universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Handbuch der Physiologie des Menschen

in vier Bänden (und einem Ergänzungsbande)

Physiologie der Atmung, des Kreislaufs und des Stoffwechsels

Bohr, Christian

Braunschweig, 1909

Die Physiologie des Stoffwechsels. Von R. Tigerstedt

urn:nbn:at:at-ubi:2-6121

Die Physiologie des Stoffwechsels

von

R. Tigerstedt.

Zusammenfassende Darstellung, in welcher die ältere Literatur gesammelt ist: Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung, in Hermanns Handbuch der Physiologie 4, Tl. I. Leipzig 1881. (Im folgenden nur mit dem Autornamen zitiert.)

Einleitung.

Die Physiologie des Stoffwechsels untersucht, welche Stoffe für den Zuwachs und den Unterhalt des Körpers nötig sind, die Bedeutung dieser Stoffe für den Körper, den Umfang der im Körper unter verschiedenen Bedingungen stattfindenden Verbrennung sowie den Ansatz von verschiedenen Verbindungen im Körper [1]).

Die betreffenden Substanzen sind dreierlei Art, nämlich 1. organische Nahrungsstoffe, Verbindungen, welche dem Körper potentielle Energie zuführen und also die Kraftquelle des Körpers darstellen; hierher gehören vor allem Eiweißkörper, Fette und Kohlehydrate; 2. Sauerstoff, welcher zur Unterhaltung der Verbrennung notwendig ist; 3. Wasser und anorganische Nahrungsstoffe (mineralische Bestandteile, Aschebestandteile), welche vom Körper unaufhörlich abgegeben werden und durch die Nahrung ersetzt werden müssen, weil sonst schwere, zum Tode führende Störungen im Befinden des Körpers auftreten.

Im allgemeinen werden weder die organischen noch die anorganischen Nahrungsstoffe in reinem Zustande dem Körper zugeführt, sondern in Form von Mischungen untereinander und mit Substanzen genossen, welche keinen Nährwert besitzen. Diese Nahrungsmittel stellen entweder, wie z. B. das Fleisch, reine Naturprodukte dar, oder sie werden, wie das Mehl, aus solchen

[1]) Der zu meiner Verfügung stehende Raum hat es mir leider nicht gestattet, den geschichtlichen Entwickelungsgang der Ernährungslehre zu besprechen; aus demselben Grunde ist es mir auch nicht möglich gewesen, den Anteil der neueren Autoren an den Fortschritten dieses Abschnittes der Physiologie in dem gebührenden Umfange darzulegen, weshalb die folgende Darstellung keine Ansprüche auf Vollständigkeit machen kann.

durch die Industrie dargestellt. Übrigens genießt der Mensch in der Regel die zu seiner Verfügung stehenden Nahrungsmittel nicht ohne weitere Bereitung, sondern unterwirft dieselben noch mannigfachen Veränderungen, bis sie in Form neuer Mischungen, als Speisen, verzehrt werden.

Wenn die Kost alle Nahrungsstoffe in der Menge enthält, die den Körper auf seinem stofflichen Bestande erhält oder ihn in einen gewünschten stofflichen Zustand versetzt, heißt sie nach Voit eine Nahrung [1]).

In gewissen Fällen, wo es nur gilt, eine allgemeine Übersicht über den Stoffwechsel zu gewinnen, kann die alleinige Feststellung der (festen und flüssigen) Einnahmen des Körpers ganz befriedigende Aufschlüsse geben. Hierbei nimmt man an, daß die genossene Kost gerade genügt, um den Körper in stofflichem Gleichgewicht zu erhalten, wie dies bei Erwachsenen im allgemeinen der Fall ist. Wo die Art der Ernährung einzelner Gruppen der Bevölkerung durch ausgedehntere statistische Untersuchungen zu ermitteln ist, steht übrigens kein anderes Mittel zu unserer Verfügung.

Die nützliche Wirkung einer Kost kann in vielen Fällen aus den Gewichtsveränderungen der Versuchsperson in einem gewissen Grade beurteilt werden, denn wo das Körpergewicht stetig ab- oder zunimmt, muß die Kost zu arm bzw. zu reich sein, und ein dauerndes Konstantbleiben des Körpergewichts stellt ohne Zweifel einen vollgültigen Beweis dafür dar, daß die Kost gerade genügend, weder zu arm noch zu reich gewesen ist.

Weitergehende Schlußfolgerungen dürfen kaum aus der Bestimmung des Körpergewichts gezogen werden, denn eventuelle Veränderungen desselben geben an und für sich keinen Aufschluß darüber, welche Bestandteile des Körpers dabei teilgenommen haben, wozu noch kommt, daß der Wassergehalt des Körpers nicht selten viel größere Variationen als der Gehalt an festen Bestandteilen darbietet und also unter Umständen die Gewichtsveränderungen des Körpers in sehr erheblichem Umfange beeinflussen kann.

Um tiefer in die Kenntnis der Stoffwechselvorgänge eindringen zu können, ist es daher unbedingt notwendig, auch die Ausgaben des Körpers festzustellen, um dann aus der Stoffwechselbilanz Schlüsse betreffend den im Körper stattgefundenen Umsatz ziehen zu können.

Als besonders wichtig stellt sich die Frage nach der Dauer eines Stoffwechselversuches. Generell kann sie jedoch nicht beantwortet werden, und ich will daher nur einige allgemeine Betrachtungen darüber einschalten.

Wenn sich keine störenden Einflüsse geltend machen, kehren im Leben des Menschen und der höheren Tiere wenigstens die Variationen in der Intensität des Stoffwechsels im Laufe von 24 Stunden immer wieder zurück, und die Periode von 24 Stunden stellt daher nicht allein als Zeitabschnitt, sondern auch in bezug auf den Ablauf des Stoffwechsels und überhaupt der Lebensfunktionen eine wohl begrenzte Einheit dar. Wenn es also gilt, absolute Werte für den Stoffwechsel zu erhalten, in welchen die im Laufe der 24 Stunden erscheinenden Variationen sich gebührendermaßen geltend machen sollen, so muß der Versuch wenigstens diese Dauer haben. Aus Beobachtungen von nur kurzer Dauer, z. B. einer Stunde, lassen sich keine sicheren Schlüsse betreffend den Gesamtstoffwechsel pro 24 Stunden ziehen.

Auch diese Zeit ist nicht immer unbedingt genügend: wenn der Einfluß einer bestimmten Kost untersucht werden soll, muß der Versuch so lange dauern, bis die genossene Nahrung tatsächlich verdaut und vom Darme resorbiert worden ist, denn sonst muß es ja zutreffen, daß die betreffende Kost ihren Einfluß nicht in vollem

[1]) Voit, S. 491.

Umfange hat ausüben können. Wie lange diese Zeit bis zur vollständigen Aufsaugung eigentlich ist, kann nur die direkte Erfahrung entscheiden. Nach Voit[1]) ist beim Fleischfresser die aufgenommene Nahrung bei reiner Fleischfütterung innerhalb 24 Stunden so vollständig verdaut und aufgesogen, wie dies überhaupt stattfindet. Wenn man also im Anfange des Versuchstages die ganze Futtermenge auf einmal verabreicht, ist die Verdauung nach 24 Stunden beendigt.

Bei den Pflanzenfressern ist die Sache wegen des großen Volumens der Nahrung mehr verwickelt, und bei Versuchen an diesen gibt man daher dem Tiere eine Zeitlang ein und dasselbe Futter, damit die Nahrungsstoffe täglich immer in der gleichen Menge vom Darme ins Blut übergehen.

Was endlich den Menschen betrifft, so begegnen wir auch hier Schwierigkeiten, da wir ja daran gewöhnt sind, unsere Kost immer auf mehrere Mahlzeiten täglich zu verteilen, und es daher leicht geschehen kann, daß die in der letzten Mahlzeit genossenen Nahrungsstoffe am Ende des Versuchstages noch nicht vollständig verdaut und aufgesogen sind. Auf seine große Erfahrung gestützt, schreibt Voit[2]) vor, die letzte Mahlzeit nicht später als 12 bis 14 Stunden vor dem Ende des Versuches zu geben.

Streng genommen ist auch diese Forderung nicht genügend, denn eigentlich sollten die resorbierten Nahrungsstoffe vor Ende des Versuches im Körper vollständig umgesetzt und die Zersetzungsprodukte von ihm abgegeben werden, so daß der stoffliche Zustand des Körpers am Ende des Versuches so viel als möglich ganz derselbe als zu Beginn wäre, vorausgesetzt, daß aus der genossenen Nahrung kein stofflicher Ansatz erfolgt ist. Diesem Postulate wird genügt, wenn der Versuch (bei einer und derselben Kost) mehrere Tage nacheinander fortgesetzt wird, denn der Körper stellt sich in der Regel binnen einer verhältnismäßig kurzen Zeit mit der zugeführten Nahrung in stoffliches Gleichgewicht und bietet dann Tag für Tag den gleichen Stoffwechsel dar.

Wollen wir die Einwirkung einer bestimmten Variabel, z. B. eines bestimmten Nahrungsstoffes, eines Giftes, gewisser körperlicher Zustände usw. auf den Stoffwechsel feststellen, so müssen wir zuerst beim betreffenden Individuum feststellen, wie sich der Stoffwechsel ohne die Einwirkung dieser Variabel verhält. Hierbei können wir entweder von dem Hungerzustande oder, bei Nahrungszufuhr, von dem Zustande stofflichen Gleichgewichts ausgehen. Beim Hunger stellt sich der Körper, nachdem die ersten Hungertage vorüber sind, auf einen Minimalverbrauch und zersetzt eine Zeitlang pro Kilogramm Körpergewicht täglich etwa ebensoviel von seiner eigenen Substanz. Wenn dann der Stoffwechsel infolge eines bestimmten Eingriffes eine plötzliche Veränderung nach der einen oder anderen Seite erleidet, so ist es klar, daß diese Veränderung gerade von dem betreffenden Eingriff hervorgerufen worden ist. — Auch können wir durch eine zweckmäßig angeordnete Kost das Versuchsindividuum in einen solchen Zustand bringen, daß es mit derselben in vollständigem stofflichen Gleichgewicht ist: jeder Eingriff, welcher einen Einfluß auf den Stoffwechsel ausübt, wird sich dann durch Störung dieses Gleichgewichts offenbaren müssen.

Wenn ich also in bezug auf die Dauer eines Stoffwechselversuches Beobachtungen von 24stündiger und längerer Dauer in erste Linie stelle, so verkenne ich indes keineswegs, daß auch Beobachtungen von kürzerer Dauer vielfach eine sehr große Bedeutung haben und oft unumgänglich sind. Nur durch solche können wir ja den zeitlichen Ablauf des Stoffwechsels näher verfolgen und genaue Aufschlüsse über Eingriffe erhalten, welche eine schnell hervortretende und schnell vorübergehende Wirkung haben. Alles hängt von der Aufgabe und dem Zwecke des Versuches ab, und hier wie auch sonst wird nur der wissenschaftliche Takt des Forschers die schließliche Entscheidung treffen können.

---

[1]) Voit, S. 16. — [2]) Ders., S. 17.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Übersicht der Einnahmen und Ausgaben des Körpers.

§ 1. Die Einnahmen.

Bei der Untersuchung der Einnahmen ist die Quantität der in der genossenen Kost enthaltenen Nahrungsstoffe zu bestimmen [1]). Besonders in früherer Zeit begnügte man sich meistens damit, aus zugänglichen Durchschnittszahlen die quantitative Zusammensetzung der Kost einfach zu berechnen. Auch heutzutage ist man, besonders bei der statistischen Ermittelung der bei frei gewählter Kost genossenen Nahrung, vielfach geradezu gezwungen, die Aufgabe in dieser Weise zu vereinfachen. In solchen Fällen ist es, um eine zuverlässige Vorstellung von dem Kostmaß des betreffenden Individuums zu erhalten, notwendig, die Untersuchung auf mindestens eine Woche auszudehnen. Während dieser Zeit genießt der Mensch in der Regel ziemlich viele verschiedene Nahrungsmittel, und im allgemeinen kommen dieselben Speisen usw. die eine Woche nach der anderen etwa in derselben Weise wieder vor; es ist daher gestattet, anzunehmen, daß die Ermittelung der während einer Woche genossenen Kost eine ziemlich richtige Vorstellung von der Nahrungsaufnahme des Individuums gibt, sowie daß die bei der Berechnung der Kost nach den Durchschnittszahlen stattfindenden Fehler nicht alle in derselben Richtung gehen, sondern sich zum größten Teile gegenseitig kompensieren. Selbstverständlich ist es um so besser, je länger die Dauer der Beobachtung ausgedehnt werden kann.

Immer mehr macht sich indes die Forderung geltend, bei den Stoffwechselversuchen die genossene Kost direkt zu analysieren. Auch ist diese Aufgabe dank den Fortschritten der analytischen Methoden nunmehr wesentlich erleichtert worden, obgleich insbesondere bei Versuchen am Menschen mit seiner aus zahlreichen verschiedenen Nahrungsmitteln und Speisen zusammengesetzten Kost hierdurch ein bedeutender Aufwand von Arbeit beansprucht wird.

Jedenfalls werden noch in unserer Zeit sehr wesentliche Vereinfachungen gemacht. Es wäre natürlich am richtigsten, den Gehalt der Nahrung an reinem Eiweiß, reinem Fett, reinen Kohlehydraten, sowie an den verschiedenen Arten dieser und anderer Nahrungsstoffe direkt zu bestimmen. So weit sind wir jedoch noch lange nicht gekommen, und wir müssen uns damit begnügen, in der Kost den Stickstoff, das Ätherextrakt, die Trockensubstanz und die Asche zu bestimmen. Aus dem Stickstoff berechnet man, unter Anwendung eines bestimmten Koeffizienten, gewöhnlich 6,25, das Eiweiß; das Ätherextrakt wird als Fett aufgefaßt und der Rest, nachdem von der Trockensubstanz das „Eiweiß", das „Fett" und die Asche subtrahiert wurden, stellt die Kohlehydrate dar.

Diese Berechnungsweise geht indes von mehreren unbegründeten und nach weislich unrichtigen Annahmen aus. Es ist nicht richtig, daß alles Eiweiß

[1]) Hier sehe ich zunächst von den Aschebestandteilen und dem Sauerstoff ganz ab.

16 Proz. N enthält, wie der Koeffizient 6,25 voraussetzt, denn verschiedene Eiweißkörper haben einen ziemlich verschiedenen Gehalt an Stickstoff.

Außerdem kommt der Stickstoff sowohl in tierischen als in pflanzlichen Nahrungsmitteln auch in anderen Verbindungen als Eiweiß vor. Neben Eiweiß und der mit ihm in nahrungsphysiologischer Hinsicht fast gleichwertigen leimgebenden Substanz enthält das Fleisch eine Anzahl N-haltiger Verbindungen, welche nur intermediäre Produkte des Eiweißstoffwechsels darstellen und den aus der N-Bestimmung berechneten scheinbaren Eiweißgehalt des Fleisches nicht unwesentlich erhöhen. Nach Rubner[1]) würde der Extraktivstickstoff in 100 g trockenem Muskel 2,41 g betragen, d. h. bei 15,49 g Gesamtstickstoff nicht weniger als 15,56 Proz. desselben (Pflüger[2]). Frentzel und Schreuer[3]) fanden allerdings geringere Zahlen, laut welchen der Extraktivstickstoff 8,9 bis 7,1 Proz. des Gesamtstickstoffs betragen würde, jedenfalls ist aber, auch nach ihren Bestimmungen, der wirkliche Eiweißgehalt des Fleisches wesentlich niedriger als der aus dem Stickstoff berechnete.

Dasselbe gilt von sämtlichen pflanzlichen Nahrungsmitteln, bei welchen außerdem N-haltige, in den Verdauungsflüssigkeiten unlösliche Substanzen zuweilen in sehr reichlicher Menge vorkommen. Als Beispiel seien nur die Kartoffeln und die eßbaren Pilze erwähnt. In jenen beträgt der Eiweißstickstoff nach Schulze und Barbieri 65 bis 44 Proz., nach Kellner 56 bis 42, nach Morgen 70 bis 48, nach Snyder[4]) 40 Proz. des Gesamtstickstoffs. Von dem in den eßbaren Pilzen (Champignons) enthaltenen Stickstoff kommen 49,3 Proz. auf (bei künstlicher Verdauung) digestibles, 16,0 Proz. auf nicht-digestibles Eiweiß, sowie 34,7 Proz. auf sonstige N-haltige Verbindungen (C. Th. Mörner[5]).

Unter Umständen kann also die Berechnung des Eiweißes aus dem N-Gehalt der Nahrungsmittel einen sehr beträchtlichen Fehler bedingen; völlig exakt ist sie nur in dem Falle, wenn reine Eiweißstoffe verabreicht werden. Im folgenden bezeichne ich, wie dies gewöhnlich geschieht, als Eiweiß die durch Multiplikation des N-Gehaltes mit 6,25 erhaltene Stickstoffsubstanz[6]).

Der Äther löst bekanntlich mehrere andere Substanzen als das Fett, und da solche in den Nahrungsmitteln mehr oder minder reichlich vorkommen, besteht das Ätherextrakt nicht allein aus Fett (bzw. freien und durch Spaltung von etwa vorhandenen Seifen freigemachten Fettsäuren), sondern auch aus verschiedenen anderen Verbindungen (Lecithin, Cholesterin usw.). Da wir keine Kenntnisse über den Nahrungswert dieser Verbindungen haben, können wir dieselben nicht in gleiche Reihe mit dem Fett stellen, und auch hier bleibt eine gewisse Unsicherheit, welche indes von viel geringerer Bedeutung ist als der entsprechende Fehler bei der Eiweißbestimmung.

Der als Differenz berechnete Gehalt an Kohlehydraten stellt nicht allein die in den Verdauungsflüssigkeiten löslichen Kohlehydrate dar, sondern schließt außerdem die in den pflanzlichen Nahrungsmitteln zuweilen sehr reichlich vorkommende Zellulose u. dgl. ein. Wenn die löslichen Kohlehydrate nicht direkt bestimmt werden — was in der Tat bei mehreren Arbeiten stattgefunden hat —, wird also der berechnete Gehalt an ihnen in der Regel größer als der wirkliche. Übrigens ist es einleuchtend, daß bei der Differenzbestimmung alle Analysen- und Berechnungsfehler sich bei den Kohlehydraten geltend machen müssen.

Der geringe Kohlehydratgehalt in den meisten tierischen Nahrungsmitteln bewirkt im allgemeinen keine Ungenauigkeit und braucht nur dann berücksichtigt

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **19**, 344, 1883. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **79**, 545, 1900. — [3]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1902, S. 284. — [4]) U. S. Depart. of agricult., Off. of exp. stat., Bull. No. 43, p. 10, 1897. — [5]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **10**, 503, 1886. — [6]) Unter Berücksichtigung der elementaren Zusammensetzung der Eiweißkörper und der nicht-eiweißartigen N-haltigen Substanzen in verschiedenen Nahrungsmitteln stellt Atwater (Storrs Agricultural Experiment Station 1899, p. 79) als Reduktionsfaktor für die Berechnung der N-Substanz folgende Zahlen auf: tierische Nahrungsmittel 6,25; Weizen, Roggen 5,70; Mais, Hafer, Buchweizen, Reis 6,00; Erbsen 6,25; Früchte 5,80.

zu werden, wenn die Aufgabe der Untersuchung, wie z. B. das Studium des Ansatzes von Kohlehydraten im Körper, es bestimmt fordert.

Endlich leidet auch die Bestimmung der anorganischen Bestandteile an einem prinzipiellen Fehler: die in den eiweißartigen Verbindungen enthaltenen anorganischen Elemente, wie Schwefel und Phosphor, bleiben nach der Einäscherung in der Asche zurück und vermehren also den scheinbaren Gehalt an Aschebestandteilen.

Aus dieser Zusammenstellung folgt, daß die heutige Physiologie des Stoffwechsels eine volle Genauigkeit bei der Bestimmung der Einnahmen noch lange nicht erreicht hat, wenn auch dieser Mangel aller Wahrscheinlichkeit nach nur in Ausnahmefällen erheblichere Fehler bewirken dürfte.

Es ist indes noch eine nicht unwesentliche Fehlerquelle zu berücksichtigen, nämlich daß die zur Analyse entnommene Probe der durchschnittlichen Zusammensetzung des betreffenden Nahrungsmittels nicht immer völlig entspricht. Um dessen ganz sicher zu sein, sollte man eigentlich die Kost ganz fein zerkleinern und erst dann die Probe nehmen. Etwa in dieser Weise verfährt man bei Versuchen an Tieren. Bei Versuchen am Menschen ist dies aber in der Regel lange nicht möglich, vor allem weil wir nicht daran gewöhnt sind, ausschließlich eine breiige Kost zu genießen. Hier müssen daher besondere Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden, welche indes hier nicht näher besprochen werden können.

§ 2. Die Ausgaben.

Die beim Stoffwechsel gebildeten Produkte bleiben nicht im Körper, sondern werden durch die Ausscheidungsorgane — die Lungen, die Haut, die Nieren und den Darm — vom Körper abgegeben. Der Körper befindet sich in stofflichem Gleichgewicht, wenn die in den Ausgaben erscheinenden Elemente mit den in der Kost aufgenommenen quantitativ und qualitativ übereinstimmen.

Insofern sich die Ausgaben auf die Stoffwechselprodukte der organischen Nahrungsstoffe beziehen, enthalten sie als elementare Bestandteile N, S, P, C, H und O. Stickstoff, Schwefel und Phosphor entstammen den Eiweißkörpern, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sowohl diesen als den Fetten und Kohlehydraten. Da die Moleküle der organischen Nahrungsstoffe beim Stoffwechsel zerfallen, kann nur die Elementaranalyse der Ausgaben die gewünschten Aufschlüsse über den Umfang der im Körper stattgefundenen Zersetzung geben.

Für die Eiweißkörper stellt der Stickstoff den am meisten charakteristischen elementaren Bestandteil dar. Um die Menge des im Körper verbrannten Eiweißes zu bestimmen, genügt daher in der Regel die Bestimmung des Stickstoffs; man braucht also meistens nicht den Schwefel besonders zu berücksichtigen und den Phosphor nur dann, wenn es gilt, das Verhalten der P-haltigen Eiweißkörper beim Stoffwechsel zu untersuchen.

Von den übrigen Elementen der Nahrungsstoffe ist der Kohlenstoff bei derartigen Untersuchungen unbedingt als das wichtigste zu bezeichnen. Wenn wir neben der N-Abgabe die Kohlenstoffabgabe genau bestimmt haben, so erhalten wir, nach Abrechnung des in dem zersetzten Eiweiß enthaltenen Kohlenstoffs, einen Rest an Kohlenstoff, welcher die zersetzte Fett- und Kohlehydratmenge ausdrückt.

Um die solcherart erhaltene Kohlenstoffmenge auf die beiden Gruppen der N-freien Nahrungsstoffe bestimmt verteilen zu können, ist die Ermittelung des gleichzeitigen Sauerstoffverbrauches unbedingt notwendig. Vgl. darüber unten S. 340.

Auch die Bestimmung der Wasserstoffabgabe ist aus verschiedenen Gesichtspunkten bedeutungsvoll. Hierbei muß indes bemerkt werden, daß ein großer Teil des als Wasser vom Körper abgegebenen Wasserstoffs schon als Wasser vom Körper aufgenommen worden ist und also kein Produkt der im Körper stattgefundenen Verbrennung darstellt.

Der in den Ausscheidungen enthaltene Sauerstoff ist zum größten Teil behufs der Oxydation der organischen Nahrungsstoffe durch die Atmung aufgenommen und rührt nur in geringem Grade von den letzteren her. Wie sonst wird er durch die Differenz bestimmt, und zwar nur in dem Falle, wenn alle anderen vom Körper abgegebenen Elemente direkt bestimmt worden sind.

Die Elementaranalyse der aus den organischen Nahrungsstoffen stammenden Ausgaben beschränkt sich also auf Stickstoff (Schwefel und Phosphor), Kohlenstoff und Wasserstoff, wozu noch die Bestimmung des aufgenommenen Sauerstoffs hinzukommt.

In vielen Fällen ist es jedoch notwendig, einzelne in den Ausgaben des Körpers erscheinende Verbindungen an und für sich zu bestimmen, teils um einen tieferen Einblick in die Art und Weise der Stoffwechselvorgänge zu gewinnen, teils auch um das Verhalten der einzelnen Nahrungsstoffe im Darme festzustellen.

Die Analysen der Ausgaben werden nach gewöhnlichen Methoden ausgeführt; dieselben erfordern in diesem Zusammenhange keine Besprechung. Dagegen müssen die Methoden zum quantitativen Aufsammeln der Ausscheidungsprodukte hier in ihren allgemeinen Zügen erörtert werden, weil dieselben für die Physiologie des Stoffwechsels eine durchgreifende Bedeutung haben.

I. Das Sammeln der Ausscheidungsprodukte.

a) Das Sammeln der gasförmigen Ausscheidungsprodukte und die Bestimmung des verbrauchten Sauerstoffs.

Eigentümlicherweise bezogen sich die ersten quantitativen Bestimmungen der Ausgaben des Körpers gerade auf die am schwierigsten zu sammelnden Exkretionsprodukte, die gasförmigen. Zu diesem Zwecke benutzte Lavoisier, teilweise im Verein mit Laplace und Séguin, folgende Methoden.

1. Er schloß das Versuchstier (einen Sperling) in eine abgeschlossene Glasglocke von 31 Cubikzoll Inhalt ein und ließ es hier bis zum Tode bleiben, welcher nach 55 Minuten eintrat. Danach analysierte er die in der Glocke enthaltene Luft [1]).

2. Im Verein mit Laplace [2]) schloß er ein Meerschweinchen in ein Gefäß ein, welches er die ganze Versuchsdauer hindurch ventilierte. Die ausströmende Luft wurde auf Kohlensäure und Wasserdampf analysiert.

3. Ebenfalls im Verein mit Laplace (und Séguin) schloß Lavoisier [3]) ein Meerschweinchen in ein mit reinem Sauerstoff gefülltes Gefäß ein; die abgegebene Kohlensäure wurde durch Lauge absorbiert und bei länger dauerndem Versuche neuer Sauerstoff in bestimmten Mengen zugeführt.

4. Bei Lavoisiers Versuchen am Menschen atmete die Versuchsperson durch eine Gesichtsmaske; die durch dieselbe exspirierte Luft wurde gemessen und ana-

[1]) Mémoires de l'Académie des sciences, Paris 1777, p. 185. Oeuvres de Lavoisier 2, 177. — [2]) Ebenda 1780, p. 355. Oeuvres de Lavoisier 2, 327. — [3]) Ebenda 1780; 1789, p. 185. Oeuvres de Lavoisier 2, 326, 693.

lysiert[1]). Die Anordnung dieser Versuche geht aus zwei von Mme. Lavoisier ausgeführten Zeichnungen, welche Grimaux[2]) in seinem Buche über Lavoisier mitgeteilt hat, sehr deutlich hervor.

Es liegt ganz außerhalb der Aufgabe dieses Handbuches, eine Darstellung der verschiedenen Methoden zu geben, welche seitdem zur quantitativen Bestimmung des Gaswechsels benutzt wurden. Ich werde daher, ohne Ansprüche auf Vollständigkeit zu erheben, nur die wichtigsten unter denselben kurz erwähnen und verweise in bezug auf ältere Arbeiten auf die Zusammenstellungen von Zuntz und Voit in Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. IV, 2 und VI, 1.

Diese sämtlichen Versuchsweisen gründen sich auf die von Lavoisier und seinen Mitarbeitern praktisch geprüften Methoden. Die zweite Methode wurde am Menschen zuerst in kleinem Maßstabe von Scharling[3]) und dann von Pettenkofer[4]) in seinem großen Respirationsapparate angewandt. Der Respirationsapparat von Voit[5]) stellt im großen und ganzen nur eine Verkleinerung dieses Apparates dar. Nach demselben Grundprinzip sind ferner die Respirationsapparate von Liebermeister[6]), Stohmann[7]), Kühn[8]), Leyden und Fränkel[9]), Sondén und mir[10]), Rubner[11]) und Jaquet[12]) sowie das Respirationskalorimeter von Atwater und Rosa[13]) konstruiert.

Die dritte Methode Lavoisiers wurde von Regnault und Reiset[14]) zu großer Vollkommenheit ausgebildet, von Reiset[15]) auch auf größere Säugetiere angewandt, sowie von Hoppe-Seyler[16]) bei Versuchen am Menschen benutzt. Andere Autoren[17]) haben derartige, für kleinere Tiere eingerichtete Apparate gebaut. Bei allen diesen wird die abgegebene Kohlensäure durch Lauge absorbiert und statt derselben reiner Sauerstoff automatisch zugeführt.

Prinzipiell gehört hierher auch eine von Röhrig und Zuntz[18]) ausgearbeitete Methode, bei welcher das Versuchstier aus einem Behälter Sauerstoff einatmet und in denselben wieder ausatmet, wobei die ausgeatmete Luft durch zweckmäßig wirkende Ventile ein mit Lauge beschicktes Gefäß zu passieren hat.

Die Bestimmungen, welche unter Anwendung eines Respirationsapparates ausgeführt werden, sind 1. die Kohlensäureabgabe, 2. die Abgabe von Wasserdampf, 3. die Aufnahme von Sauerstoff.

---

[1]) Mémoires de l'Académie des sciences, Paris 1789. Oeuvres de Lavoisier **2**, 695. — [2]) Grimaux, Lavoisier 1743—1794, Paris 1888, p. 119, 129. — [3]) Ann. d. Chem. u. Pharm. **45**, 218, 1843. — [4]) Ebenda, 2. Suppl.-Bd., S. 1, 1863. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **11**, 532, 1875. — [6]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **7**, 75, 1870. — [7]) Landwirtschaftl. Versuchsstat. **19**, 93, 1876. — [8]) Ebenda **44** (1894). — [9]) Arch. f. path. Anat. **76**, 150, 1879. — [10]) Skand. Arch. f. Physiol. **6**, 7, 1895. — [11]) Arch. f. Hygiene **26**, 32, 1896. — [12]) Verhandl. d. Naturf. Ges. zu Basel **15**, 252, 1903. — [13]) U. S. Depart. of Agriculture, Off. of exp. stat., Bull. No. 44, 1897; No. 63, 1899; No. 69, 1899; No. 109, 1902; No. 136, 1903. Andere derartige Apparate sind ferner noch von Laulanié, Arch. de physiol. 1895, p. 617, Haldane, Journ. of Physiol. **13**, 419, 1902, und anderen Autoren beschrieben. — [14]) Ann. de chimie et de physique, 3. série, **26**, 1 (1849). — [15]) Ebenda, 3. série, **69**, 129, 1863. — [16]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **19**, 574, 1894. — [17]) Colasanti, Arch. f. d. ges. Physiol. **14**, 94, 1877; Seegen u. Nowak, ebenda **19**, 370, 1879; Leo, ebenda **26**, 221, 1881; Nemser, ebenda **45**, 284, 1889; Heerlein, ebenda **52**, 170, 1892; Pflüger, ebenda **77**, 443, 1899; Bleibtreu, ebenda **85**, 366, 1901; Rosenthal, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1902, S. 167; Zuntz, ebenda 1903, Suppl. S. 492. — [18]) Arch. f. d. ges. Physiol. **4**, 83, 1871; Wolfers, ebenda **32**, 227, 1883.

Bei allen soeben erwähnten Apparaten läßt sich die Bestimmung der Kohlensäureabgabe sehr genau machen. Zur Prüfung ihrer Leistungsfähigkeit in dieser Hinsicht läßt man im Apparate Stearin, Alkohol oder Petroleum von bekanntem Kohlenstoffgehalt brennen und bestimmt die entwickelte Kohlensäure. Ganz wie bei der organischen Elementaranalyse kann man dann die berechneten und die gefundenen Mengen untereinander vergleichen. Das Resultat dieser Prüfungen ist für einige der oben erwähnten Apparate in folgender Tabelle aufgenommen:

Apparat	Kohlensäure; mittlerer Fehler Proz.
Pettenkofer	1,96 [1])
Voit	1,76
Stohmann	1,45
Leyden u. Fränkel	1,58
Sondén u. Tigerstedt	1,16 [2])
Atwater	0,54 [3])

Viel schwieriger ist die Bestimmung des abgegebenen Wasserdampfes gewesen. Zwar erhielt Pettenkofer bei seinen ersten Versuchen ziemlich befriedigende Resultate: bei 5 Versuchen einen Maximalfehler von — 6,7 Proz. und einen mittleren Fehler von 4,4 Proz. Zwei folgende Reihen zeigten indes ungünstigere Resultate, im Durchschnitt von 4 Versuchen 6,4 Proz. C. und E. Voit und Forster suchten durch Prüfung aller Einzelheiten des Apparates die Ursache dieses Fehlers näher aufzuklären und kamen zu dem Schluß, daß der Fehler auf unvollständiger Verbrennung des Stearins beruhte. Wenn sie Wasser direkt abdampfen ließen, erhielten sie als Durchschnitt von drei Versuchen einen Fehler von nur — 3 Proz.

Inwieweit diese Erklärung das Richtige getroffen hat, mag unentschieden bleiben. Jedenfalls kommt noch ein anderer Umstand hinzu, auf welchen Stohmann die Aufmerksamkeit richtete. Wenn ein mit Ölfarbe angestrichenes Metall feuchter Luft ausgesetzt wird, so entsteht eine Absorption von Wasserdampf, und eine Wasserabgabe erfolgt wieder, wenn die Luft trockener wird. Dieses Phänomen ist mit der gewöhnlichen Kondensation des Wasserdampfes durchaus nicht zu verwechseln, denn das absorbierte Wasser kann nicht als sichtbare Feuchtigkeit mit den Augen erkannt, wie auch nicht durch Löschpapier oder Leinwand weggeschafft werden [4]).

Durch zweckmäßige Wahl des Wandmaterials hat man indessen später viel genauere Bestimmungen des Wasserdampfes erzielen können. Im Respirationskalorimeter von Atwater und Rosa beträgt der Fehler in 23 Versuchen durchschnittlich nur 1,65 Proz. [5]), und auch Rubner [6]) gibt an, daß

[1]) Ann. d. Chemie u. Pharm., 2. Suppl.-Bd., 1863; C. u. E. Voit u. Forster, Zeitschr. f. Biol. **11**, 126, 1875. — [2]) Vgl. auch Rosenberg, Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 67, 1904. — [3]) Hier sind auch 2 Kontrollversuche aufgenommen, bei welchen irgendwelche Zufälligkeiten das Ergebnis fehlerhaft machten. Wenn diese Versuche ausgeschlossen werden, beträgt der prozentige Fehler in 25 Kontrollversuchen nur 0,016. — [4]) Die landwirtschaftl. Versuchsstationen **19**, 104, 1876. — [5]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat., Bull. No. 136, p. 38, 1903. Von der Reihe sind vier Versuche ausgeschlossen, bei welchen Zufälligkeiten das Resultat abnorm schlecht machten. — [6]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, Leipzig und Wien 1903, S. 17.

bei seinem Apparat jeder Fehler der Wasserbestimmung durch Kondensation absolut beseitigt ist. Doch ist zu bemerken, daß das Respirationskalorimeter von Atwater und Rosa einen Cubikinhalt von nur 4,8 cbm und die Respirationskammer von Rubner einen von 7,5 cbm hat, während der Luftraum im Pettenkoferschen Apparat 12,7 cbm und in dem von Sondén und mir 100,65 cbm beträgt.

Mit Apparaten nach Regnault und Reiset hat man, meines Wissens, nie versucht, Bestimmungen der Wasserabgabe zu machen.

Bis jetzt ist es nur Jaquet und, nach brieflicher Mitteilung, Atwater gelungen, unter Anwendung eines durch einen ununterbrochenen Luftstrom ventilierten Respirationsapparates den Sauerstoffverbrauch mit genügender Exaktheit direkt zu bestimmen. Da indes die Kenntnis von dem Sauerstoffverbrauch für Stoffwechseluntersuchungen von der größten Bedeutung ist, suchte Pettenkofer denselben indirekt zu ermitteln. Die Differenz zwischen dem Anfangsgewicht der Versuchsperson, plus allen seinen direkt bestimmten Einnahmen, minus aller Ausgaben und des Endgewichts ergibt die Sauerstoffaufnahme. Jedoch kann diese Berechnung nie völlig befriedigende Resultate geben, denn alle Analysenfehler werden sich ja bei derselben geltend machen müssen, und insbesondere wird der Fehler der Wasserbestimmung hierbei einen sehr bedenklichen Einfluß ausüben. Auch hat man nur sehr selten Versuche gemacht, um in dieser Weise die Sauerstoffaufnahme zu bestimmen.

Dagegen sind die nach Regnault und Reiset gebauten Apparate ganz besonders für die direkte Bestimmung des Sauerstoffs geeignet; hat man ja nur die Luft in der Respirationskammer vor und nach dem Versuche auf Sauerstoff zu analysieren und die Menge reinen Sauerstoffs zu bestimmen, welche aus den Behältern in die Respirationskammer übergeht.

Unter Anwendung von Respirationsapparaten nach Pettenkofer oder Regnault und Reiset kann man sogar am Menschen tagelang die Kohlensäure- und Wasserabgabe (bzw. die Sauerstoffaufnahme) ununterbrochen bestimmen. Solche Apparate sind aber sehr kostspielig und erfordern ziemlich viel Raum, weshalb sie nicht in allen Laboratorien eingerichtet werden können. Darin liegt wesentlich die Ursache, weshalb man in der letzten Zeit vielfach Apparate nach der vierten Methode Lavoisiers benutzt hat, d. h. Apparate, bei welchen das Versuchsindividuum durch eine Gesichtsmaske oder ein Mundstück, bei Tieren durch eine Trachealkanüle atmet und die eingeatmete wie die ausgeatmete Luft durch zweckmäßig eingerichtete Ventile voneinander getrennt wird. Die bewegten Luftmengen werden gemessen und analysiert; wegen des hier in Betracht kommenden kleinen Luftvolumens läßt sich auch die Sauerstoffbestimmung mit großer Präzision ausführen.

Unter den von verschiedenen Autoren benutzten Versuchsanordnungen dieser Art sind die im Laboratorium von Zuntz[1]) ausgebildeten Methoden

---

[1]) Zuntz und Geppert, Arch. f. d. ges. Physiol. **42**, 196, 1888; Strassmann, ebenda **49**, 321, 1891; Loewy, ebenda **49**, 492, 1891; Magnus-Levy, ebenda **55**, 1, 1894. Vgl. unter anderem noch Speck, Schriften d. Ges. zur Beförd. der Naturw. zu Marburg **10**, 1871; Hanriot und Richet, Ann. d. chimie et de phys., 6. série, **22**, 1, 1891 und Travaux du laboratoire de Richet **1**, 470, 1893; Tissot, Archives de physiologie 1896, p. 563.

in erster Linie zu nennen, weil sie sich vielfach sehr gut bewährt haben und sogar bei Bergbesteigungen und Ballonfahrten[1]) erfolgreich benutzt worden sind.

Obgleich diese Methode an dem wesentlichen Übelstande leidet, daß die Versuchsperson, wenigstens bis sie sich an den Apparat gewöhnt hat, unter abnormen Bedingungen atmet[2]), und daß daher die Beobachtung nur eine verhältnismäßig kurze Zeit ($^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde, zuweilen auch etwas länger) ohne Unterbrechung ausgeführt werden kann[3]), muß sie dennoch als in vielerlei Hinsicht sehr wertvoll bezeichnet werden, vor allem, wenn es gilt, schnell eintretende und schnell vorübergehende Veränderungen des Stoffwechsels zu erforschen. So hat sie die Einwirkung der Muskelarbeit auf den Stoffumsatz in vielen wesentlichen Punkten aufgeklärt. Daß sie dagegen nicht genügt, um die Stoffwechselgröße pro 24 Stunden festzustellen, ist nach dem schon Angeführten ohne weiteres ersichtlich.

b) Das Sammeln von Harn und Kot.

In unserer Zeit erscheint die Frage nach dem Sammeln der flüssigen und festen Exkrete behufs der Analyse außerordentlich einfach — es hat aber geraume Zeit gedauert, bis man so weit gekommen ist.

Betreffend den Harn ist vor allem zu bemerken, daß er für die gesamte Dauer des Versuches gesammelt werden muß. Man hat sich daher davon zu vergewissern, daß die Blase sowohl im Beginn als am Ende der Versuchsperiode ganz leer ist.

In erster Linie hat Voit auf die früher begangenen Fehler beim Sammeln des Harns aufmerksam gemacht und gezeigt, wie diese zu vermeiden waren[4]). Man meinte, daß kein namhafter Verlust an Harn entstehen konnte, wenn der Harn des Versuchstieres auf den (hölzernen) Boden des Käfigs gelassen und von diesem in geeigneter Weise gesammelt wurde. Die direkte Prüfung ergab indessen, daß diese Annahme ganz unrichtig war, und daß man viel strengere Vorsichtsmaßregeln einzuhalten hatte. Zu diesem Zwecke richtete Voit seine Versuchshunde so ab, daß sie den Harn niemals in den Käfig, sondern nur außerhalb desselben in ein untergehaltenes Glas entleerten, oder auch wurde das Tier katheterisiert. Bei Hündinnen ist dies nach Spaltung des vorderen Teiles der Harnröhre (C. Ph. Falck[5]) sehr einfach; aber auch männliche Hunde lassen sich mit sehr feinen elastischen Röhrchen katheterisieren[6]).

Es ist aber nicht an allen Tieren möglich, das Katheterisieren durchzuführen, und um dennoch sicher zu sein, allen Harn der Versuchsperiode zu bekommen, hat man verschiedene Einrichtungen ersonnen, welche jedoch hier nicht beschrieben werden können. Auch hat es sich erwiesen, daß man bei zweckmäßiger Konstruktion des Bodens der Käfige (Drahtgitter, durch welches

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **63**, 466, 1896; **66**, 481, 1897. — [2]) Vgl. Speck, Physiol. d. menschl. Atmens, Leipzig 1892, S. 215. Katzenstein, Arch. f. d. ges. Physiol. **49**, 380, 1891; Hoppe-Seyler, Zeitschr. f. physiol. Chemie **19**, 578, 1894. — [3]) Smith hat es durchgesetzt, 18 Stunden lang mit alleiniger Unterbrechung für die Mahlzeiten durch eine Maske zu atmen (Philosophical Transactions **139**, 690, 1859). — [4]) Zeitschr. f. Biol. **4**, 318, 1868. — [5]) Arch. f. path. Anat. **9**, 57, 1856. — [6]) Vgl. Voit, S. 25.

der Harn sogleich in einen weiten Trichter abfließt; Spülen des Gitters) vollkommen brauchbare Resultate erzielen kann[1]).

Beim erwachsenen Menschen begegnet es im allgemeinen keiner Schwierigkeit, den Gesamtharn einer Periode zu erhalten.

Es ist selbstverständlich, daß die Untersuchung des Kotes nur dann für das Studium der Stoffwechselvorgänge eine Bedeutung haben kann, wenn der betreffende Kot sich auf eine bestimmte Kost bezieht. Indessen ist der Darm bei allen Tieren mehr oder weniger gefüllt, und man muß daher den Versuchskot in geeigneter Weise vom früheren und späteren Kote abgrenzen. Eine wirkliche Abgrenzung ist bei den Pflanzenfressern nicht möglich; man kann die Schwierigkeit aber in der Weise umgehen, daß man dem Versuchstiere mehrere Tage lang das Versuchsfutter gibt und den eigentlichen Versuch erst dann beginnt, wenn man annehmen kann, daß aller früherer Darminhalt entleert ist.

Beim Fleischfresser beobachteten Bidder und Schmidt, daß der schwarze, pechartige Kot nach Fleischfütterung sich leicht von dem voluminösen, dem Brote ähnlichen Exkrementen nach Aufnahme von Schwarzbrot unterscheiden läßt[2]). Dann untersuchten Bischoff und Voit die Frage genauer, stellten die Unterschiede des Kotes bei verschiedener Fütterung dar und konnten dadurch eine wirkliche Kotabgrenzung erzielen[3]). Als besondere Abgrenzungsmittel wurden später frische Knochen (G. Meyer), Badeschwamm (Adamkiewicz), Korkstückchen (Salkowski und I. Munk[4]), Kieselsäure (Cremer und Neumayer[5]) usw. benutzt.

Bei Versuchen am Menschen suchte J. Ranke die Abgrenzung des Versuchskotes durch Preißelbeeren zu erzielen[6]). Weiske[7]) und G. Meyer[8]) grenzten bei Versuchen mit vegetabilischer Kost den Versuchskot dadurch ab, daß sie vor und nach dem Versuche reine animalische Kost ohne Zusatz von Stärke oder Cellulose darreichten. Später führte Rubner die Abgrenzung durch Milch[9]) oder Ruß[10]) ein; Hultgren und Landergren[11]) benutzten getrocknete Blaubeeren, Ad. Schmidt[12]) Karmin usw. Betreffend die Frage, wie diese Abgrenzung im Detail ausgeführt wird, verweise ich auf die unten zitierten Arbeiten.

c) Das Sammeln von Schweiß.

Der von der Körperoberfläche abgegebene Wasserdampf wird in den Respirationskammern gleichzeitig mit dem durch die Respirationswege ausgeschiedenen bestimmt. Zum Sammeln der festen Bestandteile, welche im Schweiß abgegeben werden, hat Argutinsky[13]) folgendes Verfahren eingeschlagen. Wenn die Schweißabsonderung durch ein Dampfbad erzeugt wurde, saß die nackte Versuchsperson auf einem Holzstuhl, der in ein Sitzbad

---

[1]) Vgl. Voit, S. 26. — [2]) Bidder u. Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau u. Leipzig 1852, S. 217. — [3]) Voit, Physiol. chem. Unters. **1**, 14, 1857; Bischoff u. Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig u. Heidelberg 1860, S. 289. — [4]) Voit, S. 32. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **35**, 391, 1897. — [6]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862, S. 315. — [7]) Zeitschr. f. Biol. **6**, 458, 1870. — [8]) Ebenda **7**, 18, 1871. — [9]) Ebenda **15**, 119, 1879. — [10]) Ebenda **19**, 56, 1883. — [11]) Skand. Arch. f. Physiol. **2**, 376, 1890. — [12]) Siehe bei Ad. Schmidt u. Strasburger, Die Fäces des Menschen. Berlin 1902, S. 5. — [13]) Arch. f. d. ges. Physiol. **46**, 594, 1890.

aus Zinkblech gestellt war, so daß der herabfließende Schweiß fast vollständig gesammelt werden konnte, während der auf dem Körper zurückgebliebene Schweiß nicht berücksichtigt wurde. — Um am bekleideten Körper den Schweiß unter, soweit möglich, normalen Verhältnissen zu sammeln, wurde aus wohl ausgewaschenem Flanell ein Anzug und aus dünnem Jägerwollstoff ein Hemd und Unterhosen gemacht. In diesen Kleidern wurde der abgesonderte Schweiß zurückgehalten und nach Ende des Versuches der Stickstoff in Hemd, Unterhosen, Weste und Hut bestimmt.

d) Sonstige Abgaben vom Körper.

Der Körper erleidet noch dadurch Substanzverlust, daß Stoffe von ihm abgegeben werden, welche nicht Produkte der in ihm stattfindenden Verbrennung darstellen. Hierher gehört der Verlust durch Abschuppen der Epidermis, durch Schneiden von Haaren und Nägeln, durch die Abgabe von Sperma und Menstrualblut, durch die Milchsekretion. Durch abfallende Haare verliert der Ochs täglich nicht mehr als 2,2 bis 2,8 g N, während seine tägliche Stickstoffabgabe im Harn und Kot 100 bis 200 g beträgt. Auf demselben Wege gibt der Hund täglich nur etwa 0,18 und der Mensch 0,03 g N ab. Durch Schneiden der Nägel ist der tägliche Verlust an N etwa 0,0007 g N (Moleschott[1]). Diese Substanzverluste sind also im großen und ganzen sehr gering; auch werden sie bei Stoffwechselversuchen nicht in Betracht gezogen, da die bei diesen sonst auftretenden, unvermeidlichen Fehler an sich viel mehr betragen.

Die Substanzverluste durch Abgabe von Sperma, Menstrualblut und Milch sind viel beträchtlicher und müssen selbstverständlich genau berücksichtigt werden. In der Regel werden sie aber bei Stoffwechselversuchen vermieden, wenn sich die Untersuchung nicht speziell auf die Feststellung ihres Einflusses richtet.

II. Die Verteilung der einzelnen Elemente auf die verschiedenen Ausscheidungen.

a) Die Abgaben durch die Respiration.

Daß Kohlenstoff und Wasserstoff in Form von Kohlensäure und Wasser von den Lungen abgegeben werden, ist seit dem Anfang der wissenschaftlichen Untersuchungen über den Stoffwechsel bekannt und bedarf hier keiner näheren Erörterung.

Anders stellt es sich mit dem Stickstoff und den N-haltigen Produkten. Von vornherein läßt es sich ja nicht bestreiten, daß freier Stickstoff als Stoffwechselprodukt bei der Exspiration vom Körper abgegeben werden könnte, und dasselbe wäre ja auch mit etwaigen N-haltigen, gasförmigen Verbindungen möglich.

Nur mit Hilfe von Apparaten nach Regnault und Reiset ist es möglich, die quantitativen Veränderungen des freien Stickstoffs bei länger dauernden Stoffwechselversuchen zu bestimmen. In den zahlreichen, von den genannten Autoren veröffentlichten Beobachtungen finden wir auch eine, wenn auch geringe Abgabe von Stickstoff[2]). Dieselbe beträgt durchschnittlich nach einer Berechnung von Zuntz beim Kaninchen 0,004 und beim Hunde 0,007 g pro Kilogramm und Stunde[3]). Die einzelnen Beobachtungen weichen aber untereinander sehr erheblich ab, indem sie beim Kaninchen

[1]) Vgl. Voit, S. 51. — [2]) Ann. de chim. et de phys., 3e série, **27** (1849). — [3]) Hermanns Handb. d. Physiol. **4** (2), 132.

zwischen 0,007 und 0,0007 und beim Hunde zwischen 0,024 und 0 bis — 0,005 g variieren. Reiset fand beim Schaf eine N-Abgabe von 0,003 bis 0,0055, beim Kalb eine von 0,004 bis 0,003 pro Kilogramm und Stunde [1]). Seegen und Nowak beobachteten in der Exspirationsluft beim Kaninchen 0,005 (0,004 bis 0,006), beim Hunde 0,008 (0,006 bis 0,009) N pro Kilogramm und Stunde [2]). Ein Hund von 30 kg Körpergewicht würde demnach im Laufe von 24 Stunden 5,8 g Stickstoff, d. h. bei Fütterung mit 1500 g Fleisch (= 51 g N) mehr als 11 Proz. des Gesamtstickstoffs in Gasform abgeben.

Demgegenüber kann aber bemerkt werden, daß sogar bei einem Respirationsapparat nach Regnault und Reiset nicht unbedeutende Fehler der N-Bestimmung unterlaufen können. In dieser Hinsicht bemerken Pettenkofer und Voit [3]) den genannten Autoren gegenüber, daß eine Abgabe von freiem Stickstoff durch Verunreinigung des gebrauchten Sauerstoffs, durch Diffusion von außen her, durch nicht beobachtete Temperaturunterschiede im Apparat, durch Zersetzung des Harnammoniaks beim Glühen der Luft hätte vorgetäuscht werden können. Auch könnte dieser Stickstoff zum Teil aus der Haarbekleidung oder aus der im Darme befindlichen verschluckten Luft herrühren.

In der Tat zeigten die bald nachher folgenden Versuche von Leo, daß die scheinbare Abgabe von freiem Stickstoff um so geringer wurde, je besser es gelang, alle Fehlerquellen auszuschließen. Beim Kaninchen erhielt er nämlich pro Kilogramm und Stunde durchschnittlich nur 0,00042 g N, also weniger als $^1/_{10}$ der von Seegen und Nowak beobachteten Ausscheidung [4]). Diese Zahl fällt übrigens schon innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Versuchsfehler.

Wir können daher mit großer Wahrscheinlichkeit behaupten, daß freier Stickstoff als Stoffwechselprodukt nicht in erwähnenswerter Menge in den gasförmigen Exkreten abgegeben wird. Daß eine N-Abgabe sehr geringen Umfanges völlig ausgeschlossen ist, ist dagegen nicht einwandfrei bewiesen. Zuntz hat nämlich über Versuche von Tacke berichtet, nach welchen beim Kaninchen meistens eine geringe, aber immerhin die Grenzen der möglichen Versuchsfehler übersteigende Menge gasförmigen Stickstoffs abgegeben wird. Bei Zufuhr von salpetersaurem oder salpetrigsaurem Ammon in den Magen steigt diese Abgabe beträchtlich an — möglicherweise findet hierbei eine Spaltung nach der Gleichung $NH_4 . NO_2 = N_2 + 2 H_2O$ statt. Nach Zuntz dürften Gärungsprozesse im Darme das Agens darstellen, welches diesen Zersetzungsprozeß einleitet [5]).

Defren bemerkt, daß im kondensierten Wasser der Exspirationsluft Nitrate und insbesondere Nitrite nachgewiesen werden können [6]). Nach Atwater und Benedict ist indes die Menge derselben außerordentlich gering, und es ist also höchst wahrscheinlich, daß keine meßbare Quantität Stickstoff auf diesem Wege den Körper verläßt [7]).

Mit großer Bestimmtheit vertraten Brown-Séquard und d'Arsonval die Ansicht, daß die exspirierte Luft stark giftige Substanzen enthält, und es lag

---

[1]) Ann. de chim. et de phys., 3e série, **69** (1863). — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **19**, 414, 1879. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **16**, 508, 1880; vgl. auch Seegen und Nowak, Arch. f. d. ges. Physiol. **25**, 383, 1881. — [4]) Ebenda **26**, 235, 1881. — [5]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1886, S. 560. — [6]) Exper. Stat. Record **8**, 385, 1897. — [7]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat., Bull. No. 109, p. 18, 1902.

natürlich sehr nahe, anzunehmen, daß dieselben N-haltig waren. Von den Bemerkungen verschiedener Autoren veranlaßt, machten sie mit vervollkommneten Versuchsanordnungen neue Versuche, welche immer wieder dasselbe Resultat gaben [1]). Indes wies Formanek, wie es scheint, vollkommen einwandfrei nach, daß die Ursache der betreffenden giftigen Wirkungen nicht in der Gegenwart toxischer Verbindungen in der Exspirationsluft lag, sondern daß dieselben vom Ammoniak, welches aus dem festen und flüssigen Exkrete der Versuchstiere in die Luft übergegangen war, hervorgerufen waren [2]).

Soweit es die Untersuchung des Stoffwechsels betrifft, haben wir daher in den Respirationsprodukten nur die Kohlensäure und den Wasserdampf zu berücksichtigen.

b) Die Abgaben durch die Haut.

Durch die Haut wird vor allem Wasser abgegeben. Da dasselbe verdampft, wird es in den Respirationsapparaten gleichzeitig mit dem Respirationswasser bestimmt. Die Menge des Wassers, welche bei Versuchen am Menschen in den Kleidern zurückbleibt, wird durch Wägen derselben vor und nach dem Versuche ermittelt.

Der Schweiß enthält aber auch feste Bestandteile, unter welchen der Harnstoff der wichtigste ist. Die Menge desselben kann (beim Menschen) unter Umständen eine nicht zu vernachlässigende Große betragen. So fand Argutinsky, daß während eines Dampfbades von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunde Dauer im Schweiß 0,25 bis 0,26 g N ausgeschieden wurden. Nach einem langen Spaziergang wurden im Schweiß bis zu 0,76 g N beobachtet [3]). Atwater und Benedict [4]) fanden beim ruhenden Menschen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur pro Tag nur 0,025 g N im Schweiß, beim arbeitenden dagegen durchschnittlich 0,29 g (Minimum 0,20, Maximum 0,66 g).

In dem tropischen Klima von Java beobachtete Eykman [5]) bei Ruhe eine tägliche Abgabe von 0,76 g N und bei leichter Arbeit eine von 1,36 g N im Schweiß.

Im allgemeinen braucht man aber die N-Abgabe durch den Schweiß nicht zu berücksichtigen; unter besonderen Umständen bewirkt aber ihre Vernachlässigung einen nicht unbeträchtlichen Fehler.

Endlich wird auch Kohlensäure durch die Haut abgegeben. Bei Versuchen in der Respirationskammer addiert sie sich zu der bei der Exspiration abgegebenen Kohlensäure. Nach direkten Bestimmungen von Schierbeck [6]) und v. Willebrand [7]) ist die von der Haut ausgeschiedene Kohlensäuremenge jedenfalls nur eine geringe. Pro 24 Stunden berechnet betrug sie bei einer Temperatur von 20 bis 32° C etwa 7,2 bis 8,4 g (= 2 bis 2,3 g C). Wenn die Temperatur zu dem Punkte stieg, wo sichtbarer Schweiß hervorbrach (etwa 33° C), nahm die Kohlensäureabgabe durch die Haut auf etwa 31 bis 32 g (= 8,5 bis 8,7 g C) zu.

---

[1]) Compt. rend. de l'Académie des sciences (Paris) **106**, 106, 165, 1888; **108**, 267, 1294, 1889; Archives de physiol. 1894, p. 113; vgl. auch Merkel, Arch. f. Hygiene **15**, 1, 1892; Haldane u. Smith, Journ. of Pathol. and Bacteriol. **1** (1893). — [2]) Arch. f. Hygiene **38**, 1, 1900. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **46**, 594, 1890. — [4]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat., Bull. No. 69, p. 24, 1899; Bull. No. 136, p. 118, 1903. — [5]) Arch. f. path. Anat. **131**, 177, 1893. — [6]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1893, S. 116; Arch. f. Hygiene **16**, 218, 1893. — [7]) Skand. Arch. f. Physiol. **13**, 351, 1902.

c) Die Abgaben durch die Nieren.

Wenn wir wie früher von den Abgaben der Aschebestandteile absehen, so sind im Harne nur Stickstoff (Schwefel, Phosphor), Kohlenstoff und Wasser zu berücksichtigen.

Ich werde die chemische Zusammensetzung des Harns hier nicht besprechen, da dieselbe in einem anderen Abschnitt dieses Handbuches mit der gebührenden Ausführlichkeit behandelt wird. Hier habe ich also nur den Harn aus dem Gesichtspunkte der Physiologie des Gesamtstoffwechsels zu berücksichtigen.

Vor allem ist die N-Abgabe im Harn bedeutungsvoll, denn der bei weitem größte Teil des vom Körper abgegebenen Stickstoffs erscheint im Harn.

Die durch die Nieren ausgeschiedene Menge Kohlenstoff ist dagegen im Vergleich mit der Kohlenstoffmenge der Exspirationsluft sehr gering. Übrigens steht sie, bei gesunden Individuen, in einem ziemlich konstanten Verhältnis zur N-Menge des Harns, und es ist daher gestattet den Harnkohlenstoff aus dem Harnstickstoff zu berechnen, wenn nicht eine sehr große Genauigkeit erstrebt wird.

Bei gemischter Kost betrug im Durchschnitt von 47 Versuchen an vier verschiedenen Individuen mit zusammen 145 Versuchstagen das Verhältnis C/N 0,721 — Max. 0,791, Min. 0,635 (Atwater und Benedict[1]). Beim Hunger hat man für C/N 0,654 bis 0,950 gefunden [Munk[2]), Johansson, Landergren, Sondén und Tigerstedt[3])].

Da die tägliche N-Abgabe im Harn beim Menschen etwa 16 g beträgt, würde darin durchschnittlich 11,5 g Kohlenstoff mit den Grenzwerten 10,2 bis 14,8 enthalten sein. Auch wenn wir bemerken, daß das Verhältnis C/N, wie aus anderen Erfahrungen hervorgeht, innerhalb etwas weiterer Grenzen als der von Atwater und Benedict gefundenen variieren kann, so wird doch der Fehler der Kohlenstoffberechnung im Vergleich mit der täglichen Kohlenstoffabgabe in der Respiration, welche beim Erwachsenen in der Regel 200 g und mehr beträgt, kaum eine wesentliche Differenz verursachen können.

d) Die Abgaben durch den Darm.

Im Kote werden teils Reste der genossenen Kost, welche nicht im Darmrohre resorbiert wurden, teils Bakterien, teils Rückstände der Verdauungssäfte, zerfallene Darmepithelien und Substanzen, welche sonst von der Darmschleimhaut und der Leber ausgeschieden werden, abgegeben.

Es wäre natürlich von großer Bedeutung, wenn man feststellen könnte, welchen Ursprunges die in einer bestimmten Kotportion enthaltenen Verbindungen eigentlich sind, ob sie dem Körper selber entstammen oder unresorbierte Reste der Kost darstellen. Jedoch lassen sich keine ganz bestimmten Resultate in dieser Beziehung gewinnen; nichtsdestoweniger besitzen wir vielerlei Erfahrungen, welche eine allgemeine Vorstellung hierüber gestatten.

---

[1]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat., Bull. No. 136, p. 114, 223, 1903. — [2]) Arch. f. path. Anat. **131**, Suppl. 145, 1893. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 78, 1896.

Daß eine wirkliche Kotbildung auch ohne Aufnahme von Nahrung stattfindet, geht aus den Erfahrungen an hungernden Individuen hervor. Schon das Vorhandensein des Meconiums gibt dafür einen Beweis ab. Das Trockenmeconium betrug bei ausgetragenen Schafsfrüchten im Mittel von drei Beobachtungen 53,6 g, bei einem $8^1/_2$ monatlichen Pferdefötus 65,2 g, bei einem ausgetragenen Pferdefötus 88,0 g. Das Schafsmeconium enthielt (trocken) 13,5 Proz. Ätherextrakt, welcher zum großen Teil aus Farbstoffen bestand. Das Meconium des jüngeren Pferdefötus gab (trocken) 15,3 Proz. Ätherextrakt, von welchem etwas mehr als ein Drittel aus Neutralfett, Cholesterin usw. bestand. Im trockenen menschlichen Meconium fand Voit 15,5 Proz. Ätherextrakt und davon 7,3 Proz. Cholesterin [1]).

Der Hungerkot des Fleischfressers stellt eine schwarze pechartige Masse von schwachem, kaum fäkalen Geruch dar. Die Entleerung erfolgt in Zwischenzeiten von 8 bis 18 Tagen. Berechnet für 1 kg mittleres Körpergewicht, beträgt die Menge etwa 0,06 bis 0,32 g Trockenkot pro Tag [2]).

Über die tägliche Kotabgabe bei hungernden Menschen liegen die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Angaben vor.

Versuchsperson	Beobachtungsdauer Tage	Trockensubstanz pro Tag g	Stickstoff pro Tag g	Ätherextrakt pro Tag g
Cetti [3])	10	3,82	0,32	1,35
Breithaupt [3]) . .	6	2,00	0,11	0,57
J. A. [4])	5	2,20	0,13	0,44

Pro Kilogramm mittleres Körpergewicht beträgt der Trockenkot 0,072 bzw. 0,034 und 0,034 g.

Auch von einer anderen Seite her hat man die unabhängig von der Nahrungszufuhr im Darme stattfindende Kotbildung feststellen können. Hermann isolierte am Hunde ein Dünndarmstück von dem Zusammenhang mit dem übrigen Darm, vereinigte die beiden Enden dieses Stückes, so daß sie einen geschlossenen Ring bildeten, und ließ das Tier am Leben. Als es nach zwei bis drei Wochen getötet wurde, war der Darmring von einem fäkal aussehenden, schwach alkalischen Inhalt stark gefüllt; außer zahlreichen Kokken und Bakterien verschiedener Art und spärlichen farblosen Zellen enthielt er Mucin, Fetttropfen und nadelförmige Fettsäurekristalle [5]). Diese Erscheinung wurde dann von Blitstein und Ehrenthal [6]), Berenstein [7]) und F. Voit [8]) untersucht. Der Inhalt des Darmringes wird von diesen Autoren wesentlich als Dünndarmsekret mit größerer oder geringerer Beimischung von abgestoßenen und allmählich in Detritus verwandelten Epithelien aufgefaßt, und F. Voit ist sogar gewillt, aus diesen Beobachtungen zu folgern, daß diese Produkte den wesentlichsten Anteil an der Kotbildung haben, während die großen Verdauungsdrüsen, die Leber und das Pankreas, hierbei fast keinen Einfluß ausüben.

Demgegenüber bemerkt aber Klecki [9]), daß die von Hermann und seinen Nachfolgern beobachtete Erscheinung größtenteils durch Bakterien bedingt sei, und

[1]) F. Müller, Zeitschr. f. Biol. **20**, 329, 1884. — [2]) Derselbe, ebenda **20**, 334, 1884; I. Munk, Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 325, 1894; F. Voit, Zeitschr. f. Biol. **29**, 346, 1892. — [3]) F. Müller, Arch. f. path. Anat. **131**, Suppl., 10, 14, 17, 64, 1893. — [4]) Johansson u. a., Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 86, 1896. — [5]) Arch. f. d. ges Physiol. **46**, 93, 1890. — [6]) Ebenda **48**, 74, 1891. — [7]) Ebenda **53**, 52, 1893. — [8]) Zeitschr. f. Biol. **29**, 325, 1892; vgl. auch I. Munk, Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 388, 1894. — [9]) Zentralbl. f. Physiol. **7**, 736, 1893.

also über die normalen Sekretionsbedingungen keine Aufklärung geben kann. Wenn nämlich die isolierte Darmschlinge mit Borsäurelösung und künstlichem Magensaft desinfiziert wird, so findet man sogar nach Ablauf von 46 Tagen in einer 13 cm langen Darmschlinge nur 4,5 g einer gelblichen, dicken, klebrigen Flüssigkeit. Dies stimmt mit den Erfahrungen Pawlows über die Sekretionsbedingungen des Darmsaftes vollständig überein; nach diesen wird derselbe nämlich nur bei direkter Reizung der Darmschleimhaut durch den Darminhalt abgesondert [1]).

Jedenfalls geht auch aus diesen Beobachtungen hervor, daß ein Teil des Kotes dem Körper selber entstammt. Es ist ziemlich selbstverständlich, daß dieser Teil bei Nahrungszufuhr größer als bei Hunger sein muß, denn dann wird ja die Sekretion der Verdauungsflüssigkeiten bedeutend stärker, als sie je beim Hunger ist. Also wird der Kot auch bei Nahrungsaufnahme zu einem wesentlichen Teil aus dem eigenen Bestand des Körpers herzuleiten sein. Dieser zuerst von Bischoff und Voit [2]) ausgesprochene Satz findet in Erfahrungen am Hunde seine volle Bestätigung.

Wenn man einen Hund mit N-freiem Stärkemehl füttert, so findet man dessen ungeachtet im Kote ziemlich viel Stickstoff. Ein kleiner Hund von 7 kg Körpergewicht schied in einer 9tägigen Hungerperiode durchschnittlich 1,32 g Trockenkot mit 0,09 g N täglich aus. Bei Fütterung mit 70 g Stärkemehl und 6,4 g Fett betrug der tägliche Trockenkot 3,04 g mit 0,11 g N; bei 140 g Stärke und 11,2 g Fett fanden sich 5,95 g Trockenkot mit 0,22 g N. Derselbe Hund schied nach 500 g Fleisch täglich 3,3 g Trockenkot mit 0,24 g N aus (Rieder [3]).

Wenn wir nun weiter erfahren, daß ein großer Hund von mehr als 30 kg Körpergewicht nach Aufnahme von 1500 bis 2000 g Fleisch durchschnittlich 0,67 g N pro Tag im Kote abgibt, so läßt es sich nicht verkennen, daß der größte Teil dieses Stickstoffs keinen Rückstand des gefütterten Fleisches darstellen kann [4]).

Wenn die gefütterte Fleischmenge eine sehr große ist, oder wenn man einem Hunde eine vegetabilische, stark voluminöse Kost gibt, so nimmt die Kotmenge beträchtlich zu, und nun erscheinen wirklich bedeutendere Reste des Futters im Kote [5]).

Auch das im Kote enthaltene Fett ist wesentlich ein Produkt des Körpers selbst, wie daraus hervorgeht, daß der Kot auch bei sehr fettarmer Nahrung ziemlich viel Fett enthält.

Beim Menschen begegnen wir ganz entsprechenden Erscheinungen. Bei an Stickstoff sehr armer Kost enthält also der Kot ziemlich viel Stickstoff und zwar scheint die darin ausgeschiedene N-Menge um so größer zu sein, je reichlicher die Kost, wie dies aus folgender Tabelle (siehe nächste Seite oben) näher ersichtlich ist [6]).

---

[1]) Pawlow, Das Experiment als zeitgemäße und einheitliche Methode medizinischer Forschung. Wiesbaden 1900, S. 15. — [2]) Bischoff u. Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig u. Heidelberg 1860, S. 291. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **20**, 382, 1884. — [4]) F. Müller, ebenda **20**, 343, 1884; Tsuboi, ebenda **35**, 68, 1897. — [5]) Vgl. F. Müller, ebenda **20**, 359, 1884. — [6]) Bei Versuchen am Hunde mit variierenden Mengen N-freien Futters hat Tsuboi dasselbe gefunden (Zeitschr. f. Biol. **35**, 76, 1897).

Nr.	Kost pro Tag g	N in der Kost pro Tag g	N im Kote pro Tag g	Autor
1.	150 Fett, 585 Stärke	1,36	1,39	Rubner[1])
2.	300 Stärke, 120 Zucker, 89 Schmalz, 900 Weißwein . .	0,29[3])	0,54	Rieder[2])
3.	90 Stärke, 40 Zucker, 30 Schmalz, 1125 Weißwein . .	0,37[3])	0,87	„
4.	100 Stärke, 30 Zucker, 30 Schmalz, 900 Weißwein . .	0,30[3])	0,78	„
5.	Stärke, Zucker, Butter, Sagogrütze, Fruchtgelee, Kartoffelmehl	0,14	0,65	C. Tigerstedt[4])
6.	1050 Sagogrütze, 213 Zucker .	0,22	1,50	Renvall[5])
7.	1450 Sagogrütze, 238 Zucker .	0,31	1,52	„

Wo man also bei gewöhnlicher Kost nur etwa 1 bis 1,5 g Stickstoff im täglichen Kot findet, da ist dieser Stickstoff wesentlich als ein vom Körper selbst stammendes Exkretionsprodukt aufzufassen.

Auch im menschlichen Kote ist das Fett zum großen Teil desselben Ursprunges. Bei drei Versuchen mit Brot und einem mit Makkaroni, wo der Fettgehalt der Kost äußerst gering war, fanden sich im entsprechenden Kot bzw. 3,1, 4,7, 6,1, 6,5 g Ätherextrakt (Rubner[6]). In Renvalls Versuchen, wo gleichfalls die Kost kein Fett enthielt, betrug die Fettmenge im Kote 2,5 bis 1,6 g täglich[7]).

Wenn die Fettmenge im Kote nicht mehr als etwa 6 bis 7 g pro Tag beträgt, entstammt sie also wesentlich dem Körper selbst und stellt keinen Ruckstand der Kost dar.

Die Erfahrungen über die bei gewöhnlicher, einigermaßen zweckmäßiger, gemischter Kost im Kote abgegebenen N- und Fettmengen zeigen, daß der Kot tatsächlich zum allergrößten Teil dem Körper selbst entstammt. In Atwaters und Benedicts[8]) langer Reihe von 47 Versuchen mit insgesamt 145 Tagen betrug die tägliche N-Abgabe in den Fäces durchschnittlich 1,6 g (Maximum 2,7, Minimum 0,7 g). Im Durchschnitt von 22 Versuchen bei Muskelruhe und einer mittleren Zufuhr von 2659 Kalorien enthielt der Kot 1,1 g N (Maximum 1,7, Minimum 0,8 g) und im Durchschnitt von 25 Arbeitsversuchen mit einer mittleren Zufuhr von 4340 Kalorien 1,7 g N (Maximum 2,7, Minimum 0,7 g). Ganz dasselbe finden wir in den Versuchen von Wait[9]): hier beträgt die N-Menge im Kote unter 25 Versuchsreihen im Maximum 1,8 g und im Minimum 0,6 g; Durchschnitt 1,3 g. In den Versuchen,

[1]) Zeitschr. f. Biol. 15, 198, 1879. — [2]) Ebenda 20, 386, 1884. — [3]) Im Wein. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. 16, 68, 1904. — [5]) Ebenda 16, 127, 1904. — [6]) Zeitschr. f. Biol. 15, 191, 1879. — [7]) Skand. Arch. f. Physiol. 16, 129, 1904. — [8]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. stat., Bull. No. 136, p. 120, 1903. — [9]) Ebenda Bull. No. 89, 1901 and No. 117, 1902.

welche über die Ausnutzung einzelner Nahrungsmittel hauptsächlich in Voits Laboratorium von Meyer[1]), Rubner[2]), Atwater[3]), Prausnitz[4]) und Uffelmann[5]) ausgeführt wurden, schwankt die N-Menge im Kot bei tierischen und gewissen feiner präparierten pflanzlichen Nahrungsmitteln zwischen 0,14 und 1,9 g pro Tag; nur in einem einzigen Versuche mit 4100 g Milch betrug der Kot-N 3,10 g.

Durch mikroskopische Analyse des menschlichen Kotes haben Prausnitz und seine Mitarbeiter diese Folgerungen noch erhärtet. Nach einer Methode, die allerdings nur approximative Resultate ergeben kann, fand Kermauner, daß mikroskopisch nachweisbare Fleischreste nur zu etwa 0,2 bis 1,0 Proz. des genossenen Fleisches im Kote erscheinen[6]). Nach Verabreichung von dem Kaseïnpräparate Plasmon enthält der Kot keine in Betracht kommende Mengen von unresorbiertem Plasmon oder dessen Verdauungsprodukten (Micko[7]).

Sogar wenn die N-Menge im Kote größer als in den jetzt besprochenen Versuchen wäre, ist es nicht ausgeschlossen, daß sie dennoch ein Produkt des Körpers darstellen könnte, denn die Menge der Verdauungsflüssigkeiten kann ja unter verschiedenen Umständen sehr verschieden sein, wie dies aus den Erfahrungen Walthers über die während einer Verdauungsperiode im Pankreassaft des Hundes bei verschiedener Nahrungsweise abgegebene N-Menge direkt hervorgeht. Nach Fütterung mit Milch, Brot oder Fleisch in Quantitäten, welche die gleiche N-Menge (3,4 g) enthielten, betrug die N-Menge des secernierten Pankreassaftes bzw. 0,345, 0,651 und 0,326 g[8]).

Daraus dürfen wir indessen nicht schließen, daß der genossene Stickstoff nimmer in erwähnenswerter Menge in dem Kote erscheint. Wissen wir ja, daß sich in den vegetabilischen Nahrungsmitteln N-haltige Verbindungen vorfinden, welche von den Verdauungsflüssigkeiten gar nicht angegriffen und also mit dem Kote vom Körper ausgeschieden werden[9]). Solche Verbindungen kommen vor allem in den Hülsensubstanzen vor: daher finden wir auch, daß die N-Menge im Kote bei gröberen vegetabilischen Nahrungsmitteln wesentlich größer ist als bei fein präparierten, wo die Hülsen durch die vorhergehende Präparation größtenteils entfernt worden sind. Auch muß die Beschaffenheit der Kost an und für sich, ihr Volumen, die Schwierigkeit, welche sie der Einwirkung der Verdauungssäfte macht, usw. bewirken können, daß Reste von sonst resorbierbaren Stickstoffverbindungen im Kote erscheinen.

Prausnitz[10]) bemerkt, daß der Trockenkot bei leicht verdaulichen tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln einen sehr konstanten N-Gehalt (durchschnittlich 8,65 Proz., Grenzwerte 8,16 bzw. 9,16 Proz.) hat und betrachtet diesen Kot als fast vollständig aus dem Verdauungsrohre entstammend. Bei schwerer verdaulicher Kost (grobem Brote usw.) ist der N-Gehalt im Trockenkot wesentlich niedriger (bis zu etwa 3,8 Proz.), vorausgesetzt, daß die Kost keine schwer digestiblen Substanzen mit hohem N-Gehalt enthält, in welchem Falle der N-Gehalt ein höherer wird. In den Versuchen von Atwater und Benedict[11]), bei welchen, wie schon

[1]) Zeitschr. f. Biol. **7**, 26, 1871. — [2]) Ebenda **15**, 195, 1879; **36**, 59, 1898. — [3]) Ebenda **24**, 23, 1888. — [4]) Ebenda **25**, 536, 1889. — [5]) Arch. f. d. ges. Physiol. **29**, 356, 1882. — [6]) Zeitschr. f. Biol. **35**, 330, 1897. — [7]) Ebenda **39**, 430, 1900; vgl. auch P. Müller, ebenda **39**, 451, 1900, sowie Tsuboi, ebenda **35**, 68, 1897. — [8]) Arch. des sciences biol. **7**, 85, 1899. — [9]) Vgl. Rubner, Zeitschr. f. Biol. **19**, 74, 1883. — [10]) Ebenda **35**, 335, 1897; vgl. auch Menicanti u. Prausnitz, ebenda **30**, 354, 1894. — [11]) U. S. Depart. of Agricult, Off. of exp. Stat., Bull. No. 136, p. 115, 1903.

erwähnt, der Stickstoff so vorzüglich ausgenutzt wurde, betrug indessen der prozentige Gehalt des Trockenkotes an Stickstoff durchschnittlich nur 5,33 Proz. (Maximum 6,97, Minimum 3,91). Andererseits fand Renvall[1]) bei einer zum großen Teil aus groben vegetabilischen Nahrungsmitteln (Hafergrütze, hartem Roggenbrot, Käse, Schinken und Butter) bestehenden Kost, daß der Kotstickstoff, trotz einer Gesamtmenge von 2,15 bis 3,59 g N, durchschnittlich nur 5,77 Proz. der Trockensubstanz (Maximum 5,97, Minimum 5,55) betrug. Auch findet Schierbeck[2]), daß es hinsichtlich des Totalstickstoffs im Kote wenigstens drei verschiedene Typen von Individuen gibt. Der eine Typus hat bei jeglicher Kostform ein sehr niedriges N-Prozent, etwa 4, im Kote; der zweite hat dagegen ein verhältnismäßig hohes N-Prozent, etwa 6 bis 7; während der dritte Typus bei grober, stark kotbildender Kost ein N-Prozent von etwa 4, bei gewöhnlicher gemischter Kost etwa 6 und unter besonderen Kostverhältnissen mit sehr geringer Kotbildung etwa 7 bis 8 Proz. N hat.

Betreffend der Fettmenge im Kote zeigen die oben (S. 350) zitierten Ausnützungsversuche mit einzelnen Nahrungsmitteln, daß die tägliche Abgabe, trotz einer ziemlich reichlichen Fettzufuhr (71 bis 214 g), in der Regel nicht mehr als 6 bis 7 g beträgt. Auch Versuche mit gemischter Kost ergeben dasselbe: in einer Reihe von 41 Versuchen fanden Atwater und Benedict im Kote durchschnittlich 5,1 g Fett (2,1 bis 13,4) pro Tag[3]), und ähnliche Beobachtungen sind auch von anderen Autoren mitgeteilt worden.

Da die Fettmenge des Kotes bei fettfreier Kost auf etwa 6 bis 7 g steigen kann, ist es ersichtlich, daß dieselbe unter diesen Umständen zum allergrößten Teile als Produkt des Körpers selbst aufzufassen ist. Es kommen indes Fälle vor, wo die Fettmenge im Kote wesentlich größer ist und wo also ein beträchtlicher Teil derselben als Rückstand der Kost aufgefaßt werden muß. Dies findet z. B. beim Genuß von Fett statt, welches noch innerhalb bindegewebiger Membranen eingeschlossen ist und daher nicht so leicht wie freies Fett durch die Verdauungssäfte angegriffen werden kann; ferner auch in dem Falle, wenn das Fett nicht bei Körpertemperatur in flüssige Form übergeht (Arnschink[4]) usw.

Ob Kohlehydrate in erwähnenswerter Menge in Kot übergehen, ist vor allem von ihrer Beschaffenheit an und für sich abhängig. Da die Zellulose von den Verdauungsflüssigkeiten nicht angegriffen wird und ihre Lösung nur durch einen durch Bakterien bewirkten Gärungsprozeß erfolgt (Tappeiner[5]), und da der Aufenthalt der Kost im Darme des Menschen nicht sehr lange dauert, ist es von vornherein zu erwarten, daß die Menge der in gewöhnlicher Weise als Differenz bestimmten Kohlehydrate im Kote bei zellulosereichen Nahrungsmitteln ziemlich beträchtlich sein muß, sowie daß sie um so geringer sein wird, je vollständiger die Nahrungsmittel von den Hülsen befreit sind. Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt. Bei grobem Roggenbrot beträgt die tägliche Kohlehydratmenge im Kote 72 bis 38 g, während sie bei Weißbrot, Makkaroni, Reis usw. höchstens etwa 13 bis 14 g ausmacht und vielfach noch geringer ist (Rubner[6]), Hultgren und Landergren[7]).

---

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 104, 1904. — [2]) Arch. f. Hygiene **51**, 62, 1904. — [3]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat., Bull. No. 69, 1899; No. 109, 1902; No. 136, 1903; Memoirs of the Nat. acad. of sciences, Washington 1902, VIII, p. 231. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **26**, 434, 1890. — [5]) Ebenda **20**, 52, 215, 1884; **24**, 105, 1888. — [6]) Ebenda **15**, 192, 1879. — [7]) Skand. Arch. f. Physiol. **2**, 373, 1891; **5**, 111, 1894.

Bei direkter Bestimmung der löslichen Kohlehydrate fand Constantinidi, nach Genuß von etwa 375 g Stärke in Kartoffeln, nur 1,5 bis 2,7 g davon im Kote [1]).

Dementsprechend läßt sich bei gesunden Individuen nach Genuß von Cerealien und Kartoffeln mikroskopisch fast gar keine Stärke im Kote nachweisen, während dies stattfindet, wenn die Stärke in Form von Hülsenfrüchten oder in grünen Gemüsen verzehrt wird (J. Möller [2]).

Aus dieser Darstellung folgt, daß bei gut verdaulicher Kost der Kot, so weit es seine organischen Bestandteile betrifft, zum allergrößten Teil ein Exkretionsprodukt des Körpers selbst (Reste der Verdauungsflüssigkeiten, wirkliche Ausscheidungsprodukte, Darmbakterien) darstellt, und daß die in ihm enthaltenen Reste der Kost nur verhältnismäßig gering sein müssen. Bei schwerer verdaulicher Kost wird der Anteil dieser an der Kotbildung größer, und im Kote können sich dann sogar sehr beträchtliche Mengen unresorbierter Nahrungsstoffe vorfinden.

In diesem Zusammenhange ist noch zu bemerken, daß tote oder lebendige Mikroorganismen auch unter völlig normalen Verhältnissen einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Kotes bilden und zwar würden sie bei leicht verdaulicher Kost dem Gewichte nach etwa rund ein Drittel der Trockensubstanz des Kotes gesunder Erwachsener betragen (Strasburger [3]).

Bei einer genauen Untersuchung des Stoffwechsels ist es notwendig, auch die Kohlenstoffmenge im Kote in Betracht zu ziehen. Wie dies mit dem Harnkohlenstoff der Fall ist, kann man aber auch den Kotkohlenstoff, ohne einen erheblicheren Fehler zu begehen, aus dem Kotstickstoff berechnen und braucht ihn daher nicht immer direkt zu bestimmen. In den Versuchen von Atwater und Benedict betrug die tägliche C-Menge im Kote durchschnittlich 12,9 g pro Tag (Maximum 24,3, Minimum 6,5 g). Auf 1 g Kotstickstoff kamen im Durchschnitt 9,2 g Kohlenstoff; die Grenzwerte waren 13,8 bzw. 6,8 g [4]).

e) Die Ausscheidungswege des Stickstoffs.

Aus den Erfahrungen über die gasförmigen Ausscheidungsprodukte folgerten wir oben (S. 345), daß Stickstoff als Stoffwechselprodukt nicht in merkbarer Menge in Gasform vom Körper abgegeben wird. Es muß also die gesamte Menge Stickstoff, welche den Körper verläßt, im Harn und Kot erscheinen.

Es dauerte lange, bis diese hochwichtige Tatsache allgemein anerkannt wurde. Allerdings hatten Bidder und Schmidt [5]) bei ihren Versuchen an Katzen und Hunden die Gesamtmenge des gefütterten Stickstoffs im Harn und Kot wiedergefunden, die meisten Autoren konnten dies aber nicht bestätigen und wollten vielmehr festgestellt haben, daß die im Harn und Kot ausgeschiedene Stickstoffmenge in der Regel geringer war als die N-Zufuhr.

Schon im Jahre 1857 wies indes Voit an fünf Hunden nach, daß wenigstens unter gewissen Umständen aller Stickstoff des Futters im Harn

[1]) Zeitschr. f. Biol. **23**, 445, 1886. — [2]) Ebenda **35**, 291, 1897. — [3]) Ad. Schmidt und Strasburger, Die Fäces des Menschen, S. 267; vgl. daselbst auch die ältere hierhergehörige Literatur. — [4]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat., Bull. No. 136, p. 120, 1903. — [5]) Bidder und Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, 1852, S. 333 ff., 386.

und Kot wiedererhalten werden konnte[1]). Durch neue, lange andauernde Versuchsreihen begründeten Voit und Bischoff[2]) dieses Resultat noch fester, und ersterer wies dann im Laufe der folgenden Jahre die Einwendungen der Gegner mit vollstem Erfolg zurück[3]).

Die Bedeutung dieser Tatsache kann nicht zu hoch geschätzt werden, denn erst durch die Feststellung, daß aller Stickstoff mit dem Harn und Kot vom Körper abgegeben wird, ist überhaupt eine exakte Physiologie des Stoffwechsels möglich. Wenn Stickstoff in erwähnenswerter Menge in Gasform abgegeben werden würde, so hätte die alleinige Untersuchung des Harnes und Kotes keinen Sinn, und wir könnten daraus gar keine Folgerungen ziehen. Jeder Stoffwechselversuch würde daher die Anwendung eines Respirationsapparates erfordern — vorausgesetzt, daß die Stickstoffabgabe dadurch bestimmt werden konnte, was indes mit unseren gegenwärtigen Mitteln nicht der Fall ist.

Wir dürfen uns indes nicht vorstellen, daß die im Harn und Kot täglich abgegebene N-Menge immer gleich der in der Kost aufgenommenen wäre. Im Gegenteil treten vielfach Differenzen auf, indem teils die N-Zufuhr größer ist als die N-Abgabe, teils umgekehrt diese größer als die N-Zufuhr, was nur dadurch bedingt ist, daß der Körper im ersten Falle Stickstoff zurückgehalten, im letzteren von sich selbst abgegeben hat.

Man kann es aber immer dazu bringen, die N-Zufuhr und die N-Abgabe im Harn und Kot Tag für Tag gleichgroß zu machen, wenn man nämlich dem Versuchsindividuum eine Zeit-

Für die ganze Periode.

Nr.	Versuchstage	N im Futter g	N im Harn und Kot g	Bilanz g	Bilanz Proz.	S im Futter g	S im Harn und Kot g	Bilanz g	Bilanz Proz.
I. 1.	1 bis 7	154,81	155,02	− 0,21	0,14	—	—	—	—
2.	8 „ 17	213,72	213,26	+ 0,46	0,22	12,770	12,785	− 0,015	− 0,12
II. 1.	1 „ 5	90,00	89,81	+ 0,19	0,21	—	—	—	—
2.	6 „ 12	131,60	132,75	− 1,15	0,88	—	—	—	—
III. 1.	1 „ 2	35,80	36,16	− 0,36	1,00	—	—	—	—
2.	3 „ 11	144,40	143,13	+ 1,27	0,86	—	—	—	—

[1]) Voit, Physiol. chem. Unters. **1**, 19, Augsburg 1857. — [2]) Bischoff und Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers, Leipzig und Heidelberg 1860. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **1**, 69, 109, 283, 1865; **2**, 6, 189, 1866; **4**, 297, 1868; vgl. auch Voit, S. 45.

lang die gleiche, an Stickstoff nicht zu arme Kost reicht. Wenn dieser Zustand des Stickstoffgleichgewichts erreicht ist und dann bestehen bleibt, so läßt es sich nicht denken, daß Stickstoff in merkbarer Menge auf einem anderen Wege als durch den Harn und den Kot vom Körper abgegeben worden wäre.

Als Beispiel der großen Übereinstimmung, welche zwischen den N-Einnahmen und den N-Abgaben erzielt werden kann, teile ich folgende Versuche von Gruber[1]) hier mit. Diese wurden an einem Hunde von etwa 17 kg Körpergewicht ausgeführt. Im gefütterten Fleisch sowie im Harn und Kote wurde der Stickstoff und in der zweiten Periode des ersten Versuches auch der Schwefel bestimmt. (Siehe Tabelle auf S. 353.)

Das gefütterte Fleisch enthielt in der zweiten Periode des Versuches I 3,562 Proz. N und 0,2128 Proz. S. Wenn wir für diese Periode die Größe der Fleischzersetzung nach dem Stickstoff berechnen, so erhalten wir 5986 g; nach dem Schwefel bekommen wir 5998 g. Tatsächlich wurden während dieser Periode 6000 g Fleisch gefüttert.

§ 3. Die Berechnung eines Stoffwechselversuches.

Um die Art und Weise zu erläutern, wie man aus den Daten der Einnahmen und Ausgaben den Stoffwechsel berechnet, teile ich als Beispiel einen Versuch von Atwater und Benedict[2]) hier mit. Bei diesem sind sämtliche Einnahmen und Ausgaben des Körpers mit alleiniger Ausnahme des Sauerstoffverbrauches bestimmt.

Versuchsperson: ein 32jähriger gesunder Mann von etwa 64 kg Körpergewicht. Versuchsdauer: 4 Tage. Während des Versuches sollte Muskeltätigkeit so viel als möglich vermieden werden. (Siehe Tabellen auf nebenstehender Seite.)

Bei der Berechnung des tatsächlich stattgefundenen Stoffwechsels haben wir den Kot in erster Linie zu berücksichtigen. Wie oben bemerkt, stammt derselbe bei gewöhnlicher, nicht zu grober Kost zum größten Teil aus dem Körper selbst, zum Teil aber auch aus der genossenen Kost. Eine bestimmte Verteilung der im Kote ausgeschiedenen Verbindungen auf diese beiden Quellen läßt sich in einem gegebenen Falle nicht durchführen, und wir müssen daher den Kot entweder als Rückstand der Kost oder als Exkretionsprodukt vom Körper auffassen. Für die Berechnung des Stoffwechsels ist es einerlei, was wir tun, denn wenn wir annehmen, daß der Gesamtkot ein Produkt des Körpers darstellt, so ist die Kost restlos resorbiert worden; fassen wir dagegen den Kot als reinen Rückstand der Kost auf, so ist ihre Menge mit der Kotmenge zu vermindern. In allen beiden Fällen gelangen wir zu ganz demselben praktischen Resultat. Auf Grund dessen werde ich bei der Berechnung des Stoffwechsels hier und im folgenden den Kot als Rückstand der Kost betrachten, ohne darum die oben (S. 352) entwickelte Auffassung bezüglich der Herstammung des Kotes aufzugeben.

Im vorliegenden Versuch haben also von der genossenen Kost 89,0 g Eiweiß (mit 14,26 g N), 78,8 g Fett, 286,6 g Kohlehydrate mit insgesamt

[1]) Zeitschr. f. Biol. **16**, 367, 1880; **19**, 563, 1883. — [2]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of Exp. Stat., Bull. No. 109, 1902.

Einnahmen; Mittel pro Tag.

Nahrungsmittel	Gesamtmenge g	Wasser g	Eiweiß N × 6,25 g	Fett g	Kohlehydrate g	N g	C g	H in organischen Nahrungsstoffen g
Fleisch	160	105,6	44,5	6,7	—	7,10	28,40	4,22
Butter	70	7,4	0,8	59,9	—	0,13	43,79	7,14
Abgerahmte Milch . . .	450	405,9	17,1	0,5	22,5	2,75	19,58	2,75
Brot	310	129,3	24,5	8,7	143,5	3,94	84,72	12,74
„Maize breakfast food“ .	50	2,9	5,5	4,2	36,5	0,89	22,41	3,21
Zucker	64	—	—	—	64,0	—	26,94	4,15
Pfefferkuchen	30	1,4	2,0	2,5	23,3	0,31	13,16	2,02
Wasser	1500	1500,0	—	—	—	—	—	—
Summa	2634	2152,5	94,4	82,5	289,8	15,12	239,00	36,23

Ausgaben; Mittel pro Tag.

Ausscheidungswege	Gesamtmenge g	Wasser g	Eiweiß N × 6,25 g	Fett g	Kohlehydrate g	N g	C g	H in organischen Substanzen g
Kot	54,7	40,6	5,4	3,7	3,2	0,86	7,38	1,01
Harn	1449,5	1403,1	—	—	—	16,23	12,18	3,48
Respiration und Haut . .	—	962,8	—	—	—	—	207,28	—
Summa	—	2406,5	5,4	3,7	3,2	17,09	226,84	4,49
Bilanz		**− 254,0**	—	—	—	**− 1,97**	**+ 12,16**	**+ 31,74**

231,62 g C dem Körper zur Verfügung gestanden. Im Harn sind 16,23 g N ausgeschieden worden; der Umsatz von Eiweiß beträgt also 16,23 × 6,25 = 101,44 g, von welcher Menge 12,44 g = 1,97 g N dem Körper selber entstammen.

Die vom Körper abgegebene Kohlenstoffmenge rührt sowohl von Eiweiß, als von Fett und Kohlehydraten her. Wie der N-Gehalt in verschiedenen Eiweißkörpern innerhalb gewisser Grenzen variiert, so variiert auch der Gehalt an Kohlenstoff, und verschiedene Autoren haben daher etwas verschiedene Zahlen fur das Verhältnis N : C angenommen. Mit mehreren anderen Autoren werde ich hier als Verhaltniszahl die von Rubner[1]) angegebene 3,28 benutzen und erwähne nur, daß Pflüger[2]) eine etwas geringere Zahl, 3,20, als richtiger auffaßt.

Im zersetzten Eiweiß sind also 16,23 × 3,28 = 53,24 g C enthalten. Für die N-freien Nahrungsstoffe bleiben daher 219,46 — 53,24 = 166,22 g C. Es erubrigt, diese Kohlenstoffmenge auf Fette und Kohlehydrate zu verteilen.

Wenn der gleichzeitige Sauerstoffverbrauch auch bekannt wäre, würde keine Schwierigkeit vorliegen, dies durchzuführen. Bei der Verbrennung der Kohlehydrate genügt der in ihrem Molekül vorhandene Sauerstoff gerade zur Oxydation des Wasserstoffs, und der aufgenommene Sauerstoff wird also ausschließlich zur Oxydation des Kohlenstoffs verwandt. Das Volumenverhaltnis der gebildeten Kohlensäure zum verbrauchten Sauerstoff, der respiratorische Quotient CO_2/O_2, ist daher gleich 1. Da die Fette durchschnittlich 76,5 Proz. C, 12 Proz. H und 11,5 Proz. O enthalten, bedürfen sie auch zur Oxydation des Wasserstoffs einer Sauerstoffzufuhr, und der respiratorische Quotient sinkt auf 0,707 herab. Wenn der dem zersetzten Eiweißquantum entsprechende Sauerstoff vom gesamten verbrauchten Sauerstoff abgezogen[3]) und also die Sauerstoffmenge ermittelt wird, die auf die Oxydation der N-freien Nahrungsstoffe fällt, so läßt sich, wie leicht ersichtlich, aus der Größe des dann erhaltenen respiratorischen Quotienten der gegenseitige Anteil der Fette und der Kohlehydrate an der stattgefundenen Verbrennung berechnen.

Wenn aber, wie es bei länger dauernden Versuchen in der Regel der Fall ist, die Sauerstoffaufnahme nicht bestimmt worden ist, so kann man, unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der genossenen Kost und des entsprechenden Kotes, dennoch mit einer ziemlich befriedigenden Genauigkeit die betreffende Verteilung durchfuhren. Es zeigen nämlich viele Erfahrungen, welche im Kap. IV besprochen werden, daß die Kohlehydrate beim Stoffwechsel vor den Fetten verbrennen. Man bezieht also den aus N-freien Nahrungsstoffen entstammenden Kohlenstoff in erster Linie auf die resorbierten Kohlehydrate. Bleibt noch eine Kohlenstoffmenge übrig, so wird diese auf Fett bezogen. Im vorliegenden Versuche bestanden die resorbierten Kohlehydrate aus 176,8 g Stärke und 109,8 g Disacchariden, wenn wir annehmen,

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **21**, 324, 1885. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **51**, 234, 1892; **68**, 179, 1897. — [3]) Das Eiweiß (trockener Muskel) enthält 50,5 Proz. C, 7,6 Proz. H, 15,4 Proz. N und 20,97 Proz. O; davon werden 11,3 Proz. C, 2,8 Proz. H, 15,4 Proz. N und 11,44 Proz. O im Harn und Kot abgegeben; es bleiben also für die Abgabe durch die Atmung 39,2 Proz. C, 4,8 Proz. H und 9,53 Proz. O. Der respiratorische Quotient ist also hier 0,78.

daß die nicht resorbierten nur Stärke darstellten. Sie enthielten also 78,50 + 46,23 = 124,73 g C und es blieben dann nur noch 41,49 g C übrig, welche aus zersetztem Fett entstammen müssen.

Während dieses Versuches hat der Körper also 101,44 g Eiweiß, 54,35 g Fett und 286,6 g Kohlehydrate zersetzt.

Die Nettozufuhr von Kohlenstoff betrug 231,62 g. Davon sind im Harn und in der Respiration 219,46 g ausgeschieden und also 12,16 g im Körper zurückgeblieben.

Nebst 6,45 g C, welche der vom Körper selbst verlorenen N-Menge (1,97 g) entsprechen, ist dieser Kohlenstoff als N-freie Verbindung in dem Körper angesetzt worden. Als Fett berechnet beträgt dies 24,38 g.

Wir können also noch sagen, daß der Körper 12,44 g Eiweiß eingebüßt, dagegen aber 24,38 g Fett angesetzt hat. Die Kost war daher nahezu aber nicht vollständig genügend.

Zweites Kapitel.

Die Verbrennung im Körper.

§ 1. Die Verbrennungswerte der organischen Nahrungsstoffe.

In einer Mitteilung vom Jahre 1789 faßte Lavoisier die von ihm und seinen Mitarbeitern Laplace und Séguin gewonnenen Ergebnisse, betreffend die Respiration und Wärmebildung des Körpers, folgendermaßen zusammen. Die Atmung ist nichts anderes als eine langsame Verbrennung von Kohlenstoff und Wasserstoff, welche in jeder Beziehung mit derjenigen einer brennenden Lampe übereinstimmt. Die Tiere sind also wahrhafte brennbare Körper, welche brennen und sich verzehren. Die eigene Substanz der Tiere, das Blut liefert den brennbaren Stoff: wenn das Tier nicht durch die Nahrung diese Verluste wieder ersetzte, so würde der Lampe binnen kurzem das Öl mangeln, und es würde zugrunde gehen, ganz wie eine Lampe erlischt, wenn das Öl zu Ende ist [1]).

Durch diese Beobachtungen und Versuche war es ein für allemal festgestellt, daß eine Verbrennung die Quelle der tierischen Wärme darstellt.

Bei seinen Berechnungen der im Tierkörper gebildeten Wärme ging Lavoisier von der Annahme aus, daß die Verbrennungswärme einer organischen Verbindung gleich der aus der Verbrennungswärme ihrer Elemente berechneten sei. Die Unrichtigkeit dieser Voraussetzung wurde an der Hand zahlreicher Versuche von Favre und Silbermann nachgewiesen [2]), und es war daher für die weitere Entwickelung unserer Kenntnisse über die tierische Wärme unabweisbar, die Verbrennungswärme der verschiedenen Körpersubstanzen und organischen Nahrungsstoffe festzustellen.

Nachdem Frankland [3]) die ersten hierher gehörigen Bestimmungen ausgeführt hatte, stellte sich Stohmann [4]) seit 1877 die Aufgabe, die Wärmewerte der wichtigsten Nahrungsstoffe und Körperbestandteile exakt zu

[1]) Mémoires de l'Académie des sciences 1789, p. 185; Oeuvres de Lavoisier **2**, 691; vgl. auch Lavoisiers frühere Arbeiten, Oeuvres **2**, 174—183, 318—333, 676—703. — [2]) Annales de chim. et de phys., 3. série, **34**, 427, 1852. — [3]) Phil. Mag. **32**, 182, 1866. — [4]) Landwirtschaftliche Jahrbücher **13**, 513, 1884.

ermitteln und veröffentlichte darüber mehrere lange Versuchsreihen. Kurz danach widmeten sich Rubner[1]) und Berthelot[2]) derselben Aufgabe. Durch die von dem letzteren außerordentlich verfeinerten Technik der kalorimetrischen Bestimmungen veranlaßt, unterwarf Stohmann im Verein mit Langbein[3]) seine früheren Resultate einer eingehenden Revision und teilte wieder eine große Anzahl derartiger Bestimmungen mit.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammensetzung der wichtigsten von diesen Autoren mitgeteilten Wärmewerte. (S. Tab. auf nebenstehender Seite.)

Nach allgemeinen naturwissenschaftlichen Grundsätzen ist von vornherein anzunehmen, daß die Nahrungsstoffe bei dem im Körper stattfindenden Umsatz dieselbe Menge aktueller Energie entwickeln müssen, als dies bei den entsprechenden Vorgängen außerhalb des Körpers der Fall ist.

Um den Energiewechsel im Körper berechnen zu können, müssen wir daher in erster Linie feststellen, welche chemische Verwandlungen die Nahrungsstoffe beim Stoffwechsel erleiden.

So viel uns jetzt bekannt, findet die Verbrennung im Körper nie in der Weise statt, daß die oxydablen Substanzen mit einem Male in ihre Endprodukte zersetzt werden. Im Gegenteil durchläuft sie mehrere verschiedene Stufen, bis die Endstufe erreicht wird, und bei einer zu kurzen Beobachtungsdauer könnte es möglicherweise zutreffen, daß etwa vorhandene intermediäre Produkte das Resultat trüben könnten. So viel es das Fett und die Kohlehydrate betrifft, kommt dieser Umstand bei genügend langer Beobachtungsdauer indes gar nicht in Betracht, wie daraus hervorgeht, daß intermediäre Produkte des Fett- oder Kohlehydratstoffwechsels, wenn überhaupt nachweisbar, immer nur in sehr geringen Mengen im Körper vorkommen. Im großen und ganzen zerfallen also die einmal angegriffenen Fett- und Kohlehydratmoleküle vollständig in ihre Endprodukte: Kohlensäure und Wasser, und dabei ist es für die Berechnung des kalorischen Wertes von gar keinem Belang, ob die Verbrennung mit einem Male oder stufenweise erfolgt.

Bezüglich der N-haltigen Nahrungsstoffe stellt sich die Sache wesentlich anders dar, denn ihre N-haltigen Ausscheidungsprodukte (Harnstoff, Harnsäure usw.) reprasentieren jedenfalls noch einen beträchtlichen Wärmewert, welcher dem Körper von gar keinem Nutzen ist. Vom kalorimetrisch bestimmten Wärmewert dieser Substanzen müssen wir also die Verbrennungswärme der Ausscheidungsprodukte abziehen, um den physiologisch nutzbaren Wärmewert derselben zu erhalten.

