

# Ueber das Stickstoffgleichgewicht beim erwachsenen Menschen.<sup>1</sup>

Von

Dr. V. O. Sivéén

aus Finland.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

---

(Hierzu Taf. III.)

---

## I. Einleitung.

Seit Voit 1875 mit seinem Normalkostsatz hervortrat, ist der Eiweissbedarf der menschlichen Nahrung eine der am häufigsten ventilirten Fragen auf dem Gebiete der Nahrungsphysiologie gewesen. Es haben sich Stimmen erhoben sowohl für seine Forderung von 118<sup>g</sup> Eiweiss in der Nahrung eines „mittleren Arbeiters“, als auch gegen dieselbe; aber die Angriffe gegen diese Forderung hatten indess wegen Voit's grosser, auf vieljährige Erfahrung gestützter Autorität in diesen Fragen keinen grösseren Erfolg, so dass der Voit'sche Kostsatz (118<sup>g</sup> Eiweiss, 56<sup>g</sup> Fett und 500<sup>g</sup> Kohlehydrate) noch immer als Kostnorm an den meisten öffentlichen Einrichtungen besteht.

Auf welchem Grunde ruht nun dieser Normalkostsatz, und stimmt er auch, was speciell das Eiweiss betrifft, mit den physiologischen Gesetzen, welche für den Eiweissbedarf des Menschen gelten, überein? Die eminente Bedeutung dieser Frage von theoretischem sowohl als praktischem Standpunkte aus rechtfertigt wohl jeden Versuch, weiter zu ihrer Lösung beizutragen, und im Bewusstsein dessen habe ich nicht gezögert, auf die Aufforderung von Herrn Prof. Tigerstedt hin die Frage einer Untersuchung zu unterwerfen, wie gross die kleinste Menge Eiweiss ist, welche den Körper im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten

---

<sup>1</sup> Der Redaction am 25. April 1899 zugegangen.

im Stande ist bei einer Calorienzufuhr, die den normalen Bedarf nicht übersteigt.<sup>1</sup>

Bevor ich die Resultate meiner Versuche darlege, ist es mir eine liebe Pflicht, Herrn Prof. Robert Tigerstedt den Ausdruck meiner Dankbarkeit darzubringen für die Anleitung und werthvollen Rathschläge, die er mir mit unermüdlicher Freundlichkeit bei meiner Arbeit hat zu Theil werden lassen.

Die Wege, auf denen man der Frage über den Eiweissbedarf des Menschen näher zu treten versucht hat, führten theils über den durch Jahrtausende cultivirten Boden der Empirie, theils sind sie mit Mühe in den fruchtbaren und doch noch so wenig bekannten Gebieten der experimentellen Forschung markirt. Natürlich kann man auf beiden Wegen dem Schlussziele zustreben, aber es dürfte keinem Zweifel unterworfen sein, welcher von ihnen uns schliesslich demselben näher führen wird.

Was die empirischen Untersuchungsmethoden betrifft, so ging man ursprünglich von der Voraussetzung aus, dass der Mensch allmählich im Laufe der Zeiten auf Grund einer oft theuer genug erkaufte Erfahrung gelernt habe, selbst die passendste Nahrung zu wählen. Indem man diese untersuchte und das gegenseitige Verhältniss von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten in derselben bestimmte, erhielt man eine richtige Vorstellung über die Kost, von der der menschliche Organismus im Allgemeinen lebt. Auf Grund derartiger, dem täglichen Leben entnommenen Erfahrungen stellte Voit in erster Linie seinen Normalkostsatz auf, und im Allgemeinen kann man sagen, dass derselbe durch des reichliche statistische Material, welches bereits vorliegt, seine Bestätigung gefunden hat.

