

## Beiträge zur Lehre vom Eiweißstoffwechsel mit besonderer Berücksichtigung kohlehydratreicher Gemische.

Von  
Geheimrat **Max Rubner.**

### Zur Einleitung.

Die Vorgänge des Eiweißstoffwechsels, welche zuerst von C. Voit im allgemeinen erkannt und in bestimmter Weise zu einer Theorie des Eiweißumsatzes verweitert worden sind, haben im Laufe der Jahrzehnte wesentliche Umformungen erfahren. Zunächst habe ich<sup>1</sup> die Vorgänge der Eiweißzersetzung im Hunger in gesetzmäßigen Zusammenhang mit dem Fettgehalt der Tiere gebracht und gezeigt, daß die Höhe des Verbrauches in energetischen Beziehungen zur Möglichkeit der Deckung des Energieverbrauchs durch das Körperfett steht. Ich habe weiter dargetan, daß die Relationen zwischen Eiweiß- und Fettverbrauch bei hungernden Tieren von der Größe der Tiere unabhängig sind.<sup>2</sup>

Ich habe weiterhin gezeigt, daß es bei Tieren wie bei Menschen einen niedrigen Eiweißverbrauch gibt, der, unter dem Eiweißverbrauch bei Hunger liegend, einer Deckung durch isodynamie Fett- oder Kohlehydratmenge nicht unterliegt, weil er zur Befriedigung von Körperfunktionen gehört (Abnützungquote), für die nur Eiweiß dienen kann.<sup>3</sup> Diese Menge habe ich bei Warmblütern zu 4 bis 6 Prozent Eiweißkalorien des Gesamtenergieumsatzes bestimmen können. Man hat damals die Bedeutung dieser Scheidung der Eiweißzersetzung in einen rein stofflichen und einen energetischen Teil durchaus nicht entsprechend verwertet, obschon er ganz prinzipieller Natur ist und uns bei allen anderen Vorgängen der Eiweißzersetzung zur Richtschnur und zu einem Mittel, die verwickelten Vorgänge aufzuklären, werden kann und werden mußte. Ich habe, durch meine

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* 1881. Bd. XVII. S. 214.

<sup>2</sup> *Ebenda.* 1883. Bd. XIX. S. 543.

<sup>3</sup> *Ebenda.* 1885. Bd. XIX. S. 390.

persönlichen Verhältnisse gezwungen, mich mit der weiteren Verfolgung dieser Fragen nicht mehr beschäftigen können und erst nach über 1½ Jahrzehnten Gelegenheit gefunden, an eine Mitarbeit wieder heranzutreten, indem ich aus meinen früheren Gedanken zusammen mit ergänzenden Experimenten die weiteren Konsequenzen gezogen habe. Die Theorie des Eiweißumsatzes, des Beharrungs- und des Wachstumszustandes wurde eingehend behandelt<sup>1</sup>, die energetische Rolle der Eiweißstoffe, die Bedeutung der Massenzufuhr, der Einfluß der Zelle selbst auf den Verbrauch an Eiweiß, die Wirkung der jugendlichen Zelle aufgedeckt. Nachdem ich schon 1897 auf ein neues Problem der ungleichen Wertigkeit der Eiweißstoffe hingewiesen hatte, ist diese biologische Wertigkeit, welche im Lichte der neuen Forschungen E. Fischers über den Eiweißaufbau eine erhöhte Bedeutung gewann, von K. Thomas<sup>2</sup> eingehend experimentell festgestellt worden im Zusammenhang mit den näheren Bedingungen eines N-Minimums.<sup>3</sup> Die mit diesen Vorgängen zusammenhängenden Verschiebungen im Eiweißgehalt des Körpers<sup>4</sup> gaben mir Gelegenheit, auch noch zur Frage des Abbaues im N-Minimum weitere Beiträge zu liefern. Die Literatur, welche diese Fragen mehr von reinem Stoffwechselstandpunkt streift, ist sehr umfangreich und ausführlich von Mendel<sup>5</sup> vor einigen Jahren behandelt worden.

Seitdem hat die Untersuchung der biologischen Wertigkeit im Wachstum durch Mendel und Osborne eine wesentliche Bereicherung und Ergänzung gefunden. Weitere Untersuchungen beziehen sich namentlich vielfach auf die Möglichkeit der Erreichung eines N-Minimums und sind namentlich in praktischer Hinsicht zur Bemessung von Mindestforderungen in der menschlichen Kost benützt worden (Röse, Ragnar Berg, Hindhede).

Es kehrt in diesen Untersuchungen das bedauerliche Ereignis wieder, das wir schon in der Zeit von 1880 bis etwa 1907 erlebt haben. Fast ein Menschenalter hindurch ist rein empirisch nach einem Stoffmaß für den Eiweißverbrauch des Menschen gesucht, in zahllosen Versuchen und Modifikationen der Eiweißkonsum immer weiter herabzudrücken gesucht worden, obschon der gebotene Weg zur Anknüpfung an die energetischen Fragen hätte führen sollen und durch das Bestehen der von mir definierten

<sup>1</sup> *Gesetze des Energieverbrauchs.* 1902. S. 288; *Das Problem der Lebensdauer.* 1908. S. 1—80 und S. 108—114.

<sup>2</sup> *Dies Archiv.* 1909. Physiol. Abtlg. S. 219.

<sup>3</sup> *Ebenda.* 1911. S. 249.

<sup>4</sup> *Ebenda.* 1911. S. 39.

<sup>5</sup> *Ergebnisse der Physiologie.* 1911. S. 418.

Abnützungquote ein klar vorgestecktes Ziel, das sich spielend leicht hätte erreichen lassen, sich gesteckt sah.

Ähnliches kehrt jetzt wieder. Die Minimumversuche werden zu einer Art von Sport, sie werden rein empirisch ohne Verbindung mit den gegebenen wissenschaftlichen Problemen durchgeführt als reine Stoffwechsellaufgabe und ohne Rücksicht auf die etwa sonstigen Lebensbedingungen und Gesetze des Stoffwechsels. Die Nichtberücksichtigung bereits bekannter ernährungsphysiologischer Tatsachen beschränkt den Wert solcher Untersuchungen, denn sie müssen allemal auf den Boden der übrigen Erfahrungstatsachen sich stützen, wenn sie wissenschaftlich nutzbringend sich erweisen sollen.

Die Forschung muß versuchen, aus einem Problem die Möglichkeit einer Erweiterung unserer Kenntnisse zu schöpfen, die bloße Verbreiterung bedingt keinen Fortschritt.

Ich will mich aus Anlaß dieser einseitigen Betrachtungsweise mit diesem Problem im allgemeinen beschäftigen, aber in einer anderen Weise, als dies in den letzten Jahren geschehen ist. Das N-Minimumproblem ist einerseits ein Spezialfall der Kohlehydraternahrung, aber andererseits auch wieder eine Frage des Eiweißverbrauchs, es leitet sich aus diesen Hauptfragen ab, und diesen letzteren wird man das wesentlichste Interesse schenken müssen. Ich werde dabei auf manches Bekannte, aber Nichtbeachtete eingehen müssen, aber auch an der Hand neuer Tatsachen eine Klärung des theoretischen Verständnisses herbeizuführen suchen. Manche der Fragen scheinen sehr verwickelter Natur, individuelle Eigentümlichkeiten drängen sich auf, was uns besagt, daß wichtige Faktoren unserer Kenntnis sich zurzeit entziehen; auch in dieser Richtung gilt es, eine Aufklärung zu versuchen.

Sehen wir aber ganz vom Minimumsport vorläufig ab und betrachtet man die Möglichkeiten einer Zusammenfassung unseres Wissens zu einer mehr einheitlichen Ernährungstheorie, so empfindet man sofort, daß unsere Kenntnisse von der Möglichkeit der Eiweißersetzung bei Kohlehydratzufuhr doch noch mangelhafter Natur sind. In manchen Richtungen hat man nur verabsäumt, die geeigneten Schlüsse zu ziehen, in anderen fehlt es an experimentellen Unterlagen. Eiweißersetzung umfaßt auch die Fragen der Eiweißverluste wie den Eiweißaufbau und hängt mit körperlichen Zuständen offenbar sehr wechselnder Natur zusammen, so daß die Frage entsteht, ob unter den verschiedenen Lebensbedingungen die Kohlehydrate dieselben oder verschiedene Wirkungen besitzen.

Ich schicke der Behandlung dieser Fragen einige allgemeine Bemerkungen voraus.

Die experimentelle Ernährungsphysiologie muß sich in ihrer Arbeit vielfach aus naheliegenden Gründen auf Tierexperimente stützen. Die Gesetze des Stoffwechsels lassen sich naturgemäß im Tierexperiment viel weitgehender verfolgen als beim Menschen, der schon durch seine weit differenzierten Lebensgewohnheiten zu große Schwierigkeiten entgegensetzt. Es wird also häufig auf das Tierexperiment zurückzugreifen sein. Bei solchen Vergleichen werden gewisse allgemeine Unterschiede in den Stoffwechselvorgängen meist nicht beachtet und sind auch früher bei dem Stoffwechsellier mit Auszeichnung, dem Hund, nie beachtet worden: ich meine den Größenunterschied des Vergleichsobjektes. Bei dem Vergleichen von Stoffwechseländerungen beim Menschen und beim Hund muß man sich immer gegenwärtig halten, daß die ungleiche Größe der Objekte einen sehr bedeutenden Einfluß auf den Gang der Ausscheidungen und des Stoffwechsels überhaupt ausübt. Beim Menschen mit 70 kg Gewicht und dem üblichen Versuchstier, dem Hund, von 5 bis 10 kg ist die Funktion der Zeit für den Ablauf der Prozesse ein sehr verschiedener Faktor. Je kleiner das Objekt, um so rascher verlaufen alle Stoffwechselvorgänge und umgekehrt, je langsamer der Stoffwechsel, um so länger zieht sich z. B. bei Hunger das Leben hin.

Wenn aber nur Eiweißhunger vorhanden ist, also ein Organismus bis auf das Minimum des Eiweißverbrauches gebracht ist und gar nichts oder nur ein Teil des Eiweißes in der Nahrung ersetzt wird, so vergehen außerordentlich lange Zeiten, ehe die N-Vorräte des Körpers aufgebraucht sind. Die verschiedenen Zeiten bedingen aber, daß sich pathologische Veränderungen ausbilden können, die bei akutem Verlauf gar nicht zum Ausdruck kommen. Damit hängt es wohl zusammen, daß im Laufe eines protrahierten Nahrungsmangels tiefgehende Veränderungen sich in dem einen Fall ausbilden können, wo sie sonst mangeln.

Ein zweiter wichtiger Gesichtspunkt beim Vergleich zwischen verschiedenen Tieren, z. B. solcher verschiedener Größe, ist die Intensität der Stoffwechselvorgänge, d. h. die Beziehung des Umsatzes zur Körpergewichtseinheit. In dieser Hinsicht kommen die allergrößten Unterschiede zur Beobachtung, die man oft kaum beachtet, wenn schon die allgemeinen Beziehungen zwischen Körpergröße und Umsatz ja bekannt sind.

Bei dem Studium irgendwelcher Ernährungsvorgänge darf man heutzutage die energetischen Vorgänge nicht vernachlässigen, wenn es sich auch anscheinend um rein stoffliche Fragen handelt, denn der Kraftwechsel spielt oft unbeachtet in alle Verhältnisse hinein. Zu den allgemeinen Versuchsbedingungen gehört die Feststellung der Größe des Kraftwechsels zum Bedarf. Ob die Versuche bei ausreichend oder überschüssiger Nah-

rung gemacht worden sind, ist keineswegs gleichgültig, dafür werden sich im folgenden wieder Beispiele geben lassen. Was uns aber am meisten in den Schlüssen behindert, ist das individuelle Moment, auf dessen allgemeine Charakterisierung man zumeist verzichten muß. In dieser Richtung wäre oft die Erkenntnis etwa des Ernährungszustandes, soweit er im Fettgehalt sich ausdrückt, von Bedeutung. Nach meinen eigenen Versuchen ergeben sich Anhalte zu einer solchen experimentellen Feststellung durch den Eiweißverbrauch bei Hunger, außer bei Tierexperimenten läßt sich aber von dieser Methode nur ausnahmsweise Gebrauch machen.

Die Kohlehydrate sind die überwiegenden Bestandteile der Kost, daher mögen ihre Wirkungen kurz in Erinnerung gebracht sein. Zumeist werden sie nur nach den Ergebnissen geschildert, wie sie Bischoff und C. Voit zuerst angegeben haben; man sieht in den Kohlehydraten ein Mittel, den Eiweißverbrauch des Körpers einzuschränken, weitergehend als dies bei Fett der Fall ist. In reichlichem Überschuß zugeführt, bilden sie aus sich selbst Glykogen oder Fett und letzteres auch beim Fleischfresser, was lange bezweifelt worden ist. Wir werden aber gut tun, hier gleich die energetische Seite der Probleme mit heranzuziehen. Fettbildung kann nach diesen nur vorkommen, wenn es sich um überschüssige Kost handelt, d. h. wenn mehr Nahrung eingeführt als verbrannt wird, was unter Steigerung der Wärmebildung verläuft, auch deshalb, weil die Fettbildung selbst als exothermer Prozeß, bei dem Energie verloren wird, bezeichnet werden muß. In neuerer Zeit hat Grafe angegeben, daß, was praktisch bekannt war, Eiweißzufuhr auch die Vorbedingung der Fettbildung größeren Stiles sei. Ob es sich dabei um Nebenwirkungen handelt auf die Resorptionsmöglichkeiten bei langer fortgesetzter Fütterung, steht nicht sicher, wäre aber möglich. Jedenfalls ist die Glykogenbildung nach Kohlehydratzufuhr der häufigere Vorgang. Fettbildung großen Stils kommt nur bei den eigentlichen Masttieren vor.

Im Verlauf der abundanten Kohlehydratzufuhr kommt es also nebenbei zur Fetthanreicherung, neben der Glykogenanreicherung überhaupt. Man darf nicht vergessen, daß man durch den ersten Vorgang neue, auch den Eiweißkonsum betreffende Versuchsbedingungen schafft.

Die Glykogenbildung im Verhältnis zu Stoffwechselversuchen ist bisher wenig beachtet worden; nach den Versuchen von Külz und Pflüger sind die Mengen des abgelagerten Glykogens oft recht bedeutend, falls es sich eben um abundante Kost handelt. Da die Prozentmenge des Glykogens zwar bei verschiedenen Tieren gleich groß werden kann, der relative Stoffwechsel mit der Größe aber sinkt, so folgt daraus, daß das Moment, was bei einem Organismus unwesentlich erscheint, bei einem

anderen bedeutungsvoll sein kann. In der Tat läßt sich, wie Praussnitz zuerst zeigte, beim Menschen der Glykogenschwund an der geringen N-Ausscheidung der ersten Hungertage erkennen.

Kohlehydrat ist beim Menschen für das normale Leben unerlässlich, da mindestens 10 Prozent der Nahrung aus solchen bestehen müssen, um Azidose zu vermeiden.<sup>1</sup>

### Einstellung auf ein Minimum.

Wie sich der Eiweißumsatz und -ansatz bei Kohlehydratbeigabe verhält, ist aus den Versuchen von C. Voit nur in den allgemeinsten Zügen zu ersehen gewesen, wie schon oben gesagt wurde. Eine gewisse Einschränkung des Eiweißverbrauchs tritt bei den Versuchen von C. Voit zweifellos entgegen; wie groß dieselbe ist, welchen Einfluß die Kohlehydratmengen haben, wie es sich bei längerer Ernährung verhält, ist nicht zu ersehen. Voit nimmt an, daß jede Vermehrung der Eiweißzufuhr auch die Eiweißzersetzung ändert, doch bietet sich dafür keine ganz gesicherte Unterlage, da die Zahl der Versuche relativ gering ist und die bei pflanzlichen Nahrungsmitteln vorkommenden Verhältnisse nicht umfaßt werden. Bei allen Betrachtungen über den Stoffwechsel wird uns jede Übersicht so außerordentlich erschwert, daß man bisher nie den Mangel einer einheitlichen Darstellung der Nahrung und Zersetzung empfunden hat. Es ist oft ungemein schwierig, eine genaue Vorstellung zu erhalten von der Art der Nahrung im Sinne der Stoffwechsellehre. Ich habe schon 1883 vorgeschlagen, die Bestandteile der Kost kalorimetrisch anzugeben, das wäre einheitlich und klar. Eine Nahrung, die  $x$  Prozent Eiweiß,  $y$  Prozent Fett,  $z$  Prozent Kohlehydrate enthält, charakterisiert, wenn man noch hinzufügt, ob sie abundant oder unsuffizient ist, alles, was man meist zu wissen braucht.

In dieser Weise würde jedem Leser sofort klar werden, unter welchen Bedingungen experimentiert wurde. Ich werde in folgendem, wo es notwendig ist, von dieser Ausdrucksweise Gebrauch machen.

Des weiteren interessieren uns die Tatsachen, welche namentlich die Rolle der Kohlehydrate bei kleinen Eiweißmengen aufklären. In Erweiterung dieser fand ich<sup>2</sup>, daß sich, und zwar besonders leicht mit Zucker auch beim hungernden Tier der Eiweißumsatz stark herabmindern läßt, auf 5·9, 6·1, 4·6, 4·1 Prozent aller Kalorien (Abnützungquote).

<sup>1</sup> Zeller, *Dies Archiv*. 1914. Physiol. Abtlg. S. 213.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Biol.* 1883. Bd. XIX. S. 391.

Dies ist also nur dadurch möglich, daß die Kohlehydrate das gesamte Körperfett vor der Zersetzung schützen und außerdem die dynamische Quote des Eiweißes sparen, weil sie gewissermaßen den ganzen Körper überfluten und Bedingungen schaffen, wie sie nicht einmal bei größtem Fettreichtum und Hunger zu erzielen sind.

