einen Organismus durch Fleisch allein N-reicher im Sinne wahren N-Ansatzes in den Zellen (Organeiwiss) zu machen. Man kann sogar beim Menschen wie bei Tieren erhebliche Ansätze von Organeiwiss zustande bringen, wie ich gesehen habe.

Vielfach ist die Behauptung aufgestellt worden, die reichliche Eiweissfütterung mit dem entsprechenden Eiweissansatz bedinge erhebliche Änderungen in den Lebenseigenschaften der Zellen.

Dies ist mehrfach z. B. auch von H. v. Höfslin behauptet worden, durch meine Versuche aber mit Bestimmtheit widerlegt; es sollte daher endlich die irrtümliche Anschauung der »Zustandsänderung« durch Eiweißzusatz in den Zellen fallen gelassen werden.

In den Eigenschaften des Organismus tritt, soweit energetische Verhältnisse allein in Frage kommen, durch die vorhergegangene reichlichste Eiweißfütterung keine Änderung ein (G. d. E. V. S. 260).

Der Stoffwechsel im Hungerzustande vor einer großen Eiweißfütterung und nach einer solchen läßt Unterschiede nicht erkennen. Ich habe kaum 0,6% Differenz der Wärmebildung gefunden. Damit will ich nur von dem Kraftwechsel allein sprechen. Ob ein Tier vor und nach einer starken Eiweißfütterung, die ein starkes Anwachsen des N-Bestandes zur Folge hatte, nicht doch andere biologische Eigentümlichkeiten besitzt (wie Resistenz gegen Mikroorganismen usw.), ist eine Frage, die nicht hierher gehört.

Über reine Eiweißkost bei Menschen besitzen wir übrigens keineswegs so überreichliches experimentelles Material als man meinen möchte; denn sehr große Eiweißmengen lassen sich in solchen Mengen von Kalorien, wie man sie bei gemischter Kost aufnimmt, gar nicht einverleiben.

Praktisch betrachtet spielt sie auch keinerlei bedeutende Rolle. Man sieht aus dem Vorstehenden, daß es, solange man nur an der rein stoffliche Betrachtung der Eiweißzersetzung festhalten mußte, nicht möglich war, eine allgemein befriedigende Theorie der Erscheinungen zu liefern, während die Vorgänge im Zusammenhang mit dem Kraftwechsel und den energetischen Prozessen eine befriedigende Lösung geben.

Auf den weiteren Abbau der N-haltigen Gruppen habe ich nicht weiter einzugehen, ich verweise auf das in den G. d. E. V. S. 386 Gesagte. Meine Theorie der Eiweißspaltung läßt in energetischer Hinsicht der allmählichen Umwandlung der primären Produkte freien Spielraum. Ob die bekannten pathologischen Vorkommnisse der Cystinurie, der Ausscheidung von