

Arch. Hyg. 66 (1908)

Theorie der Ernährung nach Vollendung des Wachstums.

Von

Max Rubner.

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 ersteht 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 tiefergehende 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 Eiweiszersetzung 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 Besprechung 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 Eiweiszersetzung 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 Stoffzerlegung 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 Kraftwechselerhältnissen 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 Organeiwiss (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 Eiweifs 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 gröfsten 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 zersetzt. Die gesamte Eiweifszerlegung eines Tieres sollte sich aus der ungleichen Verbrennlichkeit des Organ- und des zirkulierenden Eiweifs 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 gröfserer Menge bilde, bestimme die Gröfse der Eiweifszerlegung an den Hungertagen, speziell den ersten Tagen solcher Reihen, Eiweifs-mangel der Kost bedinge Minderung des zirkulierenden Eiweifs, daher

Ersatz durch Organeiweifs nötig werde, reichliche Eiweifszufuhr mehre das zirkulierende Eiweifs, die Zersetzung des Eiweifs gehe letzterem proportional, sei aber aufserdem vom Blutstrom abhängig. (S. auch die Darstellung bei Weinland: Deutsche Klinik III, S. 327.) Es scheint mir unnötig, einen historischen Abrifs der Diskussionen dieser Theorie, die bei den Gegnern Voits bisweilen auf einfachen Mißverständnissen beruhte, zu erörtern. Zunächst ist aber heute eines sicher, dafs zum mindesten die für den Verbrauch von Organeiweifs (bei ungenügender Kost) angeführten Gröfsen Voits nur für Hunde von ganz bestimmter Gröfse, nicht aber allgemein gelten, und für die Zerleglichkeit des Organeiweifs 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 Eiweifs schrumpft fast, wie wir noch weiter sehen werden, zu dem Begriff Nahrungseiweifs überhaupt zusammen. Nur dürfen wir uns dabei nicht einen Übertritt des Eiweifs mit allen seinen Eigenschaften ins Blut vorstellen. Es ist aber überhaupt bezweifelt worden, dafs eine nennenswerte Ansammlung solchen Eiweifs — als zirkulierendes — zustande komme. Demgegenüber bleiben aber die Experimente Voits nach denen bei Verringerung der Eiweifszufuhr einen oder mehrere Tage lang eine gröfsere N-Menge als der Zufuhr entspricht, ausgeschieden wird, ja speziell der starke N-Umsatz im Hunger noch vorheriger Eiweifs-fütterung, unumstößliche Tatsachen. Dieser hier als eine besondere Erscheinung offene zutage tretende vermehrte Eiweifs-umsatz erinnert in seinem Verhalten ganz an Nahrungseiweifs. Es deckt an den Hungertagen nach Fleischfütterung zusammen mit dem Körperfett den Bedarf an Nahrungsstoffen, 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 Eiweifs Raum, nur ist anscheinend hohe Eiweifszerlegung und grofse Anspeicherung dieses Nahrungseiweifs

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 überließ 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 Überschuss 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 akkommodieren 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 ließ 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 Vorratseiweißes 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 Fettabspaltung 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 Eiweißzersetzung 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 Eiweißspaltung 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 Eiweißzersetzung eine wichtige neue Stütze, welche eine ganze Reihe von weiteren Eigentümlichkeiten der Eiweißzersetzung 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 Nahrungstoffen, 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 Organeiwweiß 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 (Organeiwweiß) zu machen. Man kann sogar beim Menschen wie bei Tieren erhebliche Ansätze von Organeiwweiß 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 irrthümliche 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 stofflichen 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

Diaminverbindungen und der Alkaptonurie auf Irregularitäten des ersten Spaltungsaktes oder auf spätere Umsetzungsmängel bezogen werden müssen läßt sich zurzeit nicht entscheiden, wenn schon manches für die zweite Möglichkeit sich anführen ließe.

Allgemeine Theorie des Kraftwechsels.

Für alle eingehenderen Fragen des Nahrungsumsatzes ist eine kurze Darstellung der Theorie des Kraftwechsels eine zweckmäßige Voraussetzung. Die Deckung des Energiebedürfnisses ist insofern ein ziemlich einfacher Vorgang als derselbe im wesentlichen und ganz überwiegend Maße von N-freien Nahrungsgruppen, dem Fett, den Kohlehydraten und der N-freien Gruppe des Eiweißes besorgt wird. Es ist höchst unwahrscheinlich und durch die nachweisbaren Spaltungsvorgänge des Eiweißes auch widerlegt, daß zur Vermittlung der Verwertbarkeit der N-freien Gruppe des Eiweißes für energetische Zwecke die N-haltigen Atomgruppen benötigt werden. Der energetische Prozeß wird dadurch sehr einheitlicher Natur. Ich will mit möglichster Anlehnung an die Tatsachen den Zerlegungsvorgang erörtern. Im wesentlichen findet man die Frage schon im Kapitel Physiologie der Ernährung S. 78 in Leydens Handbuch von mir behandelt.

Die Vorgänge spielen sich am lebenden Protoplasma ab, über dessen Natur uns näheres nicht bekannt ist. Ob man dasselbe Riesenmolekül heißen will, ob man in einfacherer Weise von Molekülvereinigungen zu Micellen, wie Nägeli es nannte, sprechen will, ist völlig irrelevant. Hochtrabende Namen, wie man sie sonst noch gewählt hat, können uns über das nicht täuschen, daß wir Genaueres nicht wissen. Der Quellungs Zustand der Organsubstanz ist, wie die direkten Analysen lehren, bei den Warm- und Kaltblütern ein außerordentlich gleichartiger, indem die Beziehungen zwischen Wasser und eiweißartiger Substanz fast gleiche Zahlen ergeben. Die Anordnung dieser besitzt aber noch etwas Besonderes, beim Erhitzen schrumpfen die Organe, während einfach gequollenes totes Eiweiß solche charakteristische Zugwirkungen meist nicht entfaltet. Nach

meinen Untersuchungen an Bakterien (Arch. f. Hyg. LVII S. 223) bin ich zu der Anschauung gekommen, daß das Lebende nicht gleichartig aufgebaut sein kann, da ja die einen Zellen bei 30° absterben, andere bei 60° noch kräftig wachsen und leben. Eine Molekülgruppe im Protoplasma, diejenige welche das Wachstum und den Aufbau vermittelt, wird allerdings den einheitlichen und gleichbleibenden Grundstock der Einzelligen bilden, an den sich je nach den Lebensbedingungen andere Eiweißgruppen (leicht koagulable oder nur bei hoher Temperatur koagulable) angliedern. Die Umwandlung in lebendes Eiweiß braucht also die chemische Natur des Nähreiwisses nicht völlig umzuwandeln, nur in gewissen Richtungen zu modifizieren.

Die Menge des Energieumsatzes der lebenden Substanz hängt nicht mit der absoluten Temperatur zusammen, sondern nur mit dem bei verschiedenen Wesen verschiedenen Optimum, das immer nahe dem Maximum, d. h. der Schädlichkeitsgrenze steht; der Energieumsatz ist für die gleichen Daseinsäufserungen nach den Spezies verschieden, außerordentlich groß bei den Einzelligen, verhältnismäßig klein bei den Säugern, also das Verhältnis Energieinhalt der ganzen Zelle für die Zeiteinheit ist schwankend

Energie-Umsatz

von Größen, die nach eigenen Beobachtungen = 1 bei den Einzelligen werden können, bis zu verschwindend kleinen Werten bei den großen Säugern.

Den Mechanismus des Energieumsatzes kann man sich in folgender Weise vorstellen:

Das Protoplasma bzw. bestimmte Teile desselben, deren Moleküle — nicht alle Substanz kann bei dem Energieumsatz stetig beteiligt sein — haben einen begrenzten Schwingungszustand (der Moleküle, Atome) so lange sie leben, einzelne Teile besitzen durch ihre eigenartigen Schwingungen die Fähigkeit, benachbarte Nahrungsstoffe zum Zerfall zu bringen. Solche Affinitäten müssen wohl als spezifisch verschieden angenommen werden. Da ja bewiesen ist, daß bei Diabetes die Kohlehydrat spaltende und die den N-freien Rest des Eiweißes spaltende ausfällt, so müssen (indem ich von dem Alkohol, Glycerin usw. absehe)

mindestens zwei verschiedene Typen der Affinitäten angenommen werden: die eine für Kohlehydrate + N-freien Eiweißrest (K), die andere für Fett (F). Solche Affinitäten werden sich unter Nervenreizen mehren können, um eine größere Arbeit zu besorgen. Es ist für das Leben gleichgültig, welcher Typus dieser Affinitäten arbeitet. Setzt der Typus K viel Energie um, so entfällt die Arbeit entsprechend für F und umgekehrt. Ist K ausgeschaltet, wie beim Diabetes, so muß F isodynam mehr leisten als sonst oder allein den Energieumsatz besorgen.

Die Affinitäten mögen ähnlich wirksam gedacht werden wie Fermente, dies bezieht sich aber nur auf den ersten Angriff auf die Nahrung. Ob man dabei einen wirklichen Kontakt oder Konnex, oder eine Fernwirkung annehmen will, ist völlig unwesentlich.

Der Effekt der Annäherung des Nahrungsstoffes an die Affinität äußert sich in Atomverschiebungen und möglicherweise sofortigem Eintritt des Sauerstoffes. Es ist für den ganzen Verlauf des Prozesses völlig ohne Belang, ob dieser Sauerstoff etwa auch in lockere Verbindung mit den Affinitäten tritt, aufgespeichert ist oder gasförmig hinzukommt. Es ist dies, da wir die Einzelheiten doch nicht kennen, ein unwesentlicher Punkt. Wichtig dagegen sind die Energieverhältnisse. Diese müssen bei den Akten der Atomverschiebung und dem Eintreten des O so gestaltet sein, daß Arbeit mit Bezug auf das Protoplasma geleistet wird, welche sowohl die Affinität transformiert als auch sich weiterhin fortpflanzt und dieselben Stellen erreicht, gleichgültig ob K oder F die kraftauslösende Affinität war. Denn das Gesetz der Isodynamie verlangt, daß von K wie von F aus das Energiebedürfnis befriedigt werden kann.

Die verfügbar werdende potentielle Energie des Nahrungsstoffes bringt eine völlige Veränderung der Affinitäten und benachbarten Teile hervor, dafür gibt es ja zahlreiche Beispiele. Die Dreiatomigkeit macht Sauerstoff zu Ozon, geringe Änderungen aus giftigem den ungiftigen Phosphor; J_2N entsteht durch Energieabsorption und macht sie bei Explosion wieder frei. Es bedarf also, räumlich gedacht, vielleicht keiner großen Umwäl-

zung um die Feder des Lebensuhrwerkes aufzuziehen. Im Moment der Zerlegung des Nahrungsstoffes findet also Aufnahme von Kraft von seiten der lebenden Substanz statt. Deren Bewegung und Schwingung ist aber ein Vorgang, der allmählich Kraft konsumiert, sie in Wärme überführt und verliert, wodurch in einem Kreisprozesse alle Teile wieder auf den alten Zustand wie er vor der Nahrungszerstörung durch die Affinität bestand, zurückkehren und letztere ist selbst wieder bereit, ihren Angriff zu erneuern. Wie rasch dieser Akt der Zerlegung und Umwandlung von Kraft in Wärme sich vollzieht, hängt von der Art der lebenden Substanz, ihrer Temperatur und den z. B. durch nervöse Einflüsse oder anderweitig (Abkühlung beim Warmblütern) verlangten Leistungen ab.

Das Zersetzungstempo ist einerseits abhängig von der Temperatur der Zelle, kann aber durch Einführung schwingungshinderlicher anderer Eiweißsubstanzen wie bei den Thermophilen nach den Bedürfnissen der Spezies geändert werden (Verschiedenheit der Optima). Bei anderen ist durch koagulable Gruppen das Optimum auf eine niedrige Temperatur eingestellt.

Je höher von dem Minimum beginnend die Temperaturen sich steigern, desto schneller verlaufen die Umsetzungen, nicht weil die Zerlegbarkeit der Stoffe zunimmt, als vielmehr weil die lebende Substanz selbst sich schneller umsetzt.

Diese hat in ihren intramolekularen Schwingungszuständen eine bestimmte Grenze, die nicht überschritten werden darf (Maximum). Die Zelle besitzt also eine äußerst interessante Selbststeuerung für den Verbrauch an Nährmaterial (dynamische Regulierung).

Dieser Modus der Kraftübertragung von Nahrungsstoff auf die lebende Substanz, wie ich ihn hier geschildert habe, ist also der Teil in Lebensarbeit, für den ich den Ausdruck energetische Vorgänge gebraucht habe.

Daneben gibt es im Körper noch eine Reihe anderer Spaltungen und Umsetzungen, bei denen Wärme frei oder Wärme gebunden wird. Die Summe dieser Prozesse ist natürlich klein im Verhältnis zu den energetischen im obigen Sinne. Bei den

rein thermochemischen Vorgängen erscheint die Wärme sofort als Akt der Umsetzung. Die Prozesse, welche den Lebensprozess durch Energiezufuhr unterhalten, sind natürlich, wenn man die Endstadien vergleicht, thermochemisch ausdrückbar; mir ist das sehr wohl bekannt, da ich zuerst den Beweis erbracht habe für die Gültigkeit der Erhaltung der Kraft im tierischen Organismus. Bei dem Energieumsatz in den Zellen schiebt sich zwischen den Anfang und das Endglied der Vorgänge die uns im einzelnen unbekanntere Lebensarbeit, die in rhythmischer Aufspeicherung von Energie als chemische Spannkraft besteht, ein, als jene intramolekulare oder auch molekulare Änderungen, welche zum Unterhalt des Lebens notwendig sind, labile Zustände darstellen und mit Wärmeentwicklung enden (G. d. E. V. 377)¹⁾.

Spaltung und Zersetzung des Eiweißes bei gemischter Kost.

Die Erklärung der Ernährungsvorgänge bei reiner Eiweißkost war verhältnismäßig einfach, sie hat nur leider beschränkten Wert und gilt für den Fleischfresser in erster Linie. Die gemischte Kost, im Tierreich und beim Menschen dominierend, bietet größere Schwierigkeiten für eine Ernährungstheorie. C. Voit fasste die früher gültige Anschauung dahin zusammen (Handb. v. Herrmann, Bd. VI, S. 317), daß Fett die Eiweißzersetzung etwas mindere, weil es den Vorrat von zirkulierendem Eiweiß verkleinert und Organeiweiß aufbaut. »Das Fett wirkt also nicht . . . indem es als verbrennliche Substanz den Sauerstoff in Beschlag nimmt und so Eiweiß schützt . . . es erspart Eiweiß auch dann, wenn es gar nicht angegriffen, sondern ganz abgelagert wird.«

»Die Kohlehydrate verhalten sich bezüglich des Eiweißzerfalles wie das Fett.« (Handb. v. Herrmann, Bd. VI, S. 318.) Das

1) Vor kurzem hat Camerer in der Zeitschrift für Kinderheilkunde gemeint, ich hätte in den G. d. E. V. energetische Wirkungen und thermochemische doch als identisch ansehen sollen. Dies entspricht nicht meiner Auffassung, denn ich verstehe unter beiden Dingen keineswegs identische Vorgänge sondern wie ich schon früher ausgesprochen hatte, differente Dinge, wie ich sie soeben nochmals klargelegt habe.

Eiweiß sollte zum Teil in Fett zerfallen und dieses bei Kohlehydratzufuhr als Fett aufgespeichert werden. Diese Theorie des Stoffwechsels bei Nahrungsmischungen würde also wesentlich auf der Eigenartigkeit der Wirkung der N-freien Stoffe hinsichtlich der Bildung von Organeiweiß beruhen. Warum die Organe aber nur ein Anwuchsbedürfnis zeigen sollten, wenn N-freie Stoffe vorhanden sind, blieb unaufgeklärt. Für die Begrenzung und Bestimmung der Zelleistung fehlte auch hier ein genaues Maß, wie es die energetische Leistung darstellt. Zur Prüfung der Verhältnisse für die Mischnahrung gehen wir am besten von den experimentellen Tatsachen aus, die Bischoff und Voit festgestellt haben.

Steigenden N-Mengen in der Nahrung entsprechen steigende N-Mengen in der Ausscheidung auch bei Anwesenheit von N-freien Stoffen.

Ich gebe zum Belege dafür die beiden Versuchsreihen, welche Voit (Biol. Bd. V, S. 338) anführt, rechne aber die Zahlen für Fleisch auf N um und füge noch die Werte für die Wärme-Produktion nach meinen Standardzahlen hinzu.

Die eine Reihe rührt von Bischoff und Voit her (4. Dezember 1857 bis 22. Januar 1858), die zweite, gleichfalls von Bischoff und Voit ausgeführt, stammt aus den Jahren 1858 (1. bis 24. Februar). Respirationsversuche liegen nicht vor. Außerdem habe ich aus der Originaltabelle von Bischoff und Voit (Ges. d. Ernährung des Fleischfressers) die Körpergewichte des Hundes aufgesucht und angefügt.

Gewicht des Hundes in kg	Datum 1858	Zufuhr (pro Tag)		N-An- satz p. Tag	Absol. Zahlen d. Periode	Zusammen- setzung d. Kost	
		N	Fett			Kal.	davon Ei- weiß %
28,59	4. XII.	15,3	250	3,6	3,6	2748	14,4
28,89	5. XII. — 6. I.	17,0	250	1,9	1,9	2792	15,9
29,2 — 29,56	6. — 9. I.	25,5	250	3,1	9,3	3013	22,0
29,56 — 30,11	9. — 12. I.	34,0	250	4,3	12,4	3234	27,3
30,11 — 30,41	12. — 15. I.	42,0	250	3,2	9,6	3442	31,6
30,41 — 31,09	15. — 19. I.	57,0	250	4,1	12,3	3775	36,0
31,09 — 31,54	19. — 22. I.	51,0	350	1,8	5,4	4316	28,7

Summe 55,0

ferner (Biol. Bd. V, S. 339) a. a. O.