Einige solcher Beispiele mögen hier angeführt sein; sie finden sich in meinem Buch über die Ges. d. Energieverbrauchs S. 76:

Vorher Fett . . . . .	8.99 g N Umsatz
Kohlehydrat . . . . .	5.12

Oder S. 78:

Vorher Hunger . . . . .	3.65
„ „ . . . . .	2.59
Kohlehydrat . . . . .	1.70
„ . . . . .	0.72

Oder S. 341:

Hunger . . . . .	1.92 g N pro Tag
„ . . . . .	1.82
Rohrzucker 85 g . . . . .	0.91
„ 110 g . . . . .	0.72
„ 110 g . . . . .	0.56
„ 120 g . . . . .	0.53

Ohne Kohlehydrat wird bei Hunger mehr oder minder reichlich Eiweiß umgesetzt; ein Teil dieses Eiweißes wird für rein dynamische Zwecke verbraucht, da das Fett niemals den Eiweißverbrauch auf die Abfallsquote bringt. Diesen Anteil übernimmt das Kohlehydrat, nur die Abfallsquote übrig lassend. Der Abfall geht rapid vor sich und beträgt in obigen Beispielen nahezu drei Viertel des früheren Verbrauches. Was Voit zirkulierendes Eiweiß genannt hatte, und was ich Vorratseiweiß nenne, findet sich also nicht nur bei Eiweißfütterung oder bei Eiweiß-Fettfütterung, sondern auch bei Fettfütterung allein und bei Hunger, nur eben in verschiedener Menge. Dieses Eiweiß wird aber wie weggeblasen bei genügender Kohlehydratmenge.

Bei solchen Versuchen ist mir aufgefallen, daß reine Zucker besser wirken wie die Stärke, wenigstens war dies bei den Versuchen am Hunde der Fall. Diese Wirkung muß man aber auch noch nach der energetischen Seite hin betrachten.

Die weitere Frage wäre nämlich die, welche Mengen von Kohlehydrat dazu gehören, um diesen Effekt zu erreichen. Mehrfach findet man in der Literatur die Angabe, daß nur sehr große oder selbst über-

schüssige Mengen dazu gehören, solche Abstürze der Eiweißzersetzung zu erreichen. Unter anderem war auch C. Voit der Meinung, daß zu den niedrigen Eiweißumsätzen abundante Kohlehydratmengen notwendig sind. Diese Annahme deckt sich nicht mit meinen Beobachtungen, welche zuerst auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht haben. Es waren darunter Fälle, in denen überschüssige Kost aufgenommen worden war, aber auch solche, wo noch nicht einmal das ganze Nährstoffbedürfnis gedeckt war. Man bedarf dazu aber auch keineswegs einer reinen Kohlehydratkost oder ganz bestimmter Mischungen von Fett und Kohlehydraten, was man auch angenommen hat.

In besonderen Versuchen hat Tallquist<sup>1</sup> in meinem Laboratorium nachgewiesen, daß in der Relation Eiweiß, Fett, Kohlehydrat zwischen den letzten beiden sehr erhebliche Verschiebungen eintreten dürfen, ohne den Eiweißumsatz zu beeinflussen.

Aus der Beobachtung von Heubner und mir über das N-Minimum des Säuglings an der Mutterbrust ergibt sich ohne weiteres, daß die Relation Fett—Kohlehydrat der Muttermilch zur Herabsetzung des Eiweißverbrauches auf ein Minimum ausreichend ist.

Es wäre auch vollkommen irrig, wenn man meint, daß eine insuffiziente Kohlehydratkost kein N-Minimum erzeugen kann, wie das z. B. Hindhede behauptet. Vorübergehend erhält man auch Eiweißverbrauch auf einem Minimum (wahrscheinlich aber nicht bei jeder Konstitution), nach neuesten Versuchen am Hund, über die ich anschließend berichten werde, wenn die Nahrung unvollkommen ist und nur ein Drittel der nötigen Kalorien gedeckt und von dem Gesamtbedarf etwa ein Viertel durch Kohlehydrat bestritten wird. Ganz das gleiche habe ich auch beim Menschen beobachtet: eine nur geringfügige Kohlehydratzufuhr reichte aus, um auf das Minimum zu kommen, obschon anscheinend eine weitgehende Abmagerung vorlag.

Natürlich lassen sich solche Herabsetzungen des Eiweißumsatzes bei insuffizienter Kost nur vorübergehend erreichen, weil mit der Zeit der Fettverlust allmählich Einfluß auf den Eiweißverbrauch gewinnen muß. Zumeist bedarf man mindestens der vollen Nahrungsdeckung, um den N-Abfall zu erreichen.

In anderen Fällen habe ich beobachtet, daß beim Hunde, der bei bestimmtem Körperzustand schon bei einer Dritteldeckung des Kalorienbedürfnisses auf ein Minimum kam, nach Zunahme des Eiweißbestandes kein Minimum mehr erreicht wird, auch wenn man den ganzen Nahrungs-

<sup>1</sup> Arch. f. Hyg. Bd. XLI.

bedarf neben etwas Eiweiß mit Kohlehydraten deckt, woraus folgt, daß man dabei also nur mehr mit abundanter Kost ein Minimum erhalten wird, vorausgesetzt daß nicht der Eiweißreichtum der Zellen selbst eine Zunahme der Größe des Minimums erfordert.

Es kommen aber z. B. beim Menschen in der Tat Fälle vor, in denen bei Deckung des Kalorienbedarfes kein Minimum erreicht wird, wohl aber bei abundanter Kost durch Beigabe von Rohrzucker, darauf komme ich an anderer Stelle zu sprechen.

Aus dem Gesagten müssen wir schließen, daß der Eiweißzerfall vom Körper auch für dynamische Zwecke so gestaltet sein kann, daß er mit einem Drittel des Nahrungsbedürfnisses, bald mit dem Erhaltungsfutter, bald mit abundanten Kohlehydratmengen erzielt werden kann.

Hieraus folgt für die Ernährung mit Erhaltungsfutter, daß dabei keineswegs allgemein mit der Möglichkeit der Erhaltung eines Minimums gerechnet werden kann, eine Tatsache, welche von großer praktischer Bedeutung ist.

Diese Ungleichheiten müssen ihre Erklärung finden, ich werde später in dem Abschnitt „Ernährungszustand“ das Nähere sagen, sie hängen mit den körperlichen Zuständen innig zusammen. Das eigentliche Endziel aller Kohlehydratfütterung ist schließlich die Erniedrigung der Eiweißzersetzung auf das Minimum des N-Verbrauches, das unter allen Umständen tiefer liegt wie der N-Verbrauch im Hunger.

Das Minimum läßt sich nach meinen Versuchen an Tieren allgemein ausdrücken; es müssen etwa 4 bis 5 Prozent aller nötigen Kalorien durch Eiweiß gedeckt werden, wobei ich den tierischen Kraftwechsel bei Hunger im Ruhezustande bei 15° Temperatur annehme. Beim Menschen hat eine solche nähere Definition nicht Eingang gefunden; ich habe in den Fällen der möglichen Feststellung eines Minimums auch den Ruhezustand als Maßeinheit vorausgesetzt, entweder für den Hungerzustand oder nur im Sinne der Vermeidung einer stärkeren Arbeitsleistung (2800 Kalorien per 70 kg). Das eigentliche Minimum läßt sich am leichtesten erhalten, wenn neben dem Kohlehydrat überhaupt kein Eiweiß gereicht wird, aber in manchen Fällen bedarf man in der Zufuhr mehr Eiweiß, als dem Eiweißumsatz der eiweißlosen Kost entspricht, d. h. die von mir und Thomas zuerst nachgewiesene biologische Wertigkeit tritt in die Erscheinung — weiter auf diese bekannten Verhältnisse einzugehen, erübrigt sich an dieser Stelle.

Da der N-Umsatz, wie er bisher nach den Ausscheidungen im Harn festgestellt wurde, bei den meisten Vegetabilien nicht zutreffend zu be-

messen, sondern nur aus der unter Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte des Kotes sicher zu ersehen ist, und die letzteren eine schwankende Größe je nach der Art der Nahrung sind, so kommt dadurch ein neues Moment für die Begrenzung des Minimums bei der praktischen Ernährung hinzu.

Die Bildung eines N-Minimums unter dem Einfluß der Kohlehydratkost ist hier nur als Stoffwechselfvorgang besprochen worden. Die Ernährungsverhältnisse bewegen sich also innerhalb zweier Grenzwerte — der Ernährung mit Eiweiß allein und dem Minimum unter dem Einfluß der Kohlehydrate.

Das Fett kann bei diesen Vorgängen in der Nahrung auch völlig fehlen. In der letzten Zeit hat man vielfach gemeint, daß Fett ein völlig entbehrlicher Nährstoff sei; es braucht für den Fachmann kaum besonders betont zu werden, daß dies schon aus allerlei bekannten Gründen ein schiefes Urteil ist.

Die Beimischung von Fett als dritten organischen Nährstoff hat auch ihre Bedeutung. Zwar können auch ohne Fettzufuhr bedeutende Fettmassen aus Kohlehydraten entstehen, aber doch nur bei erheblichem Nahrungsüberschuß und unter Steigerung des Stoffwechsels im ganzen, wodurch die Ausbeute an Fett zur Ablagerung natürlich vermindert wird. Fettansatz kommt aber leicht zustande, wenn Fett in der Nahrung vorhanden ist, und zwar in ökonomischer Weise. Kohlehydrate sind also wichtige Sparmittel sowohl für den Eiweißkonsum, für den Eiweißansatz, wie auch für den Fettansatz. Das Bemerkenswerteste hinsichtlich der Kohlehydratfütterung liegt in der Ersparnis der anderen Nährstoffe, welche eine sehr weitgehende sein kann.

Sehr bemerkenswert ist die Raschheit des Abfalles der N-Ausscheidung nach Kohlehydratgabe; nach einer vorhergegangenen reichlichen Fütterung von Eiweiß fällt bei Hunger die N-Ausscheidung allmählich ab, was mit dem Vorratseiweiß zusammenhängt, nicht aber mit der Zurückhaltung von Stoffwechselprodukten. Weil dieses Vorratseiweiß durch Kohlehydrat zu ersetzen ist, tritt auch der rasche Abfall ein. Auf die heutzutage vielfach propagierte Anschauung der monatelangen Ausscheidung von „Eiweißschlacken“, wie sich dieses in den Schriften von R. Berg findet, will ich an anderer Stelle näher eingehen. Die vermeintlichen Schlackenausscheidungen sind offenbar nichts anderes als ein schleicher Verlust von Organ-N, wie er sich bei ungenügender Eiweißzufuhr ausbildet, wobei allmählich eintretende Gewichtsverluste durch Wasseransatz und Fettansatz überkompensiert wurden. Auf die gelegentliche Zurückhaltung N-haltiger Stoffe der regressiven Metamorphose habe ich in eingehenden

Untersuchungen mit Fütterung von Fleischextrakt hingewiesen und die Art der Ausscheidung, die sich über einige Tage hinziehen kann, näher dargelegt.<sup>1</sup>

Zu den oben S. 30 gegebenen Beispielen rascher Einstellung auf einen geringen Eiweißverbrauch mag noch ein weiteres gefügt sein (Hund, 20 kg, gut genährt; vorher Fleisch, dann Hunger):

	N-Ausscheidung
Hunger . . . . .	8.60
	8.22
500 g Kartoffel + 150 g Rohrzucker . . .	3.69
	3.12
	3.12

Schon am ersten Fütterungstag ist der Abfall über 50 Prozent und sinkt dann wenig mehr. Warum Stoffwechselprodukte mit einem Schlag aus dem Körper verschwinden sollten, ist nicht einzusehen. Auf diesen eben berührten prinzipiellen Unterschied habe ich schon früher aufmerksam gemacht. Während auf Fleischfütterung, wie man aus den Versuchen C. Voits in vielen Beispielen finden kann, der allmähliche Abfall im Hunger folgt, sieht man derartiges auch bei hoher Eiweißzufuhr nicht, wenn nebenbei Kohlehydrate gefüttert worden waren und dann der Hungerzustand einsetzt.

Zu dem Leben auf einem N-Minimum muß ich bemerken, daß bisher nur die Ergebnisse kurzdauernder Versuche als maßgebend betrachtet werden, soweit sie eben in einer erreichten N-Bilanz ihren Ausdruck finden; daß dagegen eine funktionelle Prüfung der Versuchstiere dahingehend, ob sie alle Leistungen in gleichem Maße ausüben können wie bei anderer Ernährung, nicht vorgenommen wurde. So könnte z. B. durch starke N-Einschränkung auch der Ausfall oder eine Änderung des Blutwachs­tums, ferner der Intaktheit der Muskeln eintreten. Letzteres scheint in der Tat der Fall zu sein (vgl. später).<sup>2</sup>

### Eiweiß-Kohlehydratkost.

Man sollte denken, daß bei reiner Eiweiß-Kohlehydratkost jedes Mehr an Eiweiß über das Minimum zum Ansatz gelangt. Dem widerspricht die Behauptung C. Voits, der auch bei Kohlehydratkost das nebenbei gefütterte Eiweiß für allgemein leichter zersetzlich hält, was er in dem

<sup>1</sup> Arch. f. Hyg. Bd. LI. S. 61.

<sup>2</sup> Dies Archiv. 1911. Physiol. Abtlg. S. 57.

Satz, auch bei Kohlehydratkost steigere immer Eiweiß in der Kost die Zersetzung, zusammenfaßt. Bewiesen ist diese Annahme deshalb nicht, weil Voit kleine Zulagen von Eiweiß nicht angewandt und das N-Minimum als besonderen Ernährungszustand noch nicht gekannt hat. Für reichliche Eiweißgaben ist das allgemeine Axiom von Voit nicht zu bezweifeln, allerdings kausal anders zu deuten. Ich wie Gruber unterscheiden zwischen Eiweißspaltung und Eiweißzerlegung als völligen Abbau. Ob erstere allein oder die letztere eintritt, hängt von den besonderen Verhältnissen des Versuches ab.

Wenn man die Lehre aufgestellt hat, daß das Eiweiß der am leichtesten zerlegbare Körper ist, verglichen mit Fett und Kohlehydrat, kann man meiner Meinung nach gerade das Umgekehrte behaupten: Eiweiß ist der Stoff, welcher am begierigsten zurückgehalten wird — allerdings aber nur in beschränktem Maße, nämlich für die Deckung des Eiweißbedürfnisses der Zellen, für deren Verluste. Was darüber hinaus geht, verfällt allerdings dem dynamischen Verbrauch wie Fett und Kohlehydrat.

Das eigenartige Verhalten des Eiweißes liegt in der beschränkten N-Anlagerung der Zellen, nach deren Überschreitung das Eiweiß aus dem Körper beseitigt werden muß. Dem genügt schon die Abspaltung der N-haltigen Gruppe. Das Kohlehydrat hält also diesen Prozeß nicht auf.

Das Schicksal des Eiweißes in seiner absoluten Größe hängt nicht etwa nur von dem Mischungsverhältnisse der Nährstoffe allein ab, wie man früher annahm, sondern von einer ganzen Reihe anderer Bedingungen, unter denen nach meinen anderenorts gegebenen Darlegungen eben das Bedürfnis der Zelle nach Ablagerung von Eiweiß das wichtigste ist, bzw. das Nahrungsbedürfnis der Zelle erzwingt seine Befriedigung.

Das Eiweißbedürfnis ist hier also ein rein stoffliches, als Ersatz für die Abnützungquote. Wir haben aber auch ein dynamisches Bedürfnis an Eiweiß bereits erkannt, in der Tatsache, daß es Fälle gibt, bei denen wenigstens bei Erhaltungsdiät ein N-Minimum nicht erzielt werden kann. Hier kann der Ersatz und das Gleichgewicht nur durch die Zufuhr des Eiweißes für dynamische Zwecke eintreten. Aus welchen Gründen die obigen genannten dynamischen Bedürfnisse auftreten, ist nicht erwiesen, läßt sich aber aus dem Umstande, daß abundante Kost ein Minimum gibt, ersehen. Es handelt sich dabei um eine gewaltsame Verdrängung der Eiweißmoleküle aus der Zersetzung und dieser Zustand, das Vordrängen der Eiweißzerlegung, kann wieder nur bei einem relativen Überwiegen des Eiweißes am Körper und bei einer starken Reduktion des Fettvorrates eintreten.

Ich kehre zur Besprechung der Verhältnisse zurück, welche sich ergeben, wenn man Eiweißüberschuß dem Körper zuführt, der die Deckung der Erhaltungsdiät überschreitet, nachdem im ersten Teil unserer Besprechung mehr die Gleichgewichtsmöglichkeiten behandelt worden sind. Dies führt uns zu einem sehr wichtigen Problem, dem des Ernährungszustandes der Zellen. Zweifellos ist der Ernährungszustand der Zellen im Leben ein schwankender, sie können Fetttropfen, Glykogen, mehr oder weniger Protoplasma und Kernmasse einschließen. Gerade bei den Wirbeltieren nehmen die Zellen, nach der ersten Entwicklung der Tiere vom Blut u. dgl. abgesehen, weder ab noch zu, sie füllen sich aber mehr oder minder mit Zellinhalt. Ich nehme an, daß die Zunahme des N-haltigen Inhaltes eine Zellverbesserung bedeutet, die Abnahme einer Verschlechterung, und das nenne ich kurzweg schematisiert — Ernährungszustand — darüber habe ich schon vor vielen Jahren systematische Versuche angestellt.

Vom optimalen Zustand der Ernährung bis zu jenem tiefsten, der sie zum Hungertod oder nahe an diesen heranbringt, kann eine Zelle bis auf die Hälfte ihres N-Bestandes heruntergehen. Dies bedeutet aber nicht Massenveränderung, sondern auch Qualitätsänderung, Umformung der Lebensintensität. Das Protoplasma der Zelle kann außerdem jung oder alt sein. In jedem Zustand der Ernährung bleibt zwischen Jugend und Alter die Wachstumskraft etwas anders als die Rekonstruktion, d. h. der Ansatz.