Unter den N-haltigen Abfallsprodukten der Eiweißkörper ist bei den Säugetieren der Harnstoff unbedingt das wichtigste. Dessen Wärmewert beträgt durchschnittlich 2,528 Kal. Da nun 100 g Rindfleisch nach Stohmann 16,4 g N enthalten, und 16,4 g N 35,1 g Harnstoff entsprechen, so würden 100 g Rindfleisch mit 572,1 Kal. im Körper eine Wärmemenge von $572{,}1 - 35{,}1 \times 2{,}528 = 483{,}4$, d. h. pro 1 g 4,834 Kal. entwickeln.

Diese Berechnung ist indessen nicht ganz richtig, denn die Eiweißkörper geben bei ihrer Verbrennung noch andere N-haltige Abfallsprodukte als Harnstoff ab, und es kann ja der Fall sein, daß sich unter diesen Verbindungen mit größerer oder kleinerer Verbrennungswärme als der des Harnstoffs vorfinden könnten.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **21**, 337, 1885. — [2]) Vgl. Berthelot, Chaleur animale. Principes chimiques de la production de la chaleur chez les êtres vivants. Paris 1899, T. 2. — [3]) Journ. f. prakt. Chemie, N. F. **42**, 361, 1890; **44**, 336, 1891; **45**, 305, 1892.

Die Verbrennungswerte der wichtigsten organischen Nahrungsstoffe bei konstantem Druck pro 1 g aschefreier Substanz [1]).

Substanz	Stohmann	Berthelot	Rubner	Stohmann Proz. N	Anmerkungen
Äthylalkohol . . .	—	7,026	—	—	
Glycerin	4,316	—	—	—	
Arabinose	3,720	3,714	—	—	
Xylose	3,746	3,738	—	—	
Glukose	3,743	3,762	—	—	
Lävulose	3,755	—	—	—	
Galaktose	3,722	—	—	—	
Rohrzucker . . .	3,955	3,962	4,001	—	
Milchzucker, krist.	3,737	3,777	—	—	
Maltose, krist. . .	3,722	—	—	—	
Dextrin	—	4,119	—	—	
Stärke	4,183	4,228	—	—	
Glykogen	—	4,190	—	—	
Zellulose	4,185*	4,200**	—	—	* Schwedisches Filtrierpapier. Baumwolle. ** Baumwolle
Palmitinsäure . .	—	9,265—9,369	—	—	
Stearinsäure . . .	—	9,429—9,549	9,745	—	
Ölsäure	—	9,511	9,334	—	
Tierisches Fett . .	9,500	—	9,423	—	
Butter	9,231	—	—	—	
Vegetabilisches Öl	—	9,520	—	—	
Asparagin	3,511	3,397	—	21,3	
Harnstoff	2,537	2,525	2,523	46,7	
Harnsäure	2,741	2,747	—	33,3	
Eiereiweiß	5,735	5,687	—	15,2	
Fibrin	5,637	5,529	—	16,7	
Rindfleisch	5,721 [2])	5,728 [3])	5,778 [4])	16,4	
Kalbfleisch	5,663	—	—	16,4	Vollständig entfettet
Rindfleisch	5,641	—	5,656	16,4	
Syntonin	5,908	—	—	15,8	Digestion von frischem Fleisch mit HCl
Serumalbumin . .	5,918	—	—	15,2	
Hämoglobin (Pferd)	5,885	5,910	5,949	16,5	
Kaseïn	5,858	5,626	—	15,6	
Osseïn	5,040	5,410	—	16,3	Entfettet
Chondrin	5,131	5,342	—	15,4	Entfettet
Vitellin	5,745	5,781	—	16,0	
Eidotter	5,841	—	—	15,3	
Pflanzenfibrin . .	5,942	5,832	—	15,4	
Pepton	5,942	—	—	15,4	Durch Pepsin aus Fibrin dargestellt

[1]) Es wird angenommen, daß die gebildete CO_2 gasförmig ist. Die Lösungswärme der Kohlensäure in Wasser beträgt nach Berthelot 0,127 Kal. — [2]) Durch Kochen mit Wasser von Extraktivstoffen befreit, entfettet. — [3]) Mit Alkohol und Äther gewaschen, getrocknet, gepulvert. — [4]) Mit Wasser ausgezogen, entfettet.

Nur direkte Versuche können diese Frage entscheiden. Solche wurden in erster Linie von Rubner ausgeführt [1]).

Dabei ging er von der Annahme aus, daß (beim Hunde) bei reiner Fleischdiät alle brennbaren Substanzen im Harn nur Abkömmlinge des gleichzeitig zersetzten Eiweißes darstellen, sowie daß im Laufe von 24 Stunden alle diese Zersetzungsprodukte vom Körper abgegeben werden.

In einer ersten Versuchsreihe untersuchte er als Repräsentant der Eiweißkörper Rindfleisch, welches mit Wasser von 35° C angerührt und koliert, sodann mit warmem Wasser (von 60°) mehrere Male ausgezogen und nachher noch mit Alkohol und Äther entfettet worden war. Dieses Präparat enthielt 16,59 Proz. N; seine Verbrennungswärme betrug 5,778 Kal. pro 1 g aschefreier und 5,754 pro 1 g aschehaltiger Substanz.

Mit diesem Eiweißmaterial in frischem Zustande wurde ein Hund acht Tage lang gefüttert und der Harn der zwei letzten Versuchstage zur Bestimmung des Wärmewertes benutzt. Auf 1 g N berechnet betrug derselbe 6,69 Kal., während 1 g N im Harnstoff nur 5,4 Kal. entspricht. Daraus folgt, daß die Verbrennungswärme der im Körper entstandenen Zersetzungsprodukte des Eiweißes größer ist, als wenn sie ausschließlich aus Harnstoff bestehen würden.

Nach Rubner müssen ferner auch die im Fleischkote abgegebenen Verbindungen bei der Feststellung der physiologischen Verbrennungswärme des Fleisches in Abzug gebracht werden. Zu diesem Zwecke machte er Bestimmungen an einem anderen Hunde, bei welchem er im Durchschnitt pro Tag pro 100 g trockenen Eiweißes im Kote 3,24 g mit 0,23 g N wiederfand. Die Verbrennungswärme desselben betrug pro 1 g aschehaltiger Substanz 5,722 Kal.

Unter Voraussetzung des N-Gleichgewichtes treten von den in 100 g Eiweiß enthaltenen 16,59 g N im Harn 16,36 g N aus. Wir erhalten demnach die physiologische Verbrennungswärme des Eiweißes nach folgender Rechnung:

100 g trockenes aschehaltiges Eiweiß		575,4 Kal.
Davon abzuziehen:		
Für den Harn 16,36 × 6,69	109,5	128,0 „
Für den Kot 3,24 × 5,72	18,5	
Rest		447,4 Kal.

Rubner reduziert diese Zahl noch mehr, indem er pro 100 g Substanz für die Quellungswärme des Eiweißes 2,9 Kal. und für die Lösungswärme der im Harn abgegebenen Produkte [2]) 2,2 Kal. in Abzug bringt. Nach diesen Korrektionen findet er also den physiologischen Nutzeffekt von 100 g des von ihm benutzten, aschenhaltigen Präparates gleich 442,4 Kal., d. h. für 1 g 4,424 Kal.

In derselben Weise bestimmte Rubner die physiologische Verbrennungswärme des fettfreien Fleisches und erzielte dabei folgende Resultate:

100 g trockenes, fettfreies, aschehaltiges Fleisch mit 15,4 g N		534,5 Kal.
Davon abzuziehen:		
Für den Harn 15,16 g N × 7,45 Kal.	112,9	134,4 „
Für den Kot 3,46 g N × 4,824 Kal.	16,8	
Für die Quellung des Eiweißes	2,7	
Für die Lösung des Harns	2,0	
Rest		400,1 Kal.

[1]) Zeitschr. f. Biol. 21, 296, 1885. — [2]) Ebenda 20, 414, 1884.

Als einen dritten Fall untersuchte Rubner die beim Hunger zerfallende eiweißartige Körpersubstanz, welche nach seinen Beobachtungen und Berechnungen an und für sich dieselbe Verbrennungswarme als das Muskelfleisch — 5,345 Kal. — hätte, und bekommt dann für ihre physiologische Verbrennungswärme folgendes:

100 g Trockensubstanz mit 15,4 g N			534,5 Kal.
Davon abzuziehen:			
Für den Harn 15,16 g N × 8,495 Kal.	128,8	150,3	„
Für den Kot 3,46 g N × 4,824 Kal.	16,8		
Für die Quellung des Eiweißes	2,7		
Für die Lösung des Harns	2,0		
	Rest		384,2 Kal.

Aus diesen Zahlen berechnet sich für 1 g Stickstoff in den verschiedenen Substanzen:

1 g N im Eiweiß	26,66 Kal.
1 g N im Muskelfleisch	25,98 „
1 g N in der beim Hunger zerfallenden Körpersubstanz	24,94 „

Gegen die Rubnersche Berechnungsweise bemerkte Pflüger[1]), daß die unter Umständen sehr große Fettmenge im Fleischkot nicht aus dem Fleisch abgeleitet werden darf, und daß also der kalorische Verlust durch den Kot von Rubner zu hoch aufgenommen worden ist; daß die Korrektionen wegen der Quellung des Eiweißes und Lösung der Harnbestandteile ganz unsicher sind und daher fortgelassen werden sollten; daß die Nahrungszufuhr bei den betreffenden Versuchen nicht ausreichte, um das Tier im stofflichen Gleichgewicht zu erhalten und daß also der Harn keinen reinen Eiweißharn darstellte; daß die Menge und die chemische Zusammensetzung des Fleischkotes nicht als konstant zu betrachten sei, indem große Variationen sowohl bei verschiedenen Individuen, als auch bei demselben Individuum unter verschiedenen Umständen stattfinden können. Unter Anwendung der Rubnerschen Zahlen für die Verbrennungswärme des Fleischharns und einer auf verschiedene, ziemlich willkürliche Annahmen gegründeten Berechnung der Verbrennungswärme des Fleischkotes, stellt Pflüger folgende Rechnung über den physiologischen Verbrennungswert des Fleisches auf:

100 g trockenes, aschehaltiges Fleisch mit 15,44 g N			534,5 Kal.
Davon abzuziehen:			
Für den Harn 14,58 g N × 7,45 Kal.	108,6	132,9	„
Für den Kot 0,86 g N × 28,2 Kal.	24,3		
	Rest		401,4 Kal.

Die Differenz der Rubnerschen Zahl gegenüber beträgt nur 1,3 Kal., d. h. etwa 0,3 Proz., und ist also ganz irrelevant. Indes fügt Pflüger noch hinzu, daß dieser Wert nur für arbeitende Tiere gilt; bei ruhenden Hunden ist die Kotbildung geringer und daher auch der durch den Kot bewirkte Verlust an Spannkraft kleiner. Als Nutzeffekt des Stickstoffs bei solchen Tieren erhält Pflüger demnach 26,76 Kal., während Rubner 25,98 Kal. angibt. Die Differenz ist hier 3 Proz.

Später machte Pflüger die Rechnung folgendermaßen:

100 g trockenes, aschehaltiges Fleisch mit 15,49 g N			534,1 Kal.
Davon abzuziehen:			
Für den Harn 15,25 g N × 7,45 Kal.	113,6	120,4	„
Für den Kot 0,24 g N × 28,2 Kal.	6,8		
	Rest		413,7 Kal.

D. h. pro 1 g N im Futter 26,71 Kal.

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **52**, 14, 1892; **78**, 542, 1900.

Nr.	Art des fettfreien Eiweißes	N-Gehalt der aschehaltigen Trockensubstanz Proz.	Nutzwert Pro 1 g N Kal.	Nutzwert Pro 1 g aschehaltige Substanz Kal.	Nutzwert Pro 1 g aschefreie Substanz Kal.	Verbrennungswärme des gefütterten aschehaltigen Eiweißes Kal.	Autor
1	Extraktfreies Fleisch	16,59	26,97	4,474	4,493	5,754	Rubner[1])
2	Extrakthaltiges Fleisch	15,40	26,28	4,048	4,283	5,345	Rubner[1])
3	Beim Hunger zerfallendes Eiweiß	15,40	25,25	3,889	—	5,345	Rubner[1])
4	Extrakthaltiges Fleisch	—	—	4,038	—	5,327	„
5	Extrakthaltiges Fleisch	—	—	4,171	—	5,532	„
6	Fleisch und Fleischmehl	—	25,62	—	—	—	Frentzel u. Schreuer
7	Extrakthaltiges Fleisch	15,41	26,06	4,016	4,227	5,092	„
8	Extrakthaltiges Fleisch	16,29	24,86	4,049	4,258	5,300	„

Gegen diese Kritik macht Rubner[2]) seinerseits geltend, daß das „Kotfett" bei Fleischfütterung kein wirkliches Fett darstellt, denn seine Verbrennungswärme beträgt nur 8,470 Kal., während die des wirklichen tierischen Fettes etwa 9,4 Kal. ist[3]); daß diese Substanz nicht ein Rückstand des Futters sein kann, sowie daß sie jedenfalls infolge der Fleischaufnahme vom Darme des Tieres abgegeben worden ist und also einen durch die Fütterung bewirkten Verlust darstellt. Da wir aber wissen, daß auch bei völlig fett- und eiweißfreier Kost immer etwas Fett im Kote abgegeben wird, haben wir meines Erachtens keine Gründe, diese Substanz bei der Berechnung der physiologischen Verbrennungswärme des Eiweißes als einen diesem entstammenden Verlust in Abzug zu bringen, insbesondere wenn es gilt, eine Zahl zu finden, welche auch bei Zugabe anderer Nahrungsstoffe zum Futter benutzt werden kann.

In der letzten Zeit sind wieder neue Versuche über die physiologische Verbrennungswärme des Fleisches von Rubner, Frentzel und Schreuer, sowie von Frentzel und Toriyama mitgeteilt worden.

In zwei Versuchen findet Rubner[4]) für 1 g trockenes, aschehaltiges, fettfreies Fleisch, mit einer Verbrennungswärme von bzw. 5,327 und 5,532 Kal., den physiologischen Nutzeffekt gleich 4,038 bzw. 4,171 Kal. Hier wurden für Quellung und Harnlösung keine Korrektionen gemacht. Mit diesen werden die Zahlen bzw. 3,991 bzw. 4,124, im Mittel 4,058 Kal., zeigen also eine vollständige Übereinstimmung mit den früheren Bestimmungen Rubners.

---

[1]) Ohne Korrektion für Quellung und Harnlösung. — [2]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung, S. 22, 1902. — [3]) Nach Frentzel und Schreuer (Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1903, S. 470) beträgt der Brennwert des Ätherextraktes des Fleischkotes etwa 9,550 Kal. pro 1 g. Aber auch diese Autoren geben zu, daß das Ätherextrakt des Fleischkotes kein Fett ist. — [4]) Rubner, Die Gesetze usw., S. 31, 1902.

Frentzel und Schreuer[1]) fanden, auch ohne Korrektionen für Quellung usw., bei Fütterung mit einer Mischung von Fleisch und Fleischmehl für die physiologische Verbrennungswärme pro 1 g N in der fettfreien, aschehaltigen Substanz 25,62 Kal. Hierbei wurde das Ätherextrakt des Kotes nicht als Abfallprodukt des Eiweißes aufgefaßt.

In einer folgenden Reihe mit reinem Fleisch erhielten dieselben Autoren als Nutzwert pro 1 g N in der aschehaltigen, fettfreien Trockensubstanz des Fleisches 26,06, bzw. 24,86 Kal.[2]).

Die vorliegenden Angaben über den physiologischen Verbrennungswert des Fleisches haben also ergeben: (siehe Tabelle auf nebenstehender Seite).

Im Durchschnitt beträgt der Nutzwert des extrakthaltigen Fleisches (Nr. 2, 4, 5, 7, 8) pro 1 g aschehaltiger Substanz 4,067 Kal., 4,474 Kal. dem extraktfreien Fleisch gegenüber.

Diese Differenz ist selbstverständlich von dem geringeren Wärmewert der Extraktivstoffe bedingt; wenn der Gehalt an diesen bekannt ist, so kann man, wie z. B. in folgendem Fall von Frentzel und Schreuer[3]), den Verbrennungswert des extraktfreien Fleisches (Eiweißes) mit großer Genauigkeit herleiten.

23,15 g fettfreies Trockenfleisch enthielten 4,08 g Extrakt. Die Verbrennungswärme des letzteren betrug 4,08 × 3,154 = 12,9 Kal. Da die Verbrennungswärme des fettfreien Trockenfleisches 5,300 Kal. betrug, war der Gesamtwärmewert in 23,15 g = 122,7 Kal. Der extraktfreie Rückstand machte 23,15 — 4,08 = 19,07 g Eiweiß, darauf kommen 122,7 — 12,9 = 109,8 Kal., d. h. pro 1 g = 5,758 Kal., was mit der Zahl von Rubner, 5,754, vollständig übereinstimmt.

Durch die Feststellung der Nutzwerte der organischen Nahrungsstoffe eröffnete sich die Möglichkeit zu prüfen, ob diese, wie aus allgemeinen Gründen anzunehmen war, bei ihrer Verbrennung im Körper tatsächlich die berechnete Wärmemenge entwickeln oder nicht. Man hatte nämlich dann zu erwarten, daß sich die verschiedenen Nahrungsstoffe beim Stoffwechsel in Gewichtsmengen vertreten würden, welche gleichgroße Wärmemengen repräsentierten. Auf Voits Anregung nahm es Rubner[4]) sich vor, diese Voraussetzung experimentell zu prüfen, und es gelang ihm in einer sehr eleganten Weise, die Richtigkeit derselben nachzuweisen. Aus Rubners Versuchen und Berechnungen ging nämlich hervor, daß 100 g Fett entsprechen

	Direkt am Tier bestimmt	Kalorimetrisch bestimmt
Eiweiß	211	201
Stärke	232	221
Rohrzucker	234	231
Traubenzucker, wasserfrei	256	243

Wie diese Versuche in ihren Einzelheiten durchgeführt wurden, braucht um so weniger hier dargestellt werden, als seitdem direkte kalorimetrische Bestimmungen die betreffende Auffassung außer allen Zweifel gestellt haben. Ich be-

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901, S. 284. — [2]) Ebenda 1902, S. 282. — [3]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1902, S. 307. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **19**, 312, 1883; vgl. auch Hoesslin, Münchener med. Wochenschr. 1901, S. 2141; 1902, S. 795, sowie Rubner, ebenda 1902, S. 232 und Voit, ebenda 1902, S. 233.

Nr.	Tier	Futter pro Tag g	Versuchsdauer Tage	Summe der berechneten Wärme Kal.	Summe der direkt bestimmten Wärme Kal.	Differenz Kal.	Differenz Proz.
1	Hund I	Hunger	5	1296,3	1305,2	+ 8,7	+ 0,69
2	Hund II	Hunger	2	1091,2	1056,6	− 34,6	− 3,15
3	Hund I	390 Fleisch	1	329,9	333,9	+ 4,0	+ 1,20
4	Hund I	40 Speck	5	1510,1	1495,3	− 14,8	− 0,97
5	Hund I	80 Fleisch, 30 Speck	12	3985,4	3958,4	− 27,0	− 0,68
6	Hund I	80 Fleisch, 30 Speck	8	2492,4	2488,0	− 4,4	− 0,17
7	Hund I	350 Fleisch	6	2249,8	2276,9	+ 27,1	+ 1,20
8	Hund II	580 Fleisch	7	4780,8	4769,3	− 11,5	− 0,24
		Summa	46	17735,9	17683,6	− 52,3	− 0,30

merke nur, daß zu der Zeit, als diese Versuche ausgeführt wurden, die Kenntnis von den wirklichen Verbrennungswerten der hier in Betracht kommenden Verbindungen noch lange nicht so entwickelt war, wie sie jetzt ist, und daß daher die von Rubner bei der Berechnung seiner Resultate benutzten Konstanten etwas von den heutigen abweichen, sowie daß er betreffend die elementare Zusammensetzung des Eiweißes einen zu hohen Kohlenstoffgehalt angenommen hatte, was seinerseits auf die Berechnung der verbrannten Fettmenge einwirkt. Die oben angeführten Zahlen sind daher nicht mehr als völlig exakt zu bezeichnen.

Die ersten Versuche, bei welchen die aus dem Stoffwechsel berechnete Wärmebildung mit der direkt kalorimetrisch bestimmten Wärmeabgabe verglichen wurde, wurden von Rubner[1]) ausgeführt. Bei denselben wurde die Gesamtabgabe von Stickstoff, Kohlenstoff und Wasser bestimmt. Die Resultate dieser Versuche sind in nebenstehende Tabelle eingetragen.

Bei der Berechnung des Stoffwechsels wurde angenommen, daß aller Kohlenstoff aus N-freien Substanzen aus zersetztem Fett stammt. Bei den Fütterungsversuchen, wo das Tier keine Kohlehydrate bekam, ist diese Annahme als vollständig berechtigt aufzufassen. Bei den Hungerversuchen ist die Teilnahme des Korperglykogens an der Verbrennung aber nicht ausgeschlossen, und da 1 g C aus Glykogen einen geringeren Wärmewert als 1 g C aus Fett hat, wird sich die berechnete Wärmeproduktion etwas größer darstellen als die tatsächliche. Im Versuch I ist diese Einwirkung des Glykogens nicht merkbar gewesen. Dagegen dürfte die erhebliche Differenz zwischen der berechneten und der gefundenen Wärme im Versuch II gerade durch das Glykogen bedingt sein. Um eine vollständige Übereinstimmung zu bekommen, braucht man nur anzunehmen, daß vom Gesamtkohlenstoff etwa 19 Proz. dem Glykogen entstammten.

[1]) Zeitschr. f. Biol. 30, 73, 1894; Vorl. Mitteil. Berl. klin. Wochenschr. 1891.

Aus allen Versuchen, welche insgesamt 46 Tage umfassen, geht hervor, daß die aus dem Stoffwechsel berechnete Wärmemenge 17 735,9 und die direkt bestimmte 17 683,6 Kal. betrug. Die absolute Differenz ist nur 52,3 Kal., d. h. 0,30 Proz. Diese Versuche ergeben also, daß die organischen Nahrungsstoffe, unter Berücksichtigung der Abfallprodukte des Eiweißes, bei der im Körper stattfindenden Verbrennung die gleiche Wärmemenge entwickeln, als sie bei der Verbrennung außerhalb des Körpers produzieren.

Ebenso deutlich geht diese Tatsache aus den zahlreichen Versuchen hervor, welche Atwater im Verein mit Rosa, Woods, Benedict, Smith, Bryant und Snell ausgeführt hat. Da sich diese Versuche auf den Menschen beziehen und zum Teil in einer nur wenig verbreiteten Publikation veröffentlicht sind, finde ich es angezeigt, dieselben hier etwas näher zu besprechen [1]).

Der zu diesen Versuchen benutzte Apparat, dessen Bau schon im Jahre 1892 angefangen wurde [2]), besteht aus einer als Kalorimeter eingerichteten Respirationskammer von 2,15 m Länge, 1,22 m Breite und 1,92 m Höhe und hat also einen Cubikinhalt von 4,99 cbm. In derselben kann sich ein erwachsener Mensch tagelang ohne weitere Unannehmlichkeiten aufhalten und darin auch mechanische Arbeit verrichten. Zu diesem Zwecke ist in der Kammer ein stationäres Fahrrad aufgestellt, welches von der Versuchsperson bewegt wird und seinerseits einen Dynamo antreibt. Der hierdurch erzeugte elektrische Strom wird mittels einer elektrischen Lampe in Wärme verwandelt. Die Gesamtarbeit wird also als Wärme gemessen.

Es ist nicht möglich, die von Atwater benutzten Vorrichtungen hier zu beschreiben, ich beschränke mich daher nur darauf, die Resultate der Kontrollversuche mitzuteilen. Diese wurden teils unter Anwendung eines elektrischen Stromes, dessen Energie in Warme transformiert wurde, teils durch Verbrennen von Alkohol im Apparat ausgeführt. Die letzteren sind natürlich die wichtigsten, weil der Apparat bei diesen ganz in derselben Weise als bei den wirklichen Versuchen funktionierte. Die 27 zu verschiedenen Zeiten ausgeführten derartigen Versuche ergeben als Differenz zwischen der berechneten und der gefundenen Wärmemenge $\pm$ 0,74 Proz.; mit Ausschluß von drei Versuchen, wo offenbar irgendwelcher Fehler vorlag, beträgt die Differenz nur $\pm$ 0,51 Proz. (vgl. auch oben, S. 339).

Die bei den Versuchen benutzte Kost wurde, ebenso wie der Harn und der Kot, an N, C, Ätherextrakt, Asche, Trockensubstanz und Wasser analysiert, sowie außerdem noch die Verbrennungswärme der Kost, des Harnes und des Kotes direkt bestimmt. Bei diesen Versuchen genoß die Versuchsperson diese Kost schon etwa vier Tage vor dem Versuche, damit sie sich an dieselbe gewöhne und sich, wenn möglich, vor dem eigentlichen Versuche in N-Gleichgewicht stelle. Als Wärmeeinheit wird diejenige Wärmemenge benutzt, welche bei 20° C die Temperatur eines Kilogramm Wasser um 1° erhöht.

Bei der Berechnung der Versuche wird angenommen, 1. daß in erster Linie die aus der Kost stammenden resorbierten Nahrungsstoffe im Körper verbrennen; 2. daß der Kot einen Rückstand der Kost darstellt; 3. daß eine Differenz zwischen Einnahmen und Ausgaben an N als Eiweiß aufzufassen

---

[1]) U. S. Depart. of Agriculture, Off. of exp. stat., Bull. No. 44, 1897; No. 63, 1899; No. 69, 1899; No. 109, 1902; No. 136, 1903. Alle diese werden im folgenden als „Bull. No." zitiert. Bull. No. 136 ist neuerdings in den Ergebnissen der Physiologie 3, 1 (Wiesbaden 1904) in deutscher Übersetzung mitgeteilt worden. Memoirs of the national academy of sciences, Washington 1902, 8, sixth Memoir. — [2]) Vgl. Atwater u. Rosa, Storrs Agricultural Exp. Stat., tenth ann. report 1897, Middletown, Conn., 1898, p. 212.

Mitt

Nr.	Versuchsperson	Dauer Tage	Kost			
			Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrat g	Alkohol g
						Ruh
5	E. O.	4	119,1	94,7	275,5	—
7	„	4	104,4	68,2	190,4	72,5
8	„	4	129,4	95,7	307,8	—
9	„	4	119,6	69,0	341,8	—
10	„	4	123,5	31,6	297,4	72,5
13	„	3	117,1	87,8	270,2	—
14	„	4	94,4	82,5	289,8	—
15	„	2				
16	„	2	108,9	39,9	276,9	72,5
17	„	2				
22	„	3	123,2	68,8	276,1	72,0
23	„	3	123,6	68,8	278,6	—
24	„	3	123,6	68,8	408,6	—
18	A. W. S.	2				
19	„	2	96,9	72,4	250,1	72,5
20	„	2				
21	„	3	96,9	72,4	250,1	—
25	J. F. S.	3	110,8	104,4	312,2	—
26	„	3	99,6	94,8	247,2	—
27	„	3	98,6	40,3	247,2	72,0
28	„	3	98,6	40,3	375,2	—
35	J. C. W.	4	97,7	85,6	278,0	—
Mittel dieser **22** Versuche mit **67** Tagen						
36	J. C. W.	1	0	0	0	0
39	„	1	0	0	0	0
42	„	1	0	0	0	0
51	„	2	0	0	0	0
						Arbeit
5	E. O.	4	119,1	152,9	377,8	—
11	„	4	124,1	129,1	484,6	—
12	„	4	120,6	158,5	296.1	72,4
29	J. F. S.	3	100,1	106,0	470,7	—
30	„	3	99,2	104,2	340,9	72,0
31	„	3	100,9	160,8	342,7	—
32	„	3	100,5	151,6	353,9	—
33	„	3	99,7	99,3	355,0	72,0
34	„	3	99,7	99,3	477,9	—

ro Tag.

Kost Kal.	Kot Kal.	Harn Kal.	Im angesetzten (+) oder abgegebenen (−) Eiweiß Kal.	Im angesetzten (+) oder abgegebenen (−) Fett Kal.	Wärmeproduktion berechnet Kal.	gefunden Kal.	Differenz Proz.
rsuche:							
2655	143	128	— 24	— 74	2482	2379	— 4,2
2441	76	134	— 60	— 138	2437	2394	— 1,7
2897	117	153	0	+ 266	2356	2286	— 3,0
2717	142	149	— 20	+ 174	2272	2309	+ 1,6
2709	127	147	— 38	+ 200	2265	2283	+ 0,8
2596	125	173	— 66	+ 258	2106	2151	+ 2,1
2513	82	142	— 69	+ 234	2124	2193	+ 3,2
2642	88	128	+ 31	+ 37	2358	2362	+ 0,2
2638	88	126	+ 39	+ 50	2335	2332	— 0,1
2643	88	128	+ 34	+ 105	2288	2276	— 0,5
3029	114	138	+ 7	+ 602	2168	2259	+ 4,2
2546	114	141	— 9	+ 87	2213	2176	— 1,7
3061	116	136	+ 9	+ 573	2227	2272	+ 2,0
2762	100	123	— 67	+ 244	2362	2488	+ 5,3
2765	101	108	+ 1	+ 341	2214	2279	+ 2,9
2763	101	106	+ 12	+ 209	2335	2303	— 1,4
2264	101	126	— 31	— 240	2308	2279	— 1,3
2896	111	147	+ 11	+ 386	2241	2224	+ 0,1
2490	106	128	— 19	+ 232	2043	2085	+ 2,0
2485	97	124	— 34	+ 173	2125	2123	— 0,1
2489	112	128	— 26	+ 209	2066	2079	+ 0,6
2519	110	135	— 36	— 47	2357	2397	+ 1,7
2659	**107**	**134**	**— 16**	**+ 176**	**2258**	**2270**	**+ 0,6**
0	0	95	— 406	— 2062	2373	2253	— 5,1
0	0	131	— 565	— 1708	2142	2027	— 5,4
0	0	108	— 498	— 1663	2053	1946	— 5,2
0	0	97	— 414	— 2033	2350	2362	+ 0,5
0	0	94	— 433	— 1995	2334	2348	+ 0,6
ersuche:							
3678	139	125	+ 39	— 464	3839	3726	— 2,9
3862	219	133	— 17	— 382	3909	3931	+ 0,6
3891	136	130	— 5	— 309	3928	3927	0
3487	93	134	— 28	— 229	3517	3589	+ 2,1
3453	71	140	— 74	— 164	3480	3470	— 0,3
3495	91	129	— 13	— 153	3441	3420	— 0,6
3487	142	119	— 28	— 336	3590	3565	— 0,7
3481	125	129	— 87	— 371	3685	3632	— 1,4
3493	126	126	— 65	— 338	3644	3587	— 1,6

Mit

Nr.	Versuchsperson	Dauer Tage	Kost			
			Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrat g	Alkoho g
37	J. C. W.	4	100,4	69,1	601,0	—
38	„	4	102,6	202,8	295,7	—
40	„	4	101,7	66,5	797,7	—
41	„	4	102,6	285,1	318,4	—
43	„	4	104,0	291,8	383,3	—
44	„	4	104,4	66,9	902,1	—
45	„	1	105,3	289,1	391,4	—
46	„	4	103,0	302,8	366,7	—
47	„	4	102,2	69,7	843,1	—
48	„	1	103,0	292,1	380,8	—
49	„	3	110,8	95,4	975,3	—
52	„	3	106,3	333,9	435,8	—
53	„	3	105,1	95,8	983,0	—
54	„	3	109,6	346,2	437,7	—
50	„	1	65,2	137,2	235,5	—
55	„	1	109,2	333,5	434.7	—
Mittel der Versuche 6 bis 54 mit **76** Tagen						
Mittel aller Versuche						

ist; 4. daß eine Differenz zwischen Einnahmen und Ausgaben an C als Fett zu betrachten ist.

Wie ersichtlich, sind alle Posten der Einnahmen (mit Ausnahme von Sauerstoff) und Ausgaben direkt analytisch und kalorimetrisch bestimmt, mit alleiniger Ausnahme der im Körper angesetzten oder von ihm abgegebenen Verbindungen. Auf Grund der ganzen Anordnung der Versuche ist indes die Menge der letzteren in den meisten Fällen so gering, daß die, übrigens unvermeidliche, Schätzung ihrer kalorischen Werte nur einen äußerst geringen Fehler hat bewirken können. Hiervon machen (von den Hungerversuchen abgesehen) die Versuche 37, 38, 40, 41, 43 bis 48, 50 und 55 in der vorstehenden Tabelle eine Ausnahme; nichtsdestoweniger ist der Unterschied zwischen berechneter und direkt bestimmter Wärmeproduktion nur bei den zwei letzten, wo der Körper eine sehr große Fettmenge einbüßte, etwas beträchtlicher.

Das Resultat dieser Versuche ist so deutlich wie möglich: die aus dem Wärmewert der Einnahmen und Ausgaben berechnete Wärmeproduktion ist der direkt bestimmten Wärmeabgabe genau gleich. Da hier die Kost aus allen drei Gruppen organischer Nahrungsstoffe, sowie in einigen Versuchen auch aus Alkohol zusammengesetzt war, folgt außerdem, daß gerade die zugeführte, aus dem Darm resorbierte Kost in erster Linie zerfällt, sowie daß die genossenen Kohlehydrate vor dem Fett zugrunde gehen. Denn wäre dies nicht der Fall, so könnte eine so genaue Übereinstimmung zwischen berechneter und gefundener Wärmeproduktion bei weitem nicht stattfinden.

o Tag (Fortsetzung).

Kost	Kot	Harn	Im angesetzten (+) oder abgegebenen (—) Eiweiß	Im angesetzten (+) oder abgegebenen (—) Fett	Wärmeproduktion		
					berechnet	gefunden	Differenz
Kal.	Kal.	Kal.	Kal.	Kal.	Kal.	Kal.	Proz.
3715	126	133	— 61	— 1304	4821	4764	— 1,2
3708	153	155	— 172	— 1001	4573	4477	— 2,1
4505	182	143	— 77	— 994	5251	5223	— 0,5
4539	231	158	— 173	— 981	5304	5242	— 1,2
4867	224	147	— 141	— 518	5155	5205	+ 1,0
4932	190	140	— 74	— 449	5125	5198	+ 1,4
4860	256	150	— 145	— 658	5257	5162	— 1,8
4836	214	144	— 32	— 683	5193	5238	+ 0,8
4710	199	145	— 58	— 749	5173	5248	+ 1,4
4856	280	162	— 85	— 798	5297	5218	— 1,5
5499	172	135	+ 16	+ 88	5088	5245	+ 3,1
5476	228	128	— 12	— 177	5309	5277	— 0,6
5478	218	128	+ 8	— 20	5104	5178	+ 1,4
5513	242	132	— 19	— 196	5354	5215	— 2,6
2601	128	118	— 142	— 1847	4344	4134	— 4,8
5514	243	145	— 56	— 4799	9981	9314	— 6,7
4340	**176**	**138**	**— 57**	**— 484**	**4567**	**4554**	**— 0,3**
3541	**144**	**136**	**— 40**	**— 296**	**3597**	**3577**	**— 0,6**

Da es indes nicht möglich ist, bei jedem Stoffwechselversuch und noch weniger bei der Berechnung statistischer Angaben über die Nahrung bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen die direkte kalorimetrische Bestimmung der Einnahmen und Ausgaben durchzuführen, und da ferner die gewöhnliche Kost des Menschen aus zahlreichen Nahrungsmitteln zusammengesetzt ist, welche mehrere verschiedene Eiweißkörper, Fette und Kohlehydrate mit verschiedenen Verbrennungswerten enthalten, ist es notwendig, Standardzahlen zu besitzen, welche so genau als möglich die mittlere Verbrennungswärme der verschiedenen organischen Nahrungsstoffe angeben.

Im Anschluß an seine Studien über die Verbrennungswärme der wichtigsten Nahrungsstoffe suchte Rubner[1]) auch solche Standardzahlen zu berechnen, und diese sind seitdem bei den hierher gehörigen Arbeiten fast überall benutzt worden.

Für die Verbrennungswärme der animalischen Eiweißkörper benutzt Rubner als Durchschnittszahl die des asche- und fettfreien Fleisches, also für 1 g 4,233 Kal. Betreffend die pflanzlichen Eiweißkörper nimmt er an, daß sie die gleiche physiologische Verbrennungswärme als die mit ihnen etwa gleich zusammengesetzten tierischen Eiweißkörper (Syntonin und Fibrin) haben, und stellt also für 1 g die Zahl 4,301 Kal. auf. Da aber der N-Gehalt dieser Eiweißkörper größer als 16 Proz., und also der Koeffizient 6,25 hier zu groß ist, aber dennoch im allgemeinen für alle Eiweißkörper benutzt wird, macht Rubner eine entsprechende

[1]) Zeitschr. f. Biol. **21**, 370, 1885.

Reduktion des Wärmewertes dieser Verbindungen und gibt für 1 g Substanz 3,960 Kal. als Normalzahl an.

Endlich setzt Rubner voraus, daß das Eiweiß in der Kost des Menschen zu 60 Proz. aus animalischen und zu 40 Proz. aus vegetabilischen Nahrungsmitteln stammt. Danach erhält er für 100 g Eiweiß in der Kost

60 g	× 4,233 Kal.	=	253,98 Kal.
40 „	× 3,960 „	=	158,40 „
100 g		=	412,38 Kal.

1 g Eiweiß in der menschlichen Kost hätte also eine physiologische Verbrennungswärme von rund 4,1 Kal.

Da in der Kost des Menschen unter allen Kohlehydraten die Stärke am reichlichsten vertreten ist, nimmt Rubner als Standardzahl für die Kohlehydrate die Verbrennungswärme der Stärke = 4,1 Kal. an.

Als Standardzahl für die Fette benutzt Rubner das Mittel der Verbrennungswerte für Olivenöl, Tierfett und Butter, wie sie damals von Stohmann bestimmt worden waren, und bekommt also für die Verbrennungswärme von 1 g Fett 9,3 Kal.

Rubner bemerkt noch ausdrücklich, daß diese Standardzahlen sich nur auf die gemischte Kost des Menschen beziehen, sowie daß bei ihrer Berechnung die Ausnutzung verschiedener Nahrungsmittel im Darme keine Berücksichtigung gefunden hat.

Um die Zuverlässigkeit dieser Standardzahlen zu prüfen, stehen die langen Versuchsreihen Atwaters zu unserer Verfügung. Zu diesem Zwecke habe ich die in den Bull. No. 63, 69 und 109 mitgeteilten in folgender Weise berechnet. Von der genossenen Kost habe ich die im entsprechenden Kote enthaltene Menge von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten subtrahiert und also die Menge der resorbierten Nahrungsstoffe erhalten, sowie dann nach den Angaben von Atwater das im Körper zurückgebliebene bzw. von ihm abgegebene Eiweiß und Fett dazu algebraisch addiert. Die Summe stellt den im Körper tatsächlich stattgefundenen Stoffwechsel dar. Diese habe ich dann nach den Standardzahlen ausgedrückt; die so erhaltenen Werte sind in folgender Tabelle mit den von Atwater gefundenen zusammengestellt.

Die von Atwater benutzte Wärmeeinheit bezieht sich auf die spezifische Wärme des Wassers bei 20° C und nicht bei 0 bis 1°, infolgedessen dieselbe 0,9 Proz. kleiner ist als die gewöhnliche. Bei der Berechnung der Atwaterschen Versuche habe ich daher die Standardzahlen um 1 Proz. erhöht und benutze also für das Fett rund 9,4 und für die Kohlehydrate rund 4,15 Kal. Für das Eiweiß habe ich unterlassen, eine Korrektur für den N-Verlust durch den Darm zu machen, weil es mir am einfachsten erscheint, in jedem einzelnen Falle den Kot als Verlust der Gesamtkost aufzufassen. Nur wenn die Kost ausschließlich aus Eiweiß besteht, kann die gesamte N-Menge im Kote in bestimmte Beziehung zu der Kost gebracht werden, obgleich auch hier der Stickstoff wesentlich dem Körper selber entstammt. Bei einer Kost, welche auch N-freie Bestandteile enthält, findet aber gar keine direkte Beziehung des Kotstickstoffs zum genossenen Eiweiß statt, denn hier sind die Verdauungsflüssigkeiten jedenfalls zu einer größeren oder geringeren Menge wegen der Verdauung des Fettes und der Kohlehydrate im Darme ausgegossen worden. Übrigens wissen wir ja, daß der Kot auch bei ganz N-freier Kost ebensoviel Stickstoff als bei reichlicher Eiweißzufuhr enthalten kann. Durch dieses Verfahren würden sich auch verschiedene Einwendungen, welche Pflüger gegen die Berechnungsweise Rubners gemacht hat (vgl. S. 361), erledigen. Ich nehme daher die Verbrennungswärme des Eiweißes zu 4,2 Kal. an.

Vers.-Nr.	Nach Atwater: berechnet nach der Verbrennungswärme d. Kost usw. Kal.	Nach Atwater: direkt kalorimetrisch bestimmt Kal.	A Mittel Kal.	B Von mir berechnet Kal.	Differenz B — A: Kal.	Differenz B — A: Proz.
5	2481	2379	2430	2501	+ 71	+ 2,9
6	3829	3726	3777	3819	+ 42	+ 1,1
7	2434	2394	2414	2480	+ 66	+ 2,7
8	2361	2287	2324	2359	+ 35	+ 1,5
9	2276	2309	2293	2292	— 1	— 0,04
10	2268	2283	2272	2277	+ 5	+ 0,2
11	3901	3932	3916	3936	+ 20	+ 0,5
13	2112	2151	2131	2125	— 6	— 0,3
14	2131	2193	2162	2127	— 35	— 1,6
21	2304	2279	2291	2300	+ 9	+ 0,4
23	2216	2176	2196	2154	— 42	— 1,9
24	2238	2272	2255	2197	— 58	— 2,6
25	2242	2244	2243	2270	+ 27	+ 1,2
26	2043	2085	2064	2038	— 26	— 1,3
28	2067	2079	2073	2071	— 2	— 0,1
29	3515	3589	3552	3549	— 3	— 0,1
31	3439	3420	3430	3434	+ 4	+ 0,1
32	3573	3565	3569	3553	— 16	— 0,5
34	3629	3587	3608	3605	— 3	— 0,1
		Summa	51000	51087	+ 87	+ 0,2

Nach Atwater beträgt der Energiewechsel bei diesen 19 Versuchen insgesamt 51 000, nach meiner Berechnung 51 087; die Differenz macht nur 0,17 Proz. des Gesamtmittels aus. Wenn wir die Angaben über die prozentige Differenz bei den einzelnen Versuchen näher analysieren, so finden wir erstens eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der positiven und der negativen Unterschiede, sowie zweitens daß die mittlere Differenz nur $\pm$ 1,01 Proz. beträgt. Die größten Differenzen sind + 2,9 bzw. — 2,6 Proz.

In diesen Versuchen bestand die Kost aus Fleisch, Eiern, Butter, Käse, Milch, Brot, Kartoffeln, Früchten, Zucker usw. (in Nr. 7 und 10 außerdem aus 72,5 g Alkohol) und entsprach also genau der Kost bei freier Wahl.

Wenn also in einem Stoffwechselversuch bei gemischter Kost die Kost und der Kot genau analysiert, sowie der abgegebene Stickstoff und Kohlenstoff direkt bestimmt werden, so gibt die unter Anwendung der Standardzahlen Rubners ausgeführte Berechnung des Energiewechsels den tatsächlich stattgefundenen Energieumsatz sehr genau an.

Atwater[1]) hat seinerseits in folgender Weise Standardzahlen berechnet. Unter Berücksichtigung der direkt bestimmten Verbrennungswärme verschiedener Eiweißkörper, sowie der Verteilung des Stickstoffs in verschiedenen Nahrungsmitteln auf Eiweiß und nicht-eiweißartige Substanzen berechnet er in erster Linie den Verbrennungswert für 1 g N-Substanz in diesen Nahrungsmitteln. Für Fette und Kohlehydrate benutzt er die direkten Bestimmungen ihrer Verbrennungswerte. Aus

[1]) Storrs (Connecticut) Agricultural Experiment Station for 1899, p. 98.

Eiweiß.

Nahrungsmittel	A Pro 100 g des Gesamteiweißes g	B Verbrennungswärme pro g Kal.	A × B Kal.	Mittel pro 1 g Kal.
Fleisch, Fisch usw.	43,0	5,65	243,0	—
Eier	6,0	5,75	34,5	—
Molkereiprodukte	12,0	5,65	67,8	—
Animalisches Eiweiß	61,0	—	345,3	5,66
Getreide	31,0	5,80	179,8	—
Leguminosae	2,0	5,70	11,4	—
Grünkraut	5,5	5,00	27,5	—
Früchte	0,5	5,20	2,6	—
Vegetabilisches Eiweiß	39,0	—	221,3	5,67
Summa	100,0	—	566,6	5,67

Fett.

Nahrungsmittel	A Pro 100 g des Gesamtfettes g	B Verbrennungswärme pro g Kal.	A × B Kal.	Mittel pro 1 g Kal.
Fleisch und Eier	60,0	9,50	570,0	—
Molkereiprodukte	32,0	9,25	296,0	—
Animalisches Fett	92,0	—	866,0	9,41
Vegetabilisches Fett	8,0	9,30	74,4	9,30
Summa	100,0	—	940,4	9,40

Kohlehydrate.

Nahrungsmittel	A Pro 100 g der gesamten Kohlehydrate g	B Verbrennungswärme pro g Kal.	A × B Kal.	Mittel pro 1 g Kal.
Animalische Kohlehydrate	5,0	3,90	19,5	3,90
Getreide	55,0	4,20	231,0	—
Leguminosae	1,0	4,20	4,2	—
Grünkraut	13,0	4,20	54,6	—
Früchte	5,0	4,00	20,0	—
Zucker	21,0	3,95	83,0	—
Vegetabilische Kohlehydrate	95,0	—	392,8	4,13
Summa	100,0	—	412,3	4,12

seinen Ermittelungen über die in seinen Stoffwechselversuchen stattgefundene Zusammensetzung der Kost berechnet er nun, wieviel Prozent der verschiedenen Nahrungsstoffe aus den verschiedenen Nahrungsmitteln herstammen, multipliziert diese Zahlen mit den entsprechenden Wärmewerten und erhält solcherart den mittleren Wärmewert für 1 g Eiweiß, 1 g Fett und 1 g Kohlehydrat, wie dies aus den Tabellen auf nebenstehender Seite ersichtlich ist.

Nach Atwater erhalten wir also brutto für die Verbrennungswärme

des Eiweißes rund	5,65
des Fettes	9,40
der Kohlehydrate	4,15

Um die physiologische Verbrennungswärme des Eiweißes zu erhalten, ist die Reduktion für die im Harn enthaltenen brennbaren Verbindungen zu machen, welche er wie Rubner als ausschließlichen Verlust des Eiweißes in die Rechnung bringt. Dieselbe beträgt pro 1 g Eiweiß rund 1,25, und der physiologische Verbrennungswert des Eiweißes wäre demnach 4,40 Kal. Wie ersichtlich, stimmen die Zahlen für das Fett und die Kohlehydrate mit den oben benutzten vollständig überein. Nur in bezug auf das Eiweiß findet sich ein Unterschied, der indes nur 0,2 Kal. beträgt. Indes wird hierdurch die Differenz zwischen Kol. A und B in der obigen Tabelle mit alleiniger Ausnahme von vier Versuchen (Nr. 9, 14, 23 und 24) positiv, weshalb sich die von mir benutzte Zahl wohl besser empfiehlt.

Es erübrigt noch, die Verbrennungswärme des Harnes und des Kotes etwas näher zu besprechen.

Betreffend den Harn bemerkt Rubner[1]), daß dessen auf 1 g N berechnete Verbrennungswärme, der kalorische Quotient (Kal./N), trotz großer Verschiedenheit der Kost nur ziemlich geringe Schwankungen darbietet. Für die Muttermilch entsprechen allerdings 12,1 Kal. 1 g N, bei den übrigen Nahrungsmitteln bewegt sich aber der kalorische Quotient in Rubners Versuchen nur zwischen 6,42 und 8,57; das Mittel beträgt 7,93 Kal. Nähere Angaben sind in folgender Tabelle enthalten.

Nahrung	Kal. pro 1 g N	Versuchsdauer Tage
Kuhmilch, Säugling	6,93	7
„ Erwachsener	7,71	7
Fettarme Kost	8,57	2
„ „	8,33	4
Fettreiche Kost	8,87	2
„ „	8,44	4
Gemischte Kost, Knaben	6,42	4
„ „ „	7,50	4
Fleisch	7,69	4
Kartoffeln	7,85	1

In fünf Versuchen von Loewy betrug der kalorische Quotient im Mittel 8,56 (7,77 bis 9,76[2]).

Aus Atwaters langen Versuchsreihen mit gemischter Kost erhalten wir als Gesamtmittel von 47 Versuchen mit 145 Tagen den kalorischen Quotienten gleich 8,07 Kal. Das Maximum betrug 9,08, das Minimum 7,09[3]).

[1]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 302, 1902. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901, S. 317. — [3]) Bull. No. 136, p. 223, 1903.

Pro 1 g N beträgt also die Verbrennungswärme des Harns rund 8 Kal. Wenn wir, wie es zurzeit allgemein stattfindet, den N-Gehalt des Eiweißes gleich 16 annehmen, so würde der Verlust durch den Harn pro 1 g Eiweiß $0{,}16 \times 8{,}0 = 1{,}28$, rund 1,3 Kal. betragen.

Die ganze Berechnung des Wärmewertes des Harns auf 1 g Harnstickstoff basiert, wie mehrmals hervorgehoben wurde, auf der Annahme, daß die im Harn abgegebenen brennbaren Verbindungen zum allergrößten Teil Produkte der Eiweißzersetzung darstellen. Die große Konstanz des kalorischen Quotienten gibt dieser Annahme eine gute Stütze, obgleich wir andererseits nicht behaupten dürfen, daß diese Annahme in aller Strenge richtig ist. So finden wir bei Tangl[1]), daß dieser Quotient beim Menschen bei einer einseitigen Kohlehydratnahrung wesentlich größer als bei vorwiegender Fettnahrung ist, nämlich im ersten Falle 11,47 bis 11,93, im zweiten 8,59 bis 9,63 Kal. In derselben Richtung variierte übrigens auch der Kohlenstoffquotient (C/N) des Harns: bei Fett zwischen 0,691 und 0,771, bei Kohlehydraten zwischen 0,944 und 0,981. Dementsprechend gibt Kellner[2]) für den kalorischen und den Kohlenstoffquotienten des Ochsenharns die Zahlen 31,4, 32,9, bzw. 3,32, 3,46 an. Bei Fütterung von hungernden Hunden mit Fleischextrakt fand Bürgi[3]), daß sowohl der kalorische als der Kohlenstoffquotient des Harns denjenigen beim Hungerharn gegenüber beträchtlich ansteigt; während im letzteren Kal./N etwa 8 und C/N etwa 0,7 waren, betrugen sie im Extraktharn bis zu 25,5 bzw. 1,57.

In kalorischer Hinsicht bietet der Kot, wie Rubner[4]) bemerkt, ein ungemein gleichartiges Bild dar. Bei einer sehr verschieden zusammengesetzten Kost (Fleisch, Milch, fette Kost, magere Kost, Brot, Kleiebrot oder Kartoffeln), deren Wärmewert auf 1 g organische Substanz zwischen 4,18 und 6,5 Kal. variierte, schwankte der Wärmewert pro 1 g organische Substanz im Kote nur zwischen 5,26 und 6,52 Kal. und betrug im Mittel 6,04 Kal.

In den Atwaterschen Versuchen beträgt die Verbrennungswärme pro 1 g organische Substanz im Kote bei gemischter Kost 6,62 Kal. Das Maximum ist 7,66 Kal. und das Minimum 5,90[5]). Durchschnittlich kann also der Wärmewert des aschefreien Trockenkotes auf etwa 6,5 Kal. pro Gramm geschätzt werden.

Viel größere Variationen stellen sich dar, wenn die Verbrennungswärme des Kotes pro 1 g N berechnet wird. Bei Rubners Bestimmungen begegnen uns Variationen zwischen 66 und 123 Kal., und bei denjenigen von Atwater zwischen 73 und 159. Hier ist also der Stickstoff bei weitem nicht in demselben Maße als beim Harn bestimmend, was ohne Zweifel zum Teil wenigstens von dem verschiedenen Gehalt des Kotes an Ätherextrakt bedingt ist. Dafür spricht auch die von Frentzel und Schreuer[6]) hervorgehobene Tatsache, daß der kalorische Quotient des fettfreien Kotes (Kal./N) nur wenig variiert, in fünf Fällen zwischen 47,12 und 48,64 Kal.

§ 2. Die Berechnung des Energiewechsels aus dem respiratorischen Stoffwechsel.

Bei kürzer dauernden Versuchen, wo man über die aus dem Darme stattgefundene Resorption der verschiedenen Nahrungsstoffe nichts Bestimmtes sagen kann, hat man als Basis einer Berechnung des Energiewechsels nur die Beobachtungen

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol., Suppl. 1899, S. 251.; vgl. auch Rubner, Zeitschr. f. Biol. **42**, 303, 1901. — [2]) Die landwirtschaftl. Versuchsstat. **47**, 290, 308, 1896. — [3]) Arch. f. Hyg. **51**, 14, 1904. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 297, 1901; vgl. auch Lorisch, Zeitschr. f. physiol. Chem. **41**, 308, 1904. — [5]) Bull. No. **136**, 115, 205, 1903. — [6]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1903, S. 478.

über die CO_2-Abgabe und die O-Aufnahme (ev. die N-Abgabe) zur Verfügung. Es fragt sich, mit welcher Sicherheit Schlußfolgerungen aus solchen Bestimmungen gezogen werden können.

Wenn die N-Abgabe im Harn gleichzeitig bestimmt worden ist, so hat man natürlich von dem ausgeschiedenen Kohlenstoff bzw. dem aufgenommenen Sauerstoff die dem zersetzten Eiweiß entsprechenden Mengen in Abzug zu bringen. Da der Harn, wie schon erwähnt, bei gemischter Kost auf 1 g N etwa 0,72 g C enthält und im Eiweiß das Verhältnis N : C gleich 1 : 3,28 ist, so kommt auf je 1 g im Harn abgegebenen Stickstoff 2,56 g Kohlenstoff in der Exspiration; der übrige Kohlenstoff entstammt den N-freien Nahrungsstoffen.

Da das Fett durchschnittlich 76,5 g C auf 100 Teile enthält, so beträgt die Verbrennungswärme für 1 g aus Fett stammenden Kohlenstoff in der Exspiration etwa 12,3 Kal. Für 1 g aus Stärke stammenden Kohlenstoff beträgt die Verbrennungswärme 9,5 Kal. Der Unterschied beträgt 22,8 Proz. Aus der Kohlenstoffabgabe allein lassen sich also keine bestimmten Schlüsse bezüglich des im Körper während des Versuches stattgefundenen Energiewechsels ziehen. Bei gemischter Kost findet Rubner[1]) den kalorischen Wert von 1 g CO_2 rund 3,0 Kal., d. h. pro 1 g C 11,0 Kal.

Wesentlich anders ist es mit dem Sauerstoffverbrauch der Fall, und man kann aus demselben ziemlich befriedigende Aufklärungen über die wirkliche Größe des Energieumsatzes gewinnen. Kann man ja bei gleichzeitiger Bestimmung der Kohlensäureabgabe und der Sauerstoffaufnahme schon aus der Größe des respiratorischen Quotienten wenigstens annäherungsweise berechnen, in welchen gegenseitigen Mengen das Fett und die Kohlehydrate beim Stoffwechsel beteiligt waren. Es kommt aber noch der wichtige Umstand hinzu, daß der kalorische Wert des Sauerstoffs für alle drei Gruppen organischer Nahrungsstoffe nur sehr wenig variiert. Magnus-Levy berechnete denselben für 1 g bei fettfreiem Muskelfleisch zu 3,00, bei Fett zu 3,27 und bei Rohrzucker zu 3,56; diese Zahlen verhalten sich wie 100 : 109 : 118,6 — d. h. der Unterschied zwischen Fett und Zucker beträgt nur 9 Proz.[2]). Später führte Pflüger eine neue Berechnung aus und kam dabei zu dem Resultate, daß 1 g Sauerstoff bei Verbrennung des Fettes 3,29 Kal., bei der des fettfreien Muskels 3,30 und bei der Verbrennung der Stärke 3,53 entspricht; diese Zahlen verhalten sich wie 100 : 100,3 : 107,3[3]). Wenn der Energiewechsel nach dem Sauerstoffverbrauch berechnet wird und gleichzeitig keine synthetischen Prozesse, wie Fettbildung aus Kohlehydraten, stattfinden, so werden Resultate erhalten, die sich um höchstens 7,3 Proz. von dem richtigen Werte unterscheiden.

Mit diesen Zahlen stimmen die von E. Voit berechneten sehr gut überein: Pflanzeneiweiß 3,30, tierisches Eiweiß 3,27, Fett 3,27, Kohlehydrate 3,53 Kal. für 1 g bei ihrer Verbrennung verbrauchten Sauerstoff[4]).

Drittes Kapitel.

Der Stoffwechsel beim Hunger.

An und für sich gestaltet sich der Stoffwechsel beim Hunger nicht einfacher als bei Zufuhr von Nahrung, denn hier kommen nicht allein die Zersetzungsvorgänge, sondern auch diejenigen Prozesse, durch welche das Verbrennungsmaterial von den lebenden Geweben abgegeben wird, in Betracht. Wenn es aber gilt, den Stoffwechsel ohne Berücksichtigung der dabei stattfindenden intermediären Vorgänge zu untersuchen, so läßt sich ohne

[1]) Rubner, Beiträge zur Ernährung im Knabenalter. Berlin 1902, S. 61. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **55**, 7, 1894; vgl. auch Zuntz, ebenda **68**, 201, 1897 und **83**, 558, 1901, sowie Arch. f. pathol. Anat. **131**, Suppl. S. 189. — [3]) Arch. f. d. ges. Phys. **77**, 465, 1899; **78**, 526, 1899; **79**, 575, 1900. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **44**, 359, 1903; vgl. auch Krummacher, ebenda **44**, 362, 1903.

Zweifel sagen, daß der Hunger den einfachsten Zustand darstellt, indem hier der Einfluß der Kost auf die Größe des Stoffwechsels ausgeschlossen ist und, wie die Erfahrung ergeben hat, der Körper so viel als möglich den Umfang der Zersetzungsprozesse beschränkt. Der Hungerstoffwechsel bietet daher einen außerordentlich bedeutungsvollen Ausgangspunkt dar, wenn es gilt, die absolute Größe des Stoffwechsels zu untersuchen und den Nahrungsbedarf des Körpers unter verschiedenen Umständen festzustellen.

§ 1. Der allgemeine Zustand beim Hunger.

Aus allen hierher gehörigen Beobachtungen, sowohl an Tieren wie am Menschen, geht hervor, daß der Hunger mit verhältnismäßig geringen Beschwerden verbunden ist. Die Eßlust ist im Laufe des ersten Tages natürlich sehr stark, und die Versuchspersonen haben wegen des Fastens verschiedene unangenehme Sensationen; diese verschwinden indes ziemlich bald, und es zeigt sich sogar, daß nach Ende des Fastens, wenn Nahrung wieder zur Verfügung gestellt wird, die Eßlust nicht besonders groß ist, so daß die Versuchsperson sich gewissermaßen zum Essen zwingen muß. Nach dem Genuß des ersten Bissens kehrt die Eßlust allerdings bald wieder[1]).

Aus den genauen Untersuchungen an hungernden Menschen, welche in Berlin, Florenz und Stockholm gemacht wurden, seien folgende Erscheinungen hervorgehoben.

Cetti hungerte im März 1887 zehn Tage lang und wurde während dieser Zeit von C. Lehmann, F. Müller, I. Munk, Senator und Zuntz beobachtet. Zur Zeit seines Fastens war er 26 Jahre alt, mittelgroß, schlank, von heller Hautfarbe, gracilem Knochenbau. Muskulatur mittelmäßig entwickelt, aber von guter Konsistenz, Fettgewebe gering. Körpergewicht nach der letzten Mahlzeit 57,08 kg. Keine anderen krankhaften Veränderungen werden erwähnt, als daß der Perkussionsschall in der linken *Fossa infraclavicularis* etwas höher und kürzer war als rechts; im äußersten Teil derselben war auch das Exspirationsgeräusch etwas länger als rechts. Auf Grund dieser Befunde hat Klemperer gemeint, Cetti habe an Tuberkulose gelitten[2]), was indes von Munk und Senator entschieden bestritten wird[3]). Übrigens ist Cetti noch jetzt, 17 Jahre nach dem Hungerversuch, am Leben. Während seines Fastens trank Cetti Wasserleitungswasser in beliebiger Menge und rauchte ziemlich viel Zigaretten.

Bis zum sechsten Hungertag trat bei Cetti keine wesentliche Veränderung im Befinden ein; nur klagte er von Zeit zu Zeit über Aufstoßen und Schmerzen im Leib. Am siebenten Tage klagte er über stärkere Beschwerden im Leib, sie nahmen im Laufe des Tages zu, er sah elend und hohläugig aus und gab an, daß er sich sehr schlecht fühle. Am Schluß desselben Tages erfolgte zum erstenmal Stuhlgang, nach welchem Cetti sich sofort sehr viel wohler fühlte, und zwar am achten Tage frischer als an den vorhergehenden beiden Tagen. Er gab an, wieder ganz beschwerdefrei zu sein und sich vollkommen wohl zu fühlen, nur hatte er öfter das Bedürfnis zu ruhen als früher, und klagte leicht über ein Gefühl von Kälte. Obgleich er es nicht zugeben wollte, machte sich am neunten und zehnten Tage eine gewisse Veränderung in seinem Aussehen und seinem Wesen allmählich bemerkbar. Er sah blässer aus, das Gesicht erschien hohläugig und eingefallen, die

[1]) Vgl. Ranke, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862, S. 335. H. Schultzen, ebenda 1863, S. 31. F. A. Falck, Beiträge zur Physiologie, Hygiene und Toxikologie I, Stuttgart 1875. Lehmann, Müller u. a., Arch. f. pathol. Anat. **131**, Suppl., 1893 (Cetti). Luciani, Das Hungern, Hamburg und Leipzig 1890 (Succi). Johansson, Landergren u. a., Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 1896 (J. A.) — [2]) Berl. klin. Wochenschr. 1889, S. 872. — [3]) Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1889, S. 833, 836.

Bewegungen schienen ihm schwerer zu fallen, er wurde stiller und reizbarer. Am Ende des zehnten Tages erschien das Aussehen Cettis noch elender als am Tage zuvor, die Mattigkeit hatte zugenommen; als er rasch sich aus der liegenden Stellung zum Stehen aufrichten wollte, wurde ihm schwindelig, schwarz vor den Augen, und er drohte umzufallen. Es wurde deshalb trotz der Einwendungen Cettis beschlossen, den Versuch abzubrechen.

Der zweite Hungerer, Breithaupt, welcher von den Berliner Physiologen untersucht wurde, war Schuhmachergeselle, zur Zeit des Versuches 21 Jahre alt, von mittlerer Körpergröße und mittlerem Ernährungszustand. Er stammte aus gesunder Familie, soll früher nie ernstlich krank gewesen sein und erschien auch jetzt vollkommen gesund. Die ärztliche Untersuchung konnte an ihm nichts Krankhaftes entdecken. Die Muskulatur der Arme war nur von mittelmäßigem Volumen, aber von fester Konsistenz; die Muskulatur der Beine sehr wohl entwickelt. Körpergewicht am Tage vor dem Fasten 60,07 kg. Während der Versuchsdauer durfte er nach Belieben Wasserleitungswasser trinken, sonst war ihm nicht erlaubt, irgend etwas zu genießen, auch nicht zu rauchen.

Während der zwei ersten Hungertage befand sich Breithaupt vollkommen wohl und gab an, gar keine Beschwerden zu empfinden. Am dritten und vierten Tage litt er an einem Schnupfen, welcher von Unbehagen und Mattigkeit begleitet war. Am fünften Tage hatte sich das Wohlbefinden vollständig wieder hergestellt. Am sechsten Tage erschien er aber wieder matter; er selbst gab zwar an, nichts davon zu merken, doch fiel es auf, daß er beim Gehen bisweilen schwankte und daß er bei der Arbeit schwer atmete. Es wurde daher beschlossen, den Versuch abzubrechen.

Während des ersten und zweiten, sowie des fünften und sechsten Tages seines Fastens verrichtete Breithaupt am Gärtnerschen Ergostaten eine genau gemessene Arbeit, welche pro Tag zwischen 1423 und 617 kg-m schwankte.

Der dritte Hungerer, Succi, hatte schon früher in Mailand und Paris ein dreißigtägiges Fasten durchgeführt, als er im Februar 1888 in Florenz ein neues Fasten unternahm, während dessen er von Luciani untersucht wurde. Zu dieser Zeit war er etwa 40 Jahre alt, mittlerer Größe, von schön gerundeten Körperformen mit gut entwickelten Muskeln und nicht zu reichlichem, aber derbem Fettpolster. Körpergewicht vor der letzten Mahlzeit 63,55 kg. Er litt an einer Facialislähmung nach einem Trauma. Sonst bot er keine krankhaften Symptome dar. Während seines Fastens durfte Succi sowohl ein alkalisches Getränk als Brunnenwasser genießen.

Während seines ganzen dreißigtägigen Fastens blieb Succi in vollkommen physiologischem Zustande und entwickelte sogar in den späteren Tagen desselben sehr bemerkenswerte körperliche Leistungen. Am Tage beschäftigte er sich eifrig mit seinen Privatinteressen und hielt sich viel in Bewegung, indem er täglich etwa 3000 bis 4000 Schritte machte. Am 12. Tage konnte er einen Ritt von 1 Std. 40 Min. machen; am selben Tage spazierte er viel im Zimmer umher, machte einen Dauerlauf von 8 Minuten mit drei jungen Studenten und hielt an demselbem Abend eine Fechtübung aus. An diesem Tage hatte er 19900 Schritte gemacht. Am 23. Fasttage beabsichtigte er, den Abend bei Volksspielen zuzubringen; er nahm daran teil mit zwei Gängen auf Säbel, die er mit Ausdauer, Kraft und Gewandtheit führte. An diesem Tage hatte er 7000 Schritte gemacht. Am 20. Hungertage war er fähig, den Widerstand von 52 kg mit der rechten Hand zu überwinden, und noch am 29. Tage zeigte er eine bemerkenswerte Widerstandskraft gegen Ermüdung.

J. A., Kandidat der Medizin, 26 Jahre alt, gesund, mit ziemlich kräftiger Muskulatur, fastete fünf Tage lang. Während seines Fastens trank er nur Wasserleitungswasser. Das allgemeine Befinden war die ganze Zeit gut oder ziemlich gut. Am ersten Hungertage fühlte sich J. A. etwas schlaff und litt trotz einer Zimmertemperatur von 20° an Kälte. Am zweiten Tage litt er gleich nach seinem Spaziergang vormittags an Spannungsgefühl im Magen, was jedoch bald wieder verschwand. Am dritten Tage sind gelinde Magenschmerzen und Übelkeit angegeben. In der Nacht Schmerzen in der linken Wade. Dagegen wird für den

vierten und fünften Hungertag angegeben, daß keine Schmerzen im Magen auftraten. Betreffend die Körperkräfte ist zu bemerken, daß J. A. am ersten Tage keine merkbare Mattigkeit empfand. Erst am dritten Tage fühlte sich J. A. ziemlich matt und schlaff. Am fünften Hungertage litt er an einer unbedeutenden Mattigkeit, Schwindel; beim plötzlichen Aufstehen wurde es ihm schwarz vor den Augen.

Über das Verhalten hungernder Tiere ist nach F. A. Falck, der an vier erwachsenen und sechs neugeborenen Hunden eine eingehende Untersuchung ausgeführt hat, folgendes hier mitzuteilen:

Viele Tage, ja Wochen lang konnten in dem Allgemeinbefinden der Tiere keine wesentlichen Veränderungen nachgewiesen werden. Die kleinen Hündchen schrien viel, wie dies überhaupt Hunde des Alters, wenn sie von ihrer Mutter entfernt werden, zu tun pflegen; die ausgewachsenen, gut gezogenen Tiere verhielten sich dagegen vollkommen ruhig; sie suchten wohl hin und wieder in ihrem Käfig, ob sie nichts Eßbares erlangen könnten, gebärdeten sich jedoch nicht ungezogen und wütend.

Im weiteren Verlauf des Hungers trat die fortwährend zunehmende Adynamie mehr und mehr in den Vordergrund; die Tiere lagen meist schlafend in ihrem Käfig, und es bildete sich schließlich ein schlafsüchtiger Zustand aus. Die Fähigkeit, zu gehen und zu stehen, nahm mit jedem Tage mehr und mehr ab, während die nervösen Funktionen noch vollkommen intakt zu sein schienen, da die Tiere auf Anrufen usw. gut reagierten. Kurze Zeit vor dem Tode schwanden jedoch auch diese Reaktionen, und die Tiere lagen paralytisch wie eine leblose Masse da. Es zeigten sich Störungen der Respiration; dieselbe wurde sehr verlangsamt; plötzlich trat Respirationspause ein, welche Hin- und Herschleudern des Kopfes und allgemeine Körperbewegungen veranlaßte; hierdurch kam die Respiration wieder in Gang, und zwar anfangs luftschnappend, laut hörbar, später ruhiger. Dieser Wechsel der Respirationsbewegungen wiederholte sich oft, bis die Respiration immer langsamer und langsamer erfolgte und endlich für immer stillstand. Kurz vor dem Tode erfolgte meist eine dünne Kotentleerung. Einige Zeit vor dem Tode beobachtete man regelmäßig, daß sich in den Conjunctivalsäcken eitrige Sekrete ansammelten.

Über die großen Körperfunktionen während des Hungers liegen folgende Angaben vor:

Die Pulsfrequenz ist im großen und ganzen unverändert oder richtiger etwas geringer als bei Nahrungszufuhr; für J. A. betrug sie während der Eßtage im Mittel 78,8, während der Hungertage 71,4; bei Breithaupt war sie am sechsten Hungertage 47 bis 48, am ersten Eßtage danach 56 bis 68. Bei Cetti änderte sich die Pulsfrequenz bis zum zehnten Hungertage nicht merklich, bei Succi war dieselbe vielleicht ein wenig niedriger als normal.

Dagegen stellt sich eine beträchtliche Zunahme der Erregbarkeit des Herzens ein, die sich durch eine ganz unverhältnismäßige Steigerung der Pulsfrequenz bei geringfügigen Bewegungen zu erkennen gibt. So stieg die Pulsfrequenz bei Cetti am neunten und zehnten Tage schon beim Aufrichten aus der liegenden Stellung in die sitzende von 80 bis 84 auf 112 bzw. 104. Bei Succi nahm die Pulsfrequenz am zwölften Hungertage infolge eines vierminutigen Laufens mit 63 Schlägen pro Minute zu. Eine zehn Minuten dauernde Arbeit am Ergostaten erhöhte am sechsten Hungertage die Pulsfrequenz bei Breithaupt von 62 auf 150.

Die Körpertemperatur (Rectum) hält sich lange Zeit ziemlich unverändert, scheint aber etwas niedriger als normal zu sein. Die Differenz betrug im Versuche an J. A. bei Messungen jede zweite Stunde im Mittel nur 0,16° C. Auch Jürgensen hat in seinen ausführlichen Bestimmungen der Körpertemperatur nur eine geringfügige Abnahme beim Hungern beob-

achtet[1]). Eine beträchtlichere Abnahme erscheint nach Versuchen an Hunden erst während der letzten Tage vor dem Tode[2]).

Nach Wasser scheinen hungernde Tiere kein großes Bedürfnis zu haben. Selbst wenn ihnen Wasser dargeboten wird, trinken sie oft nichts. Auch hungernde Menschen trinken im allgemeinen nicht viel Wasser: während der fünf ersten Hungertage genoß Cetti durchschnittlich 1137 g, Breithaupt 1540 und J. A. gar 563 g. Während der zwei ersten Tage seines Fastens in Florenz enthielt sich Succi vollständig des Trinkens, am dritten bis fünften Tage genoß er durchschnittlich 867 g.

Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß Wasser teils durch die Verbrennung des Wasserstoffs gebildet wird, teils aus den Geweben bei deren Zerstörung dem Körper zur Verfügung gestellt wird. Außerdem findet ja nur eine sehr geringe Absonderung von Verdauungsflüssigkeiten statt, infolgedessen der Wasserbedarf des Körpers wesentlich herabgesetzt werden muß[3]).

Aus dem Versuche an J. A. geht folgendes betreffend die Wasserbilanz hervor: Während des fünftägigen Hungerns entstanden durch Oxydation des Wasserstoffs durchschnittlich 235 g; durch das Zugrundegehen der Gewebe wurden durchschnittlich 260 g freigemacht; Summe 495 g. Die mittlere Aufnahme von Wasser betrug 563 g. Also standen dem Körper durchschnittlich 1058 g Wasser zur Verfügung. Im Harn und in der Respiration erschienen aber durchschnittlich 1564 g Wasser. Der Körper hatte also jedenfalls noch 506 g Wasser pro Tag verloren.

Bei seinen Hunden, welche auch kein Wasser erhielten, fand Falck, daß das Körpergewicht nach einer fast geraden Linie abnahm. Auf der anderen Seite beobachtete Luciani bei Hunden, welchen 150 g Wasser täglich zugeführt wurden, daß das Körpergewicht, die drei ersten und die sechs letzten Tage ausgenommen, sehr nahe eine gleichseitige Hyperbel durchläuft, deren Abszissenachse eine der Asymptoten darstellt.

Bei den vielfach erwähnten hungernden Menschen nahm das Körpergewicht täglich um etwa 1 Proz. ab. Bei Cetti betrug der gesamte Gewichtsverlust während zehn Tage 11 Proz., bei Breithaupt in sechs Tagen 6 Proz., bei Succi in zehn Tagen 9 Proz., sowie bei J. A. in fünf Tagen 7,4 Proz. des Anfangsgewichtes. Diese Abnahme erfolgt indes nicht gleichmäßig, sondern zeigt verschiedene Schwankungen, welche zum Teil wenigstens durch die verschieden große Wasseraufnahme bedingt sind, wie übrigens auch die individuellen Differenzen mit Unterschieden in der Wasseraufnahme teilweise zusammenhängen.

§ 2. Der Stoffwechsel beim Hunger.

Über den Gesamtstoffwechsel bei hungernden Tieren besitzen wir eine Reihe sehr wertvoller Angaben von Bidder und Schmidt[4]), Pettenkofer und Voit[5]), sowie Rubner[6]). Da es nicht möglich ist, alle diese Beobachtungen hier aufzunehmen, stelle ich einige, wo der Hunger am längsten gedauert hat, als Beispiele hier zusammen. (Siehe Tabelle auf folgender Seite.)

---

[1]) Jürgensen, Die Körperwärme des gesunden Menschen. Leipzig 1873, S. 21 bis 27. — [2]) Vgl. besonders Falck, Beiträge zur Physiologie usw. **1**, 38, 1875. — [3]) Vgl. Voit, S. 99. — [4]) Bidder und Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, S. 310. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **5**, 370, 1869. — [6]) Ebenda **19**, 540, 1883; Rubner, Biologische Gesetze. Marburg 1887.

Nr.	Tierart	Hungertag	Körpergewicht kg	N-Abgabe g	Zersetztes Fett g	Kalorien aus Eiweiß	Kalorien aus Fett	Summa Kal.	Pro Körperkilogramm Kal.	Autor
1	Meerschweinchen	1	0,672	0,200	10,2	5,0	96,1	101,1	149,9	Rubner (Biol. Ges.)
	„	2	0,625	0,417	9,8	10,3	92,3	102,6	162,6	
	„	3	0,582	0,395	8,6	9,9	81,0	89,9	156,5	
	„	4	0,550	0,332	7,3	8,3	68,8	77,1	140,5	
	„	5	0,524	0,332	6,8	8,3	64,1	72,4	137,3	
	„	6	0,498	0,343	7,1	8,6	66,9	75,5	150,6	
	„	7	0,474	0,205	7,4	4,7	69,7	74,4	157,4	
	„	8	0,450	0,285	6,2	6,7	58,4	65,1	155,6	
	„	9	0,428	0,294	6,6	6,9	62,2	69,1	162,6	
2	Hund	2	32,9	11,6	93,0	293,0	884,0	1177,0	35,8	Pettenkofer und Voit[1])
	„	5	31,7	5,7	107,0	144,0	1017,0	1161,0	36,7	
	„	8	30,5	4.7	102,0	119,0	969,0	1088,0	35,7	
3	„	4	19,8	3,52	88,7	90,3	859,3	949,5	48,0	Rubner (Zeitschr. f. Biol.)
	„	8	19,0	2,70	82,6	69,2	799,9	869,0	45,7	
	„	9	18,8	3,54	74,6	80,8	723,3	804,0	42,8	
4	„	2	6,7	2,49	34,8	63,7	337,1	409,9	61,2	Rubner (Zeitschr. f. Biol.)
	„	3	6,5	2,56	30,1	65,6	291,6	357,2	55,0	
	„	4	6,4	2,08	29,5	55,2	286,0	341,2	53,3	
	„	8	6,2	1,44	29,9	36,9	289,8	326,7	52,7	

[1]) Nach dem Quotienten C/N = 3,28 berechnet, 1 g N = 25,25 Kal., 1 g Fett = 9,50 Kal.

Aus diesen, wie aus den übrigen hierhergehörigen Versuchen geht hervor, daß der Gesamtstoffwechsel in der Regel von Tag zu Tag abnimmt, was von vornherein zu erwarten ist, da ja die Körpermasse unaufhörlich abnimmt.

Wird der Stoffwechsel aber pro 1 kg Körpergewicht berechnet, so stellt es sich heraus, daß sich derselbe merkwürdig konstant erhält.

Beim Meerschweinchen (1) ist das Mittel für die 9 Hungertage 152,6 Kal. Die größten Abweichungen nach oben und unten betragen nur bzw. + 6,6 und — 10 Proz. Außerdem fallen die niedrigsten Zahlen in die Mitte der Reihe. — Im Versuch 2 ist der Stoffwechsel pro Körperkilogramm am 2. Tage geringer als am 5. und gleichgroß wie am 8.; im Versuche 3 zeigt er umgekehrt eine stetige Abnahme, welche indes vom 4. bis 9. Tage nur 10,8 Proz. beträgt. Dasselbe ist auch im Versuch 4 der Fall; am 8. Tage ist sie aber nur 2,3 Kal., d. h. 4,2 Proz. kleiner als am dritten.

In Rubners anderen, hier nicht mitgeteilten Versuchen an Hunden finden wir etwa dasselbe Verhalten. Der Stoffverbrauch des Körpers pro Kilogramm Körpergewicht sinkt also bei Nahrungsentziehung schon im Anfang des Hungerns auf einen verhältnismäßig niedrigen Wert herab und vermindert sich im weiteren Verlaufe des Hungerns nur in einem ziemlich geringen Grade.

Diese Folgerung wird durch die Erfahrungen am hungernden Menschen, wie aus Tabelle auf folgender Seite ersichtlich, vollauf bestätigt.

Bei den an Cetti, Breithaupt und Succi ausgeführten Versuchen ist der Gaswechsel täglich nur während höchstens etwa 30 Minuten bestimmt und dann für 24 Stunden berechnet worden. Beim Versuch an J. A. wurde dagegen die CO_2-Abgabe jeden Tag während 22 Stunden ununterbrochen bestimmt und für 24 Stunden berechnet; daher sind wohl die an ihm gefundenen Werte als die zuverlässigsten zu bezeichnen. Aus denselben geht nun hervor, daß der Gesamtstoffwechsel pro Kilogramm Körpergewicht schon am 2. bis 3. Hungertage sein Minimum erreicht, um während der folgenden Hungertage konstant zu bleiben.

Es ist aber äußerst wahrscheinlich, daß das betreffende Minimum noch früher erscheint. Bei der Berechnung des Hungerstoffwechsels hat man nämlich immer angenommen, daß der aus N-freien Nahrungsstoffen stammende Kohlenstoff allein aus Fett herrührt. Es ist indes unzweifelhaft, daß auch die im Körper anwesenden Kohlehydrate, und zwar insbesondere im Anfang des Hungerns, bei der Verbrennung beteiligt sind. Sie werden aber allmählich zerstört, und das Fett stellt dann fast den einzigen N-freien Nahrungsstoff dar, welcher zur Verfügung des Körpers steht.

Da nun aber der kalorische Wert des abgegebenen Kohlenstoffs bei Kohlehydraten geringer ist als beim Fett, so folgt, daß der in der erwähnten Weise berechnete Kraftwechsel vor allem während der ersten Hungertage etwas größer erscheint, als er tatsächlich ist. Es ist daher sehr möglich, daß der Stoffwechsel schon am 1. Hungertage auf ein Minimum herabsinkt.

Diese Auffassung wird durch die Erfahrungen über den Stoffwechsel beim nüchternen, ruhenden Menschen wesentlich unterstützt, denn derselbe ist, wie später näher ausgeführt werden wird, ganz derselben Größe wie das hier besprochene Hungerminimum.

Nr.	Versuchsperson	Tag	Körpergewicht kg	N-Abgabe g	Zersetztes Fett g	Kalorien aus Eiweiß	Kalorien aus Fett	Summa Kal.	Pro Körperkilogramm Kal.	Autor
1	Cetti	1 bis 4	55,9	13,23	136,7	329,8	1288,2	1618,0	29,0	Lehmann und Zuntz[1])
		5 „ 6	52,5	10,72	131,3	267,3	1237,4	1504,7	28,4	
		7 „ 8	52,1	10,21	149,4	254,7	1407,3	1662,0	31,7	
		9 „ 10	50,9	10,47	132,4	261,0	1227,4	1508,5	29,3	
2	Breithaupt	2 Eßtage vor dem Hungern	60,2	13,48	1,44	357,0	13,2	1645,2[2])	27,4	Lehmann und Zuntz[1])
		Mittel der 6 Hungertage	57,9	11,25	134,8	280,6	1269,8	1550,4	26,8	
		5 bis 6	56,7	10,53	109,3	262,6	1029,6	1292,2	22,8	
		2 Eßtage nach dem Hungern	58,6	10,07	—	268,3	—	1453,2[3])	24,8	
3	Succi	10	56,8	6,75	142,0	188,4	1320,8	1509,0	26,4	Luciani[4])
		20	52,7	4,39	142,0	122,6	1320,6	1443,2	27,3	
		29	50,4	4,08	136,0	113,9	1264,8	1378,7	27,2	
4	J. A.	Letzter Eßtag	67,8	23,41	87,0	809,1	2705,3	2705,3[6])	39,9	Johansson[5]) u. andere
		1	67,0	12,17	206,1	303,5	1916,9	2220,4	33,2	
		2	65,7	12,85	191,6	320,5	1781,9	2102,4	32,0	
		3	64,9	13,61	181,2	339,4	1684,7	2024,1	31,2	
		4	64,0	13,69	177,6	341,4	1651,9	1992,3	31,1	
		5	63,1	11,47	181,2	286,1	1684,7	1970,8	31,2	
		Erster Eßtag	64,0	25,44	64,4	598,9	2436,9	2436,9[7])	38,1	
		Zweiter Eßtag	65,6	18,07	71,5	665,0	2410,1	2410,1[8])	36,8	

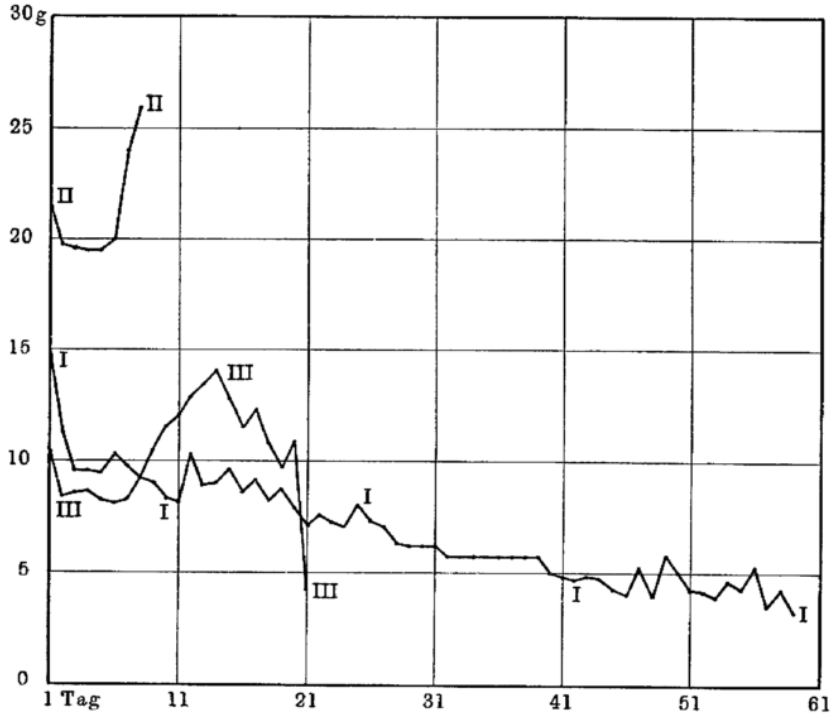
[1]) Arch. f. path. Anat. **131**, Suppl., S. 209, 1893. — [2]) In der Summe ist noch der Verbrennungswert von 311 g Kohlehydraten = 1275 Kal. enthalten. — [3]) In der Summe ist noch der Verbrennungswert von 289,9 g Kohlehydraten = 1184,9 Kal. enthalten. — [4]) Luciani, Das Hungern, S. 201. Die Zahlen für den N-Umsatz sind eigentlich mit 9 Proz. zu erhöhen, weil Lucianis Analysemethode um etwa 9 Proz. zu niedrige Resultate ergab (vgl. Schenck, Arch. f. d. ges. Physiol. **38**, 511, 1886). — [5]) Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 51, 55, 1896. — [6]) In der Summe ist noch der Verbrennungswert von 267,2 g Kohlehydraten = 1095,5 Kal. und 27,5 g Alkohol = 192,5 Kal. enthalten. — [7]) In der Summe ist noch der Verbrennungswert von 250,4 g Kohlehydraten = 1026,6 Kal. und 21,5 g Alkohol = 150,5 Kal. enthalten. — [8]) In der Summe ist noch der Verbrennungswert von 247,8 g Kohlehydraten = 1016,0 Kal. und 37,1 g Alkohol = 259,7 Kal. enthalten.

§ 3. Die Zersetzung von Eiweiß und Fett beim Hunger.

Um eine vollständigere Vorstellung von den Stoffwechselvorgängen beim Hungern zu bekommen, ist es notwendig, die dabei stattfindende Zersetzung des Eiweißes und des Fettes gesondert zu untersuchen; wir besitzen vielerlei Erfahrungen, welche in dieser Hinsicht außerordentlich wertvoll sind.

Betreffend den Eiweißzerfall geben uns vor allem die Versuche von F. A. Falck[1]), von welchen drei besonders charakteristische in Fig. 28 graphisch dargestellt sind, Aufklärung.

Fig. 28.



Die Harnstoffabgabe bei drei hungernden Hunden nach F. A. Falck.

Bei diesen Versuchen wurde, wie es bis zur Einführung der Kjeldahlschen Methode in der Regel der Fall war, nicht der gesamte Stickstoff im Harn, sondern nur der Harnstoff bestimmt. Wie aber aus mehreren Beobachtungen hervorgeht, ist der hierdurch entstehende Fehler, beim Hunde wenigstens, nur gering.

Die Kurve I bezieht sich auf eine Hündin, die 60 Tage lang auf absolute Karenz gesetzt war. Ihr Verlauf kann in gewissem Grade für die Harnstoffabgabe bei einem erwachsenen Tier, das zu Beginn des Fastens genügend Fett besitzt, als typisch angesehen werden. Noch nach dem Tode enthielt der Körper etwas Fett, in der Bauchhöhle allein 30 g. Wie ersicht-

[1]) Falck, Beiträge zur Physiologie usw. 1, 69, 1875; vgl. auch Voit, Zeitschr. f. Biol. 2, 307, 1866; Kumagawa, Mitt. d. med. Fakultät der Universität zu Tokio 3, 1, 1894.

lich, nimmt die Harnstoffabgabe unter verschiedenen, verhältnismäßig geringen Unregelmäßigkeiten bis zum Tode ununterbrochen ab.

Die Kurven II und III haben einen teilweise ganz anderen Charakter. Im Anfang nimmt zwar auch hier die Harnstoffausscheidung in derselben Weise wie im Versuch I ab; nach Verlauf einiger Tage steigt sie aber wieder an und erreicht jetzt Werte, die die Anfangswerte wesentlich übertreffen. Danach folgt in Kurve III eine neue, bis zum Tode führende Abnahme der Harnstoffausscheidung. Die Ursache dieser Verschiedenheit bei den verschiedenen Hungertieren werde ich später erörtern.

Beim Menschen ist die Eiweißzersetzung während längerer Hungerperioden an den mehrmals erwähnten Hungerern studiert worden. In folgender Tabelle sind die dabei erhaltenen Zahlen für die N-Abgabe im Harn zusammengestellt:

Hungertag	Cetti	Hungertag	Succi I[1])	Succi II[2])
Letzter Eßtag	13,5	Letzter Eßtag	16,2	—
1	13,6	1	13,8	17,0
2	12,6	2	11,0	11,2
3	13,1	3	13,9	10,6
4	13,4	4	12,8	10,8
5	10,7	5	12,8	11,2
6	10,1	6	10,1	11,0
7	10,9	7	9,4	8,8
8	8,9	8	8,4	9,7
9	10,8	9	7,8	10,1
10	9,5	10	6,8	7,1
1. Eßtag	13,4	11	7,9	6,3
2. Eßtag	13,3	12	7,2	6,8
	Breithaupt	13	3,5	5,1
Letzter Eßtag	13,0	14	5,3	4,7
1	10,0	15	5,1	5,1
2	9,9	16	5,5	4,2
3	13,3	17	6,2	5,4
4	12,8	18	5,5	3,6
5	11,0	19	5,0	5,7
6	9,9	20	4,4	3,3
1. Eßtag	11,9	21	3,9	2,8
2. Eßtag	8,3	22	3,2	—
	J. A.	23	4,8	—
Letzter Eßtag	22,4	24	5,6	—
1	12,0	25	6,0	—
2	12,7	26	5,1	—
3	13,5	27	5,4	—
4	13,6	28	5,6	—
5	11,3	29	4,1	—
1. Eßtag	24,4	30	6,6	—
2. Eßtag	17,1			—

[1]) Lucianis Beobachtungen. Vgl. die Note S. 382. — [2]) E. und O. Freund, Wiener klin. Rundschau 1901, S. 69, 91.

Die einzigen Versuche, welche einen näheren Vergleich mit dem Verhalten bei hungernden Tieren gestatten, sind die an Cetti und Succi. In beiden und insbesondere in dem letzteren finden wir, daß der Eiweißzerfall beim Menschen ganz wie beim Hunde im Verlauf des Hungerns unter verschiedenen, im allgemeinen geringen Unregelmäßigkeiten allmählich abnimmt und etwa nach zwei Wochen einen sehr kleinen Wert erreicht.

Ähnlich geringe Werte wie bei Succi hat man auch bei anderen Hungerern in der späteren Hungerzeit beobachtet. Ein sich aushungernder 50jähriger Irrer, der seit vier Wochen nur ein Weißbrot und ein Glas Bier zu sich nahm, schied am 28. Tage nur 4,44 g N im Harn aus (Scherer); ein 24jähriges Mädchen, das infolge einer Oesophagusstenose in 16 Tagen verhungerte, schied sogar nur 2,8 g N aus (Schultzen). Ein abstinierender Geisteskranker von 65 kg Körpergewicht schied vom 15. bis 21. Hungertage durchnittlich 4,26, ein anderer von 55 kg Körpergewicht während 16 Tagen im Mittel 4,3 g aus (Tuczek). Bei einem Falle von Schlafsucht und Inanition beobachtete Senator am vierten Tage 5,7 g, am 14. sogar 3,8 g N im Harn. Übereinstimmende Zahlen sind auch von F. Müller mitgeteilt worden [1]).

Während der ersten Hungertage ist die N-Abgabe verhältnismäßig groß; auf Grund dessen hat Munk geltend machen wollen, daß sich der Mensch betreffend den Eiweißzerfall im Anfang des Hungerns wesentlich anders verhielte als der Hund, bei welchem die N-Abgabe schnell herabsinkt [2]). Diese Auffassung scheint jedoch nicht berechtigt zu sein, denn Munk selbst hat schon früher bei einem Hunde von 35 kg Körpergewicht während neun Hungertagen eine N-Abgabe von insgesamt 78 g beobachtet [3]). Dies macht pro Kilogramm Körpergewicht 2,23 g N, während die N-Abgabe bei Cetti während der ersten neun Hungertage insgesamt 1,83 g pro Körperkilo betrug.

Während der ersten drei bis vier Hungertage bemerken wir bei allen vier Hungerern (nicht aber bei Succi II), daß die N-Abgabe im Harn stetig zunimmt, um dann wieder abzusinken. Die gleiche Erscheinung hat Prausnitz bei 15 zweitägigen Hungerversuchen zwölfmal beobachtet und findet eine Erklärung dieses Verhaltens in folgender Überlegung. Da der Mensch in seiner gemischten Nahrung in der Regel viel Fett und namentlich viel Kohlehydrate genießt, so wird sich auch in seinem Körper immer viel Glykogen und Fett vorfinden. Am ersten Hungertage schützt nun das reichlich abgelagerte Glykogen eine gewisse Menge Eiweiß vor der Zersetzung, es geht aber selber an diesem Tage zu großem Teile zugrunde, und seine schützende Wirkung fällt daher am zweiten Hungertage wesentlich fort, statt dessen wird nunmehr Eiweiß in größerem Umfange angegriffen [4]). Hierdurch verarmt aber der Körper an disponiblem Eiweiß, infolgedessen nimmt die Eiweißzersetzung wieder ab, und das vorhandene Körperfett wird nun in größerem Maße angegriffen. Diese Auffassung wird dadurch wesentlich unterstützt, daß beim Versuche an J. A., pro Körperkilogramm berechnet, gleichzeitig mit der Steigerung des Eiweißzerfalles die Abgabe von Kohlenstoff aus N-freien Verbindungen abnahm, um erst am fünften Tage wieder in die Höhe zu gehen [5]).

Trotzdem dürfen wir uns nicht vorstellen, daß die Gesamtmenge des Glykogens schon im Laufe der ersten Hungertage verbraucht worden wäre, denn wir wissen ja, daß sich Glykogen sogar nach mehrwöchigem Hungern

[1]) Nach Munk, Arch. f. path. Anat. **131**, Suppl., S. 119. — [2]) Ebenda **131**, Suppl., S. 118. — [3]) Ebenda **101**, 105. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **29**, 151, 1892. — [5]) Vgl. Skand. Arch. **7**, 64, 1896.

im Körper nachweisen läßt. Im Anfang des Hungerns ist aber der Glykogengehalt viel größer als später, und das Glykogen kann daher gerade zu dieser Zeit seine stärkste eiweißersparende Wirkung ausüben [1]).

Aus den im folgenden Kapitel näher zu besprechenden Erfahrungen über den Stoffwechsel bei Zufuhr von Nahrung wissen wir, daß das aus dem Darm resorbierte Eiweiß leichter als alle anderen Nahrungsstoffe im Körper zersetzt wird. Beim Hungern finden wir indes, daß der Anteil des Eiweißes am Gesamtstoffwechsel verhältnismäßig gering ist, und zwar beträgt derselbe dem Wärmewerte nach bei gut genährten Tieren nur etwa 7,3 bis 16,5 Proz. der totalen Wärmeentwickelung (E. Voit [2]). Da nun dieses Eiweiß den Geweben selbst entstammt, so folgt, daß die Körpergewebe in verhältnismäßig geringem Umfange Eiweiß von sich selber abgeben.

Wie schon oben bemerkt, beobachtet man bei hungernden Tieren nicht selten, daß die N-Abgabe nach einer vorübergehenden Abnahme wieder beginnt anzusteigen und allmählich Werte erreicht, welche die Anfangswerte wesentlich übertreffen (vgl. Kurve II und III, Fig. 28 [3]).

Voit, welcher die betreffende Erscheinung zuerst beobachtete, deutete dieselbe durch die Annahme, daß das anfangs neben dem Eiweiß noch vorhandene Fett das erstere schützte, später aber nicht mehr, nachdem der Körper dem Fett gegenüber reicher an Fleisch geworden war.

Eine wesentliche Stütze erhielt diese Auffassung durch Rubners Versuche an hungernden Hunden [4]). Es wurden an einem und demselben Tiere zwei Hungerversuche ausgeführt. In dem ersten war das Tier mager, 8,83 kg, dabei zersetzte es am zweiten Hungertage pro Körperkilogramm 5,32 g Fett und schied 0,34 g N im Harn aus. Sodann wurde es gemästet und vier Monate später zu einem neuen Hungerversuche benutzt. Es wog nun 11,11 kg und zersetzte am zweiten Hungertage pro Kilogramm 5,92 g Fett, schied aber nur 0,14 g N aus. Die absoluten Zahlen sind im mageren Zustande 3,04 g N und 46,94 g Fett, im fetten 1,64 g N und 65,79 g Fett. Noch direkter scheint die Bedeutung der Fettabnahme aus folgenden Versuchen am Kaninchen hervorzugehen (Rubner [5]).

Nr.	Hungertag	N im Harn, Durchschnitt pro Tag g	Hungertag	Zersetztes Fett, Durchschnitt pro Tag g
II	1 — 3	1,67	2	10,3
	4 — 5	1,46	4	10,3
	6 — 8	3,21	8	2,4
III	1 — 2	1,50	—	—
	3 — 8	1,03	3 — 8	10,0
	9 —15	0,91	9 —15	7,4
	16—18	2,65	16—18	1,0

[1]) Vgl. auch Landergren, Skand. Arch. **14**, 165, 1903. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **41**, 167, 1901; vgl. auch Rubner, ebenda **19**, 557, 1883. — [3]) Weitere Beispiele davon finden sich bei Voit, Zeitschr. f. Biol. **2**, 327, 1866; Feder, ebenda **14**, 176, 1878; Schimanski, Zeitschr. f. physiol. Chemie **3**, 396, 1879; Kukein, Zeitschr. f. Biol. **18**, 26, 1882; Schöndorff, Arch. f. d. ges. Physiol. **67**, 432, 1897. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **19**, 541, 561, 1883. — [5]) Ebenda **17**, 220, 231, 233, 1881.

Im Versuch II steigt die N-Abgabe von 1,46 auf 3,21 g, während gleichzeitig die Fettzersetzung von 10,3 auf 2,4 g herabsinkt. Das Ergebnis vom Versuch III ist gleichlautend: N-Abgabe während des 9. bis 15. Tages 0,91, während der letzten Tage 2,65; Fettzersetzung während des 9. bis 15. Tages 7,4 g, während der letzten Tage 1,0 g.

Wenn die hier zu erörternde Deutung richtig ist, so müßte durch Zufuhr von N-freien Nahrungsstoffen die betreffende Steigerung des Eiweißzerfalls vermieden werden können. Diese Voraussetzung hat sich nun in der Tat in einer Anzahl von Fällen, wie z. B. in den folgenden, bewährt.

Ein hungerndes Kaninchen von 2159 g Anfangsgewicht lebte 29 Tage lang; während 23 Tage erhielt es je 30 g Öl subcutan, während der letzten drei Tage aber nicht. Von der gesamten Fettmenge, 690 g, wurden 540 g resorbiert. Eine Steigerung der N-Abgabe trat erst spät auf und kam eigentlich nur während der letzten drei Hungertage deutlich zum Vorschein. (Am 1. bis 8. Tage 1,78 g, 13. bis 22. Tage 0,58 g, 23. bis 25. Tage 0,64 g, 26. Tage 0,99, 27. Tage 1,24, 28. Tage 1,17 g; Koll[1]).

Auch durch Zufuhr von Kohlehydraten ist es gelungen, während langer Zeit der beim Kaninchen in der Regel hervortretenden Steigerung des Eiweißumsatzes vorzubeugen (Kaufmann[2]).

Schulz[3]) fütterte einen Hund mit einer den Bedarf weit untersteigenden Menge Fleisch und entzog also, bei nur wenig verändertem Eiweißbestand, dem Tiere allmählich dessen Fett: die prämortale Steigerung der N-Abgabe kam endlich sehr charakteristisch zum Vorschein. Nach dem Tode enthielt das Tier allerdings noch etwas Ätherextrakt; ein Drittel davon bestand aber aus Cholesterin.

Wenn also diese Erfahrungen unbedingt dafür sprechen, daß das Körperfett und seine quantitativen Veränderungen in bezug auf die Größe des Eiweißumsatzes beim Hungern eine sehr bedeutende Rolle spielen, so ist dadurch nicht nachgewiesen, daß die betreffende Steigerung des Eiweißumsatzes nur von der Fettabnahme bedingt ist, denn sie kann auch dann auftreten, wenn der Körper sein Fett noch lange nicht verbraucht hat, wie daraus hervorgeht, daß man an verhungerten Tieren, welche die prämortale Steigerung der N-Abgabe sehr schön dargeboten haben, immer noch zurückgebliebenes Fett hat nachweisen können[4]). Ein vollständiger Fettmangel existiert also überhaupt nicht, was übrigens Voit nie behauptet hat.

Angesichts dieser Tatsachen hat Schulz[5]) erwogen, ob nicht auch andere Umstände hierbei zu berücksichtigen sind, und ist in dieser Hinsicht zu der folgenden Auffassung gekommen: Beim Hunger können die Körperzellen zunächst ohne wesentliche Störungen ihrer Lebenstätigkeit Eiweiß von sich abgeben. Endlich muß doch irgend eine Zelle ihren niedrigsten Eiweißbestand erreicht haben, und sie stirbt ab. Dieses Absterben einer oder weniger Zellen wird natürlich nicht den Tod des Gesamtorganismus zur Folge haben. Wenn aber eine große Anzahl von Zellen zugrunde gegangen ist, werden die Leistungen des Körpers erheblich gestört werden müssen, bis sie schließlich ganz aufhören. Ein fettreiches Tier hält den Hunger länger aus, weil der Fettreichtum des für gewöhnlich auch eiweißreicheren Tieres einen größeren

[1]) Koll, Die subcutane Fetternährung vom physiolog. Standpunkte, S. 98. Würzburg 1897. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **41**, 96; E. Voit, ebenda **41**, 550, 1901. — [3]) Arch. f. d. ges. Phys. **76**, 400, 1899. — [4]) Vgl. Schulz, ebenda **66**, 145, 1897. — [5]) Ebenda **76**, 385, 1899.

Eiweißschutz ausübt und also wenig Zelleiweiß vernichtet wird. Die prämortale Steigerung des Eiweißzerfalles ist also von einem plötzlich stattfindenden Absterben von Zellen bedingt[1]).