Gewicht des Hundes in kg	Datum	Zufuhr (pro Tag)		N-An- satz p. Tag	Absol. Zahlen d. Periode	Zusammen- setzung d. Kost	
		N ¹⁾	Fett			Kal.	davon Ei- weiß %
38,25—38,15	1.—3. II. 1858	51,0	150	— 0,3	— 0,6	2736	49,9
38,15—38,34	3.—6. „	47,6	150	+ 0,2	+ 0,6	2647	46,8
38,34—38,56	6.—8. „	42,5	150	+ 1,4	+ 4,2	2515	43,9
38,56	8. „	39,1	150	+ 0,9	+ 0,9	2426	41,8
38,74—38,66	9.—12. „	34,0	150	— 0,9	— 2,7	2294	38,4
38,66—38,79	12.—14. „	32,3	150	+ 0,5	+ 1,0	2259	37,5
38,79	14. „	28,9	150	+ 0,5	+ 0,5	2161	34,7
38,83—38,78	15.—17. „	27,2	150	+ 0,5	+ 1,0	2117	33,4
38,78	17. „	23,8	150	— 1,6	— 1,6	2028	30,4
38,83	18. „	22,1	150	+ 4,0	+ 4,0	1984	28,9
38,91	19. „	18,7	150	— 0,3	— 0,3	1866	24,2
39,01—39,03	20.—22. „	15,1	150	— 3,4	— 6,8	1802	21,6
39,03—38,98	22.—24. „	13,6	150	— 2,7	— 5,4	1763	20,0

Ich bemerke im allgemeinen, daß der erste Versuch bei enormer Nahrungszufuhr, die den Bedarf des Tieres zum Teil um das Doppelte überstieg, angestellt ist, bei dem zweiten ist die Kost nur mäßig überschüssig, in den letzten drei Versuchen reichte sie offenbar nicht mehr zu, obgleich das Körpergewicht des Tieres nicht sank.

Trotzdem die Zufuhr an Eiweiß in beiden Fällen sehr stark ansteigt, ist in der ersten Reihe, wie man sieht, nur mäßig vom N angesetzt, also die ganz überwiegende Masse umgesetzt worden. Bei der zweiten Reihe wurde gleichfalls nahezu alles Eiweiß umgesetzt und das Versuchstier sinkt gleichmäßig mit Minderung der Eiweißzufuhr von seinem hohen Eiweißverbrauch herab.

Die Versuche sind von größter theoretischer Bedeutung, sie sind aber für die Fundierung einer Theorie der Eiweißzersetzung kaum beachtet worden.

Das Ergebnis dieser und vieler ähnlicher Versuche, die sich anführen ließen, ist von dem Standpunkt einer einfachen Massenwirkung nicht zu erklären. Denn obschon die Eiweißkalorien zwischen 14—50% der Gesamtkalorien ausmachten, also in annähernd ähnlichen Proportionen am Umsatz sich hätten beteiligen müssen, ist ein außergewöhnlich großer Teil des Ei-

1) Umgerechnet 100 Fleisch = 3,4 N.

weisses zerlegt worden. Ja wenn man Zeile für Zeile die Reihen mit steigenden und fallenden Eiweismengen und gleichsinniger N-Ausscheidung sieht, macht es doch den Eindruck als dominiere das Eiweiss unbehindert von Fett und Kohlehydratbeigabe. Das ist ja auch schliesslich durch eine andere Beobachtung Voits auch erwiesen, durch die Tatsache nämlich, dass die eiweiss-sparende Wirkung von Zugabe von N-freien Stoffen eine sehr unbedeutende ist.

Voit hat aus diesen Gründen und im Zusammenhang mit den Erscheinungen bei einfacher Eiweisskost, d. h. wegen der raschen Akkommodation des Eiweissumsatzes an die Fütterung, wie man wohl sagen darf, mit allgemeiner Beistimmung den Schluss gezogen, dass bei Mischungen von Nahrungsstoffen zuerst das Eiweiss zerstört werde als der leichtest verbrennliche Stoff.

Die genannten Versuche lassen übrigens die Wirkung der N-freien Stoffe als Behinderungsmittel der Bildung zirkulierenden Eiweisses, wenn man auf diese Theorie zurückkommt, als minimal erscheinen. Die Ursachen, welche die Eiweissumsetzung hochhalten, müssen also weit wesentlichere Vorgänge sein.

Wenn man aus den oben angeführten älteren Versuchen den Schluss gezogen hat, dass das Eiweiss vorweg zersetzt werde, so ist dies im Sinne einer Verbrennung keineswegs bewiesen. Es ist zwar einfach, bei reiner Eiweisskost experimentell den Gang der Zersetzung zu verfolgen, nicht minder leicht bei Nahrungsgemischen, die nicht abundant sind. Versuche mit gleichzeitiger Überfütterung mit Eiweiss, Fett und Kohlehydraten sind selbst durch einen genauen, vollkommenen Stoffwechselversuch nicht immer sicher zu deuten, noch weniger ist ein Einblick möglich, wenn nur der N-Umsatz wie oben berücksichtigt worden ist. Vermehrte N-Ausscheidung bedeutet keineswegs völligen Abbau des Eiweisses, sondern kann auch unter Umständen nur Spaltung des Eiweisses in den N-haltigen und N-freien Teil bedeuten.

In dem vorliegenden Falle ist es sicher, dass nur Eiweisspaltung vorliegt, in diesen Versuchen von Bischoff und

Voit ist der Energiebedarf aufs reichlichste durch N-freie Stoffe gedeckt gewesen, es sind dies ganz andere Bedingungen als wenn man Eiweiss allein oder neben Eiweiss kleine Mengen N-freier Stoffe gibt.

Das Eiweiss ist, soweit es zum Ansatz nötig war, verwertet worden, der allergrösste Teil ist hierfür entbehrlich gewesen, als Energiequelle war es vollends entbehrlich und hat auch nicht weiter eingegriffen, sonst hätte sich die Bildung von Vorratseiweiss zeigen müssen, dies aber fehlt teils ganz, teils so gut wie ganz.

Es ist auch durchaus kein Grund vorhanden, warum reichliche Beigabe von Kohlehydraten nicht das Eiweiss ganz aus dem Energieansatz verdrängen sollten, denn Eiweiss kann ja nur durch seine N-freie Gruppe nähren, wie Fette und Kohlehydrate auch. Warum sollten die N-freien Gruppen des Eiweisses vor den anderen ähnlichen Stoffen etwas voraushaben? Wenn auch sonst Fette und Kohlehydrate als Zugabe zu Eiweiss die N-Ausscheidung sehr wenig beeinflussen, so geschieht es eben auch, weil sie den Prozess der Eiweisspaltung, der nichts mit energetischen Vorgängen zu tun hat, nicht hindern können.

Anders liegt es bei kleinem, dem Hungerumsatz nahestehenden Eiweissumsatz. Hier verdrängen namentlich die Kohlehydrate das Eiweiss aus seiner energetischen Rolle, sparen es ein, und da Bedürfnis zum N-Ansatz vorhanden ist, sinkt die N-Ausscheidung überhaupt.

Bei mageren Organismen haben Kohlehydrate im Hungerzustande eine kräftige eiweiss-sparende Wirkung, weil Organeiweiss für dynamogene Zwecke eingeschmolzen wird und dieser Vorgang durch Kohlehydrate unterdrückbar ist.

Bei reichlicher abundanter Kohlehydratfütterung ist jedenfalls der wirkliche Eiweissabbau immer sehr klein, er wird sich im ganzen um das sogenannte Eiweissminimum bewegen, und soweit Bedürfnis vorliegt wird Eiweiss angesetzt werden. Als energetisches Aushilfsmittel braucht der Körper das Eiweiss nicht. Daher ist das Verhalten des Organismus bei Fütterung mit dieser Mischkost ein ganz anderes als bei reiner Eiweissgabe.

Man besehe sich die obigen Tabellen. Der Organismus stellt sich in der ersten Reihe bei Steigerung der Eiweißmenge gleich oder mit minimalen Änderungen auf den N-Gehalt der neuen Zufuhr ein — also kein allmählicher Übergang — und bei Verminderung der N-Menge der Kost hinkt die N-Ausscheidung nicht langsam und tagelang nach wie bei reiner Eiweißkost, sondern fällt sofort ab.

Ganz im gleichen Sinne ist die andere Versuchsreihe Voits (Biol. Bd. V, S. 339), wie sie oben aufgeführt ist, zu deuten. Der Hund hatte bei gleicher Fettmenge sinkende Fleischmengen, die 40 bis 60% der Gesamtkalorien ausmachten, erhalten.

Aus eigenen Versuchen ist mir bekannt, daß bei 30% Eiweißkalorien die Bildung von Vorratseiweiß sehr klein ist, dagegen etwas beträchtlicher bei 60% Eiweißkalorien und 40% Fettkalorien, worauf die Verhältnisse dann allmählich bis zu den Zuständen der reinen Eiweißkost überleiten. Dabei verstehen sich diese Angaben meinerseits für Erhaltungsdiät, im Gegensatz zu abundanter Kost. Man sollte an diesen näheren Bezeichnungen hinsichtlich des physiologischen Zustandes festhalten, da sie zur Klarstellung der Versuchsbedingungen beitragen.

Ich will also in Zukunft nur von dem Eiweiß als leicht spaltbaren Nahrungsstoff sprechen, wobei die Trennung in N-haltigen und N-freien Teile gemeint ist. Die Funktion, welche diese Spaltung für die Theorie des Eiweißstoffwechsels überhaupt hat, wurde schon bei der Eiweißfütterung oben behandelt und als ein Energieverlust von erheblicher Bedeutung bezeichnet.

Es ist nunmehr noch nötig auf das Wesen dieser Spaltung in biologischer Hinsicht etwas näher einzugehen. Als ich erkannt hatte, daß bei der Zerlegung der Nahrung nicht die Zirkulation das Maßgebende ist, sondern daß die Zellen ein bestimmtes Bedürfnis an Spannkraft haben, über welches sie auch bei reichlichem Nahrungsangebot nicht hinausgehen, war es nötig, den Spaltungsvorzug des Eiweißes auch vom Standpunkte, ob er eine Kraftquelle darstellt, zu betrachten. Ich kam zu dem Schlusse, daß die Spaltung in die Komponente N-haltig und N-frei nur eine unbedeutende positive Wärmetönung zeige (Zeitschr. f. Biol., Bd. XIX, S. 395 u. XXI, S. 352). Es war daher

ein Vorgang, der meiner Meinung nach mit der Befriedigung der energetischen Bedürfnisse sozusagen nichts zu tun hatte, er schied aus der Betrachtung der Zellenergetik also aus. Die Spaltung des Eiweißes in seine Komponenten mußte also einen andern Grund haben.

Diese Anschauung ist später durch eine Reihe anderer Autoren gleichfalls aufgenommen worden; so von M. Gruber (Zeitschr. f. Biol., Bd. XLII, S. 414), der die Spaltung einem Ferment zuschreibt, das nach Bedarf in seiner Menge wechselt. Während des jugendlichen Alters, nach Aushungerung, in der Rekonvaleszenz könnte möglicherweise weniger eiweißspaltendes Enzym vorhanden sein.

Ich glaube, daß man eine solche Vorstellung sehr wohl als zulässig erachten kann, wenschon meines Erachtens ein Zwang nur auf fermentativem Wege die Spaltung zustandekommen zu lassen nicht nötig ist. Auch die Frage, wo das Ferment zu suchen sei und ob nicht etwa einzelne Organe die Spaltung besorgen, lasse ich offen. Die Spaltung besteht jedenfalls bei jeder Zerlegung des Eiweißes als Vorstufe des Abbaues und nimmt natürlich bei reicher Eiweißzufuhr einen besonderen Umfang an.

Es wäre auch denkbar, und diese Eventualität möchte ich doch noch erwähnen, daß es sich bei der Spaltung weder um humorale noch intrazelluläre Vorgänge des resorbierten Materials handelt. Cohnheim hat eine Spaltung des Eiweißes beim Durchgang durch den Darm bewiesen, allerdings einen Zerfall in N-haltige Bruchstücke verschiedener Art. Wie sie aber nach ihrer Synthese wieder zusammen gefügt sind, wissen wir nicht, vielleicht werden sie schon dort für den Zerfall in N-haltige und N-freie Teile vorbereitet, sind nur mehr locker verbunden oder schon entsprechend frei. Dann würde allerdings jede Eiweißzufuhr nur dieses gelockerte oder schon gespaltene Material liefern, und es käme auf die Bedürfnisse des Körpers an, ob er die beiden Teilstücke oder nur das eine verarbeiten will. Ist Energie notwendig, so baut er beide ab, ist das energetische Bedürfnis gedeckt, so bleibt der N-freie Rest unberührt und

wird aufgespeichert, ist Eiweiß notwendig, so vollzieht er die nötige Bindung.

Der Aufbau von Eiweiß nach Zufuhr N-haltiger Spaltstücke ist in den letzten Jahren mehrfach behauptet worden und hat auf Grund der neueren Eiweißchemie auch keine besonderen Bedenken gegen sich.

Dafs solche Synthesen gelingen, hat Löwi (Arch. f. exper. Path. Bd. 48, S. 303, 1902) zuerst erwiesen; Lesser hat es für anderes Nährmaterial bestritten (Biol. Bd. 45, 497, 1904); ähnlich wie Lesser sprechen sich Henderson und Dean aus, während Henriques und Hansen (Z. f. phys. Chem. 43, 417, 1905) zum Teil Resultate wie Löwi, zum Teil negative Resultate erhalten haben.

Die gröfsere N-Ausscheidung nach Zufuhr von Eiweiß würde unter diesen Gesichtspunkten also nur bedeuten, dafs die Synthese zu Eiweiß und die Fixation als Organ oder Vorratseiweiß unterblieben ist.

Ich spreche im folgenden glattweg nur von Eiweißspaltung, indem ich mit diesem indifferenten Ausdruck es jedem überlasse, den einen oder anderen Modus dieses Spaltungsprozesses, wie ich ihn eben geschildert habe, anzunehmen. Die Eiweißspaltung gehört also kausal in das Problem des Energieumsatzes nicht hinein, wie sie aber trotzdem mit ihm verknüpft ist, habe ich schon auseinandergesetzt.

Der Eiweißumsatz wird demnach nicht immer primär aus Gründen der stofflichen Ernährung eingeleitet, der Eiweißumsatz muß vielfach nicht deshalb vorhanden sein, weil ohne einen solchen Umsatz der Organismus nicht leben könnte. Das Regulationsprinzip für den Umsatz und Spaltung muß in besonderen biologischen Erfordernissen begründet sein.

Berücksichtigt man die in diesem Abschnitt zusammengefafsten Tatsachen, so ergibt sich, dafs die N-Ausscheidung nach Eiweißzufuhr ganz verschiedenen Vorgängen ihre Ursache verdanken kann, einer nutzbringenden Verwendung im Dienste eines dem Körper notwendigen Energieersatzes oder einer einfachen Spaltung, bzw. eines

durch diese Spaltung eingeleiteten Abbaues, der vom Standpunkte der Ökonomie des Organismus einer Verschwendung eines kostbaren, anders leicht zu ersetzenden Materials gleichkommt.

Da die Ursache der Eiweißspaltung immer vorhanden zu sein scheint und jederzeit diese Umsetzung in Aktion treten kann, so darf man bei einer Theorie des Eiweißumsatzes weit richtiger den Schwerpunkt auf die planmäßige Feststellung der Momente legen, welche das eingeführte Eiweiß für nutzbringende Zwecke des Organismus zu verwenden gestatten. Bei dem reinen Eiweißumsatz habe ich nachgewiesen, wie die energetischen Verhältnisse einen Verbrauch des Eiweißes in gesetzmäßiger Weise erforderlich machen. Nunmehr muß ich für die bei der gemischten Kost betrachtete Ernährungsform darzutun versuchen, aus welchen Gründen die anscheinend nutzlose Spaltung und Zertrümmerung des Eiweißes eintritt.

Regulation des N-Bestandes des Körpers.

Die Spaltung des Eiweißes muß dem biologischen Zwecke einer aus bestimmten Gründen nötigen Beseitigung dieser Substanz dienen.

Soweit Fette für die energetischen Zwecke entbehrlich sind, werden sie beim Gesunden einfach in die Fettdepots abgeschoben. Auch die Kohlehydrate gehen nach einer unter Energieverlust einhergehenden Transformierung den Weg des Fettes.

Bei den Eiweißstoffen aber müssen wir zunächst bedenken, dafs ihre Spaltung noch keine Entwertung für dynamische Zwecke bedeutet, wie auch ihre Spaltwärme unter Umständen sogar voll für den Organismus verwertet werden kann.

Die Spaltung kann also nur den Zweck haben, die Eiweißnatur zu vernichten, um einen Nahrungsstoff, für dessen Verwertung der Organismus nur beschränkte Möglichkeiten bietet, aus der Welt zu schaffen. Die Zellen des ausgewachsenen Tieres haben eine fest begrenzte, maximale Gröfse und Säfte wie Blutstrom zeigen auch eine sehr beschränkte

Aufnahmefähigkeit für Eiweiß. Letztere nehmen kaum 3—5 % der Zufuhr als Vorratseiweiß auf. Die Begrenzung des Eiweißbestandes der Zelle ergibt sich von selbst durch die Raumbegrenzung derselben. Beim Auffüttern werden ja keine neuen Zellen gebildet, nur die leer gewordenen wieder gefüllt; ein Wachstum im eigentlichen Sinne ist dies ja nicht. Man bedarf also zu dieser Anschauung gar keiner weiteren Annahme, wie sie seinerzeit H. v. Höfslin ausgesprochen hatte. Er meint, der erwachsene Körper suche seine lebende Substanz in möglichst engen Grenzen zu halten, weil mit dem Wachstum (soll Ansatz gemeint sein) ein bedeutend größerer Verbrauch und eine größere Leistungsfähigkeit, mit der Abnahme der lebenden Substanz eine sehr verminderte verbunden sei. Diese Voraussetzungen sind aber unzutreffend, wie ich schon oben gesagt habe.

Ich muß an dieser Stelle auch gleich auf die Frage eingehen, wie weit sich der N-Ansatz der Zelle treiben läßt. Solange es sich nur um einen normalen Aufbau herabgekommener Zellen handelt, ist diese Grenze bestimmbar. Anders liegt es, wenn man, wie einige annehmen, eine besondere Eiweißmast im Sinne einer Glykogen- und Fettmast annehmen will. Der Ansatz im weitesten Sinne ist zweifellos fast nie ein allgemeiner, denn die Beobachtung am hungernden Tier zeigt uns einen ungleichen Eiweißverlust der Organe. Es ist aber gewiß, daß noch viele Besonderheiten vorkommen werden. Der Ansatz kann geradezu ein einzelnes Organ betreffen.

Dahin gehören die beobachteten N-Ansätze nach Arbeit von Caspari (Pflügers Arch. LXXXIII), Bornstein (daselbst LXXXV) sowie Atwater und Benedict (Exp. on the metabolism, Washington 1899), wo hauptsächlich die Muskeln mit Nahrung versorgt werden.