Die Zelle kann Eiweiß benötigen für Ersatz

1. der Abnutzungsquote;
2. für dynamische Zwecke;
3. für den Ansatz und das Wachstum.

Diese von mir zuerst gegebene Gliederung muß scharf auseinandergehalten werden. In der Jugend besteht das Wachstumsbedürfnis und dieses bedingt wenigstens in der ersten Lebenszeit eine so gewaltige Anziehung für Eiweiß, daß, wie Heubner und ich gefunden haben, beim Säugling nur die Abnutzungsquote und die Wachstumsquote in erster Linie befriedigt wird. Eiweiß für dynamische Zwecke nur dann, wenn künstliche Ernährung mit größeren Eiweißmengen eintritt. Vom echten Wachstum mag im folgenden an dieser Stelle abgesehen sein.

Daraus folgt der Satz: nicht jede Eiweißzufuhr über ein Minimum hinaus steigert die Zersetzung; Abfallsquote und Wachstum können auch für sich bestehen. Die Zellen des Erwachsenen können sehr verschieden gut genährt sein. Nach eigenen Untersuchungen kann bei Hunger der Tod eintreten, wenn die Hälfte des Eiweißes noch im Körper ist, das

bei Beginn der Reihe, gute Ernährung vorausgesetzt, vorhanden war. Sieht man davon ab, daß am Ende des Lebens vor dem Hungertod die Gerüstsubstanzen überwiegen, also das wahre arbeitende Protoplasma noch geringer sein wird, als der Hälfte des Anfangsbestandes entspricht, so kann der N-Gehalt der Zellen je nach den Ernährungszuständen um das Doppelte variieren. Es schien mir daher der Untersuchung wert zu sein, künstlich solche Zustandsänderungen der Zellen herbeizuführen und dann ihren Eiweißbedarf zu bestimmen. Das Nähere hierüber ist vor Jahren bereits veröffentlicht worden.<sup>1</sup> Die wichtigsten, hier interessierenden Ergebnisse waren folgende:

1. Daß im herabgekommenen Zustand der N-Bedarf mit weniger Eiweiß gedeckt werden kann als im normalen Zustand.

2. Daß die Menge des Ansatzes bei gleicher Eiweißzufuhr, aber ungleichem N-Bestand der Zellen um so geringer wird, je reicher die Zellen an Eiweiß geworden sind. Mit anderen Worten: je schlechter der Ernährungszustand, um so weniger Eiweiß wird zu rein dynamischen Zwecken verbraucht, vielmehr nähert sich der Organismus einem Zustande, bei dem nur der dringendste Bedarf an Eiweiß gedeckt und der Überschuß angesetzt wird, also jenen Verhältnissen, wie sie bei der wachsenden Zelle vorliegen.

Somit kommt also folgendes praktisch zum Ausdruck. Bei der gleichen Relation zwischen Eiweiß und Fett am Körper können zwei verschiedene Zustände bestehen, einer z. B. mit hohem Eiweißgehalt der Zellen und etwa auch ein anderer mit niedrigem Bestand, beide zweifellos mit ungleichem Verhalten zur Nahrung. Welche Wirkungen sich auf diese beiden Zustände gründen, wird später zu erörtern sein.

Die vorerwähnten Versuche sind mit Eiweiß-Fettmischung ausgeführt worden, ich glaube aber annehmen zu dürfen, daß ihre Ergebnisse auch auf den Fütterungszustand Eiweiß-Kohlehydrat im allgemeinen übertragen werden dürfen. Danach wäre also das, was wir heute die Abnutzungsquote nennen, doch bis zu einem gewissen Grade variabel, und die Eiweißüberschüsse würden je nach dem Körperzustande leichter oder weniger leicht angesetzt, die dynamische Verwertung dagegen würde mit zunehmender Verbesserung des Körperzustandes zunehmen. Diese Anschauung, in ihrem Extrem betrachtet für die optimalste Ernährung der Zelle, führt rein theoretisch zu derselben Annahme wie die Schlußfolgerungen aus den Experimenten, d. h. zur glatten Verbrennung des Eiweißes und zum Ausbleiben weiteren Ansatzes, weil ja das Optimum vorliegt.

<sup>1</sup> Vgl. *Problem der Lebensdauer* S. 43.

Die Zustandsänderungen der Zellen äußern ihren Einfluß vor allem hinsichtlich der Größe des Umsatzes, also auch hinsichtlich des Ansatzes und der Schnelligkeit, mit der ein Gleichgewicht erreicht wird, sowie der Art des Ansatzes, d. h. der Verwendung des angesetzten Stoffes im Körper. Die Änderung der Ernährung bedingt demnach wesentliche Verschiedenheit in Abhängigkeit von dem vorher erreichten Körperzustande. Ohne Kenntnis aller Begleitumstände ist der irgendwo angegebene Eiweißumsatz also nicht zu deuten.

Da dieses Bedürfnis an Eiweiß primär befriedigt werden muß, stellt sich dann die Ergänzung des Nahrungsbedürfnisses durch Kohlehydrate als eine sekundäre Aufgabe dar.

Die bis jetzt veröffentlichten Versuche über das N-Minimum auch beim Menschen lassen erkennen, daß offenbar bei ganz wechselnden Zuständen des Körpers ein N-Minimum zustande kommt. Das geht auch daraus hervor, daß die zu den Experimenten bisher wahllos verwandten Tiere und Menschen die analogen Befunde zeigen, was im Einklang mit meinen ersten Feststellungen sich befindet. Dies darf man vielleicht zu dem allgemeinen Satz erweitern, daß bei jedem Ernährungszustand der Zellen ein Minimum zu erzielen ist, wozu aber meist ein vorheriges Abstoßen von N aus dem Körper, die von mir als Übergangseiweiß bezeichnete Umwandlung, gehört. Soweit wir bis jetzt urteilen können, beträgt das Übergangseiweiß nie so viel, daß dadurch eine erhebliche Veränderung des N-Bestandes des Körpers zu erwarten ist.

Sicher steht nur, daß das Minimum bei optimalem Ernährungszustand hoch, bei schlechter Ernährung niedriger ist. Die Beziehungen vom Minimum zum Gesamtkraftwechsel sind für diese Zustände zurzeit unbekannt. Ich habe nur in allgemeinen Zügen angegeben, daß das Minimum 4 bis 5 Prozent des Ruhestoffwechsels ausmacht; ob aber in den Extremen — bester und schlechter Ernährungszustand — diese Zahl unveränderlich ist, kann nicht als sicherstehend angenommen werden. Ebenso ist ungeklärt, ob mit einem tiefen Minimum der Kraftwechsel dauernd tief, bei einem hohen Minimum der Kraftwechsel dauernd hoch ist, wie überhaupt die funktionelle Prüfung der im Zustand des Minimums gehaltenen Organismen noch vollkommen aussteht. Im Zusammenhang steht die schon erörterte Frage, ob es nicht ein Minimum mit Ausschaltung wichtiger Funktion, also Bilanzen des N, aber nicht Bilanzen der Funktion gibt.

Wiederersatz der Verluste ist ein wichtiger und bedeutungsvoller Vorgang, der uns ganz besonders interessiert — hierbei kommen in Betracht die Größe des Ansatzes und die Geschwindigkeit desselben, sowie

der gleichzeitige Verbrauch für dynamische Zwecke. Zwei Grenzwerte sind theoretisch selbstverständlich: bei einem Minimum, herausgebildet aus „optimalen Ernährungsverhältnissen“ gibt die Eiweißzufuhr keinen Ansatz, sondern nur erhöhten Eiweißumsatz; bei einem Maximum, herausgebildet bei tiefstem Eiweißbestand, kommt es zum stärksten Ansatz. Es bietet Interesse, einige der Regeln für die Eiweißzersetzung mit Bezug auf den Ernährungszustand nachzuprüfen, besonders im Hinblick auf den vorher gegebenen Tiefstand der Zellernährung.

Bei ausschließlichem Eiweißumsatz lassen sich solche Unterschiede nicht auffinden, weil der Verbrauch des Eiweißes hier zu dynamischen Zwecken so überwiegt, daß man den Ansatz um so weniger beurteilen kann, als die starke Zurückhaltung von Vorratseiweiß ohnedies eintritt. Aber man braucht ja nur die vielen Versuche über Fleischfütterung nach Hunger zu betrachten, die schließlich alle für Verschiedenheiten des körperlichen Zustandes verwertet werden können und allgemein das schnelle Ansteigen der Eiweißzersetzung erkennen lassen. Ich habe auch früher einmal eine solche Fleischfütterung nach langem Hunger ausgeführt und auch dabei die bekannte flutartige Anschwellung der Eiweißzersetzung gesehen. Da ein entsprechender Versuch aus einem wirklichen N-Minimum beim Hund nicht vorlag, habe ich einen solchen vor kurzem ausgeführt. Nach langer Fütterung mit ungenügenden Eiweißmengen unter Kohlehydratzugabe war der Körper zwar fettreich geblieben, aber an N verarmt. Als Resultate einer Fütterung mit Fleischmengen, die zur vollkommenen Deckung des Kalorienbedürfnisses hingereicht hätten, wurden dann gefunden:

(Vorher 14 Tage Kartoffel und Zucker — Hund, 16 kg — Gewicht stark abgesunken.)

	N-Ausscheidung
Hunger . . . . .	1.65 g
	1.21 g
900 g Fleisch . . . . .	12.76 g
	26.00 g
	20.68 g

Am 2. Tag nach Fleischfütterung war die N-Ausscheidung größer als am 3. Tag, weil nach langer Kohlehydratkost der Magen die großen Fleischmengen nicht ganz verarbeiten kann, die Resorption sich also hinaus und vielleicht in den folgenden Tag hinein schob. Da 900 g Fleisch = 28 g N enthielten, so ist der Hund schon am 3. Tag dem N-Ausgleich recht nahe gekommen. Der Verlauf war nicht anders, als er auch bei höherem N-Bestand des Körpers meines Hundes war. Beim Menschen



hat K. Thomas<sup>1</sup> die gleiche starke N-Steigerung nach einem erreichten Minimum gefunden:

	N-Ausscheidung
Minimum . . . . .	2·22 g
	2·31 g
Fleisch = 77 g N pro Tag . . . . .	28·96 g
	59·21 g
	72·47 g
	77·73 g

Die Steigerung von Tag zu Tag ist hier enorm und schon am 4. Tag das Gleichgewicht erreicht. Der vorherige Tiefstand des N-Umsatzes bildet also kein Hindernis, sofort zur stärksten Steigerung der Eiweißzersetzung überzugehen. Die im vorherigen Versuch nachfolgende einfache Zuckerkost hinderte die Wiederabgabe des zurückgehaltenen Eiweißes nicht, sondern lieferte in 9 Tagen ungefähr zurück, was angesetzt worden war. Ohne solch ein Minimum hatte ich an mir selbst (1876) beobachtet als Anstieg<sup>2</sup>:

	N-Ausscheidung
Aufnahme 48·8 g N . . . . .	42·3 g
	50·3 g
	48·5 g
und bei 39·8 g N . . . . .	24·94 g
	40·9 g
	47·1 g

Im zweiten Falle überstieg die Eiweißzersetzung sogar noch die Zufuhr.

Auch aus dem Minimum heraus bringt reine Eiweißfütterung also allemal das rapide Ansteigen der Zersetzung. Daß aber dabei gar kein N-Ansatz eintreten sollte, ist natürlich nicht anzunehmen und gewiß auch für die Zellen, die vorher auf dem tiefen Minimum lebten, größer wie bei solchen, die reichlich ernährt wurden, nur überwiegt die Verbrennung des Eiweißes so stark, daß damit der ungleiche Ansatz ganz verdeckt wird.

Anders verhält es sich bei Mischungen von Eiweiß und Fett. Als Beispiel dieser Art mag ein Versuch mit 430 g Fleisch und 33 g Fett nach einer 25tägigen Eiweißentziehung (aber Fettdarreichung<sup>3</sup>) bei einem Tier von 9 kg Gewicht angeführt sein.

<sup>1</sup> Dies *Archiv*. 1910. Physiol. Abtlg. Suppl. S. 258.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XV. S. 123.

<sup>3</sup> Vgl. *Problem der Lebensdauer*. 1908. S. 78.

	N-Ausscheidung
Hunger . . . . .	2·21 g
Fleisch und Fett . . . . .	7·50 g
	13·20 g
	11·20 g
	11·27 g
	10·38 g
	10·21 g

Der Versuch stimmt in der Steigerung der N-Ausscheidung am 2. und einem Abfall am 3. Tag gut mit den oben angeführten, die N-Ausscheidung bleibt aber niedrig (über 10 Tage), der Ansatz ist gleichbleibend erheblich; das Körperfett wirkt nicht in gleichem Sinne wie das Nahrungsfett, weil es selbst durch zugeführtes Eiweiß gespart wird.

Daß man mit Eiweiß allein recht ansehnliche Quantitäten geben muß, um ein N-Gleichgewicht zu erhalten, war schon durch C. Voit zuerst beobachtet worden. Eingehende Versuche hat darüber E. Voit<sup>1</sup> angestellt. Zu Versuchen dieser Art möchte ich bemerken, daß es ein konstantes Verhältnis von Eiweißbedarf bei reiner Eiweißfütterung zur Menge des im Hunger ausgeschiedenen N nicht geben kann, da ja der letztere eine mit dem Fettgehalt des Tieres stark schwankende Größe ist. Den Grund der starken Eiweißsteigerung bei reiner Fleischkost habe ich dadurch erklärt, daß das zugeführte Eiweiß eben alles überflutend natürlich in den ersten Stunden des Tages auch das Körperfett schützt. Ist dieser Strom abgeklungen, so kann es immer in den späteren Stunden noch an Eiweiß fehlen. Bestimmte Zahlen für den Ersatz von Hunger-eiweiß durch Nahrungseiweiß gibt es also nicht, weil hier überhaupt eine Vertretung zwischen beiden Eiweißarten nicht in Frage kommt.

Eine solche erhebliche Verzögerung des N-Verbrauches wie oben beobachtet man bei Hunger und nachfolgender Fettgabe nicht. Ein Beispiel hierfür mag folgendes an einem herabgekommenen Tier beobachtet sein<sup>2</sup>:

	N-Verbrauch pro Tag
Hunger . . . . .	3·21 g
	3·21 g
40 g Fett . . . . .	4·42 g
60 g „ . . . . .	3·32 g
60 g „ . . . . .	3·17 g

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* 1895. Bd. XXXII. S. 64.

<sup>2</sup> Vgl. *Gesetze des Energieverbrauchs*. S. 302.

	N-Verbrauch pro Tag
100 g Fett . . . . .	3.24 g
98 g „ . . . . .	2.48 g
Hunger . . . . .	2.68 g
	2.56 g
	2.68 g
	3.14 g
	3.17 g
	3.66 g
	4.3 g

Doch ist hierzu zu bemerken, daß die Fettzufuhr jedenfalls den Termin einer Steigerung der Eiweißzersetzung infolge Fettmangels deutlich hinausgeschoben hat und insofern von bemerkenswerter Wirkung war. Eine solche Überlegenheit des Nahrungsfettes über das Körperfett wie bei Eiweißzufuhr mit und ohne Fett ist hier nicht zu bemerken. Das ist auch begreiflich, bei reiner Eiweißzufuhr ist diese das Nährmaterial die Fettlösung eine biologische Funktion, die unterbleibt, weil das Fremde, die Nahrung, die ernährende Funktion aufnimmt. Bei Hunger löst sich das Fett, um das wertvolle „Organ“ zu schützen, kommt aber trotzdem nur zu beschränkter Wirkung, die in der Natur des Fettes als Nährstoff liegt, das Nahrungsfett kann daher auch nicht mehr leisten, als das gelöste Körperfett. Das Fett, das uns so indifferent erscheint, ist, als Fettorgan betrachtet, bald in Tätigkeit, bald in Ruhe. In Ruhe, wenn sich anderes nährendes Material bietet, in Tätigkeit, wenn Mangel herrscht.

Ausgehend von dem Gedanken, daß die Menge des Eiweißüberschusses zu dem Bedarf der Zelle maßgebend für den Endeffekt, Umsatz wie Ansatz sein müsse, habe ich schon vor vielen Jahren diese Beziehungen systematisch untersucht und gefunden, daß bei kleinen Überschüssen relativ am meisten im Körper angesetzt wird. Diese Verhältniszahlen sind so errechnet worden, daß ich von der Zufuhr an N den N-Verbrauch bei Hunger abgezogen, unter der Annahme, daß zunächst der Hungerbedarf gedeckt werden muß und nur der Überschuß zum Ansatz zur Verfügung steht. Auf diese Art der Berechnung muß ich später nochmals zurückkommen. Außerdem habe ich festgestellt, daß im Körper mehr N zurückbleibt, wenn der Körper vorher an N verarmt war.<sup>1</sup> Immerhin aber absolut mehr, wenn der Prozentgehalt der Nahrung an N zunimmt, so daß die Funktion „Zeit“ beim Ansatz um so kürzer wird, je mehr

<sup>1</sup> a. a. O. S. 58.

prozentig bis zu einer bestimmten Grenze gereicht wird. Besteht die Aufgabe also, rasch Eiweißverlust auszugleichen, so muß auch die Eiweißmenge entsprechend gesteigert werden. Nähert man sich dem Optimum des Zelleiweißgehaltes, so geht ein größerer Anteil in rein dynamische Verwendung über. Als Grenzwert habe ich für eine Ansatzverwertung etwa 60 Prozent Eiweißkalorien in der Kost vorläufig angesehen<sup>1</sup>, bei letzterer Gabe war schon in 14 Tagen der Maximaleffekt erreicht, bei 30 Prozent Eiweißkalorien in 38 Tagen, noch länger dauert es bei kleinen Gaben. Das Besprochene gilt wesentlich für eine Zufuhr gleich dem Bedarf oder wenig darüber, während die Fälle stark abundanter Kost dabei außer Betracht bleiben.