Eine nähere Erörterung dieser Anschauung und der darüber geführten Polemik würde hier zu weit führen. Ich will nur bemerken, daß bei dieser Erscheinung auch andere Faktoren beteiligt sein könnten. Es könnte möglich sein, daß die Fähigkeit der durch den Hunger beschädigten Körperzellen, Fett zu zersetzen, ganz allmählich abnehmen würde und zur Deckung des dadurch entstandenen Defizits Eiweiß in entsprechend steigenden Mengen zum Abschmelzen kommen müßte. — Auch ist es nicht unmöglich, daß bei einer bedeutenden Abnahme des Körperfettes das Fett nicht in genügender Menge aus seinen großen Depots in den Saftstrom gerät, wodurch die Speisung der Gewebe mit Fett verringert wird[2]).

Als entschieden kann diese Frage jedenfalls nicht erachtet werden. Es zeigt sich ja übrigens, daß der Stoffwechsel bei Hunger demjenigen bei Nahrungszufuhr gegenüber verschiedene Abnormitäten darbietet, wie schon daraus hervorgeht, daß die Verbrennungswärme des Harns beim Hunde pro 1 g N größer ist als bei reiner Fleischfütterung (vgl. oben S. 361). Betreffend fernere Unterschiede weise ich auf die von E. und O. Freund an Succi gemachten Beobachtungen hin[3]).

Könnte es dann nicht der Fall sein, daß die prämortale Steigerung des Eiweißzerfalles durch eine Art von Autointoxikation bedingt wäre, welche entweder das Zersetzungsvermögen der Zellen für Fett oder die Lösung des Fettes aus den großen Fettdepots herabsetzen würde?

Nach dem Hungern zeigt der Körper eine ausgesprochene Fähigkeit, die erlittenen Verluste wieder zu ersetzen. Da ich in den Kapiteln VIII bis X den Ansatz von organischer Substanz im Körper näher besprechen werde, beschränke ich mich hier nur darauf, einige hierher gehörige Beobachtungen am Menschen mitzuteilen.

Die Versuchsperson J. A. hatte während fünf Hungertagen vom Körper 398,8 g Eiweiß, 937,7 g Fett, 36,6 g Aschebestandteile und 3829 g Wasser verloren. Am letzten Tage betrug der Umsatz 71,7 g Eiweiß und 181 g Fett. Bei einer sehr reichlichen Kost, aus welcher im Mittel 170,5 g Eiweiß, 238,3 g Fett, 249,1 g Kohlehydrate und 29,3 g Alkohol = 4141 Kal. resorbiert wurden, zersetzte J. A. während zwei Eßtagen durchschnittlich 135,5 g Eiweiß, 68 g Fett, 249,1 g Kohlehydrate und 29,3 g Alkohol = 2424 Kal. Es blieben also während dieser zwei Tage 81,5 g Eiweiß, 339,3 g Fett und wenigstens 25,1 g Aschebestandteile im Körper zurück. Vom genossenen Wasser, für die zwei Tage 7894 g, wurden 2730 g angesetzt. Während dieser zwei Tage wurden also 20,4 Proz. des verlorenen Eiweißes, 36,2 Proz. des verlorenen Fettes, 71,3 Proz. des verlorenen Wassers und wenigstens 68,6 Proz. der verlorenen Aschebestandteile dem Körper ersetzt[4]).

§ 4. Der Verlust der verschiedenen Organe beim Hungern.

Um den Gewichtsverlust der einzelnen Organe beim Hungern festzustellen, hat man zwei möglichst gleichgroße Tiere derselben Art und desselben Alters ausgewählt, das eine sogleich, das andere aber nach einem genügend langen Hunger getötet und dann an beiden die einzelnen Organe, frisch und in trockenem Zustande gewogen und miteinander verglichen. Hierbei ist man von der Annahme ausgegangen, daß bei zwei Tieren gleichen Gewichts und gleichen Alters alle Organe gleich schwer sind, was indes nicht ganz richtig

[1]) Vgl. auch Kaufmann, Zeitschr. f. Biol. **41**, 75, 1901; Schulz, ebenda **41**, 368; E. Voit, ebenda **41**, 502, 550, 1901. — [2]) Vgl. E. Voit, Zeitschr. f. Biol. **41**, 530, 1901. — [3]) Wiener klin. Rundschau 1901, S. 69, 91. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 46, 49, 65, 68, 1896.

ist, denn das Gewicht einzelner Organe kann trotz gleichgroßem Körpergewicht vielfach variieren. Es steht uns aber keine andere Methode zur Verfügung, um diese Frage ganz allgemein zu beantworten. Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der in dieser Weise von Chossat[1]) (Tauben), Voit[2]) (Katze), Kumagawa[3]) (Hund) und Sedlmair[4]) (Katze) gemachten Beobachtungen.

100 g Organ verloren nach:

Organ	Chossat	Voit		Kumagawa	Sedlmair I	Sedlmair II
	frisch	frisch	trocken	frisch, fettfrei	trocken	trocken
Skelett	21	14	—	5	19	24
Haut	33	21	—	28	32	44
Muskeln	42	31	30	42	70	65
Gehirn und Rückenmark	2	3	—	22	[+ 1,1]	—
Herz	45	3	—	16	55	44
Blut	—	27	18	48	—	—
Milz	71	67	63	57	74	75
Leber	52	54	57	50	72	64
Pankreas	64	17	—	62	39	69
Nieren	32	26	21	55	58	53
Genitalapparat	—	—	—	49	—	—
Magen und Darm	42	18	—	32	53	57
Lungen	22	18	19	29	30	35
Fettgewebe	93	97	—	—	97	89

Aus dieser Tabelle geht in voller Bestätigung der Stoffwechselversuche hervor, daß vor allem das Fettgewebe beim Hungern zugrunde geht. Ferner finden wir, daß die drüsigen Organe — die Milz, die Leber, das Pankreas — in einem beträchtlichen Umfange leiden, sowie daß auch die Skelettmuskeln in einem sehr großen Umfange zerstört werden. Nach Voit und Kumagawa würde dagegen das Herz nur wenig an Masse einbüßen, während dasselbe nach Chossat und Sedlmair sehr stark abnimmt. Das zentrale Nervensystem scheint dagegen nur in sehr geringem Grade durch das Hungern zu leiden.

Die zuletzt erwähnte Erscheinung könnte dafür sprechen, daß diejenigen Organe, deren Tätigkeit für das Leben am wichtigsten ist, trotz eines prolongierten Hungerns nicht an Masse abnehmen und also ganz speziell auf Kosten der übrigen Organe ernährt werden, und man könnte auch in dem geringen Gewichtsverlust des Herzens bei den Versuchen von Voit und Kumagawa eine Bestätigung dieses Schlusses finden. Da aber das Gewicht

[1]) Mém. présentés par divers savants à l'Académie des sciences. Paris. **8**, 438, 1843; zit. nach Voit, S. 95. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **2**, 351, 1866, 13tägiges Hungern. — [3]) Mitt. der med. Fakultät der Universität zu Tokio **3**, 1, 1894. Die hier mitgeteilten Zahlen sind von E. Voit (Zeitschr. f. Biol. **46**, 195, 1904) auf fettfreies Tier berechnet, 24tägiges Hungern. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **37**, 41, 1899, 28-, bzw. 35tägiges Hungern.

des zentralen Nervensystems an und für sich sehr gering ist und die Erfahrungen Chossats und Sedlmairs bezüglich des Herzens ganz anders als die von Voit und Kumagawa lauten, so dürfte aus diesen Beobachtungen keine bestimmte Schlußfolgerung gezogen werden können, obgleich das Material jedenfalls eine Andeutung davon gibt, daß beim Hungern die besonders tätigen Organe ihre Arbeit auf Kosten der übrigen Organe ausführen.

Diese Anschauung hat aber durch andere Untersuchungen eine sehr wichtige Stütze gefunden. E. Voit fütterte Tauben mit sehr kalkarmem Futter; die Knochen, welche bei den Bewegungen der Tiere benutzt wurden, verlieren dabei kaum etwas an Gewicht, während das Brustbein und der Schädel zu ganz dünnen, löcherigen Gebilden verwandelt worden waren[1]). Da die Kost die zum Unterhalt des Körpers notwendige Kalkmenge nicht enthielt, wurde Kalk von den „untätigen" Knochen abgegeben, um den „tätigen" zur Verfügung gestellt zu werden. Daß auch beim vollständigen Hungern die Knochen ihre anorganischen Bestandteile abgeben, geht aus Munks[2]) Beobachtungen an hungernden Menschen und Tieren hervor.

Sehr demonstrativ ist auch folgende Beobachtung von Miescher[3]). Der Rheinlachs zieht im besten Ernährungszustande aus dem Meere, bleibt aber sechs bis neun Monate lang im Süßwasser, ohne irgendwelche Nahrung zu genießen. Während dieser Zeit magert er natürlich in sehr hohem Grade ab, die Geschlechtsorgane, die Hoden und die Eierstöcke entwickeln sich aber auf Kosten der abnehmenden Skelettmuskeln zu einem enormen Umfange.

Hierher gehört auch die Verwandlung der Batrachierlarven, z. B. der der Geburtshelferkröte *(Alytes obstetricans)*. Wenn dieselbe gegen Ende Mai ausgewachsen ist und eine Länge von etwa 8 cm erreicht hat, hört sie auf zu fressen. Die Länge des eigentlichen Körpers beträgt etwa 3 cm, und der mächtige Ruderschwanz stellt also einen sehr großen Teil der Masse des Tieres dar. In der Zeit von etwa fünf Wochen wird nun infolge des Hungers der ganze Schwanz aufgezehrt, indem er sich von Tag zu Tag verkleinert, während auf seine Kosten die Hinter- und Vorderbeine aus dem Rumpfe hervorwachsen (Pflüger[4]).

Es scheint daher die Auffassung gestattet zu sein, daß sämtliche Organe beim Hungern ihre Beiträge zum Unterhalt des Gesamtkörpers abgeben; diejenigen Organe aber, deren Tätigkeit in erster Linie für das Leben in Betracht kommt, leisten ihre Arbeit auf Kosten der übrigen: ihr Nahrungszustand leidet daher weniger als der der anderen Organe, und sie nehmen verhältnismäßig wenig an Gewicht ab.

Früher oder später trifft aber die Zeit ein, wo das durch diese Besteuerung der Organe angeschaffte Material nicht mehr genügt, um die lebenswichtigsten Organe und Verrichtungen zu unterhalten. In dieser Hinsicht verhalten sich verschiedene Tiere und verschiedene Individuen sehr verschieden: junge Tiere haben eine sehr geringe Widerstandskraft, neugeborene Hunde sterben schon innerhalb 72 Stunden; erwachsene Hunde sind

---

[1]) Amtl. Ber. d. 50. Vers. d. deutschen Naturf. in München 1877, S. 242, zit. nach Voit. — [2]) Arch. f. path. Anat. **131**, Suppl., S. 171, 1893; Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 336, 1894. Vgl. auch Sedlmair, Zeitschr. f. Biol. **37**, 25, 1899; E. Voit, ebenda **46**, 167, 1904. — [3]) F. Miescher, Histochemische u. physiol. Arbeiten **2**, 124, 1880; vgl. auch Boyd, Dunlop, Gillespie, Gulland, Greig, Mahalanobis, Newbigin und Paton, Journ. of Physiol. **22**, 333, 1898. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **29**, 78, 1882; **54**, 403, 1893.

bei absoluter Karenz bis zu 60 Tagen am Leben geblieben; erwachsene Menschen haben 40 bis 50 Tage lang gefastet, ohne zu sterben — unwiderruflich kommt aber der Tag, wo das Leben erlischt. Wenn die Tiere in Watte eingebettet und dadurch der Wärmeverlust vermindert wird, kann der Tod allerdings noch einige Zeit aufgeschoben werden. Es dauert indes nunmehr nicht lange, bis die Störungen der lebenswichtigsten Organe so weit fortschreiten, daß das Leben nicht mehr möglich ist, das Tier stirbt.

Viertes Kapitel.

Der Stoffwechsel bei Zufuhr von Nahrung.

Wenn ein Tier beliebig große Mengen der N-freien Nahrungsstoffe, aber kein Eiweiß aufnimmt, so scheidet es nichtsdestoweniger Stickstoff im Harn und Kot ununterbrochen aus; wenn mit dieser Diät genügend lange fortgefahren wird, tritt der Tod an N-Hunger unvermeidlich ein. Dennoch hält der Körper bei alleiniger Zufuhr von N-freier Kost länger aus als bei vollständigem Hungern. Haben wir ja schon beim Studium des Hungerstoffwechsels gesehen, wie die zugrunde gehende Eiweißmenge geringer ist, solange der Körper Gelegenheit und Vermögen hat, Fett in genügender Menge zu zerstören, sowie daß die Zufuhr von Fett oder Kohlehydraten den Eintritt der prämortalen Steigerung der N-Abgabe unter Umständen wenigstens verhindern oder aufschieben kann. In derselben Richtung gehen die an Kaninchen gemachten Beobachtungen von Oertmann[1]): bei möglichst N-armem, hauptsächlich aus Kohlehydraten bestehendem Futter blieben die Tiere noch bis zu 61 Tagen am Leben, während Kaninchen bei vollständiger Nahrungsentziehung viel früher verenden.

Auf der anderen Seite ist es bei einem Tiere, dessen Verdauungsorgane die Resorption ausreichender Eiweißmengen gestatten, möglich, durch alleinige Zufuhr von Eiweiß bleibend den Körper völlig leistungsfähig zu erhalten. Das beste Beispiel davon haben wir in einem Versuch von Pflüger[2]), der einen äußerst mageren Hund von etwa 30 kg Gewicht fast $^3/_4$ Jahre lang mit möglichst fett- und glykogenfreiem Fleisch fütterte. Nach dieser Zeit war das Tier, obgleich es dabei eine sehr beträchtliche Arbeit ausführte, noch sehr leistungsfähig.

Da wir in betreff der chemischen Vorgänge bei der Stoffzersetzung im Körper keinen wesentlichen, prinzipiellen Unterschied zwischen dem Hunde und dem Menschen voraussetzen können, läßt es sich theoretisch sehr wohl denken, daß auch der Mensch sich ausschließlich mit Eiweiß ernähren könnte. Indes kommt hier die Leistungsfähigkeit der Verdauungsorgane noch in Betracht, und die Erfahrung hat gezeigt, daß diese nicht vermögen, dauernd Eiweiß in solcher Menge zu verdauen und dem Blute abzugeben, wie sie für den Unterhalt des Körpers nötig wäre, und aus diesem Grunde ist der Mensch immer gezwungen, neben dem Eiweiß auch N-freie Nahrungsstoffe zu genießen.

Da das Eiweiß also unter den organischen Nahrungsstoffen eine bestimmte Ausnahmestellung einnimmt, ist es angezeigt, die Darstellung des Stoffwechsels bei Zufuhr von Nahrung mit dem Studium des Eiweißes zu beginnen.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **15**, 375, 1877. — [2]) Ebenda **50**, 98, 1891; **96**, 331, 1903.

§ 1. Der Stoffwechsel bei Zufuhr von Eiweiß[1]).

Noch heutzutage sind die von Bischoff und Voit ausgeführten Untersuchungen über den Eiweißstoffwechsel vor allem maßgebend. Daher teile ich zur Orientierung in erster Linie eine Zusammenstellung einiger Beobachtungen von diesen Autoren hier mit[2]).

Nr.	Hund I[3]) 1858 Datum	N-Aufnahme pro Tag g	N-Abgabe, Durchschnitt pro Tag im Harn g	im Kot g	Summe g	N-Bilanz pro Tag g	Dauer des Versuchs Tage
1	9.—15. Nov.	61,2	56,5	1,0	57,5	+ 3,7	7
2	16.—17. „	51,0	50,6	0,8	51,4	— 0,4	2
3	18.—19. „	40,8	41,3	0,6	41,9	— 1,1	2
4	20.—21. „	30,6	36,6	0,5	37,1	— 6,5	2
5	22.—23. „	20,4	22,9	0,2	23.1	— 2,7	2
6	24.—25. „	10,2	15,2	0,2	15,4	— 5,2	2
7	26.—27. „	6,0	12,5	—	12,5	— 6,5	2
8	28.—30. „	0	7,7	—	7,7	— 7,7	3
9	1.— 4. Dez.	61,2	57,8	0,6	58,4	+ 2,8	4
10	5.— 7. „	85,0	80,6	0,8	81,4	+ 3,6	3

Nr.	Hund II[4]) 1858 Datum	N-Aufnahme pro Tag g	N-Abgabe, Durchschnitt pro Tag im Harn g	im Kot g	Summe g	N-Bilanz pro Tag g	Dauer des Versuchs Tage
1	25. Aug.	0	7,6	—	7,6	— 7,6	1
2	26. „	0	6,5	—	6,5	— 6,5	1
3	27.—28. „	10,2	12,9		12,9	— 2,7	2
4	29. Aug.—1. Sept.	20,4	22,6		22,6	— 2,2	4
5	2.—3. Sept.	30,6	32,0		32,0	— 1,4	2
6	4.—5. „	40,8	40,1		40,1	+ 0,7	2
7	6.—7. „	51,0	49,2		49,2	+ 1,8	2

[1]) Das Verhalten der P-haltigen Eiweißstoffe wird im Zusammenhange mit den Aschebestandteilen erörtert werden (Kap. X). — [2]) Das bei diesen Versuchen benutzte Fleisch war gutes, frisches Kuhfleisch, jederzeit sehr sorgfältig von Knochen, Knorpel usw. rein präpariert. Verschiedene Analysen ergaben, daß es durchschnittlich nicht mehr als 1 Proz. Fett enthielt. Als Durchschnittswert für den N-Gehalt des gefütterten Fleisches wird nach mehreren Analysen die Zahl 3,4 angenommen. — Im Harn wurde nur der Harnstoff, nicht der Gesamtstickstoff bestimmt, was aber nur einen verhältnismäßig geringen Fehler hat veranlassen können. Die Resultate der Versuche werden von Voit in der Regel als „Fleisch" aufgenommen. Um dieselben mit den späteren Untersuchungen leichter vergleichbar zu machen, habe ich sie hier und im folgenden in Stickstoff angegeben. — [3]) Bischoff u. Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig u. Heidelberg 1860, Tabelle; Voit, Zeitschr. f. Biol. 3, 74, 1867. — [4]) Voit, Zeitschr. f. Biol. 3, 29, 84, 1867.

Aus diesen Versuchen folgt, daß bei vermehrter Zufuhr von Eiweiß auch die Eiweißzersetzung zunimmt, und zwar wird in den meisten Fällen nicht allein die gesamte zugeführte Eiweißmenge zersetzt, sondern ein Teil des Körpereiweißes geht außerdem zugrunde; nur bei sehr reichlicher Fleischzufuhr tritt Gleichgewicht ein oder erfolgt sogar eine Retention von Stickstoff im Körper.

Wesentlich in derselben Weise verhält sich der Eiweißumsatz, wenn das Futter nebst Eiweiß auch Fette oder Kohlehydrate enthält. Auch jetzt steigt die Eiweißzersetzung in nahezu gerader Proportion zu der gefütterten Eiweißmenge, obgleich, wie später näher auszuführen ist, die absolute Größe des Eiweißzerfalls bei Zugabe von Fett oder Kohlehydraten etwas herabgesetzt wird. Als Belege verweise ich auf folgende Versuche von Bischoff und Voit[1]).

Nr.	Datum	Futter pro Tag		N-Abgabe, Durchschnitt pro Tag	N-Bilanz pro Tag	Dauer des Versuchs
		N g	Fett g	g	g	Tage
1	22. Nov. bis 1 Dez. 1857	5,1	250	7,9	— 2,8	10
2	2. Dez.	8,5	250	9,2	— 0,7	1
3	3. „	11,9	250	—	—	1
4	4. „	15,3	250	11,7	+ 3,6	1
5	5. Dez. 1857 bis 5. Jan. 1858	17,0	250	15,1	+ 1,9	32
6	6. bis 8. Jan.	25,5	250	22,4	+ 3,1	3
7	9. „ 11. „	34,0	250	29,8	+ 4,2	3
8	12. „ 14. „	42,5	250	39,2	+ 3,3	3
9	15. „ 18. „	51,0	250	47,0	+ 4,0	4

Nr.	Datum	Futter pro Tag		N-Abgabe, Durchschnitt pro Tag	N-Bilanz pro Tag	Dauer des Versuchs
		N g	Stärke g	g	g	Tage
1	22. März 1858	23,8	150	26,3	— 2,5	1
2	23. „	20,4	150	23,1	— 2,7	1
3	24. „	14,6	200	18,8	— 4,2	1
4	25. bis 28. März	8,8	250—350	13,4	— 4,6	4
5	31. März bis 1. April	5,1	350—430	10,7	— 5,6	2
6	2. bis 3. April	0	450	5,7	— 5,7	2

Wie der Körper sehr verschiedene Eiweißmengen zersetzen kann, so vermag er es auch, sich mit sehr verschiedenen Quantitäten Eiweiß in Stickstoffgleichgewicht zu stellen (vgl. S. 353), vorausgesetzt, daß die betreffende Kost genügend lange verabreicht wird.

Wie leicht ersichtlich, kann dies jedenfalls nur innerhalb gewisser Grenzen stattfinden: erstens gibt es eine untere Grenze, unterhalb deren die Eiweiß-

[1]) Bischoff u. Voit, a. a. O., Tab.; Voit, Zeitschr. f. Biol. 5, 332, 338, 433, 1869.

zufuhr nicht sinken darf, ohne daß N-Hunger eintritt, und zweitens findet sich eine obere Grenze, welche, wie es scheint, von der Verdauungs- und Resorptionsfähigkeit des Darmes bestimmt wird, indem der Körper nach einiger Zeit wenigstens es vermag, jede noch so große Menge resorbierten Eiweißes zu zersetzen.

Um die Art und Weise zu zeigen, wie sich der Körper ins N-Gleichgewicht stellt, verweise ich auf folgende zwei Versuche von Voit[1]).

Fall I.

Tag 1863	N-Zufuhr pro Tag g	N-Abgabe pro Tag g	N-Bilanz pro Tag g
31. Mai	17,0	18,6	— 1,6
1. Juni	51,0	41,6	+ 9,4
2. „	51,0	44,5	+ 6,5
3. „	51,0	47,3	+ 3,7
4. „	51,0	47,9	+ 3,1
5. „	51,0	49,0	+ 2,0
6. „	51,0	49,3	+ 1,7
7. „	51,0	51,0	0
Summa 1. bis 7. Juni			+ 26,4

Fall II.

Tag 1863	N-Zufuhr pro Tag g	N-Abgabe pro Tag g	N-Bilanz pro Tag g
13. April	51,0	51,0	0
14. „	34,0	39,2	— 5,2
15. „	34,0	36,9	— 2,9
16. „	34,0	37,0	— 3,0
17. „	34,0	36,7	— 2,7
18. „	34,0	34,9	— 0,9
Summa 14. bis 18. April			— 14,7

Beide Versuche sind an demselben Hunde ausgeführt. In Fall I hatte das Tier vorher täglich 17 g N im Fleisch bekommen; es war mit dieser N-Menge nicht im Gleichgewicht, sondern gab von seinem Körper noch 1,6 g N ab. Jetzt wurde die N-Zufuhr auf 51 g gesteigert. Der N-Umsatz stieg dabei sogleich auf 41,6 g an und betrug während der folgenden Tage bzw. 44,5, 47,3, 47,9, 49,0, 49,3, 51,0. Das N-Gleichgewicht trat erst am siebenten Tage ein. Bei vermehrter N-Zufuhr steigt also der N-Umsatz sogleich an, ist aber anfangs kleiner als die Zufuhr und wird erst nach einigen Tagen derselben gleich.

Fall II stellt das Spiegelbild des ersten Falles dar. Hier war das Tier vorher mit 51 g N im Fleisch im N-Gleichgewicht. Wenn nun die N-Zufuhr auf 34 g herabgesetzt wird, sinkt der N-Umsatz sogleich auf 39,2 und beträgt während der folgenden Tage bzw. 36,9, 37,0, 36,7, 34,9 g. Erst am fünften Tage nähert sich das Tier dem N-Gleichgewicht, hat aber während dieser Zeit 14,7 g N von seinem Körper verloren. Bei verminderter N-Zufuhr sinkt also der N-Umsatz sogleich herab, ist aber anfangs größer als die Zufuhr und nähert sich im Laufe einiger Tage derselben.

[1]) Zeitschr. f. Biol. 3, 79, 1867.

Zur Erklärung der Tatsache, daß bei genügend großer Vermehrung der Zufuhr Stickstoff anfangs im Körper zurückgehalten wird, können mehrere Hypothesen aufgestellt werden. Es könnte der Fall sein, daß dies von der Anhäufung N-haltiger Stoffwechselprodukte im Körper bedingt wäre. Demgegenüber läßt sich aber bemerken, daß diese Produkte bei einigen Versuchen eine mit dem Bestand des Lebens unvereinbare Menge betragen würden. Bei einem Hunde von 32 kg, der sechs Tage lang mit 1500 g Fleisch gefüttert war und acht Stunden nach Fütterung mit 2000 g Fleisch getötet wurde, fand Schöndorff[1]) in Muskel, Herz, Leber, Nieren, Gehirn, Milz, Pankreas und Blut, welche zusammen etwa 53 Proz. des Körpergewichtes betrugen, 16,9 g Harnstoff. Im ganzen Tiere hätten also 34 g Harnstoff vorhanden sein können. In dem oben mitgeteilten Versuch mit 51 g N hatte das Tier ein Körpergewicht von etwa 30 kg und hielt während sechs Tagen insgesamt 26,4 g N zurück, was, als Harnstoff berechnet, etwa 60 g beträgt. Es ist also nicht möglich, daß der Stickstoff in Form von Harnstoff im Körper zurückgehalten worden wäre.

Außerdem besitzen wir direkte Versuche von Voit, nach welchen der im Körper befindliche Harnstoff tatsächlich im Laufe desselben Tages vom Körper ausgeschieden wird[2]). Er gab einem Hunde, der sich mit 51 g N im N-Gleichgewicht befand, drei Tage lang noch Harnstoff und beobachtete dabei im Harn einen dieser Harnstoffmenge genau entsprechenden Überschuß, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist.

Tag	N im Fleisch	N im gefütterten Harnstoff	N im Harn	N-Überschuß im Harn bei Zufuhr von Harnstoff
	g	g	g	g
1	51	—	51,7	—
2	51	2,5	54,4	2,7
3	51	2,4	54,1	2,4
4	51	3,7	55,5	3,8
5	51	—	51,7	—
	Summa	8,6	—	8,9

Daß auch intermediäre N-haltige Zersetzungsprodukte nicht in größerer Menge von einem Tage zum anderen zurückgehalten werden, geht teils daraus, daß die mit dem Fleisch aufgenommenen N-haltigen Extraktivstoffe Tag für Tag quantitativ ausgeschieden werden, teils auch aus dem folgenden Versuch hervor. Reicht man einem Hunde viel Leim und wenig Fleisch, so wird eine große Menge von Harnstoff oder intermediären N-haltigen Zersetzungsprodukten ausgeschieden; würde nun ein Teil derselben im Körper zurückgehalten werden, so müßte, wenn man einen Hungertag folgen läßt, beträchtlich mehr Harnstoff abgegeben werden als nach Darreichung der geringen Gabe von Fleisch allein. Voit[3]) gab nun einem Hunde von 22 kg Gewicht 200 g Fleisch und 200 g Leim, wonach dieser im Tag im Mittel 34,0 g N entleerte; am darauf folgenden Hungertage erschienen nur 7,6 g N, das heißt nicht mehr als gewöhnlich beim Hungern nach voraufgehender Fütterung mit 200 g Fleisch.

Ebenso deutlich tritt dies aus Versuchen über die Ausscheidung des Kreatinins und der Harnsäure hervor; auch verläuft die Schwefelausscheidung während der

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **74**, 355, 1899. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **2**, 51, 1866. — [3]) Voit, S. 59.

ersten Hungertage nach reichlicher Fleischfütterung der N-Ausscheidung parallel, was nicht möglich wäre, wenn der dabei abgegebene Stickstoff nicht von Eiweiß herstammen würde (Gruber[1]).

Nach diesen und anderen Erfahrungen scheint zur Erklärung der zeitweiligen Retention von Stickstoff nur die Annahme übrig zu bleiben, daß dieser Stickstoff tatsächlich in Form von Eiweiß oder dessen Verdauungsprodukten im Körper zurückgehalten wird.

Damit ist aber nicht gesagt, daß dieses Eiweiß in den Zellen und Geweben als organisierte lebende Substanz angesetzt wird. Vollständig läßt sich ja diese Möglichkeit nicht ausschließen, und daß dies in vielen Fällen tatsächlich geschieht, steht außer jedem Zweifel. Ebenso unzweifelhaft ist es aber, daß ein anderer Teil des resorbierten Eiweißes als totes Eiweiß eine Zeitlang unzersetzt bleibt und den Eiweißvorrat der Körperflüssigkeiten usw. erhöht. Dafür spricht unter anderem die sogleich zu besprechende Erfahrung über die Eiweißzersetzung bei Verminderung der Eiweißzufuhr und während der ersten Hungertage.

Die Ursachen dieser Retention von totem Eiweiß sind insbesondere von Gruber[2]) erörtert worden, und zwar kommt er dabei zu folgendem Schlusse, welcher mit den neueren Erfahrungen über die Verdauung und Resorption des Eiweißes in einer sehr guten Übereinstimmung steht.

Aus dem genossenen Eiweiß werden unter dem Einfluß der verschiedenen Verdauungsflüssigkeiten verschiedene Verbindungen gebildet, welche nicht mit gleicher Leichtigkeit im Körper zerlegt werden. Die Mehrzahl derselben wird sehr schnell angegriffen und sehr schnell in ihre Endprodukte zersetzt; es finden sich aber darunter auch solche Verbindungen, welche widerstandsfähiger sind und daher nur allmählich zugrunde gehen. Infolgedessen wird sich die Abgabe der einer bestimmten Eiweißmenge entsprechenden Abfallstoffe auf eine kürzere oder längere Reihe von Tagen verteilen müssen.

Um dies zu erläutern, nimmt Gruber rein willkürlich an, daß 80 Proz. des Nahrungseiweißes immer binnen des ersten Tages, 13 Proz. binnen des zweiten, 5 Proz. binnen des dritten und 2 Proz. binnen des vierten Tages zerlegt werden. Innerhalb der drei ersten Tage einer neuen eiweißreicheren Fütterung muß demnach Eiweißansatz und am vierten Tage N-Gleichgewicht eintreten, das dann erhalten bleibt, solange die gleiche Fütterung fortdauert.

Aus dem Futter des	Am Fütterungstage zersetzt				
	1	2	3	4	5
1. Fütterungstages	80	13	5	2	—
2. „	—	80	13	5	2
3. „	—	—	80	13	5
4. „	—	—	—	80	13
5. „	—	—	—	—	80
Summa . . .	80	93	98	100	100

Aus demselben Gesichtspunkte läßt sich auch, zum Teil wenigstens, der in Fall II (S. 394) stattfindende Verlust an Stickstoff bei Verminderung der Eiweißzufuhr auffassen. Das aus der früheren Kost stammende, noch nicht

[1]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 416, 1901. — [2]) Ebenda, S. 422.

zersetzte Eiweiß vermehrt einige Tage lang die Eiweißzersetzung, bis diese Reste zugrunde gegangen sind.

Außerordentlich klar tritt uns dieses Verhalten während der ersten Hungertage entgegen. Wenn ein und dasselbe Tier zu wiederholten Malen auf Hunger gesetzt wird, nachdem es vor demselben bei den verschiedenen Versuchsreihen ein an Stickstoff verschieden reiches Futter bekommen hat, so ist die N-Abgabe im Harn während der ersten Hungertage um so größer, je größer die vorher gefütterte Eiweißmenge war. Von dem vierten oder fünften Hungertage an tritt aber in allen Reihen, unabhängig von der verfütterten Eiweißmenge, die gleiche N-Abgabe auf. Als Belege sei auf folgende Versuche von Voit[1]) verwiesen.

	N-Abgabe		
	Reihe 11 g	Reihe 15 g	Reihe 7 g
1. Hungertag	28,1	12,4	6,4
2. „	11,6	8,7	5,4
3. „	8,9	7,3	4,8
4. „	8,1	7,0	5,7
5. „	5,7	6,9	5,7
6. „	6,2	6,0	5,9
7. „	4,8	6,0	5,3
8. „	4,7	5,7	5,1
Vor dem Hunger im Futter	85,0	51,0	Gemischtes Futter

Indessen wissen wir aus verschiedenen Beobachtungen, daß es unter Umständen beträchtlich länger dauert, bis sich bei verminderter Eiweißzufuhr das N-Gleichgewicht wiederherstellt. In solchen Fällen dürfte der Körper, aller Wahrscheinlichkeit nach, von seiner Organmasse Eiweiß abgegeben haben, bis er sich an die kleine Eiweißmenge im Futter gewöhnt hat, ebenso wie ein länger dauernder Ansatz von Eiweiß wohl als Ausdruck einer Neubildung von Organmasse aufgefaßt werden muß (vgl. oben, S. 396).

In genau derselben Weise wie bei ausschließlicher Eiweißnahrung stellt sich der Körper ins N-Gleichgewicht, wenn das Futter nebst Eiweiß auch Fett oder Kohlehydrate enthält, wie z. B. in folgenden Versuchen von Voit[2]).

A. Eiweiß und Fett.

Fall I.

Tag	Aufnahme pro Tag		N-Abgabe pro Tag	N-Bilanz pro Tag
	N g	Fett g	g	g
6. Januar 1858	25,5	250	20,1	+ 5,4
7. „ „	25,5	250	23,0	+ 2,5
8. „ „	25,5	250	24,1	+ 1,4

Vorher 500 g Fleisch (= 17,0 g N) und 200 g Fett.

[1]) Zeitschr. f. Biol. **2**, 311, 1866. — [2]) Ebenda **3**, 34, 1867; **5**, 348, 443, 1869.

Fall II.

Tag	Aufnahme pro Tag		N-Abgabe pro Tag	N-Bilanz pro Tag
	N g	Fett g	g	g
20. Februar 1861	13,6	200	21,6	— 8,0
21. „ „	13,6	200	19,2	— 5,6
22. „ „	13,6	200	16,9	— 3,3
23. „ „	13,6	200	16,0	— 2,4
24. „ „	13,6	200	15,3	— 1,7

Vorher 1800 g Fleisch (= 61,2 g N).

B. Eiweiß und Stärke.

Fall I.

Tag	Aufnahme pro Tag		N-Abgabe pro Tag	N-Bilanz pro Tag
	N g	Stärke g	g	g
29. März 1861	27,2	450	14,8	+ 12,4
30. „ „	27,2	450	21,1	+ 6,1
31. „ „	61,2	450	45,6	+ 15,6
1. April „	61,2	450	50,2	+ 11,0

Vorher nur 450 g Stärke.

Fall II.

Tag	Aufnahme pro Tag		N-Abgabe pro Tag	N-Bilanz pro Tag
	N g	Stärke g	g	g
13. Juli 1863	13,6	400	20,8	— 7,2
14. „ „	13,6	400	17,9	— 4,3
15. „ „	13,6	400	15,5	— 1,9
16. „ „	13,6	400	15,2	— 1,6

Vorher 1500 g Fleisch = 51 g N und 200 g Stärke.

Die nahe Abhängigkeit des Eiweißumsatzes von der Eiweißzufuhr geht auch aus den Erfahrungen über den stündlichen Ablauf der N-Ausgabe nach N-haltiger Kost sehr prägnant hervor.

An Hunden sind Versuche in dieser Richtung von Panum[1]), Feder[2]), Falck[3]), Krummacher[4]), Gruber[5]) u. a. ausgeführt worden. Dieselben

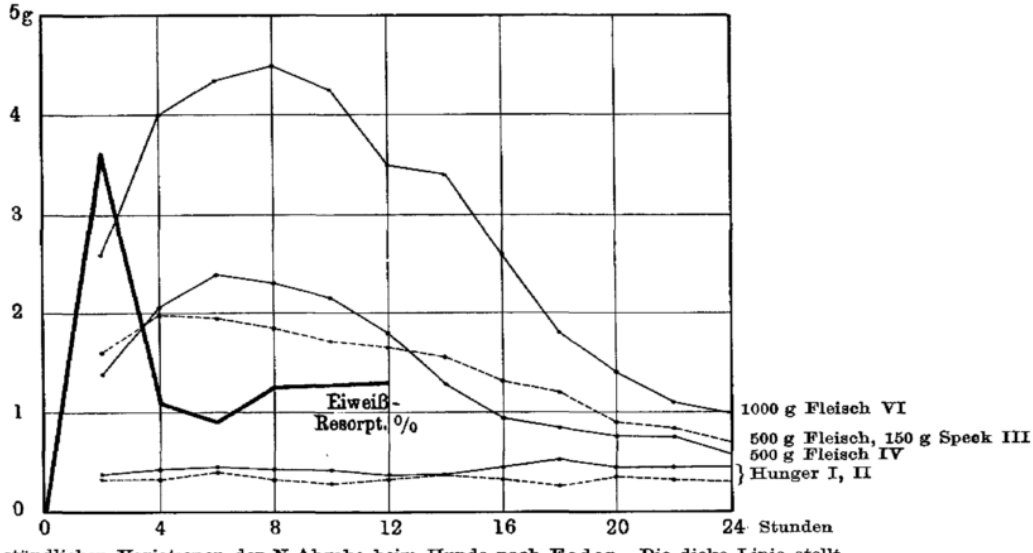
[1]) Nord. med. Arkiv **6**, Nr. 12, 1874. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **17**, 531, 1881. — [3]) Falck, Beiträge zur Physiologie usw. **1**, 185, 1875. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **35**, 494, 1897. — [5]) Ebenda **42**, 420, 1901.

stimmen in allem Wesentlichen gut überein, und ich kann mich daher auf die Wiedergabe einer einzigen Untersuchung beschränken. Zu diesem Zwecke wähle ich die von Feder, weil hier die Versuchsbedingungen am meisten variiert worden sind.

Vor jedem Versuche wurde die Blase entleert, wonach das Tier das für den Tag bestimmte Futter erhielt und in wenigen Minuten verschlang. Die Blase wurde dann nach jeder zweiten Stunde katheterisiert.

In erster Linie wollte Feder den zeitlichen Verlauf der N-Abgabe nach mehrtägigem Hungern feststellen. Die Ergebnisse zweier solcher Versuche sind in Fig. 29, Kurve I und II graphisch dargestellt worden. In demselben kommen allerdings gewisse Schwankungen vor; diese sind aber nur geringfügig, und wir können daher sagen, daß die N-Abgabe beim hungernden Hunde, der sich, wie bekannt, nur sehr wenig bewegt, von Stunde zu Stunde im großen und ganzen sehr wenig variiert.

Fig. 29.



Die stündlichen Variationen der N-Abgabe beim Hunde nach Feder. Die dicke Linie stellt den Verlauf der Eiweißresorption im Darme dar.

Ein ganz anderes Aussehen bieten die Kurven IV und VI dar, welche sich auf Fütterung mit reinem Fleisch (in IV mit 500 g = 17 g N, in VI mit 1000 g = 34 g N) beziehen. Nicht allein die absoluten Zahlen für die N-Abgabe sind hier beträchtlich großer, im Laufe des Tages treten außerdem noch sehr bedeutende, regelmäßig verlaufende Schwankungen derselben auf, welche unbedingt mit der Eiweißzufuhr in Zusammenhang gebracht werden müssen.

Schon längere Zeit vor dem Versuche war das Tier mit den gleichen Fleischmengen gefüttert worden, und es stand daher mit denselben etwa im N-Gleichgewicht. Aus den Kurven geht hervor, wie die N-Abgabe durch das Futter sofort in die Höhe getrieben wird, in der sechsten bis achten Stunde ihr Maximum erreicht und dann wieder allmählich auf den Nüchternwert herabsinkt, welcher für die 22. bis 24. Stunde bei 500 g Fleisch 0,57 und bei 1000 g Fleisch 1,03 g N beträgt.

Von vornherein ist es deutlich, daß diese Schwankungen von dem zeitlichen Verlauf der Resorption aus dem Verdauungsrohre bedingt sein müssen. Um diese Frage näher aufzuklären, empfiehlt es sich, diese Resultate mit denjenigen zu vergleichen, welche über den Verlauf der N-Resorption beim Hunde vorliegen. Zu diesem Zwecke ist die stark ausgezogene Kurve in die Fig. 29 gezeichnet. Dieselbe

gibt nach Schmidt-Mühlheim[1]) an, wieviel Prozent der gesamten gefütterten Eiweißmenge während der sechs ersten zweistündigen Verdauungsperioden aus dem Verdauungsrohr resorbiert wurden. Die Anordnung der betreffenden Versuche machte es notwendig, für jede einzelne Bestimmung ein besonderes Tier zu opfern, und infolgedessen leiden die Ergebnisse an einer gewissen Unsicherheit. Jedoch können wir mit großer Wahrscheinlichkeit aus denselben folgern, daß die Eiweißresorption während der ersten zwei Stunden am reichlichsten ist und während der folgenden zehn Stunden langsamer, aber ziemlich gleichmäßig fortgeht, sowie daß zu der zwölften Stunde schon etwa 95 Proz. des gefütterten Eiweißes aus dem Darme verschwunden sind.

Während der ersten und in einem noch höheren Grade während der zweiten Periode nach der Fütterung steigt die N-Abgabe sehr beträchtlich an. Zu dieser Zeit sind schon 47 Proz. des gefütterten Eiweißes resorbiert worden. Zur Zeit der maximalen N-Abgabe sind vom Eiweiß 56,5 Proz. zum Blute übergegangen. Indes ist während der ersten sechs Stunden die ganze resorbierte N-Menge bei weitem nicht ausgeschieden, denn am Ende der sechsten Stunde sind im Versuche IV nur 33,5, im Versuche VI nur 34,4 Proz. der ganzen N-Menge im Harne erschienen. Bis 56,5 Proz. des Stickstoffes vom Körper abgegeben werden, dauert es in beiden Versuchen etwa neun Stunden.

Es findet sich also, wie übrigens zu erwarten ist, eine deutliche Verschiebung zwischen den Kurven der N-Resorption und der N-Ausscheidung. Dieselbe ist leicht zu erklären, denn erstens werden die resorbierten N-haltigen Verbindungen doch nicht sogleich in ihre Endprodukte verwandelt, und zweitens muß es jedenfalls eine Zeitlang dauern, bis die letzteren durch die Nieren abgegeben werden. Unter Bezugnahme auf diese Umstände dürfte aus dem Vergleich der beiden Vorgänge der Schluß berechtigt sein, daß die Variationen der N-Resorption für die der N-Zersetzung bzw. N-Abgabe in erster Linie bestimmend sind.

Wenn nebst Fleisch auch Fett gefüttert wird (Kurve III: 500 g Fleisch und 150 g Fett), bekommen die Kurven ein ganz anderes Aussehen als bei reinem Eiweißfutter. Allerdings ist die gesamte N-Abgabe hier etwa ebensogroß als bei Fütterung mit 500 g Fleisch allein; der Verlauf derselben ist aber ein anderer, die Ausgabe ist auf den ganzen Tag gleichmäßiger verteilt, und wir vermissen hier sowohl den starken Anstieg als auch die plötzliche Senkung, welche den Kurven IV und VI ein so charakteristisches Gepräge erteilen. Jedenfalls zeigen auch diese Kurven nicht denselben gleichmäßigen Verlauf als die Hungerkurven: schon während der zweiten Stunde nach der Fütterung erreichen sie einen verhältnismäßig hohen Wert, welcher während der folgenden Stunden noch höher ansteigt; dann nimmt die N-Abgabe eine Zeitlang ab, um schließlich am Ende des Tages schnell ihr Minimum zu erreichen.

Diese Eigentümlichkeit hängt wohl zum Teil damit zusammen, daß der Eiweißzerfall durch das gleichzeitig gefütterte Fett etwas herabgedrückt worden ist. Hierbei kommt aber noch eine durch die Gegenwart des Fettes möglicherweise stattfindende Verzögerung der Verdauung und Resorption des Eiweißes in Betracht.

Beim Menschen haben Voit[2]), Forster[3]), Oppenheim[4]), Sondén und ich[5]), Landergren[6]), Tschlenoff[7]), Veraguth[8]), Rosemann[9]), Tengwall[10]), Hopkins und Hope[11]), Slosse[12]), Hawk und Chamber-

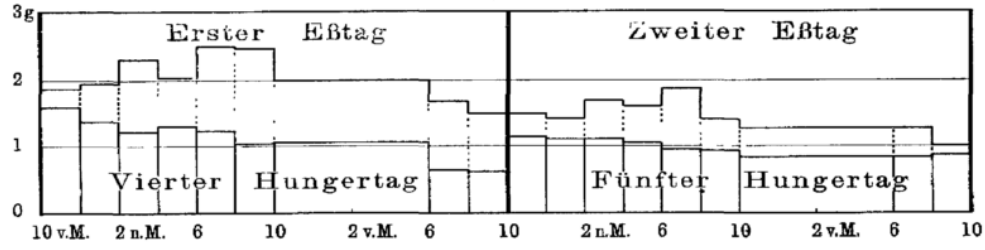
---

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1879, S. 39. Schmidt-Mühlheim hat die Resorption nur für die zweite, vierte, sechste, neunte und zwölfte Stunde bestimmt. Um diese Resultate mit seinen eigenen vergleichen zu können, hat Feder dieselben auf zweistündige Perioden umgerechnet. — [2]) Voit, Physiol.-chem. Unters. **1**, 41, 1857. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **9**, 383, 1873. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **23**, 461, 1880. — [5]) Skand. Arch. f. Physiol. **6**, 151, 1885. — [6]) Ebenda **7**, 75, 1886. — [7]) Korr.-Bl. Schweiz. Ärzte 1896, S. 65. — [8]) Journ. of Physiol. **21**, 112, 1897. — [9]) Arch. f. d. ges. Physiol. **65**, 343, 1897. — [10]) Vgl. Tigerstedt, Lehrbuch der Physiol. **1**, 90, 1897. — [11]) Journ. of Physiol. **23**, 270, 1898. — [12]) Travaux du laboratoire de physiol. de l'Institut Solvay **4**, 501, 1901.

lain [1]) u. a. ähnliche Versuche und wesentlich mit demselben Resultat wie bei den Versuchen an Hunden ausgeführt.

Indes ist der Verlauf der N-Abgabe beim Menschen weder im Hunger noch nach einmaliger Nahrungsaufnahme so glatt wie beim Hunde. Während des vierten und fünften Hungertages wurde an J. A. die N-Abgabe im Harn in zweistündigen Perioden bestimmt; dieselbe stieg (vgl. Fig. 30) zwischen 10 Uhr vormittags und 12 Uhr mittags an, um danach im weiteren Verlauf des Tages allmählich abzunehmen. Nach den Erfahrungen an Hunden hätte man erwartet, daß die N-Abgabe während dieser Tage im großen und ganzen konstant gewesen wäre. Es ist möglich, daß der Anstieg damit zusammenhängt, daß J. A. zwischen 8 und 10 Uhr vormittags einen Spaziergang im Freien machte und daß die dabei stattfindende Muskelarbeit, welche jedenfalls die größte Anstrengung während des Tages darstellte, einen vermehrten Eiweißumsatz bewirkte. Auch ist an den Einfluß eines infolge der Arbeit erhöhten Blutdruckes zu denken, welcher eine stärkere Tätigkeit der Nieren hat verursachen können.

Fig. 30.



Die stündlichen Variationen der N-Abgabe während des vierten und fünften Hungertages, nach Landergren.

Nach einer einmaligen Nahrungsaufnahme kann sich die N-Abgabe auch beim Menschen sehr regelmäßig gestalten. Dies scheint aber nicht als allgemeine Regel aufgestellt werden zu können, denn es treten oft verschiedene Unregelmäßigkeiten auf, welche zeigen, daß noch andere Umstände als die Resorption der Nahrung hierbei von Bedeutung sein dürften. Vor allem ist es beim Menschen im allgemeinen nicht möglich, während einer längeren Zeit eine gleiche, absolute Muskelruhe zu beobachten, und auch wenn die Muskelarbeit bei genügendem Vorhandensein von N-freien Nahrungsstoffen nicht direkt auf Kosten des Eiweißes ausgeführt wird, so werden jedenfalls Veränderungen des Blutdruckes dabei hervorgerufen, welche ihrerseits die Durchblutung der Nieren und damit die Harnsekretion beeinflussen können.

Endlich findet man bei der gewöhnlichen Verteilung der Nahrungsaufnahme auf mehrere Mahlzeiten, daß die N-Abgabe im Harn nach jeder Mahlzeit mehr oder weniger ansteigt.

Trotz allen Unregelmäßigkeiten gilt also auch für den Menschen die allgemeine Regel, daß eine vermehrte Zufuhr von Eiweiß im engsten Anschluß an die Resorption aus dem Darme den Eiweißumsatz in die Höhe treibt.

Tschlenoff sowie später Veraguth und Slosse haben in Versuchen, bei welchen der Harn stündlich entleert und an Stickstoff analysiert wurde, noch verschiedene Diskontinuitäten der N-Abgabe beobachtet, welche sie mit einer zwei-

[1]) American Journ. of Physiol. 10, 115, 269, 1903, 1904.

zeitigen Resorption des Stickstoffs, erstens aus dem Magen, zweitens aus dem Darme, in Zusammenhang bringen wollen. Diese Auffassung ist ja an und für sich vollkommen plausibel, obgleich unsere Kenntnisse über die Resorption im Magen noch zu gering sind, um einen unanfechtbaren Grund einer solchen Annahme darzustellen. Noch bleibt aber die Frage, ob es bei so kurzen Perioden möglich ist, allen Harn wirklich zu gewinnen, denn das Zurückbleiben auch eines ziemlich geringen Harnquantums in der Blase kann ja sehr wesentliche Fehler verursachen. Bei Oppenheim verlief übrigens auch bei stündlichem Harnlassen die N-Abgabe vollkommen gleichmäßig.

Es ist fast selbstverständlich, daß der Verlauf der N-Abgabe im Harn nach mehrmaliger Nahrungsaufnahme im Tage weniger steile Schwankungen darbieten muß, als wenn die gleiche Eiweißmenge auf einmal verabreicht wird[1]). Es fragt sich aber, inwiefern und in welcher Richtung der gesamte tägliche Eiweißumsatz unter dem Einfluß fraktionierter oder einmaliger Nahrungsaufnahme verändert wird.

Adrian[2]), welcher diese Frage zuerst erörterte, machte zu ihrer Aufklärung Versuche, die indes nicht als beweiskräftig angesehen werden können. Die folgenden Untersuchungen von I. Munk[3]), v. Gebhardt[4]) und Krummacher[5]) haben entgegengesetzte Resultate ergeben. Während ersterer bei dreimaliger Fleischzufuhr einen größeren Eiweißumsatz als bei einmaliger findet, kommen die beiden letzteren Autoren zu dem Resultate, daß der tägliche N-Umsatz bei fraktionierter Aufnahme geringer ist. Die Differenzen sind jedenfalls nicht bedeutend und betragen nur 5 bis 6 Proz.

Es würde zu viel Raum beanspruchen, die verschiedenen Versuche hier näher zu erörtern. Es scheint mir indes, daß insbesondere v. Gebhardts Beobachtungen die von ihm und Krummacher vertretene Auffassung in hohem Grade stützen, weshalb ich in folgender Tabelle dieselben hier mitteile. Das Versuchstier befand sich im N-Gleichgewicht, und ein und dasselbe Eiweißquantum wurde ihm entweder auf einmal oder in zwei bis acht Portionen gegeben.

Nr.	Reihe	Tägliche N-Zufuhr g	Tägliche N-Abgabe im Harn u. Kot g	Dauer der Reihe Tage
1	Einmalig	18,0	18,01	5
2	Zweimalig (Übergang) .	18,0	18,26	7
3	Zweimalig	18,0	17,91	6
4	Viermalig (Übergang) .	18,0	17,24	7
5	Viermalig	18,0	16,28	7
6	Achtmalig (Übergang) .	18,0	16,77	8
7	Achtmalig	18,0	17,22	6
8	Einmalig	18,0	17,94	7

Nur in der zweiten Reihe (Übergang von einmaliger zu zweimaliger Fütterung) ist die N-Abgabe unter den Reihen mit mehrmaliger Fütterung größer als bei einmaliger. Sonst zeigt sich bei der fraktionierten Fütterung die N-Abgabe durchgehend geringer.

Zur Erklärung dieser Tatsache hebt Krummacher hervor, daß die bei einmaliger Aufnahme innerhalb einer kurzen Zeit resorbierte große Eiweißmenge ver-

[1]) Vgl. Krummacher, Zeitschr. f. Biol. **35**, 495, 1897. — [2]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **17**, 616, 1893. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 354, 1894. — [4]) Ebenda **65**, 611, 1897. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **35**, 480, 1897. Vgl. auch die Polemik zwischen Munk und Krummacher, Zentralbl. f. Physiol. **11**, 729; **12**, 37, 41, 1898.

hältnismäßig rasch im Körper aufgebraucht wird, während bei fraktionierter Zufuhr die Resorption gleichmäßiger erfolgt und daher auch die Eiweißzersetzung allmählicher stattfindet. Der von Adrian und v. Gebhardt vertretenen Ansicht, daß das Eiweiß bei einmaliger Darreichung durch weitgehende Spaltungsprozesse in minderwertige Produkte verwandelt würde, wird von Munk und Krummacher aus, wie mir scheint, guten Gründen als unhaltbar widersprochen.

Bei Zufuhr von Fleisch und Fett beobachtete Munk fast genau den gleichen N-Umsatz, gleichgültig, ob er das Futter auf einmal oder fraktioniert gab — was mit den früher erwähnten Erfahrungen über den zeitlichen Verlauf der N-Abgabe bei Fütterung mit Fleisch und Fett genau übereinstimmt und zum Teil wenigstens damit zusammenhängen dürfte, daß die Resorption von Eiweiß durch Beigabe von Fett langsamer erfolgt.

Beim Menschen kann keine Rede davon sein, die Nahrung nur einmal täglich aufzunehmen, denn seine Verdauungsorgane sind nicht für solche Mengen, die dann auf einmal genossen werden müßten, angepaßt. Auch zeigt ein Versuch von J. Ranke, der 1832 g Fleisch auf einmal verzehrte — was jedenfalls nicht eine ausreichende Nahrung eines erwachsenen, arbeitenden Menschen darstellt —, daß von der Trockensubstanz nicht weniger als 12 Proz. im Kote gefunden wurden, während der Verlust mit dem Kote, wenn dieselbe Fleischmenge in drei Portionen verteilt genossen wurde, nur 5 Proz. betrug[1]).

Die obere Grenze des N-Gleichgewichtes ist, aller Wahrscheinlichkeit nach, von dem Resorptionsvermögen des Darmes bedingt, indem der Körper auch die größten Mengen von Eiweiß, die von dem Darme noch bewältigt werden können, früher oder später Tag für Tag zersetzt.

Das Maximum von reinem Fleisch, mit welchem Voits[2]) großer Hund von etwa 35 kg Körpergewicht sich ins Gleichgewicht stellen konnte, betrug 2500 g = 85 g N. Bei 2600 g Fleisch mit 88,4 g N konnte er das Futter noch verdauen, setzte davon aber 126 g = 4,3 g N an. Es ist indes in höchstem Grade wahrscheinlich, daß das Tier nach einiger Zeit auch mit dieser Fleischmenge ins Gleichgewicht gekommen wäre. Bei 2900 g Fleisch (= 101,5 g N) traten schwere, von Erbrechen und Durchfall begleitete Verdauungsstörungen auf.

Beim Menschen ist es wohl kaum möglich, eine bestimmte Zahl aufzustellen, welche die obere Grenze des N-Gleichgewichts ausdrücken würde. Im allgemeinen genießt der erwachsene Mensch etwa 80 bis 150 g Eiweiß (= 12,8 bis 24 g N) und hält sich dabei im Gleichgewicht. Aber auch viel größere Eiweißmengen können verdaut und im Körper zersetzt werden. Beispiele davon haben wir in Hultgrens und Landergrens Untersuchungen[3]) über die Kost schwedischer Arbeiter, in Ohlmüllers[4]) Beobachtungen über siebenbürgische Arbeiter, in den in Amerika unter Atwaters[5]) Leitung ausgeführten Studien über die Nahrungsaufnahme verschiedener Bevölkerungsgruppen, sowie in den Ermittelungen über die Kost bei strenger körperlicher Arbeit (Wettturnen usw.) und bei Eiweißmast. So beobachtete Jaffa[6]) beim Trainieren für einen Fußballzweikampf in Kalifornien eine tägliche N-Aufnahme von 43,2 g (= 270 g Eiweiß); Goodbody, Bardswell und Chapman[7]) erwähnen zwei völlig gesunde Menschen, welche bei absichtlicher Über-

[1]) J. Ranke, Die Ernährung des Menschen; München 1879, S. 309. Zit. nach Munk. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **3**, 24, 1867. — [3]) Hultgren und Landergren, Untersuchungen über die Ernährung schwedischer Arbeiter, Stockholm 1891, S. 15. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **20**, 393, 1884. — [5]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stations, Bull. No. 98, 1901. — [6]) Ebenda, Bull. No. 84, 1900. — [7]) Journ. of Physiol. **28**, 257, 1902. Vgl. auch Lichtenfelt, Arch. f. d. ges. Physiol. **86**, 182, 1901.

ernährung 47,1 bzw. 53,9 g N (= 294 g bzw. 337 g Eiweiß) genossen. (Vgl. auch unten im Kapitel von Eiweißansatz.)

Die untere Grenze des N-Gleichgewichtes beobachtete Voit bei dem oben erwähnten Hunde in einem sehr herabgekommenen Zustande bei Zufuhr von 480 g Fleisch (= 16,3 g N); für gewöhnlich genügten nicht 500 g Fleisch, um das Tier im N-Gleichgewicht zu erhalten, sondern es verlor unaufhörlich Stickstoff und näherte sich nur äußerst langsam dem N-Gleichgewicht[1]). — Wenn aber das Tier außer Eiweiß auch Fett und Kohlehydrate im Futter bekommt, so sinkt die untere Grenze des N-Gleichgewichtes erheblich tiefer als bei ausschließlicher Zufuhr von Fleisch. So betrugen bei dem hier besprochenen Tiere etwa 350 g Fleisch (= 11,9 g N) das Minimum, womit das N-Gleichgewicht erreicht werden konnte, wenn neben Fleisch 250 g Fett gefüttert wurden[2]). Daß das Minimum noch viel tiefer herabgedrückt werden kann, geht aus mehreren neueren Untersuchungen hervor.

Auf Grund seiner Erfahrungen über den N-Umsatz unter verschiedenen Bedingungen kam Voit zu dem Schluß, daß die geringste gefütterte Eiweißmenge, mit welcher sich der Körper im N-Gleichgewicht erhalten kann, auch bei dem reichlichsten Zusatz von Fett oder Kohlehydraten immer größer ist als die beim Hungern etwa vom vierten Tage an zugrunde gehende Eiweißmenge[3]).

Dieser Satz kann indes nicht länger aufrecht erhalten werden. Schon Versuche von Salkowski[4]) und Rubner[5]) ergaben, daß man durch reichliche Zufuhr von Fett und Kohlehydraten bzw. durch alleinige Zufuhr von Rohrzucker die N-Abgabe im Harn gegenüber derjenigen beim Hungern tatsächlich herabdrücken kann, daß also die N-Abgabe beim Hungern nicht dem überhaupt erreichbaren Minimum des Eiweißzerfalles, soweit er sich aus dem Harn allein beurteilen läßt, entspricht.

Sodann folgten Untersuchungen von I. Munk, bei welchen erstrebt wurde, die geringste zur Herstellung des N-Gleichgewichtes notwendige Eiweißmenge am Hunde festzustellen[6]).

Unter diesen Versuchen werde ich nur den folgenden hier mitteilen. Bei einem Hunde von 25 kg Körpergewicht betrug die tägliche N-Abgabe im Harn und Kot während des vierten bis sechsten Hungertages durchschnittlich 6,38 g. Dann wurde ihm ein aus Fleisch, Schmalz und Stärke zusammengesetztes, an N und Fett analysiertes Futter mit 5,70 bis 6,23 g N pro Tag gegeben. Bei dieser Fütterung schied das Tier am vierten Tage 5,81, am fünften Tage 5,02, am sechsten Tage 4,62 und am siebenten Tage 4,68 g N im Harn und durchschnittlich 0,86 g N im Kote aus. Während der zwei letzten Tage betrug also die gesamte N-Abgabe im Mittel 5,51 g, also 0,87 g weniger als während des vierten bis sechsten Hungertages.

Im Anschluß an die früheren Versuche von Munk machten E. Voit und Korkunoff[7]) eine lange Versuchsreihe, um die vorliegende Frage aufzuklären. Das Versuchstier bekam teils Eiweiß allein, teils Eiweiß mit Zugabe von Fett und Kohlehydraten. Das Eiweiß bestand aus Fleisch, aus dem durch warmes Wasser die Extraktivstoffe größtenteils ausgelaugt waren. Zum Vergleich wurde bei jeder Reihe auch eine Hungerperiode eingeschaltet.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **3**, 30, 1867; Voit, S. 112. — [2]) Voit, S. 134. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **3**, 29, 1867; **5**, 355, 1869. — [4]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **1**, 43, 1877. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **19**, 357, 1883. — [6]) Arch. f. path. Anat. **101**, 112, 1885; **132**, 92, 1893; Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, S. 184. — [7]) Zeitschr. f. Biol. **32**, 58, 1895.

Nr.	Körpergewicht kg	Gesamte N-Abgabe beim Hungern g	Futter N g	Futter Fett g	Futter Kohlehydrate g	Gesamte N-Abgabe bei Fütterung g	N-Bilanz bei Fütterung g
1	20,2	4,01	11,99	3,8	—	12,04	— 0,05
2	24,0	4,85	7,49	85	—	7,78	— 0,29
3	24,0	4,22	5,11	86	—	5,72	— 0,61
4	28,8	4,01	5,88	151	—	5,46	+ 0,42
5	24,0	3,86	5,30	159	—	5,16	+ 0,14
6	24,1	5,25	3,83	18	249	4,91	— 1,08
7	24,7	4,94	5,00	18	249	4,35	+ 0,65
8	24,0	4,93	5,07	21	334	4,48	+ 0,59
9	30,0	4,08	5,88	22	286	4,47	+ 1,41
10	27,7	4,98	5,11	16	274	5,11	0

Durch die Zugabe von Fett bzw. Kohlehydraten wird in Nr. 2 bis 10 der N-Umsatz in hohem Grade herabgedrückt und N-Gleichgewicht wird in Nr. 4, 5, 7, 8, 9 und 10 bei einer N-Zufuhr von nur bzw. 5,88, 5,30, 5,00, 5,07, 5,88 und 5,11 g erreicht. Die Ausgaben von N im Harn und Kot betragen hier bzw. 5,46, 5,16, 4,35, 4,48, 4,47, 5,11, während sie in den entsprechenden Hungerreihen bzw. 4,01, 3,86, 4,94, 4,93, 4,08 und 4,98 betragen. In Nr. 7 und 8 ist also N-Gleichgewicht bei einem N-Umsatz erreicht, der um 0,59 bzw. 0,45 g geringer ist als in den entsprechenden Hungerreihen.

Aus diesen Beobachtungen würde nun unmittelbar folgen, daß sich der Körper bei genügender Zufuhr von N-freien Nahrungsstoffen mit einer N-Menge, die tatsächlich geringer ist als die beim Hungern ausgeschiedene, in N-Gleichgewicht stellen kann. Diese Folgerung lassen E. Voit und Korkunoff indes nicht gelten, indem sie demgegenüber bemerken, daß der bei Hunger ausgeschiedene Stickstoff nicht allein Eiweiß, sondern zu etwa 20 Proz. auch N-haltigen Extraktivstoffen entstamme, während das gefütterte Fleisch von diesen Verbindungen frei war. Sie finden daher in ihren Beobachtungen eine Bestätigung der ursprünglich von C. Voit vertretenen, später[1]) aber verlassenen Auffassung.

Meinerseits kann ich dieser Deutung der Versuchsergebnisse nicht zustimmen. Wenn ich mich auf den Standpunkt der genannten Autoren stelle und also willkürlich für die Extraktivstoffe im Hunger-N 20 Proz. abziehe, so erhalte ich bei Nr. 7 und 8 für den Eiweiß-N beim Hungern 3,95 g — also nur 0,40 bzw. 0,53 g weniger als bei der Zufuhr von Eiweiß. Dieses Plus — wenn es überhaupt existiert — braucht aber gar nicht im Sinne von C. Voit, daß sogar die geringste Eiweißzufuhr an und für sich den Eiweißumsatz erhöhe, aufgefaßt zu werden, sondern ist meiner Meinung nach ganz einfach dadurch bedingt, daß die Absonderung der Verdauungsdrüsen bei Nahrungszufuhr viel lebhafter als beim Hungern ist. Auch finden wir bei den hier speziell besprochenen Versuchen Nr. 7 und 8, daß die N-Abgabe im Harn beim Hungern 4,83 bzw. 4,82 beträgt, während sie bei Nahrungszufuhr nur 3,35 bzw. 3,89 ausmacht. Hierzu kommt endlich noch, daß doch ein Teil des Kotstickstoffs einen Rückstand des Futters darstellen kann[2]).

Noch ist eine hierher gehörige Versuchsreihe von Jägerroos zu erwähnen. Einem Hunde von etwa 12 kg Körpergewicht wurde nach einer an N sehr armen Kost — 1,74 bis 0,58 g pro Tag — das Futter während sieben Tagen entzogen. Die N-Abgabe während derselben betrug durchschnittlich 3,14 (4,11 bis 2,31) g N pro Tag. Vier Tage später wurde mit einem Futter begonnen, das bei genügendem

[1]) Zeitschr. f. Biol. **25**, 285, 1889. — [2]) Vgl. auch E. Voit, ebenda **33**, 333, 1896; Cremer, ebenda **42**, 612, 1901.

Vorhandensein von N-freien Nahrungsstoffen durchschnittlich nur 3,60 g N enthielt. Im Mittel von 15 Tagen schied das Tier dabei 2,36 g, also 0,78 g N weniger als beim Hungern im Harn und Kot aus. Da das Futter aus 100 g frischem Fleisch und 50 g Butter bestand, war der Gehalt desselben an N-haltigen Extraktivstoffen ebenso groß als derjenige in der beim Hungern zerfallenden Körpersubstanz[1]). Auch dieser Versuch stellt also einen entscheidenden Beweis gegen die hier erörterte Anschauung dar.

Beim Menschen verhält sich die untere Grenze des N-Gleichgewichtes ganz ähnlich wie beim Hunde, wie dies aus den Erfahrungen über den Stoffwechsel bei N-armer Kost hervorgeht.

Bei einer durchschnittlichen Zufuhr von 4,73 g N, 135 g Fett, 268 g Kohlehydraten und 54 g Alkohol pro Tag schied Hirschfeld am vierten bis achten Tage durchschnittlich 6,65 g N im Harn und Kot aus — war also dabei noch nicht im Gleichgewicht. In einer folgenden Reihe mit durchschnittlich 7,44 g N, 165 g Fett, 354 g Kohlehydrate und 43 g Alkohol betrug die durchschnittliche N-Abgabe im Harn und Kot während des fünften bis achten Tages dagegen 7,53 g. Hier war also das N-Gleichgewicht aufs nächste erreicht worden[2]).

Zu entsprechenden Resultaten kamen ferner Kumagawa[3]) und Klemperer[4]). Ersterer genoß bei Selbstversuchen während neun Tagen durchschnittlich 8,75 g N, 2,5 g Fett und 570 g Kohlehydrate und schied dabei im Harn und Kot 8,10 g N aus — also wurden bei dieser Diät noch 0,65 g N täglich im Körper zurückgehalten. Klemperers Versuche wurden an einem 20jährigen und einem 28jährigen Körperarbeiter ausgeführt. Die Kost bestand durchschnittlich aus 5,28 g N, 264 g Fett, 470 g Kohlehydraten und 172 g (!) Alkohol. Während des sechsten bis achten Tages betrug die gesamte N-Abgabe durchschnittlich 4,60 bzw. 3,91 g, d. h. auch hier ein Ansatz von bzw. 0,68 und 1,37 g N.

Peschel[5]) genoß eine Kost, in welcher der N-Gehalt Tag für Tag vermindert wurde, und zwar von 7,59 auf 5,88 g. Am fünften Tage war bei einer N-Zufuhr von 7,16 g die N-Ausgabe 7,05 g; am sechsten Zufuhr: 7,05, Abgabe 6,89; am siebenten Zufuhr: 6,24, Abgabe 6,48; am achten Zufuhr: 5,88, Abgabe 6,2. Am siebenten Tage berechnet sich der N-Umsatz pro Kilogramm Körpergewicht zu etwa 0,08 g.

Der kalorische Wert der bei diesen Versuchen genossenen Kost ist, wie I. Munk[6]) bemerkt hat, verhältnismäßig sehr groß. Während der Stoffwechsel bei einem mäßig arbeitenden Menschen nur etwa 35 bis 40 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht beträgt, trat das N-Gleichgewicht bei Hirschfeld bei einer Zufuhr von 43, bei Peschel bei einer von 46, bei Kumagawa bei einer von 52, sowie bei den beiden Versuchspersonen Klemperers erst bei einer von 78,5 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht auf. Es schien also, als ob das N-Gleichgewicht bei geringer N-Zufuhr nur in dem Falle erzielt werden könnte, wenn die absolute Kraftzufuhr übermäßig groß wäre.

Neue Versuche von Sivén[7]), bei welchen die N-Zufuhr unter Ersatz des weggelassenen Eiweißes durch isodyname Mengen von N-freien Nahrungsstoffen stufenweise vermindert wurde, ergaben indessen, daß auch bei etwa normaler Kalorienzufuhr das N-Gleichgewicht bei sehr geringen Eiweißmengen in der Kost erzielt werden kann.

---

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. **13**, 408, 1902. — [2]) Arch. f. path. Anat. **114**, 301, 1888; vgl. auch Arch. für die ges. Physiol. **41**, 338, 1887. — [3]) Arch. f. path. Anat. **116**, 404, 1889. — [4]) Zeitschr. f. klin. Med. **16**, 550, 1889. — [5]) Peschel, Inaug.-Diss., Berlin 1891. — [6]) Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1889, Nr. 16; Arch. f. path. Anat. **132**, 99, 1893. — [7]) Skand. Arch. f. Physiol. **10**, 91, 1899.

Reihe	Dauer Tage	Mittel pro Tag			
		N-Zufuhr g	Kal.	Gesamte N-Abgabe g	N-Bilanz g
1	7	12,69	2479	11,30	+ 1,39
2 a	3	10,44	2493	10,40	+ 0,04
2 b	6	10,35	2505	9,36	+ 0,99
3	6	8,71	2486	7,98	+ 0,73
4	6	6,26	2477	6,36	— 0,10
5	4	4,52	2444	4,95	— 0,43
6	7	2,47	2440	3,51	— 1,04

Zu dieser Zusammenstellung ist noch hinzuzufügen, daß Sivén am letzten Tage der fünften Reihe tatsächlich im N-Gleichgewicht war. Also genügte hier bei einer Zufuhr von 41,4 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht (58,9 kg) 0,08 g N zum Unterhalt des N-Gleichgewichts.

In einer weiteren Versuchsreihe verminderte Sivén mit einem Male die N-Zufuhr von etwa 18 g auf 2,69 g[1]). Die N-Ausgaben im Harn und Kot betrugen dabei am vierten Tage 4,88 und am 17. Tage 4,06. Es wurde deshalb die N-Zufuhr auf 4,02 g erhöht; nunmehr war die gesamte N-Abgabe im Mittel von vier Tagen 4,30 g, also fast Gleichgewicht. Die Kost enthielt 42 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht.

Demgegenüber konnte Caspari[2]) bei einer Zufuhr von 50,1 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht und insgesamt 10,82 g N nicht in N-Gleichgewicht kommen, denn er schied noch am fünften Tage 11,96 g N im Harn und Kot aus. Er stellt sich daher vor, daß Sivéns Resultat vereinzelt dasteht. Diese Ansicht dürfte jedoch nicht ganz richtig sein, denn schon die früheren Arbeiten von Hirschfeld und Kumagawa zeigen ja, daß bei einer so reichlichen Kost wie der von Caspari genossenen N-Gleichgewicht schon bei einer weit geringeren N-Zufuhr eintritt. Außerdem hat Caspari selber in Verein mit Glaeßner[3]) an zwei Vegetarianern Beobachtungen über den N-Umsatz gemacht, aus welchen hervorgeht, daß bei dem einen (einer Frau) bei einer Zufuhr von 0,09 g N und 47 Kal. und bei dem anderen (einem Mann) bei einer Zufuhr von 0,11 g N und 66 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht nicht nur N-Gleichgewicht, sondern sogar N-Ansatz erreicht wurde.

Entsprechende Angaben sind auch von anderen Autoren mitgeteilt worden. Bei einem 28jährigen Tapezierergehilfen von 57 kg Körpergewicht, welcher seit drei Jahren an rein vegetabilische Kost gewöhnt war, fand Voit[4]) in der täglichen Kost 8,4 g N, im Harn und Kot 8,8 g N. — Albu[5]) erwähnt eine vollkommen gesunde 42jährige Frau von 37,5 kg Körpergewicht, die sechs Jahre lang auf rein vegetabilischer Diät gelebt hatte. In der täglichen Kost waren 5,46 g N (= 0,15 g N und 37,3 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht) enthalten. Während fünf Tagen wurde 0,37 g N erspart. — Endlich beobachtete Caspari[6]) bei einem Manne von 41,3 kg Körpergewicht N-Gleichgewicht bei einer Zufuhr von 3,79 g N und 1566 Kal. = 0,10 g N und 38 Kal. pro Körperkilo.

Bei seinem ersten Versuch bestimmte Sivén nach Stutzers Methode noch die Verteilung der von ihm genossenen N-Substanz auf Eiweiß und andere N-haltige Stoffe. Bei der fünften Reihe betrug der Eiweißstickstoff nur 1,98 g

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 315, 1901. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901, S. 323. — [3]) Zeitschr. f. diätet. u. physik. Therapie **7**, (9), 1904. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **25**, 255, 1889. — [5]) Zeitschr. f. klin. Med. **43**, 75, 1901. — [6]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1904, S. 562; vgl. auch Klemperer, Zeitschr. f. klin. Med. **16**, 588, 1889; Bernert u. Stejskal, Arch. f. exp. Path. **48**, 134, 1902.

pro Tag (= 12,4 g Eiweiß). In der vierten Reihe, wo Sivén während der letzten vier Tage N ansetzte, war der Eiweiß-N höchstens 4,43 g (aller N im Brot ist dann als Eiweiß-N berechnet), was pro Kilogramm Körpergewicht 0,074 g N beträgt.

Wenn wir diese Ergebnisse mit den an hungernden Menschen erhaltenen vergleichen, so finden wir, daß auch beim Menschen N-Gleichgewicht bei einem N-Umsatz bestehen kann, der geringer ist als der beim Hunger stattfindende. Pro Kilogramm Körpergewicht betrug die gesamte N-Abgabe im Harn und Kot bei den oben erwähnten Versuchspersonen bzw. 0,10, 0,15, 0,07, 0,06, 0,08, 0,08, 0,10. Während des achten bis zehnten Hungertages schied Cetti 0,19 g, während des sechsten Hungertages Breithaupt 0,18 g, während des 21. bis 25. Hungertages Succi 0,09 und während des fünften Hungertages J. A. 0,18 g N im Harn aus.

Bei Versuchen an Hunden mit sehr N-armem Futter beobachteten Munk[1]) und Rosenheim[2]), daß trotz bestehenden N-Gleichgewichts, etwa von der sechsten bis achten Woche an allmählich verschiedene sehr schwere Störungen auftraten, welche, wenn das Futter nicht beizeiten verändert wurde, zum Tode führten und von den genannten Autoren als Ausdruck einer ungenügenden N-Zufuhr aufgefaßt werden. Diese Störungen bestanden vor allem in Störungen der Verdauung und wurden, nach Munk, dadurch bewirkt, daß bei der N-armen Kost zu wenig Eiweiß zum Wiederaufbau des bei der Sekretion zum Teil zerfallenen Protoplasmas der Drüsenzellen vorhanden war. Dementsprechend konstatierte Rosenheim bei der Sektion im Verdauungsrohre und in der Leber schwere pathologische Veränderungen.

Betreffend die Deutung dieser Erscheinungen bemerkt Sivén[3]), daß sie möglicherweise von einer andauernd zu einförmigen Beschaffenheit der Kost bedingt waren; Breisacher[4]) faßt die Störungen als Ausdruck eines vorhandenen Salzhungers auf. Daß die geringe N-Menge in der Kost an und für sich diese Störungen nicht bewirkte, dürfte aus Jägerroos' Beobachtungen ganz deutlich hervorgehen[5]). Bei diesen Versuchen wurde nebst Zucker und Butter nur frisches Fleisch in rohem Zustande gefüttert. Die folgende Tabelle enthält seine Resultate in konzentrierter Form.

Nr.	Versuchsdauer	Gesamt-N			N im Mittel pro Tag		
		Aufnahme	Abgabe	Bilanz	Aufnahme	Abgabe	Bilanz
	Tage	g	g	g	g	g	g
I. 1.	91	207,2	231,7	— 24,5	2,28	2,55	— 0,27
2.	132	224,9	200,3	+ 24,6	1,70	1,51	+ 0,19
3[6]).	14	11,4	17,4	— 5,0	0,82	1,24	— 0,42
Summa u. Mittel	237	443,5	449,4	— 5,9	1,87	1,89	— 0,02

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1891, S. 338; Arch. f. path. Anat. **132**, 141, 1893. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1891, S. 341; Arch. f. d. ges. Physiol. **54**, 61, 1893; vgl. auch Zuntz u. Magnus-Levy, Arch. f. d. ges. Physiol. **49**, 440, 1891. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. **10**, 147, 1899; vgl. auch Hagemann, Inaug.-Diss., Berlin 1891. — [4]) Deutsche med. Wochenschr. 1901, S. 1310. — [5]) Skand. Arch. f. Physiol. **13**, 389, 1902. — [6]) Hiernach folgte noch eine Periode von 46 Tagen, während welcher das Tier trächtig war; aus diesem Grunde ist diese Periode hier ausgeschlossen.

Nr.	Versuchsdauer	Gesamt-N			N im Mittel pro Tag		
		Aufnahme	Abgabe	Bilanz	Aufnahme	Abgabe	Bilanz
	Tage	g	g	g	g	g	g
II. 1.	132	467,8	444,3	+ 23,5	3,54	3,36	+ 0,18
2.	17	13,7	52,2	— 38,5	0,80	3,07	— 2,27
3.	50	144,2	131,2	+ 13,0	2,88	2,62	+ 0,26
Summa u. Mittel	199	625,7	627,7	— 2,0	3,14	3,15	— 0,01

Das Körpergewicht des Tieres im Versuch I variierte zwischen 4,55 und 6,73 und betrug im Durchschnitt 5,9 kg; im Versuch II wog das Tier im Durchschnitt etwa 12 kg.

Bei den verschiedenen Reihen im Versuch I betrug der N-Umsatz pro Kilogramm Körpergewicht bzw. 0,50, 0,26 und 0,20 g, im Versuch II bzw. 0,28, 0,25 und 0,23 g. In den Versuchen von Munk und Rosenheim war der N-Umsatz pro Kilogramm Körpergewicht 0,23 g, also etwa von derselben Größe wie in denen von Jägerroos. Und dennoch blieben die Tiere 146 (von der ersten Periode abgesehen) bzw. 199 Tage am Leben. In beiden Fällen starb das Tier nicht an irgend welcher chronischen Erkrankung oder an Verdauungsstörungen, sondern an einer akuten Infektionskrankheit. Im Darmepithel konnten keinerlei pathologische Veränderungen nachgewiesen werden, wie auch das Futter bis zum Tode sehr gut ausgenutzt wurde. Während der ganzen Beobachtungsdauer befanden sich die Tiere wohl, und es waren bei ihnen keine Zeichen von abnehmender Leistungsfähigkeit oder von Mattigkeit zu bemerken.

Daß auch der Mensch bei einer an Eiweiß ziemlich armen Kost bei dauernder Gesundheit bleiben kann, folgt teils aus den oben mitgeteilten Erfahrungen an Vegetariern, teils aus einer sehr wichtigen Versuchsreihe von R. O. Neumann[1]). Dieselbe umfaßte im ganzen 746 Tage und war in drei Abschnitte geteilt. In dem ersten und dritten Abschnitt, welche je 10 Monate dauerten, genoß Neumann eine freigewählte Kost; durch Konstantbleiben des Körpergewichts wurde festgestellt, daß sie genügend war. Im zweiten Abschnitt, 120 Tage, wurde durch Versuche über den N-Umsatz die Effektivität der Kost direkt kontrolliert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 (S. 410) zusammengestellt (vom Abschnitt II nur die ersten 50 Tage in fünf Perioden verteilt).

Über den Gesamtstoffwechsel bei Zufuhr von Eiweiß haben wir die Bilanzversuche von Pettenkofer und Voit in erster Linie zu berücksichtigen.

Die genannten Autoren berechneten ihre Analysenresultate unter der Annahme, daß sich N und C im Eiweiß wie 1 : 3,684 verhielten. Diese Verhältniszahl ist indes nicht richtig, und sie beträgt nach Rubner 1 : 3,28, nach Pflüger sogar 1 : 3,20[2]). Dieser Unterschied ist besonders bei großen Eiweißmengen von durchgreifender Bedeutung. So entspricht einer Abgabe von 85,4 g N (= etwa 2500 g Fleisch) nach Pettenkofer und Voit 314,6 g C, nach Rubner 280,1 g — also eine Differenz von 34,5 g C. D. h. wenn die N-Substanz in 2500 g Fleisch im Körper vollständig zersetzt wird, und 280,1 g C vom Körper abgegeben worden sind, so würde dies nach Rubners Verhältniszahl bedeuten, daß der gesamte an Eiweiß gebundene Kohlenstoff in 2500 g Fleisch vom Körper abgegeben worden ist, während nach der Zahl von Pettenkofer und Voit im Körper 34,5 g C — wahrscheinlich als Fett — zurückgehalten worden sind.

[1]) Arch. f. Hyg. 45, 1, 1902. — [2]) Siehe oben S. 356.

Tabelle 1.

Abschnitt	Dauer	Mittleres Körpergewicht kg	Aufnahme pro Tag					Abgabe pro Tag			N-Bilanz
			N g	Fett g	Kohlehydrate g	Alkohol g	Kal.	N im Harn g	N im Kot g	Summa g	g
I.	10 Monate	67,0	10,6	83,5	230,0	43,7	2309	—	—	—	—
	Pro kg	—	0,16	1,3	34,5	0,56	34,7	—	—	—	—
II. 1.	10 Tage	66,1	8,2	62,5	184,2	—	1535	9,0	2,0	11,0	— 2,8
2.	12 „	66,6	9,1	73,7	184,0	—	1599	11,0	1,2	12,2	— 3,1
3.	8 „	66,0	11,2	84,0	204,8	—	1909	11,6	1,7	13,3	— 2,1
4.	5 „	65,8	12,7	73,6	207,7	—	1937	14,0	1,5	15,5	— 2,8
5.	15 „	66,0	12,2	155,7	220,7	—	2659	10,5	1,5	12,0	+ 0,2
	Pro kg	—	0,16	2,3	33,4	—	59,7	—	—	—	—
III.	10 Monate	72,0	12,2	109,1	168,9	5,5	2057	—	—	—	—
	Pro kg	—	0,16	1,5	23,4	0,08	28,5	—	—	—	—

Tabelle 2.

Nr.	Datum	N-Zufuhr g	N-Abgabe g	Fett, zersetzt g	Bilanz N g	Bilanz Fett g	Kalorien Zufuhr	Kalorien Umsatz	Kalorien pro kg Körpergewicht
1.	10. bis 14. März 1862	0	5,6	98	— 5,6	— 98	0	1072	34,9 [1]
2.	20. April bis 1. Juni 1863 . .	17,0	20,4	59	— 3,4	— 59	446	1094	34,2 [2]
3.	17. April 1863	34,0	36,7	38	— 2,7	— 38	892	1328	38,3 [2]
4.	20. Februar bis 9. März 1863	51,0	51,2	22	— 0,2	— 22	1338	1554	46,5 [2]
5.	19. Februar 1861	61,2	59,7	30	+ 1,5	— 30	1608	1851	55,8 [2]
6.	21. bis 26. Juni 1863	68,0	69,5	— 22	— 1,5	+ 22	1784	1600	51,6 [2]
7.	3. April 1861	85,0	85,4	— 12	— 0,4	+ 12	2430	2128	63,1 [2]

[1]) 1 g N = 25,25 Kal., 1 g Fett = 9,50 Kal. — [2]) 1 g N = 26,26 Kal. (Vgl. S. 362).

Eine neue Berechnung der Versuche von Pettenkofer und Voit[1]) war daher notwendig, und Pflüger[2]) unterzog sich der Mühe, diese auszuführen. Nach dieser neuen Berechnung sind die Resultate der Münchener Physiologen in Tabelle 2 (S. 410) zusammengestellt.

Diese Versuche sind alle an einem und demselben Hunde ausgeführt. Erst bei einer Zufuhr von etwa 68 g N (Nr. 6) gelangt das Tier in stoffliches Gleichgewicht; bei den Reihen mit geringerer N-Zufuhr setzt das Tier nicht allein von seinem eigenen Eiweiß, sondern auch von seinem eigenen Fett zu. Je größer die gefütterte N-Menge wird, um so geringer ist auch die Selbstbesteuerung des Körpers, bis er endlich mit 68 und 84 g N (= 2000 bis 2500 g Fleisch) ungefähr in materielles Gleichgewicht kommt[3]).

Einen näheren Aufschluß über den Umfang der tatsächlich stattgefundenen Verbrennung gibt uns die kalorische Berechnung der Versuche. Aus derselben geht hervor, wie gleichzeitig mit dem vermehrten N-Umsatz tatsächlich auch der Gesamtstoffwechsel, und zwar sehr regelmäßig, ansteigt. Beim Hunger beträgt er pro Kilogramm Körpergewicht 34,9 Kal., ist bei 17 g N etwa gleich groß, um dann immer mehr zuzunehmen und bei 85 g N im Futter das Maximum von 65,0 Kal. zu erreichen.

Bei abundanter Eiweißzufuhr steigt also der Gesamtstoffwechsel mit etwa 90 Proz. dem Stoffwechsel beim Hunger und bei geringer Eiweißzufuhr gegenüber an.

In einem noch höheren Maße steigt indes der N-Umsatz; die Differenz zwischen dem Maximum bei Zufuhr von 85,0 g N und dem Minimum beim Hunger beträgt 79,8 g, d. h. 1426 Proz. Es wäre also grundfalsch, wenn wir aus dem N-Umsatz den Gesamtstoffwechsel schätzen wollten.

Später hat Rubner ähnliche Versuche ausgeführt, welche dadurch, daß die zu vergleichenden Versuche unmittelbar nacheinander angestellt wurden, den Vorzug haben, daß sie sich so viel als möglich auf den gleichen körperlichen Zustand des Versuchstieres beziehen[4]). Ich stelle einige von ihnen hier zusammen.

Nr.	Tag	N-Zufuhr	N-Abgabe	Kalorien		
		g	g	Zufuhr	Umsatz	pro kg
I.	1	0	1,3	0	308	51,9
	2	0	1,5	0	281	48,3
	3	17,0	13,1	481	330	56,3
	4	17,0	14,2	481	330	55,0
II.	1	20,4	17,3	576	607	88,9
	2	20,4	17,7	576	539	78,1
	3	0	4,0	0	446	65,0
	4	20,4	16,6	576	536	78,0
	5	0	2,9	0	477	70,6
	6	0	2,2	0	507	78,0
	7	0	1,9	0	457	70,2

[1]) Zeitschr. f. Biol. **5**, 370, 1869; **7**, 432, 1871. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **51**, 267, 1891. — [3]) Der Fettansatz, der hier erscheint, dürfte nur ein scheinbarer sein, denn wenn die Versuche unter Anwendung der Verhältniszahl C/N = 3,20 berechnet werden, wird derselbe nur 14 bzw. 3 g. — [4]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 57, 65, 76, 84, 155.

Nr.	Tag	N-Zufuhr g	N-Abgabe g	Kalorien		
				Zufuhr	Umsatz	pro kg
III.	1	0	7,8	0	1089	40,6
	2	0	7,4	0	947	36,0
	3	0	7,3	0	1017	39,1
	4	0	6,3	0	912	35,2
	5	51	46,5	1326	1171	46,0
	6	51	46,8	1326	1218	47,5
	7	51	49,5	1326	1274	48,7
	8	51	48,9	1326	1291	49,8
IV.	1	0	5,0	0	718	—
	2	0	5,1	0	742	—
	3	68	51,6	1926	1046	—
	4	0	12,4	0	746	—
	5	68	52,7	1926	1115	—
	6	0	12,2	0	772	—

Aus diesen Versuchen erhalten wir im Durchschnitt: Versuch I: Hunger 290 Kal., Zufuhr von 17 g N 330 Kal.; Versuch II: Hunger 472 Kal., Zufuhr von 20,4 g N 561 Kal.; Versuch III: Hunger 991 Kal., Zufuhr von 51 g N 1239 Kal.; Versuch IV: Hunger 745 Kal., Zufuhr von 68 g N 1080 Kal. Ganz wie bei den Versuchen von Pettenkofer und Voit steigert eine verhältnismäßig geringe N-Zufuhr den Gesamtstoffwechsel nur in geringem Grade (im Versuch I um 14 Proz.), während dagegen eine reichlichere N-Zufuhr den Stoffwechsel beträchtlich in die Höhe treibt (im Versuch II um 19 Proz., im Versuch III um 25 Proz., im Versuch IV um 45 Proz.); gleichzeitig beträgt die durchschnittliche Zunahme der N-Abgabe dem Hungerwerte gegenüber in allen Versuchen mehrere hundert Prozent.

§ 2. Der Stoffwechsel bei Zufuhr von Fett.

Pettenkofers und Voits [1]) Versuche über den Einfluß des Fettes auf den Stoffwechsel sind, nach den früher benutzten Konstanten berechnet, in folgender Tabelle zusammengestellt [2]).

Nr.	Datum	Tag der Versuchs-periode	Futter		N-Abgabe	Fett, zersetzt	Kal.	Kalorien pro kg Körper-gewicht
			N	Fett				
			g	g	g	g		
I.	10. März 1862	6	—	—	6,0	111	1207	38,7
	14. „	10	—	—	5,2	86	947	31,5
	1. April [3])	8	—	100	5,4	97	1057	35,8
	3. „ [4])	10	—	100	4,5	103	1093	37,4
II.	5. April 1861	2	—	—	11,6	97	1187	36,1
	8. „	5	—	—	5,7	107	1184	37,3
	11. „	8	—	—	4,7	102	1089	35,7
	19. „ [5])	2	—	350	7,7	169	1800	56,2

[1]) Zeitschr. f. Biol. 5, 369, 1869. — [2]) 1 g N = 25,25 Kal., 1 g Fett = 9,5 Kal. — [3]) In der Zwischenzeit bekam das Tier täglich bis zum 24. März 1500 g Fleisch, danach 100 g Fett. — [4]) Der Versuch dauerte nur 10 Stunden, ist aber auf 24 Stunden berechnet. — [5]) Nach sehr reichlichem gemischten Futter bekam das Tier vom 18. April an 350 g Fett.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die beim Hunger zugrunde gehende Fettmenge durch eine gleichgroße Fettmenge im Futter ersetzt werden kann, sowie daß eine sehr bedeutende Steigerung der Fettzufuhr den Fettumsatz bedeutend in die Höhe treibt.

Wie sich der Stoffwechsel bei Zufuhr von Fett und Eiweiß verhält, ist aus folgenden wie früher berechneten Versuchen von Pettenkofer und Voit[1]) ersichtlich:

Nr.	Datum	Futter		N-Abgabe	Fett, zersetzt	Kalorien	Kalorien pro kg Körpergewicht
		N g	Fett g	g	g		
I.	20. April bis 1. Juni 1863 .	17,0	—	20,4	59	1094	34,9
	12. Mai 1863	17,0	100	16,7	75	1151	36,8
	3. Juni bis 30. Juli 1862 . .	17,0	200	17,6	119	1593	49,0
II.	20. Febr. bis 9. März 1863 .	51,0	—	51,0	22	1554	46,5
	9. u. 13. März 1863	51,0	30	49,5	24	1528	45,7
	17. März 1863	51,0	60	51,0	48	1795	53,8
	20. u. 24. März 1863	51,0	100	47,7	34	1575	46,5
	18. Juni 1863	51,0	100	49,3	17	1456	46,9
	27. u. 30. März 1863	51,0	150	49,5	40	1679	49,6

Die zu der ersten Versuchsreihe mit 17 g N und bzw. 0, 100 und 200 g Fett im Futter gehörigen Versuche sind zum Teil in weiten Intervallen ausgeführt und dürften daher kaum sichere Schlußfolgerungen gestatten. Dagegen sind die Versuche der zweiten Reihe ziemlich gut untereinander vergleichbar. Aus denselben kann kaum anders geschlossen werden, als daß die Zugabe von 30 bis 150 g Fett die Fettzersetzung nicht beeinflußt, wenn die gleichzeitig gefütterte Eiweißmenge an und fur sich ungefähr genügt, um den Stoffwechsel zu unterhalten.

In allem Wesentlichen wurden diese Resultate durch Versuche von Rubner, bei welchen der Stoffwechsel beim Hunger und bei Fettzufuhr in unmittelbarem Anschluß aneinander bestimmt wurde, bestätigt[2]), wie z. B.

Nr.	Tag	Futter		N-Abgabe	Fett, zersetzt	Kalorien	Kalorien pro kg Körpergewicht
		N g	Fett g	g	g		
I.	1	—	—	9,4	74	955	39,8
	2	—	167	5,1	81	914	38,1
	3	—	—	3,9	88	957	40,0
II.	1	—	—	1,6	62	626	56,3
	2	—	—	1,7	59	592	54,5
	3	—	180	1,7	72	721	67,1

[1]) Zeitschr. f. Biol. 9, 1, 1873. 1 g N = 26,26; 1 g Fett = 9,5 Kal. — [2]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 51.

Bei Zufuhr von einer Fettmenge, deren kalorischer Wert (1537 Kal.) um 60 Proz. den Stoffwechsel beim Hunger übertraf, trat keine Steigerung der Fettzersetzung ein (Versuch I). Eine ziemlich bedeutende Zunahme, 18,4 Proz. dem Hungerstoffwechsel gegenüber, erschien aber im Versuch II, wo das gefütterte Fett, seinem Kalorienwert (1710 Kal.) nach, fast dreimal so groß war als der Umsatz beim Hunger (durchschnittlich 609 Kal.).

Also erscheint eine Zunahme der Fettzersetzung und des gesamten, in Kalorien ausgedrückten Stoffwechsels bei Zufuhr von Fett nur dann, wenn die gefütterte Fettmenge ihrem kalorischen Werte nach den Bedarf des Körpers sehr beträchtlich übersteigt. Bei geringerer Fettzufuhr bedingt das Fett aber keine Steigerung, wie es auch Pflüger durch Versuche an Hunden bestätigt hat.

§ 3. Der Stoffwechsel bei Zufuhr von Kohlehydraten.

Wie oben bemerkt, ist es nicht ohne gleichzeitige Bestimmung der Sauerstoffaufnahme möglich, zu entscheiden, in welchem Maße Fette und Kohlehydrate beim Stoffwechsel beteiligt sind. Beim Hunger, sowie bei Zufuhr von Eiweiß oder Fett ist doch, aller Wahrscheinlichkeit nach, der Anteil der Kohlehydrate an der Verbrennung so gering, daß kein großer Fehler entsteht, wenn der gesamte, aus N-freien Nahrungsstoffen stammende Kohlenstoff in den Ausgaben als Fett-C berechnet wird.

Bei Zufuhr von Kohlehydraten gestaltet sich die Sache viel komplizierter, und es ist nicht möglich, aus der alleinigen Bestimmung des abgegebenen Kohlenstoffs, auch wenn die Zusammensetzung des Futters genau bekannt ist, den gegenseitigen Anteil des Fettes und der Kohlehydrate festzustellen. Hier ist daher die Bestimmung des Sauerstoffverbrauches unbedingt notwendig.

Bei kurzdauernden, unter Anwendung einer Respirationsmaske ausgeführten Versuchen, wo neben der CO_2-Abgabe auch die O_2-Aufnahme bestimmt worden ist, hat es sich nun herausgestellt, daß der respiratorische Quotient bei Zufuhr von Kohlehydraten binnen kurzem ansteigt, daß also diese in der Tat sogleich nach ihrer Resorption vom Körper angegriffen werden [1]).

Aus diesen Erfahrungen zog man nun den Schluß, daß die resorbierten Kohlehydrate vollständig vor dem resorbierten Fett bzw. dem Körperfett verbraucht werden, und berechnete von dieser Annahme aus den unter solchen Umständen stattfindenden Stoffwechsel. Dieser Schluß war indes nicht vollständig berechtigt, denn es lagen meines Wissens keine Beobachtungen vor, welche seine Richtigkeit tatsächlich bewiesen hätten.

Diese wesentliche Lücke in unseren Kenntnissen ist indes durch die Untersuchungen Atwaters und seiner Mitarbeiter in der letzten Zeit ausgefüllt worden. Allerdings war es bis jetzt auch ihnen nicht möglich, bei länger dauernden Versuchen die O_2-Aufnahme festzustellen; ihre kalorimetrischen Bestimmungen des Stoffwechsels bei verschieden zusammengesetzter Kost lassen uns aber die vorliegende Frage entscheiden. Wenn nämlich der aus dem Wärmewerte der Kost und der Ausgaben berechnete Stoffwechsel auch bei Zufuhr von Kohlehydraten mit der direkt kalorimetrisch bestimmten

[1]) Vgl. z. B. Magnus-Levy, Arch. f. d. ges. Physiol. 55, 1, 1893.

Wärmeabgabe genau übereinstimmt, so liegt hierin ein unanfechtbarer Beweis dafür, daß die gesamten Kohlehydrate der Kost tatsächlich vor dem Fett im Körper angegriffen werden.

Da die Versuchspersonen bei allen Versuchen von Atwater in ihrer Kost sowohl Fett als Kohlehydrate genossen (vgl. S. 366), stellen diese Versuche sämtlich die erwünschte Begründung dieses Satzes dar. Unter denselben finden sich aber einige, welche in dieser Hinsicht ganz besonders bedeutungsvoll sind, indem die Versuchsperson hier die gleiche Zufuhr von Eiweiß und Kalorien, aber mit verschiedener Verteilung auf Fett und Kohlehydrate bekam. Einige dieser Versuche sind in folgender Tabelle aufgenommen.

Versuch		Kraftwechsel, berechnet aus				Kraftwechsel, direkt bestimmt	Anmerkungen
		Eiweiß	Fett	Kohlehydraten	Summa		
		Kal.	Kal.	Kal.	Kal.	Kal.	
36, 39, 42, 51	Mittel	358	1892	—	2250	2187	Hunger, Ruhe
35		429	814	1114	2357	2397	Gew. Kost, Ruhe
37, 40, 44, 47, 49, 53	Mittel	434	1288	3371	5093	5136	Kohlehydratreiche Kost, Arbeit
38, 41, 43, 45, 46, 48, 52, 54	Mittel	489	3190	1465	5144	5105	Fettreiche Kost, Arbeit

Bei Hunger und Ruhe, wo der Körper von seinem eigenen Eiweiß und Fett lebt, ist der Stoffwechsel durchschnittlich berechnet 2250, direkt bestimmt 2187 Kal., während er bei Nahrungszufuhr, darunter 1114 Kal. in Kohlehydraten, 2357 bzw. 2397 Kal. beträgt. Die Differenz der direkten kalorimetrischen Bestimmungen macht nur 210 Kal. aus, was sich leicht daraus erklären läßt, daß ein fastender Mensch, selbst am ersten Hungertage, doch etwas ruhiger als bei Nahrungszufuhr ist. Die beiden anderen Durchschnittszahlen beziehen sich auf den Stoffwechsel bei körperlicher Arbeit. In der einen Reihe enthielt die Kost 1288 Kal. aus Fett und 3371 Kal. aus Kohlehydraten; Kraftwechsel berechnet 5093, gefunden 5136. In der zweiten Reihe war das Verhältnis des Fettes und der Kohlehydrate umgekehrt: 3190 Kal. aus Fett und 1465 Kal. aus Kohlehydraten; Gesamtstoffwechsel berechnet 5144, gefunden 5105. Die Differenz zwischen den kalorimetrischen Bestimmungen beträgt nur 31 Kal.

Aus diesen Erfahrungen folgt also, daß die genossenen Kohlehydrate sowohl vor dem Körperfett, als vor dem mit der Kost aufgenommenen Fett im Körper zerfallen.

Nachdem dies festgestellt ist, können wir an der Hand der vorliegenden Versuche den Einfluß der Zufuhr von Kohlehydraten in verschiedener Menge näher untersuchen. Auch hier haben wir die Beobachtungen von Pettenkofer und Voit in erster Linie zu berücksichtigen[1]). Dieselben sind mit den mehrfach erwähnten Korrekturen in folgender Tabelle zusammengestellt.

[1]) Zeitschr. f. Biol. 9, 435, 1873; vgl. Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. 52, 239, 1892. 1 g N = 26,26, 1 g Fett = 9,5, 1 g Stärke (St) = 4,2, 1 g Traubenzucker (T) = 3,8 Kal.

Nr.	Datum	Zufuhr			N-Abgabe	Fett, zersetzt	Kohlehydrate, zersetzt	Gesamt-Stoffwechsel	Kalorien pro kg Körpergewicht
		N	Fett[1])	Kohlehydrate					
		g	g	g	g	g	g	Kal.	
I.	5. bis 11. April 1861	—	—	—	7,3	101	—	1153	36,4
	28. März 1861	—	16,9	379 (St)	7,2	(+ 39)	379	1393	42,9
II.	27. April bis 1. Mai 1863	17,0	—	—	20,4	59	—	1094	34,2
	17. April bis 8. Mai 1862	17,0	5,0	167 (St)	19,3	(+ 15)	167	1113	36,9
	11. bis 21. Mai 1862	17,0	—	182 (T)	18,3	(+ 6)	182	1113	37,1
	21. Mai bis 3. Juni 1862	17,0	6,0	167 (St)	18,0	(+ 3)	167	1150	38,7
III.	20. Februar bis 9. März 1863	51,0	—	—	51,0	22	—	1554	46,5
	8. bis 13. Juli 1863	51,0	5,0	172 (St)	50,0	13	172	2159	68,8
IV.	28. Februar 1861	61,2	—	—	59,7	30	—	1851	55,8
	1. April 1861	61,2	10,1	379 (St)	50,0	(+ 86)	379	2087	62,3

Aus diesen Versuchen ließe sich schließen, daß die Zufuhr von 379 g Kohlehydraten den Stoffwechsel, dem beim Hunger gegenüber, pro Kilogramm Körpergewicht um etwa 17 Prozent in die Höhe treibt. Bei Zugabe von 167 bzw. 182 g Kohlehydraten zu 500 g Fleisch steigt der Gesamtstoffwechsel um höchstens 12 Prozent, im Durchschnitt aber nur um 10 Prozent (Nr. II). Bei 1500 g Fleisch (Nr. III) beträgt die Zunahme durch 172 g Stärke sogar 48 Prozent; es muß aber bemerkt werden, daß dieses Resultat einen Mittelwert aus zwei Versuchen darstellt; bei dem einen betrug der Stoffwechsel pro Körperkilo 80,6, bei dem anderen 57,7 Kal. In Nr. IV ist die Zunahme nur etwa 12 Proz.