So werthvolle Aufklärungen man auf diesem empirischen Wege auch erhalten kann, besonders wo es gilt, allgemeine Kostsätze aufzustellen, bei denen eine gar zu grosse Abweichung von den gewöhnlichen Lebensverhältnissen weder erwünscht, noch durch die Umstände bedingt ist, und so nothwendig es auch ist, dieses statistische Material noch zu vermehren, so wenig ist es — scheint mir — auf diesem Wege geglückt, wissenschaftlich zu beweisen, dass für einen mittleren Arbeiter durchaus 118<sup>g</sup> (Voit) oder „nicht unter 100<sup>g</sup>“ (Munk)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Diese Art, die Frage experimentell zu behandeln, wurde schon früher von Prof. R. Tigerstedt vorgeschlagen. Vgl. Tigerstedt, *Grundsätze für utspisningen i allmänna anstalter*. Stockholm 1891. S. 65.

<sup>2</sup> J. Munk, *Virchow's Archiv*. Bd. CXXXII. S. 150; *Pflüger's Archiv*. 1894. Bd. LVIII. S. 405.

Eiweiss in seiner täglichen Kost erforderlich sind, damit er sich vollkommen leistungsfähig erhalten kann. Man hat damit nur gezeigt, dass es sich so verhält, aber nicht, dass es so sein muss, oder dass der nothwendige Eiweissbedarf für den Menschen wirklich etwa 1.7 oder 1.3<sup>g</sup> für 1<sup>kg</sup> des Körpergewichts täglich beträgt.

Dass auf diese Weise die Frage nicht wissenschaftlich zu lösen ist, liegt in der Natur dieser Untersuchungsmethoden, denn es scheint ihnen ein nicht ganz kleiner Circulus in demonstrando anzuhängen. — Man fragt sich, wie gross die Eiweissmenge ist, die täglich verzehrt wird, und ob diese Menge auch die richtige ist? Wird die erstere Frage auf diese Weise beantwortet, so ist dies mit der letzteren gar nicht der Fall.

Der Kernpunkt der ganzen Frage über den Eiweissbedarf des Menschen liegt, wie die Mehrzahl der Forscher hervorgehoben, darin, festzustellen, welche Eiweissmenge unumgänglich nothwendig ist, um die lebende Substanz des Körpers vollkommen leistungsfähig zu erhalten, oder mit anderen Worten: welches ist die unterste Grenze des Eiweissbedarfs; und um diesen wichtigen Factor festzustellen, ist man gezwungen, den rein experimentellen Weg zur Lösung der Frage einzuschlagen.

Kürzlich hat sich M. Rubner<sup>1</sup> etwas skeptisch über die Bedeutung dieses Bestrebens ausgesprochen. „Das Suchen nach einem Eiweissminimum“, sagt er, „wird überhaupt nie von einem Erfolg begleitet sein, weil es eben nicht ein, sondern viele Eiweissminima, mit welcher die Ernährungslehre rechnen muss, giebt.“ Trotzdem fügt Rubner hinzu: „Ein Eiweissminimum lässt sich nur feststellen, wenn man ganz genau bestimmt, mit welchen Nahrungsmitteln es erreicht werden soll.“ Wenn man nun auch zugeben muss, dass es wahrscheinlich nicht ein einziges absolutes Eiweissminimum giebt und nicht geben kann, so hat man doch wohl kein Recht, dem Suchen nach einer niedrigen unteren Grenze des Eiweissbedarfs die Bedeutung abzuspochen, welche es doch unbedingt besitzen muss, wenn man zugleich ausdrücklich die Umstände hervorhebt, unter denen eine solche Grenze erreicht wurde.

Auch J. Munk<sup>2</sup> scheint dafür zu halten, dass die experimentelle

<sup>1</sup> M. Rubner, *Handbuch der Ernährungstherapie und Diätetik*. Herausgegeben von E. v. Leyden. Erster Band. Erste Abth. 1897. S. 126.

<sup>2</sup> J. Munk, Beiträge zur Stoffwechsel- und Ernährungslehre. *Pflüger's Archiv*. Bd. LVIII. 1894. S. 397.

Methode „als entscheidend nicht wohl angesehen werden kann, da der Organismus mit der Fähigkeit ausgestattet ist, sich mit den verschiedensten Nährstoffmengen allmählich in's Gleichgewicht zu setzen“. Streng genommen ist es ja gerade diese Accomodationsfähigkeit des Organismus, die untersucht werden soll.