Ebenso kann durch vorherige Abmagerung, namentlich nach Infektionskrankheiten, eine ungleiche Konsumption der Organe, die in der Rekonvaleszenz wieder abgeglichen wird, eintreten. Ansatz ist also ein Sammelbegriff, der je nach den Umständen verschiedenen Inhalt besitzt. Auch hinsichtlich der Art auf die

Verteilung auf Zellen und Säfte huldigt man verschiedener Anschauung. Voit nennt deren zwei, Organeiweißansatz und Eiweiß im Säftestrom.

v. Noorden setzt an die Stelle des zirkulierenden Eiweißes den Ausdruck Reserveeiweiß unter gleichzeitiger anderer Auffassung der Ablagerungsstätte dieses Eiweißes. Er verlegt die Aufspeicherung nicht in die Zirkulation, nicht in Blut und Lymphe, sondern wie Fett und Glykogen in die Zellen, wo es bleibt, um direkt weiter zu Ansatz oder Umsatz zu werden. Bis hierher kann man den Auseinandersetzungen v. Noordens ganz gut folgen, und was ich Vorratseiweiß nenne, ist etwa das Gleiche, nur glaube ich sollte man nicht wieder zu sehr schematisieren und es durchweg offenlassen, ob nicht auch das Blut und die Lymphe beschränkte Mengen solchen Vorratseiweißes enthalte. Spricht man aber überhaupt nur von N-Ansatz, so kommen neben Eiweiß auch noch Retentionen anderer Stoffe in Betracht. Bürgi und ich haben beobachtet, daß gewisse Fleischextraktivstoffe N-haltiger Natur auch einer Retention im Körper unterliegen, deren Ablagerungsort natürlich im Organismus ebensowenig genau anzugeben ist wie für das Vorratseiweiß. Der Punkt, worin ich mancher Beobachtung nicht ganz folgen kann, betrifft die Quantitätsfrage dieser Retention, indem man zwischen Fleischmast, d. h. der Bildung von Organeiweiß in obigem Sinne, und Eiweißmast, bei der sehr viel solchen Eiweißes im Innern der Zellen abgelagert werden soll, unterscheidet. Ich glaube durch vergleichende Untersuchungen an verschiedenen Lebewesen soweit mich unterrichtet zu haben, daß mir die Existenz sehr erheblicher Eiweißretentionen beim Gesunden nicht als zwingende Annahme bewiesen erscheint. Auch der Anschauung Pflügers, daß das ersparte und angesetzte Eiweiß immer Zellsubstanz sein müßte, kann ich nicht beipflichten. Wie ich schon näher auseinandergesetzt habe, ist Vorratseiweiß geradezu unter bestimmten Verhältnissen eine *conditio sine qua non* für die Herstellung des N-Gleichgewichts. Als Ablagerungsstätte größerer Eiweißmengen wird heutzutage niemand mehr die Säfte ansehen.

Ich meine, daß gerade diese Frage der Eiweißeinlagerung ohne gleichzeitigen Wasseransatz noch eingehender Untersuchung bedarf, und daß sie dann noch manches interessante Ergebnis liefern kann, möchte aber auf die Schwierigkeiten solcher Experimente noch besonders hinweisen, die darin liegen, daß bei Mastversuchen und Bilanzversuchen, welche sich auf mehrere Wochen erstrecken, in Zukunft unbedingt auch die N-Abgabe durch Schweiß bestimmt werden muß. Bei den üblichen Stoffwechselversuchstieren hat die Haut als Organ der N-Ausscheidung keine Bedeutung, aber bei den Menschen und bei diesem auch dann, wenn es zu sichtbarer Schweißsekretion nicht gekommen ist. E. Cramer hat durch Versuche, die er in meinem Laboratorium ausgeführt hat (Arch. f. Hyg. Bd. X, S. 231) bewiesen, daß N-Verluste bis 0,8 g pro Tag etwas ganz Gewöhnliches sind. Man darf also, besonders bei langen Reihen, nicht von unwesentlichen Verlusten durch die Haut sprechen, speziell bei höheren Lufttemperaturen, bei Bettwärme usw., können die Verluste noch weit erheblicher werden als eben bemerkt wurde. Die Arbeit steigert besonders stark Verluste an N durch die Hauttätigkeit.

Die Frage der Wasserretention wäre namentlich unter klinischen Verhältnissen noch eingehenderer Berücksichtigung wert. Die Art der Stoffwechselstörungen bei Infektionskrankheiten dürfte ziemlich verwickelt sein. Ich vermag keinen Grund einzusehen, jeden N-Ansatz über das Maß der üblichen Organeiweißbildung zu bestreiten, zwingende Beweise, für den gesunden Organismus einen solchen als eine häufige Erscheinung zu erklären, vermag ich aber nicht zu finden.

Da also beim gesunden Ausgewachsenen wenigstens nur eine beschränkte Aufnahme von N am Körper möglich ist, so liegt schon hierin ein Grund des differenten Verhaltens der N-haltigen und N-freien Stoffe.

Die Beseitigung überreichlich aufgenommenen Eiweißmengen kann, wie dies auch von anderen schon angedeutet wurde, ein Akt der Abwehr sein, um diese aus dem Körper zu entfernen, er ist aber überhaupt der Aktionsvorgang, der für dynamogene

Zwecke den N-freien Teil zur Verfügung stellen muß, und deshalb noch einige Worte wert.

Die Kohlehydratfütterung und die Fettfütterung neben Eiweißzufuhr können die Zerlegung des größten Teiles des Eiweißes unterbinden, wenn man die definitive Zerlegung in die Endprodukte darunter versteht, sie können dies nach meiner Auffassung, indem sie das energetische Bedürfnis der Zellen befriedigen.

Das Eiweiß, über dieses Bedürfnis hinaus zugeführt, ist un verwendbar und muß beseitigt werden. Es geschieht dies nicht durch Ausscheidung in Harn und Kot, es geschieht auch nicht durch zwecklose Verbrennung, sondern es wird nach dem ökonomischsten Prinzip verfahren, dem Eiweiß die N-haltige Gruppe genommen und damit ein sonst noch im Organismus verwertbares Material zurückgehalten. Dem N-freien Reste des Eiweißes stehen alle Wege des Ansatzes offen.

Freilich ohne Energieverlust verläuft dieser Prozeß der Eiweißspaltung nicht; derselbe ist nicht genau bekannt, aber begrenzt angebbar. Er muß z. B. kleiner sein als die für das Eiweiß von mir angegebene spezifisch dynamische (G. d. E. V. S. 378) Wirkung, weil ja in dieser Größe neben der Spaltwärme noch die Wärmewerte für die allmähliche Umwandlung der N-haltigen Stoffe in Harn und Kotbestandteile enthalten sind.

Die Spaltung in N-haltigen und N-freien Teil hat gar nichts mit dem Abbau des Eiweißes in Aminosäuren zu tun, wie sie z. B. bei der tryptischen Verdauung sich bilden, denn es tritt, wie Grafe in meinem Laboratorium nachgewiesen hat, dabei überhaupt keine nennenswerte Wärmetönung auf.

Die Umwandlungen mit Abspaltung von NH_3 -Gruppen bei Aminosäuren, Diaminosäuren usw. sind aber ganz anders zu beurteilen. In Versuchen, die ich gemeinsam mit Dr. Nawiasky ausgeführt habe, wurde festgestellt, daß derartige Spaltungen als erhebliche Wärmequellen zu betrachten sind.

Wir sind also bereits auf diesem Wege einen erheblichen Schritt vorwärts gekommen und wir erkennen damit schon besser

in diesen Vorgängen ähnliche Erscheinungen, wie wir sie für die Spaltung des Eiweißes im Warmblüter zur Voraussetzung machen müssen.

Nach der Spaltung des Eiweißstoffs in dem N-freien Teil und in dem N-haltigen kommt für ersteren ein besonderer Abbau oder, wie man sich neuerdings ganz falsch ausdrückt, eine »zellulare Verdauung« überhaupt nicht mehr in Betracht. Die den physiologischen Chemiker vor allem interessierende weitere Umwandlung betrifft die N-haltige Komponente, die besonderer Organarbeit vorbehalten sein wird, aber nicht im energetischen Sinne, sondern im Sinne von Veränderungen, die vom Kraftbedürfnis der Zelle unabhängig sind, Veränderungen, wie sie etwa nach Art der Fermente erledigt werden können.

Das Eiweiß kann also unter Umständen in größtem Umfange gespalten werden, ohne daß man dabei vielleicht, wie schon oben erwähnt, überhaupt nur eine nähere Beziehung desselben zur Lebenssubstanz anzunehmen braucht; es kann zerlegt werden, indem der N-freie Rest dieselben Wege geht wie die übrigen N-freien Körper, Fett und Kohlehydrat. Es braucht also mit der lebenden Substanz für diese Zwecke des dynamogenen Verbrauchs und Stoffumsatzes in gar keine direkte Verbindung zu treten bzw. dieses erst dann, wenn es seine N-Gruppen abgestoßen hat.

Man soll also die energetischen Leistungen von den Stoffwechseleränderungen scharf scheiden. Die Ernährung aber wieder mit dem Sammelsurium »intrazelluläre Verdauung« zu belegen, ist ein unsachgemäßer Rückschritt, gegen den man Verwahrung einlegen muß.

Funktionen des Eiweißes, Abnutzungsquote, optimaler N-Bestand der Zellen.

Wir sind jetzt schrittweise dazu gedrängt worden, weniger in dem sogenannten N-Umsatz die einzige und bemerkenswerteste Erscheinung des Eiweißstoffwechsels zu sehen; wenn sie auch am deutlichsten an die Oberfläche tritt, so sind doch vor allem die

Bedürfnisse der Zelle an Eiweiß das Ausschlaggebende, und die Zersetzung und N-Ausscheidung ist mehr oder weniger ein Aufräumen von Stoffen, die nicht weiter mehr benutzbar sind.

Bei der Frage der Eiweißzersetzung haben die bisher geltenden Theorien zu einseitig nur den Fall erwogen, daß eben das im Blut und Lymphstrom nach der Resorption kreisende Eiweiß dem Zerfall anheimgegeben sei, und man hat vor allem die Vorkommnisse der Eiweißzerlegung in den Vordergrund des Interesses gerückt.

Die Eiweißzerlegung ist aber nur ein Teil des ganzen Problems des Eiweißstoffwechsels und noch dazu kein einheitlicher, neben der Zersetzung ist die Benutzung des Eiweißes für die Zwecke des Körpers zum Ersatz und Ansatz mindestens ebenso wichtig, ja in seinem kausalen Zusammenhang sogar der bedeutungsvollere Teil.

Gewiß hat man schon bisher die Tatsache, daß »angesetzt« wird nicht verkannt, denn sie drängt sich ja bei jedem Bilanzversuch natürlich so unmittelbar auf, daß man, von den allerersten Untersuchungen des N-Stoffwechsels angefangen, gar nicht daran vorbeigehen konnte.

Ich habe ja auch schon oben der beiden »Arten« des N-Ansatzes gedacht und erklärt, wann das sog. Vorratseiweiß zu erwarten ist, und erwähnt, wo es fehlt. Aber damit ist bei weitem nicht gesagt, was der Ansatz überhaupt für eine Rolle bei dem Ernährungsvorgang mit Eiweiß spielt. Seine Erscheinung ist nur wenig bekannt.

Ich sehe in dem Ansatz überhaupt nicht nur eine Begleiterscheinung der Eiweißumsetzung im Körper, sondern eines der wesentlichen den Verbrauch und Umsatz ordnenden Elemente. Es ist ganz gewiß nicht gleichgültig, ob man die Gesetze der Zerleglichkeit des Eiweißes als das Primäre ansehen will, oder ob man die Kausalität anders ordnet, gerade umgekehrt als wir sie darzustellen gewohnt waren.

Ich möchte für die nachfolgenden Betrachtungen, ohne mich nur auf diesen Fall zu beschränken, vorausgesetzt wissen, daß es sich um eine Ernährung mit mäßigen Mengen Eiweiß unter Beigabe von N-freien Stoffen handle, wie dies im freien Leben der Tiere und der Menschen die Regel zu sein pflegt.

Diese Ernährungsverhältnisse sind durchaus eigenartige und bedürfen gerade wegen ihrer Bedeutung für den Menschen eine besondere Besprechung. Ich stelle mir vor, daß sich das aufgenommene Eiweiß prinzipiell insofern anders verhält wie das aufgenommene Fett und das aufgenommene Kohlehydrat, als für den Organismus kein Anlaß vorliegt, in erster Linie Glykogen oder Fett abzulagern, wohl aber können Gründe sehr häufig gegeben sein, welche eine Veränderung des N-Bestandes der Zellen wünschenswert und notwendig machen. Biologisch betrachtet, ist die Herstellung eines Optimums der Ausbildung der Zellen, wozu sie ja N-haltiges Material brauchen, eine wichtige Funktion, die ebenso bedeutungsvoll für den Ausgewachsenen ist, wie für die Wachstumstendenz der Zelle im Jugendzustand. Beim Eiweiß drängt sich in der Ernährung die substantielle Frage, beim Fett und Kohlehydrat die dynamogene in den Vordergrund. Beim Eiweiß kommt die Frage der Ablagerung schon bei Zufuhr kleiner Mengen in Betracht, bei Fett und Kohlehydraten die Ablagerung erst nach Befriedigung der dynamogenen Aufgabe. Alle Nahrungsstoffe können zur Wärmebildung, zur Arbeit, zum Ansatz verwendet werden, aber die N-haltigen und N-freien sind in ihrer Affinität grundverschieden zur lebenden Substanz. Die ersteren haben die stark ausgeprägte Neigung zum Gewebsaufbau und nur subsidiär und nach Transformation in N-freie Stoffe Verwandtschaft zu den desenergierenden Affinitäten, bei den N-freien kommt letztere Eigenschaft in erster Linie in Betracht und subsidiär die Ablagerung.

Die Herkunft der Eiweißstoffe schränkt ihre physiologischen Funktionen nicht ein, koagulierte wie nichtkoagulierte Körper ver-

schiedener Konstitution, ja auch die vorherige völlige Zertrümmerung hindert ihre Verwendung nicht.

Es mögen aber zwischen Rekonstruktion und Wachstum Differenzen bestehen. Der Bedarf des Körpers an N ist die zweite Seite des N-Problems, die Theorie des Eiweißstoffwechsels bliebe ganz unvollständig, wenn wir nicht auch den Ansatz von N als regulierendes Moment des Verbrauchs von Eiweiß mit heranziehen wollten.

Dieser Anschauung habe ich schon vor längerer Zeit Ausdruck gegeben, ich will sie aber nunmehr allgemeiner und eingehender begründen. Vor allem haben mich die Beobachtungen am wachsenden Organismus von dieser anderen Einschätzung der einzelnen Faktoren der Ernährung überzeugt. Erst muß die zugeführte Nahrung N-haltiger Natur dem unabweislichen Bedürfnis der Zelle an eiweißhaltigem Material nachkommen, dann kommen die sonstigen für das Eiweiß früher als primäre Gründe angesehenen Umstände der Zerlegung in Betracht.

Die Beobachtung am wachsenden Kind zeigt mit voller Bestimmtheit, daß das normale Wachstum nicht mit großen Eiweißmengen betrieben wird, sondern mit sehr kleinen, die den Mindestbedarf des Eiweißes bei Hunger nur wenig überschreiten. Diesen überraschenden Beweis haben Heubner und ich zuerst erbracht.

Die Funktion des Ansatzes und Wiederersatzes wird erfüllt, wenn auch alle dynamischen Gründe durch Fütterung von N-freien Stoffen für den Eiweißverbrauch weggefallen sind.

Die Mehrung der lebenden Substanz hat mit dem Kraftwechsel selbst nichts zu tun, d. h. beides sind getrennte und wohl zu scheidende Funktionen. Die lebende Substanz hat die Fähigkeit, nach Bedarf, d. h. in Abhängigkeit von ihrem wechselnden biologischen Zustand (Wachstums oder Rekonstruktionstendenz) Eiweiß abzulagern. Das Fett, dem Voit den entscheidenden Einfluß für die Bildung von Organeiweiß zuschrieb, gewinnt ihn nur sekundär,

wenn eben Bedarf zum Ansatz sich findet, ev. Eiweiß von der Zerstörung ausgeschaltet werden kann.

Beim Wachstum findet ein gleichartiger Aufbau aller Teile der Zelle statt, der Kernsubstanzen und des Protoplasmas, eine Erschaffung lebender Substanz. Der ganze Vorgang dieser Belebung des toten Nahrungseiweißes kann sehr rasch vor sich gehen.

Da die Zellen nicht ausschließlich aus dem Material bestehen, welches die lebende Substanz im engeren Sinne darstellt, sondern auch aus eingelagerten wenn auch unentbehrlichen Stoffen (Extraktivstoffen usw.), so dürfen wir annehmen, daß, gleichzeitig mit der Aktivierung toten Eiweißes zu lebendem, auch andere Stoffe in dessen Verband eintreten.

Die Wachstumsaffinitäten oder jene der Rekonstruktion sind nicht mit den Affinitäten des Umsatzes identisch. Beide Gruppen hängen aber insofern sicher zusammen, daß Wachstum und Ansatz an den Kraftumsatz der lebenden Substanz gebunden ist und ohne ihn nicht eintritt. Ja auch die Intensitätsverhältnisse zwischen beiden sind gegenseitig abgestimmt, wie ich a. a. O. beweisen werde.

Lebend ist jener Teil des Ganzen, der entweder bei den Wachstums- oder bei Stoffwechselveränderungen eine treibende Rolle spielt. Zu letzteren gehören natürlich auch sekretorische Äußerungen.

Ob bei der Aktivierung des Nahrungseiweißes eine unmittelbare Angliederung an das Lebende der primäre Akt ist oder ob dieselben Fernkräfte, welche die Anziehung vermitteln können, im benachbarten Eiweiß bereits Änderungen in der Stellung der Atomgruppe, wie sie zur Eingliederung in die lebende Substanz notwendig sind, hervorrufen können, entzieht sich vorläufig der Erkenntnis.

Diese Anziehungskraft ist zweifellos eine mit dem Alter der Zelle variierbare. So hat die jugendliche Zelle ein starkes Verlangen nach Eiweiß, dies ist der Ausdruck für die Wachstumsgeschwindigkeit und Energie.

Ich habe zuerst beim Säugling darauf hingewiesen, daß dieser so außerordentlich energisch Eiweiß absorbiert, daß er nur zwei Funktionen des Eiweißes, den Ersatz von verloren gegangener Eiweißsubstanz (Abnutzungsquote) und das Wachstum zu befriedigen pflegt, und daß der dynamogene Verbrauch des Eiweißes bei Muttermilch unbedeutend und verschwindend ist.

Man kann daher, wie man in der pädiatrischen Literatur mehrfach zu übersehen scheint, in solchen Fällen von einem Eiweißstoffwechsel nur im allerbeschränktesten Umfange reden, denn die Abnutzungsquote ist in ihrer Gesamtheit nicht identisch mit dem sonstigen Eiweißstoffwechsel, wie er bei reichlicherer Eiweißzufuhr eintritt.