Leider sind die zu vergleichenden einzelnen Versuche nicht in unmittelbarem Anschluß aneinander ausgeführt worden, weshalb diese Schlüsse nicht als völlig sicher erachtet werden können. Bei Rubner[2]) finden wir indes einwandsfreie Beobachtungen wie die folgenden, welche übrigens einen direkten Vergleich betreffend den Einfluß der verschiedenen Nahrungsstoffe auf den Stoffwechsel gestatten.

[1]) Das im Fleisch enthaltene Fett ist nicht berücksichtigt. Auch bei der Fettbilanz ist das Nahrungsfett nicht aufgenommen worden. — [2]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 72.

Tag	Futter			Kalorien	Kraftwechsel	
	N g	Fett g	Kohlehydrate g		Total Kal.	pro kg Körpergewicht Kal.
2	—	—	—	—	969	40,2
3	56,8	—	—	1543	1072	44,8
4	—	—	—	—	947	39,9
5	—	167	—	1536	963	40,9
6	—	—	—	—	922	39,6
7	—	—	411	1446	982	42,3
8	—	—	—	—	977	42,1

Im Durchschnitt beträgt der Kraftwechsel pro Kilogramm Körpergewicht beim Hunger 40,4 Kal., bei Zufuhr von Eiweiß 44,4, bei Zufuhr von Fett 40,9, bei Zufuhr von Kohlehydraten 42,3; derselbe nimmt also bei Eiweiß um 11,9, bei Fett um 1,2 und bei Kohlehydraten um 4,7 Proz. zu. Wie aus der Tabelle ersichtlich, war in allen Fällen die potentielle Energie des Futters gleichgroß, und zwar überstieg sie den Umsatz beim Hunger um bzw. 58, 61 und 52 Proz.

In einer anderen Versuchsreihe wurden dem Tiere pro Kilogramm Körpergewicht im Eiweiß 57,4, im Fett 54,2, in Kohlehydraten 57,0 Kal. zugeführt. Beim Hunger betrug der Gesamtstoffwechsel pro Kilogramm Körpergewicht 37,5 Kal., bei Fleisch 46,0, bei Fett 39,4 und bei Kohlehydraten ebenfalls 39,4 Kal. In Prozenten war die Steigerung dem Hungerstoffwechsel gegenüber bei Eiweiß 24,3, bei Fett und Kohlehydraten 5,1.

Eine dritte Versuchsreihe ergab für den Stoffwechsel während des zweiten Hungertages 310 Kal. Bei Zufuhr von 482 Kal. im Fleisch war derselbe 396 Kal., bei Zufuhr von 749 Kal. in Stärke und Rohrzucker 345 bzw. 390 Kal.

Aus diesen Beobachtungen geht als Resultat hervor, daß allerdings sowohl Fett als Kohlehydrate den Gesamtstoffwechsel nicht unwesentlich steigern, aber, wie es scheint, im allgemeinen nur, wenn sie in großem Überschuß aufgenommen werden, während das Eiweiß den Gesamtstoffwechsel immer in die Höhe treibt, sobald es in einer Menge genossen wird, die den Umsatz beim Hunger nur verhältnismäßig wenig übersteigt.

Zur theoretischen Deutung dieser Tatsachen könnte man sich vorstellen, daß der größere Vorrat an Verbrennungsmaterial an sich eine umfangreichere Verbrennung im Körper hervorrufe. Es könnte auch der Fall sein, daß die Steigerung des Gesamtstoffwechsels durch die Verdauungsarbeit oder durch Muskelbewegungen und -Spannungen bedingt wäre.

Zur Aufklärung dieser Frage sind Versuche notwendig, bei welchen der Einfluß der Muskelbewegungen so viel als möglich ausgeschlossen ist und wo der Stoffwechsel in kürzeren Perioden untersucht wurde.

An Hunden, welche die ganze Versuchszeit vollkommen ruhig lagen, untersuchte Rubner[1]) in dreistündigen Perioden die CO_2-Abgabe beim Hunger, sowie bei Fütterung mit Fleisch oder Fett. Beim Hunger verlief diese mit äußerst geringen Variationen, und dasselbe gilt im großen und ganzen auch bei der Fettfütterung. Auch war der absolute Unterschied nur gering: während neun Stunden beim Hunger 108,8 bis 116,7 g CO_2, während neun Stunden nach Fütterung mit 80 g Fett 111,0 bis 111,4 g CO_2. Dagegen stieg die CO_2-Abgabe bei Fütterung mit

[1]) Festschrift für Ludwig 1887, S. 259.

460 g ausgelaugtem Fleisch sehr bedeutend an und betrug während 6 Stunden 92,9 bis 95,1 g, 73 bis 76,3 g beim Hunger gegenüber. Nähere Angaben über diese Versuche sind in folgender Tabelle enthalten.

Periode	Zeit	CO_2-Abgabe g					
		Hunger		80 g Butterfett		460 g ausgelaugtes Fleisch	
		I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	9—12 V	36,6	35,6	35,6	37,3	92,9	95,1
2	12—3 N	36,4	40,7	37,7	36,7		
3	3—6	35,8	40,4	37,7	37,4	86,2	97,1
4	6—9	35,2	38,5	—	—		
5	9—12	36,8	41,1	—	—	78,2	79,9
6	12—3 V	35,5	38,8	—	—		
7	3—6	35,7	35,9	—	—	78,4	75,3
8	6—9	33,8	37,2	—	—		

Sowohl am Hunde als am Menschen machte dann Magnus-Levy[1]) ausführliche Untersuchungen über denselben Gegenstand und bestimmte dabei nicht allein die CO_2-Abgabe, sondern auch den O-Verbrauch, wodurch die absolute Größe des Stoffwechsels viel genauer als bei alleiniger Bestimmmung der Kohlensäure berechnet werden kann (vgl. S. 374). Aus denselben läßt sich folgendes entnehmen.

Bei den Versuchen am Hunde war eine Erhöhung des Sauerstoffverbrauches bei einer den Bedarf nicht überschreitenden Zufuhr von Fett sehr gering und war in der 5. bis 9. Stunde in der Höhe von etwa 10 Proz. deutlich sichtbar. Bei einer sehr reichlichen Zufuhr ging die Steigerung nie über 20 Proz. hinaus, sie fand etwa von der 4. bis zur 13. und 14. Stunde oder etwas später statt. Im Durchschnitt von 18 Stunden überstieg die Zunahme des Stoffwechsels nicht 10 Proz. und war jedenfalls für 24 Stunden noch geringer.

Nach Fütterung mit Kohlehydraten in reichlicher Menge (500 g Reis, 200 g Hackfleisch und 25 g Fett) nahm der O-Verbrauch während der zwei ersten Stunden um etwa 30 Proz. zu, um dann langsam und stetig weiterzuwachsen bis zu einem Maximum von 39 Proz. während der 6. bis 8. Stunde. Bis zur 11. Stunde sank der Sauerstoffverbrauch wieder sehr langsam ab und fiel dann schneller, so daß von der 14. bis 15. Stunde ab die erhaltenen Werte nur um wenige Prozente die Nüchternwerte übertrafen. Für 24 Stunden berechnet betrug die Zunahme des O-Verbrauches etwa 17,5 Proz., was aber zu einem Viertel von dem gleichzeitig genossenen Eiweiß bedingt war. Wenn das Futter nur die dem Bedarf gerade entsprechende Menge von Kohlehydraten enthielt, zeigte sich eine viel geringere Zunahme, und zwar betrug dieselbe für die ersten 10 Stunden durchschnittlich nur etwa 11 Proz.

In einem noch erheblicheren Grade nahm indessen der O-Verbrauch nach Fütterung mit Eiweiß zu. Durchschnittlich betrug die Steigerung während der ersten 12 Stunden bei 13,2 g N : 19 Proz., bei 36,8 g N : 37,5 Proz., bei 59,3 g N 47 Proz. und während der ersten 24 Stunden bzw. 10, 21 und 32 Proz.

Am Menschen fand Magnus-Levy, daß bei 210 g Speck oder Butter eine Steigerung des O-Verbrauches eintrat, die mit der 8. Stunde noch nicht beendet war. Dieselbe war aber nur gering, für 8 Stunden durchschnittlich nur etwa 6 bis 8 Proz., bei Aufnahme von kleineren Fettmengen (100 g) ganz unbedeutend. Nach Genuß von Kohlehydraten in geringer Menge (85 g Weißbrot) zeigte sich eine Steigerung des O-Verbrauches um 11 bis 16 Proz., die schon in der 3. und 4. Stunde kaum mehr sichtbar war. In Versuchen, wo 140 bis 160 g Stärke verabreicht wurden,

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **55**, 1, 1893.

war der O-Verbrauch in den ersten 3 Stunden bis rund 33 Proz. erhöht, in der 3. Stunde sank die Kurve zumeist ab, um in der 4. und 5. Stunde ziemlich die ursprüngliche Höhe zu erreichen. Endlich beobachtete er nach Genuß von 120 bis 310 g gebratenem Rindfleisch eine prozentuale Zunahme des O-Verbrauches bis zu 32 Proz. Das Maximum trat etwa in der 4. Stunde ein. Für die ersten 7 Stunden betrug die Zunahme bei 250 bis 310 g Fleisch etwa 16 bis 22 Proz.[1]).

Auch diese Versuche zeigen also, daß das Fett in mäßigen Gaben keine erwähnenswerte Steigerung des Gesamtstoffwechsels veranlaßt, daß Kohlehydrate in reichlicherer Menge aufgenommen eine erheblichere Zunahme, die indes nur kurze Zeit dauert, bewirken können, sowie daß das Eiweiß den Stoffwechsel sowohl für kürzere als für kleinere Perioden steigert.

Da die letzterwähnten Versuche an ruhenden Menschen gemacht wurden und die Wirkung der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsel also wesentlich ausgeschlossen waren, muß die Ursache der vorliegenden Steigerung des Stoffwechsels entweder in der Verdauungsarbeit oder darin liegen, daß eine größere Zufuhr ohne Beteiligung sichtbarer Muskelbewegungen einen größeren Verbrauch hervorruft.

Daß erstere nicht die alleinige Ursache der betreffenden Steigerung abgeben kann, scheint aus der großen Verschiedenheit hervorzugehen, welche bei mäßigen Gaben von Eiweiß einerseits und von N-freien Nahrungsstoffen andererseits stattfindet. Denn es läßt sich, meines Erachtens, kaum denken, daß die Verdauung einer gewissen Eiweißmenge einen so viel größeren Aufwand von Arbeit als die einer isodynamen Menge von Fett oder Kohlehydraten erforderte. Da wir nun ferner wissen, wie die Spaltung des Eiweißes auch bei der natürlichen Verdauung im Darme sehr weit geht, und wie aller Wahrscheinlichkeit nach diese Spaltung nach stattgefundener Resorption unmittelbar fortgesetzt wird, so dürfte man in bezug auf das Eiweiß kaum der Annahme entgehen können, daß der Zerfall gerade von der vermehrten Zirkulation von oxydationsfähigem Material verursacht wird[2]).

Damit verkenne ich keineswegs den Einfluß der Darmarbeit, deren Bedeutung in erster Linie von Speck[3]), v. Mering und Zuntz[4]), Magnus-Levy[5]) hervorgehoben wurde, und die, wie es scheint, nunmehr auch von Rubner[6]) ziemlich hoch angeschlagen wird. Ist es ja selbstverständlich, daß die Kontraktionen der Muskulatur der Verdauungsorgane, sowie die Drüsensekretion nicht ohne die Entwickelung von aktueller Energie stattfinden können.

Welchen Umfanges die hierdurch hervorgerufene Verbrennung tatsächlich ist, davon wissen wir indes nichts Bestimmtes. Wenn wir uns vergegenwärtigen, wie der Stoffwechsel bei Zufuhr von mäßigen Mengen Fett gar nicht ansteigt, wie er sogar bei ziemlich großen Fettgaben in der Regel nur unerheblich gesteigert wird, und wie die Steigerung bei Kohlehydraten doch der bei Zufuhr von Eiweiß stattfindenden im allgemeinen weit nachsteht, so müssen wir wohl

---

[1]) Vgl. auch die Versuche Koraens über die CO_2-Abgabe bei verschiedener Kost. Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 176, 1901. — [2]) Vgl. Fick, Sitzungsber. d. Würzburger physik. med. Ges., 21. Dez. 1889. — [3]) Arch. f. exp. Pathol. **2** (1874); Physiol. des menschlichen Atmens, Leipzig 1892, S. 28. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **15**, 634, 1877; **32**, 173, 1883. Vgl. auch Zuntz, ebenda **83**, 566, 1901. — [5]) Ebenda **55**, 116, 1893. — [6]) Rubner, Biol. Ges. 1887, S. 27. Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 127.

schließen, daß die Verdauungsarbeit an sich nur einen verhaltnismäßig geringen Aufwand von Energie erfordert.

Diese Auffassung wird durch die Erfahrung Rubners[1]) gestützt, daß bei einem Hunde von 7 kg Körpergewicht die Fütterung mit 20 bis 30 g Knochen eine Steigerung des Stoffwechsels um nur 10 Proz. hervorrief. Wenn aber sehr große Ansprüche an die Verdauungsorgane gestellt werden, so zeigt sich eine sehr bedeutende Steigerung des Stoffwechsels. So stieg der O-Verbrauch in einem Versuche von Magnus-Levy nach Fütterung mit 900 bis 1000 g Knochen während der ersten Stunden um 24 bis 33 Proz. an. Die Zunahme war also hier etwa desselben Umfanges wie bei Fütterung mit großen Kohlehydratmengen. Man darf doch nicht behaupten, daß die letzteren eine ebenso große Darmarbeit erfordert hätten wie 1000 g Knochen.

Es ist möglich, daß der Einfluß der Darmarbeit dadurch verdeckt wird, daß gleichzeitig die Verbrennung in den übrigen Körperteilen in entsprechendem Umfange herabgesetzt wird. Es würde also eine Kompensation der bei der Verdauung stattfindenden Wärmeerzeugung durch Ersparung innerhalb gewisser Grenzen auftreten.

Dies alles gilt aber nur in dem Falle, wenn die Körperbewegungen möglichst vermieden werden, denn diese üben auf den Stoffwechsel einen so mächtigen Einfluß aus, daß schon anscheinend ganz geringfügige Veränderungen des Muskeltonus eine unverkennbare Veränderung des Stoffwechsels hervorrufen. Da wir nun wissen, einen wie großen Einfluß die Nahrungsaufnahme an sich auf das subjektive Gefühl der Leistungsfähigkeit ausübt und wie infolgedessen der Muskeltonus gesteigert wird, ist es leicht zu verstehen, daß der Umfang des Stoffwechsels nach Nahrungsaufnahme, gleichgültig, wie die Kost zusammengesetzt sein mag, gesteigert werden kann: diese Steigerung hängt aber nur indirekt mit der Nahrungsaufnahme an sich zusammen.

§ 4. Der Stoffwechsel bei Zufuhr von anderen N-haltigen Verbindungen als dem Eiweiß.

Außer dem Eiweiß gibt es eine ganze Menge von N-haltigen Verbindungen, welche in unseren gewöhnlichen Nahrungsmitteln enthalten sind. Bei der Untersuchung ihres eventuellen Nährwertes gilt es vor allem, festzustellen, ob sie das Eiweiß vollständig oder zum Teil vertreten können oder in dieser Hinsicht vielleicht ganz wirkungslos sind. Zu diesem Zwecke kann man prüfen, inwiefern die betreffende Verbindung überhaupt im Körper zersetzt wird, oder ob sie unzersetzt vom Körper wieder abgegeben wird. Nur im ersten Falle ist es möglich, daß die Substanz Eiweiß vertreten kann. Um dies zu entscheiden, hat man dann zu untersuchen, ob sie, in genügender Menge, allein für sich die N-Abgabe beim hungernden Körper vollständig aufheben kann, oder ob sie, bei stattfindendem N-Gleichgewicht, imstande ist, dasselbe noch zu unterhalten. Wenn dies der Fall ist, so ist diese Substanz als dem Eiweiß völlig gleichwertig aufzufassen. Wird aber der N-Verlust beim Hunger nur zum Teil aufgehoben, oder bleibt das N-Gleichgewicht nicht mehr bestehen, ohne daß der Körper so viel Eiweiß als beim Hunger von sich selber zuzusetzen braucht, so muß die Verbindung als ein Eiweißvertreter bezeichnet werden.

[1]) Zeitschr. f. Biol. 19, 330, 1884.

Man ist zuweilen auch in der Weise zu Werke gegangen, daß man die betreffende Substanz einer bestimmten Kost zugefügt hat, um zu prüfen, inwiefern durch diese Zugabe ein Ansatz von Eiweiß erzielt werden konnte. Diese Verfahrungsweise gibt indes nicht ganz eindeutige Resultate, denn es kann der Fall sein, daß der Ansatz dadurch bedingt worden ist, daß die Zugabe Eiweiß erspart, aber nicht vertritt.

1. Die Verdauungsprodukte des Eiweißes.

Soviel sich aus vorliegenden Erfahrungen entnehmen läßt, wird das genossene Eiweiß, auch wenn es in nicht koagulierter Form aufgenommen wird, nur zu einem sehr geringen Teile unverändert aus dem Darme resorbiert. Infolgedessen ist es von vornherein einleuchtend, daß das Gemenge sämtlicher Produkte der Eiweißverdauung, so wie es bei der normalen Digestion gebildet wird, genau denselben Nährwert wie das Eiweiß haben muß.

Dagegen kann man über den Nährwert der einzelnen Verdauungsprodukte an und für sich a priori nichts sagen, und nur direkte Versuche können hier den Ausschlag geben.

Ich werde die älteren hierhergehörigen Arbeiten von Plosz[1]), Maly[2]), Adamkiewicz[3]) u. a.[4]) hier nicht berücksichtigen, da sie einer Zeit entstammen, wo die Kenntnisse von den Verdauungsprodukten des Eiweißes noch sehr mangelhaft waren.

Nachdem die Lehre von der Eiweißverdauung durch die Arbeiten von Kühne und seinen Schülern wesentlich erweitert und vertieft worden war, stellte sich Pollitzer[5]) die Aufgabe, den Nährwert einiger dabei entstandener Produkte festzustellen, und zwar benutzte er bei seinen Versuchen Amphopepton, Protoalbumose und Heteroalbumose, welche Verbindungen sämtlich nach den Vorschriften Kühnes dargestellt waren. Das Resultat dieser Versuche ist in folgender Tabelle zusammengestellt, aus welcher hervorgeht, daß sowohl das Amphopepton als die beiden Albumosen ganz denselben Nährwert als das Fleisch besitzen, indem unter ihrem Einfluß ein ebenso großer N-Ansatz wie bei Fütterung mit einer entsprechenden Fleischmenge erfolgt[6]).

Futter	Zahl der Tage	N		N-Bilanz pro Tag
		Zufuhr g	Ausgabe im Harn und Kot g	
Fleisch	6	2,41	1,91	+ 0,50
Pepton	2	2,41	1,83	+ 0,58
Fleisch	3	2,41	1,90	+ 0,51
Protoalbumose	2	2,47	1,80	+ 0,67
Heteroalbumose	1	2,49	1,67	+ 0,82
Fleisch	4	2,13	1,67	+ 0,46
Gelatine	3	2,25	2,77	— 0,52
Fleisch	4	2,13	1,67	+ 0,46

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **9**, 323, 1874; **10**, 536, 1875. — [2]) Ebenda **9**, 602, 1874. — [3]) Adamkiewicz, Die Natur und der Nährwert des Peptons, Berlin 1877; Arch. f. pathol. Anat. **75**, 144, 1879. — [4]) Vgl. Voit, S. 121, 122, 394. — [5]) Arch. f. d. ges. Physiol. **37**, 301, 1885. — [6]) Vgl. unter anderen auch Zuntz, Arch. f. d. ges. Physiol. **37**, 313, 1885; Pfeiffer, Berl. klin. Wochenschr. 1885, S. 477; Gerlach, Die Peptone in ihrer wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung, Hamburg 1896; I. Munk, Therap. Monatsh., Juni 1888; Deutsche med. Wochenschr. 1889, S. 26; Hildebrandt, Verhandl. d. XII. Kongresses f. inn. Med. 1893; Zeitschr. f. physiol. Chem. **18**, 180, 1893; Cahn, Berl. klin. Wochenschr. 1893, S. 565, 602; Kuhn und Völker, Deutsche med. Wochenschr. 1894, S. 793.

Mit dem nach Kühnes Vorschriften durch Selbstverdauung des Pankreas dargestellten „Drüsenpepton“ (wesentlich Antipepton) fand Ellinger[1]) ebenfalls am Hunde:

Futter	N pro Tag		N-Bilanz pro Tag
	Zufuhr g	Ausgabe im Harn und Kot g	
Eiweiß	8,92	6,09	+ 2,83
Albumose	8,91	6,42	+ 2,49
Drüsenpepton . .	8,95	10,39	— 1,44

Obgleich das Drüsenpepton also unzweifelhaft das Eiweiß zu einem gewissen Grade ersetzen konnte, war es dennoch nicht imstande, dasselbe vollständig zu vertreten.

Sogar diese Versuche können indes kaum als einwandfrei bezeichnet werden, denn die bei denselben benutzten Präparate stellten, wie aus den Arbeiten der Hofmeisterschen Schule hervorgeht, bei weitem keine so reinen Verbindungen dar, wie sie nunmehr erhalten werden können. So bestand das Antipepton Ellingers aus echtem Pepton mit reichlichen Mengen der Endprodukte der Pepsinverdauung; die von Pollitzer gefütterte Protoalbumose war ein Gemenge von Proto- und Heteroalbumose, und sein Pepton stellte ein Gemisch von der C-Albumose Picks mit Peptonen und Endprodukten der Verdauung dar.

Es war daher unumgänglich notwendig, die Frage an der Hand der inzwischen gewonnenen Erfahrungen wieder aufzunehmen. Dies wurde von Blum[2]) getan, und zwar benutzte er bei seinen Versuchen teils die Heteroalbumose des Fibrins, teils die Protoalbumosen des Kaseïns. Seine Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Art des Futters	N pro 2 Tage g		N-Bilanz g
	Einnahme	Ausgabe	
Fleisch	14,12	13,81	+ 0,31
Heteroalbumose des Fibrins	14,12	15,30	— 1,18
Fleisch	14,7	14,80	— 0,10
Protoalbumose I des Kaseïns	14,7	14,43	+ 0,27
Fleisch	14,7	14,0	+ 0,7
Protoalbumose II des Kaseins	14,7	14,4	+ 0,3

Während die beiden Protoalbumosen das Fleisch vollständig ersetzen können, ist dies mit der Heteroalbumose nicht der Fall, sondern der Körper setzt noch von seinem eigenen Stickstoff zu; jedenfalls bewirkt auch sie eine wesentliche Ersparnis an Eiweiß.

Wie Blum bemerkt, muß dieser Unterschied davon herrühren, daß der Heteroalbumose gewisse chemische Eigenschaften oder Molekülgruppen fehlen, welche den anderen primären Spaltungsprodukten zukommen.

Geht man von den beiden als minderwertig erkannten Eiweißabkömmlingen, der Heteroalbumose und dem Leim (vgl. sub 2), aus, so ergibt sich als wesentlicher Unterschied zwischen ihnen und den echten Eiweißkörpern inklusive der Protoalbumosen die Abwesenheit bzw. der geringe Gehalt an Tyrosin und Indol liefernden Gruppen, hingegen ein verhältnismäßig reichlicher Gehalt an Glykokoll-

[1]) Zeitschr. f. Biol. **33**, 190, 1896. — [2]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **30**, 15, 1900.

gruppen. (Die Kohlehydratgruppen spielen hierbei keine Rolle, da das von solchen freie Kaseïn den vollen Nährwert des Eiweißes besitzt.)

Betreffend das Glykokoll wissen wir, daß es im Körper zu Harnstoff oxydiert wird, und es liegen keine Gründe zu der Annahme vor, daß aus dem im Eiweiß, Leim usw. enthaltenen Glykokoll die C-reicheren Aminosäuren des Eiweißmoleküls hervorgehen würden. Der in der Heteroalbumose und im Leim in Form von Glykokoll vorkommende Stickstoff hat daher keine Bedeutung für eine eventuelle Synthese von Eiweiß im Körper.

Das Fehlen der Tyrosin- und Indolgruppen in diesen Substanzen stellt wohl die Hauptursache ihrer Minderwertigkeit dar, denn anscheinend vermag es der Körper nicht, eine Neubildung von aromatischen Gruppen zu bewirken. Diese sind ihm aber unentbehrlich, und eiweißartige Substanzen, welche keine solchen Gruppen enthalten, können daher seinen Eiweißbedarf nicht decken.

Versuche von Escher und Hermann[1]) geben dieser Auffassung eine gewisse Stütze: es zeigte sich nämlich, daß die Zugabe von Tyrosin zu einem eiweißfreien, aber Leim enthaltenden Futter das Körpergewicht erhielt oder sogar steigerte, während dasselbe Futter ohne Tyrosin die stetige Abnahme des Körpergewichtes nicht verhindern konnte. Da indes aus den Veränderungen des Körpergewichtes nie ganz bestimmte Folgerungen über den Stoffwechsel gezogen werden dürfen, sind entsprechende Untersuchungen über die N-Bilanz notwendig, ehe die Frage als erledigt angesehen werden kann.

2. Der Leim.

In wenigen Fragen haben die Ansichten so stark gewechselt wie in bezug auf den Nährwert des Leimes. Nachdem man sich eine lange Zeit vorgestellt hatte, daß derselbe einen außerordentlich hohen Nährwert besäße, erfolgte ein Rückschlag in das entgegengesetzte Extrem, indem man annahm, daß er gar keinen Nährwert hätte, ja sogar als ein Gift wirken sollte[2]).

Erst nachdem Bischoff und Voit[3]) unter Anwendung der inzwischen vervollkommneten Technik auch diese Frage in Angriff nahmen, wurde für unsere Auffassung eine feste wissenschaftliche Unterlage geschaffen, und es ergab sich, daß hier wie anderswo die Wahrheit zwischen den beiden Extremen lag.

Aus den betreffenden Untersuchungen wie aus späteren Versuchen von Voit und Hofmann[4]) sind einige Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tier	Reihe	Tag	N-Zufuhr pro Tag			N-freie Substanzen pro Tag	N-Abgabe pro Tag	N-Bilanz pro Tag
			in Fleisch	in Leim	in Extraktivstoffen			
			g	g	g	g	g	g
I.	1	1	68,0	—	—	—	67,0	+ 1,0
		2	68,0	28,0 [5])	—	—	83,2	+ 12,8
	5	1—3	17,0	—	—	300 Fett	15,5	+ 1,5
		4—7	17,0	—	—	—	17,8	— 0,8
		10—13	17,0	28,1 [5])	—	—	43,5	+ 1,6
	7	1	13,6	—	—	200 Fett	15,3	— 1,7
		2—4	13,6	—	—	250 Stärke	14,7	— 1,1
		5—7	13,6	—	—	250 Zucker	14,9	— 1,3
		8—10	13,6	28,5 [5])	—	—	40,6	+ 1,5

[1]) Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich **21**, 36, 1876. — [2]) Vgl. Voit, Zeitschr. f. Biol. **8**, 297, 1872. — [3]) Bischoff und Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers 1860. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **8**, 313, 1872. — [5]) 200 g Leim.

Tier	Reihe	Tag	N-Zufuhr pro Tag			N-freie Substanzen pro Tag	N-Abgabe pro Tag	N-Bilanz pro Tag
			in Fleisch	in Leim	in Extraktivstoffen			
			g	g	g	g	g	g
II.	2	1—6	10,2	14,6 [1])	0,9	200 Speck	28,6	— 2,9
	3	7—11	10,2	29,2 [2])	1,5	200 „	39,8	+ 1,1
	5	1—4	—	—	1,8	200 „	9,7	— 7,9
	6	13—15	—	—	—	—	11,5	— 11,5
	7	16—17	—	29,2 [2])	0,8	200 Speck	33,7	— 3,7
	16	1—2	—	—	—	—	10,6	— 10,6
		3—5	—	43,6 [3])	0,4	200 Speck	46,1	— 2,1
		7	—	—	—	—	17,8	— 17,8
		8	—	—	—	—	10,6	— 10,6

Aus diesen Versuchen folgt, daß der Leim tatsächlich Eiweiß in einem bedeutenden Grade erspart. In der Reihe I. 1 wurden bei 68 g N in 1000 g Fleisch nur 1 g N täglich im Körper angesetzt; als dem Futter 200 g Leim zugeführt wurden, blieben im Körper 12,8 g N zurück. Etwas Ähnliches finden wir in II. 2 und 3, woselbst die Zugabe von 100 g Leim zu 10,2 N in 300 g Fleisch, 100 g Leim und 100 g Speck nicht nur N-Gleichgewicht, sondern sogar einen N-Ansatz von 1,1 g bewirkte. Ferner folgt aus I. 7, daß der Leim in höherem Grade als eine dem Gewichte etwa gleiche, aber dem Kalorienwerte nach größere Menge Fett oder Kohlehydrate Eiweiß erspart, sowie aus II. 5 und 7, daß er den N-Verlust beim Hunger wesentlich herabsetzt.

Auf der anderen Seite kann der Leim aber nicht das Eiweiß vollständig vertreten. Dies geht aus II. 5 bis 7, sowie 16 hervor; im ersten Falle verlor der Körper bei Zufuhr von 200 g Leim noch 3,7 g N, im zweiten bei 300 g Leim noch 2,1 g von sich selber.

Ganz gleiche Resultate erzielte auch Oerum [4]). Mit Ausnahme einiger eingeschalteter Hungertage bekam das Versuchstier (Hund) die ganze Zeit hindurch 125 g Stärke, 50 g Zucker und 5 g Fleischextrakt, sowie außerdem eine immer gleiche N-Menge, einmal im Leim, das andere Mal im Fleisch. Im letzteren Falle fand ein N-Ansatz im Körper statt, während beim Leim die Stickstoffabgabe stets größer war als die Zufuhr:

Tag	Leim	Fleisch	N im Futter	N-Abgabe	N-Bilanz
	g	g	g	g	g
1—3	—	—	—	2,1	— 2,1
4—8	—	91	3,5	3,2	+ 0,3
9—12	22	—	3,5	4,3	— 0,8
13—15	—	—	0,4	2,3	— 1,9
16—23	—	91	3,5	2,8	+ 0,7
24—29	22	—	3,5	3,9	— 0,4
30—33	—	—	0,4	1,7	— 1,3

[1]) 100 g Leim. — [2]) 200 g Leim. — [3]) 300 g Leim. — [4]) Nordiskt Medicinskt Arkiv **11**, Nr. 11, p. 8, 1879.

Um diese Resultate richtig zu würdigen, müssen wir noch den physiologischen Wärmewert des Leimes berücksichtigen. Derselbe wurde von Krummacher[1]) nach der Rubnerschen Methode, und zwar mit folgendem Ergebnis bestimmt. Pro 1 g Trockensubstanz beträgt die Verbrennungswärme des Leimes 5,209 Kal., davon ist aber für den Harn 1,23 und für den Kot 0,16 Kal. abzuziehen. Es bleiben also für 1 g aschehaltigen Leim 3,819 Kal. und, bei einem Aschegehalt von 2,95 Proz., 3,934 Kal. für 1 g aschefreien Leim. Macht man nun nach Rubner Korrekturen für die Quellung des Leimes und für die Lösungswärme des Harnes, so bekommt man 3,884 Kal. = 21,2 Kal. für 1 g Stickstoff im Leim.

Kehren wir nun zu Oerums Versuchen zurück, so finden wir, daß 3,1 g N im Fleisch = 81 Kal., während 3,1 g N im Leim nur 66 Kal. betragen. Die Differenz ist 15 Kal. oder in Prozent der Gesamtzufuhr bei der Fleischfütterung 1,9. Es ist kaum anzunehmen, daß diese geringe Differenz das Resultat in merkbarem Grade hat beeinflussen können.

Um die Frage nach dem Nährwert des Leimes noch weiter aufzuklären, hat man vielfach den Eiweißzerfall beim Hunger mit dem bei Leimfütterung am Hunde verglichen. Aus den älteren hierher gehörigen Untersuchungen von Voit, Oerum, Pollitzer[2]) und Munk[3]) schien hervorzugehen, daß unter günstigen Umständen der Zerfall des Körpereiweißes durch den Leim auf etwa ein Drittel des Hungerwertes herabgedrückt werden konnte. In einer Versuchsreihe von Munk, wo das Futter nebst 57 g Fett und 44 g Kohlehydraten 9,73 g N im Eiweiß oder Leim enthielt, wurden folgende Resultate erhalten:

Periode	N im Futter pro Tag g	N-Abgabe pro Tag			N-Bilanz g
		Harn g	Kot g	Summa g	
I.	9,73 g N im Eiweiß . . .	8,75	0,62	9,37	+ 0,38
II.	8,16 „ „ „ Leim + 1,57 „ „ „ Eiweiß . . .	8,69	0,74	9,43	+ 0,31
III.	9,73 „ „ „ Eiweiß . . .	8,92	0,53	9,45	+ 0,28

Hier konnten also sogar fünf Sechstel des Eiweiß-N durch den Leim-N ersetzt werden, ohne daß das Körpereiweiß angegriffen wurde. Beim Hungern nach Ende der dritten Periode schied der Hund am ersten Tage 5,17, am zweiten 4,32 g N im Harn aus. Dies beträgt pro Körperkilogramm 1,75 g Eiweiß, während in der zweiten Periode 0,5 g Eiweiß genügten, um den Körper auf seinem Eiweißbestand zu erhalten.

Dem gegenüber bemerkt Kirchmann[4]), daß der käufliche Leim immer von Eiweiß mehr oder minder verunreinigt sei, und stellte daher Versuche mit eiweißfreiem Leim an. Diese ergaben wesentlich andere Resultate: wenn Leim allein gefüttert wird, so sinkt im günstigsten Falle die Eiweißzersetzung im Verhältnis zu der beim Hunger stattfindenden höchstens um 35 Proz. — dabei war der gefütterte Leim imstande, etwa 62 Proz. des Energiebedarfes zu decken. — In Versuchen von Krummacher[5]), wo 100 Proz. des Energiebedarfes durch Leim gedeckt worden waren, konnte der Eiweißzerfall beim Hunger nur um 37,4 Proz. herabgedrückt werden.

Über das Verhalten des Fettes bei Leimfütterung liegen Versuche von Pettenkofer und Voit[6]) vor, deren Hauptresultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind[7]).

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 242, 1901. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **37**, 307, 1885; vgl. oben S. 421. — [3]) Ebenda **58**, 309, 1894; **61**, 607, 1895; Arch. f. pathol. Anat. **101**, 107, 1885. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **40**, 54, 1900. — [5]) Ebenda **42**, 252, 1901. — [6]) Ebenda **5**, 377, 389, 1869; **7**, 482, 487, 1871; **8**, 370, 1872. — [7]) Die Versuche sind hier umgerechnet unter der Annahme, daß N : C im Fleisch wie 1 : 3,28, im Leim wie 1 : 2,8 sich verhält.

Nr.	Tag	Einnahmen g	Zersetzt g			Kal.	Kalorien pro kg Körpergewicht
			N	Fett	Kohlehydrate		
1	19. Febr.	1800 Fleisch	59,7	30	—	1851	55,8
2	24. „	400 „ 200 Fett	15,3	181	—	2121	64,5
3	27. „	400 Fleisch, 210 Stärke	14,9	27	210	1531	46,6
4	2. März	400 Fleisch, 227 Zucker	13,4	32	227	1518	46,6
5	5. „	400 Fleisch, 200 Leim	39,5 (28,3 aus Leim, 11,2 aus Eiweiß)	65	—	1514	46,9
6	3. April	2500 Fleisch	85,4	(+ 12 [1])	—	2128	63,1
7	5. „	—	11,6	93	—	1187	36,1
8	8. „	—	5,7	107	—	1184	37,3
9	11. „	—	4,7	102	—	1089	35,7
10	19. „	350 Fett	7,7	169	—	1800	56,2
11	15. Mai	200 Leim	30,6 (28,3 aus Leim, 2,3 aus Eiweiß)	38	—	1014	30,3
12	17. „	200 „ 200 Fett	30,6 (28,3 aus Leim, 2,3 aus Eiweiß)	128	—	1873	56,4
13	19. „	200 Fleisch, 200 Leim	34,7 (28,3 aus Leim, 6,4 aus Eiweiß)	88	—	1603	49,0
14	21. „	1800 Fleisch, 200 Leim	82,4 (28,3 aus Leim, 54,1 aus Eiweiß)	(+ 22 [1])	—	1810	55,2

In Versuch 4 wurde bei Zufuhr von 400 g Fleisch und 227 g Zucker noch 32 g Körperfett zersetzt. Als in Versuch 5 der Zucker durch 200 g Leim ersetzt wurde, stieg die Fettzersetzung um 33 g. Die Verbrennungswärme von 250 g Zucker ist etwa 1000 Kal., die von 200 g Leim (= 28,3 g N) etwa 600; im letzten Falle ist die Zufuhr also 400 Kal. geringer gewesen. Da der Verbrennungswert des tierischen Fettes 9,46 Kal. beträgt, hätte der Körper 42,3 g Fett statt 33 g mehr zersetzen müssen; der Versuch zeigt also, daß der gefütterte Leim in hohem Grade das Körperfett schützt. — Beim Hunger ist die Zersetzung von Fett in Versuch 7 bis 9 durchschnittlich 100,3 g = 950 Kal. Bei alleiniger Zufuhr von 200 g Leim (= 600 Kal.) in Versuch 11 sinkt der Fettzerfall auf 38, also eine Ersparnis von 62 g = 591 Kal. Hier hat der Leim seinem vollen Wärmewerte nach das Fett vertreten. Aus den Versuchen 1 und 14 folgt, daß 200 g Leim eine Ersparnis von 30 + 22 = 52 g Fett bewirken, d. h. 600 Kal. aus Leim haben 495 Kal. aus Fett erspart usw.

Über das Verhalten der leimgebenden Gewebe beim Stoffwechsel besitzen wir nur wenige Erfahrungen. In zwei Versuchsreihen mit Knorpeln und Sehnen fand Etzinger[2]) folgendes:

[1]) C-Retention dem zersetzten Eiweiß entsprechend. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **10**, 106, 1874.

Reihe	Tag	Futter	N pro Tag		N-Bilanz
			Futter g	Harn g	g
I.	7	0	0	8,7	— 8,7
	8	Knorpel	13,1	10,2	— 17,5; Mittel — 5,8
	9	„		10,8	
	10	0	0	9,6	
	11	0	0	7,5	— 7,5
II.	8	0	0	7,0	— 7,0
	9	Sehnen	46,6	13,1	+ 5,9; Mittel + 2,0
	10	„		18,6	
	11	0	0	9,0	
	12	0	0	7,6	— 7,6

Da die N-Abgabe im Harn in beiden Reihen am Tage nach der Fütterung größer ist als während der Hungertage, habe ich bei der Bilanzberechnung auch diesen Tag mitgenommen. Bei Knorpelfütterung beträgt dann der durchschnittliche N-Verlust 5,8 g, 8,7 bzw. 7,5 g dem bei Hunger gegenüber; bei Fütterung mit Sehnen finden wir sogar einen N-Ansatz, der durchschnittlich 2 g pro Tag beträgt. Indessen wurde der Kot in diesen Versuchen nicht analysiert, weshalb bestimmte Schlußfolgerungen aus denselben nicht gezogen werden können.

Mit Osseïn hat Voit[1]) folgenden Versuch gemacht:

Tag	Futter	N pro Tag		N-Bilanz
		Futter g	Harn g	g
5	0	0	10,4	— 10,4
6	Osseïn	169,6	41,8	— 35,9; Mittel — 7,2
7	„		59,6	
8	„		58,2	
9	0	—	31,1	
10	0	—	14,8	
11	0	—	10,0	

Hier wurde auch der Kot an N analysiert, und zwar fanden sich darin 9,7 g N, welche zum größten Teil dem gefütterten Osseïn entsprechen. Unter Berücksichtigung dieses Stickstoffes wird die Bilanz für die Osseïntage und die zwei folgenden, an welchen die N-Abgabe noch erhöht war, — 45,6 oder pro Tag 9,1 g. Da die N-Abgabe während der Hungertage (5,11) etwa 10,2 g betrug, hat das Osseïn wenigstens 1,1 g N erspart. Wenn man indessen zu der N-Abgabe während der Osseïntage nur das Plus der N-Abgabe an den folgenden Tagen addiert, so wird die Ersparnis noch größer: Einnahmen 169,6, Gesamtausgaben 194,8, Verlust 25,2 g = 8,4 g N pro Tag.

In bezug auf den Stoffwechsel dürften sich daher die leimgebenden Gewebe etwa in derselben Weise wie der Leim verhalten[2]).

3. Die N-haltigen Extraktivstoffe des Fleisches.

Rubners[3]) Versuche über den Nährwert dieser Verbindungen ergaben, daß unter ihrer Einwirkung die CO_2-Abgabe gar nicht verändert wurde, während der

[1]) Zeitschr. f. Biol. **10**, 212, 1874. — [2]) Über den Nährwert des Elastins vgl. Mann, Arch. f. Hyg. **36**, 166, 1899. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **20**, 265, 1884. Vgl. auch Pflügers Kritik, Arch. f. d. ges. Physiol. **77**, 556, 1900.

N-Verlust des Körpers, demjenigen beim Hunger gegenüber, eine geringe Abnahme zeigte: N-Verlust während des 6. und 9. Hungertages durchschnittlich 4,5 g, N-Verlust nach Fütterung von je 3,6 g N im Fleischextrakt während zwei dazwischen liegender Tage 3,3 — also eine geringe Ersparnis an N. Auf Grund verschiedener, im Originale nachzulesender Überlegungen kommt Rubner indessen zu dem Resultate, daß das Fleischextrakt auf den Stoffwechsel keinen Einfluß hat. Bei diesen Versuchen konnte der Kot nicht analysiert werden.

Neue Versuche über den Nährwert des Fleischextraktes wurden von Frentzel und Toriyama[1]) ausgeführt. Das Versuchstier bekam in einer Vorperiode von vier Tagen 100 g Stärke, 50 g Schmalz und 3 g Fleischasche, sowie im Versuch mit Fleischextrakt noch 40 g davon im Tage. Die Resultate, pro Tag berechnet, sind folgende.

	N				Bilanz
	Futter g	Harn g	Kot g	Summa der Ausgaben	
Vorversuch	0,1	2,3	0,3	2,6	— 2,5
Fleischextrakt	3,8	5,3	0,5	5,8	— 2,0

Der N-Verlust des Körpers ist in beiden Fällen etwa gleich, und der geringen Differenz zugunsten des Fleischextraktes kann um so weniger irgend welche Bedeutung zugeschrieben werden, als das Extrakt 0,46 g Albumin-N enthielt.

Aus der kalorimetrischen Untersuchung des Harns geht indes hervor, daß das Fleischextrakt nicht unverändert vom Körper abgegeben wird. Es fanden sich nämlich im Vorversuch im Harn 20,9, im Kot (nach Abzug des Fettes) 19,9 Kal., Summa 40,8 Kal., sowie im Versuche mit Fleischextrakt im Harn 55,3, im Kote (mit Abzug des Fettes) 22,9, Summa 78,2 Kal. Vom Gesamt-N im Harn während der Fleischextraktperiode entstammten 0,46 g = 3,4 Kal. dem im Extrakt enthaltenen Eiweiß. Mit Abzug dieser Quantität betrug also die Mehrausgabe im Laufe dieser Periode im Harne und Kote täglich 34 Kal. Das gefütterte Fleischextrakt enthielt 104,8 Kal., davon 16,5 im Eiweiß, also in N-haltigen Extraktivstoffen 88,3 Kal. Jedenfalls sind also 54,3 Kal. vom Körper verwertet worden; die N-haltigen Extraktivstoffe des Fleisches würden daher zu etwa 60 Proz. am Stoffwechsel teilnehmen.

In Versuchen von Bürgi[2]) und Rubner[3]) an hungernden Hunden wurden von den Kalorien der aufgenommenen Extraktivstoffe nur 17,6 bis 42,2 Proz. im Harn nicht wiedergefunden; die genannten Autoren wollen aber nach im Originale nachzulesenden Überlegungen dartun, daß hier doch keine Verbrennung, sondern eine Retention der Extraktivstoffe vorliegt, und zwar würde beim Durchgange dieser Stoffe durch den Körper möglicherweise eine Art Trennung derselben stattfinden, indem einige rascher als die anderen aus dem Körper entfernt werden.

Unter den einzelnen N-haltigen Extraktivstoffen des Fleisches ist allein das Kreatin hinsichtlich seines Verhaltens im Körper näher untersucht worden. In einem Versuche am Hunde, bei welchem zum Normalfutter (500 g Fleisch und 250 g Stärke) 5 g Kreatinin zugefügt wurden, fand Voit[4]) im Harn 4,79 g Kreatinin mehr als sonst. Hier wurde also fast die ganze verfütterte Kreatininmenge ohne Oxydation vom Körper abgegeben. Bei Zusatz von 6,27 g Kreatinin erschienen insgesamt 3,81 g Kreatinin mehr als gewöhnlich; von der eingeführten Kreatininmenge konnten demnach 2,46 g nicht wieder aufgefunden werden. Bei 8,56 g Kreatin (= 6,48 g Kreatinin) betrug die Mehrausgabe an Kreatinin 4,71 g. Also konnte auch hier ein Teil der Fleischbase nicht im Harne nachgewiesen werden. Unter der Bemerkung, daß das im Wasser so schwer lösliche Kreatin längere Zeit im Darme bleibt und daher erst später entfernt wird, folgert Voit, daß das ver-

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901, S. 499. — [2]) Arch. f. Hyg. **51**, 1, 1904. — [3]) Ebenda **51**, 19, 1904. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **4**, 111, 1868.

zehrte Kreatin zum größten Teil wenigstens als solches oder als Kreatinin ausgeschieden wird [1]).

Diese Schlußfolgerung ist durch neue Versuche am Menschen von Mallet [2]) sichergestellt worden. Bei gewöhnlicher Kost betrug die Kreatininabgabe während 9 Tage durchschnittlich 0,817 g (0,695—0,894) — es konnte kein Kreatin nachgewiesen werden. Dann gab er in der Kost 5 — 10 — 15 g Kreatin oder Kreatinin und erhielt dabei, mit Abzug für die normal stattfindende Kreatininausscheidung folgende Resultate:

Nr.	Kreatinin		
	I. in der Kost g	II. im Harn g	II in Proz. von I
1	5	4,81	96,2
2	10	9,77	97,7
3	15	14,74	98,2

Fast die ganze verzehrte Kreatininmenge erschien also am selben Tage im Harn.

Mit Kreatin erzielte er, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht, genau dasselbe Ergebnis:

Nr.	Kreatin		
	I. in der Kost g	II. im Harn [3]) g	II in Proz. von I
4	3	2,87	95,7
5	5	4,81	96,1
6	10	9,75	97,5
7	15	14,70	98,0

Das Fleischextrakt verdankt seinen Nährwert also anderen Verbindungen als dem Kreatin.

4. Das Asparagin.

Angesichts des Vorkommens von Asparagin in vielen pflanzlichen Nahrungsmitteln hat man zahlreiche Untersuchungen gemacht, um dessen Nährwert festzusstellen.

Betreffend den Fleischfresser liegen folgende Angaben vor.

v. Knieriem [4]) fütterte einen Hund neun Tage lang mit 50 g Brot und 100 g Milch mit 1,03 g N; dabei schied das Tier während der drei letzten Tage durchschnittlich im Harn und Kot 2,14 g N aus und verlor also von seinem Körper 1,11 g N. Zu diesem Futter wurden während zwei Tagen insgesamt 7,21 g N im Asparagin zugefügt; die N-Abgabe stieg dementsprechend an, der Verlust an N sank aber auf 0,87 g. Drei folgende Tage mit dem Normalfutter ergaben einen mittleren Verlust von 0,98 g N. Das Asparagin hätte also durchschnittlich eine Ersparnis von 0,19 g N bewirkt, was wohl innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler fällt.

Demgegenüber findet I. Munk [5]), daß das Asparagin nicht allein keine Ersparnis an Stickstoff, sondern vielmehr eine Steigerung des Eiweißzerfalles sowohl während der Fütterung als nach derselben hervorbringt, wie z. B. in folgendem Versuch.

---

[1]) Vgl. auch Scheffer, Zeitschr. f. physiol. Chem. **4**, 241, 1880. — [2]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stat, Bull. No. 66, 1899. Vgl. auch Macleod, Journ. of Physiol., Proceedings 1900, p. 7. — [3]) Als Kreatinin bestimmt. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **10**, 284, 1874. — [5]) Arch. f. path. Anat. **94**, 436, 1883; **98**, 364, 1884.

Nr.	Tag	N im Futter pro Tag	N im Harn und Kot pro Tag	N-Bilanz pro Tag	Anmerkungen
I.	1—7	34,0	34,3	— 0,3	1 kg Fleisch pro Tag
	8—10	39,3	41,3	— 1,8	5,3 g N in Asparagin
	11—12	34,0	37,2	— 3,2	Wie die Tage 1 bis 7
	13	34,0	33,8	+ 0,2	
II.	1—8	23,8	26,2	— 2,4	700 g Fleisch + 120 g Kohlehydrate
	9—11	29,1	31,6	— 2,5	5,3 g N in Asparagin
	12	23,8	28,8	— 5,0	
	13	23,8	27,9	— 4,1	Der Kot wurde nicht berück-
	14	23,8	28,3	— 4,5	sichtigt

Mit v. Knieriems Resultaten stimmen dagegen die von Mauthner[1]) ziemlich genau überein. Sein Versuchshund bekam 7 Tage lang täglich 500 g Fleisch und 50 g Speck, danach während 3 Tage noch je 20 g Asparagin und endlich wieder das Normalfutter. Ein anderer Hund wurde mit N-freier Kost und Asparagin gefüttert.

Nr.	Tag	N im Futter g	N Abgabe g	N Bilanz	S Abgabe im Harn g	P_2O_5 Abgabe im Harn g	Bemerkungen
I.	3, 5, 6, 7	16,63	18,52	— 1,91	1,03	2,43	
	8—10	20,36	21,39	— 0,97	0,98	2,30	3,73 g N in Asparagin
	11	16,63	19,28	— 2,65	1,08	2,46	
II.	2—5	0,27	3,66	— 3,39	0,17	0,76	
	6—8	4,0	6,96	— 2,96	0,22	0,58	3,73 g N in Asparagin
	9—11	0,27	3,53	— 3,26	0,14	0,53	

Aus dem ersten Versuche geht hervor, daß das Asparagin im Versuch I während 3 Tage insgesamt $3 \times 0{,}94 = 2{,}82$ g N erspart hat. Am 11. Tage ist die N-Abgabe indes noch um 0,74 g erhöht. Die gesamte Ersparnis beträgt also 2,08 g N. Zu gleicher Zeit ist auch die Ausscheidung von S und P_2O_5 etwas herabgesetzt.

Im zweiten Versuche beträgt die N-Ersparnis durchschnittlich nur 0,37 g, die Abgabe von Schwefel ist erhöht. Jedenfalls findet sich in diesen Versuchen ebensowenig wie in denjenigen von v. Knieriem irgendwelcher deutlicher Beweis dafür, daß das Asparagin beim Fleischfresser als Eiweißersparer auftreten konnte.

Gleich unsicher stellt sich die Wirkung des Asparagins beim omnivoren Menschen dar. Bei Selbstversuchen beobachtete Graffenberger[2]), daß, bei stattfindendem N-Gleichgewicht, die Zugabe von 5 g N in Asparagin die N-Ausscheidung nur um 3,95 g erhöhte, daß also eine Ersparnis von 1,05 g N stattgefunden hatte. Aus diesen Versuchen lassen sich indes keine bestimmten Schlüsse ziehen, da der Kot nicht analysiert wurde.

Als Eiweißersparer dürfte daher das Asparagin weder beim Hunde noch beim Menschen gelten können. Da es jedenfalls zum großen Teil im Körper oxydiert wird, wie dies unter anderem aus Potthasts[3]) Beobachtung, daß der respira-

[1]) Zeitschr. f. Biol. **28**, 506, 1891. — [2]) Ebenda **28**, 319, 1891. Vgl. auch die Versuche an Ratten von Politis, ebenda **28**, 492, 1891 und Gabriel, ebenda **29**, 115, 1892, sowie die Bemerkungen Voits, ebenda **29**, 125, 1892 und Longo, Zeitschr. f. physiol. Chem. **1**, 213, 1877. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 288, 1883.

torische Quotient nach intravenöser Injektion von Asparagin ansteigt[1]), so sollte man erwarten, daß es aus dem Gesichtspunkte der Fettersparnis eine gewisse Rolle spielen könnte.

Wenn wir annehmen, daß das Asparagin glatt in Harnstoff und eine N-freie Verbindung gespalten wird, so wäre dessen physiologische Verbrennungswärme gleich 2,358 Kal.. etwa 0,56 g Stärke entsprechend. Indes ist es dem Menschen nicht möglich, mehr als 30 g Asparagin pro Tag zu genießen; im besten Falle würde dasselbe also höchstens 16 g Stärke = 7,5 g Fett vertreten können, was ja für den Stoffwechsel des Menschen vollständig irrelevant ist. In noch höherem Grade gilt dies vom Fleischfresser, in dessen natürlicher Nahrung das Asparagin niemals vorkommt.

Beim Pflanzenfresser dürfte das Asparagin eine größere Bedeutung haben, und nach den Erfahrungen von Weiske[2]) und seinen Schülern, sowie von Kellner[3]) scheint es, als ob dasselbe unter Umständen eine nicht ganz unerhebliche Wirkung auf den Umfang des Eiweißzerfalls ausüben könnte. Aus den zahlreichen hierher gehörigen Beobachtungen teile ich einige charakteristische Beispiele hier mit.

Nr.	Versuchstier	N pro Tag im Futter g	im Harn g	im Kot g	Summa der Ausgaben	Bilanz	Anmerkungen	Autor
I. 1.	Schaf	7,29	3,28	3,74	7,02	+ 0,28		Weiske
2.	„	15,10	9,96	3,76	13,72	+ 1,32	7,84 N in Asparagin	„
II. 1.	„	17,05	9,55	6,50	16,05	+ 1,00		„
2.	„	27,13	16,91	7,81	24,72	+ 2,41	10,08 N in Asparagin	„
III. 1.	„	18,11	10,39	6,59	16,98	+ 1,13	1000 g Heu	„
2.	„	18,11	8,26	8,42	16,68	+ 1,43	1000 g Heu + 183 g St. + 32 g Zucker	„
3.	„	27,91	18,67	8,10	26,77	+ 1,14	1000 g Heu + 130 g St. + 32 g Zucker + 52,5 g Asparagin	„
IV. 1.	„	9,06	2,85	6,51	9,36	— 0,30		Kellner
2.	„	18,50	11,76	5,54	17,30	+ 1,20	9,36 g N in Asparagin[4])	„
V. 1.	„	9,06	2,76	6,32	9,08	— 0,02		„
2.	„	18,50	10,90	5,77	16,67	+ 1,83	9,36 g N in Asparagin[4])	„
VI. 1.	„	17,08	8,07	7,17	15,24	+ 1,84		„
2.	„	26,45	18,34	7,08	25,42	+ 1,03	9,36 g N in Asparagin	„
VII. 1.	„	17,08	7,75	6,95	14,70	+ 2,38		„
2.	„	26,45	16,86	6,85	23,71	+ 2,74	9,36 g N in Asparagin	„

In Nr. I und II hat das Asparagin, wie es scheint, täglich 1,04 bzw. 1,41 g N erspart; dasselbe ist in Nr. IV und V der Fall. Dagegen kommt keine durch das Asparagin bewirkte Ersparnis in Nr. III, VI und VII zum Vorschein. Nach den

[1]) $C_4H_4(NH_2)_2O_3$ (Asparagin) $= CO(NH_2)_2$ (Harnstoff) $+ C_3H_4O_2$. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **15**, 261, 1879; **17**, 415, 1881; **20**, 254, 1884; **30**, 254, 1894. — [3]) Ebenda **39**, 313, 1900. In diesen Arbeiten wird auch über die übrige Literatur berichtet. — [4]) Als Ersatz für eine entsprechende Menge Stärke.

näheren Angaben über diese Versuche folgt, daß die Ersparnis eigentlich nur in dem Falle eintritt, wenn das Asparagin einem kohlehydratreichen, aber verhältnismäßig eiweißarmen Futter zugegeben wird.

Betreffend diese Wirkung haben wir keine Veranlassung anzunehmen, daß das Asparagin durch synthetische Prozesse im Körper in Eiweiß verwandelt werden könnte. Es muß daher nur als Eiweißersparer wirken.

In dieser Hinsicht wäre in erster Linie daran zu denken, daß das Asparagin in derselben Weise wie Fett, Kohlehydrate oder Leim das Eiweiß ersparen könnte. Dagegen spricht aber der Umstand, daß es bei den Pflanzenfressern nur bei verhältnismäßig geringen Eiweißmengen im Futter diese Wirkung entfaltet, sowie daß dieselbe, wenn sie bei den Fleischfressern und dem Menschen überhaupt existiert, bei diesen nur eine sehr geringe ist.

Viel wahrscheinlicher erscheint daher die ursprünglich von Weiske ausgesprochene Anschauung, welcher später Zuntz[1]) und Hagemann[2]) beigetreten sind. Nach dieser würde die durch das Asparagin bewirkte Ersparnis an Eiweiß dadurch zuwege gebracht werden, daß es von den im Darme vorhandenen Bakterien angegriffen würde und solcher Art das Eiweiß vor diesen schützt. Möglicherweise könnte es durch die Lebenstätigkeit dieser Bakterien sogar in Eiweiß verwandelt und dann als solches vom Körper verwertet werden.

Für diese Auffassung spricht gewissermaßen auch Kellners Erfahrung, daß am Lamm das Ammoniumacetat die gleiche Ersparnis hervorruft, wie z. B. in folgendem Versuch:

Nr.	N pro Tag			Anmerkungen
	Einnahme g	Ausgabe g	Bilanz	
1	10,26	9,15	+ 1,11	
2	15,99	13,15	+ 2,84	5,73 g N in Ammoniumacetat
3	15,99	13,67	+ 2,32	5,73 g N in Asparagin

Daß das Asparagin durch eine bessere Ausnutzung der Kohlehydrate das Eiweiß erspare, dürfte nicht sehr wahrscheinlich sein, denn im vorliegenden Versuch wurde die Resorption der Kohlehydrate nur um 20 g verbessert, und diese Menge dürfte kaum eine Ersparnis von mehr als 1 g N bewirken können, besonders wenn wir uns vergegenwärtigen, daß die sonst resorbierten Kohlehydrate in Nr. IV und V nicht weniger als etwa 500 g betrugen. Außerdem beobachtete Kellner, daß die Rohfaser in größerem Umfange zersetzt wurde, was eine lebhaftere Tätigkeit der Darmbakterien anzeigt.

§ 5. Der Stoffwechsel bei Zufuhr von einigen N-freien Verbindungen.

1. Freie Fettsäuren.

Bei der Verdauung zerfällt das Fett, zum größten Teile wenigstens, in Fettsäuren und Glycerin; aus diesen wird dann das Fett wieder in der Darmschleimhaut synthetisiert. Welchen Nahrungswert haben aber Fettsäuren und Glycerin, wenn sie allein für sich genossen werden?

Um diese Frage aufzuklären, brachte I. Munk[3]) einen Hund in N-Gleichgewicht mit 600 g Fleisch und 100 g Speck, gab sodann dem Tiere statt des letzteren 100 g Hammeltalg und ersetzte endlich diesen durch die aus 100 g Hammeltalg dargestellten Fettsäuren. Das Tier blieb die ganze Zeit im N-Gleichgewicht, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **49**, 483, 1891. — [2]) Landwirtschaftl. Jahrb. **20**, 264, 1891. — [3]) Arch. f. path. Anat. **95**, 433, 1884.

Versuchstag	Futter pro Tag g	N im Futter pro Tag g	N im Harn und Kot Mittel pro Tag g	N-Bilanz pro Tag g
1— 3	600 Fl. + 100 Sp.	20,4	20,06	+ 0,34
4— 9	600 Fl. + 100 Hammeltalg	20,4	19,91	+ 0,49
10—14	600 Fl. + Fettsäuren aus 100 Hammeltalg	20,4	20,44	— 0,04

In bezug auf die Ersparnis an N üben also die freien Fettsäuren nahezu denselben Einfluß wie die entsprechende Fettmenge aus.

Da Munk[1]) schon früher nachgewiesen hatte, daß freie Fettsäuren aus dem Darme vorzüglich resorbiert werden, war dieses Resultat eigentlich vorauszusehen, denn die Glycerinmenge in 100 g Fett beträgt nur 9 g, welche 37,6 Kal. = etwa 4 g Fett entsprechen, und es ist, wie Voit bemerkt, nicht gut möglich, daß eine Differenz der Fettaufnahme von 4 g einen deutlich hervortretenden Einfluß auf den Eiweißumsatz im Körper ausüben könnte.

2. Das Glycerin.

Betreffend das Glycerin an sich geht aus den Arbeiten von I. Munk[2]), Lewin[3]), Tscherwinsky[4]) und Arnschink[5]) hervor, daß es beim Hunde in Dosen von 25 bis 200 g keinen eiweißersparenden Einfluß ausübt, sondern vielmehr bei größeren Gaben neben einer Vermehrung der Harnmenge eine Erhöhung der N-Abgabe in Harn, welche noch an den nach dem Glycerintage folgenden Tagen fortdauert, bewirkt. Demgegenüber findet Sommer[6]) beim hungernden Kaninchen nach Glyceringabe eine unzweideutige Abnahme der N-Abgabe, z. B. am 3. Hungertage 0,74 g N im Harn, am 4. und 5. Hungertage, wo je 15 g Glycerin verabreicht wurden, 0,62 bzw. 0,61 g N. Ferner wird es in einer wesentlichen Menge (beim Hunde nach einer nicht ganz zuverlässigen Methode bestimmt bis zu 37 Proz., Arnschink) unzersetzt im Harn ausgeschieden. Nach Leo[7]) finden sich beim Menschen erst nach einer Gabe von 20 g Glycerin Spuren davon im Harn. Nach Aufnahme von 26,8 g Glycerin betrug die Menge des im Harn entleerten Glycerins 0,5 bis 1 g.

Bei nicht zu großen Gaben verbrennt also das Glycerin vollständig im Körper. Dennoch tritt es nicht ganz entsprechend seinem Wärmewerte für das Fett ein, denn es wird mehr Glycerin zersetzt, als seinem Wärmewerte nach nötig wäre. Bei größeren Dosen können bis zu 57 Proz. unnütz verbrennen (Arnschink). Zu etwa dem gleichen Resultat kam auch I. Munk[8]) bei Versuchen an curaresierten Kaninchen, denen Glycerin intravenös eingespritzt wurde. — Auf der anderen Seite berichtet aber Sommer über Versuche an Kaninchen, bei welchen der respiratorische Quotient konstant blieb und sich nicht deutlich in der Richtung veränderte, wie man zu erwarten hätte, wenn es beim Stoffwechsel angegriffen worden wäre.

Bei der Nahrung des Menschen spielt das Glycerin an sich nur eine sehr untergeordnete Rolle. Es ist zwar in allen gegorenen Getränken vertreten, aber nur in verhältnismäßig geringen Mengen; im Liter Bier werden etwa 1 bis 3, im Liter Wein etwa 7 bis 14 g aufgenommen. In diesen Quantitäten dürfte das Glycerin sowohl verbrannt als seinem Wärmewerte nach verwertet werden.

Die mit Biertrebern gefütterten Kühe erhalten, nach Soxhlet, nicht unbeträchtliche Mengen von Glycerin.

[1]) Arch. f. path. Anat. **95**, 407, 1884. — [2]) Ebenda **76**, 119, 1879. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **15**, 243, 1879. — [4]) Ebenda **15**, 252, 1879. — [5]) Ebenda **23**, 413, 1887. — [6]) Festschrift für Fick, Braunschweig 1899, S. 95. — [7]) Arch. f. d. ges. Physiol. **93**, 269, 1903. — [8]) Ebenda **46**, 303, 1890.

3. Die Cellulose.

Betreffend die Verdauung der Cellulose wissen wir durch Biedermann und Moritz[1]), daß sie bei *Helix pomatia* durch ein im Darminhalt befindliches Enzym, und zwar unter Bildung von Zucker aufgelöst wird. Sonst ist noch nichts von einer Enzymwirkung im Tierreich auf die Cellulose bekannt, denn die Angabe von Knauthe[2]), daß beim Karpfen ein entsprechendes Enzym im Hepatopankreas und Dünndarminhalt vorhanden wäre, konnte von E. Müller[3]) nicht bestätigt werden.

Sonst wird die Lösung der Cellulose, wie von Tappeiner[4]) zuerst nachgewiesen wurde, durch einen von Bakterien bewirkten Gärungsprozeß zuwege gebracht.

Bei dem Wiederkäuer findet diese Gärung im Pansen und im Dickdarm statt, dagegen kann eine wesentliche Beteiligung des Dünndarmes an diesem Vorgange als ausgeschlossen betrachtet werden. Bei dieser Gärung, an welcher Eiweißkörper, Fette und Stärke nicht wesentlich beteiligt sind, werden Kohlensäure, Sumpfgas, Aldehyd, große Mengen flüchtiger Säuren, und zwar vorwiegend Essigsäure und eine Säure von der Zusammensetzung der Buttersäure gebildet.

Die durch diese Gärung dem Körper zur Verfügung gestellte Energie wird von Henneberg und Stohmann[5]) in folgender Weise berechnet. Aus 100 g Cellulose entstehen etwa 33,5 g CO_2, 4,7 g Sumpfgas und je 33,6 g Essigsäure und Buttersäure (wenn es gestattet ist, die flüchtigen Fettsäuren auf beide gleichmäßig zu verteilen). Die Verbrennungswärme für 100 g Cellulose beträgt 414,6 Kal., die von 4,7 g Sumpfgas, welche in den Darmgasen abgegeben werden und daher dem Körper nicht zugute kommen, 62,7; es bleibt also als Nutzwert für 100 g gegorene Zellulose 351,9 Kal. Nach Wilsing[6]) verlassen (beim Ziegenbock) von den gebildeten flüchtigen Säuren etwa 3 Proz. unzersetzt den Körper; unter Berücksichtigung dieses Verlustes, sowie der Tatsache, daß die Heurohfaser nur zu etwa 60 Proz. im Darme gelöst wird, würde beim Pflanzenfresser auf 100 g gefressene Cellulose ein Nutzeffekt von 204,8 Kal., d. h. pro 1 g 2,048 Kal. kommen.

Daß die Cellulose auch im Darme des Menschen ausgenutzt wird, zeigte zuerst Weiske[7]), der bei Darreichung von gekochten Möhren, Sellerie und Kohl in zwei Versuchen eine Ausnutzung der Rohfaser von 47 bis 63 Proz. beobachtete. v. Knieriem[8]), der Versuche mit Scorzonera hispanica und Kopfsalat machte, fand bei jener eine Ausnutzung von nur 4 Proz., beim Salat mit dessen zarterer Cellulose dagegen eine von 25 Proz. Bei Versuchen mit kleiehaltigem Brot beobachteten Hultgren und Landergren[9]), daß die N-freie Substanz der Hülsen mindestens zu 23 Proz. im Darme gelöst wurden.

Durch diese Erfahrungen ist aber noch nichts über den Nährwert der Zellulose entschieden. Allerdings muß ja die bei dem Gärungsvorgang entwickelte Wärme, welche nach Henneberg und Stohmanns Berechnungen pro 100 g gelöste Cellulose nur etwa 44 Kal. beträgt, dem Körper unverkürzt zugute kommen, es fragt sich aber, ob die bei dieser Gärung gebildeten flüchtigen Fettsäuren in einem nachweisbaren Grade als Ersparer anderer Nahrungsstoffe dienen können.

Betreffend das Eiweiß gibt v. Knieriem[10]) an, daß es beim Kaninchen durch die Cellulose merkbar erspart wird; demgegenüber findet Weiske[11]) sowohl am Kaninchen als am Schafe, daß die Cellulose in dieser Hinsicht gar keine Wirkung ausübt, und auch v. Wolff[12]) ist zu demselben Resultate gekommen. Wegen Einzelheiten muß auf die unten zitierten Arbeiten verwiesen werden.

Unter Anwendung des Voitschen Respirationsapparates untersuchte v. Knieriem auch den Einfluß der Zellulose auf die Fettzersetzung und fand (beim

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **73**, 219, 1898. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1898, S. 152. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **83**, 619, 1901. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **20**, 52, 1884; **24**, 105, 1888. — [5]) Ebenda **21**, 613, 1885. Vgl. auch Zuntz und Hagemann, Landwirtschaftl. Jahrbücher, 27. Ergänzungsbd. (3), S. 241, 1898. — [6]) Zeitschr. f. Biol. **21**, 625, 1885. — [7]) Ebenda **6**, 456, 1870. — [8]) Ebenda **21**, 67, 1885. — [9]) Skand. Arch. f. Physiol. **5**, 129, 1894. — [10]) Zeitschr. f. Biol. **21**, 94, 1885; **24**, 293, 1888. — [11]) Ebenda **22**, 373, 1886; **24**, 553, 1888. — [12]) Vgl. Weiske, Zeitschr. f. Biol. **24**, 560.

Kaninchen), daß diese durch 7,47 g zersetzte Rohfaser um etwa 2 bis 3 g vermindert wurde. Zu demselben Schluß führen auch I. Munks[1]) Untersuchungen über den Einfluß des buttersauren Natrons, wenn es curaresierten Kaninchen intravenös injiziert wurde; hierbei stellte es sich nämlich heraus, daß die Buttersäure rasch oxydiert wurde, sowie daß hierbei sonst verbrennendes Körpermaterial, wohl in erster Reihe Körperfett, obgleich anscheinend nicht in isodynamer Menge erspart wird.

Nach diesem allen würde man doch nicht so weit wie einige Autoren gehen und der Zellulose allen Nährwert absprechen können. Beim Menschen hat sie aller Wahrscheinlichkeit nach keine nennenswerte Bedeutung, beim Pflanzenfresser wird sie aber bis zu einem gewissen Grade am Stoffwechsel wirklich teilnehmen können.

4. Pentosen[2]).

Nachdem Ebstein[3]) nachgewiesen hatte, daß beim Menschen nach Darreichung von der Arabinose oder Xylose diese im Harn erschienen, stellte Cremer[4]) Versuche an, um die Ausscheidungsverhältnisse verschiedener Kohlehydrate quantitativ festzustellen, und fand dabei folgendes:

Nr.	Tierart	Pentose g	Pentose; im Darm, Harn und Kot g	Pentose, umgesetzt g	Dauer der Beobachtung, Stunden
1	Huhn	Xylose 10,2	2,2	8,0	12
2	Kaninchen	Arabinose . . . 28,8	13,0	15,8	15
3	Mensch	„ . . . 25,1	9,3	etwa 15	41
4	Huhn	Rhamnose . . . 10,0	7,4	2,6	12
5	Kaninchen	„ . . . 30,0	23,2	6,8	15
6	„	„ . . . 30,6	16,9	13,1	16
7	„	„ . . . 28,5	16,5	12,0	24

Bei Versuchen von Jaksch[5]) wurden im Harn von 20 g Arabinose im Laufe von 31 Stunden 43 Proz. ausgeschieden, während dieser Körper im Kote niemals zu finden war. Nach Darreichung von 10 g Xylose wurden innerhalb 14 Stunden bis zu 54 Proz. im Harn abgegeben; Kot frei von Xylose. Nach 20 g Rhamnose fanden sich im Harn bis zu 64 Proz. derselben; auch trat sie in erheblicher Menge im Kot auf. — Diese Versuche geschahen an Kranken; an sich selber führten Bendix und Dreger[6]) mit 20 bis 50 g Xylose Versuche aus. Davon wurden 30 bis 38 Proz. im Harn abgegeben.

Die Pentosen werden also in ziemlich großen Mengen unverändert vom Körper abgegeben, zum Teil aber doch in ihm verwertet.

Bei Fütterung von Arabinose in Dosen von etwa 10 g fand Salkowski[7]) beim Kaninchen durchschnittlich 18,4 Proz. davon im Harn wieder (der Kot wurde nicht untersucht). Unter der Einwirkung der Arabinose war die N-Abgabe im Harn in drei Fällen geringer als beim Hunger (Hunger 1,40, 0,80, 1,40; Arabinose 1,15, 0,46, 0,77 g), in einem Falle gleichgroß und in einem Falle bedeutend größer (Hunger 0,61; Arabinose 1,01 g).

Beim diabetischen Menschen beobachteten Lindemann und May[8]) unter dem Einfluß von 65 g verabreichter Rhamnose, von welcher nur 10,1 g = 16 Proz.

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **46**, 322, 1890. — [2]) Vgl. die Zusammenstellung von Neuberg, Ergebn. d. Physiol. **3** (1), 412, 1904. — [3]) Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1892, S. 577. Arch. f. path. Anat. **129**, 406, 1892; **132**, 368, 1893. Vgl. auch Salkowski, Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1892, S. 593, 1893, S. 193. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **29**, 521, 1892. — [5]) Zeitschr. f. Heilkunde **20**, 195, 1899. — [6]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **78**, 198, 1903. — [7]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **32**, 393, 1901. — [8]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **56**, 286, 1896.

wieder ausgeschieden wurden, eine bedeutende Abnahme der N-Abgabe (von 17,0 auf 14,8 g). Dagegen fand v. Jaksch[1]) nach Einführung von Xylose beim Diabetiker eine enorme Steigerung des Eiweißzerfalles, sowie anscheinend auch eine Steigerung nach Zufuhr von Rhamnose.

Am Kaninchen fanden Neuberg und Wohlgemuth[2]) bei Gaben von je 5 g von l- oder d-Arabinose bei jener etwa 15 und bei dieser 31 bis 39 Proz. der verfütterten Menge im Harn wieder. Bei Fütterung einer r-Arabinose erschienen 22 bis 24 Proz. unverändert und 5 bis 9 Proz. als d-Arabinose im Harn.

Cremer[3]) ist der einzige, der nähere Versuche über den Nährwert der Pentosen, und zwar der Rhamnose, ausgeführt hat. Seine Resultate, welche sich auf das Kaninchen beziehen, sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Nr.	Futter	Abgabe		Kal.	
		N g	g		
I.	Hunger	1,55	15,5	181	
	Rhamnose	1,63	16,38	178	18,5 g Rhamnose; im Harn 1,38 g
	Hunger	1,67	15,52	185	
II.	Hunger	0,90	10,7	129	
	Rhamnose	0,85	12,2	128	21 g Rhamnose; im Harn und Kot 1,9 g
	Hunger	1,07	9,5	113	
	Hunger	1,22	9,6	113	
III.	Hunger	1,62	12,4	146	
	Tinct. op.	2,00	12,2	141	
	Rhamnose	2,13	12,5	126	28,7 g Rhamnose; im Harn und Kot 4,5 g
	Hunger	2,46	11,1	120	

Die kalorischen Werte sind hier unter der Voraussetzung berechnet, daß die gesamte, im Harn und Kot nicht wiedergefundene Menge von Rhamnose im Körper verbrannt worden ist (1 g Rhamnose = 3,909 Kal.). Wenn diese Voraussetzung richtig ist und wenn die im Harn und Kot nicht nachgewiesenen Mengen der Rhamnose tatsächlich zugrunde gegangen sind, so folgt aus diesen Versuchen unbedingt, daß die Rhamnose als ein wirklicher Nahrungsstoff aufzufassen ist. Wie aber Cremer selber bemerkt, kann es dennoch der Fall sein, daß größere Mengen Methan gasförmig, sowie größere Mengen unbekannten C-haltigen Materials mit dem Harn ausgeschieden werden. Hierüber liegen indes keine direkten Erfahrungen vor. Jedenfalls steht der stringente Beweis für den Nährwert und die Isodynamie der Pentosen noch aus, wenn es auch sehr wahrscheinlich ist, daß sie als Nahrungsstoffe bezeichnet werden müssen. In einem gewissen Grade wird diese Annahme durch die Tatsache unterstützt, daß die Nucleïnsäuren in ihrem Molekül Pentosen enthalten.

Betreffend die Pentosane gibt Slowzoff[4]) für das Xylan an, daß am Kaninchen 14 bis 62 Proz. im Kot und 1,5 bis 4,6 Proz. im Harn unverändert ausgeschieden wurden. Nach 24 bis 48 Stunden konnte im Blute etwas, in der Leber und den Muskeln dagegen größere Mengen desselben nachgewiesen werden.

Nach Stone[5]) werden beim Pflanzenfresser die Pentosane bis zu 50 bis 60 Proz., nach Rudzinski[6]) zu 47 Proz. ausgenutzt[7]).

[1]) Vgl. F. Voit, ebenda **58**, 523, 1897. — [2]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **35**, 41, 1902. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 451, 1901. — [4]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **34**, 181, 1901. — [5]) Zitiert nach Neuberg und Wohlgemuth, ebenda **35**, 65. — [6]) Ebenda **40**, 317, 1904. — [7]) Vgl. auch betreffend den Menschen König, Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel **5**, 110, 1902, sowie Schierbeck, Arch. f. Hygiene **51**, 80, 1904.

5. Andere Kohlehydrate.

Am Kaninchen untersuchte Münch[1]) das Verhalten der Hexosen Formose und Methose, sowie des Methylglykosids teils nach Injektion in das Blut, teils nach Eingabe per os. Seine Hauptresultate sind folgende:

	Im Harn erscheint			
	Formose Proz.	Methose Proz.	Methyl-glykosid Proz.	
Injiziert in die V. jug. . . .	71,5	60,3	24,9	
Injiziert in die V. mes. an hungernden Tieren	11,0	12,0	0	
Injiziert in die V. mes. an gefütterten Tieren	102,0	82,6	15,6	In Form von d-Glukose
Injiziert in den Magen an hungernden Tieren	15,7	7,8	4,7	
Injiziert in den Magen an gefütterten Tieren	6,9	3,7	0	

Die im Harn abgegebene Menge dieser Substanzen, wenn sie in die Blutbahn injiziert werden, ist bei hungernden Tieren wesentlich geringer als bei gefütterten, während bei Injektion in den Magen das Umgekehrte stattfindet. Betreffend die Betrachtungen, die Münch an diesen Sachverhalt knüpft, muß auf das Original verwiesen werden.

Über die verschiedenen Arten der Mannose berichten Neuberg und Meyer[2]), daß die d-Mannose im Harn gar nicht erscheint, von 10 g der l-Mannose treten 1,2 g als solche und 4 g als l-Glukose im Harn auf. Die i-Mannose wird partiell zersetzt und in i- und l-Glukose umgewandelt. Bei hungernden Tieren ist die Verwertung der l- und i-Mannose fast vollständig, bei gefütterten aber nur sehr mäßig.

Die α-Gluko-Heptose wurde von Wohlgemuth[3]) am Kaninchen untersucht. Am gefütterten Tiere erschienen bei Einführung in den Magen 29 Proz., bei subkutaner Einspritzung 44 Proz. und bei intravenöser Injektion 50 Proz. der Heptose im Harn wieder. An hungernden Tieren wurden 6 g Heptose per os eingegeben und dabei nur 0,3 bis 0,4 g im Harn wiedergefunden (die Fäces wurden nicht untersucht).

6. Der Alkohol.

Über den Nährwert des Alkohols liegen sehr zahlreiche Untersuchungen vor. Da diese in der letzten Zeit von Rosemann[4]), Rosenfeld[5]) und Atwater[6]) eingehend besprochen worden sind, kann ich mich bei der vorliegenden Darstellung auf die wichtigsten Arbeiten beschränken und verweise in bezug auf die näheren Einzelheiten auf die genannten Arbeiten.

In erster Linie muß die Frage beantwortet werden, ob und in welchem Umfange der Alkohol im Körper oxydiert wird.

Daß der Alkohol tatsächlich zum größten Teil im Körper verbrannt wird und nur in geringer Menge unverändert in die Ausscheidungen des Körpers abgegeben

[1]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **29**, 493, 1900. — [2]) Ebenda **37**, 530, 1903. — [3]) Ebenda **35**, 568, 1902. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **86**, 307, 1901. — [5]) Rosenfeld, Der Einfluß des Alkohols auf den Organismus. Wiesbaden 1901. — [6]) The physiological Aspects of the Liquor Problem: Investigations made by and under the Direction of Atwater, Billings, Bowditch, Chittenden and Welch. Boston 1903. Part II. p. 149—347.

wird, wurde vor allem von Austie, Thudichum und Dupré festgestellt[1]). Die Menge des unverändert abgegebenen Alkohols beträgt beim Menschen nach Versuchen von Bodländer[2]) 2,9 Proz., nach Straßmann[3]) 7,9 Proz., nach Atwater und Benedict[4]) dagegen nur 1,9 (1,0 bis 3,7) Proz. des genossenen Alkohols. Da die letzteren Versuche nach den genauesten Methoden ausgeführt wurden, dürfte man schließen können, daß nur ein ganz geringer Teil des Alkohols der Zersetzung im Körper entgeht.

Auch wenn also der Alkohol im Körper oxydiert wird, ist es dadurch nicht bewiesen, daß er einen Nährwert besitzt, denn man könnte sich ja denken, daß der Umsatz der organischen Nahrungsstoffe in gleichem Umfange wie ohne Alkohol stattfände, und in diesem Falle würde natürlich der Alkohol ganz unnütz verbrennen.

Bei Versuchen hierüber ist es notwendig, nur solche Gaben von Alkohol zu verabreichen, bei welchen keine ausgesprochenen Vergiftungssymptome erscheinen, denn während des Excitationsstadiums steigern die dabei auftretenden starken Muskelbewegungen den Stoffwechsel, und während des folgenden Depressionsstadiums wird derselbe durch die allgemeine Erschlaffung herabgesetzt. In beiden Fällen liegen sekundäre Wirkungen des Alkohols vor, welche keine bestimmten Folgerungen in bezug auf die tatsächliche Bedeutung des Alkohols beim Stoffwechsel gestatten. Es ist daher wichtig, daß die Versuche am Menschen ausgeführt werden, denn nur so können wir den Grad der eventuellen Vergiftung einigermaßen sicher beurteilen. Auch um Raum zu ersparen, werde ich daher bei der folgenden Darstellung nur die am Menschen gewonnenen Resultate besprechen.

Nach Genuß von 20 bis 30 ccm in entsprechendem Grade verdünnten absoluten Alkohols zeigte sich in Versuchen von Zuntz und Berdez[5]) während $1^1/_2$ bis 2 Stunden nur eine ganz geringe Zunahme (etwa 3,5 Proz.) des respiratorischen Stoffwechsels. Ebenso fand Geppert[6]) bei Gaben von 30 bis 190 ccm Alkohol keinen in Betracht kommenden Effekt auf die O-Aufnahme; die CO_2-Abgabe war entweder konstant, oder sie ging etwas herunter. Diese beiden Versuchsreihen wurden unter Anwendung der Respirationsmaske ausgeführt. Mit dem Stockholmer Respirationsapparat machte Bjerre[7]) einen Versuch, indem er an zwei aufeinander folgenden Tagen genau die gleiche Kost genoß, am zweiten Tage aber dazu noch 407 g Kognak mit 166 g Alkohol aufnahm. Am 1. Tage schied er insgesamt 749, am zweiten 780 g CO_2 aus. Wenn der Alkohol bei seiner Verbrennung andere Nahrungsstoffe nicht erspart hätte, so hätte die CO_2-Abgabe am 2. Tage, unter der Voraussetzung, daß 10 Proz. des Alkohols unzersetzt vom Körper abgegeben worden wären, statt 780 g nicht weniger als 1038 g betragen müssen.

Aus diesen und anderen Versuchen folgt also, daß der Alkohol bei seiner Verbrennung im Körper tatsächlich N-freie Nahrungsstoffe erspart.

In bezug auf das Verhalten des Eiweißzerfalles unter dem Einfluß von Alkohol sind vor allem diejenigen Versuche von Bedeutung, bei welchen in einer genau analysierten Standardkost Fett oder Kohlehydrate durch eine isodyname Menge Alkohol ersetzt wurden. Nach dieser Versuchsmethode fand Miura[8]), daß je 65 g Alkohol, während 4 Tagen statt 110 g Kohlehydrate verabreicht, die N-Abgabe erhöhen und also keine eiweißersparende Wirkung ausüben.

Bei ähnlicher Versuchsanordnung, wo 77,6 g Fett durch 100 g absoluten Alkohol ersetzt wurden, erzielte Neumann[9]) ein wesentlich anderes Resultat, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist.

---

[1]) Vgl. Atwater, a. a. O. p. 180. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 398, 1883. — [3]) Ebenda **49**, 314, 1891. — [4]) Memoirs of the National Academy of Sciences, Washington. VIII: **6**, 258, 393, 1902. — [5]) Fortschritte der Medizin **5**, 1, 1887. — [6]) Arch. f. exp. Path. **22**, 367, 1887. — [7]) Skand. Arch. f. Physiol. **9**, 323, 1899. — [8]) Zeitschr. f. klin. Med. **20**, 137, 1892. — [9]) Arch. f. Hygiene **36**, 1, 1899; vgl. die Kritik Rosemanns, Arch. f. d. ges. Physiol. **77**, 405, 1899.

Periode	Versuchstag	Einnahmen, Mittel pro Tag				N-Ausgaben Mittel pro Tag			N-Bilanz Mittel pro Tag
		N	Fett	Kohlehydrate	Alkohol	Harn	Kot	Summa	
		g	g	g	g	g	g	g	g
I.	1— 5	12,2	156,0	224	—	10,1	1,8	11,9	+ 0,3
II.	6— 9	12,2	78,4	224	—	12,1	1,7	13,8	— 1,6
III.	10—13	12,2	78,4	224	100	13,4	1,8	15,2	— 3,0
IV.	14—19	12,2	78,4	224	100	11,1	1,4	12,5	— 0,3
V.	20—25	12,2	156,0	224	100	9,5	1,4	10,9	+ 1,3
VI.	26—29	12,2	78,4	224	—	12,6	1,4	14,0	— 1,8
VII.	30—35	12,2	156,0	224	—	10,9	1,5	12,4	— 0,2

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die N-Bilanz, welche während der Periode I positiv war, durch Fortlassen von 77,6 g Fett durchschnittlich — 1,6 g beträgt. Wenn diese Fettmenge durch die isodyname Menge Alkohol ersetzt wird, tritt während der ersten vier Tage noch ein vermehrter Eiweißzerfall auf (Periode III), danach aber stellt sich N-Gleichgewicht (Periode IV) ein. Wenn dann (Periode V) die volle Fettration verabreicht wird, wird die N-Bilanz positiv; diese schlägt in eine negative um, wenn wiederum 77,6 g Fett, jetzt aber ohne Ersatz fortgelassen werden (Periode VI).

Ganz entsprechende Resultate bekam auch Clopatt[1]) in Versuchen, wo in der Standardkost etwa 65 bis 70 g Fett durch 87,0 g Alkohol ersetzt wurden:

Periode	Versuchstag	Einnahmen, Mittel pro Tag				N-Ausgaben Mittel pro Tag			N-Bilanz Mittel pro Tag
		N	Fett	Kohlehydrate	Alkohol	Harn	Kot	Summa	
		g	g	g	g	g	g	g	g
I.	1—12	16,1	132,0	254	—	13,2	2,0	15,2	+ 0,9
II.	13—18	16,3	60,7	257	87	15,8	2,0	17,8	— 1,5
III.	19—24	16,3	59,5	257	87	12,7	2,1	14,8	+ 1,5
IV.	25—31	16,0	59,5	255	—	13,7	1,8	15,5	+ 0,5
V.	32—36	16,2	124,0	255	—	13,9	1,7	15,6	+ 0,6

Auch hier tritt während der ersten Tage der Alkoholperiode ein vermehrter Eiweißzerfall auf (Periode II), welchem dann ein deutlich verminderter (Periode III) nachfolgt.

Rosemann[2]) ersetzte in zwei Versuchen 105 g Kohlehydrate und 47,4 g Fett bzw. 70 g Kohlehydrate und 53,4 g Fett durch eine an Verbrennungswärme etwas größere Menge Alkohol und erhielt dabei folgende Resultate:

Periode	Versuchstag	Einnahmen, Mittel pro Tag				N-Ausgaben Mittel pro Tag			N-Bilanz Mittel pro Tag
		N	Fett	Kohlehydrate	Alkohol	Harn	Kot	Summa	
		g	g	g	g	g	g	g	g
I.	1— 9	16,7	184	287	—	12,9	2,7	15,6	+ 1,1
II.	10—13	16,9	137	182	144	13,8	2,8	16,6	+ 0,3
III.	14—23	16,7	137	182	144	12,9	2,8	15,7	+ 1,0
IV.	24—29	16,9	184	287	—	13,3	2,6	15,9	+ 1,0
V.	30—36	15,4	137	182	—	14,5	2,4	16,9	— 1,5[3])

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 354, 1901. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **86**, 380, 1901. — [3]) Vgl. auch Ott, Arch. f. exper. Pathol. **47**, 267, 1902; Atwater u. Benedict, Memoirs of the National Academy of Sciences, Washington, VIII: **6**, 264.

Andere Versuche sind in der Weise ausgeführt, daß zu einer Normalkost, ohne irgend welche Veränderung derselben, eine gewisse Quantität Alkohol hinzugefügt wurde. Durch Zugabe von 80 bis 120 g Alkohol zu einer an sich ausreichenden Kost beobachtete E. Schmidt[1]) während 4 Tagen nur eine ganz minimale Sparwirkung, desgleichen fand auch Schöneseiffen[1]) durch Zugabe von 135 g Alkohol während 6 Tagen zu einer nicht ganz genügenden Kost keine deutliche Wirkung auf den Eiweißumsatz. Demgegenüber beobachtete Chotzen[2]), daß die ursprünglich negative N-Bilanz bei Zugabe von 60 bis 120 g Alkohol eine positive wurde und wies in der letzten Reihe einen Ansatz von 1,4 g N pro Tag nach.

Nach derselben Methode gelang es auch Neumann[3]), eine unverkennbare Ersparnis von N-Substanz durch den Alkohol nachzuweisen. Zu einer aus 18 g N, 116,5 g Fett, 255 g Kohlehydraten bestehenden Kost, bei welcher der Verf. gerade im N-Gleichgewicht war, wurde Alkohol in allmählich steigenden Gaben von 20 bis zu 100 g zugegeben. Dabei betrug die N-Bilanz an den 6 ersten Tagen (20 bis 50 g Alkohol) durchschnittlich — 0,02, d. h. das N-Gleichgewicht blieb bestehen (Periode II). Vom 7. Tage an trat ein entschiedener N-Ansatz auf, und zwar wurden bis zum 11. Tage durchschnittlich 1,1 g N (Periode III) und vom 12. bis 18. Tage (mit 100 g Alkohol pro Tag) durchschnittlich 2,0 g N im Körper zurückgehalten (Periode IV). Am 19. Tage wurden 78,2 g Fett fortgelassen — jetzt trat kein Ansatz von N mehr auf (Periode V), sondern der Körper setzte von sich selber noch 0,2 g N täglich zu. Als nun der Alkohol vom 26. Tage an fortgelassen und statt dessen die Fettmenge auf 193,3 g erhöht wurde (Periode VI), wodurch die Gesamtzufuhr ihrem Wärmewerte nach gleich der bei der Alkoholperiode wurde, setzte der Körper täglich 2,4 g N an — also nur ein klein wenig mehr als während der Periode IV.

Endlich sind die Versuche von Atwater und Benedict[4]) zu erwähnen, welche dadurch, daß in ihnen auch die Wärmeabgabe des Körpers kalorimetrisch bestimmt wurde, für die Frage nach dem Nährwert des Alkohols eine sehr große Bedeutung haben. Erstens zeigen sie, wie nicht anders zu erwarten ist, daß die in der früher (S. 365) dargestellten Weise aus der Verbrennungswärme der Kost usw. berechnete Wärmeproduktion auch bei Darreichung von Alkohol mit der direkten kalorimetrischen Bestimmung der Wärmeabgabe genau übereinstimmt. Ferner ergibt sich aus denselben, daß der Stoffwechsel bei untereinander vergleichbaren Versuchen, in welchen die N-freien Nahrungsstoffe in der Kost von einer entsprechenden Quantität Alkohol ersetzt wurden, ganz derselben Größe ist, sowie daß die Ersparnis an Fett bei gleicher Kalorienmenge der Kost in beiden Reihen im großen und ganzen gleichgroß ist, wie z. B.:

Versuch (Siehe S. 366)	Versuchsperson	Charakteristik der Versuche	Kalorien in Kost mit Abzug des Kotes	Täglicher Verlust oder Gewinn an Fett g	
9, 24	E. O.	Ohne Alhohol, Ruhe	2618	+ 39,0	In den Alkoholversuchen betrug die tägliche Menge Alkohol immer 72 g
10, 22	„ „	Mit Alkohol, Ruhe	2602	+ 42,0	
11	E. O.	Ohne Alkohol, Arbeit	3510	— 39,7	
12	„ „	Mit Alkohol, Arbeit	3614	— 32,2	
26, 28	J. F. S.	Ohne Alkohol, Ruhe	2253	+ 23,1	
27	„ „ „	Mit Alkohol, Ruhe	2264	+ 18,2	
29, 31, 32, 34	J. F. S.	Ohne Alkohol, Arbeit	3251	— 27,5	
30, 33	„ „ „	Mit Alkohol, Arbeit	3255	— 27,7	

[1]) Siehe bei Rosemann, Arch. f. d. ges. Physiol. **86**, 327, 331, 1901. — [2]) Rosenfeld, Therapie der Gegenwart 1900, Nr. 2. — [3]) Arch. f. Hygiene **41**, 85, 1901; vgl. auch Offer, Zentralbl. f. d. Verdauungskrankheiten **2**, 573, 1901. — [4]) Memoirs of the National Academy of Sciences, VIII: **6**, 231, 1902.

In den Versuchen 22, 23 und 24 bekam die Versuchsperson eine Normalkost von 2290 Kal. (netto). Zu dieser wurden im Versuch 22 500 Kal. in Alkohol, im Versuch 24 500 Kal. in Zucker zugegeben; im Versuch 23 fand keine Zugabe statt. In diesen Versuchen wurden täglich bzw. 63, 9 und 60 g Fett angesetzt, d. h. der Alkohol hat einen ebenso großen Fettansatz als der Zucker bewirkt.

Aus allen diesen Erfahrungen geht hervor, daß der Alkohol als ein Nahrungsstoff zu betrachten ist, denn er vermag bei seiner Oxydation im Körper sowohl die N-freien Nahrungsstoffe als auch das Eiweiß zu ersparen. Bei der Berechnung von Kostmaßen, in welchen Alkohol enthalten ist, sind wir also berechtigt, diesen seinem vollen Nährwerte nach mitzunehmen.

In bezug auf das Eiweiß ist indes als sehr wichtig hervorzuheben, daß der Alkohol, wie aus den Versuchen von Miura, Schmidt, Schöneseiffen, Neumann, Clopatt und Rosemann ersichtlich ist, während der ersten Tage nach einer alkoholfreien Diät kein eiweißersparendes Vermögen darbietet, sondern vielmehr den Eiweißumsatz in die Höhe treibt. Diese Erscheinung wird ziemlich allgemein als Ausdruck irgend einer Giftwirkung aufgefaßt; erst nachdem sich der Körper an den Alkohol gewöhnt hat, tritt dann seine Fähigkeit, Eiweiß zu ersparen, in ihrer vollen Deutlichkeit hervor, und gerade in diesem Umstande finden wir die Erklärung dafür, daß bei nur wenige Tage dauernden Versuchen die Eiweißersparnis nicht zum Vorschein gekommen ist.

In praktischer Hinsicht kann der Alkohol trotzdem keine große Bedeutung als Nahrungsstoff beanspruchen, denn seine schädlichen Wirkungen, welche auch beim Gebrauch verhältnismäßig kleiner Dosen, wenn sie täglich wiederholt werden, auftreten, und welche ein ganzes Heer von Krankheiten und Elend allerlei Art hervorbringen, kompensieren vollauf seine nährenden Eigenschaften. Daher hat man trotz der zahlreichen in entgegengesetzter Richtung gehenden Erfahrungen von mehreren Seiten behauptet, der Alkohol sei kein Nahrungsstoff, denn ein Gift kann nicht zu gleicher Zeit auch nährende Eigenschaften besitzen[1]). Meines Erachtens kann dennoch dieser Auffassung aus physiologischem Gesichtspunkte gar nicht beigestimmt werden, denn gerade der Alkohol gibt uns ein Beispiel dafür, daß eine und dieselbe Substanz zweierlei Wirkungen haben kann. Ebensowenig ist auch die Annahme begründet, daß der Alkohol wegen seines Nährwertes nützlich oder sogar notwendig wäre. Die Alkoholfrage ist ein viel zu kompliziertes Problem, um allein aus dem Gesichtspunkte der Nahrungsphysiologie gelöst zu werden: es kommen noch so vielerlei andere und wichtigere Umstände hier in Betracht, und diese sprechen fast sämtlich gegen den Alkohol und für die rigoroseste Mäßigkeit bzw. totale Enthaltsamkeit.

Fünftes Kapitel.

Der Stoffwechsel bei körperlicher Arbeit.

§ 1. Welche Nahrungsstoffe werden bei der Muskelarbeit verbrannt?

Schon aus Lavoisiers Versuchen über den respiratorischen Gaswechsel ging hervor, daß der Stoffumsatz durch Muskelarbeit wesentlich ansteigt, und die seitdem ausgeführten Untersuchungen haben diese Tatsache längst außer allen Zweifel gestellt.

Als Liebig[2]) die chemische Zusammensetzung der Nahrungsmittel und des toten Körpers mit einer vor ihm lange nicht erreichten Klarheit erkannt

[1]) Vgl. Kassowitz, Deutsche med. Wochenschr. 1900, Nr. 32 bis 34; Arch. f. d. ges. Physiol. **90**, 421, 1902; Rosemann, ebenda **94**, 557, 1903; **100**, 348, 1903. — [2]) Liebig, Die Tierchemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie, Braunschweig 1842; vgl. Voit, S. 267.

hatte, stellte er sich die Frage, welche Nahrungsstoffe bei der körperlichen Arbeit zugrunde gehen und welche Bedeutung die verschiedenen Gruppen der organischen Nahrungsstoffe beim Stoffwechsel überhaupt haben.

Weil sich die organisierten Formen vor allem durch ihren Eiweißgehalt auszeichnen, nahm er an, daß die Tätigkeit des Körpers und insbesondere die Muskelarbeit durch Zersetzung der lebendigen Gewebe stattfinde; dementsprechend hätte das in der Nahrung aufgenommene Eiweiß die Aufgabe, die bei der Arbeit zerstörte lebendige Substanz wieder aufzubauen. Die Zersetzung des Eiweißes wäre daher allein durch die Tätigkeit der Organe und Gewebe bedingt. Auf der anderen Seite stellten die N-freien Nahrungsstoffe, die Fette und die Kohlehydrate die Quelle der Wärmebildung im Körper dar; ihre Zersetzung würde dadurch bewirkt, daß sie von dem im Blute befindlichen Sauerstoff angegriffen würden; zu gleicher Zeit würden sie das Eiweiß vor dem Sauerstoff schützen.

Der zweite Satz dieser Hypothese ist durch die zahlreichen, seitdem ausgeführten Untersuchungen längst widerlegt worden, denn wir besitzen die kräftigsten Beweise dafür, daß die Zersetzung der N-freien Nahrungsstoffe nicht vom Sauerstoff, sondern von der Tätigkeit der Gewebe eingeleitet wird, wie dies aus der nahen Abhängigkeit der Wärmebildung im Körper vom Nervensystem am deutlichsten hervorgeht.

Wenn die Ansicht richtig wäre, daß die lebendige Substanz des Muskels bei der körperlichen Arbeit selber zerfalle, so hätte man zu erwarten, daß dabei eine Zunahme der N-Abgabe einträte, und man hat in der Tat sehr zahlreiche Versuche gemacht, um dies nachzuweisen.

Damit Versuche in dieser Richtung beweiskräftig sein sollen, ist es vor allem notwendig, daß das Versuchsindividuum auf einen solchen Zustand — N-Gleichgewicht oder Hunger — gebracht wird, daß seine N-Abgabe ohne Muskelarbeit Tag für Tag einigermaßen konstant ist, denn es ist nicht möglich, die Einwirkung der Arbeit auf den Stoffumsatz zu bestimmen, wenn auch andere Variabeln auf den Eiweißzerfall einwirken können.

Unter den Versuchen, welche diese Bedingung erfüllen, sind in erster Linie einige von Voit[1]) am Hunde ausgeführte herbeizuziehen:

Versuch	Nr.	Datum	N-Aufnahme pro Tag g	N-Abgabe pro Tag g	Anmerkungen
I.	1	23. bis 25. Januar 1860	—	5,6	Ruhe
	2	26. bis 28. Januar 1860	—	5,7	Laufen
	3	29. Januar bis 1. Febr. 1860 . .	—	5,1	Ruhe
II	1	18. bis 22. Februar 1860	51	51,8	Ruhe
	2	23. bis 25. Februar 1860	51	55,3	Laufen
	3	26. bis 28. Februar 1860	51	51,9	Ruhe
	4	29. Febr. bis 2. März 1860 . .	51	53,8	Laufen
	5	3. bis 5. März 1860	51	52,2	Ruhe

[1]) Voit, Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsel, München 1860, S. 148 ff.; Zeitschr. f. Biol. 2, 339, 1866.

Versuch	Nr.	Datum	N-Aufnahme pro Tag g	N-Abgabe pro Tag g	Anmerkungen
III.	1	23. April 1864	—	7,2	Ruhe
	2	24. April 1864	—	7,2	Ruhe
	3	25. April 1864	—	7,4	Laufen, 8 Stunden
	4	26. April 1864	—	6,5	Ruhe
IV.	1	9. Juli 1864	—	5,4	Ruhe
	2	10. Juli 1864	—	5,4	Ruhe
	3	11. Juli 1864	—	5,2	Laufen, 8 Stunden
	4	12. Juli 1864	—	5,8	Ruhe
	5	13. Juli 1864	—	5,5	Ruhe

Während der Arbeitstage hatte das Tier in den zwei ersten Versuchen in einem großen Tretrad zu laufen. Es währte geraume Zeit, bis es imstande war, gleichmäßig zu traben, jedoch war es durchaus nicht dahin zu bringen, einen langsamen Gang einzuhalten; stets lief es außerordentlich schnell, so daß es zuletzt etwa 10 Minuten lang, ohne zu ruhen, das Rad treiben konnte. Dies war für das Tier eine sehr große Anstrengung, denn es wurde dabei am ganzen Körper heiß, der Atem war keuchend und beschleunigt, und häufig stand ihm schaumiger Speichel vor dem Munde. Es zitterte nachher an den Extremitäten, ging langsam und wankend nach seinem Käfig zurück und legte sich dort ruhig nieder. Voit wagte es daher nicht, ihm eine größere Anstrengung auf einmal zuzumuten, doch konnte das Tier nach 1 oder $1^1/_2$ Stunden mit erneuten Kräften ans Werk gehen; während eines Tages lief es so im ganzen meist eine Stunde. Die solcher Art vom Hunde ausgeführte Arbeit betrug nach Voits Berechnung etwa 150000 kgm pro Tag. Über die Arbeitsweise in den Versuchen III und IV hat Voit nichts Näheres angegeben.