Das Streben, dieses sogenannte physiologische Eiweissminimum<sup>1</sup> festzustellen, bei welchem der Organismus sich nicht nur im N-Gleichgewicht, sondern auch vollkommen leistungsfähig erhalten kann, scheint auf dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft noch immer eine der Grundbedingungen zu sein, um die Frage über den Eiweissbedarf in der Nahrung befriedigend lösen zu können.

Bekanntlich waren ältere Forscher<sup>2</sup> (Lehmann, Frerichs, Bidder und Schmidt) der Ansicht, dass dieses Minimum mit dem Eiweissverbrauche während des Hungers zusammenfalle, und dass die Eiweissmenge in der Nahrung, welche dieses Hungerminimum überstiege, eine „Luxusconsumtion“ wäre.

Gegen diese „Luxustheorie“ trat entschieden Voit auf. „Jeder Versuch, den man in dieser Richtung macht“, sagt er, „ergiebt, dass ein Organismus mit der beim Hunger zersetzten Eiweissmenge, auch wenn man noch so viel stickstofffreie Stoffe dazufügt, nicht ausreicht, sondern täglich noch Stickstoff oder Eiweiss von sich verliert und zuletzt an Inanition zu Grunde geht. Die geringste Menge von Eiweiss, welche mit stickstofffreien Stoffen den Eiweissbestand des Körpers erhält, ist ansehnlich, beim fleischfressenden Hund meist  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Mal grösser als der Verbrauch beim Hunger. Auch beim Menschen stellt sich das Gleiche heraus.“<sup>3</sup>

Diese Stellung zur Frage scheint die Münchener Schule, wenigstens der Hauptsache nach, noch immer einzunehmen (C. Voit,<sup>4</sup> E. Voit und Korkunoff).<sup>5</sup>

Die Gründe, nach denen Voit die untere Grenze für den Eiweissbedarf so hoch verlegt, sind vornehmlich folgende. Durch Untersuchung der Kost einer grösseren Anzahl von Personen fand er, dass

<sup>1</sup> Vgl. E. Voit und Korkunoff, Ueber die geringste, zur Erhaltung des Stickstoffgleichgewichts nöthige Menge von Eiweiss. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXXII. 1895. S. 59.

<sup>2</sup> C. Voit, *Handbuch der Physiologie des Gesamtstoffwechsels und der Ernährung.* Leipzig 1881. S. 269.

<sup>3</sup> C. Voit, a. a. O. S. 272.

<sup>4</sup> C. Voit, Ueber die Kost eines Vegetariers. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXV. 1889. S. 243.

<sup>5</sup> E. Voit und Korkunoff, l. c. S. 103.

in derselben im Allgemeinen Eiweiss in der Menge enthalten ist, dass die Eiweisszufuhr für einen kräftigen Mann von 70 bis 75 <sup>kg</sup> Körpergewicht „bei tüchtiger Arbeit“ 118 <sup>g</sup> bei im Uebrigen hinreichender Zufuhr von Fett und Kohlehydraten<sup>1</sup> erreichen muss, also ungefähr 1.7 <sup>g</sup> per Kilogramm, und hieraus hat Voit den allgemeinen Schluss gezogen, dass diese Eiweissmenge auch die geringste ist, bei welcher sich der erwachsene Organismus vollkommen leistungsfähig erhalten kann.<sup>2</sup>

Dass dieser rein empirisch erhaltene Werth auch wirklich der geringste ist, sucht Voit und seine Schule auf experimentellem Wege — vor Allem durch Thierexperimente — zu beweisen.

Eine nicht zu kleine Verwirrung scheint mir in der Discussion über das physiologische Eiweissminimum des Menschen dadurch entstanden zu sein, dass man nicht streng genug an der Regel festgehalten hat, dass die durch das Thierexperiment gewonnenen Resultate, in quantitativer Hinsicht wenigstens, nicht unmittelbar auf den menschlichen Organismus angewendet werden dürfen.