Die Verhältnisse bei Eiweiß-Fettfütterung haben für den Menschen wenig Bedeutung, da sie nur ganz ausnahmsweise bei einigen Völkern zur Beobachtung kommen. Die größte Bedeutung aber hat die Mischung Eiweiß-Kohlehydrat, wobei es gleichgültig ist, ob auch mäßige Fettgaben mit vorkommen.

Wir betrachten die Verhältnisse am einfachsten nach den drei Gesichtspunkten: nach dem Abbau bis auf das Minimum, nach dem Aufbau und nach der Bedeutung des Körperzustandes. Über den Abbau bis auf das Minimum läßt sich in Kürze berichten.

Wenn es sich um nicht unerhebliche Ansammlungen von Vorratseiweiß und Übergangseiweiß handelt, so verschwindet diese Rückwirkung auf die N-Ausscheidung bei nachfolgender N-armer Kost sehr bald, d. h. in wenigen Tagen; dafür habe ich früher schon nach Versuchen von C. Thomas eine Reihe von Beispielen gegeben. Ich will hierzu noch Beispiele am Fleischfresser anfügen, wobei nur eine kleine Kartoffelmenge (mit Zuckerzusatz oder ohne solchen) die einzige Nahrung darstellte. Voraus ging jeder Reihe ein Tag mit Knochenfütterung, wodurch die N-Ausscheidung durch Eiweiß und Umsatz leimgebenden Gewebes nicht unerheblich gesteigert worden war.

Die Resultate der drei Reihen mit vorausgehender ungleicher Ernährung waren folgende:

	300 g Kart. + 200 g Zucker		300 g Kart. + 200 g Zucker		300 g Kart. ohne Zucker	
	N-Umsatz	Bilanz	N-Umsatz	Bilanz	N-Umsatz	Bilanz
1.	10.34	-9.24	9.10	-8.00	6.70	-5.60
2.	5.62	-4.52	4.55	-3.45	3.34	-2.24
3.	3.70	-2.60	2.48	-1.38	2.23	-1.12
4.	2.31	-1.24	2.46	-1.36	2.35	-1.24
5.	1.78	-0.68	1.77	-0.67	1.74	-0.64
6.	1.85	-0.75	1.88	-0.78	1.65	-0.55
7.	1.45	-0.35	1.89	-0.79	1.97	-0.87

<sup>1</sup> a. a. O. S. 57.

Im ersten und zweiten Versuch ging eine Periode mit hohem Eiweißumsatz und dauerndem Ansatz voraus, der dritte Versuch war von dem zweiten nur durch einen Knochenfütterungstag getrennt. Eine Rückwirkung der vorübergehenden Periode mit höherem N-Umsatz und -Ansatz auf den Verlauf der N-Ausscheidung bei Kartoffelkost ist, ausgenommen die ersten zwei Tage, nicht nachzuweisen, in wenigen Tagen ist das Minimum erreicht, jedoch kein N-Gleichgewicht. Es ist kaum anzunehmen, daß im praktischen Leben solche N-Abhungerungen für sich allein auftreten, meist werden sie mit einem allgemeinen Mangel an Nahrung vergesellschaftet sein, bei dem dann die Eiweißstürze erheblich sein können, namentlich wenn die allgemeine Entfettung schon erheblich vorgeschritten ist.

Die hier theoretisch betrachteten Vorkommnisse werden im Leben unter den Erscheinungen der chronischen Inanition auftreten und durch Gelegenheit zu Erkrankungen zu dem verschiedenartigsten Zusammenbruch Veranlassung geben.

Ein N-Ansatz, wie er durch Mischung von Eiweiß und Kohlehydraten erzeugt wird, den wir als Bildung von Organeiweiß betrachten können übt also, wenn er mäßige Grenzen hat, die zu einer meßbaren Veränderung des Zellbestandes an N nicht führen, auf das Absinken auf die niedrigste Stufe keinen Einfluß, wohl aber beeinflusst eine einseitige N-Zufuhr, wie sie die Knochenfütterung ist, vorübergehend eine Mehrung der N-Ausfuhr an den ersten Tagen der Fütterung mit N-armer Kost. In diesen Fällen tritt das ein, was ich oben schon erwähnt habe: das Minimum wird erreicht, indem der N-Ansatz aus dem Körper wieder eliminiert wird.

Die Verschiebungen im N-Ansatz bei gehobener Eiweißzufuhr und die Abgabe bei Verminderung der Eiweißzufuhr sind nicht bedeutend, nicht einmal in den extremsten Fällen. Die Behauptung von massenhaften Aufspeicherungen von Zersetzungsprodukten, die schon aus anderen Gründen sich widerlegen, finden in den Experimenten nirgendwo eine Stütze. Es wird aber noch aufzuklären sein, welche Bedeutung diese nun einmal doch feststehende Zurückhaltung des Eiweißes hat. Für einen Teil des bei großer Eiweißzufuhr im Körper zurückgehaltenen Materials habe ich schon früher die entsprechende Erklärung gegeben; das Eiweiß bleibt zum erheblichen Teil im Körper, um für die Zeit der unterbrochenen Resorption der Nahrung einen Ausgleichsvorrat zu liefern. Diese hierzu notwendigen Mengen wachsen sehr leicht an, weil durch die spezifisch dynamische Wirkung des Eiweißes an sich zumeist starke Erhöhungen der Wärmebildung zustande kommen.

Wenn nach Erreichung eines Minimums kein weiterer Abfall an N-Verlust durch Funktionseinschränkung erfolgen kann, muß nach der

Definition desselben ein je nach dem Defizit größerer oder kleinerer Zerfall von Organeiweiß eintreten. Auf diese Wirkungen einer solchen N-Reduktion unter das Minimum will ich vom theoretischen Standpunkt etwas eingehen.

Wie ich anderenorts ausführlich erläutert habe, wird dieser Zerfall schon eintreten und unaufhaltsam sein, wenn auch in absoluter Zahl nur wenig N mangelt. Denn das Minimum hält dem ganzen Körpereiß das Gleichgewicht, ein Viertel zu wenig bedeutet den allmählichen Zerfall von einem Viertel des ganzen Körpereißes. Täglich wird dann ein kleiner Zuschuß aus dem Körpereiß zu dem vorhandenen ausreichen, die Funktionen vorläufig zu decken. Wenn ein Erwachsener von 70 kg rund 2100 g N am Körper hat, so ist ein Viertel davon = 525 g N; bei 1 g täglichem Defizit sinkt der Verbrauch dann, bis mit 1595 g ein Gleichgewicht zustande kommt. In der ersten Zeit werden täglich 1 g abgegeben, aber mit sinkendem N-Gehalt des Körpers immer weniger, bis bei 1575 g ein Gleichgewicht erreicht ist. Im Mittel kann man also den täglichen Verlust der ganzen Reihe auf 0.5 g annehmen. 525 g Vorrat würden also 1050 Tage hinreichen, um das Defizit zu decken. Aus dieser rohen Schätzung folgt, wie langsam der Verfall des Körpers sein würde, auch zeigt sich, daß die gewöhnlichen Bilanzbestimmungen, die sich vielfach sogar nur auf die Beobachtungen des Harnes stützen, zur Lösung der Frage, ob in einem gegebenen Falle N-Gleichgewicht besteht, meist gar nicht hinreichen, um den Beweis des wirklich bestehenden Gleichgewichtes zu liefern.

In analoger Weise würden für 10 Prozent Mangel am N-Minimum ein Verlust von 157.5 g N eintreten und bei einem mittleren täglichen Bedarf von 0.2 g N, die Dauer des Abfalles 78.5 Tage dauern.

Theoretisch betrachtet, gibt also das Minimum einen Minimalgrenzwert, dessen Unterschreitung zu einer deletären Wirkung führen kann, auch wenn die fehlenden N-Mengen relativ klein sind. Charakteristisch für diesen Zustand sind die fortdauernden gleichmäßig weiterschreitenden Verluste. Zwischen den N-Verlusten, die bei einer das Minimum überschreitenden N-Zufuhr nach Reduktion der N-Zufuhr einsetzen, und diesem Verlust im Minimum ist also ein fundamentaler Unterschied, auf ihn habe ich zuerst aufmerksam gemacht. In der älteren Literatur fand sich diese Scheidung nicht, man hat jeden Eiweißverlust für gleichbedeutend gehalten. Bei dem Übergang der einen N-Ernährungsform zur anderen wird das Übergangseiweiß abgestoßen, dessen Bedeutung noch nicht genau feststeht, das aber möglicherweise mit bestimmten Funktionsänderungen im Körper, die ihrerseits wieder mit vermehrtem und vermindertem Eiweißumsatz zusammenhängen, verknüpft ist.

Ich habe auf einen wichtigen und interessanten Ausnahmefall oben hingewiesen; es sind Fälle beobachtet, bei denen trotz Kalorienzufuhr in der Höhe des Bedarfes mehr Eiweiß verbraucht wird als im Minimum, wenn die sonstigen Bedingungen auch ein solches ermöglichen sollten.

In diesem Zustand ist der erhöhte N-Verbrauch der physiologische Ersatz für das aus inneren Gründen (Eiweißreichtum des Körpers) nicht möglichen Minimum. Also muß hierbei die Kürzung der Zufuhr an Eiweiß dieselbe Folge haben, wie für den Fall eines regelrechten Minimums. Die Abnahme des N vom Körper wird so lange dauern, also umfangreich sein, bis die Relation Eiweiß und Fett im Körper ein wahres Minimum erzielen läßt. Daher wird man den Satz, daß eine geringe Nahrungskürzung im Minimum bereits langdauernde N-Abnahme zur Folge hat, nicht als allgemeingültig ansehen können, sondern die Möglichkeit offen lassen müssen, daß in besonderen Fällen auch bei Überschreitung des Minimums Kürzungen der Kost Bedeutung haben können, die Organeiweißverluste und nicht etwa nur Verlust von Übergangseiweiß bedeuten. Die Frage bedarf noch der experimentellen Nachprüfung, die ich mir vorbehalte.

Wie ich zuerst beim hungernden Kaninchen gesehen habe, kann der N-Verlust bis zum eintretenden Tod bis über 50 Prozent betragen. Gibt man N-freie Kost, so wird das Leben zwar sehr verlängert, aber schließlich muß der Tod doch durch Eiweißmangel eintreten.

Eine solche Versuchsdauer, welche bei Kohlehydratzufuhr die äußerste Dauer des Lebens bestimmt, liegt nicht vor, wohl aber habe ich bei Fettzufuhr<sup>1</sup> (vgl. auch oben S. 37) einen Hund nahe bis zum Hungertod herangebracht, wobei er 53.7 Prozent seines N-Bestandes eingebüßt hatte, das Tier war von 358.3 g N auf 166 g heruntergekommen. Hierbei ist aber der Körperzerfall natürlich rascher wie bei Kohlehydratzufuhr, weil der Eiweißverbrauch höher bleibt als bei Kohlehydratzugabe.

Ich setze den Fall, daß auch beim Menschen solch ein Abfall erfolgen kann, so würden bis zum Tode 1127.7 g N verloren gehen können, wobei anfänglich 4 g täglich, am Schluß aber 1.85 g zu Verlust gehen würden, = 2.92 g im Mittel, die Dauer der N-Abhungerung würde also sein:  $1127.7 : 2.92 = 386$  Tage. Von interkurrenten Störungen der Gesundheit, die beim Menschen die Regel bei so langem N-Mangel sein würden, mag dabei abgesehen werden. Die Beispiele sollen nur zeigen, mit welchen außerordentlich langen Zeiträumen man es dabei zu tun hat, ehe die geringen N-Mängel zu wesentlichen Veränderungen des Körpers oder auch zum Tode führen. Man darf eben nie vergessen, daß nur 4 Prozent des ganzen Körperbedarfes bei der Abfallsquote in Frage kommen und daß wir

<sup>1</sup> *Das Problem der Lebensdauer*. S. 49.

in dem hohen N-Gehalt des Körpers ein enormes N-Reservoir in uns haben, aus dem der fehlende N, freilich unter zunehmender körperlicher Schwäche gedeckt werden kann. Die Gefahren des N-Zerfalls sind also viel geringer zu bewerten, wie die Einflüsse ungenügender Nahrung überhaupt.

Mit Rücksicht auf diese Erwägungen habe ich in der Kriegszeit, ohne diese Fragen öffentlich zu behandeln, stets vertreten, daß die Erhaltung der Kalorienzahl bei Kohlehydratzufuhr in der Not viel wichtiger ist, als die Regulierung der Eiweißzufuhr. Aber es gibt auch dafür natürlich bestimmte Grenzen des Erträglichen. Man darf daraus nicht schließen, wie es dem grünen Tisch beliebte, daß man überhaupt jede Minderung des Eiweißes beliebig in Anspruch nehmen könne.

### Der Eiweißansatz.

Ist ein Minimum einmal erreicht, so haben wir dabei drei Fragen zu erörtern: 1. wie man erweisen soll, daß das Minimum wirklich die Befriedigung aller Bedürfnisse des Körpers in sich schließt; 2. wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn man zu wenig Nahrung gibt; 3. wie sich die Ernährungsverhältnisse gestalten, wenn man mehr N zuführt. Was die erste Frage anlangt, so ist sie zunächst eine rein analytische. Zu dem Begriff des Minimums gehört zunächst einmal die Feststellung sämtlicher N-Verluste, also nicht etwa nur die Ausscheidungen im Harn, sondern auch die des Kotes und beim Menschen die Verluste an N durch die Haut. Im Hinblick auf diese Frage kann man behaupten, daß bis jetzt überhaupt keine Untersuchung vorliegt, welche methodisch exakt für längere Zeit die N-Ausscheidung geprüft hätte. Wenn es sich bei Menschen oft nur um die Ausscheidung von 4 g N im Tage handelt, kann ein N-Verlust durch die Haut, der nach den Untersuchungen Cramers in meinem Laboratorium und nach anderweitigen Ergebnissen der späteren Jahre bis 1.9 g N betragen kann<sup>1</sup>, nicht vernachlässigt oder einfach geschätzt werden, und für den freien Verkehr des Menschen müssen wir nicht mit den Werten der ruhenden Menschen, sondern der tätigen rechnen.

Das Minimum hat zur Voraussetzung, daß der Gesamtstoffwechsel durch die übrigen Nahrungsmittel voll gedeckt ist; desgleichen muß sicher sein, daß auch mit Rücksicht auf die Aschenbestandteile in diesen alles restlos enthalten ist, was der Organismus braucht, denn Aschehunger führt ebenso zum Organzerfall wie der Mangel einer anderen Komponente. Gerade mit Rücksicht darauf ist trotz der großen Vorräte des Körpers an Salzen es durchaus möglich, daß Wirkungen nach einem Jahre und

<sup>1</sup> *Arch. f. Hyg.* Bd. X. S. 269.

später erst in die Erscheinung treten können. Die N-Bilanz ist bei den grundlegenden Experimenten am Fleischfresser mit rein animalischer Kost viel weitgehender als echter Bilanzzustand anzunehmen, wie beim Menschen, den man mit den körperfremden Nahrungsmaterialien ernährt. Gemeinhin hat man keine Bedenken bei dem analytisch erhobenen Gleichgewicht, auch ein physiologisches der N-Substanz anzunehmen, was an sich nicht berechtigt ist, jedenfalls nicht für kürzere Ernährungsperioden.

Denn neben einem N-Ansatz könnte ebensogut ein N-Verlust in gleicher Höhe einhergehen, ein Vorgang, der unter Umständen lange verdeckt bleiben kann. Der einfache Bilanzversuch hat daher seine physiologischen Grenzen, wenn es sich nicht um Nahrungsmittel handelt, wie es körpereigene Substanzen sind. An seiner Stelle muß dann der Fütterungsversuch über lange Zeiten entscheiden.

Ein N-Minimum gilt zunächst nur für die betreffenden Versuchsbedingungen. Ob ein solcher Zustand eine generelle Bedeutung hat, muß stets offen gelassen werden, weil es besonderen Versuchen überlassen sein muß, die allgemeinen Verhältnisse, wie Geschlecht, Jugend und Alter, sowie die funktionellen Leistungsgrenzen in diesem Ernährungszustande festzustellen (Arbeitsleistung, Verhältnisse zu klimatischen Einflüssen, Zeugung, Fortpflanzung, Ausdauer und Widerstandskraft, Verhältnisse der Immunität). Im Zusammenhang hiermit steht auch noch die Frage allmählicher innerer Veränderungen und eines etwaigen Ausfalles bestimmter Funktionen (Blutbildung und ähnliches) unter allmählichem Absinken auf weitere tiefere Stufen der Leistung einzelner Funktionen.

Je nachdem man das N-Minimum als ein Hilfsmittel experimenteller Forschung oder als ein Maß des N-Verbrauches im Sinne der Anwendung für praktische Zwecke ansehen will, liegen ganz verschiedene Aufgaben vor.

Es ist bemerkenswert, daß ausnahmslos wohl der N-Verlust bis zum Minimum sehr oft einer mehr oder minder genauen experimentellen Untersuchung unterzogen worden ist, aber der umgekehrte Vorgang nicht, obwohl es doch natürlich auf diesen Vorgang der normalen Restitution der Gewebe ganz wesentlich ankommt, denn wenn Verluste eingetreten sind, muß wieder ein Aufbau vorgenommen werden.<sup>1</sup>

Bei den Experimenten über das N-Minimum ist man in den Laboratorien von gut genährten Leuten ausgegangen, denen man es nach den

<sup>1</sup> Die bisherigen Beobachtungen über N-Ansatz nach größeren N-Verlusten von Krug, Bornstein, Fr. Müller, Benedict u. Suranyi, Lüthje, P. E. Richter u. A. haben das Hauptgewicht auf die Frage der Eiweiß- oder Fleischmast gelegt. Dies ist für die folgende Betrachtung nicht der springende Punkt.