Um keinen Zweifel über den Begriff »Abnutzungsquote« aufkommen zu lassen, will ich kurz anfügen, was ich darunter meine. Im wesentlichen deckt sich der Begriff mit den Beschreibungen, die man von dem N-Verlust bei Hunger gegeben hat. Es sind Verluste durch Haare, Speichel, durch die Abschieferung des Epithels des Verdauungstraktes, der Bildung von Schweiß und anderer Sekrete (Verdauungsdrüsen). Außer diesen also näher zu beschreibenden Dingen haben alle Zellen das Gemeinsame, daß sie bei ihrer Tätigkeit einen bestimmten Prozentsatz an N einbüßen, und diese Größe hat man, wie ich glaube, bisher weniger bedeutungsvoll angesehen. Wie ich mich durch Versuche auch an einzelligen Wesen überzeugt habe, findet man auch bei diesen die »Abnutzungsquote« des N ebenso wie bei den höher Organisierten. Bei ihnen läßt sich auch schärfer zeigen, daß diese eine Funktion der Lebensenergie ist und mit dieser wächst und fällt. Für die Warmblüter kann man auch keinen anderen Schluss ziehen, denn die Abnutzungsquote, d. h. der N-Stoffwechsel bei ausschließlich N-freier Kost und bei Ausschluß dynamogener Verwendung des Eiweißes verhält sich bei großen und kleinen Tieren wie ihre respektiven Kraftwechselintensitäten. Sie ist also auch hier eine Funktion der Lebensintensität.

Bei ausschließlicher Zuckerkost vermag man c. p. die Kalorien, die aus dem Umsatz von Eiweiß stammen, auf rund 4% der Gesamtkalorien herabzudrücken. Pro Kilo berechnet werden also die Abnutzungsquoten um so größer, je kleiner das Tier ist. Analoges kann ich für die Einzelligen dartun.

Unter dynamogenem Verbrauch verstehe ich jenen Teil von Eiweiß, der keine spezifische Funktion entfaltet, sondern ebensogut durch Fett oder durch Kohlehydrat ersetzt werden kann. Die sparsamste Verwendung von Eiweiß ist die nur zu dem Zwecke des Wiederersatzes oder zum Wachstum erforderliche Quote.

Unter Eiweißumsatz im Sinne der alten Stoffwechseltheorie ist die Abnutzungsquote und der dynamogene Verbrauch zusammengefaßt worden.

Man hat auch lange Zeit die Meinung vertreten, als sei der Wiederersatz von im Hunger zu Verlust gehendem Eiweiß in gleichen Mengen durch Nahrungseiweiß nicht möglich. Inzwischen dürfte man wohl allgemein einen solchen Ersatz, geeignete Nahrungsmischung vorausgesetzt, nicht mehr bezweifeln.

Ich muß an dieser Stelle noch auf die Arbeiten Landergreens eingehen, der für die Funktionen des Eiweißverbrauchs eine etwas von meiner Auffassung abweichende Anschauung ausgesprochen hat. (Skand. Arch. f. Phys., 1903, Bd. XIV, S. 169.)

Er meint, daß es für den Organismus ein unbedingt notwendiges Minimum an N-Verbrauch gebe, das durch Kohlehydrat und Fettfütterung erreicht werden könne; diese Größe würde also dem entsprechen, was ich die Abnutzungsquote heiße. Weiter nimmt er an, daß eine gewisse Eiweißmenge notwendig sei, um durch Zerlegung Zucker zu bilden. Der Körper brauche sehr kleine Zuckermengen, die Quelle dieses Zuckers müsse bei Fettfütterung das Eiweiß abgeben, bei Kohlehydratzufuhr aber falle die Notwendigkeit dieser Eiweißzerlegung weg. Den hierauf treffenden N-Anteil nennt er den Dextrose-N. Dieser Anschauung vermag ich nicht beizutreten. Der Unterschied im Eiweißumsatz bei Fett oder Kohlehydrate beruht offenbar darin, daß der Zucker und die leichtlöslichen Kohlehydrate

gründlicher den N-Zerfall aus dynamogenen Gründen hindern wie das Fett. Ich habe mich oft überzeugt, daß wenn Stärke durch Rohrzucker vertreten wird, die N-Menge in dem Harn geringer wird.

Die dritte Gruppe des N-Verbrauchs nennt Landergreen den Komplementär-N, dieser N-Verbrauch ist identisch mit dem, was ich dynamogenen Verbrauch nenne.

Kehren wir nunmehr zur Betrachtung der Anziehungskraft für Eiweiß zurück.

Die starke Affinität zu Eiweiß ist besonders bei den Mikroorganismen ausgeprägt und erlaubt ihnen höchst verdünnte Nährstoffe noch auszunutzen. Sie ist ferner besonders hervortretend beim Wachstum der Tiere. Wir finden sie aber auch offenbar bei den Ausgewachsenen und unter geeigneten Bedingungen, ebenso wie beim Kinde nur einen Verbrauch für die ‚Abnutzung‘ und den Wiederersatz.

Bleibt es bei dem einfachen Ersatz der Abnutzungsquote, so gelangt man zu einem Minimum des Eiweißverbrauchs. Ein solches deckt sich aber nicht immer mit dem Hunger-N-Verbrauch, weil ja bei Nahrungsentziehung sehr häufig, manchmal sogar ausschließlich der dynamogene Verbrauch durch Organeiweiß gedeckt werden muß, da der Körper nicht immer ausreichend Fett zur Verfügung hat.

Der N-Bestand der Zelle kann durch ungenügende Nahrungszufuhr überhaupt (vollkommene Inanition) oder durch partielle Inanition gestört werden. Dabei können zwei verschiedene Vorkommnisse, die ihrer Wesenheit nach verschieden sein können, eintreten. Es kann z. B. der Nahrungsbedarf so weit gedeckt sein, daß nur die Abnutzungsquote ganz oder teilweise unersetzt bleibt, oder es kann, weil es an Verbrennungsmaterial fehlt, vorkommen, daß ein Teil der betroffenen Zellen abstirbt. Beide Vorkommnisse brauchen chemisch in ihren Wirkungen keineswegs identisch zu sein, da die Abnutzungsquote andere Teile trifft, als das Absterben eines Zellpartikelchens es darstellt.

Dieser N-verlust der Organe, d. h. das Absterben von Zellteilen, verändert die Beschaffenheit der Zelle selbst, verändert

ihre biologischen Eigentümlichkeiten wie die Resistenz gegen Bakterien und Protozoen, sie hinterläßt aber auch die Eigenschaft einer Ausgleichstendenz. Jede Zelle hat einen optimalen Bestand ihrer anatomischen Beschaffenheit und ist bestrebt, dieses optimale Gleichgewicht immer wieder zu erreichen. Ob letzteres für alle Alterszustände des erwachsenen Individuums dasselbe ist, das hat man bis jetzt weder diskutiert noch untersucht. Manche Beobachtungen an alten Personen könnten für eine solche Minderung des optimalen Gleichgewichts angeführt werden, allein wir wissen zu wenig von den Änderungen der Resorptionsgrößen im Alter, wir wissen auch zu wenig von der Art des Säftestroms um sagen zu können, worin die primäre Ursache für gewisse Alterserscheinungen der Zelle zu suchen sind.

Ich nehme also an, daß es einen oberen Grenzwert des Nährzustandes der Zelle gibt, und ebenso gibt es einen unteren, nämlich den, bei welchem, theoretisch gesprochen, das Leben eben noch möglich ist, während der weitere Verlust sofort den Tod bedingt. Wohin die beiden Grenzwerte wirklich zu verlegen sind, ist vorläufig gleichgültig; aber so viel ist sicher, daß Minimum und Optimum etwa soviel auseinanderliegen, als an N-Verlust im Hungerzustand von einem früher gut genährten Tiere ertragen wird, rund etwas mehr als 50% Abnahme. — Die Abweichungen vom optimalen Ernährungszustand müssen bei geeigneter Nahrung eine Ursache zum Wiederansatz werden, und sie bilden zweifellos einen derjenigen Zellfaktoren, welche die Benutzung des Eiweißes der Zufuhr beherrschen. Gespalten und zersetzt wird nur was nicht gebraucht wird.

Ob nun diese außerhalb der Säuglingsperiode sich erhaltende Rekonstruktionstendenz bedeutende Wirkungen erzielt, ob diese gleichmäßig oder ungleichmäßig mit dem N-Verlust der Zelle wachsen — das sind alles Fragen, die man nur experimentell erledigen kann, da bis jetzt geeignete Experimente um so weniger angestellt wurden, als man diese hier entwickelten Gesichtspunkte nicht für aktuell hielt.

Gegen die Annahme, daß der Anziehung des Eiweißes ein primärer Einfluß auf die Regulierung des Verbrauches von N-haltiger Nahrung zugebilligt werden kann, scheint vor allem die Beobachtung Voits zu sprechen, daß bei ausschließlicher Eiweißzufuhr das niedrigste N-Gleichgewicht erst erreicht wird, nachdem ein Mehrfaches von dem im Hunger verbrauchten Eiweiß zugeführt worden ist. Wozu der große N-Aufwand, um einen N-Verlust zu verhüten?

In diesen Experimenten tritt die dynamogene Wirkung des zugeführten Eiweißes so prägnant hervor, daß man gezwungen ist, diese in die erste Reihe zu stellen. Die Erklärung liegt hier in der Überschwemmung des ganzen Säftestroms mit Eiweiß, wodurch das Fett zum großen Teil aus der Verbrennung verdrängt wird, so daß in späteren Perioden des Tages nicht mehr genügend Eiweiß zur Verhütung des N-Verlustes gegeben ist. Der Ansatz von Eiweiß als lebende Substanz, so kann man annehmen, wird in der Zeiteinheit begrenzt sein, und deshalb, nicht weil dieser Vorgang unwesentlich ist, vermag er sich bei zeitlicher Überladung der Säfte mit Eiweiß nicht ausreichend zu äußern. Ich vermag daher in den eben angeführten Beobachtungen über das kleinste N-Gleichgewicht bei ausschließlicher N-Zufuhr keinen Grund, der der Bedeutung des N-Ansatzes als regulierendes Prinzip des Eiweißverbrauches widerspräche, zu sehen.

Das Unzulässige der Verallgemeinerung der Schlüsse aus reiner Eiweißfütterung ergibt sich ja ohne weiteres durch die bei Zufütterung von Fett und Kohlehydrat beobachtete Erscheinung der viel kleineren N-Gleichgewichtszahlen, die bis auf den Hungerverbrauch selbst heruntergehen können.

All dies sind keine Gegenargumente. Wenn man die treibenden Kräfte des Stoff- und Kraftwechsels sehen will, muß man sie auch am richtigen Orte suchen. Wenn ich durch Kohlehydrat und Fettgabe das energetische Bedürfnis der Zellen befriedige, so wird sich zeigen, was das Eiweiß seine Arbeit nennt. Und öfter noch als unsere Methodik es besagt, wird die Zelle den Versuch machen, ihren Bestand zu verbessern.

Das Stoffwechselergebnis eines N-Gleichgewichts, einer N-Abgabe sogar, ist nur das Endresultat verschiedener Prozesse in dem Körper. Es kann in beiden Fällen ein Ansatz von Eiweiß im Körper stattgefunden haben, der sich aber dann nur auf die ersten Stunden eines Versuchstages erstreckt haben mag. Die Anziehung von Eiweiß durch die Zellen muß man als eine stets wirkende Erscheinung ansehen. Die ersteren sind andauernd bemüht, ihren Ernährungszustand auf ein Optimum zu heben. Meine Anschauung scheidet sich durchaus von jener, die auch manche Autoren ausgesprochen haben, daß alles in den Blutstrom und Lymphstrom kommende Eiweiß erst Zellbestandteil wird, um dann seine weitere Verwendung zu finden.

Die Zustandsänderungen des Zelleibes, sind in der Zeiteinheit betrachtet, stets nur mäfsige, begrenzte. Die Zustände N-Gleichgewicht, N-Abgabe sind vereinbar mit einem Bestreben der Zellen ihren Ernährungszustand zu heben in den ersten Stunden nach der Nahrungsaufnahme und einem N-Verlust in den späteren Stunden des Tages (24 Stunden-Perioden). Für die Zelle und ihre Ernährung gibt es keinen 24 stündigen Versuchstag, sondern Ernährungsperioden von sehr kurzer Dauer, die also sehr variabel sind. Der Stoffwechselphysiologe hat nun aus Gründen seiner Technik sich zu Bilanzversuchen 24stündiger Periode entschließen müssen.

Die erste Frage, welche uns experimentell beschäftigen kann, betrifft das Bedürfnis der Zelle an Eiweiß. Ist es gleichbleibend, oder nach dem Ernährungszustand wechselnd?

Diese Lösung wird nicht nur von hohem theoretischen, sondern auch von praktischem Werte sein, da hiermit natürlich auch das Problem des »Eiweißminimums« zusammenhängt. Dort wo das Eiweiß begierig verlangt wird, ist auch mit weniger Eiweiß in der Zufuhr auszukommen, und dort wo die Anziehung gering ist, wird mehr geboten werden müssen.

Es handelt sich um vergleichende Versuche über die Anziehung für N-haltiges Material; ich habe einer Mischung von

Fleisch und Fett, weil sie am besten von Hunden ertragen wird, den Vorzug gegeben, gegenüber einer Beigabe von Kohlehydraten.

Ich liefs das Versuchstier bei Fettfütterung an Eiweiß verarmen und schob in diese Reihen kurze Perioden mit reiner Fleischfütterung, die so abgestimmt waren, daß sie dem im Fettversuch jeweils gefundenen N-Umsatz entsprachen. Aus den Experimenten läfst sich dann berechnen wie viel 100 Teile gefütterten Fleisches an Körpereiweiß erspart haben. Wäre der Eiweißbedarf nur von der Organmasse direkt abhängig, so würde im Verlauf eines solchen Versuches stets derselbe Nutzeffekt gefütterten Fleisches gefunden werden müssen.

Wechselnde Anziehung der Zelle für Nahrungseiweiß.

Die Versuche sind in der Reihenfolge, wie sie ausgeführt wurden, in der Generaltabelle am Schlusse dieser Arbeit mitgeteilt (s. S. 73). Ich schicke zunächst die Beobachtungen voraus, die sich in diesen langen Reihen bei ausschließlicher Fettfütterung ergeben haben.

Die einfachste und zugleich sicherste Art der Darstellung der Versuchsergebnisse ist die, daß man den Umsatz nicht auf das Körpergewicht, sondern auf den jeweiligen N-Bestand des Körpers bezieht. Ich habe diesen Weg zuerst mit Erfolg bei Stoffwechseluntersuchungen bzw. Hungerversuchen eingeschlagen, indem ich in kontinuierlicher Reihe die N-Ausscheidungen maß und dann am Ende der Reihe das Hungertier auf N untersuchte. So liefs sich für jeden Zeitmoment genau sagen, wie das lebende Tier zur Zeit des Experimentes aufgebaut war.

Dies Verfahren ist auch später zu ähnlichen Fragen von E. Voit angewendet worden. In analoger Weise, wie für den N, habe ich diesen Weg seinerzeit auch eingeschlagen, um den jeweiligen Fettgehalt der Tiere zu bestimmen; hierzu sind fortlaufende Respirationsversuche nötig. Für die vorliegende Arbeit

ist es erwünscht, in solcher Weise für den N zu verfahren, weil ich dann durch Berechnung des Ansatzes von N oder der N-Abgabe genau die Veränderung des Körpers angeben kann.

Ich mußte in den hier vorliegenden Reihen aber auf die Tötung des Tieres verzichten und bin daher genötigt, eine Mittelzahl für den N-Gehalt des lebenden Tieres anzunehmen, was nur genähert richtig ist aber trotzdem den Vorteil einer genügend sicheren relativen Berechnung bietet. Auch die absoluten Werte dürften von der Wahrheit nicht weit abweichen, sie sind jedenfalls genauer als die Reduktion auf das Körpergewicht, mit der man sonst operieren müßte. Ich habe im Durchschnitt 30 g N pro Kilo Tier zugrunde gelegt, was einem mäßigen Fettgehalt desselben entsprechen wird, wie mir durch Analysen bei Kaninchen und anderen Tieren bekannt ist.

Ich gebe zunächst die Zahlen der Fettreihe (S. 73), in verschiedene Perioden zerlegt.

Rechnet man je auf den Anfangsbestand an N den N-Verlust in einer dreitägigen Periode reiner Fettfütterung, so hat man, in Gramm ausgedrückt:

I.

Anfangsbestand 365,4 g N, Verlust Harn + Kot 14,31 g = 3,91 % des Anfangsbestandes.

läßt man den ersten Tag weg, so hat man

358,3 N-Bestand Umsatz in 2 Tagen $7,22 = 2,01\% = 3,00\%$ für 3 Tage des Anfangsbestandes.

II.

Anfangsbestand 348,9 g, Umsatz 9,33 g = 2,40 % für 3 Tage.

III.

Anfangsbestand 336,0 g, Umsatz 9,22 g = 2,74 % für 3 Tage.

IV.

Anfangsbestand 325,0 g, Umsatz 8,87 g = 2,71 % für 3 Tage.

Also:

I. 3,00 %	} 2,71 % in je 3 Tagen = 0,90 % pro Tag N-Verbrauch des Anfangsbestandes.
II. 2,40 %	
III. 2,74 %	
IV. 2,72 %	

Der N-Umsatz geht demnach in jeder Periode dem jeweiligen N-Bestande proportional. — Gesamtverlust an N = 13,5 %.

In der darauffolgenden reinen Hungerreihe (19. u. 20. VI.) werden verbraucht bei 316,2 Anfangsbestand 10,55 g N = 3,33 % N pro 3 Tage = 1,11 % N pro Tag.

Das Fett hat also hier schon einen den Eiweißverbrauch dämpfenden Einfluss. Der Körper des Tieres ist also jedenfalls nicht fettreich gewesen und auch nicht fettreich geworden.

Der N-Zerfall ist bei Fettfütterung sozusagen noch gleichmäßiger als ich ihn bei reinem Hunger gesehen habe (Z. f. Biol. Bd. XVII, S. 225). Es verbürgt eben die Erhaltung eines gleichmäßigen Fettbestandes diese außerordentlich gleichmäßige Eiweißzersetzung.¹⁾

Berechnen wir nun den Nutzeffekt kleinster Eiweißfütterungen, so ist der Erfolg ein ganz ungleicher, je nach dem Körperzustand. Je weiter fortgeschritten die N-Verarmung ist, desto größer ist der Nutzeffekt kleiner Eiweißmengen, desto kleiner also das, was man das physiologische Minimum nennen kann.

In Serie I (S. 73) Reihe (3. u. 4. VI.)

waren an den Fleischtagen im Mittel	4,08 g der N-Umsatz
und zugeführt wurde	3,06 g
also noch vom Körper abgegeben	1,02 g N.

1) Ich füge hier noch an, daß die Körpergewichte des Hundes nicht immer mit dem Ansatz im Einklang stehen. Dies liegt daran, daß die Wassermenge im Körper gewissen Schwankungen unterliegen, wie man es bei kleinen Hunden gar nicht so selten sieht.