Der principielle Unterschied zwischen dem Hunde als fleischfressendem Thiere und dem Menschen, der von gemischter Kost lebt, spiegelt sich auch in den Versuchen Voit's und Anderer wieder. Wie Voit selbst hervorhebt, „ist es noch nicht entschieden, ob ein Mensch dauernd durch fettarmes Fleisch sein Leben fristen kann“.<sup>3</sup> Mit Mühe verzehrte nämlich Rubner's<sup>4</sup> Versuchsperson 1435 <sup>g</sup> Fleisch und J. Ranke 2000 <sup>g</sup>, eine Quantität, die an sich bei Weitem nicht ausreicht, um den täglichen Bedarf an Calorien zu decken, während ein Hund, der halb so schwer ist wie ein Mensch, täglich 2500 <sup>g</sup> Fleisch zu sich zu nehmen vermag, hinreichend, um den Körper völlig zu ernähren.

Schon diese Erfahrung scheint zur Vorsicht zu mahnen, um aus Resultaten, die aus Versuchen an Hunden gewonnen sind, für den menschlichen Organismus anwendbare Schlüsse zu ziehen. Wenn ich daher im Folgenden die zahlreichen Thierversuche, auf welche in der Discussion über den Eiweissbedarf des Menschen hingewiesen wird, ziemlich kurz berühre, so geschieht dies keineswegs in Folge einer Unterschätzung dieser interessanten und werthvollen Versuche, sondern nur weil ich glaube, dass die Frage über den Eiweiss-

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXV. 1889. S. 243.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. IV. S. 529.

<sup>3</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXV. 1889. S. 244.

<sup>4</sup> Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XV. 1879. S. 121.

bedarf des Menschen am besten durch experimentelle Versuche am menschlichen Organismus selbst gelöst werden kann, ja gelöst werden muss.

Es liegt ja schon ein nicht ganz unbedeutendes derartiges Material vor.

Um die Angriffe zurückzuweisen, die von Beneke u. A. gegen Voit's Forderung von wenigstens 118<sup>g</sup> Eiweiss für einen mittleren Arbeiter erhoben wurden, und um zu zeigen, dass diese Zahl durchaus nicht zu hoch war, sondern im Gegentheil nach Voit „die unterste Grenze für einen rüstigen Arbeiter“ bildete, stellte Hamilton C. Bowie<sup>1</sup> an zwei Männern von 63 bzw. 74<sup>k</sup> Gewicht zwei Versuche mit bestimmter Kost an. Jeder erhielt zwei Tage lang 81.1<sup>g</sup> Eiweiss, 69.5<sup>g</sup> Fett und 230.5<sup>g</sup> Kohlehydrate (= 1923.9 Cal. oder per Kilogramm Körpergewicht 30.5 bzw. 25.9 Cal.). Obgleich, wie Munk<sup>2</sup> hervorhebt, beide Personen eine absolut zu kleine Kraftzufuhr in ihrer Kost erhielten, hielt sich die eine (63<sup>kg</sup>) nahezu im N-Gleichgewicht, was Bowie jedoch zu keiner weiteren Reflexion veranlasste, als dass diese Versuchsperson „offenbar auch von ihrem Körperfett abgab“.

In derselben Abhandlung wird auch ein zweitägiger Versuch, den E. Voit an einem nicht arbeitenden Soldaten ausführte, mitgeteilt. Die Versuchsperson von 63.8<sup>kg</sup> Gewicht erhielt 86.3<sup>g</sup> Eiweiss, 108.9<sup>g</sup> Fett und 331.4<sup>g</sup> Kohlehydrate (= 2725 Cal. oder etwa 42 Cal. per Kilogramm), wobei sie sich nach Bowie durchaus nicht im N-Gleichgewicht erhielt, sondern täglich etwa 10<sup>g</sup> Eiweiss von ihrem Körper abgab (N in der Kost = 13.8; in Urin und Fäces 12.5 bzw. 2.3<sup>g</sup> = 14.8<sup>g</sup>).