Experimenten überlassen hat, sich wieder anderweitig zu ernähren. Es muß also das Verhältnis des Eiweißsatzes und des Aufbaues aus dem Minimum heraus einer besonderen Untersuchung unterzogen werden. Wohl habe ich hierzu die analogen Verhältnisse der Auffütterung mit Fleisch und Fett bereits systematisch untersucht und gezeigt, daß zum Aufbau besondere Bedingungen gehören. Man braucht reichliche Eiweißmengen, um den Körper wieder auf eine höhere Stufe zu bringen, nicht nur wegen des Ansatzes, sondern auch wegen des Umsatzes, weil nicht jeder Überschuß vom Körper gleich zum Ansatz verwertet wird. Die Verhältnisse sind bei den Kohlehydratgemischen, die ich nachstehend untersuchen will, einfacher wie bei Eiweiß-Fettmischungen. Theorie wie Praxis sind an der Lösung dieses Problems interessiert.

Man muß sich klar machen, daß das Leben nicht ein Verharren auf einem N-Gleichgewicht bedeutet, sondern ein ewiges Hin und Her um den Gleichgewichtszustand. Ich bin in der Lage, über diese Verhältnisse am Menschen eine volle Aufklärung zu geben, dazu verwende ich Beobachtungen, die Prof. v. Hösslin an Militärpersonen angestellt hat zu dem Zwecke, die Menge der Nahrung festzustellen, mit der sie auskommen oder sich verbesserten. Die Nahrungsmittel-, Harn- und Kotanalysen wurden in meinem Laboratorium, die Beobachtungen an anderer Stelle ausgeführt.<sup>1</sup>

Den Verlauf der Versuche, die gerade für die Kriegszwecke von größter Bedeutung sind, gebe ich nachstehend:

5 Personen, welche durch ungenügende Ernährung bei 164 cm Körpergröße auf 48.2 kg heruntergekommen waren, wurden mit besserer gemischter Kost wieder aufgefüttert. Perioden von 5 Tagen gleicher Fütterung folgten sich. Die Leute hatten wohl an 30 Prozent von ihrem Mittelgewicht eingebüßt. Die Nahrungsmittel wurden, was den N anlangt, besonders analysiert, auch Harn und Kot untersucht.

Pro Person und Tag:

N-Aufnahme	Abgabe	Bilanz	Gewicht
1. Versuch. Einnahme 15.5 N = 96.7 N-Subst. 93 Fett, 308.3 Kohlehydr.			
13.8	7.0	+ 6.8	48.2
17.1	7.3	+ 9.8	—
14.8	8.6	+ 6.2	48.7
16.2	8.4	+ 7.8	49.7
16.1	8.2	+ 7.9	48.5
2. Versuch. Einnahme 20.2 N = 126.8 N-Subst. 74.3 Fett, 313.5 Kohlehydr.			
20.2	8.1	+12.1	48.8
20.2	9.3	+10.9	49.4
20.8	11.1	+ 9.7	49.4
19.6	10.6	+ 9.0	50.4
20.2	10.9	+ 9.3	49.7

<sup>1</sup> Vgl. v. Hösslin, *Zeitschr. f. Biol.* 1919. Bd. LXXXVIII. S. 149.

## 3. Versuch. Einnahme 20.0 N = 125 N-Subst. 87.3 Fett, 554 Kohlehydr.

N-Aufnahme	Abgabe	Bilanz	Gewicht
19.9	10.6	+ 9.3	49.0
20.7	10.9	+ 9.8	50.5
20.0	11.9	+ 8.1	50.9
19.6	10.2	+ 9.4	51.1
20.0	12.3	+ 7.7	51.6

## 4. Versuch. Einnahme 29.3 N = 183.1 N-Subst. 117.2 Fett, 500.1 Kohlehydr.

30.0	11.5	+18.5	52.1
30.0	12.2	+17.8	52.2
26.3	12.4	+13.9	51.8
30.0	12.8	+ 7.2	53.0
30.0	11.7	+18.3	52.8

## 5. Versuch. Einnahme 15.1 N = 94.4 N-Subst. 67.7 Fett, 260.4 Kohlehydr.

14.8	9.7	+ 5.1	51.5
13.8	10.1	+ 3.7	50.8
17.6	10.6	+ 6.5	50.7
16.2	10.9	+ 5.3	—
13.8	7.4	+ 6.4	51.6

## 6. Versuch. Einnahme 14.5 N = 90.6 N-Subst. 51.0 g Fett, 751 Kohlehydr.

14.5	8.1	+ 6.4	51.5
14.5	9.6	+ 4.9	52.2
14.5	9.0	+ 5.5	52.0
14.5	8.6	+ 5.9	52.9
14.5	11.5?	+ 3.0	52.2

An diese Versuchsreihe schlossen sich später noch ein paar kürzere Reihen mit kleinen Eiweißmengen an; die Versuche 7, 8, 9 liegen unmittelbar hintereinander. Der körperliche Zustand der Versuchspersonen war offenbar wenig geändert.

## 7. Versuch. Einnahme 67.5 Eiw. = 10.8 g N, 41.8 Fett, 373 Kohlehydr.

Einfuhr	Ausfuhr	Ansatz	Körpergew.
10.80	7.28		50.2
10.80	6.25		49.7
10.80	6.81 7.04	+3.76	49.8 50.0
10.80	7.84		50.3

## 8. Versuch. 31.6 Eiw. = 5.05 g N, 65.2 Fett, 365 Kohlehydr.

5.05	—		—
5.05	6.06		50.3
5.05	5.14 4.53	+0.52	51.0 50.3
5.05	3.92		49.5

## 9. Versuch. 25.6 Eiw. = 4.15 N, 124.6 Fett, 331 Kohlehydr.

4.15	4.14		49.0
4.15	4.42		49.2
4.15	4.07 4.15	= ± 0	49.2 49.2
4.15	3.98		49.4

Wenn man die Zahlen betrachtet, so findet man nur schließlich heraus, daß die Personen recht stark Eiweiß angesetzt, auch im Gewicht zugenommen haben, Tatsachen, die uns wohl verständlich sind. Die ungemein starke Anziehung für Eiweiß bei herabgesetztem N-Bestand des Körpers habe ich nach meinen Experimenten (1902) schon erwähnt. Aber man darf in dieser Hinsicht auch auf den Eiweißverbrauch bei wachsenden Tieren und beim Säugling hinweisen, die bis zu einem Beseitigen jedes dynamischen Eiweißverbrauches führen kann. Schließlich auf Beobachtungen auf klinischem Gebiet: der hohe N-Ansatz bei stark nach Typhus herabgekommenen Personen. Der enorme gleich bleibende Ansatz, der gewissermaßen das Eiweiß zum Aufbau verschlingt und jede andere Nebenwirkung auszuschließen scheint, prägt sich auch hier aus, wo über 30 Prozent des Körpergewichtes verloren waren. Der Ansatz, d. h. die Restitution, hängt eben von dem Zelleckdünis nach Eiweiß mit ab, aber wie ich nochmals mit Rücksicht auf den Hochstand oder Tiefstand des Eiweißes der Zellen sagen muß, bei wechselndem Ernährungszustand sind diese Zellbedürfnisse verschieden. Wir lassen diesen Gesichtspunkt der allmählichen Umwandlung der Zelle in einen besser genährten Zustand vorläufig außer Betracht und betrachten die Ergebnisse als Resultat eines einheitlichen gleichbleibenden Zellbestandes.

Die Aufgabe wird sein, ein allenfallsiges gesetzmäßiges Verhalten bei dem Ansatz zu finden. Für die hier etwa maßgebenden Beziehungen und Zusammenhänge enthalten die von mir bereits anderweitig veröffentlichten Arbeiten die nötigen Hinweise. Aus den Versuchen am Hunde mit verschiedenem Eiweißgehalt der Kost ist schon durch die Dauer der Restitution des Gewebes, die sich ähnlich wie die Konzentration der Nahrung an Eiweiß verhält, ein zahlenmäßiger Zusammenhang klargelegt, auf den wir uns um so mehr stützen können, als ich dort mit der Enteiweißung des Körpers noch viel weiter heruntergegangen war, als es hier bei dem Menschen unter der Kriegsernährung der Fall war. Noch übersichtlicher sind die Ergebnisse — allerdings für das Wachstum — bei der Hefezelle gewesen<sup>1</sup>; das Wachstum hängt hier ganz von der Beziehung zwischen Zelle und N-Nahrung ab und ist völlig unabhängig von der Konzentration der Nährlösung; die Zelle bemächtigt sich also des Eiweißes auch unter den sonst für den Nahrungsgewinn allerschwerendsten Verhältnissen. Jedenfalls spielt bei diesen Vorgängen bei gleichbleibendem Verhältnis nicht der Gehalt der Gesamtnahrung an Eiweiß, sondern die Beziehung Zellmassen zu zugeführtem Eiweiß das

<sup>1</sup> Die Ernährungsphysiologie der Hefezelle. S. 347.

bestimmende Moment, also nicht etwa insuffiziente, suffiziente und abundante Kost. Mit Rücksicht auf die praktische Verwendung und übersichtliche Darstellung der Resultate läßt sich zunächst einmal untersuchen, ob die Konzentration des Eiweißes in einer gerade suffizient gedachten Kost entscheidend ist oder nicht. Damit führen wir einen Berechnungsfaktor ein, der unabhängig von der absoluten Größe eines Organismus ist, was für die Verallgemeinerung von großer Bedeutung sein müßte. Es ist auch von vornherein wahrscheinlich, daß, wie die Gesetze des Wachstums einheitlich sind, auch die Restitution der Gewebe bei allen Organismen gleichmäßig verlaufen. Wenigstens ist diese Annahme vorläufig wahrscheinlicher als eine andere.

Für die Berechnung habe ich zugrunde gelegt einen Kalorienverbrauch von 40 pro Kilogramm, wie er sich auch in anderen Versuchen als zureichende Erhaltungsdiät ergeben hat. Auf diesen Verbrauch sind die gefütterten Eiweißkalorien umgerechnet bzw. in Prozenten ausgedrückt worden; so sind die nachfolgenden Zahlen entstanden; die absolute Zahl der verzehrten Kalorien bleibt also, wie ich bemerke, außer Betracht.

Das 5-Tage-Mittel bzw. 4-Tage-Mittel Nr. 7, 8, 9 waren:

	Gewicht	N-Zufuhr	Rein-kalorien	pro kg Rein-kalorien	N-Harn + Kot	N-Ansatz	Prozent Kalorien in Eiweiß	auf 40 Kal. pro kg Gewicht <sup>1</sup>
1.	48·2	15·5	1862	38·8	7·9	7·6	21·3	20·5
2.	48·5	20·2	2124	42·1	10·0	10·2		26·1
3.	49·7	20·0	3088	59·8	11·2	8·8 <sup>1</sup>		24·8
4.	51·6	29·3	3146	59·5	12·1	17·2 <sup>1</sup>		35·5
5.	51·6	15·1	1757	34·0	9·7	6·4		18·8
6.	52·2	14·5	3497	68·8	8·8	5·7 <sup>1</sup>		17·9
7.	50·0	10·80	1932	38·6	7·0	3·8		13·8
8.	50·3	5·05	2072	41·1	4·5	0·5		6·4
9.	49·2	4·15	2390	43·2	4·1	0		5·3

<sup>1</sup> Kalorien im Eiweiß pro Tag	Kalorienumsatz bei Verbrauch von 40 Kalorien pro kg	die Eiweißkalorien machen in Prozenten
397·1	1940	20·5
517·5	1988	26·0
512·4	2064	24·8
750·5	2112	35·5
386·8	2064	18·8
371·4	2088	17·8
276·7	2000	13·9
129·4	2012	6·4
106·3	1968	5·3

Obige Versuche sind ein höchst interessantes Beispiel für das enorme Bedürfnis des Körpers nach Eiweiß nach einem außerordentlich weitgehenden Absinken des Körpergewichtes bei starkem Eiweißverlust. Die N-Bilanz erreicht schließlich bei 5·3 Prozent Eiweißkalorien ein Minimum, von dem freilich unsicher ist, ob es dauernder oder vorübergehender Natur ist. Daß der Körper der Versuchspersonen noch Änderungen durchmacht, zeigt der erhebliche Gewichtsverlust bei gleichbleibender Bilanz. Darüber hinaus sieht man zwar mit steigender Eiweißzufuhr die Eiweißzersetzung wohl in die Höhe gehen, aber doch nur sehr langsam, und selbst bei der siebenfachen Menge (29·3 g N pro Tag, Versuch 8) ist der Zuwachs an Umsatz nicht im entferntesten der Zufuhr entsprechend. In allen Reihen ist Ansatz vorhanden.

Eine Veränderung des Körperzustandes außer der Zunahme des Eiweißbestandes der Zellen ist nicht eingetreten, denn berechnet man in den ersten 6 Reihen, die sich unmittelbar folgten, wieviel N-Umsatz auf 100 Teile N am Körper verbraucht wird, was allerdings für den Anfangsbestand an N nur nach Schätzung des N-Gehaltes des Körpers möglich ist, während sich die übrigen Bestände dann durch Addition des N ergeben, so findet man für den Anfang (Reihe 1 bei 15·5 g Eiweißkalorien) 5·4 g N pro 100 g N am Körper, in der 6. Reihe bei 14·5 Prozent Eiweißkalorien auch 5·4 g, d. h. die Unterschiede im Umsatz lassen sich auf die Eiweißmasse des Körpers beziehen und unterliegen nicht zufälligen anderen Umständen, nur bei Reihe 9 fällt dann der N-Umsatz auch pro 100 g N (zunächst bei Reihe 7 auf 4·7 g N-Verbrauch) schließlich auf 2·7 g.

Nunmehr läßt sich versuchen, ob sich gesetzmäßige Beziehungen des N-Ansatzes bei N-Restitution zur Art der Zufuhr nachweisen lassen.

Der Zusammenhang zwischen Zufuhr, Umsatz und Ansatz ist sehr einfach (s. Tabelle S. 54):

Die Versuche mit überschüssiger Kost sind mit + bezeichnet. Ein Minimum wurde erzielt bei 5·3 Prozent Eiweißkalorien, was für gemischte Kost auch zu erwarten ist, jede weitere Zulage des Eiweißes in der Zufuhr bedingt aber nicht glatten Ansatz, sondern auch Steigerung des N-Umsatzes. Der N-Überschuß, welcher für Ansatz überhaupt nur in Frage kommen kann, ist der über das Minimum hinausgehende. Zufuhr abzüglich N-Verbrauch im Minimum müßte also das Material abgeben, das angesetzt werden kann. Inwieweit es wirklich angesetzt wurde, ergibt sich aus der Bilanz. Aus der Relation zwischen verfügbarem Eiweiß und Ansatz läßt sich ein Quotient bilden, der als

	Prozent-Gehalt der Kost an Eiweißkalorien, berechnet zum Kalorienbedarf	Absoluter N-Umsatz	Absoluter N-Ansatz	Vom zugeführten N ist angesetzt in Prozenten <sup>1</sup>	Vom Überschuß über das Minimum wird angesetzt <sup>1</sup>
9.	5.3	4.15	0	0	—
8.	6.4	5.05	0.5	9.9	55.5 <sup>2</sup>
7.	13.8	7.0	3.8	54.3	56.7
6.	18.7	8.8	5.7	35.2+	54.8
5.	17.8	9.7	6.4	42.3	58.2
1.	20.5	7.9	7.6	49.0	66.6
3.	24.8	11.2	8.8	44.0+	55.4
2.	26.1	10.0	10.2	50.5	63.3
4.	35.5	12.1	17.2	58.7+	68.2

Maßstab der Gleichartigkeit oder Veränderlichkeit dieses Verhältnisses dienen kann. Um keinen Zweifel über die Berechnungsweise aufkommen zu lassen, sei die fünfte Zeile der Tabelle (S. 52) betrachtet:

Es war die Zufuhr täglich . . . 29.3 g N  
 Ab N-Minimum . . . . . 4.1 g N  
 Bleiben für Ansatz . . . . . 25.2 g N  
 Wirklich angesetzt . . . . . 17.2 g N = 68.2 Prozent

Daraus ergibt sich als zwingender Schluß, daß bei den stark ent-eiweißten und herabgekommenen Personen es gelang, ein Minimum

<sup>1</sup> Will man die Ungleichheit des Gewichts ausschalten, so läßt sich der Umsatz auf den N-Bestand reduzieren, dann hat man pro 100 N:

	N-Umsatz	Zufuhr	Ansatz
1.	0.539	1.069	0.520
2.	0.662	1.338	0.676
3.	0.719	1.285	0.566
4.	0.746	1.807	1.061
5.	0.576	0.898	0.322
6.	0.514	0.841	0.327
7.	0.464	0.722	0.258
8.	0.300	0.337	0.037
9.	0.273	—	—

<sup>2</sup> Die Quotienten würden nach dem N-Bestand:

57.98	} Ansatz vom Überschuß über das Minimum 59.81 %.
57.50	
57.09	
51.50	
66.10	
55.90	
63.50	
69.00	

herzustellen, das mit den bisher bekannten Zuständen solcher Minima hinreichend übereinkommt. Daß ferner ein Ansatz niemals gleich dem Überschuß der Nahrung an N über das Minimum war, sondern daß stets ein fast gleichbleibender Teil rund 40 Prozent des Überschusses über das N-Minimum als Vermehrung des N-Umsatzes erschien<sup>1</sup> und 60 Prozent (vgl. letzten Stab der Tabelle S. 54) als Ansatz gewonnen wurden.

Man kann also unter Steigerung der Eiweißkonzentration der Kost beim Menschen wohl den täglichen Ansatz an N, d. h. den Wiederaufbau der Gewebe, mehrten, aber niemals etwa so, daß die Vermehrung der Eiweißzufuhr als Ganzes oder die Ausscheidung des Minimums der Mehrung des Anwachsens dient. Mit der erhöhten Ansatzmöglichkeit ist stets eine Steigerung der Eiweißzersetzung vom ersten Tage ab verbunden. Die Fütterungsreihen verlaufen also so, daß bei langdauernder Zufuhr unter Sinken des N-Ansatzes der Umsatz allmählich größer wird und die Zufuhr ein N-Gleichgewicht erreicht. Die Dauer des N-Ansatzes kann natürlich sehr verschieden sein.