Der Umsatz der Fettfütterungstage vor und nach dieser Periode war 2,99 g N,
da im Fleischversuch nur 1,02 g N vom Körper abgegeben waren hat 3,06 g Fleisch N . . . 1,97 Körper N erspart, oder der Nutzeffekt ist 64,4% gewesen.

Viel größer war die Wirkung des Fleisches, als der Hund nur mehr 306 g N am Körper hatte (21.—29. VI., S. 75). Der Nutzeffekt war ein maximaler, d. h. der Umsatz bei N-Zufuhr und der Umsatz bei Hunger deckte sich glatt. Versuch 8. und 9. VI. und 13. und 14. VI. sind mit ausgewaschenem Fleisch angestellt worden. Der Nutzeffekt berechnet sich auf:

am 8—9. VII. 58,5%
und später 74 %.

Die Experimente unterstützen also die Annahme, daß das Eiweißbedürfnis (Minimum) um so kleiner wird, je stärker der N-Verlust war, der vorausging (selbstredend stets auf den gleichen N-Bestand gerechnet).

Ich bemerke, daß man noch eine andere Art der Berechnung anwenden kann, indem man für den jeweiligen N-Bestand vor und nach der Fleischgabe den N-Verbrauch im Fettversuch aus der Tatsache berechnet, daß auf 100 N am Körper 2,72% N in 3 Tagen (wie oben bestimmt) verbraucht werden; dadurch eliminiert man kleine Unregelmäßigkeiten der Experimente; man hat dann

Fleischversuche	ausgewaschenes Fleisch
3.—4. VI. 68,9%	8.—9. VI. 50,7%
21.—29. VI. 100%	13.—14. VI. 71,8%

als Nutzeffekt.

An Fettreihe in I. Reihe (S. 73) schloß sich dann eine 9tägige Fütterung mit Fett und kleinen Eiweißmengen (S. 74), welche letztere den Bedarf nur wenig überschritten. Es zeigt sich, daß nunmehr, wie oben erwähnt, ein Gleichgewicht durch diese kleine Fleischmenge erreicht werden konnte, während eine solche Fleischgabe sonst unter gleich-

zeitigem Eintreten einer N-Vermehrung in den Ausscheidungen sich als unzureichend hätte erweisen müssen.

Daß der abgehungerte Körper nunmehr mit der kleinen, den Hungerbedarf kaum überschreitenden Eiweißmenge¹⁾ reichte und eben nur soviel N verbrauchte als er sonst im Eiweißhungerzustande umsetzte, ergibt sich auch, wenn man berechnet wieviel der Hund pro 100 N am Körper umgesetzt hat und diesen Wert mit den analogen des Eiweißhunger vergleicht.

Der N-Verbrauch war am 21.—29. VI. pro 100 N-Bestand des Körpers für je 3 Tage berechnet:

I. Bestand 305,6 g N	Verbrauch 6,82 g N = 2,23%	} vom Bestand
II. » 312,4 » »	» 9,51 » » = 3,07 »	
III. » 321,9 » »	» 9,20 » » = 2,85 »	

Mittel 2,72% des N-Bestandes. Dieser Mittelwert entspricht genau dem N-Verbrauch bei reiner Fettkost.

Das Ergebnis bestätigt wieder die bereits besprochene Tatsache, daß die Gewebe, wenn sie vorher viel N eingebüßt haben, jetzt mit größerer Begierde den N ansetzen.

Die vorliegenden Experimente sind vollauf beweisend, um aber jeden Einwand abzuschneiden, daß es sich um Zufälligkeiten gehandelt habe, wurden die Reihen später nochmals in analoger Anordnung wiederholt (Ser. II s. Tabelle S. 77). Betrachten wir zunächst die Fettreihe hinsichtlich der N-Ausscheidung (in dreitägigen Perioden zusammengefaßt). Wir erhalten:

Periode	Anfangsbestand	Umsatz für 3 Tage	} 2,51 % p. 3 Tage
I	319,6 g N	11,40 g = 3,56%	
II	306,2 »	7,31 » = 2,38 »	
III	297,0 »	7,73 » = 2,60 »	
IV	287,0 »	7,84 » = 2,73 »	
V	277,0 »	6,44 » = 2,32 »	

1) Das Eiweiß machte 15% der Gesamtkalorien aus.

Läuft man die erste Versuchsperiode, weil unter dem Einfluß einer größeren Fleischmenge stehend, außer Betracht, so sind die Zahlen wenig von dem früheren Mittelwert 2,72% abweichend. Die Berechnung des N-Bestandes ist nur ein Näherungswert, was ich schon oben auseinandersetzte. Das Anfangsgewicht des Tieres war in dieser Reihe kleiner als das Endgewicht der ersten Fettreihe. Immerhin wird in der Tat der N-Bestand kaum erheblich größer gewesen sein können als hier angenommen wurde. Kleiner kann er nicht gewesen sein, weil ja das Tier kein Fett anzusetzen in der Lage war. Sicher ist während der Fettperiode so gut wie kein Fett abgegeben worden. Die N-Abnahme betrug bei 365,4 N Anfangsbestand und 271 g N Endbestand = - 25,75%. Die Abmagerung war also, was das Eiweiß anlangte, bedeutend.

Die Wertigkeit der Fleischzufuhr war: 100 Teile Eiweiß ersetzen

28. u. 29. VII.	56,1	Hunger N
2. u. 3. VIII.	55,1	»
7. u. 8. VIII.	63,2	»
12. u. 13. VIII.	78,6	»

Der Verlauf der Experimente entspricht also den früheren Ergebnissen.

In jeder Reihe nimmt mit Abnahme der N-Menge des Körpers die Verwertung des zugeführten Eiweißes für den Körper zu. Die beiden Reihen lassen sich aber nicht in dem Sinne verwerten, daß der N-Bedarf für den Ersatz ein Minimum darstellt, das direkt proportional mit der absoluten Menge des Körper-N fällt. Beide Reihen sind dadurch ungleich, daß das eine Mal Ser. I lange Zeit gemischte Kost, bei Ser. II Fleischfütterung vorhergegangen war. Ob dies eine Ursache für das verschiedene Verhalten der Serien I und II bildet, muß dahingestellt bleiben.

Ich schliesse also nur, daß bei sinkendem N-Bestand des Körpers die Erhaltung mittels kleiner Eiweißmengen erleichtert wird, woraus folgt, daß der Eiweißbedarf nicht proportional

der Körpermasse ist, sondern schneller als die Masse aufsteigend wächst. Die Unterschiede sind sehr erheblich.

Es liegen meines Wissens keine längeren Reihen mit einfacher Fettfütterung am Hunde vor. Es kann aber von Interesse sein, solche Versuchsbedingungen zu kennen, die einen absolut gleichmäßigen N-Verbrauch garantieren. Dies ist bei dieser Fettfütterung meines Hundes der Fall gewesen. Außer den oben mitgeteilten Experimenten habe ich noch eine dritte Serie S. 80 durchführen lassen. Vergleiche ich nochmals N-Bestand, absoluten und relativen N-Umsatz, so ergibt sich

Ser. I. Periode	N-Bestand g	N-Umsatz g	auf 100 N im Körper umgesetzt
I	358,3	9,83	3,00
II	348,9	9,33	2,40
III	336,0	9,22	2,74
IV	325,0	8,87	2,70
} 2,71			
Ser. II			
I	314,1 (2. u. 3. Tg.)	7,38	(2,34)
II	306,2	7,31	2,38
III	297,0	7,73	2,60
IV	287,0	7,84	2,73
V	277,0	6,44	2,32
} 2,51 (248)			
Ser. III.			
I	183,0	5,32	2,89
II	176,7	5,05	2,85
III	170,2	4,26	2,51
} 2,75			

Die Fettreihen sind fast bis zum Tode des Tieres fortgesetzt worden, da es allmählich von 358,3 N-Bestand auf 162 herunterkam, sank es auf 46,3% des früheren N-Bestandes und hatte 53,7% N eingebüßt.

Bei genügender Fettzufuhr tritt also zu keiner Zeit eine Änderung des N-Verbrauches ein; wenn man denselben auf den N-Bestand des Körpers reduziert, so erhält man ganz gleichbleibende Zahlen.

Die Versuchsanordnung ist also eine sehr geeignete, um Experimente, die den Eiweißstoffwechsel betreffen, anzustellen und besser als die Einschaltung von Hungerreihen, wenn es sich um längere Versuche handelt, weil diese den Fettbestand zugleich alterieren.

Beziehungen zwischen Stickstoffumsatz und Stickstoffansatz.

Im Verlaufe einer Fütterung mit eiweißhaltiger Nahrung vollzieht sich bei einem unteroptimalen Eiweißbestande der Zellen ein Stickstoffansatz. Dieser Ansatz wird bei Mischungen von Eiweiß und N-freien Stoffen Organeiweiß sein. Der Körper wird aber allmählich in den Zustand der Eiweißsättigung übergeführt, die besser genährten Zellen werden schließlich den zum Eiweißansatz verfügbaren Teil der Nahrungszufuhr nicht mehr angreifen, und dieser muß dann der Zerstörung, mindestens der Spaltung anheimfallen. Damit wird N-Gleichgewicht hergestellt.

Dies ist logischerweise der Verlauf der Umsetzungen nach N-haltiger Nahrung, wie man sich ihn nach den allgemeinen oben gegebenen Erwägungen und den Experimenten über die Eiweißanziehung vorstellen kann.

Neben diesem N-Ansatz, der in seiner Menge stetig abnimmt, und dem Verfügbarwerden von N-Substanz für den Umsatz bedingt der Neuanwuchs selbst ein erhöhtes Bedürfnis an Eiweißstoffen und vermindert dadurch zugleich den für Ansatz verfügbaren Anteil der N-haltigen Stoffe. Diese Ansprüche sind aber total verschieden, denn lassen wir den Ansatz wie bei dem Kinde mit einem minimalen Überschufs über die Abnutzungsquote erfolgen, so beansprucht das neue Organ auch nur seiner Masse entsprechend so viel Eiweiß, als dem Abnutzungsbedarf entspricht. Dies ist ein Fall, und zwar der von der Natur für den Ansatz beim Wachstum gewählte, in welchem am ökonomischsten verfahren wird, und auch bei einfacher Regeneration am längsten nutzbringend »angesetzt« werden kann.

Jedes andere Nährstoffverhältnis muß sich durch eine größere Geschwindigkeit der Einstellung in ein N-Gleichgewicht auszeichnen, denn in jedem anderen Falle, also bei jeder relativen

Vermehrung des Eiweißes in der Kost nimmt dieses an dem dynamogenen Verbrauch teil, und das neugebildete Organ erhebt selbst, indem es sich ernähren muß, Anspruch auf Befriedigung seines Kraftwechsels. Bedarf es, wie angenommen, der dynamogenen Leistung von Eiweiß, so nimmt der Vorrat bald ein Ende, besonders rasch bei alleiniger Eiweißfütterung.

In diese beiden Grenztypen lassen sich so ziemlich alle möglichen Fälle der Ernährung mit einbegreifen.

Eigenartig in seinem Vorgang würde nun folgendes Ernährungsproblem sich gestalten:

Denkt man sich eine so reichliche Fütterung von Kohlehydrat und Fett, daß dadurch alle dynamischen Ansprüche reichlich gedeckt sind und dazu noch Eiweiß gefüttert, so liegt der Fall einfacher Eiweißspaltung vor. Daneben wird Organmasse aufgebaut; was diese an Eiweiß für ihre Abnutzungsquote beansprucht, kann sie, ohne den Eiweißumsatz zu erhöhen, einfach entnehmen, indem sie die sonst nutzlose Eiweißspaltung in ihre Dienste stellt, und das Eiweiß zum Wiederersatz verwendet.

Das sonst vergeudete Eiweiß wird einer physiologisch zweckmäßigen Verwendung zugeführt, ja es wird sogar der Ansatz selbst seine Bedürfnisse so decken können, daß er die Spaltung eines Teiles des Nahrungseiweißes verhütet, weil er dasselbe durch Organbildung den zerlegenden Einflüssen entzieht.

Welche Art der Eiweißzersetzung oder Spaltung nach Analogie der eben geschilderten Möglichkeiten auch gegeben sein mag, sie wird sich in dem Sinne zahlenmäßig äußern, daß pro 100 Teile N am Körper dieselbe Größe des Umsatzes sich zeigen wird, da das neu erzeugte Organ die gleichen Ansprüche an die Nahrungsversorgung macht wie die vorher schon bestehende Zellenmasse.

Wenn jedoch die Anziehung für Eiweiß mit dem Ansatz an sich schwächer wird, so findet mit Zunahme des Eiweißreichtums des Körpers eine Begünstigung der Eiweißspaltung oder Zersetzung statt, die sich in steigenden Werten des Eiweißumsatzes pro 100 Teile Körper-N äußern muß.

Dies läßt sich an der Hand geeigneter Versuchsreihen entscheiden. Am günstigsten wird es hierfür sein, die Eiweißmengen so — neben N-freien Stoffen — zu wählen, daß die Ansatzmöglichkeit eine sehr günstige ist und ein Überschufs über diesen Ansatzbedarf möglichst vermieden wird.

Die Grenze, bei der man solche Wirkungen voraussetzen kann, läßt sich aus den bisherigen Erfahrungen einigermaßen bestimmen. Sie muß bei Eiweißfettmischungen über einem Gehalt von 15% Eiweißkalorien liegen, denn bei diesem wird, wie meine Versuche zeigen, knapp noch etwas unter günstigem d. h. niedrigem N-Bestand des Körpers angesetzt. Bei Eiweißkohlehydratmischungen haben die Versuche von Heubner und mir am Säugling schon bei 7% Eiweißkalorien Ansatz im Wachstum erzielt.

Die vorliegenden Versuche wurden mit Nahrungsgemengen von verschiedener Zusammensetzung gemacht, mit 15% Fleischkalorien und 85 Fettkalorien, 30% Fleischkalorien und 70 Fettkalorien und 60% Fleischkalorien und 40 Fettkalorien, so daß die verschiedenartigsten praktisch vorkommenden Ernährungsweisen darin vertreten sind. Die Einzelwerte findet man in den Originaltabellen am Schlusse dieser Arbeit. Wie vorauszusetzen, hat die kleinste Eiweißmenge eine sehr kleine, die größere und die größte entsprechend höhere N-Ansätze zustande gebracht, das sind Ergebnisse, die als selbstverständlich nach unserer Theorie angesehen werden können.

Das Verhältnis des Eiweißumsatzes zum Eiweißbestand kann man aus der einen Tabelle leicht ableiten. Ich fasse, um sichere Mittelwerte zu bekommen, je 3 tägige Perioden zusammen. Steigt der Eiweißansatz proportional dem Bestand, so muß sich pro 100 Teile Stickstoff am Körper dieselbe Umsatzzahl ergeben. Ich knüpfe zuerst an die Serie I an, auf welche der 9 tägige Versuch mit kleinen Eiweißmengen und dann ein solcher mit 30% Fleisch und 70% Fett folgte. (S. 75.)

In der darauffolgenden Reihe (II. S. 75) mit 30% Fleisch erhält man für 3 Tage:

I: Bestand	310,6 g	Umsatz	12,68 g = 4,05	} 3,81% des Bestandes
II	318,8 »	11,45 »	3,58	
III	326,0 »	12,45 »	3,81	
IV	333,3 »	15,58 »	4,67	} 4,46%
V	337,6 »	14,54 »	4,35	
VI	343,8 »	15,01 »	4,36	
VII	348,7 »	16,64 »	4,77	} 4,70%
VIII	352,0 »	17,06 »	4,80	
IX	354,7 »	(5,41) »	4,55 (für 3 Tage.)	

Der N-Verbrauch bei dieser Nahrungszufuhr steigt also nicht proportional dem Anwuchs, sondern er nimmt rascher zu als die N-Masse des Organismus. Die gefütterte N-Menge war eine ziemlich bedeutende, denn es waren rund 30% der Gesamtkalorien als Eiweiß gegeben worden. Die Kost im Ganzen war ihrem Kaloriengehalt gemäß eben ausreichend, es kann sich also dabei auch gar nicht um eine spezifisch dynamische Wirkung handeln, dazu war auch die zugeführte Eiweißmenge an sich viel zu gering. Die Steigung des Mehrverbrauchs an Eiweiß war über 20,4% in der VII.—IX. der dreitägigen Perioden.

An die Serie II (Fettversuch) war eine Reihe mit Zufuhr von 60% Fleischkalorien und 40% Fettkalorien (s. S. 78) angeschlossen mit folgendem Ergebnis (gleichfalls Kalorienbedürfnis gedeckt):

	Anfangbestand an N	Umsatz	p. 3 Tage
I. Periode	267,2 g	31,9 g = 11,94% v. Bestand	
I. »	299,1 »	31,8 »	10,65 »
III. »	331,0 »	32,8 »	9,91 »
IV. »	353,7 »	37,0 »	10,17 »

Der Ansatz war sehr bedeutend $\left. \begin{array}{l} 31,9 \text{ g} \\ 31,9 \text{ »} \\ 32,7 \text{ »} \end{array} \right\}$ in jeder dieser 4 Perioden

Diese Reihe scheint also mit der Annahme zu stimmen, daß wirklich der Eiweißumsatz mit der Masse des »Fleisch-

ansatzes« übereinstimmt. Näherer Kritik hält aber diese Ansicht nicht stand.

Denn beweisend sind diese Ergebnisse der Versuche nur, wenn nur eine Variable sich geändert hat — die Masse des Körpers, der dann die Zersetzung nachfolgt.

Dies trifft aber nur für den ersten Versuch zu nicht für diesen zweiten. Wie man nämlich bei Ausrechnung des zugeführten Eiweißes im Verhältnis zu dem N-Bestand des Körpers ersehen kann (die Zahlen findet man genauer angeführt etwas später), blieb nur im ersten Versuch das Verhältnis Nahrung: Körperbestand konstant bzw. differierte es so wenig, daß man es konstant nennen kann. In dieser II. Reihe sanken aber durch den starken Ansatz die relativen Nahrungsüberschüsse schnell und um so bedeutende Größen, daß dadurch ohne weiteres ein Zurückbleiben der Zersetzung erklärbar und notwendig wurde. Man sieht auch ganz deutlich, wie sich die beiden Faktoren Minderung durch relative Abnahme der N-Nahrung und Zunahme des Umsatzes mit steigendem Anwuchs geltend machen. Erst haben wir (I. und II. Periode) eine Tendenz zum Sinken des N-Verbrauchs und dann gegenüber diesem Minimum nachfolgend wieder ein Ansteigen des N-Verbrauchs.