Da aber, wie Hirschfeld<sup>3</sup> erwähnt, die Versuchsperson 1 Liter Bier erhielt, ohne dass die Stickstoffmenge desselben mit in Betracht gezogen wurde, und da der Stickstoff in den Fäces nicht direct bestimmt, sondern nur approximativ auf 2.3<sup>g</sup> veranschlagt wurde, so ist es durchaus nicht sicher, ob nicht in diesem Falle N-Gleichgewicht bestand. Auch muss man vollkommen mit Hirschfeld darin übereinstimmen, dass derartige Versuche von kurzer Dauer nicht beweisend sind, und zwar auf Grund der Versuche von Pettenkofer und Voit, welche zeigten dass der Organismus sich nicht unmittelbar, sondern erst nach einigen Tagen einer Veränderung der Eiweisszufuhr accommodirt.

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XV. 1873. S. 476.

<sup>2</sup> *Pflüger's Archiv.* Bd. LVIII. 1894. S. 394.

<sup>3</sup> *Pflüger's Archiv.* Bd. XLIV. 1889. S. 456.

Die ersten systematisch durchgeführten Untersuchungen über die unterste Grenze des Eiweissbedarfs stammen von Hirschfeld.<sup>1</sup>

Hirschfeld machte sich zur Aufgabe, zu untersuchen, in welchem Grade das Eiweiss bei genügender Zufuhr von Fett und Kohlehydraten vermindert werden könnte, ohne dass das N-Gleichgewicht gestört wurde. Auf Grund der zuerst veröffentlichten zwei Versuchsserien, welche 15 bzw. 10 Tage dauerten, meinte Hirschfeld, der selbst als Versuchsperson diente und 74<sup>kg</sup> wog, nur 35 bis 40<sup>g</sup> Eiweiss in der Kost zu bedürfen, um sich im N-Gleichgewicht zu erhalten. Da gegen die Versuche der Einwand erhoben wurde, dass der Stickstoff in der Kost und in den Fäces nicht analysirt, sondern nur berechnet worden wäre, was in derartigen Versuchen eine unerlässliche Bedingung ist, so wiederholte Hirschfeld dieselben mit Beachtung dieser Umstände. — In den folgenden Versuchsserien, welche acht Tage dauerten, bestand die Kost in der ersten Serie aus Kartoffeln, Speck, Semmel, Butter, Bier, Wein, Kaffee und Zucker, und enthielt im Mittel pro Tag 29·1<sup>g</sup> Eiweiss, 135<sup>g</sup> Fett, 268<sup>g</sup> Kohlehydrate und 54·1<sup>g</sup> Alkohol (= 2852 Cal. oder 39 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht). Doch wich die Kost an den verschiedenen Tagen nicht ganz unbeträchtlich von diesem Mittelwerthe ab. So enthielt sie z. B. am sechsten Versuchstage 24<sup>g</sup> Eiweiss, 75<sup>g</sup> Fett, 217<sup>g</sup> Kohlehydrate und 48<sup>g</sup> Alkohol, also eine Kraftzufuhr von nur 28 Cal. pro Kilogramm, während sie am Tage vorher aus 38<sup>g</sup> Eiweiss, 147<sup>g</sup> Fett, 345<sup>g</sup> Kohlehydraten und 54<sup>g</sup> Alkohol bestanden hatte oder ungefähr 44 Cal. pro Kilogramm.

Da nun die Nahrung für die vier letzten Versuchstage im Mittel 4·73<sup>g</sup> Stickstoff enthielt und die Stickstoffausscheidungen auf 6·65 stiegen (Urin 5·33 und Fäces 1·32), so fand also kein N-Gleichgewicht statt, was nach Hirschfeld's Annahme „entweder auf zu geringer Eiweisszufuhr, oder auf der überhaupt zu geringen Nahrungsmenge“ beruhte. „Wahrscheinlich aber haben beide Einflüsse mitgewirkt“, fügt er hinzu.<sup>2</sup> In seiner gewöhnlichen Kost war nämlich Hirschfeld gewöhnt, eine Kraftzufuhr von etwa 44·5 Cal. pro Kilogramm zu erhalten.