Über den Gang des Eiweißansatzes bei kohlehydrathaltiger Zufuhr am Hund mögen die beiden folgenden Reihen, welche nach Abgrenzung des Kotes mit Knochenfütterung beginnen, Auskunft geben. Die ersten Tage stehen noch unter dem Einfluß der N-haltigen Kost (Knochen).

127g Brot, 300g Kartoffel, 300g Fleisch		127g Brot, 300g Kart., 83g Fettgriben	
Gewicht 17 kg			
11.83g N = 31.9 % Eiweißkalorien		12.3g N = 33.2 % Eiweißkalorien	
Umsatz	Ansatz	Umsatz	Ansatz
9.65	+2.18	14.81	-2.51
9.20	+2.62	10.09	+2.22
8.29	+3.63	9.83	+2.48
6.57	+5.36	8.67	+3.64
7.31	+4.12	8.60	+3.71
7.67	+4.26	9.77	+2.54
9.81	+2.02	9.23	+3.08

An weiteren Beispielen kann eine Fütterung mit 51.7 Prozent Eiweißkalorien am selben Tier dienen.

<sup>1</sup> In diesem Anteil ist auch der N-Verlust im Kote mit enthalten, der aber durchschnittlich gering war, da die Verdaulichkeit der Kost zum Teil sehr gut gewesen ist, und außerdem noch die ungleiche biologische Wertigkeit.



450 g Kart. + 450 g Fleisch = 16.2 g N pro Tag	
Gewicht 15 kg	
Umsatz	Ansatz
13.22	+3.24
10.79	+5.62
12.30	+4.16
13.71	+2.75
10.55	+5.91
11.28	+5.18
11.00	+5.40

Der Ausgang solcher Fütterungsreihen mit einem N-Gleichgewicht ist bekannt und experimentell erwiesen. Wenn man, von dem Minimum ausgehend, zu einer Auffütterung schreitet, wie oben in den Beispielen an Menschen, so endet die Reihe nicht etwa so, daß von dem Überschuß an vorhandenem Nahrungs-N, wie er anfänglich besteht, immer mehr und mehr zur Ernährung der heranwachsenden Zellmasse dient, worauf endlich Gleichgewicht entsteht. Die Art des Wiederersatzes erfolgt wohl stufenweise. Hätten wir das niedrigste Minimum erreicht, so ließe sich mit Nahrungsgemischen verschiedenen Eiweißgehaltes die Auffütterung bewerkstelligen. Im allgemeinen wäre der Weg folgender: Gibt man z. B. einen Überschuß von 20 Prozent Eiweiß, so würde dadurch der Ansatz zustande kommen, bis für die betreffende Kalorienmenge und das Eiweiß ein bestimmter Verbesserungszustand geschaffen ist. Durch eine Erhöhung der Nahrungsration wieder mit 20 Prozent Eiweiß würde eine weitere Stufe der Verbesserung erreicht usw. So würde man stufenweise zur Verbesserung des Zustandes kommen. Jedoch muß entweder allmählich von Stufe zu Stufe die Menge des Eiweißes schon für die Erhaltung der Zellen selbst steigen; jedenfalls nimmt der Nutzeffekt für den Eiweißansatz immer mehr ab und erreicht schließlich den Wert 0.

Auf jeder dieser gedachten Stufen kann man durch Änderung der Kost auf ein Minimum kommen, das freilich stufenweise absolut mit der Masse des Körpers wächst, auch aus dem besonderen Grunde, weil, wie schon oben erwähnt, die Eiweißzersetzung schneller zunimmt wie das Körpergewicht. Im Hinblick auf diese wohlbegründeten theoretischen Anschauungen geben obige Untersuchungen über den Einfluß der Eiweißzufuhr beim Menschen auf den Ansatz gewissermaßen nur einen Ausschnitt aus der Zahl der möglichen Fälle.

Die vorliegenden Ergebnisse schieben mir zunächst in unlöslichem Widerspruch mit den Beobachtungen über den Ansatz von Eiweiß beim Hunde unter Fütterung von Fleisch und Fett zu stehen. Denn dabei

(vgl. oben) hatte ich schwankende Quotienten des Ansatzes für Eiweiß gefunden, und zwar besseren Ansatz bei kleinen Eiweißmengen und weniger guten bei den höheren. Der Grund zu diesem anscheinend verschiedenen Verhalten liegt, wie ich sehe, in der Berechnungsweise. Ich habe bei den Versuchen mit Fett zwar eine analoge Durchrechnung wie für die Kohlehydratversuche gemacht und angenommen, daß nur ein Teil der Nahrung überhaupt für den Ansatz in Betracht kommt, nämlich der Überschuß, welchen man erhält, wenn der normale Eiweißverbrauch im Hunger von der Zufuhr abgezogen wird. Da aber bei Hunger oder Fettfütterung die Eiweißzersetzung gegenüber einem Versuch mit Kohlehydraten immer erhöht ist, so sind die Fettreihen und die Kohlehydratreihe nicht auf gleicher Basis errechnet. Ich hatte bei den Fettreihen keinen Anlaß, den Verbrauch bei Kohlehydraten mit zu berücksichtigen; ich vermag daher nachträglich nicht zu sagen, wieviel der Hund im Minimum bei Kohlehydratkost verbraucht haben würde, jedenfalls viel weniger als bei Fett. Dies zugegeben, werden die berechneten Zahlen in dem Sinne sich ändern, daß die Unterschiede zwischen den Werten für den Ansatz bei verschiedenem Eiweißüberschuß etwas kleiner werden und sich nähern.

Damit wäre also eine allgemeine Regel für den Wiederaufbau der Gewebe gefunden, die für die Eiweißnormierung in der Kost uns eine ganz neue Perspektive eröffnet, denn sie zeigt, daß ein Minimum wohl sehr tief abgesenkt werden kann, daß man aber niemals wieder auf eine Besserung des Körperzustandes kommt ohne eine Zulage von Eiweiß, das wohl in die Zersetzung eingeht, aber nicht zum Ansatz kommt. Zeitlich betrachtet, wäre noch hinzuzufügen: je rascher Verluste gedeckt werden sollen, um so größer muß der Eiweißüberschuß innerhalb der von mir normierten Grenzen (höchstens 60 Prozent Eiweißkalorien) sein.

Die Übertragung der gefundenen Verhältnisse bei starker Abmagerung auf den Wohlgenährten ist nach dem, was ich bei den Fett-Eiweißversuchen schon gesagt habe, unzulässig, da bei höherem Eiweißgehalt der Zellen der Eiweißverbrauch an sich zunimmt und der Ansatz relativ kleiner wird; ich zweifle nicht, daß dasselbe *et. par.* auch bei der Kohlehydratnahrung der Fall sein wird, woraus also zu schließen wäre, daß die Organverbesserung bei mittlerem Ernährungszustand noch erheblichere Aufwände an Eiweiß für die Zersetzung notwendig macht und umgekehrt der Verwertungskoeffizient für den Ansatz kleiner wird. Stärkere N-Verluste stellen immer eine Schädigung des Körpers gegenüber dem früheren Zustande dar, wenn sie, wie hier

vorausgesetzt, eben Verluste von Organeiweiß sind. Ihr Wiederersatz würde sich bei kleinen Überschüssen an Nahrung endlos lange hinziehen müssen, ein rascher Ersatz kann nur durch erhebliche Eiweißzufuhr ermöglicht werden.

Voraussetzung für die eben auseinandergesetzten Beziehungen zwischen Eiweißzufuhr und Ansatz bildet zum mindesten die normale suffiziente Kost. Ich muß aber daran erinnern, daß bei besonderen Körperbeständen, d. h. optimal ernährten Zellen und relativ geringem Fettgehalt des Körpers auch bei suffizienter Kost kein N-Minimum entsteht, sondern der Eiweißverbrauch höher steht. Wie sich unter solchen Umständen der Ansatz zahlenmäßig stellen wird, dafür sind verschiedene Möglichkeiten denkbar, worüber nur das Experiment entscheiden kann.

Wenn man versuchen will, ob die Versuchsergebnisse uns die Möglichkeit bieten, vorauszusagen, wie in einem bestimmten Falle der Gewinn an N-Ansatz sein wird, falls eine bestimmte Kost verabreicht wird, so müssen wir versuchen, ob der Ansatz überhaupt gesetzmäßig zur Nahrungszufuhr bzw. zu deren N-Überschuß sich stellt. Dafür einen Weg zu finden, scheint nicht leicht. Er kann in folgender Art untersucht werden: Maßgebend soll sein der Prozentgehalt der Kost an Eiweißkalorien über die Grenze des Minimums hinaus, weil nur dieser Teil gleichmäßig für alle Zellen das Angebot zum N-Ansatz darstellt; maßgebend ist weiter der wirklich gemessene Ansatz; aus diesen Größen läßt sich weiter ableiten, ob für je 1 Prozent Eiweißzufuhr über das Minimum die Größe des N-Ansatzes eine konstante ist, d. h. ob 2 Prozent die doppelte Größe Ansatz geben wie 1 Prozent usw. Ich habe statt der Kilogrammgröße den Verbrauch bzw. Ansatz für 100 Teile N am Körper berechnet (1 kg = 30 g N). Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse.

Berechnet für 100 g N am Körper (s. Tabelle 54)			
in der Nahrung sind Eiweißkalorien	Ansatz in g	Überschuß der Nahrung an Eiw. über das Minimum	auf 1% Eiweißüberschuß über das Minimum ergibt sich als Ansatz in Proz.
5.3 (=Minimum)	—	—	—
6.4	0.037	1.1	0.034
13.8	0.258	7.5	0.034
17.9	0.327	12.6	0.026
18.8	0.322	13.5	0.024 0.030
20.5	0.520	17.2	0.025
24.8	0.566	18.5	0.031
26.1	0.676	20.8	0.032
35.5	1.061	30.2	0.036

Ich glaube bei der Kompliziertheit der Versuche die Schwankungen in der letzten Spalte als zufällige Abweichungen ansehen zu dürfen, was dann berechtigt, von einer Mittelzahl = 0.030 g N pro 1 Prozent Mehrung über das Minimum und für 100 g N am Körper zu sprechen. Da 30 g N = 1 kg gerechnet werden, so sind 100 g N = 3.33 kg, was für Umrechnungen anderer Art bemerkt sein mag.

Auf den vermehrten Eiweißumsatz treffen in runder Zahl 0.020 g N pro Tag und 100 g N Bestand. Wenn also 0.030 g N angesetzt werden, so würden diese, wenn sie als Teil des allgemeinen Organeiweißes betrachtet werden, nur 0.000094 g N zu ihrer Unterhaltung fordern.<sup>1</sup> Daraus folgt, daß durch die Vermehrung des Organeiweißes an sich eine so bedeutende Vermehrung des umgesetzten N = 0.020 g (gegenüber 0.00009) unmöglich gefordert werden kann, natürlich kann bei sehr langer Dauer eines solchen Ansatzes schließlich doch ein gesteigerter Anspruch auf Eiweißvermehrung hervorgerufen werden. Die Notwendigkeit des Nahrungsüberschusses für Zwecke des Ansatzes geht unzweifelhaft auch daraus hervor, daß die verschiedene Konzentration an Eiweiß unmittelbar die verschiedene Schnelligkeit des Ansatzes bedingt, wie ich das ähnlich auch beim Fett gesehen habe. Der große Eiweißüberschuß muß daher von Anfang an auch die große Eiweißmenge für die Erhöhung der Eiweißzersetzung mitbringen. Ich habe oben S. 45 geschildert, wie ungemein langsam Eiweißverluste im Bereich der Abfallsquote entstehen, wie rasch aber andere Faktoren auf den N-Verlust einwirken können; letztere werden häufiger im praktischen Leben sich geltend machen. Daher kann es von Interesse sein, zu schätzen, welche Aufbaugeschwindigkeit sich aus meinen Versuchen berechnet.

Ich knüpfe hier an den oben S. 45 gegebenen Fall an, daß ein Mensch von 2100 g N bei rund 70 kg durch Ausfall von einem Viertel der N-Menge im Minimum dieses = 4 g gerechnet in 1040 Tagen auf 1580 g N-Bestand heruntergekommen sei, also 520 g N-Verlust gehabt hatte. In welcher Zeit ersetzt sich dieser Verlust? Bei bestimmten Überschüssen, wie z. B. eine Mehrgabe von Eiweißkalorien über das Minimum von nur 2 Prozent, so würden diese pro 100 g N  $2 \times 0.030 = 0.06$  g N im Tag zum Ansatz bringen. Für 1580 g N würde im Tag  $15.8 \times 0.06 = 0.948$  g N täglich angesetzt; dieser Wert täglich müßte dann die Nahrung so weit erhöhen, daß sie dem zunehmenden Körpergewicht entspricht, der Körper soll sein ursprüngliches Gewicht mit 2100 g N am

<sup>1</sup> 100 organ. N = beim Menschen brauchen 0.282 N-Verbrauch im Minimum, 1 g organ. N = 0.00282, 0.030 g organ. N = 0.000094 N.

Körper erreichen, dann wird gerade am Ende dieser Reihe  $21.0 \times 0.06 = 1.260$  g N angesetzt worden sein, also werden die Ansatzwerte schwanken

vom Beginn mit . . . . .	0.948
bis zum Ende mit . . . . .	1.246
im Mittel . . . . .	1.104

Damit müssen 520 g N, die verloren gegangen waren, gedeckt werden, wozu

$$\frac{520 \text{ Tage}}{1.104} = 471 \text{ Tage}$$

notwendig sind. In dieser ganzen Zeit hat der Mensch eine Nahrung mit 7 Prozent Eiweißkalorien (5 Prozent für das Minimum, 2 Prozent für den Ansatz) notwendig gehabt. Im Anfang der Reihe mit nur 52.6 kg

brauchte er pro Kilo 2.8 Eiweißkalorien	
d. h. 7 Prozent von 40 kg. für 52.6 kg also	147.2 Eiweißkalorien
bei 70 kg aber $70 \times 2.8$ . . . . .	196.0 „
im Mittel . . . . .	171.6 Eiweißkalorien

$$4.1 \text{ Eiweißkalorien} = 1 \text{ g Eiweiß} \quad 41.80 \text{ g Eiweiß} \\ = 6.68 \text{ g N im Tag}$$

$$\text{für } 471 \text{ Tage} \times 6.68 \dots\dots\dots 3145.00 \text{ g N} \\ \text{angesetzt wurden} \dots\dots\dots 520.00 \text{ g}$$

Der Nutzeffekt des Wiederaufbaues war im ganzen nur 16.4 Prozent des verwendeten Eiweißes wegen der langen Dauer des Ansatzes.

Man wird mit einer Kost mit 7 Prozent Eiweiß kaum eine Verbesserung des Bestandes versuchen und sie möglicherweise überhaupt nicht durchführen können, wie wir dies eben theoretisch dargelegt haben. Aus meinen Untersuchungen geht hervor, daß z. B. bei Tieren mit 30 Prozent Eiweiß eine angemessene rasche Verbesserung des Ernährungszustandes eintritt. Ich berechne als weiteres Beispiel den Ansatz und die Ansatzzeit und den Nutzeffekt bei dem Menschen für die gleiche Abmagerung auf 1580 g N. Die Kost enthalte 30 Prozent Eiweiß, davon ab 5 Prozent für Minimalverbrauch = 25 Prozent für den Ansatz, für 100 g N werden angesetzt  $25 \times 0.030 = 0.750$  zu Anfang der Reihe und für 1580 g N  $15.8 \times 0.750 = 11.85$  g N. Gerade am Schluß der Reihe  $21 \times 0.750 = 15.75$  g N = Mittel 13.80 g N. 520 g N mußten aufgebaut werden, daher ist die Dauer  $520:13.8 = 37.7$ . In rund 38 Tagen wäre die Rekonvaleszenz beendet.

Dabei hätte der Mann an Eiweiß-N verbraucht bei 40 Kalorien pro Kilo Gesamtumsatz täglich 12 Kalorien an Eiweiß pro Kilo Körpergewicht

zu Beginn der Reihe $52.6 \times 12$ . . . . .	631.2
am Ende der Reihe $70 \times 12$ . . . . .	840.0
im Mittel . . . . .	735.6

735.6 Eiweißkalorien = 179.3 g Eiweiß = 28.6 g N pro Tag  $\times 38 = 1087$  g N Verbrauch. Angesetzt wurden 520 g N, der Nutzeffekt war 47.8 Prozent. Der Nutzeffekt steigt also enorm an, weil mit Zunahme der Konzentration die ertraglosen 5 Prozent Eiweißkalorien für das Minimum immer mehr zurücktreten. Das Minimum und der Nutzeffekt wird so noch etwas gesteigert werden können, weil man beim Tier wenigstens noch etwas höher mit dem Prozentgehalt der Eiweißkalorien gehen kann. Die Grenze liegt schließlich in reichlichem Übergang von Nahrungseiweiß in den rein dynamischen Verbrauch, denn der Ansatz ist auch von bestimmter Relation zwischen Eiweiß und Kohlehydraten mit abhängig.

Die gegebenen Beispiele sind rein schematischer Natur. Ich muß darauf verweisen, daß auch die Zustandsverbesserungen schließlich zu geringerer Verwertung des Eiweißes zu Ansatz führen, bis schließlich nur Umsatzsteigerung ohne Ansatz eintritt. In diesen Zuständen verminderten Ansatzes kommt es dann zur Bildung von Übergangseiweiß, das wir bei reichlicher Eiweißnahrung nachweisen können.