Die erste Reihe mit 30% Eiweißkalorien gibt ganz einwandfreie Resultate. Da die auf 100 Körperstickstoff berechnete Umsatzgröße des N steigende Werte geben, so ergibt sich, daß der »Fleischansatz«, wie man sich früher ausdrückte, nicht die Ursache der Einstellung auf das N-Gleichgewicht sein kann; letzteres muß also noch in einem anderen Vorgang gesucht werden. Da bei 20—22° Temperatur und bei einer Nahrungsmischung von 30—60% Eiweiß die spezifisch dynamische Wirkung, die bei höherer Temperatur und bei reiner Eiweißkost sehr in die Erscheinung tritt, nicht als Ursache des Zuwachses des N-Verbrauchs pro 100 Körper-N angesehen werden kann, muß ein anderer Faktor mitspielen.

Dieser Faktor, der uns den Gang der Eiweißzersetzung aber aufklären kann, ist der N-Ansatz

selbst als regulierendes Mittel des für die Zerstörung disponiblen Eiweißes. Und wenn die N-Masse des Körpers eine ungleiche Anziehung für das Eiweiß besitzt, wenn die heruntergekommene, weit von ihrem Optimum des N-Gehalts abstehende Zelle *cet. par.* stärker Eiweiß anzieht als die bereits besser ernährte, haben wir in dieser Erscheinung abnehmenden N-Ansatzes einen von Tag zu Tag mit dem Anwuchs sich steigenden Moment für die Eiweißumsetzung. Denn nur das, was die Zelle nicht für sich, d. h. den Anwuchs verbraucht, bleibt für die Zersetzung frei.

Die N-Masse des Organismus tritt also in dreifacher Art bei der Regulierung des N-Umsatzes in Tätigkeit:

1. als Organmasse, welche ein bestimmtes energetisches Bedürfnis besitzt;
2. als Organmasse, welche bei reiner Eiweißzufuhr und bei physikalischer Regulation ein gesteigertes Maß an Energiezufuhr erfordert;
3. als Zellmasse mit variabler Eigenschaft, die je nach dem Ernährungszustande der Zelle bald mehr bald weniger Eiweiß zum Anwuchs beansprucht.

Nur wenn man alle diese Eigentümlichkeiten berücksichtigt, lassen sich die Vorgänge der Eiweißzersetzung in allen besonderen Fällen erklären und verstehen.

Nunmehr wollen wir die Beziehungen des N-Ansatzes zum Bestand des Körpers an N selbst einer zahlenmäßigen Betrachtung unterwerfen, namentlich auch, um die Frage zu behandeln, in welchem Grade von Tag zu Tag die N-Anziehung der Zellen abnimmt.

In der Reihe 20.—29. VI. sind die

Nahrungsmengen zum N-Bestand:	Jeweiliger Ansatz zum Bestand:
I. 3,20% pro 3 Tage	0,96% pro 3 Tage
II. 3,19 »	0,12% »
III. 3,31 »	0,43% »

In der darauffolgenden Reihe (II. S. 75):

Nahrungsmengen zum N-Bestand:		Jeweiliger Ansatz zum Bestand:	
I. 6,72	} 5,99 % p. 3 Tage	2,64	} 2,18 p. 3 Tage
II. 5,23		1,65	
III. 6,06	} 5,90 % p. 3 Tage	2,25	} 1,45 p. 3 Tage
IV. 6,09		1,42	
V. 5,84	} 5,63 % p. 3 Tage	1,49	} 0,93 p. 3 Tage
VI. 5,79		1,43	
VII. 5,71	}	0,94	}
VIII. 5,61		0,81	
IX. 5,57		1,02	

In der weiteren Reihe (S. 78):

I. 17,98	p. 3 Tage	5,94	p. 3 Tage
II. 15,67	»	5,02	»
III. 14,35	»	4,44	»
IV. 12,79	»	2,62	»

Die Versuchsergebnisse entsprechen also durchaus der Auffassung, daß die Anlagerung allmählich nachläßt und deshalb ein Ausgleich des N-Umsatzes eintritt. Ich sehe in der Zellfunktion des Ansatzes und Aufbaues die primäre und wichtigere Aufgabe, der dann mehr sekundär die weitere Verwertung des Eiweißes folgt, seine Spaltung, seine Verbrennung.

Bei reichlichem Überschufs sehen wir den Ansatz rascher zu Ende kommen als bei mäßigem, ich betone aber nochmals, daß hier die relative Nahrungsverminderung bei dem Versuch die Einstellung des Anwuchses mitbedingt hat, und daß deshalb das Experiment, wenigstens was die Dauer eines solchen N-Ansatzes anlangt, nicht exakt genug ausgefallen ist.

Man kann die Zahlen auch anders ordnen, indem man sie ungeachtet der Verschiedenheit der Reihen nach dem Ansatz pro 100 N Körperbestand zusammenstellt.

Dann sieht man Fälle, bei denen der gleiche tägliche (dreitägige) Ansatz vorhanden ist, z. B. bei A und B; ist das Tier

schon reich an N, so gehört relativ viel mehr N dazu, um diesen Ansatz zu erzielen, als wenn es herabgekommen ist: bei A für eine Änderung des N-Bestandes von 17 % die doppelte Nahrungszufuhr, bei B für 14 % N-Bestand mehr um 78 % in der Zufuhr. Ich will damit keine allgemein bindenden Werte geben, nur zeigen, daß für das Eiweiß und seine Wirkungen der Körperbestand, d. h. der Ernährungszustand wesentlich ist, und bei einseitiger Eiweißverarmung der N-Bedarf für Gleichgewicht offenbar stark abnimmt.

	Absoluter N-Bestand	auf 100 N am Körper gerechnet Nahrung	Ansatz
	267,2	17,88	4,94
	299,1	15,67	5,02
	331,0	14,35	4,44
A.	310,6	6,72	2,64
	363,7	12,79	2,62
	326,0	6,06	2,25
	318,8	5,25	1,65
	337,6	5,84	1,49
	343,8	5,79	1,43
	333,3	6,09	1,42
	354,7	5,57	1,02
B.	305,6	3,20	0,96
	348,7	5,71	0,94
	352,0	5,61	0,81
	321,9	3,31	0,43
	312,4	3,19	0,12

Den ganzen Verlauf des N-Ansatzes bei meinem Tier kann man am schönsten aus der umstehenden Kurve (Fig. 1, S. 58) ersehen. Sie zeigt uns die Zahlen je auf 100 Körper-N reduziert und gibt also ein Bild, wie die Anziehung der Zelle für N mit fortschreitendem besseren Ernährungszustand kleiner wird. Bei 60 % Eiweiß der Gesamtkalorien war schon nach 14 Tagen der Maximaleffekt erzielt, wären die Überschüsse gleichmäßig groß geblieben, so hätte der Ansatz noch länger gedauert. Bei 30 % der Kalorien

als Eiweiß dauert der Ansatz, wenn man die Kurve anzieht, bis gegen 38 Tage. Bei der kleinsten Zufuhr läßt sich eine Grenze genauer nicht angeben, da sehr kleine Ansätze natürlich schon methodisch nicht mehr nachweisbar sind, auch wenn sie bestehen mögen.

Wir sehen also, daß wir uns den Gang der Eiweißzersetzung so zu erklären haben, daß bei Aufnahme dieses Nahrungstoffes die Zellen versuchen werden, ihren Zustand zu ändern und zu verbessern. Dies wird am leichtesten möglich sein, wenn ihr energetischer Bedarf in anderer Weise als durch Eiweiß gedeckt wird.

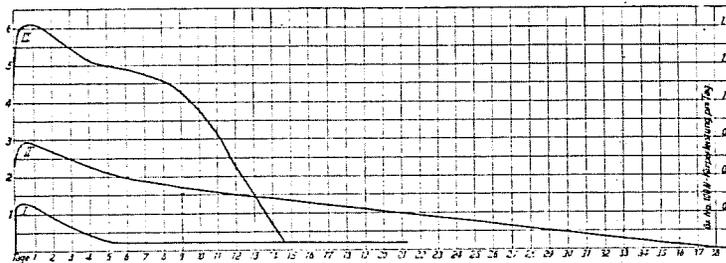


Fig. 1.

Mit der Hebung des Ernährungszustandes der Zelle, d. h. mit der Annäherung an das Optimum — das natürlich an eine bestimmte Größe der Nahrungszufuhr gebunden ist, — fällt die Anziehungskraft für das Eiweiß ab, das letztere wird zerstört.

Die Eiweißmenge (Prozentgehalt der Kalorien) wird ja in ihrer Größe den Ansatz begünstigen, weil mit steigender Menge die Dauer des Nahrungsstromes eine länger dauernde werden muß und schon hierdurch mehr Zeit für den Ansatz gewonnen wird.

Durch diese sich mit Hebung des Ernährungszustandes mindernde Anziehung übt die Zelle selbst, auch ohne ein weiteres Mittelglied wie Vorratseiweiß, einen wichtigen regulatorischen Einfluss auf die Zersetzung aus.

Die untersuchten Fälle betreffen also solche Versuchsbedingungen, bei denen ein größerer Überschuss der Nahrung hinsichtlich der Gesamtkalorien vermieden worden ist.

Dies ist absichtlich so geordnet worden, weil man bei Darreichung einer wirklich abundanten Kost auf weitere Komplikationen der Versuche stößt.

Was meine Versuche vor anderen voraus haben, ist das Bemühen unter möglichst einfachen Bedingungen zu arbeiten: gleiche Temperatur, gleiche Kalorienmenge, tunlichst gleicher Körperbestand; variiert ist nur die relative Beteiligung des Eiweißes am Aufbau der Kost. Mehr Eiweiß als 60% zu geben hatte keinen Sinn, da wir sonst zur einfachen Eiweißernährung, die ganz andere Resultate gibt, kommen müßten, denn diese bringt ja einen nennenswerten N-Ansatz, wie schon oben gesagt wurde, meist nicht zustande, oder nur bei so aufsergewöhnlichen Versuchsbedingungen, wie man sie gewöhnlich nur ein paar Tage durchführen kann.

Durch die vorliegenden Versuche ist also begründet, daß die beiden Hauptaufgaben, welche dem Eiweiß der Nahrung zufallen, Ersatz für die Abnutzungsquote, und wenn es möglich ist, Verbesserung des Zellbestandes, in erster Linie befriedigt werden, wenn im übrigen die Kost durch N-freie Substanzen keine überreichliche Inanspruchnahme des Eiweißes zu dynamogenen Aufgaben fordert. Die natürliche Ernährung des Säuglings aller Tierspezies, welche man näher kennt und über die ich a. O. berichten werde, hält sich innerhalb dieser Ernährungs- und Eiweißbreite.

Die Vorkommnisse sehr großer Eiweißumsätze sind nur aus dynamogenen Gründen möglich, für deren Erläuterung ich oben die theoretischen Grundsätze angeführt habe.

Wenn sonst dem Körper über das Maß seines Ansatzbedürfnisses Eiweiß aufgebürdet wird, ist es nutzloser Ballast, wird durch Spaltung entwertet, diese N-Umsätze sind kein Ausdruck für physiologische Vorgänge von höherer Dignität, sie beweisen keine Notwendigkeit der betreffenden N-Zufuhr.

Ausnutzung der Eiweißzufuhr für den Ansatz.

Der Ansatz von N ist bis jetzt einer näheren Untersuchung nicht unterzogen worden, daher will ich diese Frage an der Hand meiner Experimente noch etwas allgemeiner behandeln:

Die hier an einem Hunde von 10 kg Lebendgewicht erhaltenen Ergebnisse werden sich unter analogen Bedingungen bei größeren und kleineren Tieren derselben Spezies und vermutlich auch bei anderweitigen Organismen wieder anwenden lassen, nur müssen sie auf deren Kraftwechselverhältnisse übertragen werden.

Die analogen Verhältnisse sind begründet: a) in der Nahrung; diese muß entsprechend zusammengesetzt sein. Es empfiehlt sich also vom Nahrungsbedarf des hungernden Tieres auszugehen und diesen dann durch eine Kost zu decken, in der das Eiweiß in dem bestimmten Verhältnis vertreten ist. b) in dem Körperzustande, insofern das Tier, sollen ähnliche Ergebnisse gefunden werden, im gleichen Grade vom Optimum des Bestandes der Zellen entfernt sein muß. Die Nahrungswerte auf 1 kg Gewicht oder auf 100 N des Körpers berechnet, müssen selbstverständlich bei Tieren verschiedener Größe verschiedene sein, da diese ja von der absoluten Körpergröße und den durch das Oberflächengesetz bedingten Größen des Kraftwechsels abhängen müssen.

Wenn man die in der Zeiteinheit pro Kilogramm Tier erreichten N-Ansätze als Ansatzgeschwindigkeit bezeichnet, so ist es eine einfache Forderung der Logik, daß diese der Stoffwechselintensität des Tieres proportional sich verhalten muß. Je kleiner ein Tier, um so lebhafter sein Umsatz an Nahrungsstoffen, um so energischer sein Zerfall beim Hunger. In der Zeiteinheit kommt das kleine Tier rascher herunter als ein großes.

Dieser Funktion gegenüber steht die andere der Ernährung, die beim kleinen viel intensiver ist, und ebenso muß es mit der Funktion des Wiederersatzes, des Aufbaues etc. sein.

Die größere Nahrungsmenge von Eiweiß, die beim kleinen Tier auf 100 Körper N trifft, muß vorhanden sein, um den schnellen Aufbau zu erzielen. Die absoluten Gewichte des Anwuchses (pro 100 Körper N) sind beim kleinen Tiere folgerichtig viel größer in der Zeiteinheit.

Die Ansatzgeschwindigkeit ist also eine Funktion, die von der Körpergröße abhängig ist, und der sich im Bedarfsfalle die Nahrungszufuhr akkommodieren muß.

Ansatzgeschwindigkeit und Wachstumsgeschwindigkeit brauchen aber nicht gleichartige Größen zu sein. Die erstere ist während der ganzen Lebenszeit vorhanden, die letztere nur temporär und in abnehmender Intensität mit fortschreitender Entwicklung des Individuums.

Auch die morphologischen Unterlagen der Regeneration und des Wachstums sind außerordentlich verschiedene. Die Geschwindigkeit des Wachstums in der ersten Lebenszeit kann man aus Feststellungen von Bunge, betreffs der Verdopplungszeit der Neugeborenen ansehen. Ich gebe seine Zahlen nachstehend wieder.

	Körpergewicht bei der Geburt kg	Das Körpergewicht wird ver- doppelt nach Bunge in x Tagen
Meerschweinchen	0,05	13
Kaninchen	0,06	6
Katze	0,12	9
Hund	0,28	8
Schwein	1,50	16
Mensch	3,00	180
Schaf	3,90	12
Rind	35,00	47
Pferd	50,00	60

Ohne in die Probleme des Wachstums näher eintreten zu wollen, da diese in einer besonderen Abhandlung Erörterung finden sollen, kann man sagen, daß zwischen Ansatzgeschwindigkeit, die ja dem Stoffwechsel genau folgt, und Wachstumsge-

schwindigkeit einfache elementare Beziehungen nicht bestehen können.

Für einen annähernden Vergleich eignen sich die Zahlen für Mensch und Schaf. Da sie beide bei der Geburt etwa gleich schwer sind, so stimmt auch der Energieverbrauch beider überein, und die Erscheinungen des Hungers müssen demgemäß gleichartig ablaufen, ferner ebenso der Aufbau zugrunde gegangener Substanz, der Ansatz. Da aber das Kind erst in 180 Tagen, das Schaf schon in 12 Tagen sich verdoppelt, so ist das Wachstum bei ersterem fünfzehnmal langsamer als beim Schaf. Daraus kann man auch folgern, daß das Nahrungsmaterial, welches in beiden Fällen beim Wachstum verwertet und beansprucht wird, außerordentlich verschieden an Menge sein muß. Das Wachstum ist ein Prozeß, der nicht von der ganzen Ernährung losgelöst ist, wo viel Wachstum ist, muß viel Nahrung verzehrt werden. Das langsame Wachstum des Menschen, muß mit einer relativ geringen Nahrungsaufnahme einhergehen, dies werde ich später auch beweisen.

Nachdem nun die allgemeine Wirksamkeit der Zellanziehung auf den Ansatz einerseits und in ihrer Rückwirkung auf den Eiweißumsatz erledigt worden ist, kann man sich auch noch mit der Frage beschäftigen, in welchem Maße bei steigenden Eiweißmengen in der Kost die Verwertung des Eiweißstromes für die Zwecke des Ansatzes ausgewertet wird. Die Nahrungsüberschüsse allein sind niemals das Entscheidende, sondern immer nur der Zustand der Zelle.

Die Ernährung kann in zweierlei Variationen vorgenommen werden, entweder man führt dieselbe Kalorienmenge zu unter Variation des Eiweißgehaltes, oder man beläßt die Nahrung insoweit bei gleicher Zusammensetzung, als man ihr den gleichen Gehalt an Eiweiß gibt, steigert aber die täglich gereichte Calorienmenge.

Des letzteren Falles bedient sich meistens die Natur beim Wachstum der Tiere wie der Menschen; ich werde auf ihn in einer späteren Arbeit näher eingehen, betrachte hier nur die Variation des Eiweißgehaltes.

Damit wir nicht mit zwei Unbekannten operieren, müssen wir von Zuständen gleicher Körperbeschaffenheit ausgehen.

Das Resultat, das ich vorausschicke, ist: Die Anlagerung verläuft nicht proportional dem Überschufs.

Was ist als Eiweißüberschufs zu betrachten? Oben ist nachgewiesen, daß der Körper meiner Versuchstiere mit jener Eiweißmenge, die er im Hunger verbrauchte, in minimo sich auch bei Fütterung einstellte. Eine Zufuhr, die also mehr als diese Eiweißmenge bringt, stellt einen Überschufs dar. Die Versuchsergebnisse sind folgende gewesen:

Verhältnis des eingeführten N (Nahrung) zum Körperstickstoff.		Mittlerer Bestand Zufuhr p. Tg. auf 100 N: p. 3 Tage	
Die kompletten Reihen betrachtet:	(21.—29. VI.)	I 308,1 N	3,37 = 1,09 % 3,27
	(20. VI.—24. VII.)	II 332,9	6,58 = 1,98 5,94
	(16. VIII.—28. VIII.)	III 295,5	15,84 = 5,36 16,08
Zieht man von der Zufuhr den kleinsten N-Umsatz ab (2,72 bis 2,51 g N pro 100 Körper-N, so hat man als Überschufs die Zufuhr über die Erhaltungsquote (für 3 Tage berechnet):			

I. 0,56 (1)	Ansatzquote	} 0,513 (1) 1,611 (3,13) 4,77 (9,30)
II. 3,23 (5,7)	im Verhältnis	
III. 13,57 (20,6)	zum Körper-N.	

Vom Überschufs obiger Definition ist angesetzt worden:

- I. 91,6 %
- II. 49,9 %
- III. 34,4 %

Wenn ich in dieser Berechnung den Gesamtdurchschnitt jeder Reihe nehme, so werden ungleich lange Perioden verglichen, eine 25tägige Periode z. B. in II, eine 12tägige in III. Dies gibt insofern aber doch ein gutes Bild der Wirkungen mit Bezug auf die Verwertung des Nährmaterials als die anziehenden Kräfte des Ansatzes von einem Maximum = Beginn des Versuches bis auf ein Minimum = Ende des Versuches, dem Zeitpunkt, der in der Tat fast mit dem N-Gleichgewicht, also dem Ende der Anziehungskraft, abschloß, fortschreiten.