Versuch I zeigt fast gar keine Steigerung bei der Arbeit. Auch wenn die ganze umgesetzte Eiweißmenge ausschließlich zu mechanischer Leistung verwendet worden wäre, so könnten dadurch nur etwa 63000 kgm, d. h. etwa zwei Fünftel der geleisteten Arbeit entstanden sein.

Auch aus den beiden anderen Hungerversuchen geht dasselbe hervor, denn in Versuch III beträgt die mittlere N-Abgabe bei Ruhe 6,97, bei Arbeit 7,4, Differenz nur 0,43 g; in Versuch IV ist die N-Abgabe bei Ruhe aus Nr. 1, 2 und 5 berechnet 5,4 g, bei der Arbeit 5,2 g oder, wenn wir dazu noch den Überschuß am 4. Tage hinzufügen, 5,6 g.

In Versuch II, wo das Tier mit einer sehr reichlichen Fleischmenge im N-Gleichgewicht war, betrug die N-Abgabe bei Ruhe durchschnittlich 51,9 g, bei Arbeit durchschnittlich 54,5 g. Die Differenz, 2,6 g N, entspricht nur etwa 29000 kgm, also kaum ein Funftel der von Voit berechneten Arbeit.

Dasselbe Resultat geht ferner aus den Bilanzversuchen von Pettenkofer und Voit[1]) am Menschen hervor. Die vom Versuchsindividuum auszuführende Arbeit bestand darin, ein Rad mit einer Kurbel zu treiben. Das Rad wurde so stark belastet, bis der Widerstand in der Achse nach dem Gefühl des Arbeiters ebenso groß war, als er gewöhnlich bei Drehbänken in mechanischen Werkstätten ist, welche durch ein von der Hand getriebenes Schwungrad bewegt werden. Hierzu war ein Gewicht von 25 kg nötig, welches um eine Rolle in einer um das Rad gelegten Kette schwebend hing. Der Mann be-

[1]) Zeitschr. f. Biol. 2, 537, 1866.

wegte das Rad 9 Stunden lang und machte dabei etwa 7500 Umdrehungen. Abends wurde die Arbeit beendigt und bald darauf das Bett aufgesucht. Der Mann fühlte sich zu dieser Zeit ermüdet, wie nach einer anstrengenden Arbeit. Die Versuche wurden sowohl bei Hunger wie bei mittlerer Kost ausgeführt:

Versuch	Nr.	Datum	Nahrung	N-Abgabe im Harn			Anmerkungen
				Tag g	Nacht g	Summe g	
I.	1	11. Dezember 1866	—	7,4	5,1	12,5	Ruhe
	2	14. Dezember 1866	—	6,7	5,6	12,3	Ruhe
	3	22. Dezember 1866	—	5,6	6,2	11,8	Arbeit
II.	1	18. Dezember 1866	Mittlere Kost	8,3	8,2	16,5	Ruhe
	2	27. Dezember 1866	„ „	8,2	8,5	16,7	Ruhe
	3	29. Dezember 1866	„ „	8,5	8,4	16,9	Arbeit
	4	31. Juli 1866	„ „	10,1	7,2	17,3	Ruhe
	5	3. August 1866	„ „	9,4	7,9	17,3	Arbeit

In der Reihe I ist die durchschnittliche N-Abgabe bei Ruhe 12,4 g, bei Arbeit 11,8 g, also 0,6 g weniger. Bei den Versuchen bei mittlerer Kost beträgt die durchschnittliche N-Abgabe bei Ruhe 16,8 g, bei Arbeit 17,1 g — also kein Unterschied.

Auch wenn wir die N-Abgabe während der Tageshälfte und der Nachthälfte besonders betrachten, so stellt sich kein bestimmter Unterschied dar. Bei den Ruheversuchen ist die N-Abgabe durchgehend größer oder gleich groß am Tage wie während der Nacht; unter den Arbeitsversuchen finden wir in II. 3 und 5 dasselbe, in I. 3 dagegen das Gegenteil. Aus dem Verhalten der N-Abgabe wahrend des Tages und der Nacht läßt sich daher keine Stütze dafür entnehmen, daß die körperliche Arbeit auf Kosten des Eiweißes stattfände.

An sich selber machten Fick und Wislicenus einen sehr bemerkenswerten Versuch[1]). Sie bestiegen den Berg Faulhorn, dessen Spitze 1956 m über der Oberfläche des Brienzer Sees liegt. 17 Stunden vorher nahmen sie ihre letzte eiweißhaltige Nahrung zu sich; der davon entstammende Stickstoff dürfte nach dem, was wir schon gesehen haben, schon vor dem Anfange des Versuches zum größten Teile den Körper verlassen haben. Die Bergbesteigung selbst dauerte etwa 8 Stunden; erst 7 Stunden später genossen sie eine eiweißhaltige Kost; während der Bergbesteigung und der danach folgenden 7 Stunden bestand ihre Nahrung nur aus Stärke, Zucker, Fett und Getränk (Wein). Der während dieser 15 Stunden gesammelte Harn enthielt bei Fick 5,74 g und bei Wislicenus 5,55 g N und entsprach nach ihrer Berechnung 38,28 bzw. 37 gm zersetztem Eiweiß. Nach dem von Rubner aufgestellten Verbrennungswerte des Eiweißes repräsentieren diese N-Mengen einen Verbrennungswert von 149,1 bzw. 144,2 Wärmeeinheiten. Diese bedingen aber eine Arbeitsleistung von 63 378 (Fick) bzw. 61 280 kgm (Wislicenus). Die von denselben tatsächlich ausgeführte nützliche Arbeit bestand darin, den eigenen Körper 1956 m hoch zu erheben. Fick wog 66 und Wislicenus 76 kg; die betreffende Arbeit betrug also 129 096 bzw. 148 656 kgm. Die auf Kosten des zersetzten Eiweißes ausgeführte Arbeit wäre also höchstens die Hälfte der tatsächlich ausgeführten.

[1]) Vierteljahrsschr. d. Züricher naturf. Ges. **10** (1865); Fick, Gesammelte Schriften **2**, 85.

Und sogar nicht soviel; denn wir müssen noch die Arbeit des Herzens und der Atemmuskeln, die Arbeit derjenigen Muskeln, welche den Körper in aufrechter Stellung erhalten, sowie die Arbeit, welche zur Erhebung des Schwerpunktes des Körpers bei jedem Schritt auch auf einer ganz ebenen Oberfläche nötig ist, hinzufügen.

Man könnte sich vorstellen, daß die der Arbeit entsprechende N-Menge nicht am Arbeitstage selbst, sondern später vom Körper abgegeben würde. Diese Annahme, welche schon Liebig[1]) aussprach, ist von Argutinsky[2]) und Krummacher[3]) an der Hand einiger Selbstversuche geprüft worden. Als Arbeitsleistung wurde Gehen bergauf gewählt, und zwar betrug die Steigarbeit allein für sich bei Argutinsky 75 000 bis 115 000 kgm. Infolge dieser Arbeit zeigte sich nun eine bedeutende Steigerung der N-Abgabe im Harn, die mindestens 3 Tage lang andauerte. Auch wenn er am Arbeitstage extra eine Zuckermenge genoß, welche seiner Annahme nach zur Leistung einer fast doppelt so großen Arbeit theoretisch genügen würde, wurde die Steigerung der N-Abgabe dennoch nicht unterdrückt, obgleich wesentlich herabgesetzt. Nach Argutinskys Berechnung würde diese Mehrzersetzung von Eiweiß imstande gewesen sein, gegen 75 bis 100 Proz. der Steigarbeit zu erklären. Dabei sind aber die Arbeitsleistungen beim Gehen auf einer ebenen Oberfläche und bergab, sowie die Mehrarbeit des Herzens usw. nicht berücksichtigt worden.

Schon daraus folgt, daß diese Versuche lange nicht beweisen, daß die Muskelarbeit ausschließlich auf Kosten des Eiweißes stattfindet. Es kommt aber, wie I. Munk[4]) bemerkte, noch hinzu, daß die von Argutinsky genossene Kost im Maximum (bei der Extrazugabe von Zucker) nur etwa 30 Kal. und sonst nur 18,2 bis 23,0 Kal. pro Körperkilo enthielt. Diese Kost genügte sogar während der Ruhetage nicht; auch war Argutinsky nie im N-Gleichgewicht und mußte also sowohl bei Ruhe als bei Arbeit an seinem eigenen Körper zehren. Unter solchen Umständen liegt nichts Sonderbares darin, daß bei den durch die Arbeit gestellten größeren Ansprüchen auch das Eiweiß in größerer Menge angegriffen wurde.

Die nach demselben Plane ausgeführten Versuche von Krummacher leiden an demselben Fehler, denn die tägliche Kost enthielt nur etwa 26 Kal. pro Körperkilo. Auch war Krummacher während der ganzen Dauer des Versuches keinen einzigen Tag im N-Gleichgewicht.

Gegen die betreffende Ansicht sprechen ferner die Erfahrungen am Hungerer Succi ganz entschieden. Während des 12. Tages seines Fastens führte er verhältnismäßig schwere Arbeitsleistungen aus (vgl. S. 377). Die N-Abgabe im Harn betrug am 11. Tage (während desselben lag Succi den ganzen Tag im Bett) 7,888 g; am 12. Tage (Arbeit) 7,162 und an den drei folgenden Tagen bzw. 3,509, 5,336, 5,142 g. Also konnte weder am Arbeitstage, noch während drei folgender Ruhetage irgend welche Steigerung der N-Abgabe beobachtet werden.

Auch neue Versuche von Krummacher[5]) ergaben dasselbe.

Ein kräftiger Arbeiter bekam täglich 14,3 g N, 175 g Fett und 903 g Kohlehydrate = 72 Kal. pro Körperkilo. Während drei Ruhetagen schied er im Harn und Kot 13,5 g N aus; dann folgte ein Arbeitstag, während dessen eine äußere Arbeit von 402 000 kgm geleistet wurde. Dabei betrug die gesamte N-Abgabe 14,1 g, sowie an den zwei nächstfolgenden Ruhetagen 13,7 bzw. 13,5 g. Die ganze Steigerung beträgt also kein Gramm Stickstoff. Auch wenn wir annehmen, daß der gesamte Eiweißumsatz am Arbeitstage, sowie das Plus am folgenden Tage zur Arbeitsleistung verwendet worden wäre, so würde dies nur etwa 373 Kal. entsprechen, während der kalorische Wert der tatsächlich geleisteten Arbeit 945 Kal. beträgt.

Als weiteres Beispiel dafür, daß die körperliche Arbeit nicht mit Notwendigkeit eine Zunahme der Eiweißzersetzung erfordert, seien noch die ausführlichen Untersuchungen von Wait[6]) erwähnt. In einer ersten Reihe waren die Versuche

[1]) Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss. **2**, 443, 1869. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **46**, 552, 1890. — [3]) Ebenda **47**, 454, 1890; vgl. auch Dunlop, Paton, Stockman und Maccadam, Journ. of Physiol. **22**, 68, 1897. — [4]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1890, S. 557; vgl. auch Hirschfeld, Arch. f. pathol. Anat. **121**, 501, 1890. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **33**, 108, 1896; vgl. auch Oppenheim, Arch. f. d. ges. Physiol. **23**, 484, 1880. — [6]) U. S. Depart. of Agricult, Off. of exp. Stat., Bull. No. 89 (1901); No. 117 (1902).

in der Weise angeordnet, daß nach einer Ruheperiode von 2 bis 3 Tagen eine Arbeitsperiode von 2 bis 4 Tagen folgte, während welcher die Kalorienzufuhr auch gesteigert wurde. In der Regel wurde durch die Muskelarbeit keine erwähnenswerte Steigerung der N-Abgabe hier bemerkt, obgleich die N-Zufuhr bei den Arbeitsperioden größer als bei den Ruheperioden war. In einer zweiten Reihe wurde die N-Zufuhr konstant erhalten und während der Arbeitsperioden, welche 6 Tage lang dauerten, nur die Fett- und Kohlehydratgaben erhöht. Bei allen diesen Versuchen, mit nur einer einzigen Ausnahme, war die N-Abgabe während der Arbeitsperioden geringer als während der Ruheperioden. Man könnte sich indes denken, daß dies durch das Vermögen der N-freien Nahrungsstoffe, Eiweiß zu ersparen, bedingt wäre. Daher stellte Wait nun noch einige Versuchsreihen an. Wenn die Versuchsperson während der Ruheperioden dieselbe reichliche Kost als während der Arbeitsperioden bekam, so betrug in drei Versuchen die durchschnittliche N-Abgabe bei Ruhe bzw. 19,3, 15,2, 17,0, bei Arbeit bzw. 19,6, 15,8, 17,8. Wenn in den zu vergleichenden Versuchen die Kost dieselbe war und für die Ruhetage vollständig genügte, für die Arbeitstage aber etwas zu knapp war, so betrug die N-Abgabe in drei Versuchen bei Ruhe bzw. 18,4, 14,7, 15,7, bei Arbeit bzw. 17,2, 14,5, 16,2.

Frentzel[1]) fütterte einen Hund mit nur 150 g Fett. Die N-Abgabe im Harn betrug bei Ruhe 6,11 g pro Tag. Nun folgten 2 Arbeitstage, während welcher das Tier insgesamt eine Arbeit von 200 974 kgm leistete. Die N-Abgabe war am 1. Tage 7,29, am 2. 6,06, Summe 13,35 = 347 Kal. = 147 000 kgm. Die ganze Verbrennungswärme des zersetzten Eiweißes reichte also nicht aus, um mehr als etwa 73 Proz. der äußeren Arbeit zu decken. Zu bemerken ist, daß die N-Abgabe am folgenden Tage nicht größer war als während der früheren Ruhetage, 6,21 g. — Ein hungerndes Tier schied während 2 Ruhetagen durchschnittlich 3,85 g N, während 3 Arbeitstagen bzw. 4,97, 5,02, 5,63, in Summa 15,62 g N, sowie während des danach folgenden Hungertages noch 5,08 g N aus. Im Hungerharn entsprechen 15,62 g N nach Rubner 389,5 Kal. = 165 540 kgm. Die vom Tiere tatsächlich geleistete äußere Arbeit betrug 217 000 kgm.

Endlich läßt sich aus der bei Muskelarbeit stattfindenden Zunahme des Gaswechsels, wenn auch indirekt, nachweisen, daß dieselbe in der Regel nicht auf Kosten des Eiweißes geleistet wird. Das Eiweiß enthält auf 1 g N 3,28 g C; im Harn findet sich pro 1 g N 0,72 g C (siehe S. 346). Also muß für jedes Gramm N, welches im Harn ausgeschieden wird, 3,28 — 0,72 = 2,56 g C durch die Respiration abgegeben werden. Wenn also die Muskelarbeit auf Kosten des Eiweißes stattfindet, so erhält man die entsprechende N-Menge durch Division der in der Respiration abgegebenen C-Menge durch 2,56. In einem Versuche am Menschen betrug die durch einstündiges Klettern bewirkte Zunahme der CO_2-Abgabe 104 g = 28,4 g C = 11,1 g N = 68,8 g Eiweiß. Wenn das Eiweiß die ausschließliche Quelle der Muskelarbeit darstellen würde, so hätte der Eiweißzerfall während dieser einstündigen Arbeit um 68,8 g zugenommen — was aber wider alle unsere Erfahrungen streitet[2]).

Aus diesen Beobachtungen folgt also, daß die Muskelarbeit ohne vermehrte Eiweißzersetzung ausgeführt werden kann. Doch dürfen wir daraus nicht den Schluß ziehen, daß nicht auch das Eiweiß als Quelle der Muskelarbeit dienen kann. Wenn dem Körper keine genügende Menge von N-freien Nahrungsstoffen zur Verfügung steht, greift er, wie schon aus den oben mitgeteilten Versuchen von Argutinsky und Krummacher hervorgeht, zu dem Eiweiß, und in einem extremen Falle wird er seine Muskelleistungen ausschließlich auf Kosten des Eiweißes ausführen können[3]).

Einen solchen Fall hat Pflüger[4]) experimentell realisiert. Er fütterte einen großen, sehr mageren Hund von etwa 30 kg Körpergewicht monatelang mit Fleisch der ausgesuchtesten Art, dessen Gehalt an Fett und Kohlehydraten so gering als

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **68**, 212, 1897; vgl. auch Caspari, ebenda **83**, 509, 1901. — [2]) Vgl. Skand. Arch. f. Physiol. **6**, 181, 1895. — [3]) Voit, S. 199. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **50**, 98, 1891; **96**, 333, 1903.

möglich war. Die Arbeitsperioden dauerten stets eine Reihe von Tagen, und zwar ohne daß jemals ein Ruhetag eingeschaltet wurde. Die Arbeit bestand in zwei- bis dreistündigem Ziehen eines schweren Wagens über eine Strecke von 13,613 km, wobei eine graphische Vorrichtung eine genaue Messung der Zugarbeit gestattete. In einer ersten Versuchsreihe vom 27. Juli bis 31. August betrug die Arbeit während 22 Tagen 109 608 kgm pro Tag, während 13 Tagen 73 072 kgm. In der zweiten Reihe, vom 20. Oktober bis zum 30. November, leistete das Tier während 9 Tagen 109 608 kgm, während 15 Tagen 73 072 kgm und während 17 Tagen 59 117 kgm. Die Versuche sind in folgender Tabelle konzentriert wiedergegeben:

Periode	Tag	Körpergewicht am Anfange der Periode kg	Aufnahme pro Tag N g	Fett g	Kohlehydrat g	N im Harn und Kot pro Tag g	Anmerkungen
			Erste Reihe:				
1	1— 4	29,65	62,0	12,8	1,1	61,5	Ruhe
2	5—11	29,40	62,0	12,8	1,1	65,2	109 608 kgm pro Tag
3	12	28,75	62,0	12,8	1,1	64,4	73 072 „ „ „
4	13—27	28,63	67,2	12,9	1,8	69,1	109 608 „ „ „
5	28—39	28,10	69,7	11,6	1,6	69,4	73 072 „ „ „
6	40—50	28,45	69,7	12,1	8,5	66,3	Ruhe
			Zweite Reihe:				
7	1— 9	30,60	68,4	7,6	16,3	67,7	Ruhe
8	10—24	30,40	68,4	7,6	16,3	69,9	73 072 kgm pro Tag
9	25—29	29,45	68,4	7,6	16,3	69,8	109 608 „ „ „
10	30—46	28,95	68,8	8,4	12,2	69,0	59 117 „ „ „
11	47—50	28,60	74,5	9,9	8,1	75,6	109 608 „ „ „
12	51—59	28,50	63,2	8,4	6,9	62,7	Ruhe

Die größte mittlere Zufuhr von N-freien Nahrungsstoffen während der Arbeitsperioden finden wir in Reihe 1, Tag 13 bis 27 mit 12,9 g Fett und 1,8 g Kohlehydraten und in der Reihe 2, Tag 10 bis 29 mit 7,6 g Fett und 16,3 g Kohlehydraten. Die Verbrennungswärme ist bzw. 129 und 139 Kal. = 55 000 bzw. 59 000 kgm. Die im Futter enthaltenen N-freien Nahrungsstoffe genügten also bei weitem nicht für die tatsachliche Arbeitsleistung des Tieres.

Damit erledigt sich auch die Ansicht von Chauveau[1]), daß das Eiweiß bei der Muskelarbeit nie in Anspruch genommen würde[2]).

Wenn wir die in der vorstehenden Tabelle enthaltenen Angaben näher durchmustern, finden wir, daß der Unterschied der N-Abgabe in den Ruhe- und den Arbeitsperioden nur verhältnismäßig gering ist. Für alle Ruheperioden beträgt die N-Abgabe durchschnittlich 64,5 g, für die Periode mit 59 117 kgm Arbeit 69,0 g, für diejenigen mit 73 072 kgm Arbeit 67,9 g und für diejenigen mit 109 608 kgm Arbeit 67,4 g. Nach einem Verbrennungswerte von rund 26 Kal. pro 1 g N entspricht der größten Differenz der Durchschnittszahlen, 4,5 g N, 117 Kal. = 49725 kgm, reicht also sogar für die geringste äußere Arbeit, 59 117 kgm, nicht aus, selbst wenn wir voraussetzen, daß die gesamte freigemachte Energie ohne Verlust zu körperlicher Arbeit verwendet worden ist. Auch wenn wir die nacheinander folgenden Ruhe- und Arbeitsperioden untereinander vergleichen, stellt sich in der Regel keine größere Differenz dar: Periode 1 und 2: 3,7 g; Periode 5 und 6: 3,1 g; Periode 7 und 8: 2,2 g. Nur die Perioden 11 und 12 geben eine größere Differenz: 12,9 g N = 335 Kal. = 142 375 kgm.

[1]) Compt. rend. de l'Acad. des sciences (Paris) **122**, 429, 504, 1896. — [2]) Vgl. auch die Kritik Munks, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, S. 372.

Wenn wir nun ferner bedenken, daß zu der äußeren Arbeit noch die Mehrarbeit des Herzens und der Respirationsmuskeln usw. hinzukommt, sowie daß der bei der körperlichen Arbeit stattfindende vermehrte Umsatz, soviel sich die Sache jetzt beurteilen läßt (vgl. unten), wenigstens dreimal größer ist als die der Arbeit an sich entsprechende Wärmemenge, daß also einer äußeren Arbeit von 109 608 kgm ein Mehrverbrauch von 773 Kal. = etwa 30 g N entspricht, so können wir, auch wenn wir die gleichzeitig aufgenommenen N-freien Nahrungsstoffe ihrem vollen Verbrennungswerte nach in Betracht ziehen, nicht die Annahme vermeiden, daß bei (fast) ausschließlicher, zur Erhaltung des Körpers völlig genügender Eiweißzufuhr die Eiweißzersetzung durch die körperliche Arbeit in einem nur sehr geringen Grade beeinflußt wird. Da wir nun wissen, wie der Körper auch ohne Muskelbewegungen die größten in der Kost zugeführten Eiweißmengen zersetzt, so dürfte aus den vorliegenden Erfahrungen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit geschlossen werden können, daß er die Eiweißmenge, die sonst ganz unnutz verbrennt, bei der Muskeltätigkeit als Kraftquelle verwendet. Ein analoges Verhalten findet übrigens auch bei der Wärmeregulation statt, wovon näher im folgenden Kapitel die Rede sein wird.

Da das Eiweiß in der Regel nicht in vermehrter Menge bei der Muskelarbeit zerfällt, müssen die N-freien Nahrungstoffe, wenn sie in genügender Menge vorhanden sind, dabei als Kraftquelle dienen. Diese Folgerung wird durch die sehr zahlreichen Untersuchungen über die Veränderungen des respiratorischen Gaswechsels bei körperlicher Arbeit unzweideutig bewiesen.

Beispiele davon haben wir in den Bilanzversuchen von Pettenkofer und Voit[1]), in vielen, besonders aus dem Laboratorium von Zuntz hervorgegangenen Arbeiten über den respiratorischen Gaswechsel, über welche ich unten näher berichten werde, sowie in den kalorimetrischen Untersuchungen von Atwater und seinen Mitarbeitern[2]).

Aus den letzteren seien hier als Belege einige Angaben zusammengestellt, welche außerdem in einer überaus durchsichtigen Weise die Tatsache bestätigen, daß das Eiweiß bei genügendem Zugang an N-freien Nahrungsstoffen bei der Muskelarbeit nicht verbraucht wird.

Versuchsnummer	Wärmeäquivalent der Muskelarbeit Kal.	Wärmemenge aus zersetztem Eiweiß Kal.	Gesamter Stoffwechsel Kal	
35	—	403	2270	Kohlehydrat-Diät
37	506	446	4764	
40	518	446	5223	
44	571	440	5199	
47	562	418	5248	
49	515	457	5245	
53	587	392	5178	
Mittel . . .	543	434	5137	

[1]) Zeitschr. f. Biol. 2, 459, 1866. — [2]) U. S. Depart. of Agricult., Off. of exp. Stations, Bull. No. 136, p. 182, 1903.

Versuchsnummer	Wärmeäquivalent der Muskelarbeit Kal.	Wärmemenge aus zersetztem Eiweiß Kal.	Gesamter Stoffwechsel Kal.	
38	495	552	4477	Fett-Diät
41	522	543	5242	
43	548	505	5205	
45	577	426	5162	
46	551	510	5248	
48	550	462	5218	
52	607	433	5277	
54	595	450	5215	
Mittel . . .	550	489	5106	

Alle diese Versuche sind an einem und demselben Individuum ausgeführt. Bei Ruhe betrug der Stoffwechsel 2270 Kal., davon etwa 400 aus Eiweiß. Bei einer äußeren Arbeit, welche durchschnittlich etwa 550 Kal. entsprach, stieg der Stoffwechsel im Mittel auf etwa 5100 Kal., davon aus Eiweiß bzw. 434 und 489 Kal. Nur in zwei Versuchen (Nr. 38 und 41) ist der kalorische Wert der strengen Arbeit (über 200 000 kgm pro Tag) etwas geringer als der des zersetzten Eiweißes, in allen übrigen findet das entgegengesetzte Verhalten statt. Die bedeutende Steigerung des Gesamtstoffwechsels ist also von einer beträchtlichen Mehrzersetzung der N-freien Nahrungsstoffe bedingt.

Auch kann man die Einwirkung der Arbeit auf die Zersetzung der N-freien Nahrungsstoffe in der Weise demonstrieren, daß man in bestimmten Perioden Arbeit und Ruhe wechseln läßt und dabei den respiratorischen Gaswechsel bestimmt. Wir finden dann, wie die CO_2-Abgabe sogleich mit dem Beginne der Arbeit anfängt anzusteigen und wie sie im Laufe derselben so hohe Werte erreicht, daß sie unmöglich durch den gleichzeitigen Eiweißzerfall erklärt werden können (vgl S. 446), wie z. B. [1]):

Nr.	CO_2 pro Stunde		
	Ruhe g	Zunahme beim Gehen g	Zunahme beim Klettern g
1	27	40	104
2	22	39	72
3	34	15	59
4	33	21	53
5	36	28	50
6	30	45	84
7	34	41	84
8	37	13	80

Von verschiedenen Autoren wird die Ansicht vertreten, daß bei der Arbeit nur Kohlehydrate verwendet werden sollten. Daß dieser Satz in seiner Allgemeinheit nicht richtig sein kann, folgt schon daraus, daß auch das Eiweiß eine Quelle der Muskelkraft darstellt. Man könnte sich aber vorstellen,

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. 6, 80, 1895.

daß unter den N-freien Nahrungsstoffen allein die Kohlehydrate zu diesem Zwecke befähigt wären, und daß das Fett erst nach Verwandlung in Kohlehydrat vom Muskel benutzt werden würde. Die zum Beweise dieser Auffassung herbeigezogene Tatsache, daß das Muskelglykogen bei der Arbeit verschwindet, zeigt nur, daß dasselbe dabei verbraucht wird, nicht aber, daß es die einzige Quelle der Muskelarbeit darstellt, und daß das Fett, um vom Muskel verwertet zu werden, erst in ein Kohlehydrat übergehen müßte.

In der letzten Zeit ist diese Ansicht vor allem von Chauveau[1]) vertreten worden, und zwar würde bei dieser Verwandlung der Fette ihr gesamter Wasserstoff in das Zuckermolekül übergehen, so viel Sauerstoff, wie nötig, aufgenommen und der überschüssige Kohlenstoff als CO_2 abgegeben werden. Die Reaktion würde also nach folgendem Schema erfolgen (Zuntz):

$$100 \text{ Fett} = 76{,}5\,C + 11{,}9\,H + 11{,}6\,O = 942{,}3 \text{ Kal.}$$
$$180{,}3 \text{ g Zucker} = 72{,}12\,C + 11{,}9\,H + 96{,}1\,O = 665{,}0 \text{ Kal.}$$

Von den 942,3 Kal. des Fettes würden also für die Muskeltätigkeit 277,3 = 29,4 Proz. verloren gehen; auch müßte bei diesem Vorgang der respiratorische Quotient stark herabsinken (Zuntz[2]).

Etwas derartiges konnte indes Zuntz bei Versuchen, wo er vorwiegend Eiweiß oder Fett oder Kohlehydrate fütterte, nicht konstatieren. Es fanden sich nämlich für 1 m Weg beim starken Bergaufsteigen beim Hunde folgende kalorische Werte, deren Berechnungsweise unten näher dargestellt werden wird:

	Resp. Quotient	Kal.	Mittel
1. Ausschließliche Eiweißernährung . . .	0,78	2,58	2,58
2. Vorwiegend Fettzersetzung	0,74	2,43	2,57
3. Vorwiegend Fettzersetzung (Kohlehydrate durch Phlorhizin möglichst vollständig beseitigt)	0,71	2,71	
4. Viel Zucker beim eiweißreichgenährten Tiere	0,83	2,58	2,61
5. Viel Zucker bei eiweißarmer Kost . .	0,88	2,63	

Wie ersichtlich sind die Zahlen des letzten Stabes fast absolut gleich. Wenn Chauveaus Auffassung richtig wäre, hätte der Energieverbrauch, falls er 2,61 Kal. bei Kohlehydratfütterung betragen hätte, bei ausschließlicher Fettzersetzung um 29,4 Proz., d. h. auf 3,38 Kal. ansteigen sollen. Ein solcher Unterschied liegt doch außer der Größe der Beobachtungsfehler bei diesen Versuchen.

Auch die oben zitierten Versuche von Atwater und Benedict sprechen ganz bestimmt gegen diese Ansicht, denn wenn sie richtig wäre, so könnte es doch nicht zutreffen, daß die Gesamtwärmeabgabe bei strenger Arbeit genau dieselbe wäre, gleichgültig ob die Kost vorwiegend Fett oder vorwiegend Kohlehydrate enthält.

[1]) Compt. rend. de l'Acad. des sciences **122**, 58, 113, 429, 504, 1098, 1163, 1169, 1244, 1303; **123**, 151, 283, 1896; **125**, 1070, 1897; **126**, 795, 1072, 1118, 1898. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, S. 358, 538; 1898, S. 267. Vgl. auch Frentzel und Loeb, ebenda 1894, S. 541.

Die Muskeln können also ihre Leistungen auf Kosten aller drei Hauptgruppen der organischen Nahrungsstoffe ausführen, ziehen aber hierbei die N-freien vor und benutzen unter diesen, wie es scheint, in erster Linie die Kohlehydrate. Je nach der Art der Nahrung wird daher die eine oder andere Gruppe hauptsächlich angegriffen; die spezifischen Fleischfresser leisten ihre Muskelarbeit auf Kosten des Eiweißes und des Fettes, die Pflanzenfresser, wie vor allem unsere landwirtschaftlichen Nutztiere, auf Kosten der Kohlehydrate. Letzteres dürfte angesichts der großen Menge der vom Menschen genossenen Kohlehydrate auch bei ihm wesentlich der Fall sein [1]).

§ 2. Die Verwertung der Energie bei der Muskelarbeit.

Sowohl für die Physiologie des Stoffwechsels als für die des Muskels an sich ist es von hervorragender Bedeutung, festzustellen, ein wie großer Teil des bei der Muskeltätigkeit vermehrten Stoffumsatzes als äußere Arbeit erscheint.

Die am Frosch unter Anwendung thermoelektrischer Methoden direkt ermittelte Wärmetönung bei der Muskelarbeit kann hier nicht besprochen werden, da dieselbe in einer anderen Abteilung dieses Handbuches erörtert werden soll. Ich beschränke mich daher auf die Stoffwechseluntersuchungen, welche an warmblütigen Tieren ausgeführt worden sind.

Die hierher gehörigen Bestimmungen sind zum großen Teil in Zuntz' Laboratorium an verschiedenen Tiergattungen unter Anwendung der Respirationsmaske ausgeführt und gründen sich also nur auf Versuche von verhältnismäßig kurzer Dauer. Über die bei denselben sonst benutzte Technik vergleiche die unten zitierte Arbeit [2]).

In der folgenden Tabelle sind einige am nüchternen Hunde gemachte Beobachtungen über den Gaswechsel bei verschiedener Arbeit zusammengestellt (Zuntz [3]). Alle Zahlen beziehen sich auf 1 Minute.

Zustand des Tieres	O-Verbrauch ccm	CO_2-Abgabe ccm	Resp. Quotient	
1. Ruhe, liegend . . .	174,3	124,7	0,71	
2. Ruhe, stehend . . .	245,6	170,2	0,69	
3. Gang auf fast horizontalem Boden . .	725,3	525,2	0,73	Pro Min. 78,566 m Weg, 13,23 kgm Steigarbeit.
4. Gang bergauf . . .	1285,3	990,6	0,77	Pro Min. 79,497 m Weg, 3 5,82 kgm Steigarbeit
5. Zugarbeit	1028,8	798,9	0,77	Pro Min. 70,42 m Weg, 22,83 kgm Steigarbeit, 202,91 kgm Zugarbeit

[1]) In der letzten Zeit hat auch Pflüger (Arch. f. d. ges. Physiol. **96**, 332, 1903) seinen ursprünglichen Standpunkt verlassen und und gibt nunmehr, auf Grund der Arbeiten von Zuntz und seinen Schülern, zu, daß die mittelbare Quelle der Muskelkraft sowohl im Eiweiß wie im Fett und Kohlehydrat liegen kann, und daß die Art der Ernährung also den Stoff bestimmt, der bei Muskelarbeit verbraucht wird. Indes hält er noch immer daran fest, daß jede Muskelarbeit, trotz überreicher Ernährung mit Fett, eine Steigerung der N-Ausscheidung bedingt. — [2]) Lehmann und Zuntz, Landwirtschaftl. Jahrbücher **18**, 7, 1889. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **68**, 191, 1897.

Wenn wir von Nr. 3 und 4 den Ruhewert (Nr. 1) abziehen, so erhalten wir die der Arbeit entsprechende Zunahme des Gaswechsels: 551,0 ccm O und 400,5 ccm CO_2, bzw. 1111,0 ccm O und 865,9 ccm CO_2. Die geleistete Arbeit bestand aus 1. der horizontalen Fortbewegung des Tieres und 2. der reinen Steigarbeit. Um den Gaswechsel, welcher jedem dieser Faktoren entspricht, feststellen zu können, berechnet Zuntz in erster Linie den Gaswechsel und die Arbeit, bezogen auf 1 kg Körpergewicht und 1 m Weg:

3. 0,006 252 kgm Steigarbeit; 0,260 40 ccm O; 0,189 27 ccm CO_2
4. 0,172 512 kgm Steigarbeit; 0,523 93 ccm O; 0,408 35 ccm CO_2.

Wenn nun der O-Verbrauch für die Horizontalbewegung von 1 kg um 1 m $= x$, der für Leistung von 1 kgm Arbeit durch Heben des Körpers $= y$ gesetzt wird, so erhalten wir zur Berechnung von x und y folgende Gleichungen:

$$x + 0{,}172\,512\,y = 0{,}523\,93$$
$$x + 0{,}006\,252\,y = 0{,}260\,40$$

Daraus ergibt sich x, die für die Horizontalbewegung von 1 kg Körpergewicht um 1 m nötige O-Menge $= 0{,}250\,49$ ccm, y, die zur Leistung von 1 kgm äußere Arbeit nötige O-Menge $= 1{,}585$ ccm.

Für die CO_2-Abgabe sind die entsprechenden Mengen, x_1 und y_1

$$x_1 = 0{,}181\,03 \text{ ccm}$$
$$y_1 = 1{,}3178 \text{ ccm}.$$

Für die Zugarbeit berechnet Zuntz den O-Verbrauch pro Kilogrammeter in der Weise, daß er von dem sub 5 aufgenommenen Werte den Ruhewert (Nr. 1) abzieht; der Rest bezieht sich auf die Zugarbeit allein $=$ 854,4 ccm O und 674,2 ccm CO_2. Nach den soeben berechneten Zahlen hatte die Horizontalbewegung und die Steigarbeit zusammen 515,55 ccm O verbraucht. Also bleiben für 202,91 kgm Zugarbeit 338,95 ccm O, d. h. für 1 kgm 1,6704 ccm O. Für die CO_2-Abgabe erhalten wir 1,467 ccm.

Nun entspricht nach Zuntz 1 Liter O bei Fettverbrennung eine Wärmemenge von 4,686 Kal. und bei Stärkeverbrennung 5,047 Kal. Im ersten Falle ist der respiratorische Quotient 0,707, im zweiten 1,000. Solange nur Fett und Kohlehydrate in Betracht kommen, nimmt also die einem Liter verbrauchtem Sauerstoff entsprechende Energiemenge für einen Zuwachs des respiratorischen Quotienten um 0,293 mit 0,361 Kal., d. h. pro einen Zuwachs um 0,01 mit 0,0123 Kal. zu. Der kalorische Wert von 1 Liter bei Eiweißzersetzung verbrauchtem Sauerstoff ist endlich nach Zuntz 4,476 Kal.

Bei der Umrechnung des Sauerstoffverbrauches in kalorisches Maß erhält man also einen Maximalwert, wenn man nur Fett und Glykogen als Kraftquellen des Muskels in Betracht zieht, einen Minimalwert, wenn man Eiweiß und Fett als die verbrennenden Substanzen betrachtet. Unter beiden Annahmen und unter Berücksichtigung des respiratorischen Quotienten berechnet Zuntz den Energieverbrauch für verschiedene Formen von Muskelarbeit beim Hunde und kommt dabei zu folgendem Resultat:

Nr.		Maximum Kal.	Minimum Kal.
1	Zur Fortbewegung von 1 kg um 1 m auf horizontaler Bahn	0,001 178 7	0,001 164
2	Zur Leistung von 1 kgm Arbeit durch Bergaufsteigen	0,007 668 1	0,006 950
3	Zur Leistung von 1 kgm Zugarbeit	0,008 180	0,007 130

Da aber das Eiweiß bei nüchternen Tieren nur einen geringen Anteil an der durch die Arbeit bewirkten Steigerung des Stoffwechsels hat, ist es sehr wahrscheinlich, daß die höheren Zahlen die richtigeren sind.

Das Wärmeäquivalent von 1 kgm ist gleich 0,002 353 Kal. Aus den sub 2 und 3 aufgenommenen Zahlen folgt daher, daß die Zunahme der Verbrennung bei Bergaufsteigen 3,26, bei Zugarbeit 3,48 mal größer ist als die tatsächlich ausgeführte äußere Arbeit — also tritt rund etwas weniger als ein Drittel der aufgewandten chemischen Energie als äußere Arbeit hervor, der Rest wird in Wärme umgesetzt. (Vgl. auch die oben S. 450 mitgeteilten Angaben über den Mehrumsatz bei Arbeit und verschiedener Fütterung.)

Für das Pferd haben Zuntz und Hagemann [1]) folgende Zahlen gefunden:

Nr.		Kalorien
1	Zur Fortbewegung von 1 kg um 1 m auf horizontaler Bahn	0,000 348 bis 0,000 432
2	Zur Leistung von 1 kgm Arbeit durch Bergaufsteigen	0,005 44 bis 0,007 17
2	Zur Leistung von 1 kgm Zugarbeit	0,006 48 bis 0,007 36

Entsprechende Untersuchungen am Menschen sind seit Lavoisier von Voit [2]), Speck [3]), Hanriot und Richet [4]), Katzenstein [5]), Sondén und Tigerstedt [6]), Zuntz und Schumburg [7]), Heineman [8]), Frentzel und Reach [9]) u. a. ausgeführt worden [10]). Unter diesen werde ich nur einige besonders besprechen und verweise in bezug auf die übrigen auf die Originalabhandlungen.

Die Arbeit bestand teils im Gehen bergauf, teils in Heben von Gewichten oder in Drehen an geeigneten Apparaten. Versuche mit Heben von Gewichten leiden oft an dem Übelstand, daß das gehobene Gewicht von der Versuchsperson selber wieder herabgesenkt wird. Zu der positiven Arbeit der Hebung kommt daher auch die bei der Senkung stattfindende Muskeltätigkeit, welche jedenfalls einen Aufwand von Energie beansprucht, aber doch nicht gleich der entsprechenden positiven Arbeit gesetzt werden darf (vgl. unten S. 457). Dasselbe gilt auch vom Gehen bergauf, wenn es vom Gehen bergab begleitet wird. Zur Feststellung einer bestimmten Verhältniszahl zwischen Arbeit und Energieentwickelung können also nur solche Versuche benutzt werden, wo ausschließlich positive Arbeit geleistet worden ist, d. h. Gehen bergauf ohne Hinabsteigen, Dreharbeit, Heben von Gewichten, welche automatisch oder von einem Gehilfen gesenkt werden.

In Katzensteins Versuchen wurde Raddrehen, sowie reines Gehen bergauf als Arbeitsleistungen benutzt. Nach derselben Berechnungsweise wie der oben bei den entsprechenden Versuchen am Hunde benutzten, ergeben

[1]) Landwirtschaftl. Jahrbücher **27**, Ergänzungsband **3**, 309, 1898. — [2]) Voit, S. 202. — [3]) Speck, Physiologie des menschlichen Atmens. Leipzig 1892. — [4]) Compt. rend. de l'Académie des sciences **105**, 78, 1887. — [5]) Arch. f. d. ges. Physiol. **49**, 330, 1891. — [6]) Skand. Arch. f. Physiol. **6**, 165, 1895. — [7]) Zuntz und Schumburg, Studien zu einer Physiologie des Marsches. Berlin 1901, S. 157 bis 309. — [8]) Arch. f. d. ges. Physiol. **83**, 441, 1901. — [9]) Ebenda **83**, 477. — [10]) Vgl. auch Zuntz, ebenda **83**, 557, 1901; Arch f. (Anat. u.) Physiol. 1897, S. 535.

diese, daß der Sauerstoffverbrauch für den horizontalen Gang pro Kilo Körpergewicht und 1 m Weg im Maximum 0,1682 ccm, im Minimum 0,0858 ccm, sowie pro Kilogramm mechanischer Arbeit bei Steigen bergauf im Maximum 1,5036, im Minimum 1,1871 ccm, und bei Drehen durchschnittlich 1,957 ccm beträgt. Der Nutzeffekt war also bei Arbeit mit den unteren Extremitäten wesentlich günstiger als bei Arbeit mit den oberen.

Die Resultate Heinemans über den Mehrverbrauch bei Dreharbeit und verschieden zusammengesetzter Kost sind in folgender Tabelle zusammengestellt, und zwar, wie aus den Überschriften der verschiedenen Stäbe hervorgeht, unter verschiedenen Annahmen berechnet:

Hauptnahrung	Respirationsquotient bei der Arbeit	Pro 1 kgm Kal., wenn angenommen, daß		
		allein N-freie Nahrungsstoffe verwendet wurden	der Eiweißumsatz dem O-Verbrauch proport. wächst	das Eiweiß sich an der Arbeit maximal beteiligt hat
Fett	0,724	0,009 39	0,009 35	0,009 27
Kohlehydrate . .	0,901	0,010 67	0,010 63	0,010 37
Möglichst viel Eiweiß	0,796	0,011 40	0,011 27	0,010 64
Fett und Kohlehydrate	0,783	0,010 98	—	0,010 35
Fett und Kohlehydrate	0,805	0,011 15	—	0,010 46

Wie ersichtlich, bewirkt die verschiedene Berechnungsweise keinen wesentlichen Unterschied. Eine vollständige Übereinstimmung der Zahlen bei verschiedener Kost hat sich in keiner Reihe erzielen lassen. Wie Zuntz ausführt, ist dieser Umstand aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch bedingt, daß die Versuchsperson im Laufe der Versuchsreihe allmählich gelernt hatte, ökonomischer zu arbeiten. Die Versuche mit eiweißreicher Kost sind nämlich früher als die übrigen ausgeführt worden.

Über die Energieentwickelung pro 1 kgm Steigarbeit gibt endlich folgende von Frentzel und Reach zusammengestellte Tabelle Aufschluß; in derselben sind auch die Berechnungen über den Energieverbrauch bei Horizontalbewegung aufgenommen:

Versuchsperson	Kalorien pro		Versuchsperson	Kalorien pro	
	Horizontalbewegung 1 kg um 1 m	1 kgm		Horizontalbewegung 1 kg um 1 m	1 kgm
K	0,000 786	0,006 72	A. L . . .	0,000 668	0,006 85
P	0,000 510	0,007 50	J. K . . .	0,000 779	0,006 87
B	0,000 496	0,007 39	L. Z . . .	0,000 574	0,006 42
N. Z	0,000 677	0,008 38	F	0,000 515	0,006 46
S	0,000 619	0,008 36	R	0,000 706	0,006 70

Bei der Arbeit mit den oberen Extremitäten betrug der Nutzeffekt in Heinemans Versuchen etwa 22,6 Proz. Als Durchschnitt für den Mehr-

verbrauch bei 1 kgm Arbeit mit den unteren Extremitäten geht aus den vorstehenden Angaben 0,0072 Kal. hervor. Der Nutzeffekt ist hier 32,6 Proz. Die Arbeit mit den unteren Gliedmaßen scheint also ökonomischer als die mit den oberen stattzufinden.

Es ist indes nicht unmöglich, daß dieser Unterschied nur ein scheinbarer ist. Was bei derartigen Versuchen gemessen wird, ist ja die äußere nützliche Arbeit. Diejenigen Muskelleistungen, welche zur Fixation der Glieder, zur verstärkten Atmung und Herztätigkeit usw. nötig sind, werden ihrer Größe nach gar nicht gemessen, der dabei stattfindende Energieverbrauch macht sich aber bei der Bestimmung des Stoffwechsels unverkürzt geltend. Also ist der Nutzeffekt der bei der Arbeit direkt beteiligten Muskeln ohne Zweifel noch größer, als dies nach den oben mitgeteilten Zahlenangaben erscheint, und es läßt sich wenigstens denken, daß die bei der Arbeit mit den oberen Extremitäten notwendigen Extramuskelleistungen verhältnismäßig größer sind als die bei Arbeit mit den unteren stattfindenden.

Bei seinen kalorimetrischen Untersuchungen hat Atwater[1]) auch die vorliegende Frage beachtet. Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung seiner hierhergehörigen Beobachtungen.

Versuchsperson	Kalorien pro Tag			Kalorisches Äquivalent der Arbeit	Nutzeffekt
	Mittel der Ruheversuche	Mittel der Arbeitsversuche	Mehrzersetzung bei der Arbeit		Proz.
E. O. (42 Tage Ruheversuche, 12 Tage Arbeitsversuche)	2279	3892	1613	214	13,3
J. F. S. (12 Tage Ruheversuche, 18 Tage Arbeitsversuche)	2119	3559	1440	233	16,2
J. C. W. (4 Tage Ruheversuche, 14 Tage Arbeitsversuche)	2357	5143	2786	546	19,6

Die Arbeit bestand darin, mit einem stationären Fahrrad einen elektrischen Motor zu treiben, dessen Energie in Wärme umgewandelt und so direkt gemessen wurde (vgl. S. 365). Der Nutzeffekt ist hier wesentlich geringer als in den früher erwähnten Versuchen vom Zuntzschen Laboratorium. Die Ursache dieser Differenz ist möglicherweise darin zu suchen, daß das Beibehalten des Gleichgewichtes auf dem Fahrrad in Atwaters Versuchen eine gewisse Muskelanstrengung erfordert hat, welche bei der Messung der geleisteten Arbeit nicht zutage getreten ist[2]).

Über den Stoffwechsel bei verschiedener Art von Muskelleistung muß ich noch folgende von Johansson[3]), teilweise im Verein mit Koraen ausgeführte Untersuchungen kurz erwähnen[4]).

---

[1]) U. S. Depart. of Agricult. Office of exp. Stat. Bull. No. 136, S. 190, 1903. — [2]) Über den Einfluß der Geschwindigkeit der Bewegung auf den Energieverbrauch bei der Muskelarbeit vgl. Zuntz, Arch. f. d. ges. Physiol. **95**, 192, 1903. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 273, 284, 1901; **13**, 229, 1902; **14**, 60, 1903. — [4]) Vgl. auch Speck, Physiologie des menschlichen Atmens, Leipzig 1892, S. 56, sowie Chauveau, Compt. rend. de l'Académie des sciences **121**, 26, 91, 1895.

Der zu diesen Versuchen benutzte Apparat gestattet allein für sich reine Hebungen und Senkungen eines Gewichtes mit den vorderen Extremitäten auszuführen, sowie auch dasselbe auf eine bestimmte Höhe zu tragen und endlich die Geschwindigkeit und Dauer der Bewegung innerhalb weiter Grenzen zu variieren. Mit demselben ist es also möglich, die verschiedenartigsten Muskelleistungen näher zu untersuchen. Bei diesen Versuchen konnte freilich nur die CO_2-Abgabe bestimmt werden. Da die Versuche aber alle im nüchternen Zustande ausgeführt wurden und die Ruhewerte außerordentlich konstant waren, sind die dabei beobachteten Variationen ganz sicher als ein zuverlässiger Ausdruck für die relativen Veränderungen des Stoffwechsels zu bezeichnen.

Bei reiner Hebung eines Gewichtes betrug die Mehrabgabe von CO_2 pro 1 kgm äußere Arbeit 0,0053 bis 0,0058 g; wenn die Leistung aber ermüdend war, stieg sie auf 0,0059 bis 0,0069 g an, was zum Teil wenigstens von der Schwierigkeit bedingt war, die Bewegungen dabei ruhig und ohne Beteiligung anderer Muskeln auszuführen. Die CO_2-Abgabe nahm während der Dauer der Kontraktion proportional zu, und zwar betrug die Zunahme für je 1 Sekunde längere Dauer der Bewegung pro Kilogramm Belastung 0,00042 bis 0,00050 g. Bei größerer Belastung und Hubhöhe, d. h. bei größerer Arbeitsleistung bei jeder Kontraktion stieg diese Zahl auf 0,00054 bis 0,00067 g.

Durch Elimination dieses Einflusses der Kontraktionsdauer findet man die CO_2-Abgabe, welche einer momentanen Ausführung der Arbeit von 1 kgm entspricht, gleich 0,0032 bis 0,0042 g.

Die Anfangsstellung der Arme, ob sie zu Beginn der Arbeit gestreckt oder schon etwas gebeugt sind, übt wenigstens innerhalb der ersten vier Fünftel des ganzen Bereiches der Bewegung nur einen sehr geringen Einfluß aus, vorausgesetzt, daß die Bewegung schnell genug ausgeführt wird. Bei langsamen Bewegungen macht sich dagegen der Einfluß des Verkürzungsgrades der Muskeln sehr merkbar.

Beim Tragen eines Gewichtes, statischer Arbeit, nimmt die CO_2-Abgabe bei gleicher Kontraktionsdauer der Belastung proportional zu, und zwar beträgt sie für das Beibehalten einer Kontraktion während 1 Sekunde bei 10 kg Belastung rund 0,001 g. Die Herstellung der Kontraktion beansprucht indes auch eine gewisse Arbeit, welche etwa 0,003 g CO_2 für 10 kg entspricht. Wenn man also die CO_2-Abgabe bei verschiedenen Versuchen mit derselben absoluten Dauer und mit derselben Gesamtdauer der Kontraktionen vergleicht, so findet man immer eine größere CO_2-Abgabe, je größer die Zahl der Kontraktionen und also je kürzer die Dauer der einzelnen Kontraktionen ist, wie z. B. in folgenden Versuchen von $^1/_2$ Stunde bei 20 kg Belastung:

Zahl der Kontraktionen	900	450	22,5
Dauer jeder Kontraktion	1″	2″	40″
CO_2-Abgabe	19,7 bis 18,7	16,3	13,5

Bei gleicher Belastung, aber verschiedener Dauer der Kontraktion nimmt die CO_2-Abgabe der letzteren proportional zu. Die vom Herstellen der Kontraktion usw. unabhängige CO_2-Abgabe pro 1″ ist von dem Verkürzungsgrade der betreffenden Muskeln abhängig, und zwar wird sie um so größer, je mehr die betreffenden Muskeln kontrahiert sind, wie z. B. bei einer Belastung von 20,4 kg [1]):

Entfernung der Hände vom distalen Ende des Apparates	CO_2-Abgabe für 1″ statische Kontraktion	
	Versuchsperson J g	Versuchsperson K g
49	0,0129	0,0115
40	0,0083	0,0099
30	0,0063	0,0053
20	0,0044	0,0050
10	0,0036	0,0053
0	0,0025	0,0017

[1]) Vgl. hierüber auch Bornstein u. Poher, Arch. f. d. ges. Physiol. **95**, 146, 1903.

Wenn die von den Muskeln zu leistende Arbeit darin besteht, ein (automatisch) gehobenes Gewicht allmählich zu senken, was der Kürze halber als negative Arbeit bezeichnet werden mag, so wächst auch hier die CO_2-Abgabe proportional der Zahl der Bewegungen und der Zeitdauer der Kontraktion. Für je 1 Sekunde längere Dauer der Bewegung nimmt die CO_2-Abgabe (bei 10 kg Belastung) um 0,0017 bis 0,0030 g zu. Ein Vergleich mit der CO_2-Abgabe bei statischer Arbeit ergibt, daß diese bei der negativen Arbeit nicht größer ist, als daß sie gut auf die stattfindende statische Arbeit bezogen werden kann, wie z. B. pro Sek. und 10 kg:

Nr.	Belastung kg	Höhe cm	CO_2 Negative Arbeit gefunden	CO_2 Statische Arbeit berechnet
1	20	50	0,0024	0,0028
2	20	50	0,0030	0,0031
3	30	50	0,0028	0,0028
4	20	40	0,0026	0,0023
5	30	40	0,0028	0,0023
6	20	20	0,0017	0,0016

Hieraus folgt, daß der willkürliche Nachlaß des Kontraktionszustandes keinen merkbaren Aufwand von Energie erfordert, daß also die sonst naheliegende Vorstellung, nach welcher die Abnahme der Verkürzung mit einem besonderen Prozeß verbunden ist, während gleichzeitig die mit der Erhaltung der Kontraktion im Zusammenhang stehenden Prozesse vor sich gehen, nicht richtig sein kann.

Folgende Tabelle enthält eine Übersicht über die Zunahme der CO_2-Abgabe für je 1 Sekunde länger dauernde Bewegung, bei positiver, negativer und statischer Muskelarbeit:

Hebung oder Senkung		CO_2 in 1 Sekunde bei 20 kg Belastung		
von	bis	Positive Arbeit	Negative Arbeit	Berechnet aus den Versuchen mit statischer Arbeit
oder umgekehrt				
0	10	0,0043	—	0,0028
0	20	0,0053	0,0034	0,0032
0	40	0,0092	0,0052	0,0046
0	50	0,0099	0,0049	0,0057
10	20	0,0068	—	0,0037
20	30	0,0068	—	0,0051
30	40	0,0088	—	0,0070
40	50	0,0121	—	0,0102

Die Muskeltätigkeit übt also auf den Stoffumsatz einen sehr großen Einfluß aus, und sogar sehr geringe Muskelbewegungen vermögen den Stoffwechsel in merkbarem Grade zu erhöhen. Sehr deutlich geht diese Tatsache unter anderem aus einigen Beobachtungen von Johansson[1]) hervor. Seine CO_2-Abgabe betrug, wenn er in liegender Stellung nüchtern vorsätzlich die größtmögliche Muskelruhe beobachtete, 21,4 g pro Stunde; lag er im Bette ruhig wie gewöhnlich, jedoch ohne diese vollständige Ruhe einzuhalten, war

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. 7, 172, 1897.

die CO_2-Abgabe 28,1 g — also eine Steigerung von 31,3 Proz. In einer späteren Versuchsreihe von ihm [1]) betrugen die Zahlen bei vorsätzlicher Muskelruhe 20,7 und bei gewöhnlicher Bettruhe 24,9, d. h. eine Differenz von 20,4 Proz. — Bei einer hysterischen Frau, die 7 Tage lang fast keine Nahrung genossen hatte, wurde am 7. Tage während $23^3/_4$ Stunden die CO_2-Abgabe in zweistündigen Perioden bestimmt. Dabei schlief die Patientin die ganze Zeit hindurch. Dessenungeachtet variierte ihre CO_2-Abgabe pro 2 Stunden zwischen 26,8 und 34,0 g, d. h. eine Differenz von 27,7 Proz. Die Variationen der CO_2-Abgabe verliefen ganz unabhängig von den Temperaturschwankungen in der Respirationskammer [2]).

Unter solchen Umständen ist es leicht einzusehen, wie der Stoffwechsel am Tage, auch wenn die Versuchsperson keine eigentliche Arbeit leistet, beträchtlich größer sein muß als während der Nacht. Auch finden wir in den Versuchen von Pettenkofer und Voit das Verhältnis zwischen der CO_2-Abgabe während der Nachthalfte und der Tageshälfte beim gesunden Menschen durchschnittlich wie 100 : 133 (Grenzwerte: 100 : 154; 100 : 107). Während der Nachthälfte schlief aber die Versuchsperson nicht die ganze Zeit, und der Unterschied zwischen dem wachen Zustande und dem Schlaf an sich muß daher noch größer sein. In einer Reihe von 11 Versuchen von Sondén und mir [3]) verhielt sich die CO_2-Abgabe im wachen Zustande und im Schlaf durchschnittlich wie 100 : 145. Die Grenzwerte waren 100 : 169 bzw. 100 : 132.

Als weitere Beispiele davon, wie die Muskelbewegungen und -Spannungen den Stoffwechsel beeinflussen, seien noch folgende Angaben über die im Laufe des Tages beim Hungerer J. A. stattgefundenen Variationen der CO_2-Abgabe

Zeit	CO_2-Abgabe für 2 Stunden				
	Letzter Eßtag		5. Hungertag		Hysterischer Schlaf
	g		g		g
8—10 V	—	—	—	—	31
10—12	73	10—1 Lesen	48	10—12 Ruhe	32
12— 2 N	86	Frühstück um 1 Uhr N	53	12—2 Schreiben	35
2— 4	71	1,30—5,30 Lesen, Spazieren	58	2—3 Lesen	30
4— 6	85	Mittagessen um 5,30 N	60	3—5 Ruhe, 5—6 Spazieren	31
6— 8	98	6—7,30 Ruhe, 7,30—9 Lesen	56	6—9 Lesen	34
8—10	78	Abendbrod um 10 Uhr N	61	9—10 Schreiben	33
10—12	86	—	45	Schlaf	33
12— 2 V	60	Schlaf	35	„	28
2— 4	60	„	36	„	27
4— 6	60	„	36	„	30
6— 8	92	—	63	—	33

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. 8, 108, 1898. — [2]) Nordiskt Medicinskt Ark. 30, Nr. 37, 1897. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. 6, 148, 1895.

hier mitgeteilt[1]). In der Tabelle auf nebenstehender Seite sind die Zahlen für den letzten Eßtag und den 5. Hungertag, sowie zum Vergleich Angaben über die CO_2-Abgabe bei der oben erwähnten jungen Frau, die sich während der ganzen Versuchsdauer in hysterischem Schlaf befand, eingetragen.

Während des Eßtages beträgt die Differenz zwischen dem Maximum und Minimum der CO_2-Abgabe im wachen Zustande 29 g, d. h. 40,9 Proz. des kleinsten Wertes. Die mittlere Abgabe im wachen Zustande beträgt 83 g; von diesem Mittel weichen die einzelnen Bestimmungen durchschnittlich um 8,9 Proz. ab. Die Grenzwerte sind aber 18,2 und 3,6 Proz.

Es ist selbstverständlich, daß diese Variationen zum Teil von den Mahlzeiten bedingt sind. Während des 5. Hungertages begegnen wir aber fast ebenso großen Variationen, welche hier nur von Variationen der Muskeltätigkeit bedingt sein können. Im wachen Zustande ist die Differenz zwischen Maximum und Minimum 15 g = 31,2 Proz. des kleinsten Wertes. Die mittlere CO_2-Abgabe ist hier 57 g; die bei den einzelnen Bestimmungen beobachteten Abweichungen von demselben betragen durchschnittlich 7,1 Proz., mit einem Maximum von 15,6. Bei der hysterischen Frau ist die Differenz zwischen Maximum und Minimum allerdings 8 g, also jedenfalls 29,6 Proz. des Minimums; die mittlere Abweichung der CO_2-Abgabe beträgt indes nur 5,7 Proz. des Mittels und ist also entschieden geringer als bei J. A. im wachen Zustande.

Bei der Untersuchung des Einflusses irgend welcher Variabeln auf den Stoffwechsel muß man daher immer, wenn dies nur möglich ist, den Stoffwechsel bei vorsätzlicher Muskelruhe und in nüchternem Zustande als Grundlage benutzen.

Sechstes Kapitel.

Der Stoffwechsel bei verschiedener Außentemperatur.

Die frühesten Arbeiten über den Einfluß verschiedener Außentemperatur auf den Gaswechsel, welche mit Crawford (1788), Lavoisier (1789) und Spallanzani (1793) begannen und von Delaroche, Treviranus, Letellier, Vierordt, Lehmann, Moleschott, Liebermeister, Senator u. a. fortgesetzt wurden[2]), ergaben, daß die Veränderungen der umgebenden Temperatur in wesentlich verschiedener Richtung auf die poikilothermen und homoiothermen Tiere einwirken. Während bei letzteren der Gaswechsel beim Sinken der Außentemperatur in der Regel anstieg und bei Zunahme derselben herabsank, war er bei den ersteren um so größer, je höher die Temperatur der Umgebung war.

In Ludwigs Laboratorium wurde dann von Sanders-Ezn[3]) nachgewiesen, daß auch beim Warmblüter eine Abnahme des Gaswechsels bei Abnahme der Außentemperatur stattfinden kann, wenn nämlich dabei die Eigentemperatur des Tieres abnimmt. Das gewöhnliche Verhalten ist also davon abhängig, daß das Tier seine Eigentemperatur einigermaßen konstant erhält.

---

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 74, 1897; vgl. auch ebenda **6**, 117, 1895. — [2]) Um Raum zu ersparen, verweise ich betreffs derselben auf die Zusammenstellungen von Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. **14**, 73, 1877; Voit, Zeitschr. f. Biol. **14**, 57, 1878; Voit, S. 211; Johansson, Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 123, 1897. — [3]) Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Kl., 1867, S. 58; vgl. Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. **12**, 283, 1879, welcher nachweist, daß bei gewissen Versuchen wenigstens eine Undichtigkeit die Resultate von Sanders-Ezn unsicher gemacht hat.

Die folgenden Arbeiten bezweckten nun, die unter verschiedenen Umständen bei Kaltblütern und Warmblütern unter dem Einflusse verschiedener Außentemperatur stattfindenden Veränderungen des Stoffwechsels bestimmt festzustellen.

Betreffend das Verhalten der Kaltblüter läßt eine Untersuchung von H. Schulz[1]) die direkte Proportionalität zwischen der Körpertemperatur und der Größe des Stoffwechsels aufs deutlichste hervortreten:

Temperatur des Tieres	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde g
1,0— 1,6	0,0084—0,0147
6,4	0,0672
14,5—15,4	0,0694—0,0846
25,0—25,3	0,1499—0,1706
32,5—33,5	0,5495—0,6696
34,0	0,6392

Beim nicht arbeitenden Menschen beträgt die CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde durchschnittlich 0,5 g. Bei einer Temperatur von 32° C ist also der Stoffwechsel des Frosches etwa ebenso groß als der des Menschen.

Ganz dasselbe Verhalten findet auch, wie die Versuche von Zuntz und Röhrig[2]), sowie von Pflüger[3]) ergaben, am curaresierten Warmblüter statt. Aus den Versuchen des letzteren ergibt sich:

Temperatur im Rectum	O-Verbrauch pro Kilogramm und Stunde ccm	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde ccm
33,0	298,8	—
32,4	—	310,3
39,0	436,2	356,9
41,0	523,8	520,1

Bei einer Steigerung der Körpertemperatur von 39° auf 41° C nimmt also, für 1° C berechnet, der O-Verbrauch um 10 Proz. und die CO_2-Abgabe um 22,9 Proz. zu; bei einer Abnahme der Körpertemperatur von 39° auf 33° nimmt der O-Verbrauch, für 1° C berechnet, um 5,2 Proz., die CO_2-Abgabe um 1,9 Proz. ab.

Auch folgende Versuche an curaresierten Kaninchen von Velten[4]) sind in dieser Hinsicht sehr demonstrativ:

Nr.	Temperatur im Rectum	O-Verbrauch für Kilogramm und Stunde ccm	CO_2-Abgabe für Kilogramm und Stunde ccm	Prozentige Veränderung pro 1° C	
				der O-Aufnahme	der CO_2-Abgabe
1	38,3	581	571		
2	37,4	557	541	— 4,5	— 5,8
3	31,4	386	383	— 5,1	— 4,8
4	26,2	219	202	— 8,3	— 9,1
5	23,1	181	178	— 5,5	— 3,7
6	30,4	211	196	+ 2,2	+ 1,4
7	36,4	455	437	+ 19,5	+ 20,8

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **14**, 78, 1877. — [2]) Ebenda **4**, 57, 1871. — [3]) Ebenda **12**, 333, 1876; **18**, 305, 1878. — [4]) Ebenda **21**, 361, 1880.

Dasselbe Verhalten tritt ferner zum Vorschein, wenn infolge einer hohen Durchschneidung des Rückenmarkes die Muskeln dem Einfluß der höheren Nervenzentren entzogen sind:

Temperatur im Rectum	O-Verbrauch pro Kilogramm und Stunde ccm	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde ccm
38,7	422,7	399,7
41,3	489,3	486,4

Pro 1° C Zunahme der Körpertemperatur nimmt hier der O-Verbrauch um 6,1, die CO_2-Abgabe um 8,3 Proz. zu.

Endlich wies Pflüger nach, daß auch bei unversehrten Säugetieren eine Steigerung der Körpertemperatur tatsächlich den respiratorischen Stoffwechsel in die Höhe treibt:

Temperatur im Rectum	O-Verbrauch pro Kilogramm und Stunde ccm	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde ccm
38,6	676,9	641,3
40,6	754,8	728,2

Die Zunahme des O-Verbrauches, berechnet für eine Steigerung um 1° C der Körpertemperatur, ist hier 5,7, die der CO_2-Abgabe 6,8 Proz., also etwas geringer als bei Tieren mit hoch durchschnittenem Rückenmark.

Solange die Körpertemperatur des Tieres aber im großen und ganzen unverändert bleibt, verhält sich der Stoffwechsel ganz anders: er steigt bei sinkender und sinkt bei steigender Außentemperatur (Zuntz und Röhrig[1]), Colasanti[2]), Finkler[3]) und Pflüger[4]). Besonders instruktiv sind in dieser Hinsicht die von dem letzteren mitgeteilten Versuche, bei welchen das Tier in Perioden von je etwa 20 Minuten Dauer in einem Bade abgekühlt oder erwärmt wurde. In folgender Tabelle sind zwei dieser Versuche aufgenommen.

Versuch	Nr.	O-Verbrauch pro Kilogramm und Stunde ccm	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde ccm	Temperatur im Rectum
XXIII.	1	829	859	39,2
	2	794	691	39,2
	3	738		von 39,2 auf 38,3
	4	763	704	„ 38,3 „ 37,8
	5	839		„ 37,8 „ 37,3
	6	888	778	„ 37,3 „ 37,6
	7	859		„ 37,6 „ 28,6
	8	608	577	„ 28,6 „ 24,0
	9	457	512	„ 24,0 „ 20,0

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **4**, 57, 1871. — [2]) Ebenda **14**, 92, 1877. — [3]) Ebenda **15**, 603, 1877. — [4]) Ebenda **18**, 324, 1878.

Versuch	Nr.	O-Verbrauch pro Kilogramm und Stunde ccm	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde ccm	Temperatur im Rectum
XXIV.	1	798	704	von 37,8 auf 38,8
	2	771	634	38,8
	3	884	882	„ 38,8 „ 25,6
	4	588	519	„ 25,6 „ 21,4
	5	486	539	21,4
	6	648	542	„ 21,4 „ 26,5
	7	820	756	„ 26,5 „ 32,6
	8	707	715	„ 32,6 „ 35,6
	9	667	617	„ 35,6 „ 36,8

Wenn eine Abnahme der Körpertemperatur wegen der Abkühlung droht, stellt sich eine beträchtliche Zunahme des Gaswechsels ein (Versuch XXIII, Nr. 4 bis 7; Versuch XXIV, Nr. 2 bis 3). Dieser schlägt seinem Zeichen nach in das Umgekehrte um, wenn die Körpertemperatur eine entschiedene Abnahme erleidet (Versuch XXIII, Nr. 8 bis 9; Versuch XXIV, Nr. 4 bis 6). Wenn das Bad wieder erwärmt wird und die Körpertemperatur sich aufs neue der normalen nähert, so steigt der Gaswechsel bei einer verhältnismäßig niederen Außentemperatur sehr bedeutend (Versuch XXIV, Nr. 7 bis 8), um dann bei einer etwas höheren Außentemperatur wieder herabzusinken.

Durch diese Versuche war es endgültig festgestellt, daß der Stoffwechsel beim warmblütigen Tiere unter dem Einflusse der Abkühlung zunimmt: es kämpft der Körper durch eine vermehrte Wärmebildung gegen den durch die niedrige Außentemperatur hervorgerufenen großen Wärmeverlust. Hier liegt also der prinzipielle Unterschied zwischen Kaltblütern und Warmblütern vor.

Auf der anderen Seite ruft aber die Erhöhung der Körpertemperatur auch beim ganz normalen warmblütigen Tiere eine Erhöhung des Stoffwechsels hervor; also nimmt die Energie der Oxydationsprozesse auch bei diesen Tieren, unabhängig von dem regulatorischen Einfluß des Nervensystems, mit der Temperatur der Organe zu. Dies stellt wiederum eine fundamentale Übereinstimmung in den Grundeigenschaften der lebendigen Gewebe bei allen, sowohl den poikilothermen als den homoiothermen Tieren dar. Die von der Abkühlung bewirkte Zunahme des Stoffwechsels, welche für den Warmblüter so charakteristisch ist, ist daher als etwas später Erworbenes, als etwas, was sich im Interesse des Beibehaltens einer konstanten Eigentemperatur allmählich entwickelt hat, aufzufassen (Pflüger).

Unter den übrigen Untersuchungen, welche die gleiche Abhängigkeit des Stoffwechsels der Warmblüter von der Außentemperatur erweisen, sind noch folgende zu erwähnen.

Herzog Karl Theodor in Bayern[1]) fütterte vom 14. Dezember bis zum 14. Juni eine Katze mit einem und demselben Futter und machte dabei von Zeit zu Zeit in sechsstündigen Perioden Bestimmungen der CO_2-Abgabe. Die Außentemperatur schwankte während dieser Zeit zwischen — 5,5 und + 30,8° C. Wenn man von einer Außentemperatur von 16° C als normaler ausgeht, stieg die CO_2-Abgabe bei niedriger Temperatur an und nahm bei höherer Temperatur ab.

[1]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 79, 1878.

Außerdem nahm das Körpergewicht der Katze während der wärmeren Monate bei einer Kost zu, welche während der kalten Jahreszeit kaum genügte, um dasselbe konstant zu erhalten.

Mit einer wie großen Genauigkeit diese von der Außentemperatur abhängigen Veränderungen des Stoffwechsels erfolgen, geht aus zahlreichen Versuchen von Rubner[1]), aus welchen folgende Beispiele hier mitgeteilt werden, hervor:

A. Versuche am hungernden Hunde:

I.		II.		III.	
Außentemperatur	Kalorien pro Kilogramm und Stunde	Außentemperatur	Kalorien pro Kilogramm und Stunde	Außentemperatur	Kalorien pro Kilogramm und Stunde
13,8	78,7	11,8	40,6	13,4	39,7
14,9	74,7	12,9	39,1	19,5	35,1
17,4	69,8	15,9	36,0	27,4	30,8
18,0	67,1	17,5	35,2	—	—

B. Versuche am hungernden Meerschweinchen:

I. Junges Tier			II. Erwachsenes Tier		
Außentemperatur	Temperatur des Tieres	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde g	Außentemperatur	Temperatur des Tieres	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde g
0	38,7	4,500	0	37,0	2,905
10	38,6	3,433	11	37,2	2,151
20	38,6	2,283	21	37,4	1,766
30	38,7	1,778	26	37,0	1,540
35	39,2	2,266	30	37,7	1,317
			35	38,2	1,273
			40	39,5	1,454

C. Versuche am gefütterten Meerschweinchen:

I. Junges Tier			II. Erwachsenes Tier		
Außentemperatur	Temperatur des Tieres	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde g	Außentemperatur	Temperatur des Tieres	CO_2-Abgabe pro Kilogramm und Stunde g
0	38,5	4,94	0	37,9	2,987
10	38,4	3,64	10	37,7	2,219
22	38,6	2,72	20	37,9	1,779
30	38,7	2,78	25	39,0	1,650
			30	39,0	1,430

[1]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. München 1885, S. 458; Biologische Gesetze, Marburg 1887; Die Gesetze des Energieverbrauches, 1902, S. 100 ff., 118, 135, 153 ff., 166.

Ein Vergleich der Versuche am gefütterten und hungernden Meerschweinchen läßt erkennen, daß bei niedriger Temperatur der Stoffwechsel bei beiden etwa gleichgroß, aber bei höherer Temperatur beim gefütterten Tiere größer als beim hungernden ist.

Diese Tatsache wird durch folgende Versuche von Rubner an einem Hunde von 3,5 bis 4,5 kg Körpergewicht bei Hunger und bei Fleischzufuhr bestätigt:

Außentemperatur	Kalorien pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht bei			
	Hunger	100 g Fleisch = 24 Kal. pro Kilogramm	200 g Fleisch = 48 Kal. pro Kilogramm	320 g Fleisch = 81 Kal. pro Kilogramm
7	86,4	—	77,7	87,9
15	63,0	—	—	86,6
20	55,9	55,9	57,9	76,3
25	54,2	55,5	64,9	—
30	56,2	55,6	63,4	83,0

Bei genügend großer Fleischzufuhr ist also der Umsatz von der Außentemperatur fast unabhängig (Versuch bei 320 g Fleisch), während bei einer geringeren Zufuhr, die sogar bei hoher Außentemperatur ungenügend ist, die Einwirkung der Temperatur sich in ihrem vollen Umfange geltend macht. Es läßt sich daher schließen, daß der Stoffwechsel bei Zufuhr von Eiweiß von einer gewissen Grenze an sowohl bei hoher als bei niedriger Temperatur ansteigt; ist die dadurch erzielte Wärmebildung genügend, um auch bei tiefer Temperatur den Bedarf des Körpers zu decken, so ruft die letztere an und für sich keine weitere Steigerung hervor. Wenn dies nicht der Fall ist, so treibt die Abnahme der Temperatur wie sonst den Stoffwechsel in die Höhe.

Als weiteres Beispiel sei noch folgender Versuch von Rubner mitgeteilt:

Außentemperatur	Kalorien pro Stunde und Kilogramm		Außentemperatur	Kal. pro Stunde und Kilogramm
	Hunger	275 g Fleisch = 86,9 Kal. pro Kilogramm		550 g Fleisch = 173,8 Kal. pro Kilogramm
5,3	121,3	121,9	4,2	135,5
15,0	98,7	96,1	14,5	110,9
21,0	70,7	83,7	21,9	101,0
30,6	61,9	81,7	30,8	117,2

Über den Einfluß der Fettzufuhr bei verschiedener Temperatur teilt Rubner folgenden Versuch mit:

Nr.	Außentemperatur	Kalorien pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht	
		Hunger	98 g Speck = 171,3 Kal. pro Kilogramm
1	2,8	(152,1[1])	155,5
2	7,3	119,6	—
3	15 5	83,1	93,4
4	31,0	62,9	79,9

[1]) Von Rubner berechnet.

Sowohl bei normaler als bei höherer oder niederer Temperatur bewirkt die Zufuhr einer sehr großen Fettmenge nur eine mäßige Zunahme des Stoffwechsels.

Aus den oben angeführten Versuchen an curaresierten Tieren geht mit großer Wahrscheinlichkeit hervor, daß die bei niederer Temperatur stattfindende Zunahme des Stoffwechsels, welche von Rubner als chemische Wärmeregulation bezeichnet wird, zum größten Teil wenigstens, in den Muskeln stattfindet. Die noch zu beantwortende Frage ist aber die, ob hierbei äußerlich merkbare, grobsinnliche Muskelbewegungen auftreten oder nicht.

Bei kleinen Tieren, wie Mäusen, werden die Körperbewegungen sehr lebhaft, sobald die Außentemperatur herabsinkt (Pembrey [1]). Wenn dieselbe von 18 bis 10° C abnimmt, so werden die Tiere sehr tätig; sie waschen sich oder versuchen aus der Kammer zu entfliehen. Damit hängt auch die außerordentlich kurze Zeit zusammen, innerhalb welcher eine deutliche Zunahme der CO_2-Abgabe bei diesen Tieren zum Vorschein kommt, wie z. B. in folgenden Beobachtungen von Pembrey:

Veränderung der Außentemperatur	Innerhalb Minuten	Wächst die CO_2-Abgabe um Proz.
32,5 auf 11° C	30	211
30,0 auf 10,5° C	10	118
30,0 auf 13,8° C	5	75
30,0 auf 18,0° C	2	74
33,3 auf 17,5° C	1	60

Langsamer verlief die umgekehrte Reaktion:

Veränderung der Außentemperatur	Innerhalb Minuten	Nimmt die CO_2-Abgabe um Proz. ab
11 auf 32,5° C	30	46
9,8 auf 29° C	10	28
12,8 auf 30° C	5	14
18 auf 34,5° C	2	18
17 auf 32° C	1	5

Nach Rubner kommen beim Meerschweinchen wie beim Hunde keine Bewegungen vor, welche von der Wärme oder Kälte eingeleitet worden wären; indes bemerkt Rubner, daß er an der unteren wie an der oberen Temperaturgrenze gelegentlich Unruhe beobachtet hat [2]). Auf Grund dessen ist er der Ansicht, daß die chemische Wärmeregulation nicht von sichtbaren Bewegungen herrührt. Auf der anderen Seite bringt aber Richet [3]) die gesteigerte Wärmebildung bei niedriger Außentemperatur gerade mit einem von ihm beobachteten Kälteschauer in Zusammenhang.

[1]) Journ. of Physiol. **15**, 401, 1894. — [2]) Vgl. Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 135, 139, 214. — [3]) Archives de physiologie 1893, p. 312.

Meines Erachtens ist es sehr schwer, vielleicht unmöglich, an Tieren die Frage nach dem Vorhandensein wirklicher Muskelbewegungen bei der Wärmeregulation bestimmt zu beantworten, denn auch in dem Falle, daß ein Zittern oder Frösteln von einem aufmerksamen Beobachter wahrgenommen werden kann, so wird doch das Vorhandensein etwaiger Muskelspannungen und dergleichen wohl kaum festgestellt werden können, und dennoch wird durch solche Bewegungen der Stoffwechsel, wie aus den oben S. 457 angeführten Beispielen hervorgeht, in einem sehr erheblichen Grade gesteigert. In den oben S. 463 angeführten Versuchen von Rubner am hungernden Hunde beträgt die Differenz zwischen Maximum und Minimum bzw. 17,3, 15,3 und 28,9 Proz. des Minimums; diese Steigerung kann also trotz anscheinend vollständiger körperlicher Ruhe infolge von Muskelbewegungen stattgefunden haben. Bei den Hungerversuchen S. 464 ist dagegen diese Differenz beträchtlich größer und dürfte daher, wie die ähnlichen, in anderen Versuchen von Rubner beobachteten Differenzen kaum aus dem hier hervorgehobenen Gesichtspunkte erklärt werden können.

Jedenfalls ist es, um zu einer bestimmten Entscheidung zu gelangen, notwendig, Versuche am Menschen anzustellen, um solcher Art ganz bestimmte Angaben über die möglicherweise stattfindenden Muskelbewegungen zu erhalten.

Bei einem nüchternen erwachsenen Manne, welcher sich während der Versuche in sitzender Stellung befand und sich so ruhig wie möglich hielt, fand Voit[1]) in sechsstündigen Versuchen, daß die CO_2-Abgabe sowohl bei Zunahme als bei Abnahme der Außentemperatur, von der gewöhnlichen Zimmertemperatur gerechnet, erhöht wurde. Als die Außentemperatur von 16,2° auf 4,4° herabsank, betrug die Zunahme der CO_2 53 g, d. h. pro 1° C 4,5 g, während die Steigerung bei Zunahme der Außentemperatur von 16,2 auf 30° C nur 13 g CO_2, d. h. pro 1° C 0,9 g betrug.

Die näheren Details dieser Versuche sind folgende:

Temperatur	CO_2-Abgabe pro 6 Stunden g	Temperatur	CO_2-Abgabe pro 6 Stunden g
4,4	211	23,7	165
6,5	206	24,2	167
9,0	192	26,7	160
14,3	155	30,0	171
16,2	158		

Beim Menschen begegnen wir also ganz demselben Verhalten wie beim Hunde. Voit gibt aber an, daß sich seine Versuchsperson zwar so ruhig als nur möglich verhielt, aber am Ende der ersten Kälteversuche stark fror und vor Frost zitterte. Übrigens beträgt die Differenz zwischen Maximum und Minimum nur 36 Proz. des Minimums und dürfte zum größten Teil aus den kleinen Muskelbewegungen erklärt werden können.

Unter Anwendung der Respirationsmaske machte Loewy[2]) an mehreren Individuen Versuche in derselben Richtung. Jeder Versuch dauerte durchschnittlich

[1]) Zeitschr. f. Biol. 14, 79, 1877. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. 46, 189, 1890.

$2^1/_2$ bis 3 Stunden; während dieser Zeit brachten die Versuchspersonen $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Stunde in der Wärme und ebensolange in der Kälte zu. Sie waren nüchtern oder hatten 3 bis 4 Stunden vor dem Versuche ein leichtes Frühstück genossen. In 20 Fällen blieb der O-Verbrauch bei Kältewirkung unverändert, in 9 Fällen nahm er ab und in 26 Fällen zu[1]). Beim völlig ruhenden Menschen ruft also eine Abkühlung lange nicht immer eine Zunahme des Stoffwechsels hervor. Trotzdem bestand in allen diesen Fällen ein mehr oder minder starkes Kältegefühl, und in der Mehrzahl der Fälle sank die Eigentemperatur des Körpers.

Unter den 26 Versuchen, wo der Stoffwechsel bei der Kälte zunahm, betrug die Steigerung in je einem Falle 90,8, 53,1, 34,0, 33,3 Proz.; bei den übrigen war sie kleiner. Unter diesen 26 Versuchen finden sich 13, wo Muskelzittern oder Muskelspannungen deutlich zum Ausdruck kamen; gerade in denselben hat die Zunahme des Stoffwechsels ihre höchsten Werte erreicht. Auch wenn bei den anderen 13 Versuchen keine Muskelspannungen usw. von den Versuchspersonen angegeben wurden, so schließt dies selbstverständlich ihr Vorhandensein nicht aus, und in dieser Hinsicht ist es höchst bemerkenswert, daß in allen Fällen, wo von intelligenten und mit ihren Körperfunktionen vertrauten Individuen völlige Muskelschlaffheit angegeben wurde, nie eine Zunahme des O-Verbrauches zu konstatieren war.

Selbstversuche von Johansson[2]) tun dasselbe dar. Hier wurde die CO_2-Abgabe in nüchternem Zustande und bei vorsätzlicher Muskelruhe zuerst, wenn die Versuchsperson wohl bedeckt in warmem Bette lag, dann, wenn sie bei verschiedener Außentemperatur nackt auf einem Stuhle saß, und endlich wenn sie wieder in warmem Bette lag, bestimmt. In folgender Tabelle ist das Mittel der CO_2-Abgabe während der beiden Wärmeperioden mit der während der Kälteperiode zusammengestellt. (Die CO_2-Abgabe während der ersten Viertelstunde der Kälteperiode und der ersten der Nachperiode wurde für sich bestimmt und ist hier ausgeschlossen, weil hierbei ja besondere Muskelbewegungen gemacht wurden.)

Temperatur in der Respirationskammer	CO_2 pro Stunde Wärme g	CO_2 pro Stunde Kälte g
13,7	23,6	20,4
14,6	23,9	23,8
15,3	22,9	20,4
18,8	23,3	22,1
19,8	23,8	23,6
20,6	23,3	24,9
20,7	22,5	25,7
21,5	22,4	22,8
Mittel	23,2	23,0

Aus den Zahlen des letzten Stabes läßt sich kein Beweis für eine von Muskelbewegungen unabhängige Zunahme der CO_2-Abgabe bei verschiedener Außentemperatur herausfinden, denn dieselben zeigen gar keine direkte Abhängigkeit von dieser, und die Mittel der beiden Reihen stimmen vollständig überein. Wie bei Loewy nahm auch bei Johansson die Körpertemperatur während der Kälteperioden ab.

Im großen und ganzen geht dieselbe relative Unabhängigkeit der CO_2-Abgabe beim wirklich ruhenden Menschen endlich aus mehreren von Rubner und

[1]) Alle Werte, die nur um 5 Proz. vom Mittelwert in der Wärme abweichen, werden von Loewy als unverändert betrachtet. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. 7, 123, 1897. — Vgl. Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 216, sowie Johansson, Skand. Arch. f. Physiol. 16, 88, 1904.

Lewaschew[1]) ausgeführten Versuchsreihen hervor. Jeder Versuch dauerte 4 bis 6 Stunden, und die Versuchsperson hatte 2 bis 3 Stunden vorher ein leichtes Frühstück genossen. Von diesen Versuchen seien die folgenden hier mitgeteilt:

Versuch	Außentemperatur	CO_2-Abgabe pro Stunde g	Versuch	Außentemperatur	CO_2-Abgabe pro Stunde g
I	14,1	38,9	III	15	34,0
Sommer-	17,4	32,1	Feuchte Luft	20	28,3
kleidung	23,5	30,5		23	28,6
				27	31,4
II	15	32,3	IV	2	29,8
Trockene	20	30,0	Sommer-	10—15	25,1
Luft	23	27,9	kleidung	15—20	24,1
	25	31,7		20—25	25,0
	29	32,4		25—30	25,3
				30—35	23,7
				35—40	21,2

Versuch	Außentemperatur	CO_2-Abgabe pro Stunde g
V	12,8	27,9 } Zittern
Sommer-	12,4	31,2 }
kleidung	13,9	26,2 } Am Schluß Zittern
	15,3	24,2 }
	24,9	23,9
	25,8	22,9
	27,3—27,7	24,9; 27,3; 24,3. Zuweilen Schweiß
	30,0	23,7 bis 28,2. Fast konstant Schweiß

Aus allen diesen Versuchen scheint mir unzweideutig hervorzugehen, daß die im Dienste der Wärmeregulation stattfindende Zunahme des Stoffwechsels vor allem durch kleinere oder größere Muskelbewegungen hervorgebracht wird. Auch Rubner gibt zu, daß eine energische Beeinflussung durch den Willen für kurze Zeiten die Muskeln ähnlich lähmen kann, wie dies durch Curare in nachhaltiger Weise geschieht. Gerade darin findet er einen neuen Beweis dafür, daß auch beim Menschen die Muskeln die Wärmeregulation mitbesorgen können. Doch betont Rubner, daß er bei länger dauernden Kälteversuchen am Menschen niemals hochgradige Steigerungen gesehen hat: Vielfach fehlte trotz Zitterns überhaupt jeder Zuwachs der CO_2-Abgabe[2]). Letzteres ist wohl wesentlich durch die Länge der von Rubner gewählten Versuchsperioden bedingt.

Diese Beteiligung der Muskelbewegungen bei der Zunahme des Stoffwechsels infolge einer niedrigen Außentemperatur kann doch unter Umständen

[1]) Rubner u. Lewaschew, Arch. f. Hygiene **29**, 33, 1897; Rubner, Ebenda **38**, 123 f., 1900. Vgl. auch Schattenfroh, Ebenda **38**, 93, 1900. — [2]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 220 f.

in wesentlichem Grade ausgeschlossen werden, nämlich wenn die genossene Kost, wie in den oben (S. 464) angeführten Versuchen, auch bei einer höheren Außentemperatur eine entsprechende Steigerung des Stoffwechsels hervorruft. In seiner ersten Mitteilung wollte Rubner den Sitz dieses vermehrten Stoffwechsels in den „Drüsenapparat" verlegen. Später [1]) spricht er sich weniger bestimmt aus und gibt zu, daß sich die betreffende Mehrzersetzung auch auf andere Organe als die Drüsen erstrecken könnte. Die betreffende Mehrzersetzung ist aber, wie aus dem hier Ausgeführten hervorgeht, von der Außentemperatur ganz unabhängig.

Siebentes Kapitel.

Der Stoffwechsel bei verschiedener Körpergröße und verschiedenem Lebensalter.

Es ist selbstverständlich, daß der Stoffwechsel bei verschiedenen Tieren unter sonst gleichen Umständen um so größer sein muß, je größer das Tier ist, denn bei einem größeren Tiere ist ja auch die Organmasse, von welcher der Stoffwechsel in erster Linie abhängt, größer.

Auf die Einheit des Körpergewichtes berechnet ist aber der Stoffwechsel bei großen Tieren geringer als bei kleinen.

Am deutlichsten läßt sich dieser Satz durch Versuche an hungernden Tieren beweisen, wo der mächtige Einfluß der Nahrungsaufnahme auf den Stoffwechsel ausgeschlossen ist. Wir finden dann in dieser Hinsicht folgendes [2]) (siehe Tabelle auf Seite 470).

In ihrer vollsten Deutlichkeit geht die betreffende Tatsache aus Rubners langer Versuchsreihe an Hunden (Nr. 2 bis 8) hervor. Daß bei verschiedenen Tierarten einige Variationen vorkommen müssen, ist leicht einzusehen, denn die Art und Weise, wie verschiedene Tiere beim Hunger reagieren, wird doch einige Verschiedenheiten darbieten, und vor allem wird die Dicke des Pelzes in dieser Hinsicht eine wesentliche Rolle spielen müssen.

Die Ursache dieser Erscheinung suchte C. Bergmann (1847 [3]) in folgender Weise zu erklären. Je kleiner ein Tier ist, um so größer ist seine Körperoberfläche im Verhältnis zum Volumen und Gewicht des Körpers. Angenommen, wir haben zwei Kugeln, die eine von 2, die andere von 4 cm Durchmesser, so ist die Oberfläche der ersten 12,56, die der zweiten 50,24 qcm; ihre Volumina sind bzw. 4,18 und 33,49 ccm. Die Oberfläche der kleinen Kugel ist also viermal kleiner als die der großen, ihr Volumen aber achtmal kleiner: pro 1 ccm kommt bei der kleinen Kugel 3 qcm, bei der großen nur 1,5 qcm.

Nun wissen wir, daß der Tierkörper den größten Teil — etwa vier Fünftel — seines gesamten Wärmeverlustes durch die Haut erleidet. Der Wärmeverlust des Körpers wird also, unter sonst gleichen Umständen, vor allem durch die

---

[1]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches, S. 125. — [2]) Vgl. auch die Zusammenstellung von E. Voit, Zeitschr. f. Biol. **41**, 113, 1901. — [3]) C. Bergmann, Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Tiere zu ihrer Größe. Abgedruckt aus den Göttinger Studien 1847.

Nr.	Tierart	Hungertag	Körpergewicht kg	Pro Tag und Kilogramm Körpergewicht: N-Abgabe g	Fett, zersetzt g	Energieumsatz Kal.	Pro 1 qm Körperoberfläche Kal.	Autor
1	Mensch	3—5	64,0	0,20	2,81	31,2	995	[1])
2	Hund	6, 10	30,4	0,18	3,18	34,8	984	Rubner[2])
3	Hund	1—3	23,7	0,26	3,51	40,2	1082	
4	Hund	4, 8, 9	19,2	0,17	4,24	44,6	1141	
5	Hund	1, 3	17,7	0,31	3,94	45,3	1047	
6	Hund	2, 3	11,0	0,15	5,74	57,3	1191	
7	Hund	1, 2, 5	6,5	0,35	5,51	61,2	1073	
8	Hund	1, 3, 5	3,1	0,59	7,46	85,8	1099	
9	Kaninchen	4, 5	2,6	0,57	4,00	52,3	556	Rubner[3])
10	Kaninchen	3—8	2,1	0,49	4,78	57,8	573	
11	Meerschweinchen	3—5	0,552	0,64	13,68	144,8	1341	Rubner[4])
12	Maus	3	0,117	—	—	227,3	1219	Pembrey u. Spriggs[5])

Größe der Körperoberfläche bedingt sein. Damit aber die Körpertemperatur auf ihrer normalen Höhe erhalten wird, muß die Wärmebildung, d. h. der Stoffwechsel, dem Wärmeverlust gleich sein, also sich etwa proportional der Körperoberfläche verhalten. Wenn daher ein großes und ein kleines warmblütiges Tier, welche alle beide sich in bezug auf die Dichte ihrer Haare nicht viel unterscheiden, bei derselben Außentemperatur dieselbe Körpertemperatur haben sollen, muß das kleine Tier im Verhältnis zu seinem Körpergewicht mehr Wärme als das große Tier bilden, der pro Körperkilo berechnete Stoffwechsel muß bei jenem größer als bei diesem sein.

Eine direkte Konsequenz dieser Auffassung ist die, daß der Stoffwechsel bei verschieden großen Tieren, auf die Einheit der Körperoberfläche bezogen, gleich groß sein muß. Daß dies der Fall ist, wurde zuerst von Rubner nachgewiesen, indem er bei den in der nebenstehenden Tabelle unter 2 bis 8 aufgenommenen Hunden auch die Körperober-

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. **7**, 55, 1896. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **19**, 535, 1883; 1 g N = 25,25 Kal., 1 g Fett = 9,50 Kal. — [3]) Ebenda **17**, 238, 1881; 1 g N = 25,25 Kal., 1 g Fett = 9,50 Kal. — [4]) Rubner, Biol. Gesetze, 1887, S. 15. — [5]) Journ. of Physiol. **31**, 337, 1904; vgl. auch Richet, Arch. de physiol. 1890, p. 23; Slowtzoff, Arch. f. d. ges. Physiol. **95**, 170 f., 1903.

fläche maß und den Stoffwechsel pro Quadratmeter berechnete. Es zeigte sich, daß bei allen diesen Tieren der Kraftwechsel pro Quadratmeter Körperoberfläche im großen und ganzen derselben Größe ist. Als Mittelwert erhalten wir 1088 Kal.; die größten Differenzen sind — 104 bzw. + 103 Kal. und betragen daher nicht ganz 10 Proz. des Mittels.

Die Ursache des vorliegenden Sachverhaltes liegt indessen nicht allein in den Bedingungen der Wärmeregulation, denn auch bei einer so hohen Außentemperatur, daß der Wärmeverlust nunmehr ganz unbedeutend ist, findet derselbe Unterschied zwischen großen und kleinen Tieren statt, wie z. B. in folgenden Versuchen am Meerschweinchen bei 30° C (Rubner[1]):

Hungernde Tiere			Gefütterte Tiere		
Körpergewicht kg	CO_2 pro Kilogramm und Stunde g	CO_2 pro Quadratmeter und Stunde g	Körpergewicht kg	CO_2 pro Kilogramm und Stunde g	CO_2 pro Quadratmeter und Stunde g
0,617	1,289	12,35	0,670	1,430	14,10
0,568	1,129	10,53	0,520	1,788	16,19
0,223	1,778	12,14	0,360	2,210	17,69
0,206	1,961	13,16	0,221	2,787	18,94

Sogar bei Kaltblütern, wo keine Wärmeregulation stattfindet, begegnen wir derselben Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Körpergröße (Jolyet und Regnard[2]), Knauthe[3]).

v. Hoesslin[4]) hat diese Frage sehr eingehend erörtert und ist nach vielerlei Erwägungen zur folgenden Auffassung gekommen. Wenn für ein Tier die für möglichst große Arbeitsleistung im Kampfe ums Dasein geeignetste Größe einmal gegeben ist, so kann für ein anderes Tier von ähnlicher Lebensweise der Umsatz nicht ohne direkten Schaden für das Tier in einem stärkeren Verhältnis als die dritte Wurzel aus dem Quadrate seines Körpergewichtes *(K)*, d. h. proportional seiner Körperoberfläche wachsen. Ein Sinken des Umsatzes unter dieses Verhältnis würde von einem Sinken der Gesamtarbeitsleistung (sowohl der animalen als der vegetativen Organe) und damit ebenfalls von einer Schädigung des Tieres im Kampfe ums Dasein notwendig begleitet sein. Wenn bei verschieden großen Tieren die maximale Arbeitsfähigkeit erreicht werden soll, muß also bei diesen Tieren der Umsatz sich verhalten wie $K^{2/3}$, nur dann kann sowohl die maximale Arbeitsfähigkeit erreicht, wie die anatomische Ähnlichkeit im Bau bewahrt werden.

Auch Rubner[5]) scheint sich einer derartigen Auffassung zu nähern; bei der Besprechung der soeben mitgeteilten Erfahrungen weist er nämlich darauf hin, daß die abkühlenden Verhältnisse bei großen und kleinen Tieren in analoger Weise die Wärmebildung anfachen müssen, also in eben der Oberfläche entsprechender Weise allmählich entlasten, und daß ein Teil der Arbeit unter keinerlei Lebensbedingungen unter eine bestimmte Grenze fallen kann, da Atmung, Kreislauf usw. bestimmte Ansprüche stellen, welche sofort wieder auf die frühere Höhe sich einstellen müssen, wenn die Temperaturverhältnisse sinken.

Ein Kind, welches pro Kilogramm Körpergewicht mit 90 Kal. als Wärmeproduktion ins Leben tritt, würde in die Haut eines Erwachsenen, die ja nur für

---

[1]) Rubner, Biol. Ges., S. 18, 25. — [2]) Arch. de physiol. 1877, p. 584. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **73**, 490, 1898. — [4]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1888, S. 339. — [5]) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches 1902, S. 175.

weit kleinere Wärmemengen normale Verhältnisse der Wärmeabfuhr zeigt, nicht hineinpassen.

Bei aufgehobener chemischer Wärmeregulation tritt das Minimum des Hungerstoffwechsels ein, und dies findet offenbar seine Erklärung in dem Ablaufe einer Reihe notwendiger Lebensfunktionen, kleinen Arbeitsleistungen, Herzarbeit, Atmungstätigkeit, die ihrerseits den eigenartigen Verhältnissen jedes Tieres angepaßt sein müssen, da in jedem Momente dieselben wieder im Sinne der chemischen Regulation zur Tätigkeit bereit sein müssen.

Wenn der Stoffwechsel pro 1 kg Körpergewicht bei großen und kleinen Tieren derselbe wäre, so würde unzweifelhaft das größere Tier schon bei niedrigerer Temperatur an der Schwelle der physikalischen Regulation angelangt sein und diese weiterhin in viel höherem Maße in Anspruch nehmen müssen als das kleine Tier, und schließlich auch diesen Regulationsapparat in seiner Leistungsfähigkeit bald erschöpft haben, noch lange ehe das kleine Tier mit seiner Organisation den thermischen Verhältnissen gegenüber versagt.

Betreffend den Stoffwechsel bei körperlicher Arbeit zeigt sich nach den Erfahrungen von Zuntz[1]) und Slowtzoff[2]) nur in bezug auf die Horizontalbewegung des eigenen Körpers ein Unterschied zwischen großen und kleinen Tieren derselben Art, indem der Energieverbrauch pro 1 kg und 1 m Weg um so größer ist, je kleiner das Tier. Auf die Einheit der Körperoberfläche bezogen ist derselbe bei großen und kleinen Tieren annähernd proportional. Dagegen findet sich betreffend den Energieverbrauch für 1 kgm äußere Arbeit keine gesetzmäßige Beziehung zur Körpergröße.

Daß der wachsende Organismus pro Kilogramm Körpergewicht einen größeren Stoffwechsel als der erwachsene haben muß, folgt aus dem schon Ausgeführten. Es kann aber der Fall sein, daß außerdem noch irgend welche spezifische Verschiedenheiten für das jüngere Lebensalter charakteristisch sind; wie der Ansatz von Eiweiß und von lebendiger Substanz beim wachsenden Körper leichter als beim erwachsenen erfolgt (vgl. Kapitel VIII), so könnte es auch der Fall sein, daß der Stoffwechsel bei jenem größeren Umfanges wäre, als dies der kleineren Körpergröße an sich entspricht.

Um diese Frage zu erörtern, haben wir den Stoffwechsel pro Quadratmeter Körperoberfläche bei Individuen verschiedenen Alters zu untersuchen.

Da es nicht möglich ist, an jedem einzelnen Individuum die Messung der Körperoberfläche vorzunehmen, ist man in den meisten Fällen gezwungen, dieselbe aus dem Körpergewicht zu berechnen. Um die Grundlagen einer solchen Berechnung zu gewinnen, machte Meeh[3]) eine Anzahl direkte Bestimmungen der Körperoberfläche bei Menschen von verschiedenem Alter und stellte auf Grund derselben folgende Formel auf: $O = K\sqrt[3]{G^2}$, wo O die Körperoberfläche in Quadratcentimeter, G das Körpergewicht in Gramm und K eine empirische Konstante darstellt. Die letztere variiert bei verschiedenem Lebensalter etwas, und zwar beträgt sie

beim Neugeborenen	11,989
im 1. bis 2. Lebensjahre	11,576
im 7. Lebensjahre	11,895
im 9. bis 12. Lebensjahre	12,165
im 13. bis 20. Lebensjahre	12,847
beim Erwachsenen	12,534

Als durchschnittlichen Wert gibt Meeh 12,312 an.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **68**, 209, 1897. — [2]) Ebenda **95**, 175, 1903. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **15**, 425, 1879.

Unter Anwendung der Meehschen Beobachtungen haben Miwa und Stoeltzner[1]) versucht, eine noch genauere Formel zu entwickeln, und finden die betreffende Konstante, K, gleich

$$K = \frac{O\sqrt[6]{G^4 L^4 U^2}}{UGL},$$

wo O die Körperoberfläche, G das Körpergewicht, U den Brustumfang und L die Körperlänge bedeuten. Die Oberfläche wäre demnach, $O = K\sqrt[6]{U^4 G^2 L^2}$. Als Durchschnittszahl für K erhalten die Verff. 4,5355 und bemerken, daß die nach ihrer Formel berechneten Resultate besser mit den direkt beobachteten, als die nach Meehs Formel erhaltenen übereinstimmen. Die Abweichung beträgt nämlich nach der letzteren + 6,94 und — 10,47 Proz., bei Miwa und Stöltzner nur + 3,2 und — 5,1 Proz., also etwa die Hälfte.

Da bei den jetzt vorliegenden Untersuchungen Brustumfang und Körperlänge lange nicht immer angegeben sind, ist die ursprüngliche Formel Meehs wohl bis auf weiteres zu benutzen.

Nach Rubner[2]) beträgt die Konstante K beim Hunde durchschnittlich 11,16 (10,18 bis 12,51[3]), beim Kaninchen 12,88, bei der Ratte 9,13 und beim Meerschweinchen 8,885[4]).