Ich habe der einfachen Berechnung der vorliegenden Beispiele wegen die Umrechnung der Konstanten des Ansatzes auf 100 Teile N des Körpers vorgenommen. Es lassen sich aber nunmehr die Zahlen auch in Prozenten der Gesamtkalorien ausdrücken und dann allgemein, den Bestandsstoffwechsel vorausgesetzt, benützen. Statt 100 N setzen wir  $3.3 \text{ kg} = 132$  Kalorien Gesamtenergieverbrauch (= 40 Kal. p. Kilo); die Ansatzmöglichkeit ist  $0.030 \text{ g N} \times 25.62$  Kalorien aus Eiweiß = 0.79 Kalorien. Von 100 Kalorien Gesamtverbrauch also kann man rund 0.6 Kalorien Eiweiß als Ansatzmöglichkeit bei 1 Prozent Eiweißüberschuß in der Nahrung rechnen. Dazu hätte man in meinen Versuchen 6.3 Prozent Eiweißkalorien zuführen müssen. Von 132 Kalorien = 6.3 Prozent Eiweißkalorien = 8.52 Kalorien im ganzen = 6.45 Eiweißkalorien in Prozenten als Zufuhr; bei 2 Prozent Überschuß würden im ganzen 7.3 Prozent Eiweißkalorien notwendig sein usw.

Damit sind die Vorkommnisse erledigt, welche bei Eiweißfütterung neben Kohlehydraten in die Erscheinung treten können. Der am häufigsten gefundene Fall beträgt in der menschlichen gemischten Kost 15 Prozent Eiweißkalorien. Dabei sind aber kaum 10 Prozent Eiweißüberschuß vorhanden, weil ja häufig genug solche Eiweißstoffe gefüttert werden, deren

biologische Wertigkeit keine volle ist. Betrachten wir den Fall des Überganges von einer Kost im Minimum zu der üblichen mit 15 Prozent Eiweißkalorien, also den 10prozentigen Überschuß über das Minimum, so ist dabei ein N-Ansatz zu erwarten, der für 100 N =  $10 \times 0.030$  g im Tag = 0.3 g beträgt, vorausgesetzt, daß der Körper so schlecht genährt war, wie es die Versuchspersonen waren; für einen Bestand von 1580.5 g N würden pro Tag 4.74 g N angesetzt werden. Die Versuche 6 und 7 oben S. 54 können als diesem Beispiel ähnlich betrachtet werden, es erfolgt danach ein mehrtägiger N-Ansatz, dessen Ende in den Versuchen nicht abgewartet werden konnte, also sicher eine Verbesserung des Körperzustandes. Sehr umfangreich ist aber dieser Ansatz anscheinend nicht, wie man auch aus den Experimenten von C. Thomas<sup>1</sup> über die Abgabe von N vom Körper bis zum nächsten Minimum sehen kann. Bei einer N-Ausscheidung im Harn von 7.8 g N, die etwa 9.3 g Gesamt-N entspricht, also etwa 10 Prozent Eiweißkalorien darstellen mögen, waren in 6 Tagen 23.2 g N abgegeben worden. Verdoppeln wir auch diese Größe, so ist die Menge, welche angesetzt wird, im Verhältnis zur Körper-N-Masse immer noch klein (2 bis 3 Prozent). Doch wird der Grad des Ansatzes eben von der vorherigen Abmagerung bedingt sein.

Vorstehend habe ich nachgewiesen, daß der Ansatz an N für heruntergekommene Personen für 1 Prozent Eiweißüberschuß über das Minimum 0.03 g N pro Tag und 100 g N des Körpers ausmacht. Zunächst kann auch diese Zahl nur ein Näherungswert und Behelf sein, weil ja der N-Gehalt des lebenden Körpers zweifellos variabel ist. Davon abgesehen, ist dieser Wert nicht unmittelbar übertragbar auf Personen und Tiere verschiedener Größe, weil er von der Intensität des Stoffwechsels abhängt. Je kleiner der Organismus, desto höher wird der Wert statt 0.03 g N werden. Das muß für etwaige Vergleiche wohl beachtet werden, im besonderen wenn man etwa die Vorgänge des Wachstums damit vergleichen will. Und ebenso wird er kleiner und Null bei Verbesserung des Ernährungszustandes. Immerhin bietet er eine wichtige Handhabe zur Beurteilung für die möglichen Veränderungen des N-Gehaltes des Körpers durch Ansatz, für die bisher jegliche Unterlagen fehlten. Wenn man im Zusammenhange mit dem Ansatz an die Vorgänge der Massenzunahme beim Wachstum denkt, so geschieht das mehr im Gedanken des Vergleiches an die Größenordnung dieser Prozesse, denn Wachstum und Ansatz sind innerlich verschiedene Dinge. Vom Gesichtspunkt der quantitativen Leistung ist ein Vergleich immerhin auf Grund der gegebenen Tatsachen möglich.

<sup>1</sup> *Dies Archiv.* 1911. *Physiol. Abtlg.* S. 63.

Über die Beziehungen zum Wachstum und Ansatz habe ich mich schon vor vielen Jahren geäußert<sup>1</sup>; ich habe beim Hund gefunden, daß der stärkste Eiweißansatz, den ich bei einem nicht gut genährten Tiere durch Zufuhr einer Nahrung mit 60 Prozent Eiweiß erzielte, lange nicht den Eiweißansatz erreicht, den der Hund wenigstens in der ersten Verdoppelungszeit seines Gewichtes erzielen kann. Sehr übersichtlich läßt sich das ausdrücken, wenn man einfach die Umsätze an Eiweiß auf die Oberfläche der Tiere berechnet. Ich wiederhole diese a. a. O. angegebene Zusammenstellung. Pro 1 qm findet sich für den Hund:

Größtmöglicher N-Verlust im Hunger (reine Eiweißzersetzung) . . . . .	40.0 g N
Mittlerer N-Verlust im Hunger bei genügendem Fettbestand . . . . .	4.0 „ „
Kleinster Verbrauch bis N-Minimum bei Kohlehydrat . . . . .	1.6 „ „
Größter beobachteter Ansatz beim ausgewachsenen Hund bei 60 Prozent Eiweißkalorien . . . . .	8.1 „ „
Maximalster Wachstumsansatz beim neugeborenen Hund	12.0 „ „

Den Wert des N-Minimums habe ich neu zugefügt. Da das Wachstum mit zunehmendem Alter sinkt und auf 0 fällt, so kommt der N-Ansatz, wie es auch beim Ausgewachsenen der Fall ist, immer mehr in den Vordergrund.

Beim Säugling liegt nach meinen früheren Veröffentlichungen die Sache anders; ich habe damals geschätzt, daß der Wachstums-N-Ansatz beim Säugling weit näher beim maximalsten Ansatz liegt, den man beim Aufbau geschädigter Gewebe sehen kann. Damals war mir noch nicht bekannt, welche Beziehungen zwischen Eiweißumsatz und -ansatz beim Menschen bestehen, wenn er die übliche kohlehydrathaltige Kost genießt. Da jetzt diese Zahlen gewonnen worden sind, läßt sich die gestellte Frage genauer betrachten und im einzelnen prüfen.

Über das Wachstum und die dabei vor sich gehenden Verhältnisse des N-Ansatzes habe ich a. a. O.<sup>2</sup> eingehend Mitteilung gemacht. Für die Zeit der ersten Verdoppelung findet man nach den absoluten Größen der Neugeborenen geordnet auf 100 g N am Körper folgende durchschnittliche Wachstumszuwächse an N im Tag:

Beim Kaninchen . . . . .	11.00 Prozent
Bei der Katze . . . . .	7.3 „

<sup>1</sup> *Das Problem der Lebensdauer.* 1908. S. 122.

<sup>2</sup> *Ebenda.* S. 143.

Beim Hund . . . . .	7.4	Prozent
„ Schwein . . . . .	4.7	„
„ Mensch . . . . .	0.36	„
„ Schaf . . . . .	4.4	„
„ Rind . . . . .	1.4	„
„ Pferd . . . . .	1.1	„

Je kleiner der Neugeborene, um so enormer wird schließlich der N-Ansatz im Tag. Da es ja noch viel kleinere Säuger als Kaninchen gibt, so müssen bei diesen die Zuwächse noch viel bedeutender sein. Nur beim Menschen ist das Wachstum außerordentlich langsam, wie bekannt. Er verdoppelt sein Gewicht in 180 Tagen, wenn dafür das Kaninchen 6 Tage notwendig hat.

Ich nehme als Grundlage für die Berechnung des Ansatzes beim Säugling einen konkreten Fall: die Untersuchung eines 5 kg schweren Säuglings an der Mutterbrust, den ich vor Jahren ausgeführt habe.<sup>1</sup> Das normale Kind verbrauchte 0.733 g N als Umsatz und brachte 0.263 g N täglich als Wachstum auf. Im Umsatz waren gerade 5.2 Prozent Eiweißkalorien, also war das Kind nahe oder ganz auf einem Minimum und setzt den ganzen Überschuß also volle 100 Prozent an. Es wuchs aber nicht so rasch, wie sonst Kinder in dieser Zeit zuzunehmen pflegen, aber die Tatsache des vollen Ansatzes des Nahrungsüberschusses muß für die weiteren Betrachtungen maßgebend sein, weiter die Tatsache, daß der Umsatz des Eiweißes auf dem Minimum von etwa 5.2 Prozent Eiweißkalorien war und die Muttermilch 11.2 Prozent Eiweißkalorien zuführt. Im übrigen will ich nach den oben gegebenen großen Mittelzahlen des Anwuchses (der ersten 6 Monate!) rechnen.

Mit dem Anwuchs des Erwachsenen lassen sich die Werte des Neugeborenen nicht unmittelbar vergleichen, denn die Grundlagen für den Erwachsenen sind aus Zahlen entnommen, welche an Männern von 51 kg Gewicht gefunden worden sind, die mit einem Kraftwechsel von 40 Kalorien pro Kilo leben, während die Intensität des kindlichen Stoffwechsels zu 88.9 Kalorien angenommen werden muß<sup>2</sup>, also über doppelt so groß. Die Männer waren stark herabgekommen und hatten normal ein Gewicht, das etwa 65 kg betragen haben mochte, verbrauchten also für diesen Zustand, da beim Absinken auf 51 kg der Gesamtstoffwechsel kaum erheblich rascher abgesunken ist als das Gewicht,  $65 \times 40 = 2600$  kg-cal. Berechnet man also, um einen Vergleich mit dem Säugling zu ermög-

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Biol. 1898. Bd. XXXVI. S. J.

<sup>2</sup> a. a. O. S. 158.

lichen, auf gleichen Ruhezustand pro Kilogramm, so erhält man rund 2430 kg-cal = 37.4 Kalorien pro Kilogramm. Die Intensität des Stoffwechselprozesses wird dann  $(37.4 : 88.9) = 100 : 42.1$ , dementsprechend würde auch der Ansatz kleiner werden =  $0.36 \times 0.42 = 0.151$  g N pro Tag. Der Säugling lebt von Muttermilch, in der 11.2 Prozent der Kalorien Eiweiß sind. Da das Minimum auch beim Säugling prozentisch dasselbe ist wie beim Erwachsenen, also etwa 5 Prozent der Gesamtkalorien, so ist der Ansatz durch einen Überschuß von 6 Prozent Eiweißkalorien bedingt, also  $0.151 : 6 = 0.025$  g N pro 100 g Körper-N pro Tag. Für den Erwachsenen habe ich oben für die gleichen Größen 0.030 g N-Ansatz gefunden. Demnach würde beim Säugling das Wachstum sogar in der ersten Zeit des Lebens, unter denselben Umständen und mit denselben Nahrungsüberschüssen berechnet, noch etwas kleiner sein als der Ansatz bei dem Erwachsenen unter den günstigsten Umständen. Dieser Vergleich hat aber eine wunde Stelle, da zweifellos die Zelle des Säuglings von optimaler Beschaffenheit ist, also die Bedingungen des Ansatzes beim Säugling ungünstig liegen, bei den herabgekommenen Männern aber sind die Ansatzmöglichkeiten die günstigsten gewesen.

Außerdem wurde für das Kind das Mittel der ersten 6 Monate genommen, während in den ersten Monaten die Wachstumsgröße erheblich größer ist. Ist also das Wachstum unter optimalen Verhältnissen doch wohl ergiebiger als der Ansatz in den späteren Jahren, so ist doch der Unterschied nicht so groß, als man a priori vermuten mochte. Und endlich wissen wir nach meinen Untersuchungen, daß beim Erwachsenen anscheinend niemals der Überschuß nur angesetzt wird, sondern auch der Umsatz gesteigert wird: um 0.030 g N anzusetzen, müssen wir noch außerdem rund 0.028 Teile N als Umsatzerhöhung rechnen, also 0.05 g N-Aufwand, d. h. doppelt so viel, als beim Wachstum geleistet wird.

Wenn man behaupten will, bei starker Enteiweißung des Körpers sei die Begierde, Eiweiß anzusetzen, fast so groß wie beim Säugling, so hat der Vergleich mit dem Wachstum immerhin einige Berechtigung.

Der Vergleich betrifft nur Wachstum und Ansatz für gleiche Eiweißüberschüsse der Nahrung, die absoluten Grenzen der Leistung bei Wachstum und Ansatz richten sich bei ersteren nach den Besonderheiten der Spezies und dem fortschreitenden Alter. Diesbezüglich sei auf meine früheren Arbeiten<sup>1</sup> verwiesen.

<sup>1</sup> Problem der Lebensdauer S. 137.

### Vom Körperzustand und den Stoffwechselfvorgängen.

Aus den vorstehenden Tatsachen ergibt sich die hohe Bedeutung des Körperzustandes für den Stoffwechsel und bis zu einem gewissen Grade auch für den Kraftwechsel. Niemals lassen sich die Ernährungsgesetze aus der Nahrungszufuhr heraus verstehen, die Ernährung ist die Reaktion des Körpers mit der Nahrung. Es läßt sich auf Grund der gegebenen Unterlage für viele Fälle einwandfrei der Einfluß des Körperzustandes erkennen, wenn auch vielleicht noch nicht lückenlos, aber daß man diese Lücken doch mehr fühlt, ist zugleich der Anstoß zur systematischen weiteren experimentellen Forschung. Bei der Wichtigkeit der ganzen Angelegenheit nehme ich Anlaß, gerade die den Körperzustand betreffenden Punkte nochmals für sich zusammenzufassen und in groben Umrissen ein schematisches übersichtliches Bild zu entwerfen. Unstimmigkeiten zwischen einzelnen Versuchen werden auf die Individualität bezogen, wo es sich letzten Endes um bestimmte Änderungen der Körperbeschaffenheit handelt. Man würde ja gewiß auf diese Bedeutung des Körperzustandes mehr Gewicht legen, wenn es überhaupt möglich wäre, Bestimmtes am lebenden Tier über den Körperzustand auszusagen. Doch wird auch das, was wir bereits wissen, in der Literatur vernachlässigt und oft völlig übersehen.

Wenn man den tierischen Organismus sich mit Bezug auf die beim Stoffwechsel bedeutungsvollen Komponenten zerlegt denkt, so sind es, schematisch betrachtet, deren drei:

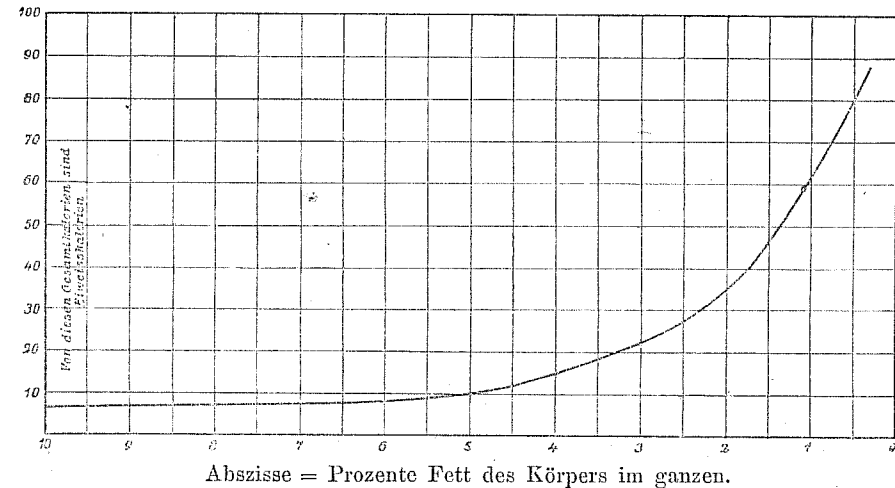
1. Die N-haltigen lebenden Gewebe,
2. die Stütz- und Binde-substanzen,
3. das Fett (und Glykogen).

Eine praktische Trennung in die drei Komponenten ist zurzeit nicht möglich, immerhin ist anzunehmen, daß ein ziemlich konstantes Verhältnis unter normalen Verhältnissen besteht mit einer Verschiebung zu relativem Übergewicht der Stützsubstanz bei Verlust von lebenden Geweben bei der Abhungerung. Es ist also nur eine vorläufig noch berechnete Vereinfachung des Problems, wenn man kurzweg von Eiweiß und Fettgehalt des Körpers spricht, und es geschieht dies also von mir auch bewußt als eine vorläufige nötige Schematisierung.

Die bekannteste Beziehung zwischen Eiweiß- und Fettgehalt des Körpers ist der Einfluß des Fettreichtums auf die Minderung des Eiweißverbrauches; diese Beziehung kannte bereits C. Voit, wenigstens in allgemeinen Zügen. Am schärfsten läßt sie sich nach meiner Meinung im Hungerzustand darlegen. Der Eiweißverbrauch beim hungernden Tier steigt um so mehr, je weniger Fett am Körper vorhanden ist. Diese

Beweise wurden durch Versuche erbracht, die ich in einer besonderen Weise am hungernden Tier ausgeführt habe. Will man solche Beziehungen auffinden, so muß man Tiere von bekanntem N- und Fettgehalt haben oder bei einem und demselben Tier den Fettgehalt in jeder Periode des Lebens feststellen.