Der Nutzeffekt des Überschusses über den minimalsten Eiweißkonsum war also am günstigsten bei der kleinsten Zufuhr und am geringsten bei der großen Zufuhr.

Zu keinem anderen Resultate kommt man, wenn man nicht die ganze Periode der Versuche, sondern nur gleich lange Teile herausgreift.

Ich nehme von jeder Reihe neun aufeinanderfolgende Tage und ziehe wie oben den Hungerumsatz als Minimalbedarf von der Zufuhr ab (auf je 100 N am Körper berechnet) und vergleiche diesen, also den dem Nahrungsüberschuss entsprechenden Wert mit dem erzielten Ansatz, dann hat man:

Wirklicher absoluter N-Bestand, bei dem der Versuch ausgeführt wurde	p. 100 N am Körper Nahrungsüberschuß	Ansatz
313,3	0,55	0,51
318,4	3,30	2,28
299,1	13,44	5,13

Der absolute N-Bestand liegt sich so nahe, daß die Reihen als gute Vergleiche dienen können.

Daraus folgt: von 100 Teilen im Überschuss zugeführtem N kommen zum Ansatz

92,7
66,0
38,1

also am meisten wurde relativ bei kleinen Überschüssen das Eiweiß angezogen. Die Ursache dafür kann sein:

1. die leichtere Zerlegung des in großen Mengen eingeführten N, weil dieser nicht sofort angesetzt werden kann und dynamogen benutzt wird,
2. die Begrenzung des N-Ansatzes in der Zeiteinheit überhaupt.

Die relativen Zahlen des Nahrungsüberschusses zeigen folgendes Bild:

Überschufs		Ansatz	
1		1	
1	6	4,4	1
4,1	24,4	10,1	2,3

Der Ansatz nimmt also in dem Sinne ab, daß bei größeren Überschüssen der Nutzeffekt nicht gleichmäßig, sondern stärker sinkt als bei den geringen Überschüssen.

Nun ist aber noch der Einfluß des Vorratseiweißes zu betrachten. Aus meinen Versuchen sind nur 2 Fälle schätzbar. Nach dem Auffütterungsversuch mit 183 Fleisch war die N-Ausscheidung am ersten Hungertag 5,51, während bei 2,71 % Hungerumsatz pro 100 N am Körper nur 0,96 pro Tag im Harn hätten erscheinen sollen, also

$$\begin{array}{r} 5,51 \\ - 0,96 \\ \hline 4,55 \text{ g} = \text{Vorratseiweiß,} \end{array}$$

die sich im Laufe der ersten Fütterungstage gebildet haben müssen; rund 1,3 % des Bestandes, oder wohl etwas mehr, da am 2. Hungertag in der Regel noch ein Plus erscheint, das hier nicht bestimmt wurde. Analog beim Versuche mit 430 Fleisch.

$$\begin{array}{r} + 8,45 \text{ am ersten Hungertag} \\ \text{während } 0,81 \text{ erscheinen sollten} \end{array}$$

also mehr + 7,64 = 2,3 % des N-Bestandes,

an den nächstfolgenden Tagen wäre sicher noch weiter eine Mehrausscheidung von N erschienen.

Der wirkliche N-Ansatz und Organansatz kann also namentlich bei reichlicher Eiweißzufuhr sogar noch etwas überschätzt werden und bei großen Überschüssen das Anwachsen des Organ-N noch kleiner sein als angenommen.

Die Menge des Vorratseiweißes wächst offenbar rascher als die zugeführte Eiweißmehrung ausmacht. Bei kleineren Eiweißmengen als bei 15 % Eiweißkalorien ist es überhaupt nicht nachzuweisen. Dies gilt nur für Eiweiß-Fettgemische.

In vielen Fällen der menschlichen Ernährung spielt das Vorratseiweiß offenbar gar keine Rolle; es wäre aber immerhin erwünscht, diese Frage des Vorratseiweißes mit den moderneren Versuchsverfahren wieder aufzunehmen, da die älteren Experimente zu weiteren Betrachtungen keine Unterlage geben und nicht aus-

66 Theorie der Ernährung nach Vollendung des Wachstums.

geschlossen erscheint, daß das Vorratseiweiß mit manchen Eigenlichkeiten des Organismus, die zu den eigentlichen Bilanzproblemen nicht gehören, in Zusammenhang steht.

Die Ungleichheit der Anziehung für Eiweiß macht sich auch geltend, wenn man einen einzelnen Fütterungstag in seine Teile zerlegt; in den ersten Stunden des Tages ist die Zersetzung sehr gesteigert, da in der Zeiteinheit stets nur ein bestimmtes Maximum an Eiweiß abgelagert werden kann, der Überschuss also zersetzt wird.

Mit der Erhöhung des Gehaltes der Nahrung an Eiweiß, das folgt auch aus diesen Betrachtungen, steigt für den Körper die Notwendigkeit, dasselbe für die rein dynamischen Zwecke zu verwerten und somit muß ja die Ausnutzung für den Ansatz sinken, um bei voller Eiweißernährung auf ein gewisses Minimum abzusinken (s. auch nächsten Abschnitt).

Nutzeffekt einer Nahrung wechselnden Eiweißgehaltes hinsichtlich des N-Ansatzes.

Ich muß nun noch zu einem anderen Problem Stellung nehmen, nämlich zur Frage des Nutzeffektes einer Fütterung überhaupt. Ist es rationeller, mit kleinen oder großen Eiweißmengen den Ansatz zu betreiben? Diese Frage ist durch das eben Erörterte, nämlich durch den Umstand, daß von kleinen Überschüssen relativ mehr übrig bleibt als von großen, durchaus nicht entschieden.

Denn für den Nutzeffekt kommt es nicht allein darauf an, daß von dem Überschuss relativ viel zurückbehalten wird, sondern nur darauf, wie lange Zeit notwendig ist, um ein Gleichgewicht zu erzielen. Wenn bei kleinen Überschüssen der Eiweißüberschuss über den Minimalbedarf gut ausgenutzt wird, so kann der Gesamtnutzeffekt dadurch wieder in Frage gestellt werden, daß das N-Gleichgewicht erst sehr spät eintritt, und daß man deshalb viele Tage für die Befriedigung des Eiweißminimums zu sorgen hat.

Wenn ich auf die gestellte Frage vielleicht auch noch keine absolut exakte Antwort zu geben vermag, so liegt es darin, daß solche Probleme erst nach Abschluss und Durchrechnung der Versuche uns entgegentreten, immerhin gibt mir das vorliegende Material doch schon ein recht zutreffendes Bild.

Über die Frage, was günstiger sei für den Ansatz, eine große Eiweißzufuhr oder eine kleinere, scheinen die Akten sozusagen ganz geschlossen. Man steht allgemein auf dem Standpunkte C. Voits, wie er denselben (Zeitschr. f. Biol. V, S. 344) niedergelegt hat. Voit meint damals, daß bei reiner Eiweißzufuhr der Ansatz sehr gering sei und schnell ein Gleichgewicht eintrete. Bei Mischungen von Eiweiß und Fett werde bei mittleren Gaben von Fleisch am meisten Ansatz gewonnen. Bei größeren Eiweißgaben vermehrte sich das zirkulierende Eiweiß zu schnell.

Nähere Definition hat diese mittlere Eiweißmenge nicht gefunden. Ich muß aber auch zugeben, daß die Versuche, welche von Voit zusammengestellt wurden — besonders der Fragestellung gewidmete Experimente liegen nicht vor — zum Entscheid nicht herangezogen werden können. Es wird durch diese Zusammenstellung (Biol. V, S. 344) nur ausgeführt, wieviel im ganzen an Ansatz eingetreten sei und wie lange der Ansatz dauerte. Die einzelnen Reihen liegen Jahre auseinander, so daß man nicht nur nicht sicher weiß, ob der Hund unter denselben körperlichen Zuständen sich befand, vielmehr mit Bestimmtheit das Gegenteil annehmen muß. Die Größe der Kalorienzufuhr ist ganz und gar verschieden gewesen, das Körpergewicht nicht in Rechnung gezogen. Ich gebe daher die auf N (statt Fleisch) umgerechneten Tabellen (S. 68) zugleich mit dem Kalorienwert der Kost.

Wenn man die Tabellen durchsieht, ist nur die eine Tatsache für einen lang dauernden Ansatz verwertbar, daß der Hund bei 500 Fleisch und 250 Fett in 32 Tagen 61,0 g N ansetzte, aber auch bei 1800 Fleisch und 30—150 Fett werden in 23 Tagen immerhin 30,2 g N angesetzt. Im ersten Falle macht das

Eiweifs 15,8, im letzteren 61 % der Gesamtkalorien aus. Ob aber im letzteren Falle der Hund wirklich gleich N-arm war, im Jahre 1863 wie im Jahre 1858, das weifs man nicht. So lange Zeitintervalle eignen sich überhaupt nicht für beweisende Versuche. Ich würde also nicht in der Lage sein, etwas auszusagen, ob bei dem geringen langsamen N-Ansatz schliesslich mehr erreicht wird als bei höherem Prozentsatz von Eiweifs in der Kost.

Zahl der Tage	Datum	Fleisch	Fett	N der Zufuhr	Eiweifs-Kal.	Fett-Kal.	Summe der Kal.	Da-von Eiweifs-Kal. in %	Ansatz von N im ganzen	Ob N-Gleichgewicht
32	6. XII - 6. I. 58	500	250	17,0	442	2350	2792	15,8	61,0	noch nicht
3	6. - 9. I. 58	750	250	25,5	663	2350	3413	19,4	9,3	nahezu
5	30. XII - 4. I. 61	800	200	27,2	707	1880	2587	27,3	5,1	ja
4	22. - 26. XI. 60	800	200	27,2	707	1880	2587	27,3	10,8	noch nicht
3	27. - 30. XI. 60	800	200	27,2	707	1880	2587	27,3	12,9	,
3	9. - 12. I. 58	1000	250	34,0	884	2350	3234	27,3	12,8	nahezu
3	12. - 15. I. 58	1250	250	42,5	1105	2350	3455	32,0	4,1	,
4	15. - 19. I. 58	1500	250	51,0	1326	2350	3676	36,0	16,1	,
3	19. - 22. I. 58	1500	350	51,0	1326	3290	4616	28,7	5,4	,
10	22. - 31. I. 62	1500	150	51,0	1326	1410	2726	48,5	3,5	ja
23	9. III. - 9. IV. 63	1500	30 - 150	51,0	1326	846	2172	61,0	30,2	nahezu
7	1. - 8. IV. 59	1800	250	61,2	1591	2350	3941	40,3	29,0	ja
3	12. - 15. I. 59	2000	250	68,0	1768	2350	4118	42,9	12,0	nahezu

Der Effekt der A uffütterung, der überhaupt sich erzielen läfst, läfst sich aus meinen Versuchen am besten entnehmen, wenn man die Ergebnisse der Experimente in Kurvenform betrachtet. (Fig. 2, S. 69.)

Ich habe die Resultate nach der Menge des Ansatzes in g N pro Tag, wie er unmittelbar erhalten wurde, eingetragen und durch Linien verbunden. Die Kurven zeigen grosse Schwankungen, die nicht wohl in Versuchsfehlern liegen können. Die Abnahme des Ansatzes erfolgt erst allmählich, dann rascher. Man kann aus den Kurven, indem man sie zur Abszisse verlängert,

schätzen, wieviel etwa noch an N angesetzt sein würde, wenn man die Versuche bis zum Gleichgewicht gebracht hätte. Die Werte mit den kleinsten Eiweifszahlen eignen sich wegen der Unsicherheit der geringen absoluten Gröfsen nicht wohl zu weiterer Behandlung, wohl aber die beiden anderen Reihen.

Bei II, d. h. einer Mischung von 30 % Fleischkalorien und 70 Fettkalorien waren 44,61 N angesetzt worden, dazu nach Schätzung in graphischer Darstellung noch weiter + 6,75 bis zum Gleichgewicht, im ganzen also 51,43 g Nutzeffekt und Ansatz. Bei III wurden direkt beobachtet 56,61 g N, dazu nach Schätzung 6,85 N = Summa 63,46, sonach wäre der Effekt bei 60 % Fleischkalorien und 40 % Fettkalorien etwas günstiger als

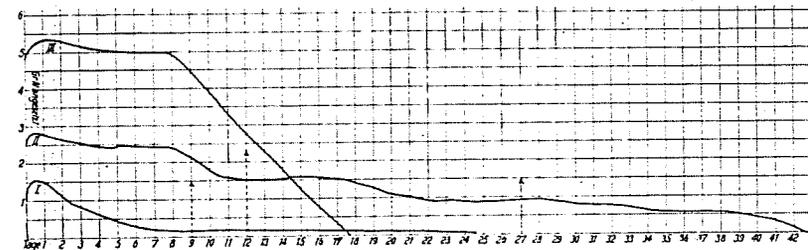


Fig. 2.

bei der halben Menge Fleisch, aber in obigen Zahlen stecken noch mindestens 4,55 N für II und 7,64 N für III, die als Vorrats-eiweifs angenommen werden müssen; ja sicher ist dieser Wert III erheblich zu klein. Legt man auf Organbildung selbst Wert, so scheint in der Ansatzfähigkeit einer Kost mit 30 % und einer solchen mit 60 % Eiweifs kein Unterschied gegeben, nur die Zeit ist sehr different, denn bei 30 % Fleischkalorien wird in 38 Tagen als Ansatz erzielt, was bei 60 % schon in 15 Tagen erreicht wurde. Auch wenn man im letzteren Falle die Bildung der begrenzten Menge Vorrats-eiweifs als etwas Minderwertiges in Erwägung zieht, bleibt vom ökonomischen Standpunkte zu beachten, dafs in dem einen Falle der Stoffwechsel 38 Tage, im andern nur 15 Tage gewissermassen dem Ansatz angepaßt sein mufs. Ersparnis an Zeit kann auch ein beachtenswerter Gesichtspunkt für den Ansatz sein.

Überschreitet man in der Kost die Grenze von 60 % Eiweißkalorien, so wird voraussichtlich sehr schnell die Ansatzmöglichkeit herabgesetzt, wir nähern uns mehr und mehr der reinen Eiweißkost.

Auch wenn durch vorherige Abmagerung die Bedürfnisse für den Ansatz sehr günstige sind, hat die ausschließliche Eiweißfütterung nur beschränkten Wert. Voit ist dabei wohl etwas zu weit gegangen, wenn er meint, bei reiner Eiweißkost werde nur zirkulierendes und kein Organeiweiß gebildet. Man kann sehr wohl zeigen, daß auch bei ausschließlicher Eiweißzufuhr Organbildung eintritt. Immerhin erfordert dies Verhalten eine nähere Erklärung, die man früher damit erledigt hielt, daß eben reine Eiweißzufuhr nur zirkulierendes Eiweiß bilde, das seinerseits gleich wieder zerlegt werde. Das ist aber schließlich keine Erklärung des Vorganges. Die wahre Veranlassung für den immerhin befremdenden geringen Ansatz großer Eiweißmengen ist eine ganz einfache.

Zurzeit liegen weder in der alten noch in der neuen Literatur ad hoc angestellte Versuche über die Ansatzmöglichkeit bei reiner Eiweißgabe vor, denn darunter verstehe ich solche, die an einem systematisch für den Ansatz vorbereiteten Tier ausgeführt wären. Man kann ja sagen, die ganze Frage hat kaum eine praktische Bedeutung für den Menschen, sie besitzt sie aber für die Theorie des Eiweißumsatzes. Indes auch ohne solche spezielle Versuche kann man die ungünstige Rolle großer Eiweißmengen für den Ansatz leicht verstehen, wenn man die energetischen Verhältnisse heranzieht.

Man darf sagen, wenn es auch paradox klingt, — es ist nie so wenig Eiweiß für den Ansatz vorhanden als bei reiner Eiweißkost, denn dabei wird ja das Eiweiß für dynamogene Zwecke verbraucht und ein nachhaltiger Ansatz ist überhaupt nur möglich, wenn mindestens durch die Eiweißzufuhr nicht nur der ganze Kalorienbedarf gedeckt, sondern auch noch ein Überschuss eben für den Ansatz dazu gereicht wird.

Nur ganz ausnahmsweise, d. h. bei sehr niedriger Lufttemperatur, gelingt es, die Überschüsse der Eiweißnahrung über

den Bedarf ohne weiteres zum Ansatz zu bringen. Das sind aber für letzteren überhaupt sehr ungünstige Bedingungen, weil bei niedriger Temperatur (für den Menschen kommt es überhaupt nicht in Betracht) der Stoffwechsel enorm erhöht ist. Bei mittlerer Temperatur kommt die spezifisch dynamische Wirkung des Eiweißes in Betracht, die erst bei 40 % Nahrungsüberschuss über den Hungerbedarf das erste dauernde Nahrungsgleichgewicht schafft, für Ansatz wird also noch weit mehr an Eiweiß gefordert. Mit steigendem Ansatz wächst aber bei Eiweiß auch der Kalorienbedarf für den Anwuchs rascher als bei jeder anderen Nahrungskombination. Nutzlose Vergeudungen des Nahrungsmaterials sind also die notwendige Folge.

Im allgemeinen werden sich schon mit Werten, die bei 30—40 % Eiweißkalorien liegen, alle rationellen Zwecke des Ansatzes erreichen lassen, geht doch auch die Natur beim Wachstum des Säuglings in der ganzen Tierwelt über die Grenze von 40 % Eiweißkalorien überhaupt nicht hinaus.

Jede Theorie der Ernährung muß, wie ich besonders auch für die Eiweißzersetzung gezeigt habe, von dem Zustand der Zelle ausgehen. Dem letzteren entsprechend bestehen bestimmte Bedürfnisse der Eiweißzufuhr. Das wichtigste unentbehrlichste Bedürfnis ist der Wiederersatz der Abnutzungsquote, das zweite Moment besteht in der Änderung des Ernährungszustandes. Die N-freien Stoffe haben auf die Äußerung beider nicht den geringsten Einfluß; insbesondere kann Fett an sich nicht entscheiden, ob Eiweiß angesetzt oder gespalten werden muß. Die energetischen Aufgaben der Ernährung können die N-freien Stoffe ganz allein übernehmen; es ist bis jetzt nicht zu erweisen, daß N-haltige Stoffe überhaupt zu energetischen Zwecken gespalten werden müssen. Kohlehydrate sind wegen der leichteren Verteilung im Nährstrom und wegen der fast arbeitslosen Abschiebung des Fettes in die Depots den letzteren überlegen. Sie sind es auch nach der Richtung der Unterdrückung des Eiweißverbrauchs für dynamogene Zwecke. Für die Bedürfnisse der Abnutzungsquote ist kaum ein höherer Gehalt der Kost als 4—5 % Eiweißnatron nötig (Reinkalorien).