Vor einigen Jahren untersuchten Sondén und ich[5]) unter Anwendung des Stockholmer Respirationsapparates die CO_2-Abgabe bei zahlreichen Individuen von verschiedenem Alter und Geschlecht. Bei jedem einzelnen Versuche wurden 6 bis 12 Individuen in die Respirationskammer aufgenommen. Alle Versuche, mit Ausnahme von vier, wurden vormittags angestellt. Ein paar Stunden vor dem Versuche hatten die Versuchspersonen gefrühstückt; außerdem erhielten sie bei den meisten Versuchen etwas Äpfel, Bonbons oder dergleichen. Sie saßen still und gingen in der Kammer nicht herum. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

A. Männliche Individuen.

Nr.	Mittleres Alter Jahre	Mittleres Körpergewicht kg	CO_2 pro Individuum und Stunde g	CO_2 pro Stunde u. Kilogramm g	CO_2 pro Stunde u. Quadratmeter g
1	7,86	20,1	23,1	1,149	26,27
2	9,59	27,5	33,2	1,207	29,86
3	10,53	30,2	33,4	1,106	28,22
4	11,39	31,6	33,6	1,063	27,54
5	12,47	34,1	34,0	0,997	26,49
6	13,86	44,5	44,5	1,000	27,58
7	14,54	45,3	43,5	0,960	26,65
8	15,53	51,4	41,8	0,813	23,54
9	17,10	55,5	45,2	0,814	24,18
10	19,51	59,5	42,7	0,718	21,81
11	22,93	65,3	37,8	0,579	18,60
12	etwa 25	67,5	38,4	0,569	18,48
13	34,72	68,3	35,3	0,517	16,85
14	44,39	76,5	36,7	0,480	16,25
15	57,57	84,6	34,4	0,407	14,24

[1]) Zeitschr. f. Biol. **36**, 314, 1898. — [2]) Ebenda **19**, 548, 553, 1883. — [3]) Nach Hecker ist die Konstante 12,322. — [4]) Rubner, Biol. Gesetze, S. 17. — [5]) Skand. Arch. f. Phys. **6**, 53, 1895. Daselbst ist auch die ältere Literatur zusammengestellt. Vgl. die Kritik Rubners, Beiträge zur Ernährung im Knabenalter, Berlin 1902, S. 47.

Nr. 1 zeigt die geringste CO_2-Abgabe pro Individuum, und der Unterschied zwischen dieser Zahl und den übrigen ist an und für sich sehr beträchtlich. Die Ursache liegt darin, daß die übrigen Versuche ohne Ausnahme an Individuen der wohlhabenderen Klassen geschahen, während der betreffende Versuch an Kindern stattfand, welche sehr schlecht nutriiert, skrofulös und rachitisch waren.

B. Weibliche Individuen.

Nr.	Alter Jahre	Mittleres Körpergewicht kg	CO_2 pro Individuum und Stunde g	CO_2 pro Stunde u. Kilogramm g	CO_2 pro Stunde u. Quadratmeter g
1	7,87	21,8	24,7	1,133	26,61
2	9,91	26,6	22,6	0,850	20,78
3	11,16	31,0	26,2	0,845	21,75
4	12,19	36,2	26,9	0,743	20,14
5	13,15	39.5	27,5	0,696	18,46
6	14,04	44,3	29,3	0,661	18,22
7	15,14	48,6	27,3	0,562	15,99
8	15,59	49,9	31,9	0,639	18,32
9	17,69	53,9	27,1	0,503	14,78
10	etwa 30	53,9	29,1	0,540	16,27
11	40—50	67,0	37,1	0,554	17,94
12	65—79	66,9	26,1	0,390	12,64

Aus diesen Versuchen geht also hervor, daß sowohl männliche als weibliche Individuen pro Quadratmeter Körperoberfläche eine um so größere CO_2-Abgabe haben, je jünger sie sind. Wir schlossen daraus, daß nicht allein die Körperoberfläche und der davon abhängige Wärmeverlust usw., sondern auch das Alter an und für sich für die Größe des Stoffwechsels maßgebend waren.

Da ferner sämtliche Versuchsindividuen, mit Ausnahme von Nr. 1 der männlichen Individuen, derselben Klasse der Gesellschaft angehören und im großen und ganzen sich in derselben Weise ernährten, dürfte die CO_2-Abgabe als relatives Maß des Stoffwechsels gelten können.

Wir bemerkten aber ausdrücklich, daß es von rein theoretischem Gesichtspunkte zweckmäßiger gewesen wäre, wenn die Versuche frühmorgens nüchtern ausgeführt worden wären. Wir beabsichtigten aber bei unserer Arbeit ganz besonders, eine tatsächliche Unterlage zur Berechnung des Ventilationsbedarfes in öffentlichen Lokalen, speziell in Schulen zu gewinnen, und wollten daher die Versuche an Individuen in demselben körperlichen Zustande anstellen, in welchem sie sich in der Schule befinden.

Betreffend die Körperruhe war sie natürlich keine absolute, in sämtlichen Versuchen saßen die Versuchspersonen und waren im allgemeinen ganz still. Unsere Werte für die CO_2-Abgabe beziehen sich also nicht auf Menschen in liegender Stellung, bei welchen die Muskeln so wenig gespannt sind, wie sie es überhaupt bei einem gesunden Menschen im wachen Zustande sind.

Neue Versuche in derselben Richtung wurden dann von Magnus-Levy und Falk[1]) mitgeteilt. Hier wurden die CO_2-Abgabe und der O-Verbrauch unter Anwendung der Gesichtsmaske an nüchternen Individuen bei voll-

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol., Supplbd., 1899, S. 314.

ständiger körperlicher Ruhe bestimmt. Die Resultate dieser Beobachtungen sind in folgenden Tabellen, für die CO_2 in Gramm, für den O-Verbrauch in Liter pro Stunde berechnet, zusammengestellt:

A. Männliche Individuen.

Nr.	Alter Jahre	Gewicht kg	CO_2, Gramm pro Stunde		O-Verbrauch, Liter pro Stunde	
			pro Kilogramm Körpergewicht	pro Quadratmeter Körperoberfläche	pro Kilogramm Körpergewicht	pro Quadratmeter Körperoberfläche
1	$2^1/_2$	11,5	0,96	17,70	0,585	10,74
2	6	14,5	0,87	17,35	0,552	10,92
3	6	18,4	0,72	15,46	0,457	9,78
4	7	19,2	0,79	17,46	0,476	10,32
5	7	20,8	0,78	17,35	0,478	10,68
6	9	21,8	0,68	15,34	0,407	9,24
7	11	26,5	0,59	14,40	0,374	8,22
8	10	30,6	0,62	15,69	0,377	8,52
9	14	36,1	0,52	13,81	0,313	8,40
10	14	36,8	0,50	13,45	0,301	8,10
11	16	39,3	0,48	13,33	0,296	8,22
12	17	40,0	0,51	14,16	0,297	8,28
13	14	43,0	0,49	14,04	0,308	8,76
14	17	44,3	0,53	15,34	0,288	8,28
15	16	57,5	0,39	12,39	0,251	7,68
16	16	57,5	0,41	12,86	0,253	7,92
17—26	22—56	43,2—88	0,35	11,16	0,224	7,14
27—30	70—77	47,8—69,3	0,29	9,18	0,185	5,88

B. Weibliche Individuen.

Nr.	Alter Jahre	Gewicht kg	CO_2, Gramm pro Stunde		O-Verbrauch, Liter pro Stunde	
			pro Kilogramm Körpergewicht	pro Quadratmeter Körperoberfläche	pro Kilogramm Körpergewicht	pro Quadratmeter Körperoberfläche
1	7	15,3	0,78	15,69	0,491	9,90
2	$6^1/_2$	18,2	0,71	15,22	0,445	9,48
3	12	24,0	0,61	14,28	0,338	7,92
4	12	25,2	0,52	12,39	0,322	7,68
5	13	31,0	0,58	14,89	0,332	8,46
6	11	35,0	0,53	14,04	0,322	8,52
7	14	35,5	0,51	13,67	0,317	8,46
8	12	40,2	0,45	12,63	0,295	8,22
9	11	42,7	0,48	13,45	0,301	8,52
10—22	17—40	31,0—68,2	0,38	11,75	0,244	7,26
23—29	71—86	30,3—59,3	0,33	9,79	0,217	6,24

Auch hier ist der Gaswechsel pro Quadratmeter Oberfläche bei jüngeren Individuen größer als bei älteren. Indes findet sich, wie zu erwarten, ein großer quantitativer Unterschied zwischen diesen Zahlen und denen von Sondén und mir, indem erstere durchgehend kleiner sind. Ein Vergleich zwischen den beiden Versuchsreihen ergibt aber, daß sich der Einfluß der Nahrungsaufnahme und der sitzenden Stellung auf den Gaswechsel bei den verschiedenen Altersklassen um etwa gleichviel Prozent bei allen geltend macht.

Dagegen findet sich in bezug auf die CO_2-Abgabe bei männlichen und weiblichen Individuen desselben Alters ein prinzipieller Unterschied zwischen Magnus-Levy und Falk einerseits und Sondén und mir andererseits. Während wir, wie früher Starling, Andral und Gavarret, Speck, fanden, daß die CO_2-Abgabe beim weiblichen Geschlecht wesentlich geringer war als beim männlichen, konnten Magnus-Levy und Falk keine derartige Differenz beobachten; sie erklären diesen Umstand aus dem Gesichtspunkte, daß bei den jüngeren Altersklassen die „Ruhe" bei den Mädchen eine wesentlich größere als bei den Knaben gewesen ist, was wir seinerzeit schon mit der Bemerkung hervorhoben, daß der Muskeltonus bei diesen größer ist als bei jenen.

Zur weiteren Aufklärung der vorliegenden Frage haben wir noch teils die bis jetzt nur wenig zahlreichen Ermittelungen über den Gesamtstoffwechsel bei wachsenden Kindern, teils die Angaben über die Nahrungsaufnahme bei Menschen von verschiedenem Alter und Geschlecht.

Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der betreffenden Beobachtungen der ersten Art:

Nr.	Alter Jahre	Körpergewicht kg	Kalorien pro Kilogramm und 24 Stunden	Kalorien pro Quadratmeter und 24 Stunden	Autor
1	9	23,2	63	1499	Hellström[1])
2	—	24,0	—	1377	Rubner[2])
3	10	26,0	52	1290	Rubner[3])
4	11	32,1	56	1391	Sondén u. Tigerstedt[4])
5	11	41,0	44	1321	Rubner[3])
6	12	38,0	—	1300	Rubner[2])
7	12	38,3	48	1254	Sondén u. Tigerstedt[4])
8	Erwachsener	70,0	32	1071	

Durchschnittlich erhalten wir pro Quadratmeter Körperoberfläche und 24 Stunden im Alter von 9 Jahren 1438 Kal., von 10 Jahren 1290 (der Knabe war nicht im N-Gleichgewicht), von 11 Jahren 1356, von 12 Jahren 1277 Kal.

[1]) Hellström, Studier öfver mjölken såsom föda, Helsingfors 1900, p. 132. Der zweite Versuch von Hellström fand an einem $11\frac{1}{2}$jährigen Mädchen statt. Dasselbe bekam aber nicht genügend Nahrung, sondern verlor 2,93 g N, weshalb dieser Versuch hier nicht aufgenommen wurde. — [2]) Rubner, Beitr. zur Ernährung im Knabenalter, Berlin 1902, S. 62. Berechnet von Rubner aus der CO_2-Abgabe. — [3]) Ebenda, S. 40. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. **6**, 215, 1895.

Auch folgende Angaben über das bei zweistündigen Perioden ermittelte Minimum der CO_2-Abgabe im Schlaf zeigen dasselbe[1]):

Männliche Individuen.

Alter Jahre	CO_2 pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche g
11,2	14,09
12,0	13,78
18—20	10,75
22—43	9,74

Wie ersichtlich, stimmen diese Zahlen mit den entsprechenden von Magnus-Levy und Falk sehr nahe überein.

Die alleinige Untersuchung der Nahrungsaufnahme gibt, wenn sie sich auf eine genügend lange Periode erstreckt, gute Anhaltspunkte für die Kenntnis des Stoffwechsels, wenn es sich um Individuen handelt, welche in gutem Ernährungszustande sind und nicht zu überreichlich essen. Daher sind die Angaben, welche sich auf die Nahrungsaufnahme bei Menschen von verschiedenem Alter und Geschlecht beziehen, zur näheren Aufklärung der vorliegenden Frage als sehr wertvoll zu erachten.

Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der hierher gehörigen Beobachtungen von Camerer[2]):

Nr.	Alter Jahre	Körpergewicht kg	Kalorien pro Kilogramm und 24 Stunden	Kalorien pro Quadratmeter und 24 Stunden
		Männliche Individuen.		
1	5— 6	18	76,7	1680
2	7—10	24	61,7	1440
3	11—14	34	47,4	1250
4	15—16	52,8	39,8	1220
5	17—18	59,4	37,7	1200
6	Erwachsener	70	32,0	1071
		Weibliche Individuen.		
1	2— 4	12,7	75,3	1470
2	5— 7	16,6	68,7	1460
3	8—10	22,3	59,2	1390
4	11—14	31,9	51,7	1330
5	15—18	41,0	33,2	930
6	21—24	44,5	40,0	1150
7	Erwachsene	56	32	999

Aus dieser Tabelle folgert Camerer, daß der Nahrungsbedarf (und also der Stoffwechsel) in jedem Alter im großen und ganzen der absoluten Größe der Körper-

[1]) Skand. Arch. f. Physiol. 6, 150, 217, 1895. — [2]) Camerer, Der Stoffwechsel des Kindes, Tübingen 1894, S. 108.

oberfläche proportional sei. Die obige Tabelle ergibt indes gerade das Gegenteil, indem aus derselben so deutlich wie möglich hervorgeht, wie die Nahrungsaufnahme vom fünften bzw. zweiten Jahre mit zunehmendem Alter ununterbrochen abnimmt, und zwar beträgt die Differenz für männliche Individuen zwischen Nr. 1 und Nr. 6 etwa 56 Proz. und für weibliche Individuen zwischen Nr. 1 und Nr. 7 47 Proz. Die einzige Ausnahme von dieser Regel, welche hier zu finden ist, ist Nr. 5 unter den Mädchen. Camerer bemerkt aber, daß hier die Nahrungszufuhr ungenügend war.

Dasselbe Resultat geht auch aus den Beobachtungen anderer Autoren hervor, wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist.

Nr.	Alter Jahre	Geschlecht	Körpergewicht kg	Kalorien pro Kilogramm und 24 Stunden	Kalorien pro Quadratmeter und 24 Stunden	Autor
1	$2^1/_2$	männlich	12,2	81	1568	Uffelmann[1])
2	$4^1/_4$	„	15,2	79	1717	
3	$10^1/_2$	„	25,0	64	1503	
4	$14^3/_4$	„	42,6	48	1366	
5	$2^1/_4$	„	15,0	90	1916	Herbst[2])
6	$4^1/_3$	„	15,5	87	1822	
7	$9^5/_6$	„	27,5	68	1673	
8	$10^3/_4$	weiblich	43,2	46	1313	
9	$12^1/_2$	„	47,5	41	1219	
10	$14^1/_2$	„	49,9	38	1083	

Aus diesen Erfahrungen scheint doch ungezwungen der Schluß gezogen werden zu können, daß der Stoffwechsel des wachsenden Körpers nicht allein durch die Bedingungen der Wärmeabgabe usw. beherrscht wird, sondern außerdem von dem jugendlichen Alter an sich abhängig ist. Durch anderweitige Beobachtungen wissen wir ja auch, daß im allgemeinen da, wo assimilatorische Vorgänge stattfinden, diese von lebhaften dissimilatorischen Prozessen begleitet sind; dazu gehört auch die Tatsache, daß bei Muskelarbeit einerseits der Stoffwechsel gesteigert wird, andererseits die Masse des Muskels zunimmt.

Betreffend den Einfluß des Lebensalters auf den Stoffwechsel müssen noch das Säuglings- und das Greisenalter insbesondere besprochen werden.

Während des ersteren schläft das Kind meistens, und der Tonus seiner Muskulatur ist nur wenig entwickelt. Dementsprechend haben die direkten Beobachtungen von Heubner und Rubner[3]) über den Gesamtstoffwechsel, die Bestimmungen Scherers[4]) über den respiratorischen Gasaustausch, sowie die von Camerer[5]), Cramer[6]), Schlossmann[7]), Oppenheimer[8]),

[1]) Uffelmann, Die Hygiene des Kindes, S. 260. — [2]) Jahrb. f. Kinderheilkunde, N. F., **46**, 245, 1898; vgl. auch Hasse, Zeitschr. f. Biol. **18**, 553, 1882, sowie die kalorimetrischen Bestimmungen am Kaninchen von Richet, Arch. de physiol. 1885 (2), p. 237. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **36**, 1, 1898; **38**, 315, 1899. — [4]) Jahrb. f. Kinderheilk., N. F., **43**, 471, 1896. — [5]) Camerer, Der Stoffwechsel des Kindes, Tübingen 1894, S. 108; Zeitschr. f. Biol. **33**, 521, 1896; **39**, 37, 1900. — [6]) Arch. f. Kinderheilk. **32**, 37, 1901. — [7]) Ebenda **33**, 338, 1902. — [8]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 160, 1902.

Jaffa[1]) u. a. ausgeführten Untersuchungen über die Nahrungsaufnahme des Säuglings ergeben, daß allerdings der Stoffwechsel bei ihm pro Kilogramm Körpergewicht durchschnittlich etwa 70 bis 100 Kal. beträgt, nicht selten aber, und zwar trotz stattfindender Zunahme des Körpergewichtes bis auf etwa 50 Kal. herabsinkt und auf 1 qm Körperoberfläche bezogen, in der Regel nicht größer und zuweilen sogar geringer ist als beim erwachsenen Menschen. Letzteres scheint vor allem während der ersten Lebenstage des Säuglings stattzufinden, was auch daraus ersichtlich ist, daß nach Cramers Ermittelungen die gasförmigen Ausscheidungen beim Neugeborenen sowohl absolut als relativ geringer sind als bei älteren Säuglingen.

Da ein eingehenderes Studium des Säuglingsstoffwechsels nicht in diesem Buche angezeigt ist, beschränke ich mich darauf, nur folgende Beobachtungen als Beispiel hier mitzuteilen:

Nr.	Alter Wochen	Körpergewicht kg	Kalorien pro Kilogramm und 24 St.	Kalorien pro Quadratmeter u. 24 St.	Anmerkungen	Autor
1	9	5,2	68	1006	Brustnahrung	Heubner und Rubner
2	30	7,6	69	1143	Dasselbe Kind; Nahrung mit Kuhmilch	Heubner und Rubner
3	30	7,6	75	1233	Dasselbe Kind; Nahrung mit Kuhmilch	Heubner und Rubner
4	30	7,7	82	1378	Dasselbe Kind; Nahrung mit Kuhmilch	Heubner und Rubner
5	2	3,2	81	1000		
6	4	3,7	89	1150		
7	7	4,4	100	1370	Dasselbe Kind; Brustnahrung	Camerer
8	10	5,0	84	1200	Dasselbe Kind; Brustnahrung	Camerer
9	14	5,6	79	1170	Dasselbe Kind; Brustnahrung	Camerer
10	17	6,1	75	1150	Dasselbe Kind; Brustnahrung	Camerer
11	20	6,6	71	1120	Dasselbe Kind; Brustnahrung	Camerer

Über den Stoffwechsel im höheren Lebensalter hat Ekholm[2]) unter Anwendung des Stockholmer Respirationsapparates eine Versuchsreihe an zehn Greisen im Alter zwischen 68 und 81 Jahren gemacht. Dazu kommen noch drei Versuche von Sondén und mir an zwei Männern und einer Frau im Alter von 69 bis 84 Jahren[3]). Der Gesamtstoffwechsel betrug bei diesen 13 Versuchspersonen pro Kilogramm Körpergewicht und 24 Stunden rund 28 Kal. und pro Quadratmeter und 24 Stunden rund 910 Kal. Die Extreme sind 23,7 und 31,0 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht, sowie 750 und 1005 pro Quadratmeter Körperoberfläche. Da der Stoffwechsel beim erwachsenen, nicht arbeitenden Menschen pro Kilogramm und 24 Stunden durchschnittlich etwa 32 Kal. und pro Quadratmeter Oberfläche etwa 1071 Kal. beträgt, folgt, daß der Stoffwechsel im höheren Lebensalter kleiner ist als in früheren Jahren.

Dasselbe geht auch aus den oben mitgeteilten Bestimmungen der CO_2-Abgabe hervor (vgl. die Tabellen S. 475).

---

[1]) U. S. Depart. of Agriculture. Off. of exp. Stations. Bull. **84** (1900). — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 60, 1900. — [3]) Ebenda **6**, 209, 1895.

Aus dem hier dargelegten Material von Beobachtungen und Versuchen können wir also schließen, daß nicht allein die Körpergröße an und für sich, sondern auch das Lebensalter einen maßgebenden Einfluß auf den Stoffwechsel ausübt. Zum Teil kann dieser Einfluß mit wirklichen Muskelbewegungen in Zusammenhang gebracht werden, zum Teil dürfte er aber von solchen ganz unabhängig zu sein. Hier kommt nun neben anderen Umständen der Grad des Muskeltonus in Betracht, und derselbe spielt hier möglicherweise die allerwichtigste Rolle.

Achtes Kapitel.

Der Ansatz von Eiweiß im Körper.

Beim Studium der Eiweißzersetzung bei reiner Fleisch(Eiweiß-)-Fütterung stellte es sich heraus, daß es nur wenige Tage dauert, bis sich der Körper mit noch so großen Eiweißmengen ins N-Gleichgewicht stellt, daß also die N-Retention im Körper nur eine kurze Zeit dauert und nie eine bedeutendere Größe erreicht, auch wenn wir annehmen dürfen, daß aller im Körper zurückgebliebene Stickstoff tatsächlich in Form von (lebendigem oder totem) Eiweiß angesetzt wurde (vgl. S. 394). Die größte N-Menge, welche Voit [1]) bei reiner Fleischfütterung an seinem Hunde zum Ansatz bringen konnte, betrug 46,4 g oder als Fleisch berechnet 1365 g. Durchschnittlich konnte er auf diesem Wege keinen größeren Ansatz als 17 g N (= 500 g Fleisch) bekommen. „Man vermag mit Fleisch allein ein Tier zwar auf dem anderswie erzeugten reichlichen Stande zu erhalten, aber diesen Stand nicht herzustellen, noch eine Mästung von Fleisch zu bewirken."

Aus Voits Versuchen mit Fleischfütterung folgt, daß Stickstoff bei fettreichem Zustande des Tieres unter sonst gleichen Umständen ungleich mehr und länger angesetzt wird als bei fettarmem Zustande nach längerer Fütterung mit größeren Mengen reinen Fleisches [2]). Bei fetten Tieren spart also das im Körper angesetzte Fett das Eiweiß und läßt etwas davon zum Ansatz kommen.

Bei fettarmem Körper tritt es sogar ein, daß vom zugeführten Fleisch gar nichts im Körper angesetzt wird, wie z. B. im folgenden Versuch [3]). Vom 17. Februar bis 5. März 1862 verzehrte Voits Hund täglich 1500 g Fleisch (mit 51 g N) und befand sich damit schließlich im N-Gleichgewicht. Darauf hungerte das Tier vom 5. bis 15. März und verlor dabei 70,7 g N und nicht wenig Fett vom Körper. Als es nun wieder 1500 g Fleisch bekam, setzte es sich sofort damit in N-Gleichgewicht. Darauf erhielt der Hund vom 25. März bis 4. April kein Fleisch, sondern nur 100 g Fett täglich; bei dieser Diät gab er von sich selber 62,8 g N. ab. Als er dann abermals 1500 g Fleisch täglich bekam, setzte er bis zum Gleichgewicht 18,4 g N. an.

Ganz anders stellt sich die Sache dar, wenn das Tier nebst Eiweiß auch N-freie Nahrungsstoffe erhält, denn diese sparen, wie schon früher bemerkt wurde, das Eiweiß. Es liegt uns jetzt ob, zu untersuchen, wie groß und wie lange dauernd der hierdurch erzielte N-Ansatz tatsächlich ist und welchen Einfluß verschieden große relative Mengen von Eiweiß und N-freien Nahrungsstoffen hierbei ausüben.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. 3, 46, 1867. — [2]) Ebenda 3, 51, 1867. — [3]) Ebenda 5, 344, 1869.

Vollständig bestimmt läßt sich diese Frage kaum beantworten, denn da derartige Versuche, um beweiskräftig zu sein, an einem und demselben Tiere gemacht und dennoch vielfach variiert werden müssen, sowie jede einzelne Reihe eine geraume Zeit erfordert, so wird sich der körperliche Zustand des Tieres im Laufe der Untersuchung wesentlich verändern, was aber seinerseits, wie aus dem soeben mitgeteilten Beispiel hervorgeht, die Resultate in wesentlichem Grade beeinflussen kann.

Zur vorläufigen Orientierung möge folgende Zusammenstellung einiger Versuche von Voit[1]) dienen. In acht verschiedenen Versuchsreihen bekam das Tier zuerst eine gewisse Menge Fleisch und dann außerdem wechselnde Mengen von Fett.

Nr.	Datum	Futter		Mittlerer N-Umsatz pro Tag	Durch das Fett bewirkte mittlere Ersparnis an N	Ersparnis in Proz. des ohne Fett umgesetzten N
		N g	Fett g	g	g	
1.	12. bis 14. Januar 1859 .	68,0	250	57,7	6,3	9,8
	15. Januar 1859	68,0	—	64,0		
2.	28. bis 31. März 1859 .	61,2	—	60,3	4,7	7,8
	1. bis 5. April 1859 . .	61,2	250	55,6		
3.	2. bis 9. März 1863 . . } 1. bis 10. April 1863 . }	51,0	0	50,7	0,3	0,6
	9. bis 17. April 1863 . .	51,0	30	50,4		
	17. bis 20. April 1863 .	51,0	60	50,6	0,1	0,2
	20. bis 27. April 1863 .	51,0	100	49,0	1,7	3,3
	27. März bis 1. April 1863	51,0	150	48,4	2,3	4,5
4.	19. bis 21. Januar 1862 .	51,0	0	51,4	1,3	2,5
	22. bis 27. Januar 1862 .	51,0	150	50,1		
5.	31. Juli u. 3. August 1864	34,0	—	38,7	3,3	8,5
	1. August 1864	34,0	100	35,4		
	2. August 1864	34,0	300	33,0	5,7	14,7
6.	23. u. 25. April 1863 . .	17,0	—	18,9	1,2	6,3
	24. April 1863	17,0	100	17,7		
7.	11. u. 13. Mai 1863 . . .	17,0	—	18,7	2,0	10,7
	12. Mai 1863	17,0	100	16,7		
8.	22. bis 25. April 1859 .	17,0	300	15,5	2,3	12,9
	25. bis 29. April 1859 .	17,0	—	17,8		

Die prozentige Ersparnis variiert hier zwischen 0,2 und 14,7, ihre Größe scheint von der Größe der N-Zufuhr ziemlich unabhängig zu sein, denn bei 34 g N und 300 g Fett, sowie bei 17 g N und 300 g Fett ist sie größer als bei jeder anderen Kombination von Fleisch und Fett. Und selbst die absolute Ersparnis an Stickstoff ist bei reichlichen Fleischmengen nicht durchgehend beträchtlicher als bei verhältnismäßig geringen. Nur in der Reihe 1 mit 68 g N und 250 g Fett ist sie größer als in der Reihe 5 mit 34 g N und 300 g Fett. Die absolute Kraftzufuhr zeigt in beiden Reihen nur unwesentliche Unterschiede (3955 bzw. 3721 Kal.).

Obgleich sich aus diesen Zahlen kein bestimmtes Gesetz abstrahieren läßt, scheint aus den Versuchen indes mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit

[1]) Zeitschr. f. Biol. 5, 334, 1869.

hervorzugehen, daß eine große tägliche Ersparnis an Stickstoff nicht allein von der absoluten N-Menge in der Kost bedingt ist, sondern vielmehr am sichersten erzielt wird, wenn die Fettzufuhr im Verhältnis zur N-Zufuhr ziemlich groß ist.

Diese Folgerung wird durch die folgende Reihe von Voit[1]) wesentlich unterstützt; bei derselben blieb die Fettzufuhr stets die gleiche, die N-Menge stieg aber von 15,3 (= 450 g Fleisch) auf 51 g (= 1500 g Fleisch), ohne daß der Umfang des N-Ansatzes dabei in einem erheblicheren Grade variierte.

Nr.	Datum	Futter pro Tag		N-Ansatz pro Tag
		N g	Fett g	g
1	4. Dez. 1857	15,3	250	3,6
2	5. „ 1857 bis 6. Jan. 1858	17,0	250	1,9
3	6. bis 9. Jan. 1858	25,5	250	3,1
4	9. „ 12. „ 1858	34,0	250	4,3
5	12. „ 15. „ 1858	42,5	250	3,2
6	15. „ 19. „ 1858	51,0	250	4,1
7	19. „ 22. „ 1858	51,0	250	1,8

Bei 25,5 und 42,5 g N ist der N-Ansatz der gleiche; bei 34,0 und 51,0 g N (Nr. 6) ebenso.

Es bleibt aber noch zu untersuchen, wie lange der N-Ansatz unter verschiedenen Nahrungsbedingungen andauert, bis N-Gleichgewicht wieder eintritt. Es kann ja der Fall sein, daß bei einer gewissen Kombination von Fleisch und Fett der tägliche N-Ansatz beträchtlich ist, aber nur kurze Zeit

Nr.	Zahl der Tage	Datum	Futter pro Tag		Gesamt-N-Ansatz	Ob N-Gleichgewicht?
			N g	Fett g	g	
1	32	5. Dez. 1857 bis 6. Jan. 1858	17,0	250	61,0	Noch nicht
2	3	6. bis 9. Jan. 1858 . . .	25,5	250	9,2	Nahezu
3	5	30. Dez. 1860 bis 4. Jan. 1861	27,2	200	5,2	Gleichgewicht
4	4	22. bis 26. Nov. 1860 . .	27,2	200	10,2	Noch nicht
5	3	27. bis 30. Nov. 1860 . .	27,2	200	12,9	Noch nicht
6	3	9. bis 12. Jan. 1858 . .	34,0	250	12,8	Nahezu
7	3	12. bis 15. Jan. 1858 . .	42,5	250	10,0	Nahezu
8	4	15. bis 19. Jan. 1858 . .	51,0	250	16,2	Nahezu
9	3	19. bis 22. Jan. 1858 . .	51,0	250	5,4	Nahezu
10	10	22. bis 31. Jan. 1862 . .	51,0	150	3,5	Gleichgewicht
11	23	9. März bis 1. April 1863	51,0	30—150	30,2	Nahezu
12	7	1. bis 8. April 1859 . .	61,2	250	29,0	Gleichgewicht
13	3	12. bis 15. Jan. 1859 . .	68,0	250	12,0	Nahezu

[1]) Zeitschr. f. Biol. 5, 338, 1869. Vgl. daselbst die Reihe vom 1. bis 24. Februar 1858 bei 150 g Fett und allmählich abnehmenden Fleischmengen.

dauert, während bei einer anderen Kombination trotz eines verhältnismäßig geringen täglichen Ansatzes die Gesamtmenge des im Körper aufgespeicherten Stickstoffes größer als im ersten Falle ist.

In der vorstehenden Tabelle auf S. 482 unten sind die hierauf bezüglichen Versuche von Voit[1]) zusammengestellt.

Bei 61,2 g N und 250 g Fett trat Gleichgewicht nach 7 Tagen ein, und dabei waren nur 29 g N angesetzt; bei 17 g N und 250 g Fett stellte sich das N-Gleichgewicht sogar nicht nach 32 Tagen ein, und während dieser Tage waren doch 61 g N im Körper angesetzt worden. Der N-Ansatz verlief sehr regelmäßig, und zwar betrug derselbe für die ersten 12 Tage durchschnittlich 2,41 und für die folgenden Dekaden bzw. 1,47 und 1,77 g.

Es scheint also, daß ein reichlicher N-Ansatz am besten bei einer im Verhältnis zum gefütterten Eiweiß großen Fettzufuhr erzielt wird. Aus schon angegebenen Gründen lassen sich aber aus dem vorliegenden Material keine ganz bestimmten Folgerungen ziehen.

Als weiteres Beispiel von der Einwirkung des Fettes auf den N-Ansatz sei noch folgender Versuch von Pflüger mitgeteilt[2]). Das Versuchstier bekam während 5 Tage durchschnittlich 37,1 g, 105 g Fett und 163 g Stärke und dann

Nr.	Datum	Futter pro Tag		Mittlerer N-Umsatz pro Tag	Durch Kohlehydrat bewirkte mittlere Ersparnis an N	Ersparnis in Proz. des ohne Kohlehydrat umgesetzten N
		N	Kohlehydrat			
		g	g	g	g	
1	23. Juni bis 2. Juli 1859	17,0	100—300	17,1	2,1	10,9
	2. bis 5. Juli 1859 . . .	17,0	—	19,2		
2	2. bis 6. April 1865 . .	17,0	—	18,6	2,4	12,9
	6. bis 8. April 1865 . .	17,0	250	16,2		
3	14. bis 20. Juni 1865 . .	17,0	250	18,2	1,8	9,0
	20. bis 22. Juni 1865 . .	17,0	—	20,0		
4	4. bis 10. Juli 1864 . . .	27,2	—	28,1	2,2	7,8
	10. bis 19. Juli 1864 . .	27,2	100—400	25,9		
5	13. bis 17. Februar 1865	27,2	—	26,6	1,3	4,9
	17. bis 22. Februar 1865	27,2	250	25,3		
6	23. bis 26. Juli 1864 . .	34,0	—	35,0	4,3	12,3
	26. bis 28. Juli 1864 . .	34,0	100—400	30,7		
7	29. Juni bis 8. Juli 1863	51	—	54,4	5,0	9,2
	8. bis 13. Juli 1863 . . .	51	200	49,4		
8	1. Januar 1859	68	—	64,4	3,2	5,0
	3. bis 4. Januar 1859 . .	68	100—200	61,2		
9	6. Januar 1859	68	—	67,7	6,8	10,0
	7. bis 11. Januar 1859 .	68	200—300	60,9		
10	15. Januar 1859	68	—	70,4	6,0	8,5
	16. bis 18. Januar 1859 .	68	200	64,4		

[1]) Zeitschr. f. Biol. 5, 344, 1869. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. 52, 61, 1892.

während 4 Tage 38,1 g N, 126 g Fett und 230 g Stärke. Der mittlere Ansatz von Stickstoff betrug im ersten Falle 4,54 g, im zweiten 5,85 g pro Tag, oder für den ganzen Versuch 46,1 g = 288 g Eiweiß, was nahe 1,2 Proz. vom Anfangsgewicht des Tieres (28,3 kg) beträgt.

In bezug auf den Eiweißansatz haben die Kohlehydrate prinzipiell dieselbe Bedeutung wie das Fett. Zum Vergleich mit der Tabelle S. 481 stelle ich die von Voit[1]) mitgeteilten Erfahrungen über den N-Ansatz unter der Einwirkung von Kohlehydraten hier zusammen (siehe Tabelle auf S. 483 unten).

Die prozentige Ersparnis ist hier wie beim Fett nicht von der absoluten Menge des gefütterten Eiweißes abhängig; der größten Ersparnis (13 Proz.) begegnen wir bei Zufuhr von 17 g N (Nr. 2); etwa von derselben Größe (12,3 Proz.) ist die Ersparnis bei 34 g N; in Nr. 1 und Nr. 9 ist die prozentige Ersparnis trotz der sehr verschiedenen N-Menge etwa gleichgroß (10,9 bzw. 10) usw. Dagegen ist der absolute Ansatz von N um so größer, je größer die gefütterte N-Menge war. Wie lange er gedauert hätte und von welchem Betrage er bis zum N-Gleichgewicht gewesen wäre, darüber geben uns diese Versuche indes keinen Aufschluß.

Hinsichtlich des gegenseitigen Vermögens des Fettes und der Kohlehydrate N zu ersparen, hat sich aus vielen Versuchen ergeben, daß die letzteren dem Fett entschieden überlegen sind, wie z. B. in folgendem Versuch von Voit[2]). Der Hund bekam vom 19. bis 23. Juni 1859 17 g N (= 500 g Fleisch) und 250 g Fett; der N-Umsatz betrug dabei 19 g. Als statt des Fettes 300 g Zucker am 23. bis 26. Juni dargereicht wurden, sank die N-Abgabe auf 15,8; bei 200 g Zucker (26. bis 29. Juni) betrug die N-Abgabe 17,1 g und bei 100 g Zucker (29. Juni bis 2. Juli) 18,3 g. Obgleich sogar die größte Zuckermenge kalorisch nur etwa 132 g Fett entsprach, übte der Zucker doch eine auffällig größere eiweißersparende Wirkung als das Fett aus.

Spätere Untersuchungen haben diese Tatsache vielfach bestätigt. Eine mit 42,5 g Fleischmehl und 45 g Stärke gefütterte Hündin verlor täglich 0,6 g N vom Körper. Durch Zugabe von 5 g Fett sank der Verlust auf 0,4 g. Als das Fett durch 14,8 g Stärke, wovon 12,5 g verdaut wurden, ersetzt wurde, trat N-Gleichgewicht ein (Potthast[3]). — E. Voit und Korkunoff[4]) gaben einem 27 kg schweren Hunde in direkter Folge je drei Tage Eiweiß allein (5,11 g N), Eiweiß mit 134 g Fett und Eiweiß mit 269 g Stärke. Die N-Abgabe betrug bzw. 9,57, 7,56 und 5,11 g; durch das Fett waren also 2,01, durch die Stärke aber 4,46 g N erspart worden, und dennoch war die Verbrennungswärme der gefütterten Fettmenge (1246 Kal.) größer als die der gefütterten Kohlehydrate (1103 Kal.).

In besonders prägnanter Weise geht die Überlegenheit der Kohlehydrate als Eiweißersparer aus Versuchen von Landergren[5]) hervor (Mensch). Bei diesen gab er seinen Versuchspersonen eine möglichst N-arme, aber kohlehydratreiche Kost und ersetzte nach einigen Tagen die Kohlehydrate vollständig durch eine isodyname Menge Fett. Hier kommt also das relative Vermögen des Fettes und der Kohlehydrate, Eiweiß zu ersparen, aufs deutlichste zum Ausdruck (siehe Tabelle auf nebenstehender Seite oben).

In Versuch I bekam die Versuchsperson eine in kalorischer Hinsicht völlig genügende Kost mit bzw. 45 und 44 Kal. pro Körperkilo. Im Laufe der vier ersten Tage, wo nur Kohlehydrate genossen wurden, sank die N-Abgabe im Harn

[1]) Zeitschr. f. Biol. 5, 434, 1869. — [2]) Ebenda 5, 448, 1869. — [3]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1898, S. 269. — [4]) Zeitschr. f. Biol. 32, 118, 1895. — [5]) Skand. Arch. f. Physiol. 14, 133, 1903. Vgl. auch Cedercreutz, Beiträge zur Kenntnis des Stickstoffwechsels in der Frühperiode der Syphilis. Breslau 1902.

Nr.	Tag	Netto-Einnahmen pro Tag				Kalorien pro Tag	N-Abgabe pro Tag im Harn
		N	Fett	Kohlehydrate	Alkohol		
		g	g	g	g		g
I	1	0,26	—	738	17	3150	8,91
	2	0,26	—	738	17	3150	5,15
	3	0,26	—	738	17	3150	4,30
	4	0,26	—	738	17	3150	3,76
	5	—	304	2	30	3049	4,28
	6	—	304	2	30	3049	8,86
	7	—	304	2	30	3049	9,64
II	1	0,81	116	350	16	2647	9,29
	2	0,81	116	350	16	2647	7,07
	3	0,81	116	350	16	2647	5,25
	4	0,81	116	350	16	2647	4,95
	5	—	326	2	18	3164	4,33
	6	—	326	2	18	3164	7,81
III	6	1,09	61	259	16	1771	9,8
	7	1,09	61	259	16	1771	7,5
	8	1,09	61	259	16	1771	7,1
	9	—	275	4	16	2682	6,5
	10	—	275	4	16	2682	8,4
	11	1,42	62	270	16	1830	7,5
	12	1,42	62	270	16	1830	5,4
	13	1,42	62	270	16	1830	4,9

von 8,91 auf ein Minimum von 3,76 g. Als nun die Kohlehydrate ausgeschlossen und durch eine isodyname Menge Fett ersetzt wurden, stieg die N-Abgabe binnen drei Tagen auf 9,64 g, war also 2,6 mal größer als während der Kohlehydratperiode.

Der Versuch II unterscheidet sich vom Versuch I dadurch, daß die Kost während der Kohlehydratperiode ziemlich knapp war, indes während der folgenden Periode durch Ersatz der Kohlehydrate durch eine isodynamisch viel größere Fettmenge beträchtlich erhöht wurde. Dessenungeachtet steigt während der letzteren Periode die N-Abgabe am 2. Tage auf 7,81 g, 4,95 g am 4. Tage der Kohlehydratperiode gegenüber.

Der Versuch III, welcher an einer anderen Versuchsperson als die früheren ausgeführt wurde, beginnt mit einer kohlehydratreichen, aber absolut ungenügenden Kost mit nur 22 Kal. pro Körperkilo; dabei sinkt die N-Abgabe in drei Tagen auf 7,1 g. Dann werden die Kohlehydrate fortgelassen und statt dessen Fett in reichlicher Menge (Zufuhr 33,5 Kal. pro Körperkilo) genossen: am 2. Tage steigt die N-Abgabe auf 8,4 g. Beim Rückgang zu der ersteren, kohlehydratreichen, aber ungenügenden Kost sinkt die N-Abgabe wieder, und zwar am 3. Tage auf den niedrigen Wert von 4,9 g. In diesem Falle hat also 1 Kal. aus Kohlehydraten für die Eiweißersparnis eine größere Wirkung gehabt als 2 Kal. bei einseitiger Fettnahrung.

Zur theoretischen Deutung dieser Tatsache haben E. Voit und Korkunoff[1]) angenommen, daß die Kohlehydrate dank ihrer Aldehyd- bzw. Ketongruppe sich in einem labileren Gleichgewicht als das Fett befinden,

[1]) Zeitschr. f. Biol. **32**, 130, 1895.

deshalb leichter als dieses zersetzt werden und also in höherem Maße eiweißersparend wirken, während Rubner[1]) auf die verschiedene Wasserlöslichkeit und Teilbarkeit dieser Nahrungsstoffe größeres Gewicht legt. Auch würde das Nahrungsfett rascher angesetzt und dadurch die Zeit verkürzt werden, während welcher es durch seine Zersetzung eiweißersparend wirken könnte.

Demgegenüber ist aber nach Landergren zu bemerken, daß die Kohlehydrate ihre charakteristische, eiweißersparende Wirkung auch dann entfalten, wenn sie nicht allein, sondern mit ziemlich viel Fett genossen werden. So wurde in einem seiner Versuche[2]) bei einer Nahrungszufuhr (netto) von 1,04 g N, 143 g Fett und 308 g Kohlehydraten und 28 g Alkohol mit 45 Kal. pro Körperkilo die N-Abgabe im Harn am 4. Tage auf 3,0 g herabgedrückt, und mehrere andere seiner Versuche ergeben dasselbe.

In Versuchen von Tallqvist[3]) bekam die Versuchsperson täglich 2867 Kal. mit 16,3 g N; in der ersten viertägigen Periode enthielt die Kost noch 44 g Fett und 466 g Kohlehydrate, in der zweiten ebenso langen 140 g Fett und 250 g Kohlehydrate. In beiden Perioden stellte sich bald N-Gleichgewicht ein. Bei Einhaltung der gleichen N-Menge und bei normalem Kaloriengehalt in der Kost betrug die N-Bilanz am 4. Tage der 1. Periode + 0,69, am 4. Tage der 2. Periode — 0,14 g. Also kann man wohl sagen, daß das N-Gleichgewicht im großen und ganzen ebensogut erhalten wird durch eine Kost, in der die N-freien Stoffe zu 90 Proz. wie zu 60 Proz. (kalorisch 80 bzw. 40 Proz.) durch Kohlehydrate vertreten werden.

Bei Gegenwart eines gewissen Minimums an Kohlehydraten entfaltet das Fett sowohl bei N-Hunger als bei N-Zufuhr einen fast ebenso kräftigen N-Schutz als isodyname Mengen von Kohlehydraten. Die leichtere Zersetzbarkeit usw. der letzteren kann also nicht die Ursache sein, weshalb die N-Ersparnis bei vollständigem Mangel an Kohlehydraten geringer ist als beim Vorhandensein einer genügend großen Menge derselben. Vorläufig begnüge ich mich damit, diese aus den einschlägigen Versuchen direkt hervorgehende Tatsache zu betonen; im folgenden Kapitel werde ich Gelegenheit haben, ihre theoretische Bedeutung näher zu erörtern.

Über die Größe des beim erwachsenen Menschen zu erzielenden Ansatzes von Stickstoff haben u. a. Krug[4]), F. Müller[5]), Moraczewski[6]), Svenson[7]), Lüthje[8]), Dapper[9]), Kaufmann[10]), sowie der letztere und Mohr[11]) wichtige Beobachtungen mitgeteilt, welche in folgender Tabelle zusammengestellt sind[12]). Die Versuche von Krug und Dapper stellen Selbstversuche an gesunden Individuen dar; die Versuche 10 und 11, 16 bis 18 von Lüthje beziehen sich ebenfalls auf gesunde Individuen; die übrigen Versuche sind an Rekonvaleszenten ausgeführt (siehe Tabelle auf nebenstehender Seite).

Einen ganz enormen Ansatz von N erzielten White und Spriggs[13]) an einer 38jährigen hysterischen Frau. Der Versuch dauerte 55 Tage, während des-

---

[1]) Rubner, Handb. d. Ernährungstherapie **1** (1), 2. Aufl. 1903, S. 80. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **14**, 120, 1903. — [3]) Arch. f. Hyg. **41**, 177, 1902. — [4]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1893, S. 374. — [5]) Zeitschr. f. klin. Med. **16**, 552, 1889. — [6]) Ebenda **39**, 44, 1900. — [7]) Ebenda **43**, 86, 1901. — [8]) Ebenda **44**, 22, 1902. Deutsch. Arch. f. klin. Med. **81**, 278, 1904. — [9]) Dapper, Inaug.-Dissert. Marburg 1902. — [10]) Zentralbl. f. Stoffwechsel- u. Verdauungskrankh. **3**, 239, 1902. — [11]) Berliner klin. Wochenschr. 1903, Nr. 8. — [12]) Vgl. auch Rosenfeld, Berliner Klinik 1899, Januar. — [13]) Journ. of Physiol. **26**, 151, 1901.

Nr.	Versuchsdauer Tage	Kalorien pro Kilogramm und Tag	N pro Tag: Einnahme g	N pro Tag: Ausgabe g	N pro Tag: Ansatz g	Gesamt-N-Ansatz g	N-Ansatz in Proz. der Zufuhr	Autor
1	15	71	15,5	12,1	3,4	49,5	21	Krug
2	7	31	9,9	8,6	1,3	9,1	13	Müller
3	6	—	29,2	21,2	8,0	48,0	27	v. Moraczewski
4 a	9	55	23,1	16,3	6,8	61,2	29	Svenson
b	5	72	30,7	16,8	13,9	69,5	45	
5 a	6	53	25,8	18,0	7,8	46,8	30	
b	7	61	29,8	21,4	8,4	58,8	28	
c	3	58	29,2	23,0	6,2	18,6	21	
	9	58	15,8	10,1	5,7	51,3	36	
b	9	60	16,7	12,5	4,2	37,8	25	
7	7	78	28,2	17,9	10,3	72,1	37	
8 a	5	—	48,5	39,7	8,8	43,9	18	Lüthje
b	8	55	22,8	21,9	0,8	6,7	4	
c	7	—	62,2	49,2	13,0	91,5	21	
d	6	—	62,5	55,2	7,3	43,5	11	
e	7	—	62,6	58,1	4,5	31,8	7	
9 a	12	40	30,8	29,2	1,6	19,4	5	
b	10	56	42,1	36,0	6,1	60,9	14	
c	5	70	61,0	47,2	13,8	69,2	23	
10 a	10	66	49,1	34,4	14,7	147,0	30	
b	8	64	46,2	27,6	18,6	148,6	40	
c	7	60	40,7	22,1	18,6	130,5	46	
d	13	70	28,8	22,3	6,5	84,5	23	
11 a	6	33	20,3	18,1	2,2	13,2	11	Dapper
b	12	37	20,1	16,8	3,3	39,6	16	
c	9	38	24,6	22,1	2,6	23,4	11	
12	18	70—90	17,2—24,2	—	3,8	68,4	15—26	Kaufmann und Mohr
13	11	67—96	15,0—17,3	—	5,7	62,7	34	
14	10	63—74	34,6—44,6	29,2	11,0	109,9	27	Lüthje und Berger
15	12	38—58	24,7—31,2	23,2	5,2	62,0	18	
16	7	72—82	49,6—63,5	43,2	11,4	79,9	21	
17	7	36—44	26—40	22,8	4,6	31,9	17	
18	10	55—60	51,9—58,6	50,4	6,8	67,7	12	

selben bekam die Versuchsperson eine sehr reichliche Kost, an einigen Tagen bis zu 115 Kal. pro Körperkilo, und ihr Körpergewicht nahm dabei von 39,2 auf 52,5 kg zu. Die gesamte Aufnahme von Stickstoff betrug 2142,5, die gesamte Abgabe 1481,5 g. Also wären im Körper nicht weniger als 661 g N zurückgeblieben. Da indes 661 g N = 19 441 g Fleisch sind und das Körpergewicht der Versuchsperson nur um 13,3 kg zunahm, muß irgendwo ein Verlust an N stattgefunden

haben. Die Autoren ziehen die Menstruation, den Schweiß usw. in Betracht, kommen indes schließlich doch zu dem Resultat, daß ein nicht zu erklärender Verlust von wenigstens 120 g N vorgekommen ist.

Sogar bei einer ungenügenden Kost kann es zu einem N-Ansatz im Körper kommen. Dapper[1]) genoß in einem Selbstversuch 125 g Eiweiß, 25 bis 45 g Kohlehydrate und 65 g Fett = 13 bis 14 Kal. pro Körperkilo. Obgleich er bei dieser absolut unzureichenden Kost täglich etwa 300 g an Gewicht verlor, wurden doch im Laufe von 12 Tagen insgesamt 9,6 g N zurückgehalten. In einem zweiten Versuch mit 180 g Eiweiß, 75 bis 80 g Fett und 30 bis 40 g Kohlehydrat = 17 Kal. täglich pro Körperkilo war die N-Bilanz auch positiv, und es wurden bei einem täglichen Gewichtsverlust von 360 g während 7 Tage im Körper 9,1 g N angesetzt.

Dapper war fettleibig, und sein Körperfett könnte daher zu einem gewissen Grade als Eiweißersparer wirken. Indes wurde das gleiche Resultat auch in Selbstversuchen von Clopatt[2]) erzielt, trotzdem dieser nur etwa 76 kg wog. Bei einer Zufuhr (brutto) von etwa 35 Kal. pro Körperkilo, welche an sich ungenügend war und in 12 Tagen einen Gewichtsverlust von 1,5 kg veranlaßte, war die N-Bilanz mit Ausnahme des 2. Versuchstages positiv, und zwar betrug der gesamte Ansatz während dieser Tage 11,24 g, also etwa 1 g pro Tag.

In welcher Form der im Körper retinierte Stickstoff dort vorkommt — als lebendige Substanz, als totes Eiweiß oder als andere N-haltigen Verbindungen — darüber lassen sich nur Vermutungen aufstellen. Angesichts der großen Mengen Stickstoff, die bei vielen der oben S. 487 mitgeteilten Versuche im Körper zurückgehalten worden sind, ist es indes von vornherein ziemlich wahrscheinlich, daß hier jedenfalls eine gewisse Neubildung von lebendiger Substanz stattgefunden hat.

Zur Aufklärung dieser Frage sind Untersuchungen über die gleichzeitige Aschebilanz sehr wertvoll. Wenn nämlich Stickstoff und Phosphor in demselben gegenseitigen Verhältnis angesetzt werden, wie sie im Muskelfleisch vorkommen, so gewinnt die Annahme von einem wirklichen Fleischansatz wesentlich an Wahrscheinlichkeit. In dieser Hinsicht sind folgende Versuche von Lüthje und Berger[3]) von großem Interesse.

Nr.	Tägliche Bilanz			P in Knochensubstanz	Rest P	P in Muskelfleisch
	N g	P g	Ca g	g	g	g
1	+ 10,999	+ 1,237	+ 1,215	0,542	0,695	0,665
2	+ 5,165	+ 0,563	+ 0,528	0,240	0,323	0,314
3	+ 11,419	+ 0,550	+ 0,322	0,144	0,406	0,682
4	+ 4,566	+ 1,477	+ 1,147	0,528	0,949	0,275
5	+ 6,768	+ 1,765	+ 0,103	0,044	0,721	0,411

Da das Muskelfleisch nur sehr arm an Ca ist, fassen die genannten Autoren den gesamten Ca-Ansatz als Knochensubstanz auf und bringen also eine entsprechende P-Menge in die Rechnung. Diese P-Menge ist im 5. Stabe der Tabelle

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1893, S. 375. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 361, 1901. Vgl. auch Hellesen, Norsk Magaz. f. Laegevidensk. 1902, Nr. 9, sowie Hirschfeld, Berliner klin. Wochenschr. 1894, S. 621; Bornstein, Ebenda 1904, Nr. 46 u. 47. — [3]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **81**, 278, 1904.

aufgenommen. Die zurückbleibende P-Menge findet sich im 6. Stabe. Im 7. Stabe ist die P-Menge berechnet, welche notwendig wäre, um mit dem angesetzten Stickstoff Muskelsubstanz zu bilden (N : P = 1 : 0,060).

Aus dieser Berechnung folgt, daß in Nr. 1 und 2 Stickstoff und Phosphor genau in dem Verhältnisse zurückgehalten worden sind, wie ein eventueller Fleischansatz erfordert. In Nr. 3 ist ein verhältnismäßig größerer Ansatz von Stickstoff und in Nr. 4 und 5 von Phosphor erfolgt. Hieraus folgt, daß der alleinige Nachweis einer N-Retention bei weitem nicht gestattet, von einer Neubildung von Muskelsubstanz zu reden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in Nr. 1 und 2 eine solche tatsächlich aus der ganzen zurückgehaltenen N-Menge stattgefunden hat. Die Versuche wurden an Rekonvaleszenten gemacht. In Nr. 3 hat nur ein Teil des Stickstoffs in Fleisch verwandelt werden können. In Nr. 4 und 5 ist ein beträchtlicher Phosphoransatz ohne entsprechenden N-Ansatz zu verzeichnen.

Wir können also vorläufig nur so viel sagen, daß bei einem umfangreicheren N-Ansatz im Körper wahrscheinlich ein Teil dieses Stickstoffs als lebendige Substanz (Fleisch) abgelagert wird, während ein anderer Teil als totes Eiweiß oder andere N-haltigen Verbindungen entweder als Einschluß in der lebendigen Substanz oder gelöst in den Körpersäften vorkommt.

Von alters her ist es bekannt, daß die Muskeln nur durch Arbeit gestärkt werden; auch die allerreichlichste und am zweckmäßigsten zusammengesetzte Kost vermag es an und für sich nicht, eine kräftige Muskulatur zu entwickeln. Im Zusammenhang hiermit steht nun auch die Tatsache, daß die Arbeit eine N-Anhäufung im Körper sogar bei einer Kost, die an sich lange nicht als reichlich bezeichnet werden kann, bewirkt.

Caspari[1]) gab einem Hunde von 32 kg Körpergewicht ein konstantes Futter mit 2088 bis 2099 Kal. und 25,11 g N pro Tag. Während der sieben ersten Tage leistete das Tier keine Arbeit; dann folgten vier Arbeitstage, wieder ein Ruhetag und endlich noch fünf Arbeitstage. Die N-Bilanz und das Körpergewicht sind in folgender Tabelle aufgenommen (die kursivierten Zahlen entsprechen den Arbeitstagen):

Tag	N-Bilanz pro Tag g	Mittleres Körpergewicht kg	Tag	N-Bilanz pro Tag g	Mittleres Körpergewicht kg
1—4	— 0,46	32,75	12	+ 1,27	32,90
5—6	+ 1,22	32,70	13	*+ 2,51*	*32,60*
7	+ 1,24	33,00	14	*+ 3,69*	*32,35*
8	*— 1,39*	*32,68*	15	*+ 2,94*	*32,45*
9	*+ 0,01*	*32,25*	16	*+ 3,46*	*32,23*
10	*+ 0,10*	*32,65*	17	*+ 3,54*	*32,08*
11	*+ 1,50*	*32,60*			

Die tägliche Arbeit bedingte nach Casparis Berechnung 467 bis 597 Kal. Während der ersten Ruheperiode ist die mittlere N-Bilanz bzw. — 0,46, + 1,22, + 1,24; im Laufe der ersten Arbeitsperiode beträgt sie bzw. — 1,39, + 0,01, + 0,10, + 1,50, sinkt während des nun folgenden Ruhetages auf + 1,27, erhebt sich dann während der zweiten Arbeitsperiode und erreicht nun sehr hohe Werte, bis auf + 3,69. Und zwar fand dies statt, trotzdem die Kost an und für sich für die Arbeitsperioden nicht genügend war. Die erste Ruheperiode läßt nämlich das Körpergewicht von 32,75 auf 33,00 kg steigen; in der ersten Arbeitsperiode sinkt es dagegen auf 32,60, erhebt sich am folgenden Ruhetage auf 32,90, um dann während der zweiten Arbeitsperiode auf 32,08 herabzusinken.

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **83**, 509, 1901; vgl. auch Bornstein, ebenda **83**, 540, 1901.

An sich selber machte Kaup[1]) einen entsprechenden Versuch. Die Arbeitsleistung bestand in Bergbesteigen und betrug, ohne Hinzurechnen der bei dem Absteigen und bei der Horizontalverschiebung ausgeführten Arbeit, 138 860 kgm, was, unter Voraussetzung eines Nutzeffektes von 33 Proz., einem Energieverbrauch von 924 Kal. entspricht. Die Schweißbildung bei der Arbeit war nur unbedeutend. Die Kost war während der Ruhetage und des Arbeitstages dieselbe und bestand aus 22,2 g N, 128 g Fett, 507 g Kohlehydraten und 18 g Alkohol = 3969 Kal. Die N-Bilanz betrug während dreier Ruhetage — 2,2, — 2,7, + 0,2; während des Arbeitstages + 3,5, und während der zwei folgenden Ruhetage + 0,2, + 0,5 g. Gleichzeitig mit dem Ansatze von N während des Arbeitstages war auch die Abgabe von Phosphor vermindert, was seinerseits, wie ähnliche Beobachtungen von Lüthje und Berger (zit. S. 488), in einem gewissen Grade wenigstens für den Ansatz von organisierter Substanz spricht.

Unter den jetzt erwähnten Erfahrungen zeigen mehrere, daß keineswegs immer ein reichlicher Überschuß an Nahrung erforderlich ist, um beim Erwachsenen einen N-Ansatz zustande zu bringen. Dagegen geht aus denselben noch nicht hervor, ob und auf welche Weise dieser Ansatz geschützt werden kann. Rosenfeld[2]), welcher diese Frage eingehend erörtert hat, hebt im Anschluß an frühere Ausführungen von Voit[3]) hervor, daß es nicht unwahrscheinlich ist, daß dazu eine Kost gehört, welche auf die Dauer vom Menschen nicht bewältigt werden kann. Ebenso wie bei einer Entfettungskur in den ersten Tagen fast immer Eiweiß abschmilzt, kann sich bei gegen früher verminderter Kost nur erst nach einem gewissen N-Verlust der Eiweißbestand erhalten; es muß also das Individuum eine dem Mastfutter annähernd gleiche Nahrungsmenge als Norm genießen.

Diese Auffassung dürfte jedoch kaum richtig sein, wenigstens nicht sofern es sich um einen wirklichen Ansatz von lebendiger Organmasse handelt. Schon die Erfahrungen an hungernden Tieren und Menschen haben ja ergeben, daß nur nach einer an Eiweiß sehr reichen Kost der durch die N-Abgabe gemessene Eiweißzerfall während der ersten Hungertage erheblicheren Umfanges ist, während das Verhalten der Hungertiere, wenn sie vorher eine ziemlich N-arme Kost erhalten haben, sowie das nach wenigen Tagen unabhängig von der Art des früheren Futters eintretende typische Hungerminimum so deutlich wie möglich zeigen, daß die lebendige Substanz des Körpers bei der Karenz nur in verhältnismäßig geringem Umfange der Zersetzung anheimfällt. Genau dasselbe Verhalten tritt uns auch in Landergrens[4]) schon erwähnten Versuchen über die N-Abgabe bei N-armer, aber kalorisch genügender Kost entgegen.

Zu voller Evidenz wird aber die betreffende Auffassung durch folgenden Versuch von Sivén[5]) widerlegt. Das Versuchsindividuum, ein dreißigjähriger Mann, genoß in seiner gewöhnlichen Kost täglich etwa 16 g N. Dann wurde, unter entsprechender Vermehrung der N-freien Nahrungsstoffe, die tägliche N-Zufuhr auf 6,26 g herabgesetzt. Das Resultat ist in folgender Tabelle auf nebenstehender Seite oben eingetragen.

Während dieses Versuches hat also die N-Zufuhr von 16,0 auf 6,26, d. h. um etwa 61 Proz. abgenommen, und trotzdem hat der Körper nicht allein seinen früheren Eiweißbestand behauptet, sondern außerdem noch insgesamt 19,58 g N angesetzt. Und doch lag hier kein Nahrungsüberschuß vor, denn das Körpergewicht nahm im Laufe der 28 Versuchstage von 60,8 auf 59,7 kg ab.

[1]) Zeitschr. f. Biol. **43**, 221, 1902. — [2]) Berliner Klinik, Januar 1899, S. 11, 22. — [3]) Voit, S. 113. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. **14**, 119, 1903. — [5]) Ebenda **10**, 128, 1899; vgl. auch Hirschfeld, Arch. f. d. ges. Physiol. **44**, 454, 1889.

Nr.	Tage	N-Zufuhr pro Tag g	N-Gleichgewicht nach Tagen	Gesamter N-Verlust am Körper bis Eintritt des N-Gleichgewichtes g	Gesamtansatz während der Periode (mit Abzug des Verlustes während der ersten Tage) g
1	7	12,69	1	0,53	9,73
2	9	10,38	1	0,34	6,04
3	6	8,71	sofort	—	4,39
4	6	6,26	2	2,09	— 0,58

Bei zweckmäßiger Anordnung der Kost kann also die N-Zufuhr sehr tief herabgedrückt werden, ohne daß der Körper von seinem eigenen Eiweiß etwas zuzusetzen braucht, was seinerseits zeigt, daß das einmal in organisierter Form angesetzte Eiweiß auch ohne Mastfutter geschützt werden kann.

Als weiteres Beispiel sei noch folgender Versuch von Lüthje und Berger[1]) mitgeteilt. Während 10 Tage bekam die Versuchsperson 55 bis 60 Kal. pro kg mit 51,9 bis 58,6 g N täglich und setzte dabei insgesamt 67,7 g N im Körper an. Dann wurde die Zufuhr auf 35 bis 36 Kal. mit 20,8 bis 22,4 g N herabgesetzt. Während der ersten sechs Tage dieser Reihe verlor der Körper insgesamt 37,5 g N; am siebenten Tage stellte sich N-Gleichgewicht ein. Vom Ansatz wurden also jedenfalls 30,2 g N trotz der stark verminderten Zufuhr im Körper zurückgehalten.

Trotz allem gilt es indes als eine allgemeine Regel, daß ein lange dauernder und umfangreicher Ansatz von Eiweiß beim Erwachsenen nur ausnahmsweise zu erzielen ist, und daß der Ansatz auch unter den günstigsten Bedingungen verhältnismäßig bald eine obere Grenze erreicht, die nicht mehr überschritten wird. In dieser Hinsicht liegt ein prinzipieller Unterschied zwischen dem Eiweiß und dem Fett vor, dessen Ursachen vor allem von v. Hoesslin[2]) eingehend erörtert worden sind.

Das Eiweiß, das im Körper aufgespeichert wird, kann teils in den Körperflüssigkeiten bleiben, teils in lebendige Substanz verwandelt werden, eventuell auch als toter Einschluß in den Organen vorkommen. Angesichts der großen Konstanz in der Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten kann die in denselben enthaltene Eiweißmenge nur in dem Falle zunehmen, wenn sie selber an Menge zunehmen. Hier findet aber die Zunahme bald eine obere Grenze, und ein weiterer Ansatz daselbst ist daher ausgeschlossen. Über eine etwaige Aufspeicherung von totem Eiweiß als Zelleinschluß können wir nichts Bestimmtes sagen. Es bleibt also nur die Möglichkeit, daß das angesetzte Eiweiß sich organisiert und in lebendige Substanz verwandelt. Aber auch hier wird, wie die Erfahrung zeigt, bald eine obere Grenze erreicht. Der erwachsene Körper sucht nämlich die für ihn normale Menge an lebendiger Substanz in möglichst engen Grenzen zu erhalten, weil mit dem Wachstum der Zelle ein bedeutend größerer Verbrauch verbunden ist und damit dann auch eine vermehrte Leistungsfähigkeit, wie auch mit einer Abnahme der lebendigen Substanz eine sehr verminderte. Eine mittlere und sich annähernd gleich bleibende Leistungsfähigkeit erhält sich der Körper durch die annähernde Konstanz seiner funktionierenden Massen. Das Gegenteil, eine weitgehende Abhängigkeit des Organismus und seines Bestandes an funktionierendem Protoplasma, eine rapide Ab- und Zunahme des Körperfleisches, wäre nicht zweckentsprechend, weniger vorteilhaft, wie die wirkliche Einrichtung. Darum zerstört der Körper den größten Teil des überschüssig zugeführten Eiweißes.

[1]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **81**, 301, 1904. — [2]) Arch. f. pathol. Anat. **89**, 354, 1882.

Bei dem noch wachsenden Körper sind die Bedingungen für den Eiweißansatz viel günstiger, was zum Teil von dessen im Verhältnis zur Körpergröße beträchtlicher Nahrungsaufnahme, zum Teil wohl auch von einer besonderen Fähigkeit der jungen Zellen, das Eiweiß aus den Körperflüssigkeiten an sich zu ziehen und in lebendiges Protoplasma zu verwandeln, bedingt ist. Während der erwachsene Körper sogar bei dem größten Überschuß an Nahrung und Eiweiß binnen einer jedenfalls nicht sehr langen Zeit sich mit diesem Eiweiß ins Gleichgewicht setzt, so bleibt im Alter des Wachstums, wenn nicht die Kost an und für sich absolut ungenügend ist, Tag für Tag eine gewisse Eiweißmenge im Körper zurück und erhöht also ununterbrochen den Eiweißbestand des Körpers, bis dieser seine volle Reife erreicht hat.

Eine wie große Menge Stickstoff in dieser Weise täglich oder wöchentlich angesetzt wird, und in welchem Verhältnis diese zur genossenen Eiweißmenge bzw. der Gesamtkost überhaupt steht, darüber wissen wir zurzeit nicht viel. Nur als Beispiele teile ich nach Bendix[1]), Rubner und Heubner[2]), Hellström[3]), Cronheim und Möller[4]), Sommerfeld und Caro[5]) einige Angaben über den N-Ansatz im Säuglingsalter hier mit. Bei allen diesen Versuchen waren sowohl die Einnahmen als die Ausgaben an N direkt analysiert (siehe Tabelle 1 auf S. 493).

Das vorliegende Beobachtungsmaterial ist indes viel zu klein, um irgend welche allgemein gültigen, bestimmten Schlußfolgerungen zu gestatten. Bemerkenswert ist jedenfalls die große Ersparnis an N, welche in Nr. 1 bis 3 bzw. 47, 34 und 26, in Nr. 4 bis 7, 24, 9 und 17, sowie in Nr. 8 und 9 13 bzw. 18 Proz. des genossenen Stickstoffs beträgt.

An drei wachsenden Hunden im Alter von 78 Tagen, mit einem Anfangsgewicht von bzw. 1,85, 1,17 und 2,96 kg, bestimmte Rost[6]) während $3^1/_2$ Monate den N-Stoffwechsel. Während der ersten Periode von 21 Tagen war das Futter so zugemessen, daß die Tiere entsprechend ihrer Gewichtszunahme täglich etwa die gleiche Kalorienzufuhr pro Kilogramm Körpergewicht (etwa 180 Kal.) bekamen. Im weiteren Verlaufe der Versuchsreihe blieb das Futter konstant und die Zufuhr pro Körperkilo also immer geringer (bei Hund I von 169 bis 88, bei Hund II von 167 bis 84, bei Hund III von 179 bis 89 Kal.). Tabelle 2 auf S. 493 enthält ein Resümee dieser Beobachtungen. Die Zahlen stellen Mittelwerte in Gramm pro Tag dar.

Nach Rost ist, in bezug auf den N-Ansatz, eine Korrektur von etwa 3 Proz. wegen N-Verlustes anzubringen.

Die neueren Erfahrungen über die Veränderungen des Eiweißes bei der Verdauung haben mit großer Wahrscheinlichkeit ergeben, daß dasselbe dabei zum großen Teile in verhältnismäßig wenig komplizierte Produkte gespalten wird. Allerdings sind die Akten darüber noch nicht geschlossen, ob die Gesamtmenge des Eiweißes im Darme und in der Darmschleimhaut so weit zersetzt wird, und es läßt sich daher denken, daß ein Teil des Eiweißes diesem Zerfall entgeht und etwa in Form von Albumosen dem Körper zur Verfügung gestellt wird. Zur Aufklärung dieser Frage, welche die nach einer wirklichen Synthese der Eiweißkörper im Organismus impliziert, hat in erster Linie Loewi[7]) Versuche über den Wert der biuretfreien Spaltprodukte der Pankreasselbstverdauung für den Eiweißhaushalt angestellt,

---

[1]) Jahrb. f. Kinderheilk. N. F. **43**, 22, 1896. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **36**, 35, 1898; **38**, 328, 1899. — [3]) L'Obstétrique 1900. — [4]) Jahrb. f. Kinderheilk. N. F. **57**, 45, 1903. — [5]) Arch. f. Kinderheilk. **33**, 161, 1902. In den einschlägigen Versuchen betrug der tägliche P-Ansatz bzw. 0,44 und 0,71 g. — [6]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte **18**, 206, 1901. — [7]) Arch. f. experim. Pathol. **48**, 303, 1902.

Tabelle 1.

Nr.	Alter	Körpergewicht kg	Einnahmen N g	Einnahmen Kal.	N-Ausgabe g	N-Bilanz g	Anmerkungen	Autor
1	1—7 Tage	3,2	7,75	—	4,12	+ 3,63	Muttermilch, für die ganze Periode	Hellström
2	1—7 „	3,3	6,24	—	4,12	+ 2,12		„
3	9 Wochen	5,1	1,03	352	0,77	+ 0,26	Muttermilch; pro Tag	Heubner u. Rubner
4	14 „	4,1	3,78	—	2,86	+ 0,92	Künstliche Nahrung; pro Tag	Bendix
5	16 „	6,9	3,73	705	3,38	+ 0,35	Kuhmilch; pro Tag	Cronheim u. Möller
6	24 „	6,6	3,90	703	3,35	+ 0,55	„ „ „	„ „ „
7	30 „	7,7	4,26	576	3,54	+ 0,72	„ „ „	Heubner u. Rubner
8	$5^1/_2$ Jahre	—	16,39	—	14,31	+ 2,09	„ „ „	Sommerfeld u. Caro
9	7 „	—	19,98	—	16,48	+ 3,50	„ „ „	„ „

Tabelle 2.

Lebenstage	Hund I				Hund II				Hund III			
	N-Aufnahme g	N-Ansatz g	Proz.	Gewicht[1] kg	N-Aufnahme g	N-Ansatz g	Proz.	Gewicht[1] kg	N-Aufnahme g	N-Ansatz g	Proz.	Gewicht[1] kg
78— 99	7,4—13,9	2,5	23	3,20	4,6—9,3	1,7	26	2,20	11,5—18,0	4,1	28	4,15
100—127	12,25	2,7	23	4,45	9,0	2,3	26	3,50	18,0	4,2	23	6,20
128—155	12,25	2,2	18	5,40	9,0	1,7	19	4,17	18,0	3,6	20	7,59
156—187	12,25	1,8	14	6,28	9,0	1,3	14	4,64	18,0	2,9	16	8,75

[1]) Körpergewicht am Ende der betreffenden Periode.

indem er Hunde mit diesen Substanzen und Fett fütterte. Wenn die betreffenden Verbindungen denselben Nährwert als das Eiweiß besäßen, so sollte durch dieselben nicht allein N-Gleichgewicht, sondern auch N-Ansatz erzielt werden müssen. Unter den in dieser Richtung von Loewi gemachten Versuchen scheiterten einige wegen Erbrechen, Diarrhöe oder Unregelmäßigkeiten der N-Abgabe im Harn. Im folgenden Versuche traten aber diese Übelstände nicht ein, weshalb derselbe von Loewi als besonders beweiskräftig erachtet wird.

Der Hund erhielt nach etwa zehntägigem Hungern 200 g Fleisch, 50 g Stärke und 75 g Schmalz mit etwa 7 g N und setzte dabei während 5 Tage durchschnittlich 2 g N an. Nach dieser Vorbereitung bekam das Tier 300 ccm der Pankreasprodukte mit 5,80 g N, 50 g Stärke und 100 g Schmalz; die N-Zufuhr betrug insgesamt 5,97 g. Während 11 Tage setzte das Tier bei dieser Diät 9,79 g N, d. h. pro Tag 0,89 g N an, welcher Stickstoff nur aus den gefütterten Pankreasprodukten hat entstammen können. Zu gleicher Zeit wurde auch 0,649 g P_2O_5 angesetzt.

Auf Grund dieses Versuches zieht nun Loewi die allgemeine Schlußfolgerung, daß die Summe der biuretfreien Endprodukte für alle Teile des im Stoffwechsel zugrunde gehenden Körpereiweißes eintreten, sowie daß das Tier aus diesen Produkten Eiweiß aufbauen kann.

Die Gültigkeit dieses Satzes dürfte indes nicht über allen Zweifel erhaben sein. Schon aus Loewis Arbeit entsteht eine Bedenklichkeit. Er setzte nämlich den oben beschriebenen Versuch weiter fort, aber in der Weise, daß er die Stärke fortließ und durch Fett ersetzte. Die bisher positive Bilanz wurde nun schwach negativ, was möglicherweise aus dem geringen Vermögen des Fettes, Eiweiß zu ersparen, erklärt werden konnte. Als nun aber nach zwei Tagen wieder Stärke verabreicht wurde, fuhr das Tier fort, N von seinem Körper zu verlieren; der Verlust betrug während sechs Tage in Summa 5,30 g N und hörte erst auf, wenn Fleisch statt des Pankreaspräparates gefüttert wurde. Daraus geht, wie Loewi selber bemerkt, jedenfalls hervor, daß das Fleisch qualitativ mehr leistet als eine an N entsprechende Menge biuretfreier Endprodukte der Pankreasverdauung.

Unter Anwendung eines anderen Präparates, und zwar mit Trypsin verdauten Fibrins, bei welchem die Biuretreaktion eben angedeutet war, kam Lesser[1]) zu dem Resultat, daß es unmöglich sei, damit einen Ansatz von Stickstoff am Körper zu erreichen, vielmehr wurde dabei noch 1,3 g N abgegeben, während bei Eiweißfütterung bei derselben Gabe N am ersten Tage schon 2,9 g N angesetzt wurden.

Auch Henderson und Dean[2]) konnten bei einem entsprechenden Versuche keine Eiweißsynthese nachweisen. In demselben bekam das Versuchstier nebst Fett und Stärke die durch lange dauernde Behandlung mit kochender Schwefelsäure aus Fleisch erhaltenen biuretfreien Endprodukte. Es traten dabei Erbrechen und Diarrhöe von Zeit zu Zeit auf, indes war der N-Verlust vom Körper endlich nur 0,08 g pro Tag. Jedenfalls vermochten also die betreffenden Produkte in einem sehr hohen Grade das Körpereiweiß zu ersparen.

In der letzten Zeit haben Henriques und Hansen[3]) entsprechende Versuche an Ratten mitgeteilt. Dabei stellte es sich heraus, daß die Produkte einer zweimonatlichen Selbstdigestion von Ochsenpankreas nebst Hundedarmschleimhaut, welche keine Spur von Biuretreaktion gaben, tatsächlich imstande waren, nicht allein das N-Gleichgewicht herzustellen, sondern auch einen N-Ansatz zu bewirken. So wurden in einem Versuche im Laufe von 14 Tagen bei einer täglichen Zufuhr von 0,159 g N im ganzen 0,129 g N angesetzt. Auch diejenigen Verbindungen des trypsinverdauten Stoffes, die nicht durch Phosphorwolframsäure gefällt werden („Monoaminosäuren"), sowie diejenigen,

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **45**, 497, 1904; vgl. auch die Polemik zwischen Loewi und Lesser, ebenda **46**, 110 u. 113, 1904. — [2]) American Journ. of Physiol. **9**, 386, 1903. — [3]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **43**, 417, 1905.

die in 96 proz. warmem Alkohol löslich sind, vermochten die Tiere im N-Gleichgewicht zu erhalten. Dagegen erlitten die Tiere einen stetigen N-Verlust, wenn sie mit den Säurespaltungsprodukten des Kaseïns gefüttert wurden. Zu bemerken ist, daß das Futter außer den erwähnten N-haltigen Verbindungen noch Zucker, Schweinefett, Zellulose, sowie NaCl, KCl, Na_2CO_3 und Knochenmehl enthielt.

Neuntes Kapitel.

Der Ansatz von Kohlehydraten im Körper [1]).

Nachdem Claude Bernard im Verein mit Barreswill [2]) 1848 nachgewiesen hatte, daß die Leber sich bei jeder Art von Nahrung durch einen hohen Gehalt an Zucker von allen anderen Organen unterschied, die keinen Zucker enthalten, gelang es ihm einige Jahre später, das von ihm als Muttersubstanz des Leberzuckers aufgefaßte Glykogen rein darzustellen [3]). Etwa gleichzeitig wurde das Leberglykogen auch von Hensen entdeckt [4]). Kurz nachher fand Sanson [5]) das Glykogen in den Muskeln, der Milz, den Nieren und sogar im Blute. Wie die zahlreichen seitdem ausgeführten Untersuchungen ergeben haben, findet sich das Glykogen schon in den früheren Stadien des Embryonallebens, sowie beim wachsenden und erwachsenen Körper fast in allen Organen vor. Der Gehalt an Glykogen variiert aber bei verschiedenen Körperteilen sehr erheblich, und ein größerer Glykogenansatz wird nur in der Leber und den Muskeln angetroffen, obgleich die Glykogenmenge der übrigen Organe bei genaueren Untersuchungen gar nicht zu vernachlässigen ist.

Die Glykogenmenge des Körpers ist vielfachen Variationen unterworfen; unter Umständen wird das Glykogen fast vollständig zerstört, um bei Zufuhr von Glykogenbildnern alsbald, und zwar innerhalb einer sehr kurzen Zeit, aufs neue gebildet und angesetzt zu werden. Das Glykogen ist daher in erster Linie als ein Reservenahrungsstoff aufzufassen, und seine Bedeutung beim Stoffwechsel liegt wohl vor allem darin, daß es den Körper von Variationen der Kohlehydratzufuhr in einem gewissen Grade unabhängig macht.

Die Menge Glykogen, die im Körper angesetzt werden kann, ist jedenfalls sehr begrenzt und kann bei weitem nicht mit der Fettmenge wetteifern, die unter Umständen im Körper abgelagert wird, was unzweifelhaft davon bedingt ist, daß das Glykogen nicht wie das Fett in ein besonderes Gewebe, sondern in den Organen selber aufgespeichert wird.

---

[1]) Da diese Frage in der letzten Zeit von Cremer (Ergebnisse der Physiologie **1** (1), 803, 1902), Langstein (Ebenda **1** (1), 63, 1902; **3** (1), 453, 1904) und Pflüger (Arch. f. d. ges. Physiol. **96**, 1, 1903) sehr eingehend bearbeitet worden ist, werde ich mich hier nur auf das Allerwichtigste beschränken und verweise betreffend alle Einzelheiten auf die genannten monographischen Darstellungen, wo auch die umfangreiche Literatur in großer Vollständigkeit verzeichnet ist. — [2]) Compt. rend. de l'Académie des sciences (Paris) **27**, 514, 1848. — [3]) Ebenda (Paris) **44**, 578, 1857. — [4]) Verhandl. d. physikal.-med. Ges. in Würzburg **7**, 219, 1856; Arch. f. pathol. Anat. **11**, 395, 1857. — [5]) Compt. rend. de l'Académie des sciences (Paris) **44**, 1159 u. 1323, 1857; Journ. de la physiol. **1**, 258, 1858.

Betreffend die obere Grenze des Glykogenbestandes hat Schöndorff[1]) beim Hunde nach Fütterung mit Fleisch, Reis, Kartoffeln und Rohrzucker die in Tabelle 1 auf S. 497 aufgenommenen Zahlen gefunden.

Der hier gefundene Maximalwert, 37,87 g Glykogen pro Körperkilo, kann natürlich nicht als der höchste überhaupt erreichbare Glykogengehalt angesehen werden. Jedenfalls ist er als sehr hoch zu erachten, wie überhaupt die Zahlen der Versuche 3 bis 5 alle früheren weit überragen.

Legen wir den Maximalwert einer Berechnung des möglichen Glykogenmaximums beim Menschen zugrunde, so bekommen wir bei einem Körpergewicht von 70 kg als obere Grenze für den Glykogenbestand 2660 g, was ungefähr neunmal mehr ist als die als Durchschnittszahl gewöhnlich angegebene Menge, 300 g. Ob überhaupt ein so großer Glykogenansatz beim Menschen möglich ist, darüber will ich keine bestimmte Meinung aussprechen.

Betreffend die Verteilung des Gesamtglykogens auf die verschiedenen Organe ergibt sich aus den Versuchen Schöndorffs folgendes:

Nr.	Glykogen in Prozent des Gesamtglykogens in							
	Blut	Leber	Muskulatur	Knochen	Eingeweiden	Fell	Herz	Gehirn
1	0,03	20,06	62,63	5,34	0,37	11,40	0,14	0,04
2	0,01	26,37	58,30	10,33	1,08	3,76	0,09	0,06
3	—	53,55	31,23	6,82	5,21	3,00	0,14	0,07
4	—	56,74	28,99	7,28	4,30	2,48	0,11	0,07
5	—	38,53	38,92	12,90	5,31	4,02	0,29	0,06
6	—	21,93	53,76	11,28	7,30	5,39	0,20	0,14
7	—	48,51	35,90	10,85	2,98	1,40	0,17	0,17

Bei allen Versuchen ist der größte Teil des Glykogens in der Leber und den Muskeln gefunden worden, und zwar beträgt derselbe im Maximum 85,73 und im Minimum 75,69 Proz. des Gesamtglykogens.

Die Verteilung des Glykogens auf die Muskeln und die Leber ist aber sehr variierend: während z. B. im Versuch 5 die Glykogenmenge in beiden gleich groß ist, ist sie in Versuch 2 in der Muskulatur etwa zweimal und im Versuch 1 sogar dreimal größer als in der Leber. Auf der anderen Seite ist sie aber in den Versuchen 3, 4 und 7 kleiner in den Muskeln als in der Leber.

Zur weiteren Aufklärung über die Verteilung des Glykogens im Körper seien noch folgende Angaben von Cramer[2]), Pflüger[3]) und Athanasiu[4]) mitgeteilt (siehe Tabelle 2 auf S. 497).

Die prozentige Verteilung des Glykogens ist in folgender Tabelle auf S. 498 oben berechnet worden.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **99**, 19, 1903. Ich teile nur diese Bestimmungen hier mit, weil diese die höchsten Zahlen ergeben haben und nach den zuverlässigsten Methoden ausgeführt wurden. Vgl. unter anderen auch Böhm und F. A. Hofmann (Arch. f. exp. Pathol. **8**, 271, 375, 1878), E. Voit (Zeitschr. f. Biol. **25**, 543, 1889), Pflüger (Arch. f. d. ges. Physiol. **96**, 268, 1903), Gatin-Gružewska (Ebenda **102**, 574, 1904). — [2]) Zeitschr. f. Biol. **24**, 75, 1888. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **91**, 121, 1902. — [4]) Ebenda **74**, 561, 1899.

Tabelle 1.

Nr.	Körpergewicht kg	Glykogen in: Blut g	Leber g	Muskulatur g	Knochen g	Eingeweiden g	Fell g	Herz g	Gehirn g	Summe	Pro Körperkilo
1	12,00	0,02	13,9	43,4	3,7	0,26	7,9	0,1	0,03	69,3	5,78
2	63,25	0,06	114,9	254,0	45,0	4,69	16,4	0,4	0,26	435,7	7,18
3	9,51	—	153,1	89,3	19,5	14,9	8,6	0,4	0,2	285,9	30,07
4	7,23	—	155,4	79,4	20,0	11,8	6,8	0,3	0,2	273,9	37,87
5	8,19	0,003	118,9	120,1	39,8	16,4	12,4	0,9	0,2	308,6	34,89
6	8,01	—	32,1	78,7	16,5	10,7	7,9	0,3	0,2	146,4	18,28
7	7,45	—	27,7	20,5	6,2	1,7	0,8	0,1	0,1	57,1	7,59

Tabelle 2.

Nr.	Tierart	Körpergewicht kg	Glykogen in: Leber g	Muskulatur g	Knochen g	Eingeweiden g	Haut g	Herz g	Gehirn g	Summe	Pro Körperkilo
8	Mensch, neugeborener	3,33	2,95	25,84	—	0,07 [1])	—	0,02	0,03	28,92	8,68
9	„ „	2,05	1,03	7,49	—	0,45	0,20	—	0,06	9,23	4,50
10	„ „	2,20	0,69	10,43	—	0,11	0,28	0,04	0,07	11,61	5,28
11	Hund [2]), nach 28täg. Hunger	33,6	24,26	20,75	5,90	Spuren	1,40	—	—	52,50	1,56
12	Frösche, 30 weibliche	0,71	2,27	2,25	—	0,55 [3])	—	—	—	5,07	7,19

[1]) Nur die Lungen. — [2]) Als Zucker berechnet; dazu noch 0,19 g im Blute. — [3]) Nur die Ovarien.

Nr.	Glykogen in Prozent des Gesamtglykogens in						
	Leber	Muskulatur	Knochen	Eingeweiden	Haut	Herz	Gehirn
8	10,20	89,35	—	0,24	—	0,07	0,10
9	11,16	81,15	—	4,88	2,16	—	0,65
10	5,94	89,83	—	0,94	2,41	0,34	0,60
11	46,21	39,52	11,23	—	2,66	—	—
12	44,80	44,38	—	10,85	—	—	—

Bei einem und demselben Tiere können verschiedene Muskeln einen sehr verschiedenen Glykogengehalt haben; so fand Cramer[1]) bei einem Hunde im rechten *M. biceps brachii* 0,17, im rechten *M. quadriceps femoris* 0,53 Proz. Glykogen und Aldehoff[2]) bei einem Pferde im *M. glutaeus maximus* 2,44, *M. latissimus dorsi* 1,29, *M. obliquus abd. ext.* 1,71, *M. biceps brachii* 1,48 Proz.

Dagegen ist der Unterschied des Glykogengehaltes der Muskulatur in den beiden Körperhälften in der Regel nur gering. Nach Bestimmungen von Cramer[3]) betrug die größte Differenz des Glykogengehaltes bei drei Tauben 0,08, bei drei Hühnern 0,02, bei drei Kaninchen 0,03, bei fünf Hunden 0,05 und bei drei Neugeborenen 0,08, was in Prozenten des niedrigeren Wertes bzw. 9, 9, 7, 28 und 4 ausmacht. Auch bei gleichnamigen Muskelgruppen der beiden Körperhälften ist die Differenz des Glykogengehaltes im allgemeinen nicht beträchtlich.

Dementsprechend dürfte nach den Beobachtungen von R. Külz[4]), Cramer[5]) und Schöndorff[6]) das Glykogen in der Leber ziemlich gleichmäßig verteilt sein.

Aus diesen Erfahrungen folgt die in methodischer Hinsicht äußerst wichtige Tatsache, daß es bei der Bestimmung der im Körper angesetzten Glykogenmenge notwendig ist, nebst der Leber wenigstens eine ganze Körperhälfte zu verarbeiten. Die Untersuchung der Leber allein kann keine Aufschlüsse über die Gesamtmenge des Glykogens abgeben, die Untersuchung einer einzelnen Muskelgruppe gibt uns keine sichere Zahl für das Gesamtglykogen in den Muskeln, und bei alleiniger Untersuchung der Leber und der Muskulatur bleibt in den übrigen Organen noch eine Glykogenmenge zurück, welche nach den oben mitgeteilten Erfahrungen bis auf 25 Proz. des totalen Glykogens steigen kann.

Im Körper wird das Glykogen beim Hunger und bei körperlicher Arbeit allmählich verbraucht. Eine Zeitlang stellte man sich vor, daß das Glykogen schon nach einigen Hungertagen bis auf Spuren verschwinden würde; neuere und genauere Untersuchungen haben indes ergeben, daß diese Auffassung lange nicht begründet ist. Bei einem Hunde, der 28 Tage lang gehungert hatte, fand Pflüger[7]) noch insgesamt 52,5 g, d. h. pro Kilogramm Körpergewicht 1,56 g als Zucker berechnetes Glykogen. Solche große Mengen dürften jedoch als Ausnahmen zu betrachten sein. Nach 21tägigem Hungern enthielt die Leber eines etwa 18 kg schweren Hundes nur noch 0,48 g Glykogen (v. Mering[8]) und Pugliese[9]) teilt Versuche mit, bei welchen nach 18 bis 24tägigem Hungern in der Leber überhaupt kein Glykogen nachzuweisen war.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **24**, 78, 1888. — [2]) Ebenda **25**, 148, 1889. — [3]) Ebenda **24**, 70, 1888. — [4]) Ebenda **22**, 183, 1886. — [5]) Ebenda **24**, 85, 1888. — [6]) Arch. f. d. ges. Physiol. **99**, 216, 1903. — [7]) Ebenda **91**, 119, 1902. — [8]) Ebenda **14**, 282, 1877. — [9]) Journal de physiol. et de pathol. gén. 1903, p. 67.

Ganz ähnliche Schwankungen finden wir bei anderen Tieren. Beim Huhn erzielte Hergenhahn[1]) die in folgender Tabelle eingetragenen Resultate.

Nr.	Endgewicht des Tieres	Dauer der Karenz	Glykogen		Summe
			in der Leber g	in der Muskulatur g	
1	792	6	0,00	0,70	0,70
2	948	6	0,03	0,52	0,55
3	798	6	0,00	0,04	0,04
4	1172	6	0,01	0,32	0,33
5	1368	6	0,13	1,26	1,39
6	1216	6	0,12	0,96	1,08
7	1055	6	0,06	1,70	1,76

Hieraus folgt noch die wichtige Tatsache, daß das Glykogen in der Leber ganz verschwunden oder auf eine sehr geringe Menge reduziert sein kann, während der übrige Körper, vor allem die Muskeln, noch ganz beträchtliche Mengen davon enthält.

Betreffend den Einfluß der körperlichen Arbeit auf den Glykogenverbrauch machte E. Külz[2]) Versuche an wohlgenährten Hunden, welche täglich 5 bis 7 Stunden einen schweren Wagen zu ziehen hatten. Am eigentlichen Versuchstage blieben sie ohne Nahrung, und unmittelbar nach der Fahrt wurden sie getötet. Unter fünf Tieren fanden sich bei vier nur Spuren von Glykogen in der Leber; bei dem fünften Tiere enthielt die Leber 0,8 g Glykogen. Die Muskeln halten dabei aber das Glykogen energischer fest, und bei sehr geringer Glykogenmenge in der Leber können die Muskeln noch ganz beträchtliche Mengen Glykogen beherbergen, wie z. B. in den folgenden Versuchen[3]).

Nr.	Körpergewicht kg	Glykogen		
		in der Leber g	im übrigen Körper g	pro Kilogramm Körpergewicht g
1	44,47	0,89	51,16	1,16
2	17,25	0,20	3,21	0,20
3	5,05	1,08	7,16	1,63
4	6,17	0,00	4,06	0,66

Noch tiefer läßt sich der Glykogengehalt des Körpers herabdrücken, wenn man nach einigen Hungertagen dem Tiere eine anstrengende Arbeit aufzwingt, insbesondere wenn man vor dem Hungern durch Fütterung mit kohlehydratarmem Futter die anfängliche Glykogenmenge möglichst herabsetzt. Nach dieser Methode fand Bendix[4]) folgendes:

[1]) Zeitschr. f. Biol. **27**, 218, 1890. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **24**, 45, 1881. — [3]) E. Külz, Beiträge zur Kenntnis des Glykogens. Festschrift für Ludwig. Marburg 1891, S. 41. — [4]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **32**, 484, 1901.

Nr.	Körpergewicht kg	Dauer des Hungerns Tage	Glykogen in der Leber g	Glykogen in den Muskeln g	Glykogen pro Kilogramm Körpergewicht g
1	8,0	2	Spuren	0,00	0,00
2	7,9	2	0,00	Spuren	0,00
3	4,3	2	?	0,00	—
4	8,0	2	1,89	0,07	0,25

Ein Vergleich mit den Erfahrungen über den Glykogenschwund beim Hungern allein läßt ohne weiteres erkennen, daß die Muskelarbeit ein viel kräftigeres Mittel als der Hunger ist, um den Glykogenbestand des Körpers sehr tief herabzudrücken.

Wie Rosenbaum[1]), Demant[2]), Külz[3]), Frentzel[4]) und Simon[5]) gezeigt haben, sind die durch das Strychnin hervorgerufenen Krämpfe in einem sehr hohen Grade dazu geeignet, das Glykogen zum vollständigen Verschwinden zu bringen.

Um den Einfluß einer bestimmten Nahrung oder irgend welcher anderer Variablen auf den Glykogenansatz festzustellen, steht keine andere direkte Methode als die folgende zu unserer Verfügung. Man muß durch vorgängige Präparierung den Glykogenbestand des Versuchstieres so viel wie möglich reduzieren, gibt dann die zu untersuchende Kost und tötet das Tier nach einer bestimmten Zeit. Beim praktischen Durchführen dieser Methode begegnet uns eine große Schwierigkeit dadurch, daß sogar nach ziemlich lange dauerndem Hungern der Körper nicht ganz geringe Mengen Glykogen enthalten kann und daß hierbei, wie schon bemerkt, nicht unwesentliche individuelle Variationen vorkommen. Dieser Schwierigkeit wird durch Einschaltung einer strengen Arbeitsleistung wesentlich vorgebeugt. Indessen beziehen sich die allermeisten hierher gehörigen Untersuchungen auf Tiere, welche nur gehungert und nicht außerdem gearbeitet haben[6]).

Es bleibt also die Frage nach der wahrscheinlichen Glykogenmenge bei einem Tiere, das eine gewisse Zeit lang gehungert hat, zu entscheiden. Mit Durchschnittszahlen läßt sich hier nicht viel tun, denn solche könnten nur dann wirklich maßgebend sein, wenn die Zahl der Versuchstiere in den untereinander zu vergleichenden Reihen sehr groß wäre, und auch dann könnten berechtigte Einwendungen gegen die Schlußfolgerungen erhoben werden. Die statistische Methode wird hier, wie auch sonst, gar zu leicht zu ganz falschen Resultaten führen.

Da diese Methode indes durch keine andere ersetzt werden kann, ist es notwendig, ihre Fehler so viel wie möglich zu vermindern, und daher benutzt

[1]) Arch. f. exp. Pathol. **15**, 452, 1881. — [2]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **10**, 441, 1886. — [3]) Külz, Beiträge 1891, S. 51. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **56**, 281, 1894. — [5]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **35**, 320, 1902. — [6]) Bernard hat Versuche über die Glykogenbildung auch in der Weise gemacht, daß er zuerst ein Stück der Leber exstirpierte und analysierte, dann das zu untersuchende Futter gab und die Veränderungen des Glykogens im übriggebliebenen Teile des Organes untersuchte. Wie Bernard selber (Leçons sur le diabète, p. 509) bemerkt, ist diese Methode wegen der durch den Eingriff verursachten Störungen lange nicht exakt; auch wird nach derselben nicht die gesamte Glykogenmenge des Körpers bestimmt.

Pflüger als Vergleichszahl die bei den Kontrollversuchen an Tieren der gleichen Art beobachtete maximale Glykogenmenge. Hierdurch werden aber die Bedingungen sehr verschärft, denn es läßt sich ja auch nicht behaupten, daß alle mit der Versuchskost gefütterten Tiere zu Beginn der Fütterung diesen maximalen Glykogengehalt gehabt hätten; diese Maßregel ist aber kaum zu vermeiden, damit die Versuchsresultate als wirklich beweisend angesehen werden können.

Als Quelle des Glykogens können von vornherein alle drei Gruppen von organischen Nahrungsstoffen angesehen werden, und nur durch direkte Versuche läßt sich die Frage bestimmt entscheiden. Wie man eine lange Zeit hindurch annahm, daß das Eiweiß die wesentliche Quelle des Körperfettes darstellte, war man auch der Ansicht, daß das Glykogen in erster Linie dem Eiweiß entstammte. Bernard [1]) äußerte sich in dieser Hinsicht sehr vorsichtig. Nach ihm stellten allerdings die Eiweißkörper eine Quelle des Glykogens dar; in gemischter Kost begünstigten die Kohlehydrate den Glykogenansatz in erheblichem Grade; allein für sich genossen schienen sie sich wesentlich verschieden zu verhalten, und er kam zu dem Schlusse, daß die Frage nach dem Ursprunge des Glykogens noch lange nicht als entschieden aufgefaßt werden könnte. Wolffberg [2]) betrachtete das Eiweiß als die einzige Quelle des Glykogens, während auf der anderen Seite Pavy [3]), Luchsinger [4]) und andere gerade die Kohlehydrate als Muttersubstanz des Glykogens auffaßten.

Durch zahlreiche Untersuchungen ist die Berechtigung der letzterwähnten Auffassung, wie es scheint, über jeden Zweifel sichergestellt. Ob aber das Eiweiß auch als Glykogenbildner gelten kann, darüber ist bis in die letzte Zeit vielfach gestritten worden.

Da es sich von vornherein nicht ausschließen läßt, daß Glykogen aus Eiweiß entstehen konnte, kann ein völlig einwandfreier Beweis für die Glykogenbildung aus Kohlehydraten nur dadurch geliefert werden, daß man am Versuchstiere die N-Abgabe bestimmt und dartut, daß die nach derselben berechnete Glykogenmenge geringer ist als die beim Versuche tatsächlich im Körper entstandene.

Unter den hierher gehörigen Untersuchungen werde ich hier die im Voitschen Laboratorium von Otto, Abbot, Lusk und Fr. Voit ausgeführten und von C. Voit [5]) mitgeteilten in erster Linie besprechen, weil die Bedeutung der Kohlehydrate als Quelle des Körperglykogens aus diesen äußerst deutlich hervorgeht. Aus verschiedenen Ursachen werde ich nur die an Hühnern ausgeführten Versuche näher erörtern.

Die Versuche fanden in der Weise statt, daß dem Tiere nach vier bis fünftägigem Hungern Lösungen von verschiedenen Zuckerarten beigebracht wurden, acht Stunden später wurde das Tier getötet und das Glykogen in dessen Organen bestimmt.

Das Maximum von Glykogen, welches aus dem zersetzten Eiweiß hätte entstehen können, berechnet Voit folgendermaßen. Im Muskeleiweiß treffen auf 1 g N 3,295 g C; in den Exkrementen hungernder Hühner auf 1 g N 1,208 g C.

[1]) Bernard, Leçons sur le diabète. Paris 1876, p. 469. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **12**, 275, 1876. — [3]) Pavy, Die Physiologie der Kohlehydrate. Deutsche Ausgabe. Wien 1895, S. 112. — [4]) Luchsinger, Exp. u. krit. Beiträge zur Physiol. und Pathol. des Glykogens. Zürich 1875, S. 45. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **28**, 245, 1892.

Danach können beim Huhn im Maximum 2,087 g C in Glykogen übergehen und bilden dann 4,779 g Glykogen. Auf 1 g N in den Exkreten kommen also 4,779 g Glykogen.

Nach einigen Kontrollversuchen an hungernden Hühnern nimmt Voit an, daß die im Körper nach einigen Tagen Hunger noch zurückgebliebenen Glykogenmengen so gering sind, daß sie gegen die bei den Fütterungsversuchen beobachteten gar nicht in Betracht kommen. Demgegenüber läßt sich bemerken, daß (vgl. oben, S. 499) doch nicht ganz unerhebliche Glykogenmengen nach vier bis fünf Tagen Hunger im Körper zurückgeblieben sind, und zwar beträgt dieses Restglykogen nach Hergenhahn im Maximum 1,605 pro Kilogramm Anfangsgewicht des Tieres. Bei seiner Berechnung der Versuchsresultate von Voit und seinen Mitarbeitern hat Pflüger[1]) diese Zahl benutzt, und ich werde ihm in dieser Hinsicht folgen, weil dadurch die Versuche ja noch mehr beweisend werden.

Nr.	Körpergewicht kg	Restglykogen Maximum g	Glykogen aus Eiweiß Maximum g	Summe g	Glykogen gefunden g	Glykogen aus Zucker g	Zucker zugeführt
1	1,728	2,77	3,40	6,17	10,35	**4,18**	50 g Dextrose
2	1,653	2,65	2,57	5,22	9,20	**3,98**	60 g Rohrzucker
3	1,627	2,61	3,29	5,90	7,55	**1,65**	55 g Lävulose
4	1,772	2,84	2,08	4,92	7,94	**3,02**	60 g Maltose

Aus dieser Zusammenstellung folgt, daß, auch wenn die Versuche so ungünstig wie irgend möglich berechnet werden, dennoch ein Glykogenansatz nach Fütterung mit Dextrose, Lävulose, Rohrzucker und Maltose unbedingt erscheint.

Dagegen konnte kein deutlicher Glykogenansatz nach Darreichung von Milchzucker nachgewiesen werden.

Zur Deutung dieser sehr merkwürdigen Erscheinung ist es notwendig, das Verhalten der einzelnen Zuckerarten im Verdauungsrohre und bei intravenöser oder subcutaner Injektion zu berücksichtigen. Im Verdauungsrohre wird der Rohrzucker invertiert und muß daher in ganz derselben Weise als die genossene Dextrose oder Lävulose auf den Glykogenansatz einwirken können. Bei intravenöser Einspritzung findet keine Invertierung statt, und der Rohrzucker wird, wie schon Claude Bernard[2]) fand und später von F. Voit[3]) bestätigt wurde, unverändert, und zwar quantitativ im Harn abgegeben.

Auch die Maltose wird teils im Darmrohre, teils im Blute in 2 Mol. Dextrose gespalten und muß sich daher in bezug auf die Glykogenbildung ganz wie diese verhalten.

Wesentlich anders stellt sich der Milchzucker dar.