Diese Aufgabe habe ich zum erstenmal in der Weise gelöst, daß ich vom Beginn der Experimente bis zum Hungertode fortlaufend den Eiweiß- und Fettumsatz des Tieres bestimmte und außerdem bei dem gestorbenen Tier noch die Fettmenge im Körper analysierte. Summiert man Körperfett nach dem Tode und das täglich verbrauchte Fett nach den Ergebnissen der Respirationsversuche, so kann man für das lebende Tier in jedem Zeitmoment den Fettbestand errechnen. Aus zwei Versuchen kann man nachstehende Tabelle über den Zusammenhang des Eiweißverbrauches und Fettgehalt der Tiere ableiten. Der Verbrauch an Eiweiß werde ich in Prozenten Eiweißkalorien zum Gesamtkalorienverbrauch ausdrücken. Ich habe später keine Gelegenheit gehabt, diese interessanten Versuche weiterzuführen, aber ohne direkte Fettbestimmung des Körpers, bei offensichtlich sehr fetten Tieren (Hund) ein Sinken bis auf 6.3 Prozent an Eiweißkalorien gefunden. Ich habe durch diesen Wert das Gesamtbild aus den Kaninchenversuchen noch ergänzt. Im Anhalt an die direkten Ergebnisse habe ich durch Zeichnung einen gleichmäßigen Verlauf der Kurve konstruiert.



E. Voit hat meine Versuche auch bereits benützt, um auf die Beziehungen des Fett- und Eiweißverbrauches hinzuweisen.<sup>1</sup> Das Wichtigste

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Biol. Bd. XLI. S. 167.

liegt hier in der Durchführung der Experimente an Tieren, die allerdings nur durch Zufall einen vollkommenen Verbrauch des Körperfettes zeigten, so daß auch die niedrigsten Fettgrade in ihrer Wirkung zu erschen sind. Das Resultat zeigt, wenn der Fettgehalt unter 5 Prozent des Lebensgewichtes sinkt, so nimmt der Eiweißverbrauch in rasch ansteigender Kurve zu, steigt der Fettgehalt über 5 Prozent, so ist die Abnahme des Eiweißverbrauches nur sehr gering. Wie ich zuerst bewiesen, bestehen zwischen Abnahme des Fettverbrauches und der Zunahme des Eiweißverbrauches isodynamische Beziehungen. Das niederste Eiweißminimum bei Fettverbrauch mit 6.3 Prozent Eiweißkalorien erreicht das tiefste Minimum bei Kohlehydratzufuhr (etwa 4 Prozent) nicht. Die beiden Werte kommen sich aber doch näher, als man im allgemeinen wohl anzunehmen geneigt sein könnte. An diese Erkenntnis schließt sich die Frage an, ob diese Beziehungen verallgemeinert werden können auf Tiere anderer Spezies und auf Tiere in verschiedenem Entwicklungszustand. Ich glaube, daß hierüber kein Zweifel bestehen kann, da die Gesetze des Eiweißverbrauches im Hunger bei allen Tieren dieselben sind und weil außerdem die Abnützungquoten bei Säugetieren und Vögeln bei verschiedenen Entwicklungsstadien einer Spezies nach meinen Untersuchungen weitestgehend übereinstimmen.

Wie es kommt, daß von bestimmten Fettmengen ab die Eiweißzersetzung steigt, ist leicht zu verstehen, wenn man sich ein Bild über die Fettmobilisierung überhaupt macht. Das Fett hat die einzelnen Gewebe bei Nahrungsmangel mit Fett zu versorgen, das Bindeglied muß also das Blut sein. Die einfachste Theorie könnte also so formuliert werden, daß man annimmt, das Blut habe einen gewissen Fettgehalt, sei es frei, sei es in Bindung, etwa wie es auch beim Zucker der Fall ist; aus diesem Bestand, der vielleicht dem Fettgehalt des Blutes proportional geht, werden die Zellen versorgt. Für diesen Nährfettgehalt besteht eine bestimmte Sättigungsgrenze. Das Blut sättigt sich beim Strömen durch das Fettgewebe und verliert Fett, beim Strömen durch die Kapillaren unter Abgabe von fetthaltiger Nährflüssigkeit.

Die Übertragungsfähigkeit von Fett durch das Blut ist sehr groß, weil ja diese auch hinreicht, bei Arbeitsleistung im Hungerzustand ausreichend Fett zur Arbeit der Muskeln herbeizuschaffen. Beim Schwund des Fettgewebes entleeren sich einzelne Gebiete völlig und das kreisende Blut findet nicht mehr Zeit zur Sättigung.

Die Auflösung des Fettes bei gleichem Fettgehalt ist bei ungleich großen Tieren, d. h. bei wechselnder Intensität des Stoffwechsels, verschieden groß. Der Ausgleich erfolgt durch die kürzere Kreislaufzeit der

kleinen Tiere, die Fettaufnahme im Blut muß also sehr rasch erfolgen können. Der natürlich vorkommende Körperfettgehalt ist außerordentlich wechselnd. Ich gebe nachstehend eine Reihe von Angaben, die größtenteils aus den Untersuchungen meines Laboratoriums stammen: Fettgehalt des ganzen Tieres (frisch) und Fettgehalt der wasserfreien Tiere, also aller Organe im Durchschnitt.

	Trocken- substanz	Fettgehalt frisch	Fettgehalt der Trocken- substanz
Katze, neugeboren . . . . .		1.65	8.42
.. 9 Tage . . . . .		3.96	19.48
.. 22 .. . . . .		7.10	27.10
.. 103 .. . . . .		7.97	23.92
Hund, neugeboren . . . . .		1.37	6.9 <sup>1</sup>
.. 9 Tage . . . . .		5.10	34.55
.. 20 .. . . . .		13.36	42.30
.. 59 .. . . . .		12.96	44.01
.. 100 .. . . . .		8.39	26.60
Kaninchen, neugeboren . . . .		1.25	8.29
.. erwachsen . . . . .			24.28
.. .. . . .			33.22
.. .. . . .			24.24
Meerschweinchen-Embryo . . .			20.55
.. neugeboren . . . . .			32.58
Ratte, ausgewachsen . . . . .	30.2	7.77	26.10 <sup>2</sup> 17.00
Maus, ausgewachsen . . . . .		7.18	23.7
Schlachttiere (künstliche Mast):			
Kalb . . . . .	37.0	14.8	40.0 <sup>3</sup>
Hammel . . . . .	49.8	23.5	47.1 <sup>4</sup>
Schwein, mager . . . . .	44.9	23.2	51.7
.. fett . . . . .	58.9	42.2	71.9 <sup>5</sup>

Es ist bekannt, daß die Föten im Durchschnitt und besonders bei jenen Tieren, welche eine durchschnittlich mittlere Tragzeit haben, als Neugeborene noch etwas unentwickelt sind, fettarm sind und sich erst nach der Geburt mit Fett füllen, aber nach C. Thomas einen reichlichen Fettvorrat schon in der ersten Verdoppelungsperiode des Geburtsgewichtes erreichen. Ein Gehalt von mindestens 5 Prozent Fett wird bald erreicht,

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Phys. 1911. S. 11.

<sup>2</sup> Gesetze des Energieverbrauches. S. 286.

<sup>3</sup> König, S. 468.

<sup>4</sup> a. a. O. S. 470.

<sup>5</sup> a. a. O. S. 473.

aber erst über diese Grenze hinaus kann man sagen, daß so viel Fett vorhanden ist, um für die Dauer einer Nahrungsentziehung einen ausreichenden Schutz des Organeisweißes zu geben, denn wie die Kaninchenversuche zeigen, sind die 5 Prozent die Grenze, von der ab bei Verminderung des Gehaltes das Fett nicht mehr ausreichend gelöst wird, um den Organzerfall zu verhindern. Bei den Schlacht- und Masttieren sind die Fettmassen sehr groß, doch kommen auch bei der natürlichen Entwicklung beim Hund Werte des Fettgehaltes vor, die dem Mastkalb und Hammel entsprechen. Die Extreme des Fettgehaltes finden wir beim Schwein.

Merkwürdigerweise sind unsere Kenntnisse vom Fettgehalt des Menschen äußerst gering. Von Bischoff wird von einem Gerichteten von 68·5 kg Gewicht ein Fettgehalt des ganzen Körpers von 44 Prozent angegeben.<sup>1</sup> Durch Vergleich des spezifischen Gewichtes zweier gleichaltrigen Knaben, von denen der eine fett und der andere mager war, konnte ich berechnen, daß der fette um 35 Prozent mehr Körperfett besaß wie der Magere. Es ist anzunehmen, daß beim Menschen der Gehalt an Fett im allgemeinen nicht gering ist, aber es ist ein dringendes Bedürfnis, nicht nur bei einzelnen Völkern Genaueres über die Schwankungen zu erfahren, sondern auch die Rassenunterschiede festzustellen. Freilich ist die Verarbeitung ganzer Leichen eine sehr mühselige Arbeit und schwierig, weil die Zerkleinerung rasch vor sich gehen muß.

Der kritische Punkt für die Rolle des Eiweißschutzes des Fettes liegt im Ruhezustand bei 5 bis 6 Prozent; ich nenne das einen kritischen Punkt, weil offenbar die Sättigung des Blutes mit Fett nicht mehr hinreicht, niedere Eiweißzersetzung zu erhalten, und vermutungsweise, aber doch mit großer Wahrscheinlichkeit wird man sagen dürfen, daß hier und noch über dieser Grenze jener Grad von Magerkeit vorhanden sein wird, der bei Muskelanstrengungen und Mehrbedarf an Fett zum Einschmelzen von Eiweiß führt. Bis zu den höchsten Fettgraden hin liegt dann ein weites Gebiet, auf dem der Eiweißumsatz klein bleibt, auch wenn nur der Bedarf vorübergehend teilweise gedeckt ist.

Wenn wir so ein allgemeines Schema der Bedeutung des Fettdepots klar erkennen, so möchte ich doch noch offen lassen, ob nicht bei gleichem Fettgehalt in Jugend und Alter die Mobilisierungsfähigkeit gewisse Unterschiede zeigt, wobei entweder die Verteilung auf einzelne Depots oder die verschiedene Durchblutung, die mit dem Alter variabel sein könnte, eine Rolle spielt.

<sup>1</sup> C. Voit, Hermanns *Handbuch der Physiol.* Bd. VI. S. 388.

Wir betrachten jetzt den zweiten Teil des Körpers, dessen Variation die andere Seite des Körperzustandes bedingt.

Die N-Substanz, die lebende Masse, Stütz- und Bindegewebe zusammen sind, wie gesagt, vorläufig nicht trennbar. Das Körperisweiß bildet also den Grundstamm des tierischen Leibes für die Stoffwechsellvorgänge, es kann in seiner Masse erheblich variieren. Ich habe zuerst beim Kaninchen gezeigt, daß bis zum Eintritt des Hungertodes 50 Prozent des Gesamt-N des Körpers verloren gegangen sein können, und bei einem einseitig mit Fett ernährten Hund betrug der Verlust des Tieres, das nahe dem Hungertode war, auch etwas über 50 Prozent, er konnte wieder aufgefüttert werden. Größere Differenzen habe ich bis jetzt nicht beobachtet; ich lasse es dahingestellt, ob man sie eventuell durch geeignete Versuche erzielen kann. Aus dem Gesagten folgt also, daß die ganze Masse des Eiweißbestandes auf die Hälfte absinken kann; es mag nur nebenbei erwähnt sein, daß am Ende einer Hungerreihe die Gerüstsubstanzen zweifellos etwas an Übergewicht gewinnen.

Aufsteigend betrachtet, können wir also die Zellen, von einem Minimum ausgehend, allmählich durch N-Ernährung aufbessern, und eine solche Reihe endet dann mit maximaler Füllung der Zellen mit Eiweißstoffen bzw. lebender Substanz. Beispiele hierfür enthalten die vorstehenden Untersuchungen. Die Gesetze der Ernährung gelten also von diesem Tiefpunkt der Existenz bis zur normalen Ausbildung des Körpers. Die allgemeinen Ruheleistungen des Organismus sind bis nahe an der Todesgrenze kaum geändert. Die Restitution ist möglich.

Aber es bedarf noch der weiteren Feststellung, wie in diesen verschiedenen Ernährungszuständen der Zellfüllung die übrigen Funktionen des Organismus erfüllt werden können. Diese Frage wird um so bedeutungsvoller, wenn man erwägt, daß ein Organismus auf irgendeiner Stufe des körperlichen Abbaues längere Zeit verharren soll. Auf die Beachtung dieser Zustände sind wir durch die Wirkung der Blockade gelenkt worden. An Tieren läßt sich nach meinen Erfahrungen feststellen, daß meist im letzten Sechstel der Hungerszeit bereits die Labilität der Temperatur einsetzt und zwar mit dem völligen Schwund des Fettes, ein Vorgang, der an die Temperaturänderungen bei Säuglingen erinnert. Die sonstigen Funktionen sind bei Tieren während des Hungerns kaum je untersucht worden.

Aber aus den Beobachtungen an den heruntergekommenen Männern, die etwa 30 Prozent ihres Körpergewichtes eingebüßt haben und zu den oben stehenden Versuchen der Auffütterung dienten, sieht man, daß die funktionellen Veränderungen enorm geworden sind. Die Blutzusammen-



setzung scheint zwar nicht geändert, doch haben wir keine Bestimmung der Gesamtblutmenge von solchen Leuten. Auffallend ist die niedere Pulszahl bis 40 bis 48 pro Minute. Das auffälligste Moment ist die Muskelschwäche in jeder Hinsicht. Die geringsten Leistungen, ein kurzer Lauf, führen zur Erschöpfung, daher auch die Unlust zu jeder Bewegung, was man übrigens genau so auch an Hungertieren zu Ende der Versuchszeit bemerkt.

Es ist die Abnahme der Leistungsfähigkeit begrifflich, da zunächst ein Organismus, der 30 Prozent an Gewicht eingebüßt hat, auch in entsprechendem Maße an Muskel verloren hat. Das wäre aber vielleicht noch nicht das Schlimmste, wenn nicht die muskuläre Leistungsfähigkeit aus anderen Gründen am Erlöschen wäre. Der Mann mit 30 Prozent Gewichtsverlust hat praktisch die Arbeitskraft Null. Ob das ausschließlich muskuläre Veränderungen sind, ob weiter das Herz die Durchblutung nicht mehr recht bestreiten kann (der Puls steigt nur mäßig) oder ob auch zentrale Ermüdungserscheinungen dabei beteiligt sind, läßt sich ohne Messung nicht entscheiden.

Es ist auch bekannt, daß bei Körpergewichtsveränderungen dieser Art beim Menschen leicht Ödeme auftreten.

Wenn wir uns die beiden Komponenten des Körperzustandes Zellmasse und Nährmasse zueinander gefügt denken, so kommen verschiedene Kombinationen, die alle auch in der Wirklichkeit in die Erscheinung treten können, zustande. Die Nährmasse, das Fett, aber ändert nicht die Grundeigenschaft der Zellmasse, sondern beeinflußt nur die Autoconsumption der Zellmasse in höherem oder geringerem Grade. In dieser Hinsicht ist also die Lage eines kritischen Punktes von großer Bedeutung, und die Frage, ob nicht vielmehr die ganze Nährmasse so reichlich ist, daß keine Rückwirkung des kritischen Wendepunktes in der Fettkonsumtion eintritt.

Je nach der Kombination können also sehr verschiedene Eigenschaften des Körpers im Hinblick auf die Stoffwechselvorgänge, den Eiweiß- und Fettverbrauch, das Eiweißbedürfnis und den Ansatz, aber auch wichtige funktionelle Verschiedenheiten gegeben sein.

## Die Feststellung des N-Umsatzes bei vegetabilischer Kost.

Von

Geheimrat Max Rubner.

Zur Feststellung des N-Umsatzes und der damit zusammenhängenden Eiweißzersetzung dient für die meist an Fleischfressern ausgeführten Versuche die Summe des N in Harn und Kot, wie dies C. Voit zuerst näher begründet hat. Daran ist auch heute nichts zu ändern. Für andere Versuchsobjekte, z. B. für den Menschen, kommt noch ein weiterer Weg der N-Ausscheidung, der Schweiß, in Betracht. Wie ich zuerst durch Cramer habe zeigen lassen, kann dieser Verlust erheblich werden. Ähnliche Ergebnisse hat auch Argutinski erhalten. Die Bedingungen der Schweißbildung und die Quantität der Ausscheidung sind sehr verschieden; hierfür finden sich die näheren Angaben in den Arbeiten meines Laboratoriums.

Bei Versuchen am Menschen war die Notwendigkeit gegeben, die Wahl der Kost freier zu machen. Die Fragestellungen bedingten oft selbst gerade die Anwendung bestimmter Kostarten. Unter solchen Umständen waren die Ausscheidungen im Kot nicht mehr so unbedeutend wie bei dem Hund als Versuchstier und bei der üblichen Fleischkost. Aus meinen Ausnützungsversuchen und aus zahlreichen Beobachtungen anderer bei gemischter Kost ergeben sich zum Teil sehr erhebliche N-Ausscheidungen, die nur unter dem Gesichtspunkt eines Nahrungsverlustes in Betracht zu ziehen waren. Die N-Ausscheidung in Harn und Kot gibt also hier nicht die eigentliche Eiweißzersetzung an, sondern eine Größe, die um den Verlust durch unresorbiertes Eiweiß vermehrt ist. Daher hat man in solchen Fällen als Eiweißzersetzung nur von N im Harn gesprochen und den N in den festen Ausscheidungen beiseite gelassen.

Dieser Standpunkt konnte für manche Fälle vielleicht gebilligt werden, allgemein anwendbar ist er aber nicht. Durch meine Versuche der neuen Zeit hat sich gezeigt, daß wir einen wechselnden, mitunter aber einen sehr erheblichen Teil des Kot-N als Stoffwechselverlust ansehen müssen.