Bedarf die Zelle der Zustandsverbesserung, so sind Zusätze an Eiweiß notwendig, die ihr Ziel des Anwuchses innerhalb bestimmter Grenzen um so rascher erreichen, je mehr sie Eiweiß bieten. Überschüsse von Eiweiß, die zum schnelleren Ansatz führen, bedingen auch bereits eine Verwertung des Eiweißes für dynamogene Zwecke an Stelle der vorher für diese Funktion benützten Kohlehydrate. Mit dem Anwuchs wird ein Teil des Nahrungseiweißes entbehrlich und wird dann für dynamogene Zwecke benutzt. Vorratseiweiß findet man, wenn das Eiweiß in erheblichem Prozentsatz sich an der Verbrennung beteiligt: kaum bei 15 % Eiweißkalorien, wenig bei 30 %, mehr dagegen bei 60 %.

Reine Eiweißkost gibt keine günstige Ausbeute für den Ansatz, weil der größte Teil des Eiweißes ja für dynamogene Zwecke dient und gar keinen Nahrungsüberschuss zum Zwecke des Anwuchses darstellt. Sie steigert durch die spezifisch dynamische Steigerung der Verbrennung sogar unökonomisch den Energieverbrauch. In Nahrungsgemischen, die an sich zur Erhaltung des Organismus hinreichen, ist die weitere Beigabe von Eiweiß zwecklos, da dasselbe der Spaltung unterliegt und als wertloser Ballast der Denaturierung verfällt.

Die Theorie der Eiweißzersetzung läßt sich nicht als ein stofflicher Vorgang, sondern nur als ein biologischer Vorgang auffassen, der neben den materiellen Zellbedürfnissen den Energiebedarf und die regulatorischen Verhältnisse des Eiweißbedarfs des Gesamtorganismus gleichmäÙig berücksichtigt.

Hund „Guste“. Hungerversuch I. N aus Fleisch zugeführt.

Datum	Aufnahme				Ausgaben			Gewicht	Temperatur des Köttes in °	Bemerkungen
	Speck	Fleisch		Wasser	Harn		Kot			
	g	g	N	ccm	ccm	N	N			
31. V.	78	—	—	280	310 +	6,99		12,180	22	8 h Knochen
1. VI.	78	—	—	100	135	3,96		11,820	21,5	
2. „	78	—	—	100	105	3,06		11,670	20	
3. „	78	65	3,06	190	120	3,92		11,450	21	
4. „	78	65	3,06	120	100	4,24		11,310	20	
5. „	78	—	—	130	120	2,91	Kot (Trockengewicht = 43,3 g) enthält 2,06 g N, d. i. pro die 2,2 g Trockengewicht, 0,1 g N.	11,270	21	
6. „	78	—	—	300	120	3,07		11,170	21,5	
7. „	78	—	—	300	100	3,05		11,170	21	
8. „	78	52	2,05	130	120 +	3,89		11,170	21	
9. „	78	52	2,05	200	140	3,79		11,050	21	
10. „	78	—	—	290	—	(2,97)		11,020	18	
11. „	78	—	—	200	75 +	2,76		11,020	18	
12. „	78	—	—	290	130	3,19		10,970	21	
13. „	78	52,5	3,19	200	100 +	3,63		10,920	21	
14. „	78	52,5	3,19	200	115	4,09		10,850	20	
15. „	78	—	—	200	115	2,87		10,800	20,5	
16. „	78	—	—	200	100	2,83		10,750	21	
17. „	78	—	—	200	60 +	2,87		10,740	20	
18. „	erbrochen			200	—	—		10,670	20	
19. „	—	—	—	500	40 +	3,38		10,140	20	
20. „	—	—	—	300	30 +	3,47		10,420	20	
21. „	60	92	3,24	200	80 +	2,14		10,400	20	

Hund „Guste“. Auffütterungsversuch I und II.

- Anmerkung zu Hungerversuch I.
10. VI. Hund soll Uringlas umgestoßen haben.
18. VI. 8 h a. m. Nahrung freiwillig nicht genommen, daher hineingestopft; nach einigen Stunden alles (?) erbrochen. Durchfall.
19. VI. 8 h a. m. in der Nacht Harn u. diarrh. Kot gelassen. Analyse des Harns vom 18. VI. also nicht möglich. Katheterisiert und Blase ausgespült.
19. VI. 8 h p. m. seit Morgen kein Durchfall. Knochen, von denen er einen Teil sogleich frisst.
20. VI. 8 h a. m. hat die Knochen gefressen; scheint sich erholt zu haben.
- Katheterisiert wurde die Hündin 2 mal täglich sogleich nach dem Verlassen des Käfigs; am Morgen wurde außerdem die Blase mit angewärmtem Wasser nachgespült, ebenso der Käfig, falls spontan Harn entleert war. Die vereinigten Harnmengen von 24 Stunden wurden auf 500, meistens 1000 ccm aufgefüllt, davon 2 mal je 10 ccm analysiert.
- Kot¹⁾ wurde durch Knochen abgegrenzt: vom 31. V. 8 h a. m. bis 19. VI. 8 h p. m. = 19 1/2 Tage.
- Geringe Verluste am 18. u. 19. VI. infolge des Durchfalls??
- Körpergewicht wurde bestimmt an jedem Morgen, nachdem die Hündin nach dem Verlassen des Käfigs zunächst katheterisiert war.
- 1) 1 g Kot enthält N: I. 0,0479 } 0,0476.
II. 0,0473 }

Datum	Aufnahme			N-Abgabe			N-Differenz	Gewicht	Temperatur des Käfigs	Bemerkungen Zufuhr 3,374 N
	Speck	Fleisch		Harn	Kot	Summe				
		g	g							
20. VI.	—	—	—	3,47	0,08	—	—	10,420	20	19./20.VI. Knochen.
21. „	60	92	3,24	2,14	0,08	2,22	+ 1,02	10,400	20	Knochenkot
22. „	60	92	3,24	2,10	0,08	2,18	+ 1,06	10,300	20	
23. „	60	92	3,30	2,34	0,08	2,42	+ 0,88	10,390	20	Kot
24. „	60	92	3,30	2,37	0,08	2,95	+ 0,35	10,390	20,5	
25. „	60	92	3,30	3,35	0,08	3,43	- 0,13	10,440	20	I.
26. „	60	92	3,30	3,05	0,08	3,13	+ 0,17	10,470	20	
27. „	60	92	3,30	2,72	0,08	2,80	+ 0,50	10,420	21	29./30.VI. Erbrechen
28. „	60	92	3,69	3,30	0,08	3,38	+ 0,31	10,340	20	
29. „	60	92	3,69	3,3	0,08	3,10	+ 0,59	10,380	20	
30. „	49	183	7,34	3,91	0,08	3,99	+ 3,35	10,270	20	II.
1.VII.	49	183	7,34	4,23	0,08	4,31	+ 3,03	10,290	20	
2. „	49	183	6,22	4,30	0,08	4,38	+ 1,84	10,380	21	Kot
3. „	49	183	6,22	3,75	0,08	3,83	+ 2,39	10,380	21	
4. „	49	183	6,22	3,71	0,08	3,79	+ 2,43	10,470	21	II.
5. „	49	183	6,22	3,75	0,08	3,83	+ 2,39	10,420	21	
6. „	49	183	6,22	4,12	0,08	4,20	+ 2,02	10,470	21	Kot
7. „	49	183	6,77	4,21	0,08	4,29	+ 2,48	10,500	21	
8. „	49	183	6,77	3,88	0,08	3,96	+ 2,81	10 540	23	II.
9. „	49	183	6,77	4,84	0,08	4,92	+ 1,85	10,570	23	
10. „	49	183	6,77	5,17	0,08	5,25	+ 1,52	10,570	22	Kot
11. „	49	183	6,77	5,33	0,08	5,41	+ 1,36	10,350	22	
12. „	49	183	6,57	4,86	0,08	4,94	+ 1,63	10 390	22	II.
13. „	49	183	6,57	4,99	0,08	5,07	+ 1,50	10,410	22	
14. „	49	183	6,57	4,45	0,08	4,53	+ 2,04	10 470	23	Kot
15. „	49	183	6,57	4,56	0,08	4,64	+ 1,93	10,530	23	
16. „	49	183	6,66	5,38	0,08	5,46	+ 1,20	10,470	26	Schluss = 255,3 N a. b.
17. „	49	183	6,66	4,83	0,08	4,91	+ 1,75	10,440	27	
18. „	49	183	6,66	5,85	0,08	5,93	+ 0,73	10,570	24,5	8 h a. m. Knochen. Kot
19. „	49	183	6,66	5,10	0,08	5,18	+ 1,48	10,590	23	
20. „	49	183	6,59	5,45	0,08	5,53	+ 1,06	10,590	22	Kot
21. „	49	183	6,59	5,45	0,08	5,53	+ 1,06	10,620	22	
22. „	49	183	6,59	5,31	0,08	5,39	+ 1,20	10,610	22	Kot
23. „	49	183	6,59	6,06	0,08	6,14	+ 0,45	10 600	22	
24. „	49	183	6,59	5,33	0,08	5,41	+ 1,18	10,580	23	Kot
25. „	70	—	—	5,41	—	—	—	10,630	23	

Anmerkung zu Auffütterungsversuch I und II.

Fleisch, geschabtes Rindfleisch.

21./22. VI.	I. 0,0349	} 0,0352 g N in 1 g Fleisch.
	II. 0,0355	
23. bis 27. VI.	I. 0,0357	} 0,0359 „ „ „ „ „
	II. 0,0361	
28. VI. bis 1. VII.	I. 0,0409	} 0,0401 „ „ „ „ „
	II. 0,0393	
2. VII. bis 6. VII.	I. 0,0341	} 0,0340 „ „ „ „ „
	II. 0,0338	
7. VII. bis 11. VII.		0,0370 „ „ „ „ „
12. VII. bis 15. VII.		0,0359 „ „ „ „ „
16. VII. bis 19. VII.	I. 0,0362	} 0,0364 „ „ „ „ „
	II. 0,0366	
20. VII. bis 24. VII.	I. 0,0364	} 0,0360 „ „ „ „ „
	II. 0,0356	

Speck wie früher.

Nahrung wurde in drei Tagesrationen gegeben, außerdem pro Tag 200 ccm Wasser.

Kot mit Knochen abgegrenzt vom 20. VI. bis 25. VII. = 35 Tage.

Trockengewicht 53,5 g, d. i. pro die 1,7 g.
N-Gehalt 2,70 g, d. i. pro die 0,08 g.

Hund „Guste“. Hungerversuch II. N als Fleisch zugeführt.

Datum	Aufnahme				Ausgaben			Ge- wicht	Temperatur des Käfigs	Bemerkungen
	Speck	Fleisch		Was- ser	Harn		Kot			
		g	g		N	ccm				
23. VII.	49	183	6,59	200	95	6,06	0,08	10,600	22	
24. „	49	183	6,59	200	85	5,33	0,08	10,580	23	
25. „	70	—	—	200	90	5,41		10,460	23	} 8 h Knochen.
26. „	70	—	—	200	90	3,30		10,540	23	
27. „	70	—	—	200	85	2,39		10,360	22	
28. „	70	69	2,39	200	65	3,45		10,310	22	
29. „	70	69	2,39	200	110	3,38		10,490	22	
30. „	70	—	—	200	85	2,35		10,320	22	
31. „	70	—	—	200	40	2,18		10,190	22	
1. VIII.	70	—	—	200	80	2,48		10,020	24	
2. „	70	90	3,21	200	65	3,58		9,800	23	
3. „	70	90	3,21	200	70	4,41		9,870	23	
4. „	70	—	—	200	65	2,63		9,900	24	
5. „	70	—	—	200	65	2,20		9,880	24	
6. „	70	—	—	200	60	2,60		9,720	24	
7. „	70	76	2,61	200	65	3,54		9,620	23	
8. „	70	76	2,61	200	70	3,63		9,640	22	
9. „	70	—	—	200	90	2,66		9,630	20	
10. „	70	—	—	200	70	2,41		9,520	20	
11. „	70	—	—	200	65	2,47		9,320	20	
12. „	70	72	2,48	200	20	2,75		9,250	20	
13. „	70	72	2,48	200	25	3,50		9,210	20	
14. „	70	—	—	200	35	2,72		9,150	21	
15. „	70	—	—	200	30	2,11		9,050	22	
16. „	33	430	34,56	200	10	7,22		8,940	20	} 8 h Knochen.

27. VII. Knochenkot.

29. „ wenig Knochenkot.

1. VIII. Kot.

2. „ Harn am Morgen trübe — Blasenkatarrh? — nach dem Katheterisieren jedesmal Blasenspülungen.

3. „ Blasenspülungen; in der Folge katarrh. Erscheinungen nicht mehr zu bemerken. An beiden Tagen infolge eines Rechenfehlers mehr Fleisch gegeben als geplant war.

7. „ Kot.

11. „ Kot.

17. „ Kot.

Fleisch wurde nicht ausgewaschen gegeben, sondern frisch.

28./29. VII. N-Gehalt in 1 g Fleisch: I. 0,03496
II. 0,03422 } 0,03459

2./3. VIII. 0,0357 · 90 = 3,21.

7./8. „ I. 0,03442
II. 0,03440 } 0,0344

12./13. „ I. 0,03456
II. 0,03439 } 0,0345

Kot durch Knochen abgegrenzt vom 25. VII. 8 h a. m. bis 16. VIII. 8 h a. m.
= 22 Tage.

Trockengewicht = 41,1 g, d. i. pro die 1,868 g
N¹⁾-Gehalt = 2,16 g, d. i. pro die 0,098 g.

Hund „Guste“. Auffütterungsversuch III.

Datum	Aufnahme			Ausgaben			N-Differenz	Gewicht	Temperatur des Kügels	Bemerkungen
	Speck	Fleisch		Harn-N	Kot-N	Summe				
	g	g	N							
15. VIII	70	—	—	2,11	0,1	2,21	- 2,21	9,050	22	
16. „	33	430	15,91	7,22	0,28	7,50	+ 8,41	8,940	20	} s h Knochen.
17. „	33	430	15,91	12,92	0,28	13,20	+ 2,71	9,170	20	
18. „	33	430	15,91	10,92	0,28	11,20	+ 4,71	9,180	20	
19. „	33	430	15,91	10,99	0,28	11,27	+ 4,64	9,200	20	
20. „	33	430	15,48	10,10	0,28	10,38	+ 5,10	9,230	20	
21. „	33	430	15,48	9,93	0,28	10,21	+ 5,27	9,230	19	
22. „	33	430	16,0	10,76	0,28	11,04	+ 4,96	9,230	18	
23. „	33	430	16,0	10,29	0,28	10,57	+ 5,43	9,130	18	
24. „	33	430	16,0	10,89	0,28	11,17	+ 4,83	9,010	17,5	
25. „	33	430	16,0	10,33	0,28	10,61	+ 5,39	8,920	17	
26. „	33	430	15,78	13,04	0,28	13,32	+ 2,46	8,920	18	
27. „	33	430	15,78	12,80	0,28	13,08	+ 2,70	8,830	18	
28. „	—	—	—	8,35	—	—	—	8,830	18	
29. „	—	—	—	—	—	—	—	8,530	18	

1) 1 g Kot enthält N: I. 0,05340 g }
II. 0,05164 g } 0,0525.

Anmerkung zu Auffütterungsversuch III.

18. VIII. Knochenkot.

19. „ Knochenkot.

23. „ Kot.

25. „ Kot.

26. „ Will nachmittags nicht mehr fressen; wird daher gestopft.

27. „ Kot. Frist nicht mehr freiwillig, wird gestopft.

28. „ Kot. Da nicht mehr fressen will, zur Abgrenzung Knochen hingelegt, von denen er im Laufe des Tages frisst.

29. „ Kot.

Der Hund verfällt immer mehr trotz bester Pflege (Füttern mit einer Suppe von Hundekuchen etc.) und stirbt Anfang September.

Fleisch wird nicht ausgewaschen gegeben, sondern frisch.

16.—19. VIII. N-Gehalt in 1 g Fleisch: I. 0,0367 }
II. 0,0372 } 0,03699

20.—21. „ I. 0,0358 }
II. 0,0362 } 0,03603

22.—25. „ I. 0,0360 }
II. 0,0384 } 0,0372

26.—27. „ Mittel aus den vorhergehenden Proben: 0,03674
0,0367 · 430 = 15,78.

Im übrigen siehe Hungerversuch I.

Kot durch Knochen abgegrenzt vom 16. VIII. 8 h a. m. bis 28. VIII. 8 h a. m.
= 12 Tage.

Trockengewicht = 40,0 g, d. i. pro die 3,3 g
N¹⁾-Gehalt = 3,3 g, d. i. pro die 0,275 g.

1) 1 g Kot enthält N: I. 0,08238 }
II. 0,08247 } 0,0825.

80. Theorie der Ernährung nach Vollendung d. Wachstums. Von M. Rubner.

Hund „Lotte“. Hungerversuch III. N aus Blutglobulin zugeführt.

Datum	Aufnahme				Ausgaben		Gewicht	Temperatur des Käfigs (Mittel)	Bemerkungen
	Speck	Blutglobulin		Wasser	Harn-N	Kot-N			
	g	g	N	ccm					
8. XII.	Hundekuchen			200	3,54	—	6,150	16,5	
9. „	Hundekuchen			200	3,97	—	6,220	15	
10. „	Hundekuchen			200	3,58	—	6,100	15,5	
11. „	50	—	—	200 +	1,80	—	6,100	14	{ 9 h. 25 g Kieselsäure per os. Kieselsäurekot.
12. „	50	—	—	200	1,46	—	5,960	13,5	
13. „	50	—	—	200	1,76	—	5,950	13	
14. „	50	12,6	1,76	200 +	2,60	—	5,820	14	
15. „	50	12,6	1,76	200 +	—	—	5,840	14	
16. „	50	—	—	200	1,60	—	5,790	13,5	
17. „	50	—	—	200	1,54	—	5,700	14,5	
18. „	50	—	—	200	1,61	—	5,700	13,5	
19. „	50	11,53	1,61	200 +	2,38	—	5,670	14,5	
20. „	50	11,53	1,61	200 +	2,06	—	5,690	14	
21. „	50	—	—	200	1,52	—	5,570	14	
22. „	Hundekuchen			200 +	—	—	—	—	{ 9 h. 25 g Kieselsäure per os. Kieselsäurekot.

Blutglobulin, von Höchst bezogen.

1 g enthält N: I. 0,1416 } 0,14065
 II. 0,1397 }

wird mit warmem Wasser — ca. 400 ccm — angerührt, unter Zusatz von etwas Kochsalz, per Schlundsonde gegeben, die nachgespült wird.