Die Ursache dieser Verschiedenheit muß darin gesucht werden, daß der Milchzucker beim Huhn im Darme nicht invertiert wird (Weinland[4]), wie er auch nach Dastre[5]) und Fr. Voit[6]) bei subcutaner Einspritzung quantitativ im Harn erscheint. Wo aber der Milchzucker im Darme gespalten wird, muß wenigstens aus der Dextrosekomponente desselben Glykogen gebildet werden[7]). Da subcutan injizierte Galaktose im Körper verwertet und nicht im Harne aus-

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **96**, 182, 1903. — [2]) Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux **2**, 37, Paris 1879. — [3]) Deutsches Arch. f. klin. Med. **58**, 244, 1897. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **38**, 35, 1899. — [5]) Archives de physiol. 1891, p. 178; 1892, p. 103. — [6]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **58**, 544, 1897. Vgl. auch Weinland, a. a. O., S. 48, 1899. — [7]) Weinland, a. a. O., S. 50.

geschieden wird, dürfte auch dieser Zucker als Glykogenbildner dienen können (Fr. Voit[1]). Direkte Versuche von Weinland[2]) am Kaninchen haben auch ergeben, daß unter Umständen wenigstens in der Leber aus Galaktose Glykogen gebildet werden kann, wenn auch in geringerer Menge als aus den übrigen Hexosen.

Die nächste Quelle der Glykogenbildung haben wir also in den Hexosen: Dextrose, Lävulose und, wenn auch in geringerem Grade, Galaktose. Da diese Hexosen bei der Verdauung aus Stärke, Dextrin, Rohrzucker und Maltose entstehen, sind die letzterwähnten natürlich auch als Glykogenbildner zu bezeichnen.

Da eine nähere Erörterung der mit anderen Kohlehydraten erzielten Resultate angesichts der für diesen Abschnitt festgestellten Grenzen viel zu viel Raum beanspruchen würde, sehe ich mich gezwungen, auf eine solche hier zu verzichten und verweise auf die unten zitierte Literatur[3]).

Wie oben bemerkt, wurde schon früh die Ansicht vielfach vertreten, daß das Glykogen im Körper auch aus Eiweiß gebildet werden würde. Die als Beweis dafür von Wolffberg[4]), v. Mering[5]), E. Külz[6]) und anderen mitgeteilten Versuche werden von Pflüger[7]) sehr abweisend kritisiert, und es muß, meines Erachtens, Pflüger zugegeben werden, daß dieselben kaum einen entscheidenden Beweis für den zu beweisenden Satz bringen. Auf Grund dessen zieht Pflüger den weiteren Schluß, daß aus kohlehydratfreiem Eiweiß überhaupt kein Glykogen gebildet wird, und findet eine sehr wesentliche Stütze dieser Auffassung in einer an Fröschen bei Kaseïnfütterung von Schöndorff[8]) ausgeführten Versuchsreihe, aus welcher in der Tat hervorgeht, daß bei diesen Tieren das kohlehydratfreie Kaseïn keinen Glykogenansatz bewirkt.

Demgegenüber fand aber Bendix[9]) an Hunden, an welchen er durch Hunger und strenge körperliche Arbeit die Glykogenmenge auf ein Minimum reduziert hatte (vgl. S. 499), nach Fütterung mit Kaseïn einen deutlichen Glykogenansatz im Körper, welcher sogar größer war als nach Fütterung mit dem kohlehydrathaltigen Ovalbumin, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht (siehe Tabelle auf S. 504 oben).

Von einem anderen Gesichtspunkte aus hat Gruber[10]) die Frage nach der Glykogenbildung aus Eiweiß in Angriff genommen. An einem Hunde

---

[1]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **58**, 533. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **40**, 374, 1900. — [3]) Cremer, Ebenda **28**, 483, 1892 (Isomaltose, Mannose, Sorbose, Xylose, Arabinose, Rhamnose); Salkowski, Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1893, S. 193 (Arabinose); Derselbe, Zeitschr. f. physiol. Chem. **32**, 393, 1901 (Arabinose); F. Voit, Deutsch. Arch. f. klin. Med. **58**, 537, 1897 (Arabinose, Xylose, Rhamnose); Neuburg und Wohlgemuth, Zeitschr. f. physiol. Chem. **35**, 31, 1902 (Arabinose); Münch, Ebenda **29**, 493, 1900 (Formose, Maltose, Methylglykosid); Cremer, Zeitschr. f. Biol. **42**, 437, 1901; Frentzel, Arch. f. d. ges. Physiol. **56**, 284, 1894 (Xylose); Wohlgemuth, Zeitschr. f. physiol. Chem. **35**, 568, 1902 (α-Glucoheptose); Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. **96**, 218, 1903. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **12**, 266, 1876. — [5]) Arch. f. d. ges. Physiol. **14**, 280, 1877. — [6]) Külz, Beiträge usw., S. 27. — [7]) Arch. f. d. ges. Physiol. **96**, 227, 1903. — [8]) Ebenda **82**, 60, 1900; **88**, 339, 1901; vgl. auch die Kritik Cremers, Zeitschr. f. Biol. **42** (1901), sowie die Versuche von Blumenthal und Wohlgemuth (Berliner klin. Wochenschr. 1901, S. 391), welche die Resultate Schöndorffs unter Anwendung eines Leimpräparates bestätigen. — [9]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **32**, 494, 1901; **34**, 545, 1902; vgl. auch die Kritik Schöndorffs, Arch. f. d. ges. Physiol. **88**, 339 1901. — [10]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 409, 1901.

Nr.	Körpergewicht kg	Glykogen: in der Leber g	Glykogen: im übrigen Körper g	Glykogen: Summe g	Glykogen: Pro Kilogramm Körpergewicht g	Anmerkung
1	5,52	6,41	7,96	14,37	2,60	Casein puriss.
2	6,50	11,54	17,92	29,46	4,53	„ „
3	3,88	0,31 [1])	0,34 [1])	0,65 [1])	0,17 [1])	Ovalbumin
4	6,40	1,30 [1])	4,17 [1])	5,47 [1])	0,86 [1])	„
5	5,30	3,22 [1])	10,71 [1])	13,93 [1])	2,63 [1])	Eiereiweiß

bestimmte er bei Eiweißfütterung (1500 g Fleisch = 51 g N) die gesamten Einnahmen und Ausgaben an Stickstoff und Kohlenstoff. Es zeigte sich, daß ein Kohlenstoffrest im Körper zurückblieb, welcher zum Teil wenigstens als Glykogen angesetzt worden ist. Die Einzelheiten dieser Versuche sind folgende:

Nr.	Versuchsdauer Tage	Summe von 5 Versuchstagen: N-Abgabe g	C-Abgabe g	C aus dem zersetzten Eiweiß, N + 3,28 g	C-Retention aus Eiweiß g
1	5	237,7	697,8	779,6	81,8
2	5	254,6	728,4	835,5	107,1

Im Körper sind also 81,8 bzw. 107,1 g aus Eiweiß stammender Kohlenstoff zurückgeblieben. Als Glykogen berechnet, würde dies 184 bzw. 241 g betragen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß ein wesentlicher Teil dieses Kohlenstoffs als Fett angesetzt worden ist; jedenfalls macht dieser Versuch einen Glykogenansatz aus Eiweiß sehr wahrscheinlich.

Wir können indes noch von einer anderen Seite her diese Frage erörtern. Wie bekannt, verliert der Körper nach Exstirpation des Pankreas, nach Vergiftung mit Phloridzin sowie bei der Zuckerharnruhr (*Diabetes mellitus*) in einem größeren oder geringeren Umfange die Fähigkeit, Zucker zu zersetzen oder als Glykogen aufzuspeichern, und statt dessen wird der Zucker im Harn vom Körper abgegeben. Die Untersuchung der Zuckerausscheidung im Harne bei verschiedenen Formen der Zuckerkrankheit wird uns daher sehr wertvolle Aufschlüsse über die eventuelle Glykogenbildung aus Eiweiß geben können, denn wenn einmal Dextrose aus dem Eiweiß entsteht, so folgt aus dem schon oben Ausgeführten, daß unter normalen Verhältnissen Glykogen daraus gebildet werden muß.

Der bei der Zuckerkrankheit irgend welcher Form im Harn ausgeschiedene Zucker kann entweder aus dem im Anfang der Krankheit im Körper noch vorhandenen Glykogen oder auch aus den genossenen Nahrungsstoffen bzw. dem Körpereiweiß stammen. Auch bei den hierher gehörigen Untersuchungen ist es also notwendig, die Glykogenmenge des Körpers approximativ zu schätzen.

[1]) Rohglykogen.

Nach der schon oben dargestellten Methode suchte Bendix [1]) seine Versuchstiere glykogenfrei zu machen, spritzte dann im Laufe von 10 bis 11 Stunden in drei Dosen Phloridzin ein und gab gleichzeitig dem Tiere Milcheiweiß, Caseinum purissimum, Ovalbumin oder Leim. Der Harn wurde 20 Stunden lang gesammelt und an Stickstoff und Zucker analysiert. Mit Abzug des dem Phloridzin entsprechenden Zuckers schieden die Tiere bei Fütterung mit Milcheiweiß 13,5 bis 27,3 g (4 Versuche), bei Fütterung mit reinstem Kaseïn 13,9 bis 17,3 g (2 Versuche), bei Fütterung mit Ovalbumin 4,3 bis 18,3 g (5 Versuche), sowie bei Fütterung mit Leim 13,9 bis 20,2 g Zucker aus (4 Versuche).

Nach Fütterung mit dem kohlehydrathaltigem Ovalbumin wurde also nicht mehr Zucker als nach Fütterung mit dem kohlehydratfreien Kaseïn oder Leim ausgeschieden.

Dementsprechend hat man an Diabeteskranken beobachtet, daß die reichlichste Zuckerausscheidung nicht nach dem Genuß von kohlehydrathaltigen Eiweißkörpern, sondern beim Kaseïn erscheint. Als Beispiel verweise ich auf folgende Beobachtungen von Therman [2]).

Diät	Versuchsdauer Tage	Zucker im Harn pro Tag g	N im Harn pro Tag g
Eier	4	69,1	22,2
Fleisch	4	74,0	20,3
Käse	4	88,9	22,0
Gluton	4	63,2	25,0
Butter	4	13,8	4,9
Eier	4	76,1	21,4
Fleisch	4	83,0	20,5
Käse	4	140,8	26,6

Durchschnittlich erhalten wir bei Gluton 63,2, bei Eiern 76,2, beim Fleisch 78,5, beim Käse aber 114,9 g Zucker.

Aus diesen und anderen gleichlautenden Beobachtungen dürfte wenigstens so viel geschlossen werden konnen, daß der in gewissen Eiweißkörpern enthaltene Kohlehydratkomplex doch nicht in der Regel für die eventuelle Bildung von Zucker aus Eiweiß maßgebend sein kann; wie auch der Kohlehydratgehalt bei den meisten Eiweißkörpern so gering ist, daß er hierbei keine wesentliche Einwirkung ausüben möchte.

Gegen alle diese Beobachtungen läßt sich indes die Einwendung machen, daß sich der Einfluß des etwa vorhandenen Restglykogens doch nicht mit Sicherheit ausschließen läßt. Es könnte der Fall sein, daß die Versuchstiere von Bendix trotz der vorhergehenden Präparation noch ziemlich große Glykogenmengen beherbergten; unmöglich wäre es ja auch nicht, daß das gefütterte Eiweiß durch seine Verbrennung den Zucker des Körpers vor Oxydation schützt, infolgedessen die Zuckerausscheidung bei Eiweißzufuhr zunimmt, ohne daß der Zucker aus den Eiweißkörpern gebildet wird [3]). Um die Frage zu entscheiden, müssen wir also noch strengere Anforderungen an die Beweisführung stellen und von der Annahme ausgehen, daß das Versuchsindividuum beim Beginn des Versuches einen maximalen Glykogengehalt hat.

---

[1]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **32**, 487, 1901. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **17**, 1, 1905. Daselbst auch eine Übersicht der früheren Literatur. — [3]) Vgl. Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. **103**, 348, 1904; **106**, 170, 1904.

Im Anschluß an die schon erwähnten Untersuchungen von Schöndorff stellt Pflüger [1]) in der letzten Zeit 37,9 g Glykogen = 41 g Zucker als das Maximum pro Kilogramm Körpergewicht beim Hunde auf. Wenn also ein phloridzinvergifteter Hund oder ein Hund mit Pankreasdiabetes ohne jede Zufuhr von Kohlehydraten insgesamt nicht mehr als etwa 41 g Zucker pro Körperkilo abgibt, so wäre es möglich, daß die ganze Zuckermenge nur aus dem Restglykogen entstammen und also nichts inbezug auf eine eventuelle Glykogenbildung aus Eiweiß beweisen würde.

Dieser strengen Anforderung gegenüber zeigen sich nicht allein die allermeisten klinischen Beobachtungen [2]), sondern auch fast sämtliche Ermittelungen über die Zuckerausscheidung bei künstlichem Diabetes bei Tieren für die vorliegende Frage ganz wertlos. Es ist allerdings, meiner Ansicht nach, sehr schwer anzunehmen, daß bei allen einschlägigen Kranken bzw. Versuchstieren das Restglykogen zu Beginn des Versuches den von Schöndorff beobachteten enormen Wert erreicht hätte. Hierin liegt aber kein Beweis vor, und ich beschränke mich daher darauf, einige der wichtigsten hierhergehörigen Arbeiten unten zu verzeichnen [3]).

In der allerletzten Zeit ist indes eine Arbeit von Lüthje [4]) erschienen, welche die Zuckerbildung aus kohlehydratfreiem Material über jeden Zweifel erhebt.

Am 24. Oktober wurde einem Hunde von 5,8 g Körpergewicht das Pankreas exstirpiert; vom 29. Oktober bis zum 6. November bekam das Tier (kohlehydratfreie) Nutrose + Rinderserum, vom 6. bis 19. November Nutrose + etwas Fleischextrakt, vom 19. bis 24. November reines Kaseïn + Butter. Während dieser Zeit schied es insgesamt 1176 g Zucker aus. Unter Zugrundelegung der Pflügerschen Maximalzahl würde das Tier zu Beginn des Versuches 232 g Glykogen (= 257 g Zucker) beherbergt haben. Daher müssen aus anderem Material 919 g Zucker gebildet sein.

Im Anschluß an diese Mitteilung gibt Pflüger [5]) ausdrücklich zu, daß hier zum erstenmal ein einwandfreier Beweis dafür vorliegt, daß der vom diabetischen Hunde ausgeschiedene Zucker unmöglich aus dem Glykogenvorrat des Tierkörpers abgeleitet werden kann, und kommt nach einer, von den möglichst ungünstigen Annahmen ausgehenden Berechnung zu dem Schluß, daß hier wenigstens 526 g Zucker durch das Restglykogen nicht gedeckt sind.

Dessenungeachtet ist Pflüger nicht gewillt, die Zuckerbildung aus Eiweiß zuzugeben, sondern bleibt bei seiner kurz vorher ausgesprochenen Meinung [6]), daß in Fällen, wie den betreffenden, das Fett, und zwar nicht allein dessen Glycerinkomponente die Quelle des Zuckers im Körper darstellt. In dieser Hinsicht stützt er sich wesentlich auf theoretische Überlegungen allgemeiner Art, welche hier wegen Mangel an Raum nicht näher erörtert werden können.

Es stellt sich daher die Frage, ob wirklich das Fett an sich als ein Glykogenbildner im tierischen Körper aufgefaßt werden kann.

Bis vor wenigen Jahren stellte man sich ziemlich allgemein vor, daß dies gar nicht der Fall wäre. Seitdem haben sich die Ansichten in einem

---

[1]) Vgl. Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. **103**, 7, 1904; vgl. auch ebenda **96**, 268, 1903. — [2]) Vgl. Lüthje, Arch. f. d. ges. Physiol. **106**, 160, 1904. — [3]) v. Mering, Zeitschr. f. klin. Med. **16**, 435, 1889; Prausnitz, Zeitschr. f. Biol. **29**, 168, 1892; Lusk, Ebenda **42**, 32, 1901; Lüthje, Deutsches Arch. f. klin. Medizin **79**, 498, 1904. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **106**, 160, 1904. — [5]) Ebenda **106**, 168, 1904. — [6]) Ebenda **103**, 1, 1904.

gewissen Grade verändert, und es wird von mehreren Seiten die Auffassung vertreten, daß unter Umständen auch das Fett als eine Quelle des Glykogens zu betrachten sei.

Als Beweis dafür hat man Fälle herbeigezogen, wo bei kohlehydratfreier Diät die im Harn abgegebene Zuckermenge so groß gewesen war, daß sie nicht aus dem gleichzeitig zerfallenen Eiweiß hat erklärt werden können.

In einer Anzahl Versuchen an Hunden mit Pankreasdiabetes fand Minkowski[1]) die Menge des ausgeschiedenen Zuckers (*D*) pro 1 g N durchschnittlich gleich 2,8 g.

Man stellte sich nun vielfach vor, daß dieser Quotient die größte Zuckerbildung angab, welche aus Eiweiß im Körper stattfinden konnte; wenn daher bei kohlehydratfreier Diät mehr Zucker abgegeben würde, so müßte der Überschuß aus Fett stammen.

Irgend welcher Beweis für diese Auffassung liegt indessen nicht vor. Wie schon bemerkt, findet sich bei gewöhnlicher gemischter Kost im Harn etwa 0,72 g C auf 1 g N. Da im Eiweiß N und C sich wie 1 : 3,28 verhalten, bleiben für 1 g N noch 2,56 g C zurück; diese C-Menge würde 6,4 g Dextrose entsprechen, was also etwa das theoretische Maximum der Kohlehydratbildung aus Eiweiß angeben würde. Da 1 g N im Eiweiß mit Abzug der Verbrennungswärme des Harns etwa 26,7 Kal. entsprechen und 6,4 g Dextrose gleich 24 Kal. sind, würde eine Zuckerbildung dieses Umfanges auch aus kalorischem Gesichtspunkte vollständig möglich sein. Nur wenn in einwandfreien Versuchen der Zuckerquotient größer als 6,4 ist, kann man daraus mit Bestimmtheit auf eine Zuckerbildung aus Fett schließen.

Es findet sich nun tatsächlich eine Anzahl solcher Beobachtungen, welche von Rumpf (D/N = 10[2]), Mohr (D/N = 8,14[3]), Hartogh und Schumm (D/N = 9,0[4]) veröffentlicht wurden. Gegen dieselben sind aber von Lüthje[5]), Rosenquist[6]), F. Müller[7]) und Landergren[8]) Anmerkungen gemacht worden, welche, meines Erachtens, ihre Beweiskraft in hohem Grade verringert haben. Auf Grund dieser Kritik, betreffend welche ich auf die unten zitierten Arbeiten verweise, müssen wir sagen, daß bis auf den heutigen Tag kein einziger einwandfreier Beweis für eine vitale Zuckerbildung aus Fett bei den höheren Tieren erbracht worden ist. Als unmöglich kann eine solche von vornherein nicht angesehen werden, und mit völliger Bestimmtheit läßt es sich ja nicht behaupten, daß bei den soeben erwähnten und anderen Versuchen der Zucker zum größeren oder kleineren Teil nicht auf Kosten des Fettes entstanden ist.

Vom chemischen Standpunkte aus begegnet eine Glykogenbildung aus Glycerin keiner Schwierigkeit, und es liegen auch Versuche von Cremer[9]), Lüthje[10]) und anderen vor, bei welchen eine solche ziemlich bestimmt nachgewiesen wurde. Da aber das Glycerin nur 9 Proz. des Fettes beträgt, kann demselben an sich keine größere Bedeutung bei dem Kohlehydratansatz im Körper zuerkannt werden.

Aus den vorliegenden Erfahrungen dürfte also vorläufig der Schluß gezogen werden können, daß der Kohlehydratansatz im Körper in erster Linie

---

[1]) Arch. f. exp. Path. **31**, 97, 1893. — [2]) Berliner klin. Wochenschr. 1899, S. 185. — [3]) Ebenda 1901, S. 919. — [4]) Arch. f. exp. Path. **45**, 29, 1900; Rumpf, Arch. f. d. ges. Physiol. **97**, 98, 1903. — [5]) Zeitschr. f. klin. Med. **39**, 423, 1900. — [6]) Berliner klin. Wochenschr. 1899, S. 614. — [7]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 540, 1901. — [8]) Skand. Arch. f. Physiol. **14**, 160, 1903. — [9]) S. Ergebnisse der Physiol. **1**, (1), 889, 1902. — [10]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. **80**, 98, 1904; vgl. auch Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. **103**, 24, 1904.

durch die in der Kost aufgenommenen Kohlehydrate, in zweiter Linie aus zerfallenem Eiweiß hervorgebracht wird [1]).

Damit habe ich gar nicht behaupten wollen, daß Kohlehydrate bei dem Zerfall des Eiweißes im Körper immer gebildet werden können. Wie Landergren [2]) im Anschluß an seine Untersuchungen über den N-Umsatz bei Kohlehydrathunger entwickelt hat, kann man sich sehr wohl denken, daß dies nur dann stattfindet, wenn sonst keine Kohlehydrate dem Körper zur Verfügung stehen. Bei einer Kost, welche allein aus Kohlehydraten besteht, sinkt die N-Abgabe in einigen Tagen sehr tief, auf weniger als 4 g, steigt aber schnell wieder an, wenn die Kohlehydrate durch eine isodyname Fettmenge ersetzt werden, und zwar beträgt diese Zunahme nach drei Tagen etwa 5 g. Unter der Voraussetzung, daß der Körper aus Fett keine Kohlehydrate zu bilden vermag, wird dies dadurch erklärt, daß der Körper, um seinen Bedarf an Kohlehydraten zu decken, eine größere Eiweißmenge zersetzen muß; daß ein solcher Bedarf tatsächlich sich vorfindet, geht ohne weiteres aus der Konstanz des Blutzuckers auch bei weit fortgeschrittenem Hunger hervor.

Man könnte sich nun denken, daß auch bei Kohlehydratzufuhr das Eiweiß in derselben Weise gespalten würde, daß aber der dabei entstandene Zucker nicht genügte, um den Bedarf des Körpers zu decken, weshalb bei Ausschaltung der Kohlehydrate eine größere Eiweißmenge in Anspruch genommen werden müsse. Gegen diese Auffassung spricht indes ein Versuch von Kayser [3]), bei welchem das Versuchsindividuum in einer ersten dreitägigen Periode täglich 21 g N, 71 g Fett und 338 g Kohlehydrate, in einer zweiten ebenso langen 21 g N und 220 g Fett und in einer dritten Periode von drei Tagen wieder die erste Versuchskost bekam. Die N-Abgabe betrug:

während der 1. Periode 18,8 — 19,3 — 20,1,
während der 2. Periode 22,2 — 22,9 — 25,4,
während der 3. Periode 20,8 — 18,4 — 18,8 g.

Im Laufe der zweiten Periode, bei welcher die Kohlehydrate vollständig vermieden und von einer isodynamen Fettmenge ersetzt wurden, stieg die N-Abgabe von 20,1 auf 25,4 g, um bei wiederholter Zufuhr von Kohlehydraten auf 18,8 g herabzusinken.

Da in den Versuchen Landergrens eine N-Umsetzung von etwa 9 g dem Körper vollständig genügte, hätten doch 20 g genügen müssen, wenn bei ihrem Zerfall Zucker gebildet worden wäre. Nichtsdestoweniger steigt die N-Abgabe um etwa 5 g an; diese Mehrzersetzung von Eiweiß diene nach Landergren dazu, den Bedarf des Körpers an Kohlehydraten zu decken. Es würde daher nur bei eintretendem Glykogenmangel eine Kohlehydratbildung aus Eiweiß stattfinden, um den absoluten Bedarf des Körpers an Kohlehydraten zu decken.

Nach Landergrens Erfahrungen würden hierzu etwa 5 g N nötig sein; unter der Voraussetzung, daß im Maximum 6,4 g Zucker pro 1 g Eiweiß-N entstehen können, würde der tägliche Minimalbedarf an Kohlehydraten beim erwachsenen Menschen etwa 32 g betragen.

Wenn diese in vielerlei Hinsicht sehr ansprechende Auffassung richtig ist, so folgt, daß auch beim Hunger eine Glykogenbildung stattfinden könnte. Dann wäre auch der ziemlich bedeutende Glykogengehalt, den man sogar nach sehr lange dauerndem Hungern beobachtet hat, leichter erklärlich, als er erscheint, wenn er

---

[1]) Betreffend die im letzteren Falle stattfindenden chemischen Vorgänge verweise ich auf die Zusammenstellungen von Langstein (Ergebn. d. Physiol. **1**, (1), 71, 1902; **3**, (1), 453, 1904. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **14**, 147, 1904. — [3]) Von Noordens Beiträge **2**, 81, 1894.

als Restglykogen aufgefaßt wird. Eine direkte Stütze dieser Auffassung kann möglicherweise in folgenden Versuchen von Vogelius[1]) und Frentzel[2]) liegen.

Bei diesen wurden die Tiere durch kräftige Strychninkrämpfe glykogenfrei gemacht, dann in künstlichem Schlaf (Chloral, Urethan) gehalten und nach 18 bis 45 Stunden getötet. Die Resultate Frentzels sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Nr.	Dauer des Schlafes Stunden	Glykogen in der Leber g	Glykogen in den Muskeln g
1	18	0,35	0,00
2	24	0,21	0,00
3	28	0,26	0,00
4	45	0,51	Spuren

Vogelius fand an seinen Kaninchen, welche nach 48 bis 74 Stunden getötet wurden, in der Leber 0,30 bis 0,40 g und im übrigen Körper 1,29 bis 1,57 g Glykogen. Ein Kaninchen, welches nach den Strychninkrämpfen außer dem Narcoticum noch Phloridzin erhielt, schied in $33^1/_2$ Stunden 1,70 g Zucker aus; in seiner Leber fand sich 0,07 und in der Muskulatur 0,60 g Glykogen. Einmal gelang es, das Tier nach Beendigung des Strychninkrampfes 119 Stunden in Narkose zu erhalten. Es lieferte 5,25 g Zucker und enthielt nach dem Tode 1,29 g Glykogen in der Leber und den Muskeln.

Zehntes Kapitel.

Der Ansatz von Fett im Körper[3]).

Einen vorläufigen Abschluß gewannen die Ansichten über die Quelle der Fettbildung im Körper durch die Untersuchungen von Pettenkofer und Voit, aus welchen mit großer Wahrscheinlichkeit hervorging, daß beim Fleischfresser und Menschen wenigstens ein Fettansatz nur auf Kosten des Nahrungsfettes und des Eiweißes zustande kommen konnte und daß die Kohlehydrate nur als Ersparer des Nahrungsfettes, bzw. des aus dem Eiweiß abgespaltenen Fettes wirkten. Bei dem Pflanzenfresser war indes Voit geneigt, anzunehmen, daß ein, wenn auch nur geringer, Teil des Fettes den Kohlehydraten entstammte[4]).

Ich werde die von den genannten Autoren dargebrachten Beweisgründe für die Fettbildung aus Eiweiß in erster Linie erörtern. Dabei werde ich indes die Angaben über die unter der Mitwirkung niederer Pilze stattfindende Fettbildung nicht berücksichtigen, weil sie für die Frage nach der Fettbildung im Tierkörper keine Bedeutung beanspruchen können.

Fr. Hofmann[5]) ließ Eier der Schmeißfliege sich in defibriniertem Blute entwickeln. Das Blut enthielt ursprünglich 0,0535 g Fett, die frischen Fliegeneier insgesamt 0,0064 g, Summa 0,0599 g Fett. Bei den erwachsenen Tieren fand

[1]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1893, S. 378. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **56**, 282, 1894. — [3]) Betreffend Einzelheiten, welche hier nicht besprochen werden können, verweise ich auf Rosenfelds eingehende Darstellung dieser Frage in den Ergebnissen der Physiol. **1**, (1), 651, 1902 und **2**, (1), 50, 1903. — [4]) Voit, 1881, S. 235. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **8**, 159, 1872.

Hofmann 0,5328 g Fett, es hatte sich also aus dem Bluteiweiß 0,4729 g Fett gebildet. Gegen diesen Versuch wendet aber Pflüger[1]) ein, daß hier unter dem Einfluß niederer Pilze sowohl Fett als Kohlehydrate aus dem Eiweiß gebildet werden müßten, wodurch natürlich die Beweiskraft desselben gänzlich aufgehoben wird. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wiederholte O. Frank[2]) den Versuch unter Anwendung von Fleisch, das 14 Tage lang mit Äther extrahiert worden war. Hierbei konnte er tatsächlich einen nicht geringen Fettansatz konstatieren. Dessenungeachtet findet er selber den Versuch nicht beweisend, und zwar weil man nicht sicher sein kann, daß der Äther wirklich alles Fett aus dem als Nährboden dienenden Fleisch entfernt hat.

Unter gewissen pathologischen Zuständen findet eine fettige Metamorphose und eine Anhäufung von Fett in den Geweben statt, welche nach Voits Auffassung nicht dadurch bedingt ist, daß Fett von außen den Geweben zugeführt und von ihnen aufgenommen wird, sondern vielmehr den Ausdruck einer Umwandlung des Organeiweißes in Fett darstellt.

Ich werde die Frage nach den Vorgängen bei der fettigen Degeneration nicht in ihrem ganzen Umfange hier erörtern, sondern mich nur auf die bei der Phosphorvergiftung auftretende beschränken, da diese für die vorliegende Frage als besonders bedeutungsvoll aufgefaßt worden ist.

Als Stütze seiner Ansicht, daß die fettige Degeneration bei der Phosphorvergiftung von einer Umwandlung des Organeiweißes bedingt wäre, führt Voit folgenden Versuch von Bauer[3]) an. Nach 12tägigem Hungern wurde ein Hund mit Phosphor vergiftet und starb 7 Tage nachher. Bei der Sektion fand sich in allen Organen und ganz besonders in den Muskeln und der Leber eine reichliche Anhäufung von Fett (in den Muskeln 42,4 Proz., in der Leber 30 Proz.). Wegen des vorhergehenden 12tägigen Hungerns stellt sich Bauer vor, daß das Tier schon zu Beginn der Vergiftung die größte Menge seines Körperfettes eingebüßt hatte, und daß also das in den Organen nachgewiesene Fett nur aus dem reichlich zugrunde gegangenen Eiweiß entstanden sein könnte. Demgegenüber läßt sich aber einwenden, daß der Körper nach den neueren Erfahrungen (vgl. oben S. 387) auch bei fortgeschrittenem Hungern doch ziemlich viel Fett enthalten kann, und diese Einwendung muß hier um so mehr in Betracht gezogen werden, da der Hund Bauers vor dem Versuche gut genährt war.

Bauers Auffassung gegenüber bemerkte Lebedeff[4]), daß das Fett z. B. in der Phosphorleber nicht daselbst durch Zerfall des Eiweißes entsteht, sondern dorthin aus Fett aufgenommen wird, welches den großen Fettdepots des Körpers entstammt und mit dem Blute der Leber zugeführt wird. Er stützt diese Auffassung darauf, daß das Fett in der Phosphorleber dieselbe Zusammensetzung und Beschaffenheit als das subcutane Fett hat; wenn man vor der Phosphorvergiftung die Versuchstiere mit verschiedenen Fettarten mästet, so hat das bei der Phosphorvergiftung in der Leber auftretende Fett eine entsprechende Beschaffenheit, während man doch erwarten sollte, daß ein durch Zerfall des Leberparenchyms gebildetes Fett immer einer und derselben Art wäre und in keiner Abhängigkeit von der Art des subcutanen Fettes stände. Ganz ähnliche Resultate hat später auch Rosenfeld nach derselben Methode gewonnen[5]).

Nach der statistischen Methode an Fröschen angestellte Versuche ergaben wiederum, daß phosphorvergiftete Tiere eine größere Fettmenge enthielten als die Kontrolltiere (Leo[6]), Polimanti[7]). Gegen diese Versuche machte indes Pflüger[8]) verschiedene Einwendungen und veranlaßte Athanasiu[9]), die Frage an der Hand eines genügend umfangreichen Materials nochmals zu prüfen. Diese Versuche fanden unter Anwendung der inzwischen durch die Arbeiten aus Pflügers Labora-

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **51**, 280, 1892. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **35**, 553, 1897. — [3]) Ebenda **7**, 71, 1871; **14**, 527, 1878. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **31**, 13, 1883. — [5]) Ergebn. d. Physiol. **2**, (1), 67, 1903; Berl. klin. Wochenschr. 1904, Nr. 22. — [6]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **9**, 469, 1885. — [7]) Arch. f. d. ges. Physiol. **70**, 349, 1898. — [8]) Ebenda **71**, 318, 1898. — [9]) Ebenda **74**, 511, 1899. Daselbst auch ausführliche Literaturangaben.

torium vielfach verbesserten und verfeinerten Fettbestimmungsmethoden an 124 vergifteten und gleich vielen Kontrollfröschen derselben Körpergröße statt und ergaben, daß 100 g des lebenden Tieres durch die Vergiftung eine Vermehrung des Fettgehaltes um 0,005 g erfahren hatten; daß dagegen 100 g des anfänglichen Lebendgewichtes durch die Phosphorvergiftung 0,093 g Glykogen verloren, während bei beiden Gruppen die Lecithinmenge und die Stickstoffausscheidung gleich groß waren.

In wesentlicher Übereinstimmung hiermit findet Taylor[1]) in einer an 14 vergifteten und 14 Kontrollfröschen ausgeführten Versuchsreihe, daß die phosphorvergifteten Tiere pro 100 g lebende Substanz 0,347 g N, 3,00 g Trockensubstanz, 0,35 g Fett und 0,09 g Glykogen verloren. Der Zerfall ist hier größer als bei den Versuchen von Athanasiu, was wohl darauf beruht, daß Taylors Tiere im allgemeinen 10 bis 12 Tage am Leben blieben, während Athanasius Frösche schon nach 1 bis 6 Tagen verendeten.

Auch Versuche an warmblütigen Tieren ergaben gleichlautende Resultate. Kraus und Sommer[2]) fanden bei phosphorvergifteten Mäusen in der Leber 7,4 bis 37,4 Proz. Fett, während die Leber der Kontrolltiere nur 5,1 bis 11,8 Proz. Fett enthielt. Dagegen war der gesamte Fettgehalt des Körpers bei jenen 4,1 bis 7,9, bei diesen aber 13,8 bis 29,3 Proz.

Endlich hat Rosenfeld[3]) gezeigt, daß die bei der Phosphorvergiftung so konstant erscheinende Fettanhäufung in der Leber vollständig ausbleibt, wenn der Versuch an Tieren angestellt wird, welche zu Beginn der Vergiftung schon so fettarm wie möglich sind. Als Beispiel seien folgende Angaben an Hühnern mitgeteilt:

Nr.	Kontrolltiere		Nr.	Phosphorvergiftete Tiere	
	Fett in der Leber g	Fett im ganzen Körper g		Fett in der Leber g	Fett im ganzen Körper g
1	0,45	7,37	1	0,20	4,49
2	0,16	3,40	2	0,35	3,52
			3	0,65	4,52

Das Verhalten des Fettes bei der Phosphorvergiftung gibt also der Lehre von der Fettbildung aus Eiweiß keine Stütze[4]).

Dasselbe gilt auch von der Fettbildung in der Milchdrüse. Soviel sich die Sache jetzt übersehen läßt, kann kein Zweifel darüber walten, daß das Milchfett teils dem Nahrungsfett, teils den Kohlehydraten entstammt. Ob aber das Eiweiß hierbei irgend welchen direkten Anteil hat, muß vorläufig als unentschieden angesehen werden, und jedenfalls kann die Fettabsonderung in der Milchdrüse nicht als Beweis für eine im Körper sonst vorkommende Fettbildung aus Eiweiß herbeigezogen werden[5]).

Als wichtigster Grund für die Annahme einer Fettbildung aus Eiweiß galten lange die Resultate der von Pettenkofer und Voit am Hunde ausgeführten Bilanzversuche, laut welchen unter günstigen Umständen bis zu 58 g aus Eiweiß stammendes Fett täglich angesetzt werden konnte[6]). Dieses Resultat war indes nur durch eine fehlerhafte Annahme, betreffend die elemen-

[1]) Journ. of experim. Med. **4**, 399, 1899. — [2]) Beitr. zur chem. Physiol. **2**, 86, 1902. — [3]) Ergebn. d. Physiol. **2**, (1), 67, 1903. — [4]) Vgl. auch Lindemann, Zeitschr. f. Biol. **38**, 405, 1899; Ribbert, Deutsche med. Wochenschr. 1903, Nr. 44; Rosenfeld, Berl. klin. Wochenschr. 1904, Nr. 22. — [5]) Vgl. die Zusammenstellungen von Rosenfeld (Ergebn. d. Physiol. **1**, (1), 664) und K. Basch (Ebenda **2**, (1), 366). Da die Fettbildung in der Milchdrüse am zweckmäßigsten im Zusammenhang mit der Physiologie dieses Organes behandelt wird, habe ich diese Frage hier nicht näher besprechen wollen. — [6]) Ann. d. Chem. u. Pharm., 2. Supplbd., 1863, S. 52, 361; Zeitschr. f. Biol. **5**, 106, 1869; **6**, 371, 1870; **7**, 489, 1871.

tare Zusammensetzung des Eiweißes, bedingt, und die eingehende Kritik, die Pflüger an diesen Versuchen ausübte [1]), ergab, daß sich aus diesen Versuchen kein Fettansatz nachweisen läßt (vgl. oben, S. 409).

Im Voitschen Institut wurden dann neue Bilanzversuche gemacht, um die Frage näher aufzuklären. Dabei konnte Cremer [2]) an einer Katze, die er mit sehr großen Fleischmengen fütterte, in der Tat eine Retention von überschüssigem Kohlenstoff konstatieren. Die zurückgebliebene C-Menge betrug in einer Versuchsreihe bei einer täglichen Zufuhr von 450 g Fleisch 7,3 g pro Tag, und in einer anderen bei 350 bis 450 g Fleisch 4,5 g pro Tag. Auch gegen diese Versuche machte Pflüger [3]) vielerlei Einwendungen, welche indes zum großen Teile nicht als berechtigt angesehen werden können, auch wenn man Pflüger darin beistimmen muß, daß die Cremerschen Versuche, so wie sie jetzt vorliegen, in einer viel zu kurzen Form mitgeteilt sind.

Zu demselben Resultat wie Cremer kam auch Gruber [4]) in seinen schon oben (S. 503) erwähnten Bilanzversuchen am Hunde bei einer täglichen Zufuhr von 1500 g Fleisch.

Meines Erachtens kann diesen Versuchen gegenüber die Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten werden, daß im Körper überhaupt keine Fettbildung aus Eiweiß möglich wäre; dieselbe scheint aber im allgemeinen nur geringen Umfanges zu sein und bloß bei Zufuhr sehr großer Eiweißmengen vorzukommen, was wohl damit zusammenhängt, daß das Nahrungseiweiß unter allen Nahrungsstoffen in erster Linie zerfällt. Beim Menschen, der ja nur eine verhältnismäßig geringe Eiweißmenge zu verdauen vermag, dürfte das Eiweiß als Fettbildner keine nennenswerte Bedeutung besitzen.

Zu der Zeit, als die Lehre vom Eiweiß als die wesentliche Quelle des Fettansatzes noch in ihrem vollen Umfange allgemein angenommen war, mußte man, um einen eventuellen Fettansatz aus N-freien Nahrungsstoffen darzutun, in erster Linie beweisen, daß die angesetzte Fettmenge nicht aus dem zerfallenen Eiweiß hätte entstehen können. Die Beweisführung war daher in etwa derselben Weise durchzuführen, wie oben in bezug auf die Glykogenbildung aus Kohlehydraten dargestellt worden ist (vgl. S. 501). Seitdem die Bedeutung des Eiweißes als Fettbildner so erheblich reduziert worden ist, kommt diese Komplikation nicht mehr in Betracht. Wegen des geschichtlichen Interesses, welches die ersten von dem genannten Standpunkte aus einwandfreien Untersuchungen über Fettbildung aus N-freien Nahrungsstoffen beanspruchen, finde ich es angezeigt, die betreffenden Versuche auch unter Berücksichtigung einer eventuellen maximalen Fettbildung aus Eiweiß zu besprechen.

Nach Henneberg [5]) stellte man sich vor, daß das Eiweiß ohne Eingriff des atmosphärischen Sauerstoffs zerfalle, und zwar in folgender Weise: Aus 1 g Eiweiß würde nach Abtrennung des Stickstoffs als Harnstoff (0,335 g) zum Reste (0,665 g) 0,123 g Wasser hinzutreten und davon 0,274 g CO_2 austreten: dann blieben 0,514 g Fett übrig. Da aber die physiologische Verbrennungswärme von 1 g Eiweiß rund 4,1 Kal., die von 0,514 g Fett aber rund 4,8 Kal. beträgt, war die von Henneberg berechnete Zahl, wie Rubner [6]) bemerkte, entschieden zu groß, denn dem Wärme-

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **51**, 231, 1891; vgl. auch Kumagawa, Mitteil. d. med. Fakultät zu Tokio **3**, 1, 1894. — [2]) Münch. med. Wochenschr. 1897, Nr. 29; Zeitschr. f. Biol. **38**, 309, 1899. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **68**, 176, 1877; **77**, 521, 1899. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 409, 1901. — [5]) Voit, S. 250. — [6]) Zeitschr. f. Biol. **21**, 355, 1885.

werte nach konnte aus 1 g Eiweiß höchstens 0,447 g Fett entstehen, und dies nur in dem Falle, wenn die gesamte potentielle Energie des Eiweißes auf die gebildete Fettmenge übertragen würde.

Daß das Nahrungsfett im Körper angesetzt wird, geht schon aus den Bilanzversuchen von Pettenkofer und Voit mit aller wünschenswerten Klarheit hervor (vgl. S. 412). Viele andere Erfahrungen bestätigen diese Tatsache.

Fr. Hofmann[1]) ließ einen Hund von 26,45 kg Körpergewicht 30 Tage lang hungern, wobei dieser 39,5 Proz. seines Gewichtes verlor, und gab ihm dann während 6 Tage insgesamt 2389 g Fett und 39,7 g N. Bei der Sektion wurden im Körper 1353 g Fett aufgefunden, welches zum allergrößten Teile während der forcierten Fütterung angesetzt worden war. Aus dem zersetzten Eiweiß hätten im Maximum nur 131 g Fett entstehen können. — I. Munk[2]) ließ einen Hund 33 Tage lang hungern; währenddessen sank das Körpergewicht von 17,6 auf 11,5 kg herab. Nun erhielt das Tier während 17 Tage insgesamt 5250 g Fleisch und 2260 g Rüböl; sein Körpergewicht stieg auf 13 kg. Bei der Sektion wurde eine reichliche Fettablagerung konstatiert. Dieses Fett unterschied sich aber wesentlich von dem gewöhnlichen Hundefett, indem wenigstens vier Fünftel davon bei Zimmertemperatur flüssig waren und sich als ein helles, durchsichtiges, schwach gelblich gefärbtes Öl darstellten; auf den Boden des Gefäßes setzte sich eine weißliche, körnig kristallinische Masse ab. Das angesetzte Fett zeigte also hinsichtlich seiner Konsistenz mit dem gefütterten Rüböl eine große Übereinstimmung; in demselben gelang es außerdem Munk, wie früher bei entsprechenden Versuchen Radziejewski[3]), die im normalen Hundefett nicht vorkommende Erucasäure nachzuweisen.

Desgleichen gelang es Lebedeff[4]), je nachdem er Leinöl oder Hammeltalg fütterte, ein Fett mit niedrigem oder mit hohem Schmelzpunkte bei Hunden zum Ansatz zu bringen[5]).

Gegen die letzterwähnten Versuche hat Pflüger[6]) allerdings bemerkt, daß das Hundefett keine konstante Zusammensetzung hat, und daß also die von Munk beobachtete Abhängigkeit der Beschaffenheit des bei verschiedener Fütterung angesetzten Fettes vom Futter nichts bewiese. Meines Erachtens wird jedoch die Beweiskraft der soeben erwähnten Beobachtungen nicht durch diese Einwendung aufgehoben.

Noch im Jahre 1881 äußerte Voit[7]), daß „es nicht mit Sicherheit erwiesen sei, daß die Kohlehydrate im fleischfressenden oder pflanzenfressenden Tier in Fett übergehen, aber auch nicht, daß sie nur das anderweit erzeugte Fett vor der Verbrennung schützen". Dennoch lagen schon damals die an Schweinen durchgeführten Versuchsreihen von Weiske und Wildt[8]) vor, aus welchen mit aller Bestimmtheit eine Fettbildung aus Kohlehydraten sich demonstrieren läßt.

Von drei gleichen, sechs Wochen alten Tieren wurden zwei zur Bestimmung des am Körper schon vorhandenen Fleisches und Fettes gleich geschlachtet und das dritte mit Kartoffeln gefüttert. Während 184 Versuchstage setzte das Tier 6,140 kg Fett an; davon entstammten 0,575 aus dem Nahrungsfett; im Körper wurden also 5,565 kg Fett gebildet. Der Eiweißumsatz betrug 13,082 kg. Unter Anwendung der Reduktionszahl von Henneberg (51,4) hätten aus dem zersetzten

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **8**, 165, 1872. — [2]) Arch. f. pathol. Anat. **95**, 407, 1884. — [3]) Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1866, S. 351; Arch. f. pathol. Anat. **43**, 276, 1868; **56**, 211, 1872. — [4]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **6**, 139, 1882; Arch. f. d. ges. Physiol. **31**, 47, 1883. — [5]) Vgl. auch Winternitz, Zeitschr. f. physiol. Chem. **24**, 425, 1898. — [6]) Arch. f. d. ges. Physiol. **82**, 331, 1900. — [7]) Voit, S. 262. — [8]) Zeitschr. f. Biol. **10**, 1, 1874; vgl. auch Lawes und Gilbert, Phil. Trans. **149**, 493, 1860.

Eiweiß 6,724 kg Fett entstehen können. Nun findet sich aber vom Stickstoff der Kartoffeln wenigstens ein Drittel in Form von Asparagin vor; selbst wenn die Hennebergsche Zahl richtig wäre, so hätten daher aus Eiweiß nur 4,482 kg Fett entstehen können. Aus Kohlehydraten wären also mindestens 1,083 kg Fett entstanden.

Auch Voit gibt bei der Besprechung dieses Versuches zu, daß hier möglicherweise ein Beispiel vorliegt, bei dem die Kohlehydrate zur Fettbildung zu Hilfe genommen werden müssen.

In der folgenden Zeit wurden Beispiele dieser Art immer zahlreicher. An Pflanzenfressern veröffentlichten Soxhlet[1]), B. Schultze[2]), Meißl und Strohmer[3]), Kühn[4]), Chaniewski[5]), Meißl, Strohmer und v. Lorenz[6]), Rosenfeld[7]), Lehmann und E. Voit[8]), an Hunden I. Munk[9]) und Rubner[10]) derartige Untersuchungen.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung einiger Angaben betreffend die Pflanzenfresser:

Nr.	Tierart	Fettansatz aus			Autor
		Nahrungsfett g	Eiweiß, nach Henneberg berechnet g	Kohlehydraten g	
1	Gans	20,4	54,9	193,6	Chaniewski
2	„	31,7	104,9	503,7	„
3	„	8,7	51,4	385,2	„
4	Ochs	86,0	192,0	145	Kühn u. a.
5	„	77,0	153,0	202	„ „ „
6	„	39,0	103,0	561	„ „ „
7	Schwein	7,9	33,6	312	Meißl u. Strohmer
8	„	16,4	33,0	363,8	„ „ „
9	„	15,2	45,2	148,4	„ „ „

Munk ließ einen Hund von etwa 37 kg Körpergewicht 31 Tage lang hungern und fütterte ihn dann während 25 Tage mit 200 g Fleisch und verschiedenen Mengen Kohlehydrat und Leim (mit letzterem nur 10 Tage). Bei der Sektion wurden 1070 g Fett erhalten; davon waren nach Munk wenigstens neun Zehntel, also 963 g, während der Fütterungsperiode gebildet. Da der Eiweißumsatz während des ganzen Versuches 808 g betrug, hätten nach der Hennebergschen Zahl daraus höchstens 415 g Fett entstehen können; das Futter enthielt 75 g Fett. Es wurden aber noch insgesamt 797 g trockener Leim verfüttert. Unter der Annahme, daß aus diesem ebensoviel Fett entstehen konnte wie aus dem Eiweiß, wären aus dem Leim 410 g Fett entstanden. Aus Kohlehydraten wären dann jedenfalls 963 — (415 + 75 + 410) = 63 g Fett gebildet. Diese Rechnung gründet sich aber, wie aus dem früher Ausgeführten hervorgeht, auf absurde Voraussetzungen; der aus Kohlehydraten entstammende Fettansatz ist also noch beträchtlich größer.

Bei dem Versuche von Rubner wurden alle Ausgaben des Körpers direkt bestimmt. Der Versuchshund von 6,2 kg Körpergewicht bekam während zwei Ver-

[1]) Zeitschr. d. landw. Vereins in Bayern 1881; zit. nach Lehmann und E. Voit. — [2]) Landw. Jahrb. **1**, 57, 1882. — [3]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. (Wien), math.-naturw. Kl., **88**, (3), 205, 1883. — [4]) Landw. Versuchsstat. **44**, 370, 443, 505, 560, 1894. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **20**, 179, 1884. — [6]) Ebenda **22**, 141, 1886. — [7]) Berl. klin. Wochenschr. 1899, S. 665. — [8]) Zeitschr. f. Biol. **42**, 619, 1901. — [9]) Arch. f. pathol. Anat. **101**, 91, 1885. — [10]) Zeitschr. f. Biol. **22**, 272, 1886.

suchstage insgesamt 200 g Rohrzucker, 170 g Stärke und 9,4 g Fett. Kohlenstoff: aufgenommen 176,6 g, abgegeben 87,1; im Körper also zurückgeblieben 89,5 g. Aus dem zersetzten Eiweiß hätten höchstens 5,8 g C und aus dem Nahrungsfett 7,2 g C im Körper zurückbleiben können. Also müssen 76,5 g Kohlenstoff aus den gefütterten Kohlehydraten entstammen. Sie können nun entweder als Glykogen oder Fett im Körper angesetzt worden sein. Als Glykogen berechnet würden sie etwa 173 g, d. h. 27,9 g pro Kilogramm Körpergewicht betragen; es ist jedoch äußerst wenig wahrscheinlich, daß hier eine so große Glykogenmenge angesetzt worden ist. Es ist allerdings wahr, daß sich unter Schöndorffs[1]) Versuchen drei vorfinden, bei welchen der Glykogengehalt noch größer gewesen. Diese Tiere wurden aber 8 Tage lang gefüttert und bekamen täglich nebst 200 g Fleisch 100 g Reis, 150 g Kartoffeln und 150 g Rohrzucker, d. h. etwa 250 g Kohlehydrate, 185 g Kohlehydrate in dem vorliegenden Versuche gegenüber.

Bei dieser Umwandlung der Kohlehydrate in Fett müssen selbstverständlich Reduktionsprozesse stattfinden. Das tierische Fett hat etwa folgende elementare Zusammensetzung: 76,54 C, 11,94 H, 11,52 O; die Dextrose enthält 40 C, 6,7 H, 53,3 O. Um den nötigen Kohlenstoff für 100 g Fett zu liefern, sind daher im Minimum 191,35 g Dextrose erforderlich. Denken wir uns nun, daß C, H und O dieses Kohlehydrates in C, H und O des Fettes übergehen, so finden wir:

	191,35 Dextrose	100 Fett.
Darin	76,54 C	76,54 C
	12,76 H	11,94 H
	102,05 O	4,52 O

Die 0,82 g H bilden mit 6,56 g O zusammen 7,38 g Wasser.

Von dem Sauerstoff bleiben noch 83,97 g übrig. Diese können aber 78,71 weiteres Kohlehydrat vollständig verbrennen und liefern dabei 47,23 g Wasser und 115,45 g CO_2. Man erhält daher folgende Äquation:

$$270{,}06 \text{ g Traubenzucker} = 100 \text{ g Fett} + 54{,}61 \text{ g Wasser} + 115{,}45 \text{ g } CO_2 \text{ (Bleibtreu}^2\text{)}.$$

Dieser Vorgang verläuft mit einer positiven Wärmetönung, denn 100 g Fett = 950 Kal., 270,06 g Dextrose aber 1010,70; die Differenz beträgt 60,7 Kal.

Ohne Sauerstoff aufzunehmen, scheidet der Körper also bei der Bildung von 100 g Fett aus Kohlehydraten 115,45 g = etwa 59 Liter CO_2 aus. Diese Kohlensäure zu der sonst gebildeten addiert, muß natürlich den respiratorischen Quotienten erhöhen.

Die Richtigkeit dieser Konsequenz hat Bleibtreu durch direkte Versuche an mit Kohlehydrat gemästeten Gänsen bestätigt, und zwar gelang es ihm, den respiratorischen Quotienten dauernd beträchtlich über die Einheit, bis zu 1,38, hinauszutreiben. Diese hohen Zahlen sind nicht durch Abnehmen des verbrauchten Sauerstoffs, sondern durch Ansteigen der ausgeschiedenen Kohlensäure verursacht[3]).

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **99**, 213, 1903. — [2]) Ebenda **56**, 464, 1894; **85**, 356, 1901. Eine ähnliche Rechnung haben früher auch Meißl (Zeitschr. f. Biol. **22**, 142, 1886) und Hanriot (Compt. rend. **114**, 371) gemacht. — [3]) Vgl. auch die entsprechenden Beobachtungen am Murmeltiere von Pembrey (Journ. of Physiol. **27**, 407, 1901); daselbst ist auch die frühere Literatur besprochen.

Betreffend das durch Kohlehydrate gebildete Fett gibt Rosenfeld[1]) nach Versuchen an Gänsen an, daß es im Vergleich mit dem Fett der Hungergänse folgende Eigentümlichkeiten darbietet. In bezug auf das Gesamtfett findet man bei den Kartoffelgänsen nur eine 1 cm hohe Schicht flüssigen Fettes über den 8 bis 9 cm hohen Mengen von Kristallen aus Palmitin und Stearin, während das Hungerfett zu neun Zehntel aus der Ölschicht besteht. Während bei den Hungergänsen das Hautfett zu zwei Drittel bis drei Viertel aus öliger Substanz besteht, an deren Boden nur ein relativ geringer Niederschlag sich befindet, und bei den Marktgänsen jenes Fett zu erhalten ist, dessen schwer erstarrende, halbflüssige Art allgemein bekannt ist, ist das Hautfett der Kartoffelgänse nach 10 Stunden fest geronnen, von ziemlich derber Konsistenz. Das Kohlehydratfett ist also ein hartes, ölsäurearmes Fett.

Im Verdauungsrohre wird das Fett, zum größten Teile wenigstens, in Fettsäure und Glycerin gespalten. Schon aus dieser Tatsache folgt, daß gefütterte freie Fettsäuren bzw. Seifen für den Fettansatz etwa dieselbe Bedeutung als das Neutralfett haben müssen. Daß dies wirklich der Fall ist, wurde von Radziejewski[2]) unter Anwendung von Rübölseife, und von I. Munk[3]) unter Anwendung von aus Schaffett freigemachten Fettsäuren nachgewiesen.

Letzterer gab einem Hunde von 17 kg Körpergewicht während 14 Tage nur 500 g Fleisch täglich und ließ ihn dann 19 Tage lang hungern, wobei sein Körpergewicht auf 10,8 kg herabsank. Dann wurde das Tier während 14 Tage mit magerem Fleisch und großen Mengen der freien Fettsäuren gefüttert. Dabei stieg das Körpergewicht auf 12,7 kg an. Bei der Sektion wurden etwa 1100 g Fett erhalten; es enthielt nicht mehr als 1 Proz. freie Fettsäuren und stimmte hinsichtlich seiner Eigenschaften mit dem Schaffett sehr nahe überein. Die gefütterten Fettsäuren hatten sich also im Körper mit Glycerin verbunden und waren dann als Neutralfett im Körper angesetzt worden[4]).

Elftes Kapitel.

Die mineralischen Nahrungsstoffe.

§ 1. Allgemeine Übersicht.

Für den Unterhalt des Körpers sind gewisse anorganische Verbindungen ebenso wichtig als die organischen Nahrungsstoffe, weil der Körper immer, sowohl beim Hungern, als bei der reichlichsten Zufuhr von organischen Nahrungsstoffen, solche von sich abgibt und, wenn diese durch die Nahrung nicht ersetzt werden, schwer erkrankt und endlich am „Aschehunger" stirbt.

Die betreffenden Verbindungen sind Wasser und Aschebestandteile, welche letztere der Kürze halber oft als Salze bezeichnet werden.

Über die Bedeutung des Wassers können wir uns kurz fassen. Das Wasser ist dem Körper notwendig, teils um dessen Geweben den normalen Turgor, ohne welchen die lebendige Substanz nicht leistungsfähig und am Leben bleiben kann, zu geben, teils um als Lösungs- und Quellungsmittel für die in

---

[1]) Berl. klin. Wochenschr. 1899, S. 665. — [2]) Arch. f. pathol. Anat. **43**, 1868; **56**, 214, 1872. — [3]) Ebenda **95**, 437, 1884. — [4]) Vgl. auch Fischlers Versuche über experimentell erzeugte Fettsynthese aus ölsaurem Natrium und Glycerin in der überlebenden Niere (Arch. f. pathol. Anat. **174**, 338, 1903).

den Körperflüssigkeiten enthaltenen Verbindungen zu dienen; werden ja diese gerade durch das Wasser als Vehikel nach allen Teilen des Körpers gebracht.

Durch alle seine Ausscheidungen gibt der Körper ununterbrochen Wasser von sich ab, und wird dieser Verlust nicht ersetzt, so steigt er früher oder später zu einem mit dem Bestande des Lebens unvereinbaren Umfange. Hungernde Tiere vertragen besser Wassermangel als Tiere, welche mit trockenem Futter ernährt werden, was dadurch bedingt ist, daß bei jenen die Organe selber zugrunde gehen und dabei das in ihnen mit der lebendigen Substanz innig verbundene Wasser frei machen und also dem Gesamtkörper zur Verfügung stellen. Bei trockenem Futter zerfällt die lebendige Substanz gar nicht oder jedenfalls in kleinerem Maße als beim Hungern: das in den Geweben enthaltene Wasser wird daher in diesen zurückgehalten, und die Körperflüssigkeiten bekommen also von dieser Quelle aus keinen genügenden Ersatz für die Verluste an Wasser, die sie erleiden. Außerdem sind diese Verluste bei Fütterung mit trockenem Futter größer als beim Hungern, denn die Verdauung beansprucht jetzt eine gewisse Menge Wasser, und auch die Harnabgabe wird wohl größer sein, als bei vollständiger Karenz.

Wenn man ein Tier mit Eiweiß, Fett, Kohlehydraten und Wasser in vollkommen genügender Menge füttert, so viel wie möglich aber alle mineralischen Bestandteile ausschließt, so treten im Befinden desselben merkwürdige Störungen auf. Bei allen so gefütterten Tieren (Tauben, Hunden) trat nach Forster[1]) bald ein Zustand von Muskelschwäche und Zittern auf, der am besten durch allgemeine Ermüdung bezeichnet werden kann. Die Schwäche in den einzelnen Muskeln der Hunde, namentlich der hinteren Extremitäten, nahm allmählich, schon von der zweiten Versuchswoche an, einen lähmungsartigen Charakter an. Auch die Tätigkeit des Gehirns erlitt Störungen, die sich in dem wachsenden Stumpfsinn und der Teilnahmslosigkeit der Tiere zu erkennen gaben. Erscheinungen einer erhöhten Erregbarkeit machten sich in späterer Zeit oft geltend. So zuckten die Hunde sofort und stets, wie heftig erschreckt, zusammen, wenn irgend eine rasche Bewegung, auch in der Entfernung, gegen sie ausgeführt wurde. Unter die Erscheinungen von seiten der Zentralorgane sind auch Wutanfälle, die sich namentlich durch tonischen Krampf der Hals- und Kiefermuskulatur äußerten, zu setzen. Bei Tauben trat endlich der Tod unter allgemeinen Krämpfen und Erstickungserscheinungen ein. Die Versuche an Hunden unterbrach Forster zu einer Zeit, wo die Störungen nicht die äußerste Grenze erreicht hatten.

Trotz dieser Störungen gingen die Stoffwechselprozesse bis zu späten Stadien des Salzhungers in etwa normaler Weise vor sich. Auch die Verdauung verlief eine längere Zeit unverändert, endlich zeigten sich aber darin erhebliche Störungen, das Futter wurde im Magen erst nach längerem Aufenthalt verändert, Erbrechen stellte sich ein, und es wurde auch öfters Kot entleert, der eine weiche, fast diarrhöische Beschaffenheit hatte.

Wenn zu gewöhnlichem, salzhaltigem Futter übergegangen wurde, so zeigten die Tiere anfänglich nur eine geringe Freßlust; allmählich steigerte sich dieselbe, so daß das Tier schließlich eine erstaunliche Gefräßigkeit zeigte.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **9**, 297, 1873. Daselbst ist auch die ältere Literatur besprochen.

Die Schwäche und das Zittern der Muskeln, der tappende Gang verloren sich aber nur allmählich, so daß nach Verlauf eines vollen Monats Spuren davon noch bemerkbar waren.

Durch diese Beobachtungen ist es also erwiesen, daß die Aschebestandteile der Kost für den Unterhalt des Körpers ebenso wichtig sind als die darin enthaltenen brennbaren Verbindungen, ja aus den soeben angeführten Versuchen scheint sogar zu folgen, daß der erwachsene Körper leichter eine vollständige Karenz, als den einseitigen Aschehunger verträgt.

Um die Ursache dieses Sachverhaltes zu erforschen, hat Forster die Ausscheidung des Phosphors und des Kochsalzes bei Salzhunger untersucht und ist dabei zu folgenden, von späteren Autoren bestätigten Resultaten gekommen.

Die Ausscheidung des Phosphors im Harn und Kot hört niemals auf, sie nimmt nur in einem erheblichen Grade ab, und zwar um so mehr, je größer die Menge des genossenen salzfreien Futters ist. Für das Kochsalz zeigt sich ganz dasselbe: im Anfange des Versuches wird dieses in Mengen abgegeben, die sich von Tag zu Tag verringern. Später ist die Ausscheidung desselben so weit herabgedrückt, daß in 200 ccm Harn nunmehr nur unwägbare Spuren entdeckt werden können. An den zwei letzten Versuchstagen, an denen der Körper an Substanz verlor, erschienen wieder, wenn auch ganz geringe Mengen Chlor im Harn. Auch im Magensafte wurde, selbst in den späteren Stadien des Versuches, Chlor vom Tiere abgesondert. Im allgemeinen gilt von der Kochsalzausscheidung dasselbe wie von der Phosphorabgabe, nämlich daß diese um so geringer ist, je größer die Menge der genossenen aschefreien Kost ist, d. h. je weniger die eigene Substanz des Körpers am Stoffzerfall teilnimmt.

Forster glaubt diese Resultate verallgemeinern zu dürfen und stellt daher den Satz auf, daß die Ausscheidung der Aschebestandteile beim Salzhunger während des ganzen Versuches, jedoch in erheblichem Grade vermindert, andauert und gerade bei der reichlichsten Zufuhr von organischen Nahrungsstoffen am geringsten ist.

Dieses Verhalten ist wahrscheinlich dadurch bedingt, daß bei ungenügender Zufuhr von organischen Nahrungsstoffen die Aschebestandteile aus den dann zerfallenden Geweben frei werden, in den allgemeinen Saftstrom gelangen und zum Teil ausgeschieden werden. Bei reichlicherer Aufnahme von organischen Nahrungsstoffen zerstört der Körper nicht seine eigene Substanz, und die in den Geweben gebundenen mineralischen Bestandteile werden daher von ihnen möglichst stark festgehalten; daher nimmt die Menge der in den Körperflüssigkeiten enthaltenen freien Salze ab, und die Ausscheidung wird geringer.

Sie hört indessen nie vollständig auf, und die Gewebe müssen daher, um den Anforderungen der Körperflüssigkeiten an Aschebestandteilen zu genügen, von ihrer eigenen Substanz immer wieder solche abgeben.

Hierin liegt aller Wahrscheinlichkeit nach die Ursache der schweren Störungen, welche den Aschehunger charakterisieren. Wie Voit[1]) ausführt, ist das Leben allerdings noch möglich, wenn auch die Organe einen Teil ihrer konstituierenden Asche eingebüßt haben; ihr Gehalt an Asche kann innerhalb gewisser, allerdings sehr enger Grenzen schwanken. Sobald aber der Verlust über diese Grenze hinausgeht, die von dem normalen Gehalte nicht weit abliegt, sind die normalen Funktionen der Organe so wenig mehr möglich, wie bei einem großen Verlust an Eiweiß oder Wasser. Es gehen dabei nicht

[1]) Voit, S. 358.

etwa die Zellen zugrunde, sondern es tritt eine das Leben gefährdende Änderung in deren Funktionen ein. Es ist dieses Verhalten analog dem einer komplizierten chemischen Verbindung, welche ihren individuellen Charakter noch nicht zu verlieren braucht, wenn auch eine Gruppe von Molekülen daraus weggenommen wird.

Näher auf diese Fragen einzugehen, verbietet uns der Raum. Auch muß ich auf eine Zusammenstellung der bisher vorliegenden, übrigens lange nicht genügenden Erfahrungen über die Aufgabe der einzelnen Salze bei dem Lebensprozesse verzichten, da dieselben wohl richtiger in einem anderen Zusammenhange zu behandeln sind. Ich werde also meine Aufgabe darauf beschränken, die wichtigsten Aschebestandteile hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Stoffwechselvorgänge an sich zu erörtern.

Obgleich ich die große Wichtigkeit der Untersuchungen über den Schwefelumsatz im Körper durchaus nicht verkenne, werde ich doch, angesichts unserer noch sehr mangelhaften hierhergehörigen Kenntnisse, denselben hier übergehen und werde also nur Wasser, Kochsalz, Phosphor, Calcium, Magnesium und Eisen hier besprechen.

§ 2. Das Wasser.

Da es kaum möglich ist, einem durstenden Tiere die zum stofflichen Gleichgewicht notwendige Menge fester Nahrung beizubringen, lassen sich vollständig reine Durstversuche nicht durchführen, sondern diese sind immer zu einem gewissen Grade durch gleichzeitig stattfindende Einschmelzung von Körpersubstanz kompliziert. Nichtsdestoweniger geben uns diese Versuche die durch Wassermangel bewirkten Störungen in der deutlichsten Weise zu erkennen.

Tauben, welche Nothwang[1]) mit luftgetrockneten Erbsen von 10 Proz. Wassergehalt fütterte, zeigten nach 2 bis 3 Tagen eine lebhafte Unruhe; später stellten sich Störungen der Muskeltätigkeit, Zittern, Struppigwerden des Gefieders usw. ein, und die Tiere starben innerhalb 2 bis 7 Tage, während Tauben, die auf vollständige Karenz gestellt waren, 11 bis 12 Tage lang am Leben blieben. Nach den Ermittelungen Nothwangs hatten die Dursttiere beim Tode etwa 22 Proz. ihrer Wassermenge verloren; die quergestreiften Muskeln enthielten durchschnittlich nur 71 Proz., die Organe im allgemeinen nur 67 Proz. Wasser, während bei normalen Tauben der Wassergehalt der Muskeln 77 und der der Organe überhaupt 73 Proz. beträgt. Da bereits in der Mitte der Durstzeit bedrohende Symptome erschienen, läßt sich schließen, daß schon ein Verlust von 11 Proz. des Wassers sehr ernsthafte Störungen hervorruft.

In vollkommener Übereinstimmung mit diesen Erfahrungen gibt Landauer[2]) an, daß Mäuse bei Durst zehnmal früher sterben als bei vollständiger Inanition. Wenn der Wasserverlust etwa 10 Proz. des Körpergewichtes beträgt, wird bei Hunden das Futter regelmäßig erbrochen (Straub[3]).

Betreffend die Einwirkung des Wassermangels auf den Stoffwechsel hat Straub gefunden, daß die Fettzersetzung davon unabhängig ist. Dagegen scheint der Eiweißumsatz, wie aus den Arbeiten von Landauer, Dennig[4]), Straub und Spiegler[5]) hervorgeht, dabei in einem gewissen Umfange gesteigert zu werden. Als Beispiel sei auf den folgenden Versuch von Straub verwiesen.

---

[1]) Arch. f. Hygiene **14**, 272. — [2]) Ungar. Arch. f. Med. **3**, 136, 1895; zit. nach Straub. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **38**, 539, 1899. — [4]) Zeitschr. f. physik. u. diätet. Ther. **2**, 281, 1898. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **41**, 239, 1901.

Der Versuchshund von etwa 12 kg Körpergewicht erhielt täglich 130 g lufttrockenes Fleischpulver mit 16,09 N, dazu 40 g Schweinefett. Die durchschnittliche N-Abgabe im Kot betrug 0,41 g N:

Tag	N im Harn g	P im Harn g	Harnmenge ccm	Wasser gesoffen ccm
1	14,71	0,830	305	400
2	14,78	0,856	320	400
3	14,78	0,830	315	400
4	14,78	0,839	335	400
5	14,78	0,839	330	400
6	15,11	0,883	340	400
7	—	—	—	400
8	16,12	0,944	340	0
9	15,86	0,953	335	0
10	16,49	0,953	335	0
11	16,95	0,961	360	400
12	16,19	0,891	380	400
13	16,03	0,909	370	400
14	15,78	0,865	390	900
15	14,95	0,787	420	900
16	14,47	0,839	470	600
17	14,23	0,865	390	400

Auch nach wieder stattfindender Zufuhr von Wasser bleibt hier die N-Abgabe im Harn eine Zeitlang erhöht. Diese Erscheinung könnte von einer Ausspülung etwa zurückgebliebener Zersetzungsprodukte bedingt sein. Dagegen spricht aber die Tatsache, daß die absolute Harnmenge während der Durstperiode nicht vermindert, zuweilen sogar erhöht ist, und Straub ist daher gewillt, die Mehrausgabe von N als Ausdruck einer Mehrzersetzung von Eiweiß aufzufassen, welche so lange anhält, als das verlorene Wasser unersetzt bleibt.

Es kommt aber auch vor, daß die N-Abgabe im Harn nicht sogleich am ersten Tage zunimmt, ja, daß sie anfangs sogar abnimmt, um im späteren Verlaufe der Durstzeit anzusteigen. Letzteres sucht Landauer dadurch zu erklären, daß ein Teil der Zersetzungsprodukte noch zurückgehalten wird. Da aber diese Depression auch in Fällen erscheint, wo keine wesentliche Abnahme der Harnmenge stattfindet, müssen noch andere Umstände hierbei beteiligt sein, und Spiegler hat in dieser Hinsicht auf den Einfluß einer verzögerten Resorption aus dem Darme aufmerksam gemacht; da, wo keine Depression auftritt, sei die Menge der Verdauungssekrete genügend, um eine Resorption normalen Umfanges zu gestatten. Auch die nach Ende der Durstperiode vorkommende Steigerung der N-Zersetzung sei von Eiweißmengen bedingt, die während der Entziehungsperiode der Resorption entgangen sind, nun aber resorbiert werden. Dabei könnte auch die Retention N-haltiger Zersetzungsprodukte eine gewisse, wenn auch nur geringe Rolle spielen, wie Nothwang ja eine Zunahme der Extraktivstoffe bei durstenden Tauben nachwies.

Bei reichlicher Zufuhr von Wasser hat man oft eine mehr oder minder erhebliche Zunahme der N-Abgabe im Harn beobachtet. Es liegt selbstverständlich am nächsten, dieselbe als die Folge der Ausspülung im Körper vorhandener N-haltiger Zersetzungsprodukte aufzufassen, und so ist sie in der Tat von mehreren Autoren aufgefaßt worden. Andere erblicken darin den Ausdruck einer größeren Eiweißzersetzung und dafür schien auch die

beträchtliche Steigerung der N-Abgabe bei gewissen Versuchen, wie z. B. im folgenden von Forster[1]), kräftig zu sprechen.

Der Versuch wurde an einem hungernden Hunde ausgeführt. Während des 5. bis 7. Hungertages schied das Tier durchschnittlich 182 ccm Harn mit 12,51 g Harnstoff aus. Am 8. Tage wurde dem Tiere sehr reichlich Wasser gegeben; infolgedessen stieg die Harnmenge auf 2010 ccm und der Harnstoff auf 22,91 g an. Während des 9. bis 11. Tages betrug die Harnmenge durchschnittlich 328 ccm mit 17,30 g Harnstoff[2]).

Dem gegenüber vertritt Neumann[3]), auf Selbstversuche gestützt, die Ansicht, daß hier vor allem eine Ausspülung von Zersetzungsprodukten vorliegt. Er findet nämlich, daß die durch reichliche Wasserzufuhr hervorgerufene Steigerung der N-Abgabe im Harn nur vorübergehender Art ist und nach ein oder zwei Tagen, trotz fortdauernder reichlicher Wasseraufnahme, auf den früheren Wert herabsinkt.

Seine Kost enthielt in einem Versuche von 24 Tagen täglich 12,1 g N. Bei einer Einnahme von 800 bis 1070 ccm Wasser betrug die gesamte N-Ausfuhr im Harn und Kot durchschnittlich 12,09 g mit den Grenzwerten 11,77 und 12,35. Nun wurde während vier Tage die Wasseraufnahme auf 3000 g und mehr erhöht; hierbei betrug die N-Abgabe bzw. 15,90, 14,6, 12,3, 12,2 g — also eine Steigerung nur während des ersten und zweiten Tages. In einer dritten Periode mit 600 bis 900 g Wasser pro Tag sank die N-Ausgabe auf 9,84, 10,27 und 11,41 g. Jetzt wurde wiederum Wasser in großer Menge genossen. Bei 3000 bis 3300 ccm täglich betrug die N-Abgabe 16,35, 13,7, 11,60, 11,68, 12,42, 12,00; bei 3500 bis 3700 ccm bzw. 11,60, 11,19, 10,96. Eine letzte Periode von vier Tagen mit verminderter Wasserzufuhr (700 bis 1700 g) ergab für die N-Abgabe bzw. 9,28, 11,47, 11,77, 11,31 g.

Für die betreffende Auffassung spricht auch die Erfahrung Oppenheimers[4]), daß die N-Abgabe bei vermehrter Wasserzufuhr schon nach einigen Stunden ihr Maximum erreicht und schnell zurückgeht. Während eines Tages trank er 2 Liter Wasser am Anfange des Versuches; dabei schied er dem Normaltage gegenüber in 4 Stunden etwa 6 g Harnstoff mehr aus. Ein weiterer Konsum von 2000 g Wasser brachte keine Erhöhung mehr zustande.

Zeit	Normaltag		Wassertag		
	Harn ccm	Harnstoff g	Aufgenommenes Wasser ccm	Harn ccm	Harnstoff g
1—5	343	7,75	2000	1290	13,28
5—9	238	7,97	1000	1400	7,52
9—6	327	11,47	1000	905	11,66
6—1	270	7,61	—	402	7,23

§ 3. Das Kochsalz.

Das Kochsalz wird nur zu geringem Teile durch den Kot abgegeben; die weitaus größte Menge desselben wird im Harn ausgeschieden.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 175, 1878. — [2]) Vgl. auch Voit, Unters. über den Einfluß des Kochsalzes usw. auf den Stoffwechsel, München 1860, S. 61; Fränkel, Arch. f. pathol. Anat. **71**, 117, 1877; Salkowski u. I. Munk, ebenda **71**, 500, 1877; Voit, S. 152; Gruber, Zeitschr. f. Biol. **42**, 419, 1891; Jacques Mayer, Zeitschr. f. klin. Med. **2**, 34, 1880. — [3]) Arch. f. Hygiene **36**, 248, 1899; vgl. auch Dubelir, Zeitschr. f. Biol. **28**, 336, 1891. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **23**, 468, 1881.

Bei seinen Versuchen über den Einfluß des Kochsalzes auf den Stoffwechsel fand Voit[1]) die in der folgenden Tabelle enthaltenen Zahlen für die N-Abgabe bei Zufuhr verschiedener Mengen Kochsalz. Das Tier bekam täglich 1500 g Fleisch = 51 g N:

Reihe	Mittel pro Tag			
	Wasserzufuhr (außer dem Wasser im Fleisch) g	Na Cl g	N-Abgabe g	Harnwasser g
1, 7	108	—	51,12	935
3, 6	233	5	51,50	948
2, 5	352	10	51,73	1042
4	665	20	53,28	1284
11	—	—	50,65	828
8	—	5	51,92	898
9	—	10	52,95	987
10	—	20	53,57	1124

Wenn das Tier Wasser nach Belieben trinken durfte, wurde die mittlere N-Abgabe bei Zusatz von 5 oder 10 g Na Cl fast gar nicht verändert. Bei 20 g Na Cl stieg die N-Abgabe um 4,2 Proz. an. Am durstenden Tiere wurde die N-Abgabe durch Aufnahme von 5, 10 und 20 g um bzw. durchschnittlich 2,5, 4,6 und 5,8 Proz. erhöht. Daß hier keine vermehrte Ausspülung von N-haltigen Zersetzungsprodukten vorliegt, dürfte daraus folgen, daß jede Reihe mehrere Tage lang dauerte.

Aus dieser Versuchsreihe würde man also schließen können, daß das Na Cl, wenn es nicht in zu geringer Menge aufgenommen wird, den Eiweißumsatz erhöht.

Hier kommt aber die wasseranziehende Wirkung des Kochsalzes in Betracht, denn es ist ja möglich, daß die Wasserzufuhr nicht genügte, um den vorhandenen Bedarf zu decken. In diesem Falle wäre die Steigerung der N-Abgabe die Folge des Wassermangels (vgl. oben S. 519).

Auf der anderen Seite wird bei einem kurzdauernden Versuche die Ausspülung bei einer reichlicheren Diurese eine scheinbare Steigerung des Eiweißzerfalles vortäuschen können, wie in folgendem Versuche von Feder[2]).

Die Harnstoffabgabe betrug am 4. Hungertage 24,7, am 5. Tage mit 15 g Na Cl 27,4, am 6. Tage (ohne Na Cl) aber 19,4 und am 7. Tage wieder 24,4 g. Bei Fütterung und N-Gleichgewicht betrug die Harnstoffabgabe am 5. Tage der Reihe 83,2, am 6. Tage mit 15 g Na Cl 86,2, am 7. aber (ohne Na Cl) 79,3 und am 8. 66,8 g.

Dagegen zeigen die Versuche von Dubelir[3]) eine Herabsetzung der N-Abgabe unter dem Einflusse des Kochsalzes. Bei einem mit 250 g Fleisch und 50 g Speck gefütterten Hunde sank hier die N-Abgabe im Harn bei 3 bis 10 g Na Cl von 9,12 allmählich auf 7,84 g herab, um nach Aussetzung des Kochsalzes sogleich auf 9,23 g wieder anzusteigen. Hier wurde kein Wasser zum Trinken gegeben.

---

[1]) Voit, Unters. über den Einfluß des Kochsalzes usw. auf den Stoffwechsel, München 1860, S. 59. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 187, 1878. — [3]) Ebenda **28**, 241, 1891.

Die gleichen Wirkungen wurden dann auch von Gabriel[1]) am Hammel sowohl bei kleinen als großen Gaben von Kochsalz, von Pugliese[2]), Straub[3]) und Gruber[4]) am Hunde, sowie von Pugliese, Coggi[5]) und Belli[6]) am Menschen nachgewiesen.

Unter diesen Versuchen sei als besonders charakteristisch der folgende von Straub hier mitgeteilt. Das Tier bekam täglich 600 g Fleisch (= 20,56 g N) und 40 g Speck, sowie während der Kochsalztage außerdem 700 g Wasser:

Tag	N im Harn	Harnmenge	
6	20,18	465	
7	20,12	430	
8	19,70	1060	Je 12 g NaCl
9	19,73	1100	
10	19,64	1060	
11	19,46	510	
12	20,06	490	

Aus diesen Beobachtungen dürfte also gefolgert werden können, daß das Kochsalz bei genügender Zufuhr von Wasser in der Tat Eiweiß erspart.

In den Versuchen von Belli bestand das Cl-Gleichgewicht bei einer Zufuhr von durchschnittlich 6,19 g Cl; bei einer mittleren Zufuhr von 0,543 g Cl betrug der Verlust durchschnittlich nur 0,113 g. Der erwachsene Mensch würde also mit etwa 0,7 g Cl = etwa 1,2 g NaCl im Gleichgewicht sein können. Unsere hierher gehörigen Erfahrungen sind indes noch viel zu wenig umfangreich, um irgend welche bestimmte Schlußfolgerungen, betreffend den absoluten Cl-Bedarf des Menschen, zu gestatten.

§ 4. Der Phosphor.

Der Phosphor kommt im Körper und in der Kost nicht allein in anorganischen Verbindungen vor, sondern stellt auch einen integrierenden Teil einer wichtigen Gruppe von Eiweißstoffen dar, welche sowohl in der Kost als im Körper enthalten sind. Angesichts dieses Umstandes wäre es vielleicht richtiger gewesen, das Verhalten des Phosphors im Zusammenhang mit dem des Eiweißes zu studieren. Da aber der Phosphor auch in anorganischer Form genossen wird und zum Teil in solcher im Körper vorkommt, habe ich es vorgezogen, den Phosphorumsatz in diesem Abschnitte zu erörtern.

Ich finde dazu eine besondere Veranlassung, da bis vor wenigen Jahren ziemlich allgemein angenommen wurde, daß der Phosphor überhaupt nur in anorganischer Form vom Darme resorbiert wurde, und daß die organischen Phosphorverbindungen im Verdauungsrohre überhaupt nicht löslich waren.

Wir haben also in erster Linie zu untersuchen, in welcher Form der Phosphor vom Darme resorbiert wird.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **29**, 554, 1892. — [2]) Arch. italiennes de biol. **25**, 17, 1896. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **37**, 527, 1899. — [4]) Ebenda **41**, 425, 1901. — [5]) Arch. italiennes de biol. **25**, 101, 1896. — [6]) Zeitschr. f. Biol. **45**, 182, 1904.

Tereg und Arnold[1]) bestimmten die P-Abgabe bei Hunden. Nach Fütterung mit Hundekuchen betrug dieselbe im Harn im Mittel von vier Tagen 1,351 g pro Tag. Danach fügten sie zu dem Normalfutter in verschiedenen Reihen bzw. 1,472 g P in tribasischem, 1,883 g P in zweibasischem und 1,228 bis 2,456 g P in einbasischem Calciumphosphat und fanden dabei im Harn durchschnittlich bzw. 1,547, 1,967, 2,578 g P, also eine Zunahme der Phosphorausscheidung, die nur durch eine stattgefundene Resorption der gefütterten Salze erklärt werden kann.

Zadik[2]) futterte einen Hund mit dem P-freien Edestin und gab dazu 1,026 g P in Form von Natrium- und Kaliumphosphat. Die tägliche P-Abgabe betrug im Harn 1,121 und im Kot 0,140 g — also waren wenigstens 0,886 g P resorbiert worden. Der Phosphor wird demnach aus anorganischen Verbindungen resorbiert.

Auf Grund der Beobachtung Mieschers[3]), daß sich die nucleïnhaltige Kernsubstanz der Eiterkörperchen im Magensaft nicht löste, wurde die Ansicht vertreten, daß Phosphor in organischen Verbindungen überhaupt nicht resorbiert wurde. Später wurde indes von Popoff[4]) nachgewiesen, daß der Pankreassaft, sowie das Pankreatin bei einer Einwirkung während ein bis zwei Stunden etwa $^1/_2$ bis $^1/_3$ des im Thymusnucleïn enthaltenen Phosphors lösten, und daß insgesamt etwa die Hälfte von diesem als Nucleïn in der Lösung vorkam.

Auch betreffend die Nucleoalbumine (das Kaseïn) nahm man an, daß die bei der Pepsinverdauung entstehenden löslichen Produkte phosphorfrei waren, daß also auch hier der Phosphor nicht in die Lösung übergeht oder, wie Hoppe-Seyler[5]) sagte: bei der Verdauung des Kaseïns im Magensaft bleibt der ganze Phosphorgehalt in der reichlichen ungelösten Substanz, welche von Liebermann als metaphosphorsaure Verbindung eines Eiweißkörpers betrachtet wird.

Die Untersuchungen von Salkowski und Hahn[6]) ergaben indessen, daß bei der Magensaftverdauung des Kaseïns der größere Teil des Phosphors gelöst wird und in organischer Form zu finden ist — ob er den Albumosen selbst angehört oder in einer anderen Verbindung vorkommt, lassen die genannten Autoren vorläufig unentschieden.

Nach Sebelien[7]) geht unter der Einwirkung des Pankreasextraktes fast der gesamte Kaseïnphosphor in die Lösung über. Dieser Phosphor kommt zum größeren Teile in organischer Verbindung vor, nur ein kleiner Teil wird als Orthophosphorsäure abgespalten. Dieser Teil nimmt mit der Dauer der Verdauung und der Menge des Enzyms auf Kosten des organisch gebundenen Phosphors zu; ebenso kann letzterer wie auch der Phosphor in dem durch Magensaft gebildeten löslichen Verdauungsprodukte des Kaseïns durch verdünnte Alkalilösungen in anorganische Form überführt werden (Biffi[8]).

Durch direkte Versuche an Tieren vergewisserte man sich ferner davon, daß der Phosphor aus den P-haltigen Eiweißkörpern im Darme tatsächlich resorbiert wurde. Bei Fütterung eines Hundes mit konstantem Futter wurde in einer Versuchsreihe von Gumlich[9]) täglich 0,721 bis 0,678 g P im Harn ausgeschieden. Am achten Tage wurden dazu 20 g Thymusnucleïnsäure mit etwa 1,748 g P dem Tiere gegeben. Infolgedessen stieg die P-Abgabe im Harn am selben Tage auf 1,460 und betrug am folgenden Tage noch 0,874 g. Erst am dritten Tage sank sie wieder auf 0,730 g herab. Der Kot wurde nicht untersucht.

Ein hungernder Hund schied täglich etwa 0,144 g P im Harne aus; bei Zufuhr von 0,624 g P in Paranucleïn steigerte sich die P-Ausscheidung auf 0,586 g (Sandmeyer[10]). Auch hier wurde der Kot-Phosphor nicht berücksichtigt.

Marcuse[11]) fütterte einen Hund mit Kaseïn und Phosphaten. Bei Zufuhr von 0,195 g P in Kasein und 0,172 g P in Phosphaten schied das Tier 0,031 g P im Kot

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 123, 1883. — [2]) Ebenda **77**, 5, 1899. — [3]) Miescher, Hoppe-Seylers medizinisch-chemische Untersuchungen **4** (1871); Mieschers Histochemische und physiologische Arbeiten **2**, 17. — [4]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **18**, 533, 1894. — [5]) Hoppe-Seyler, Handb. d. physiol.-chem. Anal. Ed. **6**, 258. — [6]) Arch. f. d. ges. Physiol. **59**, 224, 1894. — [7]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **21**, 443, 1895. — [8]) Arch. f. pathol. Anat. **152**, 144, 1898. — [9]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **18**, 508, 1894. — [10]) Ebenda **21**, 87, 1895. — [11]) Arch. f. d. ges. Physiol. **67**, 379, 1897.

aus; bei Zufuhr von 0,321 g P in Kaseïn und 0,189 g in Phosphaten betrug der Kotphosphor 0,057; also waren sowohl aus dem Kaseïn- als aus dem Phosphatphosphor reichliche Mengen resorbiert worden.

Durch diese Erfahrungen war es also nachgewiesen, daß Phosphor sowohl aus organischen als aus anorganischen Verbindungen aus dem Darme resorbiert wird. Damit war indes bei weitem nicht entschieden, inwiefern der Phosphor in jenem Falle auch in organischer Form ins Blut übergeht. Denn es könnte angesichts der Leichtigkeit, mit welcher der Phosphor aus den betreffenden Verbindungen abgespalten werden kann, sehr wohl zutreffen, daß auch bei Zufuhr von Phosphor in organischen Verbindungen derselbe vor der Resorption in anorganischer Form überginge.

Zur Entscheidung dieser Frage und der im nahen Zusammenhang damit stehenden, ob der Tierkörper seine P-haltigen Eiweißverbindungen aus P-freien Eiweißkörpern und Phosphaten bilden kann, wurden unter Röhmanns Leitung mehrere Versuchsreihen an Hunden ausgeführt. Bei denselben wurde der P-Umsatz teils bei Zufuhr von P-haltigen Eiweißkörpern, teils bei Zufuhr von P-freien + Phosphaten untersucht.

Die Versuchsreihe von Steinitz[1]) ergab, daß bei Fütterung mit Kaseïn oder Vitellin ein P-Ansatz (0,015 bis 0,181 g pro Tag) erreicht werden konnte. Wurde dagegen das P-freie Myosin + Phosphate in entsprechender Menge gegeben, so erschien nur ein ganz geringer P-Ansatz (0,008 g pro Tag), und dieser könnte sehr wohl dem gefütterten Fleischextrakt, welches 0,02 g P in organischer Bindung enthielt, entstammen.

In einer folgenden Reihe von Zadik[2]) wurde dem Versuchstiere entweder Kaseïn bzw. Vitellin oder das P-freie Edestin und Phosphate gegeben. Bei gleicher Zufuhr an Phosphor (1,01 bis 1,06 g pro Tag) wurde im ersten Falle ein Ansatz von 0,075 bis 0,108 g erzielt, im zweiten Falle verlor der Körper dagegen 0,164 bis 0,179 g P, was nur zum Teil von der schlechteren Ausnutzung des Phosphatphosphors bedingt war.

Auf Grund dieser Beobachtungen folgert Zadik, daß ein P-Ansatz nur durch Zufuhr von organischen P-Verbindungen zuwege gebracht werden kann.

Dem gegenüber stehen aber Versuche von Leipziger[3]), welche nach demselben Plane wie die soeben genannten ausgeführt wurden, und in welchen bei Fütterung mit Edestin + Phosphaten die Phosphorbilanz positiv war (+ 0,01 bis 0,09 g P pro Tag). In bezug auf diese Versuche bemerkt der Autor, daß der Hund vor derselben ziemlich lange gehungert und daher an Phosphaten eingebüßt hatte, weshalb die hier stattgefundene P-Retention nur ein Ansatz von Phosphat, nicht von P-haltigem Eiweiß darstellen würde. Daß diese Annahme keineswegs bewiesen ist, ist ohne weiteres ersichtlich.

Weitere Beiträge zur Lösung dieser Frage lieferte Loewi[4]) in Selbstversuchen. Zu einer aus 150 g Fleisch, 120 g Butter, 285 g Weißbrot, 6 Eiern, 50 ccm Sahne, 300 ccm Wasser und 600 ccm Bier bestehenden Standardkost fügte er in Zwischenperioden verschiedene Nucleïnpräparate. Die Resultate der in einer ununterbrochenen Reihe ausgeführten Versuche sind folgende (siehe Tabelle auf S. 526 oben).

Durch die Zugabe der Nucleïne ist hier eine nicht unerhebliche Menge Phosphor angesetzt worden. Während der Normalperioden beträgt die tägliche P-Bilanz durchschnittlich + 0,10 g, während der Perioden mit Zusatz von Nucleïn + 0,54 g. Der Überschuß an genossenem Phosphor betrug durchschnittlich 2,71, also sind davon etwa 25 Proz. im Körper zurückgehalten worden.

Während der Normalperioden schied der Körper im Kote durchschnittlich 0,42 g P pro Tag aus, während der Nucleïnzufuhr 0,66. Da die N-Menge im Kote

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **72**, 75, 1898. — [2]) Ebenda **77**, 1, 1899. — [3]) Ebenda **78**, 402, 1899. — [4]) Arch. f. exp. Pathol. **45**, 158, 1901.

Periode	Dauer	Phosphor pro Tag					
		Einnahmen	Ausgaben			Bilanz	
			Harn	Kot	Summe		
	Tage	g	g	g	g	g	
1	4	1,57	1,08	0,41	1,49	+ 0,08	
2	1	3,09	1,63	0,61	2,24	+ 0,85	30 g Salmnucleïn
3	3	1,57	1,09	0,31	1,40	+ 0,17	
4	1	2,33	1,33	0,81	2,14	+ 0,19	20 g Pankreasnucleïn
5	2	1,57	1,09	0,46	1,55	+ 0,01	
6	1	2,29	1,42	0,45	1,87	+ 0,42	30 g Hefenucleïn
7	3	1,59	1,08	0,40	1,48	+ 0,11	
8	1	3,11	1,65	0,77	2,42	+ 0,69	20 g Nucleïnsäure
9	2	1,62	1,02	0,52	1,54	+ 0,08	

während der Nucleïnperioden gar nicht anstieg, kann der P-Überschuß daselbst nicht von unresorbiertem Nucleïn herrühren, sondern zeigt, daß ein Teil des Nucleïns im Darme gespalten worden ist. Betreffend den resorbierten Phosphor, 2,11 g pro Tag, sucht Loewi rechnerisch zu beweisen, daß derselbe in unzersetztem Nucleïn aus dem Darme aufgenommen und teilweise unverändert angesetzt worden ist. Das Verhältnis des im Versuche angesetzten Stickstoffs zu dem angesetzten Phosphor stimmt nämlich mit dem Verhältnis N : P in den genossenen Nucleïnen ziemlich nahe überein. Meinerseits kann ich jedoch keinen zwingenden Beweis darin finden, und bis auf weiteres muß wohl die Frage, ob die P-haltigen Eiweißstoffe des Körpers synthetisch gebildet werden können oder nicht, als eine offene aufgefaßt werden, obgleich die Möglichkeit einer solchen Synthese sehr plausibel erscheint.

Der im Kot enthaltene Phosphor stellt ebensowenig als der Kotstickstoff ausschließlich einen Rückstand der Kost dar, sondern stammt wesentlich aus dem Körper selbst. Beim Hungerer Cetti fand F. Müller[1]) im Mittel von zehn Tagen im Kote 0,091 g P, und bei Breithaupt im Mittel von sechs Tagen 0,062 g P pro Tag. Die gleichzeitige P-Abgabe im Harn betrug bei Cetti durchschnittlich 1,07 g (Grenzwerte 1,43 bis 0,41 g), bei Breithaupt 0,93 g (Grenzwerte 1,10 bis 0,68).

Beim hungernden Hunde sind 0,149 bis 0,028 g P pro Tag beobachtet worden[2]). In einem zehntägigen Versuche von I. Munk[3]) betrug die P-Abgabe im Harn 0,428, im Kote 0,083 g im Mittel pro Tag.

Beim Genuß einer an Phosphor äußerst armen Kost fand C. Tigerstedt[4]) im Kote 0,134 g P pro Tag, während die gleichzeitige P-Abgabe im Harn durchschnittlich 0,69 g betrug. An zwei anderen Versuchspersonen beobachtete Renwall[5]) im Kot 0,223 bis 0,229 g P bei einer P-Ausscheidung im Harne von 0,76 bzw. 0,74 g.

Die vorliegenden Bestimmungen über die P-Abgabe im Kote des Menschen bei gewöhnlicher, P-haltiger Kost geben höhere Zahlen, welche zwischen etwa 0,25 (Ehrström[6]) und 2,9 g pro Tag variieren. Diese Schwankungen können allerdings zum Teil durch die unter verschiedenen Umständen verschie-

[1]) Arch. f. pathol. Anat. **131**, Supplbd., S. 18, 23, 67, 1893. — [2]) F. Müller, Zeitschr. f. Biol. **20**, 334, 1884. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 319, 1893. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 68, 1904. — [5]) Ebenda **16**, 129, 1904. — [6]) Ebenda **14**, 91, 1903.

den große Abgabe von Phosphor in den Verdauungsflüssigkeiten (vgl. S. 350, betreffend die entsprechenden Erscheinungen beim Kot-N) bedingt sein, zum Teil sind sie wohl auch von der Beschaffenheit der Kost bedingt. Endlich ist ein unter Umständen sehr erheblicher Teil des Kotphosphors als reines Ausscheidungsprodukt des Körpers zu bezeichnen. Dafür spricht vor allem die Tatsache, daß (bei dem Hunde und der Ziege) die Phosphorausgabe im Harn durch subcutane Einspritzung von phosphorsaurem Natrium wenig oder gar nicht zunimmt, sowie daß während der Laktation die P-Abgabe im Kot wesentlich abnimmt, wie im folgenden Versuche (an einer Ziege) von Paton, Dunlop und Aitchison[1]).

Während der Laktation bekam das Tier täglich 2,054 g P und schied durchschnittlich im Harn 0,022 g, in der Milch 0,319 und im Kot 1,582 g P aus. Nach Ende der Laktation betrug bei einer P-Zufuhr von 1,844 g die P-Abgabe im Harn 0,09, im Kot aber 1,839 g.

Ganz dasselbe geht übrigens aus der längst bekannten Tatsache hervor, daß die Pflanzenfresser selbst bei Zufuhr von Kaliumphosphat in großen Quantitäten im Harn nur ganz geringe Mengen Phosphor abgeben, wie z. B. im folgenden Versuche von Bertram[2]).

Ein Ziegenbock bekam täglich 5,902 g P, davon 4,324 g in K_2HPO_4; er schied im Harn nur 0,033 bis 0,097 g P aus, während der Kot 5,504 bis 5,770 g P enthielt.

Das Wesentliche hierbei dürften die Lösungsbedingungen der Phosphate im Harn darstellen: wenn diese die Ausscheidung des Phosphors auf diesem Wege erschweren, so befreit sich der Körper durch den Darm von überschüssigem Phosphor. In dieser Weise würde die Erfahrung, daß Zufuhr von Calciumsalzen die P-Abgabe im Harn wesentlich vermindert, zum Teil wenigstens erklärt werden können.

In Selbstversuchen von Bertram[3]) betrug die tägliche P-Abgabe im Kot bei konstanter Kost 0,555 g; nach Zusatz von 10 g $CaCO_3$ stieg dieselbe auf 0,769 g. In den schon erwähnten Versuchen von Tereg und Arnold[4]) am Hunde schied das Tier bei Zugabe von verschiedenen Phosphaten zum Futter in vier Versuchsreihen durchschnittlich 1,351 bis 2,578 g P im Harn aus. Nach Zugabe von $CaCO_3$ nahm die P-Ausscheidung aber auf 0,586 g ab.

Dementsprechend findet man beim Menschen, daß bei reichlichem Genuß von Käse und Milch die P-Abgabe im Kot in der Regel ziemlich groß ist[5]).

Daß auch die Aufsaugung des Phosphors aus dem Darme hier erschwert ist, kann ja nicht verneint werden, es scheint indes, als ob auch eine Erschwerung der Ausscheidung durch die Nieren eine wesentliche Rolle spielen muß.

Seit der Arbeit von E. Bischoff[6]) über die P-Ausscheidung bei verschieden großer Fleischzufuhr ist man im allgemeinen geneigt, zwischen dem N- und dem P-Umsatz einen gewissen Parallelismus vorauszusetzen. Ein solcher findet indes nicht unbedingt statt, da ja die Zufuhr von Phosphor und Stickstoff nicht immer parallel verläuft. Zeigen ja schon die Versuche Feders[7]) am Hunde, daß im Laufe des Tages kein Parallelismus zwischen der Stick-

---

[1]) Journ. of Physiol. **25**, 212, 1900. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 335, 1878. — [3]) Ebenda **14**, 356. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 150, 1883. — [5]) Vgl. Sivén, Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 312, 327, 1901; Kaufmann und Mohr, Berl. klin. Wochenschr. 1903, Nr. 8; Dieselben, Deutsch. Arch. f. klin. Med. **74**, 593, 1903; Kaufmann, Zentralbl. f. Stoffwechselkrankh. 1902, S. 241. — [6]) Zeitschr. f. Biol. **3**, 309, 1867. — [7]) Ebenda **17**, 538, 555, 1881.

stoff- und der Phosphorausscheidung stattfindet. Für zweistündige Perioden betrug in einem Hungerversuche das Verhältnis N/P_2O_5 im Maximum 9,2, im Minimum 2,8; in einem anderen bzw. 11,0 und 3,0. In zwei Versuchen bei Fleischfütterung war das Maximum 25,7 bzw. 14,2, das Minimum 4,2 bzw. 4,6.

Betreffend die täglichen Bilanzen des Stickstoffes und des Phosphors findet man, der oben erwähnten Annahme gemäß, allerdings, daß beide in der Regel parallel verlaufen, d. h. daß bei Ansatz von Stickstoff auch ein Ansatz von Phosphor stattfindet und umgekehrt. Dies beweist aber nicht sehr viel; da nämlich in allen gewöhnlichen Nahrungsmitteln, wo Stickstoff vorkommt, auch Phosphor enthalten ist, und da im allgemeinen bei Veränderungen des Kostmaßes dieselben Nahrungsmittel, aber in verschiedener Menge genossen werden, so muß es ja sehr oft zutreffen, daß bei ungenügender N-Zufuhr auch die P-Zufuhr ungenügend ist. Sehr bemerkenswert ist aber die Tatsache, daß bei den betreffenden Bilanzen das Verhältnis zwischen dem angesetzten bzw. vom Körper abgegebenen Phosphor und Stickstoff nie ein konstantes ist. So finden wir in den Bilanzen von Marcuse[1]) P/N gleich 0,75, 0,10, 0,04, sowie eine, wo 3,25 g N angesetzt wurde, aber 0,04 g Phosphor abgegeben wurde. Desgleichen finden wir bei Zadik[2]) bei einem N-Ansatz von 5,94 g einen P-Verlust von 0,65 g.

Beim Menschen hat Sivén[3]) folgende Bilanzen mitgeteilt:

Reihe	Tage	Gesamtbilanz		
		N g	P g	P/N g
1	13	— 19,99	— 3,29	0,16
2	4	— 1,10	— 0,61	0,55
3 a	7	+ 14,49	+ 1,53	0,11
3 b	6	+ 6,15	+ 1,05	0,17

Aus diesem allen geht also hervor, daß auch bei längeren Zeitperioden eine gewisse Unabhängigkeit zwischen dem Umsatz des Phosphors und dem des Stickstoffs stattfindet, und der P-Umsatz dürfte daher, wie besonders Ehrström[4]) bemerkt, nicht denselben Gesetzen wie der N-Umsatz folgen. Unsere tatsächlichen Kenntnisse von den intimen Stoffwechselvorgängen sind indes noch viel zu gering, um eine befriedigende theoretische Deutung dieses Sachverhalts zu gestatten.

Wenn der Körper eine längere Zeit an seiner eigenen Substanz zehren muß, so verlaufen die N- und P-Bilanzen einander im großen und ganzen parallel, wie z. B. in der Versuchsreihe von Renwall[5]), wo in vier Perioden die Verhältniszahl P/N bzw. 0,094, 0,11, 0,085, 0,12, durchschnittlich 0,102 betrug. Bei den Hunger-

[1]) Zeitschr. f. d. ges. Physiol. **67**, 386, 1897. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **77**, 8, 1899. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. **11**, 326, 1901; vgl. in dieser Hinsicht ferner Jakob und Bergell, Zeitschr. f. klin. Med. **35**, 171, 1898; Loewi, Arch. f. exp. Pathol. **45**, 163, 168, 170, 1901; Ehrström, Skand. Arch. f. Physiol. **14**, 86, 1903; C. Tigerstedt, Ebenda **16**, 74, 1904. — [4]) Ebenda **14**, 96, 1903; vgl. auch L. F. Meyer, Zeitschr. f. physiol. Chem. **43**, 1, 1904. — [5]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 108, 1904.

versuchen an Cetti und Breithaupt war dieses Verhältnis nach Munk[1]) wie 0,1 bzw. 0,085, stimmt also mit dem von Renwall beobachteten ziemlich nahe überein. Dies scheint zu beweisen, daß die zugrunde gehende Körpersubstanz nicht allein die Muskulatur, bei welcher P/N = 0,067, hat sein können, sondern daß auch die Knochen hieran in nachweisbarer Menge teilgenommen haben.

Wie der Stickstoffansatz im Körper durch Fette und Kohlehydrate begünstigt wird, so muß auch der Phosphoransatz, wenn dieser in Form von P-haltigen Eiweißkörpern stattfindet, durch die genannten Sparmittel erleichtert werden. Dies scheint nach den Erfahrungen von Pugliese[2]) in der Tat der Fall zu sein.

Als Beispiel sei folgender Versuch mitgeteilt. Das Tier (eine Hündin) bekam täglich 100 g gekochtes Fleisch, 250 g Brot und 600 g Wasser. Die durchschnittliche Abgabe von N und P betrug dabei 5,38 bzw. 0,407 g. Dann wurden 100 g Glukose zugegeben: Ausscheidung von N und P bzw. 4,42 und 0,236 g. Desgleichen wurde auch bei Zugabe von Fett oder Leim sowohl Stickstoff als Phosphor erspart.

Da uns nicht sicher bekannt ist, ob der Phosphor in genau derselben Weise verwertet wird, gleichgültig, ob er in anorganischen Verbindungen oder in phosphorhaltigen Eiweißstoffen genossen wird, ist es zurzeit nicht möglich, zu bestimmten Resultaten, betreffend den absoluten täglichen Bedarf des Körpers an Phosphor, zu gelangen. Aus den vorliegenden Untersuchungen können wir daher nur entnehmen, mit welcher P-Menge das P-Gleichgewicht in einzelnen Versuchen beim Menschen erzielt worden ist.

Beim natürlich ernährten Säugling beobachtete Blauberg[3]) eine positive P-Bilanz von 0,40 g bei einer täglichen Zufuhr von 0,088 g. Bei künstlicher Ernährung mit verdünnter Kuhmilch mit 0,314 g P betrug die Bilanz + 0,065, bei unverdünnter Kuhmilch mit 0,894 g P war die Bilanz + 0,220. Dagegen erschien bei Anwendung von Kindermehl mit 0,202 g P eine negative Bilanz von — 0,024 g. Die absolute P-Menge im Kote betrug in diesen vier Versuchsreihen bzw. 0,0095, 0,168, 0,418, 0,149 g, woraus folgt, daß der Phosphor bei künstlicher Nahrung viel schlechter als bei der natürlichen im Darme des Säuglings ausgenutzt wird, sowie daß der P-Ansatz bei unverdünnter Kuhmilch viel größer ist als bei der natürlichen Nahrung, was von Blauberg als Zeichen einer Überernährung aufgefaßt wird.

Beim erwachsenen Menschen sind die Grenzen der P-Abgabe im Harn bei P-Zufuhr etwa 0,43 und 2,74 g. Wenn der Körper wegen einer zu geringen P-Zufuhr bei sonst ziemlich genügender Nahrung von seinem eigenen Phosphor zusetzen muß, so ist die P-Abgabe im Harn sehr gering, z. B. 0,43 bis 0,44 bei Sivén, 0,65 bis 0,73 bei C. Tigerstedt. Auch in einer nach absolutem oder relativem P-Mangel folgenden Periode ist bei stattfindendem P-Ansatz die P-Abgabe sehr gering, bei Sivén 0,88, bei C. Tigerstedt 0,91. Zahlen dieser Größe dürften indes nur das Bestreben des Körpers ausdrücken, den Phosphor so viel wie möglich zu ersparen und sind daher für den wirklichen Bedarf nicht maßgebend.

Bei positiver Bilanz hat in den Beobachtungen von Bertram, Sivén, Loewi, Kaufmann und Mohr, Jakob und Bergell, Ehrström, C. Tigerstedt und Renwall die P-Abgabe im Harn im allgemeinen zwischen 0,74 und 2,74 g — also innerhalb ziemlich weiter Grenzen — variiert. Wenn wir die einzelnen Beobachtungen aber näher durchsehen, so finden wir die niedrigsten Zahlen (0,74 bis 1,16) bei zwei Kranken, an welchen Kaufmann und Mohr eine sehr energische Mastkur durchführten; dieselben können daher kaum als Ausdruck des normalen Bedarfs gelten. Die höchsten Zahlen (1,96 bis 2,74 g) sind gleichfalls

[1]) Arch. f. pathol. Anat. **131**, Supplbd., S. 141, 1893; Arch. f. d. ges. Physiol. **63**, 330, 1894. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1897, S. 474. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **40**, 1, 36, 1900.

von den soeben genannten Autoren mitgeteilt und beziehen sich auf einen an Gicht leidenden Mann bei sehr P-reicher Kost (3,69 bis 5,37 g P täglich). Alle übrigen mir bekannten Versuche mit positiver P-Bilanz geben Zahlen, welche zwischen 1,06 und 1,75 g pro Tag liegen. Auch die Beobachtungen mit negativer P-Bilanz bei sonst genügender Nahrung geben Zahlen von etwa der gleichen Größe, 1,04 bis 1,53 g.

Wir dürften daher schließen können, daß bei einer gewöhnlichen Kost, welcher keine Phosphate extra zugegeben worden sind, die P-Abgabe im Harn im allgemeinen etwa 1,5 g pro Tag beträgt.

Um den tatsächlichen Bedarf des Körpers zu decken, muß hierzu noch die durch die Darmsekrete usw. abgegebene P-Menge hinzugezählt werden. Nach den oben mitgeteilten Beobachtungen schwankt diese Menge innerhalb gewisser Grenzen, dürfte aber durchschnittlich doch nicht mehr als etwa 0,4 g täglich betragen. Der tägliche P-Umsatz des erwachsenen Menschen würde demnach auf etwa 1,75 bis 2,0 g oder wahrscheinlich etwas weniger geschätzt werden können. Die Zufuhr muß indessen wegen der mangelhaften Ausnutzung im Darme, wie selbstverständlich, etwas größer sein.

§ 5. Calcium und Magnesium.

a) Calcium.

Daß sowohl Calcium als Magnesium in anorganischen Verbindungen resorbiert werden können, geht daraus hervor, daß die Abgabe derselben im Harn nach Darreichung von Ca- und Mg-Salzen unter geeigneten Umständen ansteigt. So beobachtete Neubauer[1]) bei vier jungen Leuten nach Darreichung von verschiedenen Ca-Salzen in Mengen von 1 g eine Zunahme der Ca-Abgabe im Harn um 0,04 bis 0,09 g. Nach Zugabe von 8 bis 10 g $CaCO_3$ stieg in zwei Versuchen von Soborow[2]) die Ca-Abgabe im Harn von durchschnittlich 0,289 g auf 0,702 bzw. 0,983 g an, um während der zwei folgenden Tage wieder auf 0,315 bzw. 0,290 g herabzusinken. Nach Aufnahme von 30 g $CaCO_3$ vermehrte sich in den Versuchen Bertrams[3]) die Ca-Ausscheidung von 0,12 auf 0,21 g pro Tag.

Bei einem Hunde betrug die durchschnittliche Ca-Abgabe im Harn 0,019 g; als das Tier dann während drei Tage in allem 7,19 g $CaCl_2$ bekam, betrug die Ca-Abgabe im Harn 0,034, 0,063, 0,089 g; während der folgenden drei Tage war sie wieder durchschnittlich 0,023 g (Perl[4]).

Noch deutlicher zeigt sich diese Resorption von Kalksalzen in den Versuchen von E. Voit[5]) an zwei zehn Tage alten Hündchen. Er fütterte die Tiere mit der gleichen Menge Fleisch und Speck, gab aber dem einen dazu nur destilliertes Wasser, während das andere kalkhaltiges Brunnenwasser und Knochenasche bekam. Beide Tiere nahmen an Gewicht zu, und selbst bei dem mit dem kalkarmen Futter ernährten Tiere wuchs das Skelett in allen Dimensionen, es war aber bei diesem, wie die Sektion ergab, ein viel geringerer Kalkansatz als bei dem Vergleichstiere zustande gekommen. Also war Calcium aus dem Brunnenwasser und der Knochenasche reichlich resorbiert worden. Aus dem Versuche folgt ferner, daß ein wachsender Hund in den genannten Nahrungsmitteln die genügende Ca-Menge nicht bekommt, während andererseits aus einer 308 Tage langen Versuchsreihe von Heiss[6]) hervorgeht, daß der Kalkgehalt im Fleisch und Speck beim erwachsenen Tiere vollkommen genügt, um das Ca-Gleichgewicht zu unterhalten.

---

[1]) Journ. f. prakt. Chem. 1866, S. 96. — [2]) Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1872, S. 609. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 354, 1878. — [4]) Arch. f. path. Anat. **74**, 54, 1878; vgl. auch Tereg und Arnold, Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 142, 1883; Herxheimer, Berl. klin. Wochenschr. 1897, Nr. 20. — [5]) Zeitschr. f. Biol. **16** 74, 1880. — [6]) Ebenda **12**, 151, 1876.

Wegen der alkalischen Reaktion des Blutes ist indes eine quantitativ ausgiebige Resorption von Ca-Salzen nicht möglich, und es ist sehr wahrscheinlich, daß der Kalk (in Phosphaten wenigstens) nur in Form einer bei alkalischer Reaktion nicht fällbaren Eiweißverbindung im Blute vorkommt (Kühne[1]), Etzinger[2]), Fokker[3]). Man kann sich vorstellen, daß das Eiweiß seine Affinitäten mit Ca sättigt und nach Bedarf das Calcium abgibt, wonach wiederum neue Ca-Moleküle eintreten. Bei reichlicher Zufuhr von Kalk würden Ca-reichere Eiweißverbindungen entstehen.

In Übereinstimmung mit dieser Auffassung steht die Tatsache, daß der Gehalt des Blutes an Ca ein ziemlich konstanter ist, und zwar beträgt derselbe nach Forster[4]) und E. Voit[5]) bei erwachsenen Tieren etwa 0,05 Proz. der Trockensubstanz; bei jüngeren Tieren ist er größer, z. B. bei einem eine Woche alten Hunde etwa 0,1 Proz. usw.[6]).

Wenn es also als erwiesen erachtet werden kann, daß die anorganischen Kalkverbindungen resorbiert werden, so geht andererseits aus den vorliegenden Erfahrungen hervor, daß diese Resorption im großen und ganzen eine ziemlich geringfügige sein muß. In dieser Richtung sprechen z. B. Etzingers[7]) Versuche über Knochenfütterung. Im Laufe von drei Tagen bekam der Versuchshund in fein geraspelten Knochen 104 g Ca und schied in dem entsprechenden Kote 113,6 g Ca aus. — Nach Zusatz von 7,199 g $CaCl_2$ mit 3,2 g Ca fand Perl[8]) in einem viertägigen Versuch 3,3 g Ca im Kote, 0,84 g bei gewöhnlicher Fütterung gegenüber. — In einer langen Versuchsreihe bekamen Tereg und Arnold[9]) folgende Resultate, welche tägliche Mittelwerte für die Ca-Abgabe während Perioden von je vier Tagen darstellen.

Nr.	Zufuhr	Ausgabe		Anmerkungen
		Harn	Kot	
1	0,557	0,032	1,046	Hundekuchen
2	3,670	0,072	3,542	3,113 g Ca in dreibasischem Phosphat
3	3,347	0,038	3,254	2,792 g Ca in zweibasischem Phosphat
4	1,357	0,057	1,328	0,536 bis 1,071 g Ca in einbasischem Phosphat
5	4,552	0,113	3,075	4,000 g Ca in Karbonat
6	0,103	0,014	0,071	Fleisch
7	0,639	0,044	0,528	0,536 g Ca in einbasischem Phosphat

F. Voit[10]) gab einem Hunde Milch und dreibasisches Phosphat mit insgesamt 4,152 g $Ca_3^{\prime\prime}$ und tötete das Tier nach vier Stunden. Im Verdauungsrohre konnten 4,082 g davon nachgewiesen werden. An isolierten Darmschlingen bekam derselbe Autor bei Injektion von 0,016 g Kalk in Kalkalbuminat gar keine Resorption und bei 0,10 g Ca in Kaseïnkalk nur eine von weniger als 6 Proz. Nach Einführen von 0,12 g Ca als $CaCl_2$ war aber 0,04 g, d. h. etwa 34 Proz. aus der Schlinge verschwunden. Voit bemerkt indes, daß die Darmschleimhaut hier leicht entzündet war und daß also die benutzte Lösung in einem gewissen Grade den Darm geätzt hätte.

Es wäre indes im höchsten Grade unrichtig, aus diesen und anderen Erfahrungen über den Kalkgehalt des Kotes bzw. des Darminhaltes Schluß-

[1]) Kühne, Lehrb. d. physiol. Chem. 1866, S. 184. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **10**, 104, 1874. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **7**, 274, 1873. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **12**, 466, 1876. — [5]) Ebenda **16**, 91, 1880. — [6]) Vgl. auch F. Voit, Ebenda **29**, 386, 1892. — [7]) Zeitschr. f. Biol. **10**, 99, 1874. — [8]) Arch. f. path. Anat. **74**, 62, 1878. — [9]) Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 122, 1883. — [10]) Zeitschr. f. Biol. **29**, 367, 1892.

folgerungen über die quantitativen Verhältnisse der Kalkresorption zu ziehen, denn es hat sich durch vielerlei Erfahrungen herausgestellt, daß der Kot die größte Menge des vom Körper selber ausgeschiedenen Kalkes enthält. Der Vergleich zwischen der Kalkzufuhr in der Nahrung und der Kalkausgabe im Kote gibt daher keinen sicheren Aufschluß über die Größe der tatsächlichen Kalkresorption ab.

Als Beweisgründe für diese Auffassung haben wir in erster Linie die Tatsache, daß selbst beim Hunger Kalk durch den Darm abgegeben wird. Beim zehntägigen Hungerversuch an Cetti und beim sechstägigen Hungerversuch an Breithaupt schieden diese bzw. 0,069 und 0,032 g Ca pro Tag aus (F. Müller[1]). Beim hungernden Hunde hat man im Kote bis zu 0,308 g Ca[2]) und bei der hungernden Katze[3]) 0,011 g Ca pro die gefunden. Ferner hat F. Voit[4]) bei Hunden mit nach Hermann isolierten Darmring (vgl. S. 347) in diesem eine Kalkausscheidung beobachtet, die, pro Tag und Quadratmeter Darmoberfläche berechnet, 0,09 bis 0,16 g Ca betrug.

Wenn der Kalkgehalt der Nahrung unzureichend ist, um den Bedarf des Körpers an Ca zu decken, findet man nicht selten, daß die Kalkmenge im Kote größer ist als die gefütterte Kalkmenge. Beispiele davon sind schon oben mitgeteilt worden, und ich will nur nach Renwall[5]) noch folgende Erfahrungen am Menschen hinzufügen. Die zwei Versuchspersonen genossen täglich 0,121 bzw. 0,090 g Ca und gaben im Kot 0,163 bzw. 0,165 g Ca ab. Da die von diesen Individuen genossene, kalkarme Kost pro Tag etwa 2500 bzw. 2000 Kal. betrug, dürften diese Zahlen als ein approximatives Maß der vom Körper in den Darm usw. ausgeschiedenen Kalkmengen aufgefaßt werden können.

Als Quelle dieser Kalkabgabe kommen teils die Verdauungsflüssigkeiten, teils zugrunde gegangene Darmepithelien, teils eine vom Verdauungsgeschäft unabhängige Ausscheidung in Betracht. Betreffend die ersteren weiß man, daß die Galle nur wenig Kalk enthält (Jankau[6]); auch der Magensaft ist nicht besonders reich an Kalk, denn nach C. Schmidt[7]) enthält er nur 0,092 g $CaCl_2$ pro Liter.

Da wir uns ferner vergegenwärtigen, daß in den Versuchen von F. Voit der Hungerkot, pro 1 qm der Darmoberfläche berechnet, nicht mehr Kalk als die im isolierten Darmring pro Quadratmeter ausgeschiedene Masse enthielt, so dürfte man mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit schließen können, daß der vom Körper selber stammende, im Kot abgegebene Kalk zum größten Teil entweder in den Darmsaft sezerniert wird oder ein direktes Ausscheidungsprodukt darstellt.

Bei verschiedenen Tieren ist der vom Körper ausgeschiedene Kalk, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht, in sehr verschiedener Weise auf den Harn und den Kot verteilt. Ich bemerke, daß hier nur solche Versuche aufgenommen wurden, bei welchen keine Extrazugabe von Kalk zu der Kost stattgefunden hat.

---

[1]) Arch. f. pathol. Anat. **131**, Supplbd., S. 18, 67, 1893. — [2]) F. Müller, Zeitschr. f. Biol. **20**, 334, 1884; F. Voit, Ebenda **29**, 364, 1892; I. Munk, Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 325, 1894. — [3]) Sedlmair, Zeitschr. f. Biol. **37**, 56, 1899. — [4]) Ebenda **29**, 362, 371, 1892. — [5]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 129, 1904; vgl. auch Bertram, Zeitschr. f. Biol. **14**, 342, 1878 (Ziege). — [6]) Arch. f. exp. Pathol. **29**, 237, 1891. — [7]) Vgl. Scheteling, Arch. f. path. Anat. **82**, 437, 1880.

Tierart	Die prozentige Verteilung des Kalkes auf		Autor
	Harn	Kot	
Mensch	41,8	58,2	Bertram[1])
„	60,9	39,1	Renwall[2])
„	64,3	35,7	
„	29,1	70,9	
„	36,1	63,9	
„	25,4	74,6	
Säugling, natürliche Nahrung	31,9	68,1	Blauberg[3])
„ Kuhmilch	2,2	97,8	
„ Kindermehl	9,5	90,5	
„ Kuhmilch	1,4	98,6	
Hund	20,6	79,4	Perl[4])
„	3,0	97,0	Tereg u. Arnold[5])
„	18,0	82,0	
„	27,2	72,8	Heiss[6])
Ziegenbock	4,8	95,2	Bertram[7])
Hammel	4,1	95,9	Henneberg[8])
Pferd	40,3	59,7	Tangl[9])
„	39,2	60,8	
„	32,0	68,0	
„	29,2	70,8	

Beim erwachsenen Menschen enthält der Harn also etwa 25 bis 64 Proz., beim natürlich ernährten Säugling etwa 32 Proz. der gesamten Kalkabgabe, während sie beim künstlich ernährten Säugling nur etwa 2 bis 10 Proz. derselben ausmacht. Beim Hunde beträgt die im Harn ausgeschiedene Ca-Menge etwa 18 bis 27 Proz. (mit Ausnahme einer ganz aus der Reihe fallenden Zahl). Beim Ziegenbock und Hammel werden nur 4 bis 5 Proz. des Kalkes durch die Nieren abgegeben. Demgegenüber sind die Zahlen für die Kalkabgabe im Harn des Pferdes, 29 bis 40 Proz., sehr hoch.

Diese Differenzen sind zum Teil von einer verschieden umfangreichen Resorption im Darme bedingt, wie z. B. daraus hervorgeht, daß der Kot beim künstlich ernährten Säugling 0,41, 0,09 und 0,81 g Ca bei einer Zufuhr von bzw. 0,54, 0,07 und 1,44 g enthielt, während im Versuche am natürlich ernährten Kinde der Kot bei einer Zufuhr von 0,19 g Ca nur 0,05 g enthielt.

Es ist indes nicht möglich, diese Verschiedenheiten allein aus dem Gesichtspunkte einer verschieden umfangreichen Resorption zu erklären, denn auch die Leistungsfähigkeit der Nieren und die Lösungsbedingungen des Harnes für die Kalksalze müssen hierbei eine große Rolle spielen. Hier wie beim Phosphor muß der Darm, wenn die Ausscheidung durch die Nieren nicht in genügendem Umfange stattfinden kann, die Abgabe des Calciums in einem größeren Umfange besorgen.

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 354, 1878. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 114, 1904. — [3]) Zeitschr. f. Biol. **40**, 1, 36, 1900. — [4]) Arch. f. pathol. Anat. **74**, 54, 1878. — [5]) Arch. f. d. ges. Physiol. **32**, 125, 155, 1883. — [6]) Zeitschr. f. Biol. **12**, 156, 1876. — [7]) Ebenda **14**, 337, 1878. — [8]) Zit. nach Bertram, a. a. O. — [9]) Arch. f. d. ges. Physiol. **89**, 227, 1902.

b) Magnesium.

Die bis jetzt vorliegenden Angaben über die Resorption und Ausscheidung des Magnesiums sind noch spärlicher als die über das Calcium.

Die Resorption des Magnesiums scheint, beim Hunde wenigstens, leichter als die des Calciums zu erfolgen. In dem 308 Tage dauernden Versuch von Heiss[1]) schied der Versuchshund bei einer Gesamtaufnahme von 12,4 g Mg im Kot nur 4,12 g aus, während von 9,81 g Ca nicht weniger als 7,14 g im Kote wieder erschienen.

Übrigens gilt auch vom Magnesium, daß es unabhängig von der Nahrung in einer gewissen Menge vom Körper im Darm abgegeben wird. Bei den Hungerern Cetti und Breithaupt fand F. Müller[2]) im Kote durchschnittlich pro Tag 0,006 bzw. 0,01 g Mg. Im Hungerkot des Hundes hat man im Mittel pro Tag 0,009 bis 0,028 g Mg beobachtet[3]). — Bei einer Kost, die nur 0,031 bzw. 0,023 g Mg enthielt, schieden zwei Menschen 0,064 bzw. 0,067 g Mg im Kot aus (Renwall[4]).

Wie sich die Mg-Ausscheidung bei verschiedenen Tierarten auf den Harn und den Kot verteilt, ist aus folgender Tabelle ersichtlich[5]).

Tierart	Die prozentige Verteilung des Magnesiums auf		Autor
	Harn	Kot	
Mensch	38,6	61,4	Bertram
„	32,7	67,3	Renwall
„	28,9	71,1	
„	37,0	63,0	
„	36,3	63,7	
„	36,2	63,8	
Säugling, natürliche Nahrung	47,1	52,9	Blauberg
„ Kuhmilch	6,9	93,1	
„ Kindermehl	5,3	94,7	
„ Kuhmilch	28,3	71,7	
Hund	64,8	35,2	Heiss
Ziegenbock	31,5	68,5	Bertram
Hammel	23,7	76,3	Henneberg
Pferd	30,0	70,0	Tangl
„	30,3	69,7	
„	23,7	76,3	
„	25,1	74,9	

Wenn es gestattet ist, aus so wenigen Beobachtungen Schlußfolgerungen zu ziehen, so würden wir sagen können, daß sich die Ausscheidungsbedingungen des Magnesiums im Harn im großen und ganzen günstiger als die des Calciums gestalten. Es kommt indes auch vor, daß, wie bei Renwalls Versuchen am Menschen und Tangls am Pferde, die Ca-Ausscheidung im Harn in Prozenten der Gesamtausscheidung größer als die des Magnesiums ist.

[1]) Zeitschr. f. Biol. **12**, 164, 1876. — [2]) Arch. f. path. Anat. **131**, Supplbd., S. 18, 67, 1893. — [3]) F. Müller, Zeitschr. f. Biol. **20**, 334, 1884; I. Munk, Arch. f. d. ges. Physiol. **58**, 325, 1894. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 129, 1904. — [5]) Literatur siehe S. 533.

c) Bilanzversuche über Calcium und Magnesium.

Solche liegen überhaupt nur in geringer Zahl vor; unter diesen sind die mir bekannten, insofern sie sich auf den gesunden erwachsenen Menschen beziehen, in folgender Tabelle zusammengestellt (siehe Tabelle 1 auf folgender Seite).

An fiebernden Kranken und an Rekonvaleszenten hat ferner Gramatchikow [1]) viele Bilanzversuche über Ca und Mg ausgeführt, und außerdem liegen ja solche Versuche betreffend die Rachitis vor. Da indes diese Beobachtungen entschieden in das Gebiet der Pathologie gehören, so können sie hier nicht erörtert werden.

Irgend welche bestimmte Folgerungen hinsichtlich des tatsächlichen Bedarfes des erwachsenen Menschen an Calcium und Magnesium lassen sich kaum aus diesem Material ziehen. Aus den Beobachtungen Bertrams wäre zu schließen, daß der tägliche Bedarf an Ca etwa 0,3 g betragen würde. Bei Renwall trat aber das Ca-Gleichgewicht erst bei einer etwa dreimal so großen Ca-Zufuhr (durchschnittlich 0,860 g) ein. Jedenfalls ist der tägliche Bedarf nicht größer als 1 g Ca; aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte er sogar etwas geringer sein.

Sowohl aus Bertrams als aus Renwalls Bilanzversuchen geht hervor, daß Mg-Gleichgewicht bei einer Zufuhr von 0,4 bis 0,5 g Mg beim erwachsenen Menschen erreicht wird.

Daß der noch wachsende Körper einen verhältnismäßig größeren Bedarf an Ca und Mg hat, ist selbstverständlich. Zur Feststellung desselben besitzen wir folgende Bilanzversuche von Blauberg [2]) (siehe Tabelle 2 auf folgender Seite).

Aus Nr. 2 und 3 ist ersichtlich, wie schlecht die Kuhmilch im Darme des Säuglings ausgenutzt wird; daher und aus anderen Gründen muß wohl die sub 1 aufgenommene Bilanz als die dem Tatbestande am meisten entsprechende aufgefaßt werden. Aus derselben folgt, daß der Ca-Bedarf des fünfmonatlichen Säuglings, wenn es nur gilt, die Ausgaben zu decken, 0,069 g beträgt. Hierzu kommt aber noch die zum Ansatz notwendige Ca-Menge. Diese beträgt im betreffenden Versuche 0,125 g pro Tag, d. h. nicht weniger als 64 Proz. der Gesamtzufuhr.

Über die Ca- und Mg-Abgabe im Harn allein finden sich in der hierhergehörigen Literatur noch viele Angaben vor. Da sie indessen keine Aufschlüsse über den Bedarf des Körpers an diesen Substanzen liefern und also von nahrungsphysiologischem Gesichtspunkte ohne weitere Bedeutung sind, finde ich es nicht angezeigt, dieselben hier zu besprechen. Im allgemeinen hat man aus denselben den Schluß gezogen, daß Mg O im Harn reichlicher vorkomme als Ca O, und Hammarsten faßt in seinem Lehrbuche (4. Aufl., S. 483) die vorliegenden Erfahrungen dahin zusammen, daß von der Menge der täglich ausgeschiedenen Erdphosphate annähernd zwei Drittel auf das Magnesium- und ein Drittel auf das Calciumphosphat kommen. Dies ist aber, wie aus den oben mitgeteilten Bilanzversuchen hervorgeht, keineswegs immer der Fall. Übrigens scheint das gegenseitige Verhältnis des Ca und Mg wesentlich von der Art der Nahrung und deren Gehalt an Erdmetallen abhängig zu sein. So fand Bunge [3]) bei Fleischdiät im Harn 0,24 g Ca und 0,17 g Mg, bei vegetabilischer Diät dagegen 0,24 g Ca und 0,08 g Mg.

---

[1]) Zit. nach Atwater und Langworthy, A Digest of metabolism experiments. Washington 1897, p. 189 ff. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **40**, 1, 36, 1900. — [3]) Bunge, Lehrb. d. physiol. Chemie, 1. Aufl. Leipzig 1887, S. 311.

Tabelle 1.

Dauer der Versuchsperiode Tage	Ca pro Tag: Einnahmen g	Ca pro Tag: Ausgaben Harn g	Ca pro Tag: Ausgaben Kot g	Ca pro Tag: Ausgaben Summe g	Ca pro Tag: Bilanz g	Mg pro Tag: Einnahmen g	Mg pro Tag: Ausgaben Harn g	Mg pro Tag: Ausgaben Kot g	Mg pro Tag: Ausgaben Summe g	Mg pro Tag: Bilanz g	Autor
3	0,275	0,119	0,166	0,285	— 0,010	0,438	0,160	0,257	0,417	+ 0,021	Bertram[1]
3 (40 g zitronensaures Kalium)	0,275	0,068	0,209	0,277	— 0,002	0,438	0,160	0,266	0,426	+ 0,012	Bertram[1]
3 (30 g $CaCO_3$) . . .	4,273	0,213	3,866	4,079	+ 0,194	0,438	0,198	0,239	0,437	+ 0,001	Bertram[1]
8	0,860	0,507	0,325	0,832	+ 0,028	0,412	0,139	0,286	0,425	— 0,013	Renwall[2]
7	0,909	0,595	0,331	0,926	— 0,017	0,499	0,132	0,326	0,458	+ 0,041	Renwall[2]
6 (0,2 Ca in $CaCO_3$) .	1,197	0,557	0,476	1,033	+ 0,164	0,559	0,143	0,337	0,480	+ 0,079	Renwall[2]
5 (0,4 Ca in $CaCO_3$) .	1,486	0,649	0,664	1,313	+ 0,173	0,621	0,170	0,327	0,497	+ 0,124	Renwall[2]
6 (0,4 Ca in $CaCO_3$) .	1,470	0,609	0,850	1,459	+ 0,011	0,625	0,171	0,398	0,569	+ 0,056	Renwall[2]

Tabelle 2.

Nr.	Nahrung	Ca pro Tag: Einnahmen g	Ca pro Tag: Ausgaben Harn g	Ca pro Tag: Ausgaben Kot g	Ca pro Tag: Ausgaben Summe g	Ca pro Tag: Bilanz g	Mg pro Tag: Einnahmen g	Mg pro Tag: Ausgaben Harn g	Mg pro Tag: Ausgaben Kot g	Mg pro Tag: Ausgaben Summe g	Mg pro Tag: Bilanz g
1	Frauenmilch	0,194	0,022	0,047	0,069	+ 0,125	0,028	0,008	0,010	0,018	+ 0,010
2	Kuhmilch, verdünnt	0,537	0,010	0,417	0,427	+ 0,110	0,061	0,003	0,039	0,042	+ 0,019
3	Kindermehl	0,069	0,010	0,094	0,104	— 0,035	0,057	0,004	0,068	0,072	— 0,015
4	Kuhmilch, nicht verdünnt .	1,487	0,012	0,815	0,827	+ 0,660	0,090	0,022	0,056	0,078	+ 0,012

[1]) Zeitschr. f. Biol. **14**, 354, 1878. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **16**, 111, 118, 1904.

Nähere Aufschlüsse über den Ca- und Mg-Stoffwechsel können wir nur dann erhalten, wenn wir denselben unter Einwirkung einer verschieden zusammengesetzten Diät und unter gleichzeitiger Beachtung der übrigen Aschebestandteile untersuchen. Die wenigen bis jetzt vorliegenden Angaben gestatten es bei weitem nicht, tiefer in das Wesen desselben einzudringen.

§ 6. Das Eisen.

Betreffend die Ausscheidung des Eisens ergeben zahlreiche Erfahrungen, daß dasselbe nur in sehr geringer Menge durch den Harn abgegeben wird, und zwar beträgt sie beim gesunden Menschen durchschnittlich nur etwa 0,001 g [1]).

Andererseits findet sich auch bei vollständigem Hungern immer etwas Eisen im Kot. So fand Müller [2]) bei Cetti durchschnittlich 0,007 und bei Breithaupt durchschnittlich 0,008 g Eisen. Bei Succi betrug die tägliche Fe-Abgabe bei seinem Wiener Versuch durchschnittlich 0,007 g (E. und O. Freund [3]).

Ganz entsprechende Resultate hat man auch beim Hunde bekommen. An einem nach Hermann hergestellten Darmring (vgl. oben S. 347) wurde, pro Quadratmeter berechnet, täglich 0,006 bis 0,009 g Eisen ausgeschieden; bei einem hungernden Hunde enthielt der Kot täglich 0,010 g Eisen, was ebenfalls 0,006 g pro Quadratmeter Darmoberfläche entspricht (F. Voit [4]). — Ein Hund, den Forster [5]) mit Fleischrückständen fütterte, schied binnen 38 Tagen mit dem Kot allein 2,66 g mehr Eisen aus, als er im Futter zu sich nahm (Einnahme insgesamt 0,93 g Fe, im Kot insgesamt 3,59 g Fe) usw.

Wenn eisenhaltige Nahrung verabreicht wird, steigt die Fe-Menge im Harn äußerst wenig oder gar nicht an, während die Eisenabgabe im Kot entsprechend der Zufuhr beträchtlich ansteigt.

E. W. Hamburger [6]) fütterte einen 8 kg schweren Hund teils mit Fleisch allein, teils mit Fleisch und Eisensulfat. Vor der Fütterung mit diesem betrug die tägliche Fe-Aufnahme 0,015 g, Ausgaben im Harn 0,0035 g, im Kot 0,0114 g Fe, also im Kot dreimal so viel Eisen als im Harn. Bei Zugabe von Eisensulfat war die tägliche Fe-Aufnahme 0,064 g, sowie während einer viertägigen Nachperiode mit Fleisch allein wiederum 0,015 g. Für die ganze Reihe von 13 Tagen wurden durchschnittlich 0,0045 g Fe im Harn und 0,0422 g Fe im Kot ausgeschieden. Die Fe-Abgabe im Harn war also nur um 0,001 g gestiegen.

Aus diesen Tatsachen folgt entweder, daß das in anorganischen Verbindungen enthaltene Eisen aus der Nahrung nur in sehr geringem Maße resorbiert wird, oder auch, daß es nach vorgängiger Resorption zum allergrößten Teil durch den Darm wieder ausgeschieden wird.

Die in erster Linie erwähnte Auffassung wurde besonders von Bunge [7]) vertreten, und er suchte nachzuweisen, daß das Eisen nur in Form kompli-

---

[1]) Vgl. Stockman u. Greig, Journ. of Physiol. **21**, 55, 1897; Neumann, Zeitschr. f. physiol. Chemie **37**, 143, 1902; v. Wendt, Skand. Arch. f. Physiol. **17**, 131, 1905; Gottlieb, Arch. f. exp. Path. **26**, 138, 1889. — [2]) Arch. f. path. Anat. **131**, Supplbd., S. 18, 67, 1893. — [3]) Wiener klin. Rundschau 1901, S. 93. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **29**, 389, 1892; vgl. auch F. Müller, Ebenda **20**, 336, 1884. — [5]) Ebenda **9**, 376, 1873. — [6]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **2**, 191, 1878. Daselbst auch die ältere Literatur. — [7]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **9**, 49, 1885; vgl. auch Bunge, Ebenda **26**, 36, 1898 und Socin, Ebenda **15**, 93, 1891.

zierter organischer Verbindungen (Hämatogene) resorbiert und assimiliert wird. Der günstige Erfolg der Eisenmedikation bei der Chlorose sei dadurch bedingt, daß die anorganischen Eisenverbindungen in irgend einer Weise die organischen vor der Zersetzung im Darm und vor der Abspaltung ihres Eisens bewahrten.

Bunges Arbeit veranlaßte eine große Menge Untersuchungen, welche bezweckten, die Frage nach der Resorption und Assimilation des Eisens in anorganischen Verbindungen näher aufzuklären.

Von vornherein war es ziemlich klar, daß Ausnutzungsversuche nur bei stattfindender Eisenretention im Körper bestimmte Schlüsse gestatten würden. Tatsächlich finden sich in der hierher gehörigen Literatur einige Arbeiten, welche dies dartun.

So beobachtete Marfori[1]) unter Anwendung eines künstlich dargestellten Eisenalbuminats, daß etwa 50 Proz. desselben resorbiert wurden. Allerdings konnte er keine Resorption von Eisenlaktat nachweisen; er bemerkt indessen, daß aus anorganischen Eisenpräparaten und Eiweiß dem Fe-Albuminat entsprechende Verbindungen im Darme gebildet werden könnten.

An einem Mädchen mit Fistel am Ileum fand Honigmann[2]) im Darminhalt bei gewöhnlicher Kost täglich 0,0319 g Fe; bei Zugabe von 0,4166 g Fe im Ferrum citrat. oxydat. betrug die Fe-Menge des Kotes 0,1097 g — also waren vom Eisensalz 0,3069 g Fe resorbiert worden.

In der letzten Zeit hat v. Wendt[3]) in Selbstversuchen folgende Bilanzen erhalten. Am 3. und 4. Tage wurde 0,10 g bis 0,09 g Fe als Karbonat aufgenommen.

Tag	Eisen in der Kost g	Eisen im Harn g	Eisen im Kot g	Bilanz g
1	0,008	0,001	0,008	— 0,001
2	0,011	0,001	0,008	+ 0,002
3	0,111	0,001	0,048	+ 0,062
4	0,100	0,001	0,048	+ 0,051
5	0,010	0,001	0,048	— 0,038
6	0,015	0,001	0,010	+ 0,004

Ferner hat man den Eisengehalt der Organe bei Tieren untersucht, denen anorganisches Eisen im Futter gegeben worden ist, und denselben mit dem Eisengehalt solcher Tiere verglichen, die eine eisenarme Nahrung bekommen hatten. Bei solchen Versuchen konnte Kunkel[4]) an weißen Mäusen konstatieren, daß Liquor ferri oxychlorati die Eisenmenge der Organe beträchtlich in die Höhe treibt, und zwar sammelt sich das Eisen hierbei ganz besonders in der Leber. Ganz dasselbe beobachtete Hall[5]) am gleichen Versuchsobjekt bei Fütterung mit Carneferrin (ohne Carneferrin 0,420 g Fe, nach viertägiger Fütterung mit Carneferrin 0,830 g Fe pro Kilogramm Körpergewicht) und Woltering[6]) mit Ferrosulfat.

---

[1]) Arch. f. exp. Pathol. **29**, 212, 1892. — [2]) Arch. f. pathol. Anat. **152**, 191, 1898. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. **17**, 287, 1905. — [4]) Arch. f. d. ges. Physiol. **50**, 1, 1891. — [5]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1894, S. 455; daselbst auch eine ausführliche Literaturübersicht. — [6]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **21**, 186, 1895.

Noch deutlicher stellte sich das Vorhandensein der Eisenresorption durch den mikrochemischen Nachweis von Eisen in der Schleimhaut des Darmes dar, wie er von Mac Callum[1]), Hall[2]), Hochhaus und Quincke[3]), Gaule[4]), Hofmann[5]), Swirski[6]), Abderhalden[7]), H. Landau[8]), Tartakowsky[9]) und anderen erbracht wurde.

Nunmehr gibt selbst Bunge die Resorption anorganischer Eisenverbindungen, und zwar auch in kleinen, medikamentösen Gaben zu. Auf der anderen Seite wird aber noch die Ansicht vertreten, daß das Eisen in dieser Form nicht zur Hämoglobinbildung verwertet werden könne, und daß also das Hämoglobin nur aus den Hämatogenen entstehen würde.

Die einschlägige Literatur ergibt in dieser Hinsicht unter anderem folgendes.

Abderhalden[10]) fand, daß das in der Normalnahrung, ebenso wie das in Hämoglobin, Hämatin und in anorganischen Eisenverbindungen enthaltene Eisen denselben Weg der Resorption einschlägt, an denselben Orten abgelagert wird und denselben Ausscheidungsweg hat, sowie durch dieselben Reagenzien nachgewiesen wird.

Schon daraus würde man folgern wollen, daß in bezug auf die Assimilation die anorganischen Eisenverbindungen den Hämatogenen gegenüber keine wesentliche Differenz darbieten, und diese Folgerung wird nur noch gestützt durch die Bestimmungen Abderhaldens[11]) über die gesamte Hämoglobinmenge bei Zugabe von derartigen Präparaten zu einer eisenarmen Kost oder zu einer Kost mit normalem Gehalt an organisch gebundenem Eisen. Hier bewirkte das anorganische Eisen tatsächlich eine Vermehrung sowohl der absoluten als auch der relativen Hämoglobinmenge.

Das Resultat dieser und anderer Versuche ist von einigen Autoren, unter anderem von Abderhalden selber, in der Weise aufgefaßt worden, daß das verabreichte anorganische Eisen nur indirekt eine vermehrte Hämoglobinbildung bedingt, und selber zu diesem Zwecke untauglich sei. Demgegenüber ist indes unter anderem in Betracht zu ziehen, daß bei der Normalnahrung die mikroskopischen Bilder der Resorption denen bei anorganischem Eisen ganz ähnlich sind, woraus doch folgen dürfte, daß auch in jenem Falle das Eisen in Form einfacherer Verbindungen resorbiert wird, in denen das Eisen sowohl mittels Schwefelammonium als mittels Ferrocyankalium und Salzsäure leicht zu entdecken ist[12]).

Als ein Experimentum crucis empfahl Kunkel[13]) folgende Versuchsanordnung. Es wird zwei Tieren durch wiederholte Aderlässe von Zeit zu Zeit Blut entzogen; alle beide bekommen dasselbe eisenarme Futter, das eine Tier aber mit Zusatz von anorganischem Eisen. Wenn eine Hämoglobinbildung auf Kosten des letzteren tatsächlich stattfindet, so muß das Eisentier die Folgen der Blutentziehung leichter als das andere Tier überstehen.

---

[1]) Journ. of Physiol. **16**, 268, 1894. — [2]) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, S. 49. — [3]) Arch. f. exp. Path. **37**, 159, 1896. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **35**, 377, 1897. — [5]) Arch. f. path. Anat. **151**, 488, 1898. — [6]) Arch. f. d. ges. Physiol. **74**, 466, 1899. — [7]) Zeitschr. f. Biol. **39**, 113, 1900. — [8]) Zeitschr. f. klin. Med. **46**, 223, 1902. — [9]) Arch. f. d. ges. Physiol. **100**, 586, 1904. — [10]) Zeitschr. f. Biol. **39**, 150, 1900. — [11]) Ebenda **39**, 193, 483, 1900. — [12]) Vgl. Abderhalden, Ebenda **39**, 150, 1900; Tartakowsky, Arch. f. d. ges. Physiol. **100**, 609, 1904. — [13]) Arch. f. d. ges. Physiol. **61**, 595, 1895.

Nach diesem Plane sind Versuche von Kunkel selber, von Woltering[1]), F. Müller[2]) und Tartakowsky[3]), und zwar mit vollständigem Erfolg ausgeführt worden.

Als Beleg diene folgende Zusammenstellung der langen Versuchsreihe des letzteren. Die Tiere bekamen als Futter nur Milch, Reis und Quark.

Nr.	Hämoglobingehalt auf 100 ccm Blut			
	zu Anfang der Versuche (vor dem 1. Aderlaß)		zu Ende der Versuche	
	ohne Fe	mit Fe	ohne Fe	mit Fe
1	16,10	14,19	9,85	12,26
2	19,41	15,43	9,66	14,01
3	15,73	11,72	10,62	13,41
4	12,42	—	8,02	—
5	14,47	12,49	9,53	12,24
6	17,54	16,06	10,96	15,52
7	17,87	16,79	7,25	15,36
8	20,87	16,42	7,53	12,55
9	15,37	—	7,76	13,51
Mittel	16.64	14,73	9,02	13,61

Die Differenz des Hämoglobingehaltes am Ende der Versuche (13,61—9,02) beträgt etwas mehr als 50 Proz. der kleineren Zahl, was bezeugt, daß etwaige Verschiedenheiten der absoluten Blutmenge dieses Resultat nicht erklären können.

Das Eisen wird also sowohl aus organischen als aus anorganischen Verbindungen resorbiert und im Körper verwertet, sowie zum allergrößten Teil wieder durch den Darm ausgeschieden.

Über die Größe der unter normalen Verhältnissen täglich stattfindenden Resorption läßt sich zurzeit wohl kaum etwas Bestimmtes sagen. Ebensowenig dürfte es zurzeit möglich sein, den täglichen Bedarf an Eisen in einer bestimmten Zahl auszudrücken. Nach v. Wendt würde das tägliche Fe-Quantum in der gewöhnlichen Kost des erwachsenen Menschen etwa 0,020 bis 0,030 g betragen[4]).

Zwölftes Kapitel.

Die Ernährung des Menschen.

Es ist nicht möglich, in diesem Handbuche eine ausführliche Besprechung des Nahrungsbedarfes des Menschen unter verschiedenen Verhältnissen zu geben, noch eingehend zu erörtern, wie die Kost aus verschiedenen Nahrungsmitteln zusammenzusetzen ist, um als befriedigend aufgefaßt werden zu können. Da aber andererseits eine Darstellung der Physiologie des Stoff-

[1]) Zeitschr. f. physiol. Chemie **21**, 186, 1895. — [2]) Arch. f. path. Anat. **164**, 436, 1901. — [3]) Arch. f. d. ges. Physiol. **101**, 423, 1904. Daselbst eine ausführliche Literaturübersicht. — [4]) Skand. Arch. f. Physiol. **17**, 288, 1905.

wechsels doch in einem gewissen Grade die betreffenden Fragen zu berücksichtigen hat, will ich zum Schlusse einige allgemeine Gesichtspunkte, betreffend die Ernährung des Menschen, darlegen.

In dieser Beziehung sind zwei Lehrsätze, welche fast axiomatischer Natur sind, vor allem zu berücksichtigen, nämlich: 1. die Kost muß die Verdauungsorgane in geeigneter Weise erregen, ohne sie übermäßig anzustrengen oder sonst schädlich zu beeinflussen; 2. sie muß eine dem Bedarf des betreffenden Individuums völlig genügende Menge von potentieller Energie, sowie von anorganischen Bestandteilen enthalten.

Wenn diesen Anforderungen Genüge getan ist, so ist auch die Kost als in jeder Beziehung zweckmäßig zu erachten; wir haben daher die betreffenden Lehrsätze an der Hand der vorliegenden Erfahrungen näher zu erörtern.

§ 1. Anforderungen an die qualitative Beschaffenheit der Kost.

Unter den vielen Verdiensten Voits um die Physiologie des Stoffwechsels und der Ernährung ist seine Darlegung von der Bedeutung der Gewürz- und Genußmittel nicht eins der geringsten. Vor der Zeit, als Voit seine Bemerkungen hierüber erscheinen ließ, wußte man wohl, daß ein Gemenge aus Eiweiß, Fett, Stärke, Wasser und Aschebestandteilen, welches alle Nahrungsstoffe in gehöriger Quantität darbot, jedoch nicht genügte, gerade weil es an etwas, was die Eßlust erregte, mangelte. Nur unter dem Einflusse eines gewaltigen Hungers konnten sich Menschen und Tiere dazu zwingen, ein solches Gemenge zu verzehren, und selbst dann nur in ungenügender Menge. Man verstand aber nicht, daß hierin die Äußerung einer physiologischen Notwendigkeit vorlag, sondern faßte den Widerwillen gegen eine geschmacklose Kost als Ausdruck der Genußsucht oder etwas dergleichen auf, wie es sich auf das deutlichste aus der damaligen Anordnung der Kost in den Gefängnissen ergibt. Es zeigte sich indessen immer deutlicher, daß die dort verabreichte fade und äußerst geschmacklos bereitete Kost, die übrigens in sehr geringer Abwechselung in derselben Gestalt immer wiederkehrte, nicht selten einen solchen Widerwillen und eine solche Abneigung hervorrief, daß die Gefangenen auch beim größten Hungergefühl nicht imstande waren, sie zu genießen, ja daß bei vielen schon der Anblick und der Geruch derselben hinreichte, um Brechreiz und Würggefühl zu erzeugen[1]).

Angesichts dieser Umstände war Voits Hervorheben der Bedeutung der Schmackhaftigkeit der Kost wahrhaft als ein erlösendes Wort zu begrüßen, und es hat auch überall seinen segensreichen Einfluß ausgeübt.

Wie jede Tätigkeit des Körpers muß auch das Geschäft der Aufnahme der Speise mit einer angenehmen Empfindung verknüpft sein, so lautet in seiner größten Allgemeinheit das betreffende Maxim von Voit[2]).

In erster Linie wird diese Anforderung durch alle diejenigen Stoffe erfüllt, welche den Speisen den ihnen eigentümlichen, uns angenehm dünkenden Geschmack und Geruch verleihen. Hierher gehört außerdem noch alles, was sonst die Aufnahme von Nahrung angenehm macht, das saubere Auftischen

[1]) Baer, Handb. d. Hygiene u. d. Gewerbekrankheiten 2 (2), 131, 1882. — [2]) Voit, S. 421; Zeitschr. f. Biol. 12, 17, 1876.

der Speisen, das fröhliche Tischgespräch usw. Alles dieses wird von Voit unter dem gemeinsamen Namen Genußmittel zusammengefaßt.

Mit wahrem Scharfblick wies Voit nach, daß die Genußmittel unter Vermittelung des Nervensystems ihren günstigen Einfluß auf die Vorgänge der Verdauung und Ernährung ausüben. Zunächst wirken die schmeckenden und riechenden Substanzen der Speisen, nachdem sie uns durch Erregung der Geschmacks- und Geruchsorgane eine angenehme Empfindung ausgelöst, noch auf viele andere Teile, namentlich des Darmkanals, ein und bereiten letzteren für die Verdauung auf irgend eine Weise vor. Es wird im ersten Falle Speichel reichlich abgesondert, was schon durch die Vorstellung oder den Anblick eines uns zusagenden Gerichtes bedingt wird, so daß uns der Speichel im Munde zusammenläuft. Das gleiche läßt sich für die Magensaftdrüsen dartun; man ist imstande, an Hunden mit künstlich angelegten Magenfisteln zu zeigen, wie plötzlich an der Oberfläche Saft hervorquillt, wenn man den nüchternen Tieren ein Stück Fleisch vorhält, ohne es ihnen zu geben. Es setzt sich diese Wirkung wahrscheinlich vom Magen aus auch zu den Drüsen und Blutgefäßen des Darmes fort. Nur solange es uns schmeckt, ist es möglich zu essen. Etwas Geschmackloses oder schlecht Schmeckendes und Ekelhaftes dagegen vermögen wir nicht zu verschlucken; bei einer nicht begehrenswerten und nicht appetitlichen Speise treten in der Tat die angegebenen Erscheinungen nicht mehr ein, sondern es erfolgen vielmehr durch andere Übertragungen Zusammenziehungen der Muskeln des Rachens, der Speiseröhre, des Magens, sowie der Muskeln, welche die Brechbewegungen bedingen, wie das Würgen und das Abgegessensein der Gefangenen nach längerer Aufnahme einer monotonen Kost am deutlichsten zeigt.

Ich habe diese Auseinandersetzungen Voits wörtlich wiedergegeben, um zu zeigen, wie richtig er die Bedeutung der Genußmittel von Anfang an erkannte. Später ist diese Anschauung, wie bekannt, durch die vielfach variierten, außerordentlich bedeutungsvollen, in einem anderen Abschnitte dieses Handbuches näher zu besprechenden Untersuchungen von Pawlow[1]) in weitestem Maße bestätigt und erweitert worden.

Des näheren auf diese Frage einzugehen, verbietet uns der Raum, und ich muß mich daher darauf beschränken, auf Voits eigene Darstellung des Gegenstandes zu verweisen.

§ 2. Der Bedarf des Menschen an potentieller Energie[2]).

Angesichts der spärlichen, bis jetzt vorliegenden Ermittelungen über den Kalorienbedarf wachsender Kinder und Frauen werde ich hier nur den des erwachsenen Mannes besprechen (vgl. auch Kap. VII). Zu diesem Zwecke sind in erster Linie die direkten, unter Anwendung von Respirationsapparaten oder

[1]) Pawlow, Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. Wiesbaden 1898; Das Experiment als zeitgemäße und einheitliche Methode medizinischer Forschung. Ebenda 1900. — [2]) Da unsere Kenntnisse von dem absoluten Bedarf des Menschen an anorganischen Nahrungsstoffen gar zu wenig umfassend sind, um bestimmte Zahlenangaben zu gestatten, und außerdem die Erfahrung ergeben hat, daß eine Kost, welche die sonstigen Anforderungen erfüllt, auch Aschebestandteile in genügender Menge enthält, werde ich bei der folgenden Darstellung diese Substanzen vernachlässigen und nur die organischen Nahrungsstoffe berücksichtigen (vgl. Kap. XI).

Kalorimetern ausgeführten Bestimmungen herbeizuziehen. Die Zahl derartiger Beobachtungen ist allerdings zurzeit noch ziemlich gering; es scheint mir jedoch, daß sie zu einer vorläufigen Orientierung einigermaßen genügt, wenn auch zugegeben werden muß, daß neue Untersuchungen nötig sind, bis diese Frage in allen Einzelheiten als erledigt angesehen werden kann.

In Anbetracht der Tatsache, daß die Muskelarbeit auf den Stoffwechsel einen so mächtigen Einfluß ausübt, ist es bei der Feststellung des Nahrungsbedarfes des Menschen notwendig, deren Größe immer genau zu berücksichtigen, und es empfiehlt sich daher, bei der Besprechung der vorliegenden Frage in erster Linie den Stoffwechsel zu untersuchen, wenn die Muskelleistungen auf ein Minimum reduziert sind.

Bei vorsätzlicher Muskelruhe und mindestens 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme betrug die CO_2-Abgabe bei Versuchen von durchschnittlich 2 Stunden Dauer pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht 0,283 bis 0,393 g. Das Mittel aus zahlreichen, an 11 verschiedenen Individuen männlichen Geschlechts im Alter zwischen 22 und 50 Jahren ausgeführten Bestimmungen beträgt etwa 0,342 g [1]).

Einen ganz exakten kalorischen Ausdruck können wir allerdings nicht aus diesen Angaben herleiten; wir bekommen aber einen oberen Grenzwert, wenn wir annehmen, daß die Kohlensäure bei diesen Versuchen nur aus Fett entstammt, und erhalten dann pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde durchschnittlich 1,15 Kal.

Bei neun erwachsenen schlafenden Individuen beobachtete Sondén und ich [2]) eine durchschnittliche CO_2-Abgabe von 0,339 g pro Kilogramm und Stunde, was nach derselben Berechnungsweise wie oben 1,14 Kal. entspricht.

An einer seit 7 Tagen in einem hysterischen Schlafe sich befindenden jungen Frau, die während dieser Zeit nur eine ganz unbedeutende Nahrung genossen hatte, wurde am letzten Tage die N- und CO_2-Abgabe bestimmt. Unter Berechnung des aus N-freien Nahrungsstoffen entstammenden Kohlenstoffs als Fett-Kohlenstoff betrug der Stoffwechsel pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde 1,03 Kal. [3]).

In ihren kalorimetrischen Untersuchungen stellten Atwater und Benedict [4]) die Wärmeabgabe in sechsstündigen Perioden fest. Aus denjenigen Perioden, in welchen die Versuchspersonen schliefen (1 bis 7 Uhr vorm.), berechnet sich bei den vier verschiedenen Individuen die durchschnittliche Wärmeentwickelung pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde zu 0,93 bis 1,06 oder im Durchschnitt von 115 einzelnen Bestimmungen 1,00 Kal.

Wie ersichtlich, stimmen diese nach verschiedenen Methoden gewonnenen Zahlen untereinander sehr gut überein, insbesondere wenn wir beachten, daß die Berechnung des kalorischen Wertes aus der CO_2-Abgabe eine etwas zu hohe Zahl hat geben müssen. Wir können also sagen, daß der minimale Stoffwechsel bei einem gesunden, nüchternen und ziemlich vollständig ruhenden erwachsenen Menschen rund 1 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde, d. h. für ein mittleres Körpergewicht von 70 kg und 24 Stunden 1680 Kal. beträgt.

Diese Zahl werden wir als Ausgangspunkt für die folgenden Überlegungen benutzen.

---

[1]) Vgl. Johansson, Nordiskt Medicinskt Arkiv **30**, No. 22, p. 10, 1897; Skand. Arch. f. Physiol. **8**, 108, 1898; **16**, 263, 1904. Bergman und Anderson, Ebenda **8**, 342, 1898. Koraen, Ebenda **11**, 178, 1901. Widlund, Ebenda **17**, 290, 1905. — [2]) Ebenda **6**, 205, 1895. — [3]) Nordiskt Medicinskt Arkiv **30**, No. 37, p. 11, 1897. — [4]) U. S. Depart. of agriculture. Off. of Exper. Stat. Bull. 1903, No. 136, p. 141.

Bei dem in gewöhnlichem Sinne ruhenden Menschen kommen eine Menge kleiner Muskelbewegungen immer vor; auch ist der Stoffwechsel dann merkbar größer, und zwar sowohl beim Hunger als bei Zufuhr von Nahrung.

Aus den Versuchen von Ranke[1]), Pettenkofer und Voit[2]), Sondén und mir[3]), Anderson und Bergman[4]), Bjerre[5]), Sivén[6]), Ekholm[7]) und Clopatt[8]), bei welchen der Energiewechsel aus der N- und CO_2-Abgabe hergeleitet wurde, geht, größtenteils nach der Berechnung von Ekholm, folgendens hierüber hervor:

Beim ersten Hungertage variierte der Stoffwechsel zwischen 1,05 und 1,48 Kal. pro Kilogramm und Stunde. Im Durchschnitt von Beobachtungen an neun verschiedenen Individuen betrug derselbe 1,28 Kal. Beim Hungerer J. A. (vgl. oben, S. 381) war der Stoffwechsel am dritten bis fünften Hungertage fast konstant 1,30 Kal. pro Kilogramm und Stunde.

Über den Stoffwechsel bei Zufuhr von Nahrung ergibt sich als Mittel aus den Bestimmungen von Ranke, Pettenkofer und Voit, Sondén und mir, Bjerre, Sivén und Clopatt an zehn verschiedenen Individuen 1,38 Kal. pro Kilogramm und Stunde; die Grenzwerte sind 1,16 und 1,60 Kal.

In zwei Versuchsreihen an je zehn Studenten und zehn Soldaten bekam Ekholm durchschnittlich für jene 1,48, für diese 1,54 Kal. pro Kilogramm und Stunde; Grenzwerte: 1,35 bis 1,80 bzw. 1,25 bis 1,96.

In Atwaters kalorimetrischen Versuchen variierte der Energiewechsel bei den vier Versuchsindividuen mit insgesamt 49 Versuchstagen durchschnittlich zwischen 1,32 und 1,37 und betrug im Mittel 1,35 pro Kilogramm und Stunde.

Aus diesen Ermittelungen folgt also, daß der Stoffwechsel bei einem in gewöhnlichem Sinne ruhenden Menschen etwa 1,30 bis 1,50 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde entspricht. Für einen Menschen von 70 kg Körpergewicht würde dies pro 24 Stunden 2184 bis 2520, durchschnittlich 2350 Kal. ausmachen.

Die kleinen Bewegungen, welche ein nicht in vollständiger Muskelruhe befindlicher Mensch ausführt, und die Nahrung bedingen also eine Erhöhung des Stoffwechsels um etwa 670 Kal. Da die nützliche Arbeit etwa 25 Proz. der Zunahme der Verbrennung beträgt, würde dies einer Muskeltätigkeit von etwa 71 000 kgm entsprechen.

Bei wirklicher körperlicher Arbeit muß, wie selbstverständlich, der Stoffwechsel noch größer sein. Betreffend die Zunahme pro Arbeitseinheit verweise ich auf das im Kap. V schon Ausgeführte und will hier nur diejenigen Versuche berücksichtigen, bei welchen für wenigstens 24 Stunden der Gesamtstoffwechsel oder der Energieumsatz bestimmt worden ist.

Bei der einen ihrer Versuchspersonen machten Pettenkofer und Voit[9]) Arbeitsversuche in folgender Weise: Die Person hatte neun Stunden täglich ein Rad mit einer Kurbel zu treiben; das Rad wurde so stark belastet, daß der Widerstand in der Achse nach dem Gefühle des Arbeiters so groß war, wie es gewöhnlich bei Drehbänken in mechanischen Werkstätten ist, welche durch ein mit der Hand getriebenes Schwungrad bewegt werden. Die kalorische Berechnung des Stoffwechsels für 24 Stunden ergibt bei dem Hungerversuch 2,31 und bei den Versuchen bei mittlerer Kost 2,09 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde. Für ein Körpergewicht von 70 kg und 24 Stunden macht dies durchschnittlich 3696 Kal.

In seinem Respirationskalorimeter ließ Atwater die Versuchspersonen ein stationäres Fahrrad mit den Beinen treten, welches seinerseits eine Dynamo in Be-

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862, S. 311. — [2]) Zeitschr. f. Biol. **2**, 459, 1866. — [3]) Skand. Arch. f. Physiol. **6**, 205, 1895. — [4]) Ebenda **8**, 326, 1898. — [5]) Ebenda **9**, 323, 1899. — [6]) Ebenda **10**, 21, 1899. — [7]) Ebenda **11**, 1, 1900. — [8]) Ebenda **11**, 354, 1901. — [9]) Zeitschr. f. Biol. **2**, 537, 1866.

wegung setzte. Die an drei verschiedenen Individuen gemachten Versuche ergaben (wie oben aus dem Gesamtumsatz pro 24 Stunden berechnet) pro Kilogramm und Stunde bzw. 2,27, 2,27 und 2,81 Kal., d. h. für ein Körpergewicht von 70 kg und 24 Stunden 3814 bzw. 4721 Kal.

Diese Versuche zeigen aufs deutlichste, einen wie großen Einfluß die Muskelarbeit auf den Stoffumsatz ausübt; eine direkte praktische Bedeutung besitzen sie indessen nicht, da sie über die in verschiedenen Gewerben tatsächlich stattfindende Arbeit keine Aufschlüsse geben können.

Da wir aber gewisse Anhaltspunkte über die Verwertung der Energie bei der Muskelarbeit besitzen (vgl. Kap. V) und also, von dem Stoffwechsel eines in gewöhnlichem Sinne ruhenden Menschen ausgehend, den Stoffwechsel bei einem bestimmten Arbeitsquantum annäherungsweise bestimmen können, so würden wir den Nahrungsbedarf bei Arbeitern in verschiedenen Gewerben unschwer ausdrücken können, wenn wir Angaben über die dabei geleistete Arbeit besäßen.

Leider sind aber unsere diesbezüglichen Kenntnisse noch außerordentlich gering, und wir besitzen wesentlich nur approximative Schätzungen der maximalen Arbeitsgröße des Menschen.

Als Beispiele seien nach den Zusammenstellungen von Gariel[1]) und Blix[2]) folgende, auf einen achtstündigen Arbeitstag bezogene Angaben hier mitgeteilt. Treppensteigen oder Gehen bergauf: 302400 (Weisbach), 280000 (Navier), 205000 (Coulomb) kgm; Zieharbeit: 316800 (Weisbach); Arbeit im Tretrad: 259000 (Navier); Ziegeltragen: 282000 (Coignet); an der Winde: 207000 (Navier); Handkurbel: 173000 (Navier). Kalorisch entsprechen diese Zahlen 407 bis 745 Kal. oder unter der Voraussetzung, daß die Energie zu ein Viertel als mechanische Arbeit verwertet wird, 1628 bis 2980 Kal. Unter Voraussetzung, daß der Stoffwechsel eines nicht arbeitenden Menschen auf etwa 2350 Kal. veranschlagt werden kann, würde also der Stoffwechsel hier auf 3978 bzw. 5330 Kal. zu schätzen sein.

Selbst diese Zahlen geben uns keine Aufklärung über die Größe der im täglichen Leben vorkommenden Arbeitsleistungen. Indirekt hat Wolpert[3]) diese zu bestimmen versucht, indem er die Zunahme der CO_2-Abgabe bei gewerblicher Arbeit für Perioden von drei bis fünf Stunden bestimmte und daraus unter der Annahme, daß ein Zuwachs um 1 mg CO_2 einer Arbeit von 0,3 kgm entspricht, die Größe der ausgeführten Arbeit berechnete. In dieser Weise fand er für einen Zeichner 4000, für einen mechanischen Arbeiter 4100, für einen Damenschuhmacher 4500 und für einen Herrenschuhmacher 8000 kgm pro Stunde. Für einen achtstündigen Arbeitstag beträgt dies bzw. 32000, 32800, 36000 und 64000 kgm. Unter Anwendung der früheren Verhältniszahl zwischen Arbeit und Energieverbrauch würde der tägliche Stoffwechsel bei diesen Arbeitern bzw. 2651, 2659, 2689, 2952 Kal. dargestellt haben.

In seinem berühmten Vortrage auf dem Kongreß für die öffentliche Gesundheitspflege in München (1875) gab Voit[4]) als Normalmaß für die Kost eines „mittleren Arbeiters“ 118 g Eiweiß, 56 g Fett und 500 g Kohlehydrate an. Als „mittleren Arbeiter“ bezeichnete er[5]) einen kräftigen Mann von 67 kg Körpergewicht[6]), welcher vermöge seiner Muskelmasse eine mittlere Arbeit zu leisten vermag und auch während 9 bis 10 Stunden täglich leistet. „Also eine Arbeit, nicht so leicht wie die des Schneiders, auch nicht so schwer wie die eines Schmiedes, wohl aber die Arbeit eines Maurers, Zimmermanns oder Schreiners.“

---

[1]) Traité de physique biologique **1**, 1004, 1901. — [2]) Skand. Arch. f. Physiol. **15**, 122, 1903. — [3]) Arch. f. Hygiene **26**, 107, 1896. — [4]) Zeitschr. f. Biol. **12**, 21, 1876. — [5]) Siehe bei Bowie, Ebenda **15**, 466, 1879. — [6]) Voit, S. 525.

Der Wärmewert dieses Normalmaßes beträgt ohne Abzug für den Kot 3055 Kal. Da indes bei den bis jetzt besprochenen direkten Bestimmungen des Stoffwechsels der Kot gar nicht berücksichtigt, sondern als reines Abfallprodukt betrachtet worden ist, so müssen wir der Vergleichung halber von dem Voitschen Kostmaße den Verlust durch den Kot in Abzug bringen. Unter Berücksichtigung, daß die Kost des Arbeiters, auf welche sich dieses Kostmaß ganz besonders bezieht, in der Regel ziemlich viel gröbere vegetabilische Nahrungsmittel enthält und also mit einer verhältnismäßig reichlichen Kotbildung verbunden ist, glaube ich, daß wir denselben nicht zu groß schätzen, wenn wir ihn auf 10 Proz. der Zufuhr veranschlagen. Der Stoffwechsel würde dann netto 2749 Kal., d. h. pro Kilogramm und Stunde etwa 1,71 Kal. betragen. Dies macht für ein Körpergewicht von 70 kg und 24 Stunden 2872 Kal.

Wie ersichtlich, ist der Stoffwechsel pro Kilogramm und Stunde hier nur 0,31 Kal. größer als der bei einem in gewöhnlichem Sinne ruhenden Menschen (vgl. S. 544). Und selbst unter den Versuchspersonen Wolperts, deren Arbeit doch bei weitem nicht der eines mittleren Arbeiters entsprechen dürfte, beträgt doch der Stoffwechsel beim nur achtstündigen Arbeitstage in einem Falle 80 Kal. mehr, in den drei anderen Fällen nur etwa 200 Kal. weniger als der Nettowert des Voitschen Normalkostsatzes.

Darin liegt aber noch kein Beweis gegen die Zweckmäßigkeit desselben. Wenn wir aber ferner die Ermittelungen über die von Arbeitern in verschiedenen Gewerben bei freier Wahl genossene Kost berücksichtigen (vgl. unten), so können wir nicht umhin, die von Voit postulierte absolute Zufuhr als für einen wie oben definierten mittleren Arbeiter etwas zu knapp zu bezeichnen.

Ich bin in der Lage, eine ziemlich beweisende, fast wie ein direkter Versuch im großen erscheinende Erfahrung als Stütze dieser Auffassung herbeizuziehen. In den Gefängnissen Schwedens wurde im Jahre 1891 für die arbeitenden Gefangenen eine Kost eingeführt, die möglichst nahe mit dem Voitschen Normalkostsatz übereinstimmte. Außerdem waren aber die Insassen noch berechtigt, von ihrem Arbeitsverdienst wöchentlich einen gewissen Teil zur Verbesserung der Kost anzuwenden. Bei diesem Regime war der Ernährungszustand in den Gefängnissen vollkommen befriedigend. Dann wurde die Anschaffung von Extraverpflegung aus verschiedenen gefängnistechnischen Rücksichten zum größten Teil verboten, und die Gefangenen sollten sich nun fast ausschließlich mit der im Etat vorgeschriebenen Kost genügen lassen. Es zeigte sich indessen, daß diese Kost nicht genügte, und nach kurzer Zeit mußte wieder eine Verbesserung derselben eingeführt werden.

Übrigens ist Voit schon bei der Begründung seines Normalkostmaßes zu einem etwas zu geringen Energiewert gekommen, weil er die verschiedene Verbrennungswärme des aus Fett und aus Kohlehydraten entstammenden Kohlenstoffs nicht berücksichtigt hat. Als Mittelwert aus einer größeren Anzahl von Beobachtungen hatte er für einen mittleren Arbeiter 118 g Eiweiß und 328 g Kohlenstoff, und zwar bei einer gemischten, aus Fleisch und Vegetabilien mit Brot bestehenden Nahrung angegeben. In 118 g Eiweiß sind etwa 63 g Kohlenstoff enthalten; es sind also noch 265 g durch Fett oder Kohlehydrate zu decken. Aus ökonomischen Gründen nimmt er dazu eine maximale Menge von Kohlehydraten, 500 g; der Rest des Kohlenstoffs wird dann als Fett genossen. Wenn aber, wie es Voit für die nicht mit der Kraft ihrer Muskeln Arbeitenden für zweckmäßig hält, nur 350 g Kohlehydrate aufgenommen werden, so stellt sich das Kostmaß bei der gleichen Zufuhr von N und C folgendermaßen dar: 118 g Eiweiß, 144 g Fett und 350 g Kohle-

hydrate = 3259 Kal. brutto und nach der oben benutzten Reduktion für ein Körpergewicht von 70 kg 3064 Kal. netto, was etwa 7 Proz. mehr als der Voitsche Normalkostsatz beträgt.

Es ist hier nicht der Ort, die Größe des absoluten Nahrungsbedarfes eines mittleren Arbeiters näher zu erörtern. Nur möchte ich bemerken, daß nach den S. 546 zusammengestellten Erfahrungen eine tägliche Arbeitsleistung von 100 000 kgm nicht als übermäßig groß angesehen werden dürfte. Wenn wir dann voraussetzen, daß die Energie zu 25 Proz. bei der Muskelarbeit ausgenutzt wird, so würde dies einer Mehrzersetzung von 941 Kal. entsprechen. Ist nun der Stoffwechsel beim ruhenden Menschen gleich 2350 Kal., so würde derselbe bei unserem mittleren Arbeiter netto 3291 Kal. oder unter Berücksichtigung des Verlustes durch den Kot 3656 Kal. betragen. Mit dieser Zahl stimmt der Energiewert des Kostmaßes von Atwater[1]) für einen mittleren Arbeiter — netto 3400 Kal. — nahe überein.

Die vorliegenden Erfahrungen über die Ernährung bei frei gewählter Kost ergeben, daß die Energiezufuhr bei arbeitenden Menschen in zahlreichen Fällen noch viel größer ist — was ohne Zweifel mit der verschieden strengen Arbeit in verschiedenen Gewerben aufs engste zusammenhängt. Es ist indessen nicht gestattet, die betreffenden Beobachtungen zu bestimmten Folgerungen in betreff des Nahrungsbedarfes in einzelnen Gewerben zu verwerten, denn teils sind diese Beobachtungen zu diesem Zwecke noch viel zu spärlich, teils ist zu beachten, daß selbst in einem und demselben Gewerbe verschiedene Individuen ein sehr verschiedenes Arbeitsquantum leisten. Man kann also nicht im allgemeinen sagen, ein Schuhmacher habe x Kalorien, ein Schneider y Kalorien und ein Tischler z Kalorien nötig, und unter solchen Umständen können die betreffenden Beobachtungen, hinsichtlich der absoluten Zufuhr von Kalorien, nur dann ein größeres Interesse beanspruchen, wenn sie im Detail erörtert werden, was sich hier nicht durchführen läßt[2]).

Aus praktischen Gründen ist man indes gezwungen gewesen, für bestimmte Gruppen der Bevölkerung bestimmte Kostmaße festzustellen. Welches dabei auch als Norm angenommen wird, sind zu gleicher Zeit auch die stattfindenden individuellen Verschiedenheiten genau zu berücksichtigen, denn es steht außer allem Zweifel, daß selbst bei einer quantitativ genau gleichen Arbeitsleistung dennoch der Nahrungsbedarf bei verschiedenen Individuen sehr verschieden sein kann. Ein durchschnittliches Kostmaß paßt also nicht für alle Individuen, und in einer öffentlichen Anstalt müssen daher Veranstaltungen getroffen werden, um dieses in zweckmäßiger Weise zu regulieren. Kurz, das Kostmaß muß, wie Atwater sagt, eine Anweisung, nicht eine Regel sein.

§ 3. Die Verteilung der Zufuhr auf Eiweiß, Fett und Kohlehydrate.

Betreffend die Verteilung der organischen Nahrungsstoffe ist es zurzeit kaum möglich, aus Laboratoriumsversuchen bestimmte Folgerungen zu ziehen, denn solche Versuche können sich nicht über einen genügend langen Zeitraum

[1]) Report of Storrs (Connecticut) agricultural Experiment-Station 1902—1903, p. 134. — [2]) Eine Zusammenstellung dieser Beobachtungen findet sich bei Atwater, Ebenda, p. 134.

erstrecken, wie auch nicht genügend zahlreiche Individuen umfassen, um als alleinige oder wesentliche Grundlage für die Besprechung der Frage zu dienen. Wir sind daher in erster Linie auf die Erfahrungen über die Zusammensetzung der frei gewählten Kost hingewiesen. Indes ist selbst diesen Erfahrungen keine allzu große Bedeutung beizumessen. Im allgemeinen läßt es sich wohl sagen, daß der Mensch einen gewissen Instinkt in bezug auf die absolute Nahrungszufuhr besitzt, obgleich dieser nicht immer zuverlässig ist, wie aus der alltäglichen Erfahrung hervorgeht, daß viele Leute, die eine stillsitzende Lebensweise führen und verhältnismäßig geringe Muskelbewegungen machen, dennoch sehr viel zu sich nehmen und deswegen in einem zuweilen sehr hohen Grade fettleibig werden. Beim Körperarbeiter dürfte solches dagegen eine seltene Ausnahme darstellen, und sein Kostmaß ist daher als ein zuverlässiger Ausdruck seines Nahrungsbedarfes zu erachten.

Was aber den Gehalt der Kost an Eiweiß, Fett und Kohlehydraten betrifft, so ist derselbe zum größten Teile von der Zusammensetzung der zur Verfügung stehenden Nahrungsmittel abhängig. Es ist freilich wahr, daß der Mensch den vollständigen Mangel an dem einen oder anderen Nahrungsstoff wahrnimmt und diesem instinktmäßig abzuhelfen versucht. Dagegen läßt es sich nicht gut denken, daß auch die richtige Proportion der einzelnen Nahrungsstoffe instinktiv empfunden wird, und wir haben keinen triftigen Grund zu einer solchen Annahme. Die frei gewählte Kost lehrt uns also, wieviel Eiweiß usw. ein Mensch genießt, nicht aber, wieviel er davon genießen muß. Aus derartigen Erfahrungen kann man daher wohl schließen, daß eine gewisse Verteilung der organischen Nahrungsstoffe zweckmäßig ist und auf die Länge vertragen wird, nicht aber, daß sie das überhaupt beste Gemenge darstellt.

Um eine Vorstellung von der Verteilung der Nahrungsstoffe bei verschiedenen Individuen zu gewinnen, habe ich in den folgenden Tabellen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, eine größere Anzahl Beobachtungen über die freigewählte Kost zusammengestellt[1]). Dabei sind dieselben, die sich teils auf einzelne Individuen, teils auf eine größere Zahl beziehen, je nach der Größe der Energiezufuhr in Gruppen von 2000 bis 2500, 2500 bis 3000 Kal. usw. geordnet. Da unter den einschlägigen Untersuchungen die in den Vereinigten Staaten unter Atwaters Leitung ausgeführten nach einem streng einheitlichen Plane angeordnet sind — was mit den anderen keineswegs der Fall ist —, habe ich das Material in zwei Tabellen geordnet, und zwar enthält die erste die amerikanischen, die zweite die übrigen Kostmaße. In beiden sind für jede Gruppe das Mittel sowie die Maxima und Minima angegeben (siehe Tabelle 1 auf S. 549 und Tabelle 2 auf S. 550).

Bei der Erörterung über die Zusammensetzung der Kost hat die Frage nach dem Bedarfe des erwachsenen Menschen an Eiweiß die wichtigste Rolle gespielt. Voit[2]) forderte in seinem Normalkostmaß 118 g Eiweiß, von welchen 105 g resorbiert werden würden. Zur Stütze dieser Forderung wies er auf zahlreiche, meines Wissens nicht veröffentlichte Beobachtungen über Arbeiterkost hin; ferner bemerkt er, daß frühere Autoren, wie Wolff, Hildesheim und Moleschott, etwa dieselbe Zahl (117 bis 130 g) aufgestellt hatten;

[1]) Kostmaße mit weniger als 2000 Kal. sind hier nicht berücksichtigt, weil sie doch nur dem Minimalbedarf entsprechen. — [2]) Voit, S. 525; Zeitschr. f. Biol. 25, 249, 1889.

schließlich zieht er auch die Ergebnisse der in seinem Laboratorium von Rubner[1]), Bowie[2]) und Constantinidi[3]) ausgeführten Ausnutzungsversuche in Betracht.

Wenn wir diese letzteren Versuche näher durchmustern, so finden wir, daß bei einigen die absolute Kraftzufuhr für einen mittleren Arbeiter gar zu gering gewesen ist (1351 bis 2092), weshalb diese keine Aufschlüsse über den Eiweißbedarf des arbeitenden Menschen bei zureichender Zufuhr von N-freien Nahrungsstoffen geben können. Ferner sind auch einige andere Versuche auszuschließen, weil bei ihnen die verabreichte Eiweißmenge den Bedarf entschieden überschritten hat. Die übrigen Versuche ergeben, daß bei einer Zufuhr von mehr als 90 g resorbiertem Eiweiß in acht unter neun Versuchen das N-Gleichgewicht stattgefunden hat. Bei einer Zufuhr von weniger als 80 g ausgenutztem Eiweiß mit einer Energiezufuhr von 30 bis 58 Kal. pro Kilogramm Körpergewicht wurde dagegen das N-Gleichgewicht während der Versuchsdauer (zwei bis drei Tage) nicht erreicht.

Tabelle 1[4]).

Gruppe		Eiweiß			Fett	Kohlehydrate	Kal.	Zahl der Beobachtungen
		Anim.	Veget.	Summe				
		g	g	g	g	g		
I.	2000—2500	**50**	**36**	**86**	**81**	**295**	**2135**	18
	Maximum	91	60	131	125	395		
	Minimum	2	18	35	34	181		
II.	2500—3000	**47**	**41**	**88**	**108**	**345**	**2779**	23
	Maximum	82	62	129	163	458		
	Minimum	8	24	49	56	255		
III.	3000—3500	**56**	**47**	**103**	**125**	**409**	**3262**	36
	Maximum	97	82	152	182	563		
	Minimum	4	32	52	65	314		
IV.	3500—4000	**68**	**57**	**125**	**137**	**476**	**3738**	19
	Maximum	133	107	199	200	701		
	Minimum	—	36	66	71	304		
V.	4000—4500	**54**	**62**	**116**	**158**	**538**	**4180**	16
	Maximum	103	81	164	210	649		
	Minimum	10	48	74	95	412		
VI.	4500—5000	**86**	**59**	**145**	**195**	**557**	**4692**	7
	Maximum	111	73	181	269	708		
	Minimum	25	49	80	118	485		
VII.	> 5000	**71**	**75**	**145**	**235**	**666**	**5511**	7
	Maximum	128	90	204	283	723		
	Minimum	27	60	93	173	617		

[1]) Zeitschr. f. Biol. **15**, 115, 1879; **16**, 119, 1880. — [2]) Ebenda **15**, 475, 1879. — [3]) Ebenda **23**, 445, 1886. — [4]) Die Untersuchungen sind in den vom Ackerbauministerium der Vereinigten Staaten herausgegebenen Bulletins veröffentlicht und von Atwater, Wait, Gibson, Calvert, May, Stone, Voorhees, Jordan, Woods, Goss, Bevier, Bryant, Hogan, Blas dale, Frissel, Jaffa, Grindley, Sammis, Ladd, Sprague, Snyder ausgeführt.

Tabelle 2 [1]).

Gruppe		Gesamteiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	Kal.	Zahl der Beobachtungen
I.	2000—2500	**82**	**44**	**362**	**2229**	13
	Maximum	118	85	469		
	Minimum	57	11	290		
II.	2500—3000	**104**	**60**	**464**	**2889**	15
	Maximum	160	113	568		
	Minimum	65	16	254		
III.	3000 – 3500	**127**	**85**	**466**	**3222**	16
	Maximum	163	141	730		
	Minimum	82	27	310		
IV.	3500—4000	**136**	**93**	**556**	**3702**	11
	Maximum	152	162	730		
	Minimum	112	27	359		
V.	4000—4500	**162**	**135**	**569**	**4252**	7
	Maximum	182	205	788		
	Minimum	133	40	391		
VI.	4500—5000	**182**	**106**	**737**	**4752**	5
	Maximum	225	145	829		
	Minimum	138	77	677		
VII.	> 5000	**166**	**156**	**952**	**6037**	9
	Maximum	218	309	1328		
	Minimum	112	25	431		

Demgegenüber lassen sich aber die schon früher besprochenen Versuche von Hirschfeld, Kumagawa, Klemperer, Sivén u. a. herbeiziehen, aus welchen doch ganz bestimmt hervorgeht, daß selbst bei einer beträchtlich geringeren Eiweißzufuhr das N-Gleichgewicht allmählich eintritt (vgl. S. 406).

[1]) Die Primärangaben finden sich bei Albertoni und Novi, Arch. f. d. ges. Physiol. **56**, 213, 1894; Boehm, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege **1**, 376; Erismann, Arch. f. Hygiene **9**, 32, 1889; Flügge, Beitr. z. Hygiene, Leipzig 1879, S. 116; Forster, Zeitschr. f. Biol. **9**, 386, 1873; Hofmann, Fleischnahrung u. Fleischkonserven, Leipzig 1880, S. 63; Hultgren, Arch. f. d. ges. Physiol. **60**, 205, 1895; Hultgren u. Landergren, Mitteil. a. d. physiol. Laborat. in Stockholm **6** (1889); Dieselben, Untersuchungen über die Ernährung schwedischer Arbeiter, Stockholm 1891, S. 15, 16; Lavonius, Skand. Arch. f. Physiol. **17**, 196, 1905; Lichtenfelt, Arch. f. d. ges. Physiol. **99**, 1, 1903; Manfredi, Arch. f. Hygiene **17**, 552, 1893; Meinert, Armee- und Volksernährung **2**, 186, 193, 198, 212, 216, 226, 228, 230, 237, Berlin 1880; Ohlmüller, Zeitschr. f. Biol. **20**, 393, 1884; Payen, Précis des substances alimentaires, Paris 1865, p. 505; H. Ranke, Zeitschr. f. Biol. **40**, 288, 1900; J. Ranke, Ebenda **13**, 131, 1877; Rechenberg, Die Ernährung der Handweber in Zittau, Leipzig 1890, S. 27; Serafini u. Zagato, Arch. f. Hygiene **29**, 141. 1897; Steinheil, Zeitschr. f. Biol. **13**, 415, 1877; Studemund, Arch. f. d. ges. Physiol. **48**, 586, 1891; Sundström, Finska Läkaresällskapets handlingar **47**, (1), 421, 1905; Voit, Untersuchung der Kost, München 1877, S. 17, 28, 209; Handb. d. Physiol. **6**, (1), 524, 1881.

Aus diesen Versuchen konnte man also folgern, daß die Zahl von Voit nicht den kleinsten zulässigen Wert für die Eiweißzufuhr bei einem mittleren Arbeiter darstellt. Indes kann gegen diese, wie überhaupt gegen alle Laboratoriumsversuche die Einwendung gemacht werden, daß sie sich nur auf eine geringe Zahl von Individuen und auch auf eine zu kurze Zeit erstrecken. Es ist daher notwendig, zu untersuchen, wie sich die frei gewählte Kost in bezug auf die Eiweißzufuhr gestaltet, denn daraus wird man wenigstens eine allgemeine Vorstellung, wenn auch keinen exakten Ausdruck vom Eiweißbedarf des erwachsenen Menschen erhalten können.

Betreffend die in den Tabellen I u. II, S. 549, 550 verzeichneten Angaben über die bei freier Wahl genossene Kost ist zu bemerken, daß die in den Gruppen I und II aufgenommenen, wegen der geringen absoluten Kraftzufuhr, brutto $<$ 3000 Kal., hier nicht maßgebend sein können, da sie für einen mittleren Arbeiter nicht genügen können. Diejenigen Kostmaße hingegen, die in den Gruppen V bis VII zusammengestellt sind, beziehen sich auf eine Arbeit, die entschieden größer als die eines mittleren Arbeiters erachtet werden muß. Es bleiben also die Gruppen III und IV als Unterlage der vorliegenden Betrachtung. Durchschnittlich enthalten diese in den europäischen Kostmaßen 127 bzw. 136 g Eiweiß, in den amerikanischen 103 bzw. 125 g Eiweiß — die Zahlen stimmen also mit der von Voit geforderten ganz gut überein. Dagegen begegnen wir als Minima in Tabelle I 52 bzw. 66, in Tabelle II 82 bzw. 112 g — also größtenteils weniger als das von Voit Postulierte.

Hier ist indes noch nicht die Ausnutzung berücksichtigt worden. Bei einer Kost wie der vorliegenden, die in den meisten Fällen aus groben vegetabilischen Nahrungsmitteln besteht, dürfte der Verlust durch den Kot nicht geringer als auf etwa 25 Proz. veranschlagt werden können. Bei den europäischen Kostmaßen wäre daher die Nettozufuhr durchschnittlich 95 bzw. 102 g, und die Minima 62 bzw. 84 g. Bei den amerikanischen Kostmaßen finden wir unter derselben Voraussetzung die durchschnittliche Nettozufuhr gleich 77 bzw. 94 g, mit den Minimis 39 bzw. 50 g.

Die in diesen Tabellen verzeichneten Kostmaße, wo die Eiweißzufuhr (brutto) geringer als 100 g gewesen ist, beziehen sich allerdings zum großen Teil auf Menschen in einer sehr schlechten ökonomischen Lage; es finden sich jedoch unter denselben auch verhältnismäßig gut situierte Individuen, z. B. in der Gruppe III Studenten an den Universitäten in Tennessee und Connecticut, Mechaniker in New Yersey, ein Advokat in Pennsylvania — bei diesen betrug die tägliche Zufuhr von Eiweiß 91 bis 100 g brutto $=$ etwa 68 bis 75 g netto. In der Gruppe IV genossen die Mitglieder eines Studentenklubs in Tennessee täglich nur 66 g Eiweiß brutto; bei einem anderen Studentenklub daselbst wurden etwa 80 bis 90 g und in einem Studentenklub in Missouri etwa 91 bis 100 g Eiweiß täglich genossen.

Auch die oben (S. 407) erwähnten Beobachtungen an Vegetariern tuen dar, daß ein gesunder Mensch bei einer Eiweißzufuhr aushalten kann, die wesentlich geringer ist als die von Voit als notwendig erachtete.

Selbst bei sehr angestrengter körperlicher Arbeit scheint eine verhältnismäßig geringe Eiweißzufuhr zu genügen. Vor einigen Jahren hatte ich[1]) die Gelegenheit, ein von Englund im nördlichen Schweden gesammeltes Beobachtungsmaterial über die von den Holzknechten im Winter bei der Arbeit im Freien genossene Kost zu bearbeiten. Die Kalorienzufuhr war hier sehr reichlich, und wir finden als Durchschnittszahlen für die verschiedenen Gruppen folgendes:

[1]) Hygiea (schwedisch) 62, (1), 121, 1900.

Gruppe		Eiweiß			Fett	Kohlehydrate	Kal.	Zahl der beobachteten Individuen
		Anim. g	Veget. g	Summe g	g	g		
V, VI	4000—5000	**29**	**73**	**102**	**210**	**544**	**4606**	**14**
	Maximum	51	94	121	289	673		
	Minimum	17	55	88	156	416		
VII a	5000—6000	**44**	**83**	**127**	**251**	**652**	**5500**	**28**
	Maximum	107	108	195	325	785		
	Minimum	24	66	97	164	529		
VII b	6000—7000	**45**	**100**	**145**	**296**	**771**	**6502**	**30**
	Maximum	87	139	191	385	1044		
	Minimum	23	73	116	198	560		
VII c	7000—8000	**48**	**119**	**167**	**349**	**870**	**7487**	**21**
	Maximum	75	147	190	485	1051		
	Minimum	30	84	141	253	503		
VII d	> 8000	**48**	**134**	**182**	**390**	**1008**	**8506**	**3**
	Maximum	55	135	190	415	1145		
	Minimum	42	132	174	373	936		

Ich berechne die Ausnutzung des Eiweißes unter der Annahme, daß das animalische Eiweiß vollständig, das vegetabilische mit einem Verlust von 25 Proz. resorbiert wurde. Für die verschiedenen Gruppen erhalten wir dann die Menge ausgenutzten Eiweißes bzw. 84, 106, 120, 134, 148 g.

Durchschnittlich verzehrten also die 14 Individuen in der V. und VI. Gruppe während einer Beobachtungsdauer von etwa 63 Tagen entschieden weniger Eiweiß als die von Voit in seinem Normalkostsatz postulierte Menge. Eine nähere Durchmusterung der von ihnen genossenen Kost und der darin enthaltenen Nahrungsmittel zeigt uns weder in bezug auf die animalischen, noch auf die vegetabilischen Nahrungsmittel irgend welches deutlich ausgesprochene Streben, die Eiweißzufuhr besonders zu begünstigen. Die gesamten Speisezettel machen vielmehr den Eindruck, daß der Körper bestrebt gewesen ist, eine genügend große Kraftzufuhr zu bekommen, und daß die von verschiedenen Individuen etwa benutzten Zugaben wesentlich bezweckten, den Geschmack der einförmigen, größtenteils aus Speck, hartem Brot, Weißmehl und Zucker bestehenden Kost zu verbessern, und also der Hauptsache nach als Genußmittel dienten.

Auch die Kostmaße, die von den sub VII a bis d aufgenommenen Individuen genossen wurden, zeigen ziemlich deutlich, daß kein spezifischer Bedarf an einer reichlicheren Eiweißzufuhr stattgefunden hat. Allerdings ist die genossene Eiweißmenge bei diesen Gruppen, ganz wie bei den in den Tabellen S. 549 f. aufgenommenen, größer, je größer die absolute Kraftzufuhr; dies ist aber in erster Linie davon abhängig, daß gerade die vier schon genannten Nahrungsmittel, unter denen kein einziges als ein spezifischer Eiweißträger bezeichnet werden kann, in größerer Menge verzehrt worden sind. Was auch sehr bemerkenswert ist, ist die Tatsache, daß die absolute Menge der eiweißreicheren Nahrungsstoffe — Fleisch, Wurst, Hering, Käse — keine deutlich ausgesprochene Steigerung von der einen Gruppe zur anderen zeigt.

Unter Hinweis darauf, daß ein erwachsener Mensch auch bei einer geringeren Eiweißaufnahme als 118 g im N-Gleichgewicht bleiben kann, schlug Hirschfeld[1]) als Normalzahl für die Eiweißmenge in einer Normalkost 100 g

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. **44**, 465, 1889.

vor. Seinerseits wollte I. Munk[1]) auf Grund verschiedener Beobachtungen von Pflüger, Bohland und Bleibtreu[2]), Nakahama[3]), Scheube[4]) und Eykman, sowie der vielfach erwähnten Erfahrungen von Hirschfeld, Kumagawa u. a. die tägliche Eiweißzufuhr auf 100 g (brutto) reduzieren.

Gegen die von diesen Autoren für die betreffende Verminderung der Eiweißzufuhr herbeigezogenen Gründe lassen sich indes verschiedene Einwendungen machen, und ich kann sie daher nicht als vollständig überzeugend erachten[5]), wenn auch die von Munk vorgeschlagene Reduktion als ziemlich irrelevant bezeichnet werden muß.

Meinerseits möchte ich, besonders auf Grund der neueren Erfahrungen, die Frage stellen, ob es überhaupt notwendig ist, eine bestimmte Zahl für den täglichen Eiweißbedarf anzugeben.

Bei allen Kostmaßen, welcher Art sie sind und für welche Individuen sie zusammengestellt werden, muß die Kost hinsichtlich der absoluten Kraftzufuhr den vom betreffenden Individuum auszuführenden Arbeitsleistungen entsprechen. Auch muß sie hinsichtlich ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung derartig sein, daß sie den geläufigen Anforderungen an Schmackhaftigkeit genügt. Unter Bezugnahme auf die Bedingungen, auf welchen die appetiterregenden Eigenschaften der Kost beruhen, muß sie ferner eine genügende Abwechselung darbieten und nicht zu einförmig sein.

Wenn eine Kost diese Anforderungen hinsichtlich ihrer absoluten Quantität und ihrer qualitativen Beschaffenheit erfüllt, so glaube ich, daß sie auch genügend Eiweiß enthält. Es ist nämlich der Fall, daß die meisten unserer gewöhnlichen Nahrungsmittel gar nicht so arm an Eiweiß sind, und, wie bekannt, begegnet es in der Tat ziemlich großen Schwierigkeiten, bei normaler Kalorienzufuhr eine einigermaßen genießbare, aber sehr eiweißarme Kost zusammenzustellen. Darin dürfte wesentlich die Ursache davon liegen, daß in der frei gewählten Kost mit der Kalorienmenge auch die Eiweißmenge in der Regel zunimmt, wie daß diese Kost im allgemeinen nicht als eiweißarm zu bezeichnen ist. Kurz, für das Eiweiß dürfte ganz dasselbe wie für die Aschebestandteile gelten, nämlich, daß es in genügender Menge vorkommt, wenn die an die Kost zu stellenden Anforderungen sonst erfüllt sind.

Da es indessen bei der Anordnung der Kost in einer öffentlichen Anstalt äußerst zweckmäßig ist, von einem Normalkostmaß, das nicht allein die absolute Energiezufuhr, sondern auch die Zufuhr von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten berücksichtigt, auszugehen, dürfte meines Erachtens die Zahl von Voit fortfahrend zu wählen sein, denn die frei gewählte Kost enthält, in Europa und Amerika wenigstens, in der Regel ebensoviel oder noch mehr Eiweiß. Dagegen dürfte seine Forderung auf 105 g ausgenutzten Eiweißes etwas zu hoch sein, da doch bei zahlreichen Individuen das resorbierte Eiweißquantum entschieden geringer ist.

---

[1]) Munk und Uffelmann, Die Ernährung des gesunden und kranken Menschen, 2. Aufl., Wien 1891, S. 205, 322. — [2]) Arch. f. d. ges. Physiol. **36**, 164, 1885; **38**, 1, 1885. — [3]) Arch. f. Hygiene **8**, 78, 1888. — [4]) Ebenda **1**, 353, 1883; vgl. auch Mori, Ebenda **5**, 334, 1886; Kellner und Mori, Zeitschr. f. Biol. **25**, 102, 1888. — [5]) Vgl. Voit, Ebenda **25**, 254, 1888 sowie Tigerstedt, Grundsatser för utspisningen i allmänna anstalter. Stockholm 1891, S. 77.

Bei der Aufstellung seines Normalkostmaßes ging Voit in bezug auf die N-freien organischen Nahrungsstoffe von der Annahme aus, daß die verabreichte Menge von Kohlehydraten (Stärke) höchstens 500 g betragen dürfte, da eine größere Menge im Darme schlecht ausgenutzt wird und dabei auch andere Übelstände bewirkt. Der Rest des Bedarfes würde dann, im Kostmaß für einen mittleren Arbeiter, durch 56 g Fett zu decken sein.

Gegen diese Auffassung läßt sich indes bemerken, daß Kohlehydrate auch in größerer Menge als 500 g ganz vorzüglich ausgenutzt werden, vorausgesetzt, daß sie nicht in groben pflanzlichen Nahrungsmitteln enthalten sind. So fand Rubner[1]) allerdings bei einer täglichen Zufuhr von 659 g Kohlehydraten im Schwarzbrot im Kote 72 g und bei 718 g Kohlehydraten in Kartoffeln 55 g; bei 670 g Kohlehydraten im Weißbrot betrug die Abgabe im Kot aber nur 5 g.

Diese Tatsachen bilden indes keinen Grund gegen die von Voit vorgeschlagene Begrenzung der Kohlehydratmenge in der Kost, denn es findet, wie zahlreiche Erfahrungen ergeben haben, ein nicht zu verkennender Bedarf an Fett, bei den Völkern europäischer Herstammung wenigstens, statt. Bei den Gruppen III und IV beträgt die Fettzufuhr durchschnittlich 125, 137 (Tab. I), bzw. 85, 93 g (Tab. II); die Minima sind 65, 71 (Tab. I), bzw. 27 (Tab. II).

Es läßt sich nicht leugnen, daß die Begrenzung der Fettmenge wesentlich durch ökonomische Ursachen bedingt wird; daher nimmt das Fett auch in der Kost der wohlhabenderen Klassen einen viel bedeutenderen Platz als in der der ärmeren Bevölkerung ein; sobald dies tunlich ist, wird das Fett in größerer Menge genossen, wie aus den in der Tabelle I verzeichneten Kostmaßen aus Amerika hervorgeht und auch daraus ersichtlich ist, daß das Essen an Feiertagen im allgemeinen fettreicher ist als an den Wochentagen (Hultgren und Landergren[2]).

Zu einem gewissen Teile ist wohl diese Sehnsucht nach Fett darin begründet, daß es der Kost einen angenehmen Geschmack verleiht; es wirkt also gewissermaßen als Genußmittel und hat schon dadurch eine nicht gering zu schätzende Bedeutung. Es ist indes sehr wahrscheinlich, daß die Zugabe von Fett auch in anderer Beziehung wichtig ist, teils wegen der Vorgänge im Darmrohre, teils auf Grund der in den Geweben stattfindenden Stoffwechselvorgänge. Indes wissen wir darüber nichts Sicheres, und wir müssen uns hier, wie in so vielen anderen Fällen, mit der Bestätigung der Tatsache begnügen, ohne ihnen die gebührende theoretische Deutung geben zu können.

Es dürfte daher die von Voit vorgeschlagene Fettmenge nur als ein unterer Grenzwert aufzufassen sein, was ja auch Voit selber tut. Wo die ökonomischen Verhältnisse es gestatten, wird das Fettquantum daher wesentlich reichlicher zuzumessen sein.

Ich muß mich hier auf diese allgemeinen Betrachtungen beschränken und kann also nicht die Herkunft der Nahrungsstoffe aus verschiedenen Nahrungsmitteln, die Verteilung der Kost auf die einzelnen Mahlzeiten und andere im Zusammenhang mit der praktischen Ernährungslehre stehende Fragen besprechen. Nur sei darauf aufmerksam gemacht, daß, wie Forster[3])

---

[1]) Zeitschr. f. Biol. **15**, 152, 157, 1879; **16**, 146, 1880. — [2]) Hultgren und Landergren, Untersuchungen über die Ernährung schwedischer Arbeiter. Stockholm 1891, S. 77. — [3]) Forster, Zeitschr. f. Biol. **9**, 386, 1873.

und Hofmann[1]) zuerst bemerkten und dann mehrere andere Autoren[2]) bestätigten, die bei freier Wahl täglich genossene Menge von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten bei einem und demselben Individuum von Tag zu Tag nicht unwesentliche Schwankungen darbietet. Betreffend die Größe dieser Schwankungen zeigen Erfahrungen, die sich auf 5 bis 16 Tage lang dauernde Beobachtungen stützen, daß die mittlere Abweichung des täglichen Quantums vom durchschnittlichen Werte beim Eiweiß 3 bis 28 Proz., beim Fett 7 bis 39 Proz., bei den Kohlehydraten 6 bis 20 Proz., sowie bei der totalen Energiezufuhr 5 bis 16 Proz. beträgt. Die Variationen der täglichen Zufuhr scheinen also für das Fett am größten, für das Eiweiß geringer, für die Kohlehydrate noch geringer und für die totale Kraftzufuhr am geringsten zu sein. Dies lehrt uns, daß der Körper vor allem nach einer gewissen Konstanz in bezug auf die Zufuhr von Brennmaterial strebt; die Beschaffenheit desselben kommt erst in zweiter Linie in Betracht. Indes kommt auch bezüglich der letzteren eine bestimmte Regel zum Vorschein: die täglich genossene Fettmenge variiert viel mehr als die des Eiweißes und der Kohlehydrate. Daß die Kohlehydrate nur verhältnismäßig kleine Schwankungen darbieten, dürfte wesentlich davon bedingt sein, daß kohlehydrathaltige Nahrungsmittel, vor allem das Brot, eine so große Rolle in unserer Kost spielen und einen so wesentlichen Bestandteil jeder Mahlzeit darstellen.

Die praktische Konsequenz dieses Ergebnisses ist klar: beim Aufstellen einer Speiseordnung braucht und darf man sich nicht streng daran halten, daß die Kost täglich die bestimmte Menge von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten enthalten soll, man kann sich daher bei der Anordnung der Kost freier bewegen und ist nicht gezwungen, jede Schwankung in der quantitativen Zusammensetzung der Kost peinlichst zu vermeiden. Was erwünscht ist, ist nur, daß die Kost während einer gewissen Periode durchschnittlich dem als Norm festgestellten Kostmaß entspricht.

Wie lang eine solche Periode sein muß, ist angesichts unserer zurzeit noch so geringen hierher gehörigen Erfahrung nicht möglich exakt zu bestimmen. Von vornherein läßt sich indes denken, daß sie etwa eine Woche betragen dürfte; auch zeigen die Angaben von Jürgensen wie von Hultgren und Landergren, daß ziemlich genau derselbe Mittelwert erhalten wird, wenn derselbe in einer 16- oder 10tägigen Versuchsreihe für die ganze Zeit oder für Perioden von je 8 bzw. 5 Tagen Dauer berechnet wird.

Eine wirkliche Theorie des Stoffwechsels würde eine Theorie der gesamten Vorgänge in der lebendigen Substanz darstellen. Von einer solchen sind wir indes noch weit entfernt, und wenn auch vielerlei theoretische Anschauungen hierüber im Laufe der Zeit entwickelt worden sind, so können sie doch kaum Anspruch darauf erheben, den Erscheinungen eine wirklich befriedigende Deutung gegeben zu haben.

---

[1]) Hofmann, Fleischnahrung und Fleischkonserven, Leipzig 1880, S. 16. — [2]) Cramer, Zeitschr. f. physiol. Chem. 6, 355, 1882; Jürgensen, Nordiskt medicinskt Arkiv 18 (Nr. 11), p. 3, 1886; Nakahama, Arch. f. Hygiene 8, 88, 1888; Hultgren und Landergren, Mitteil. a. d. physiol. Laborat. in Stockholm 6 (1889); Dieselben, Die Ernährung schwedischer Arbeiter, Stockholm 1891, S. 70.

Eine Besprechung dieser Anschauungen würde den zu meiner Verfügung stehenden Raum wesentlich überschreiten. Da außerdem die theoretische Erörterung der Stoffwechselvorgänge eine eingehende Würdigung unserer Erfahrungen über die chemischen Umsetzungen im Körper voraussetzt und eine solche in diesem Abschnitte gar nicht hat in Frage kommen können, halte ich es für angemessen, auf eine derartige Erörterung hier ganz zu verzichten[1]).

[1]) Das Manuskript dieses Abschnittes wurde zum größten Teil Ende 1904 abgeliefert, weshalb die neueste Literatur hier nicht hat berücksichtigt werden können.