Es fragt sich jedoch, ob diese Erklärung die richtige ist, denn wie ich auf Grund eigener Versuche hoffe zeigen zu können, kann sich der menschliche Organismus bei dieser Zufuhr von N-haltigen Nahrungsmitteln im N-Gleichgewicht erhalten, ohne dass die absolute

<sup>1</sup> Pflüger's *Archiv.* Bd. XLI. 1888. S. 533. Virchow's *Archiv.* Bd. CXIV. 1888. S. 301.

<sup>2</sup> Virchow's *Archiv.* Bd. CXIV. S. 313.

Kraftzufuhr die von Voit für einen mittleren Arbeiter geforderten etwa 40 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht zu übersteigen braucht, eine Calorienmenge, welche Hirschfeld in seinem Versuche nahezu erhielt.

Wie oben hervorgehoben, waren die täglichen Abweichungen in der Calorienzufuhr recht bedeutend, so dass Hirschfeld sicher an einigen Tagen eine durchaus zu geringe (z. B. am sechsten Tage), an anderen wieder eine völlig hinreichende Nahrungsmenge erhielt. Es erscheint nicht unwahrscheinlich, dass dieser Umstand, wenigstens in gewissem Grade, dazu beitrug, dass kein N-Gleichgewicht eintrat. In dem Versuchsprotocolle ist nicht angegeben, zu welchen Zeiten und in welcher Menge die Kost jedes Mal verzehrt wurde, und wenn diese nicht einigermaassen gleichmässig über den Tag vertheilt wurde, so lässt sich vermuthen, dass auch in diesem Umstande ein Grund lag, weshalb Hirschfeld nicht in N-Gleichgewicht kam. Nach den Untersuchungen Gebhardt's<sup>1</sup> und Krummacher's<sup>2</sup> an Hunden, und wie ich auch aus meinen eigenen Versuchen zu ersehen glaube, spielt die ungleiche Vertheilung der Nahrung auf eine oder mehrere Mahlzeiten eine nicht unbedeutende Rolle für den Eiweisszerfall im Organismus, so dass derselbe bei gleichmässiger Vertheilung auf mehrere Mahlzeiten eine Tendenz zur Verminderung und bei einer Häufung auf eine einzige Mahlzeit eine Steigerung zeigt. — Jedoch sei noch ausdrücklich hervorgehoben, dass dieser Umstand bei der unvortheilhaften N-Bilanz in Hirschfeld's erster Versuchsserie nur eine Annahme ist, welche durch seine eigene Schilderung der Versuche weder bestätigt noch verneint wird.

In Hirschfeld's folgender Serie, die sich gleichfalls über acht Tage erstreckte, bestand die Kost aus denselben Nahrungsmitteln wie in der vorhergehenden mit Zusatz von Alkohol und Eiern und enthielt im Mittel pro Tag 43.5 g Eiweiss, 165 g Fett, 354 g Kohlehydrate und 42.7 g Alkohol (= 3462 Cal. oder 47.4 Cal. per Kilogramm). Auch in dieser Serie variierte die Nahrung an den verschiedenen Tagen nicht so unbedeutend, weshalb sich nicht sicher bestimmen lässt, an welchem Tage N-Gleichgewicht eintrat; Hirschfeld selbst nimmt an, dass dieses am 3. bis 4. Tage geschah. Vom 5. bis 8. Tage betrug die N-Einnahme im Mittel 7.44 g, und die N-Ausgabe 7.53 g (Urin 5.87 g, Fäces 1.66 g).<sup>3</sup> Also nahezu N-Gleichgewicht.

<sup>1</sup> Gebhardt, Pflüger's *Archiv*. Bd. LXV. 1897. S. 611.

<sup>2</sup> Krummacher, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXXV. 1897. S. 181.

<sup>3</sup> Peschel behauptet („Untersuchungen über den Eiweissbedarf des gesunden Menschen.“ *Inaug.-Diss.* Berlin 1890. S. 14), dass hier ein Rechenfehler vorliege. Nach ihm muss die N-Menge im Urin 6.57 g betragen und



Um den Versuch jedoch völlig einwandfrei zu machen, wäre eine vollständige Analyse der Nahrung höchst wünschenswerth gewesen, denn wie aus dem Versuchsprotocoll hervorgeht, scheint Hirschfeld es unterlassen zu haben, Chocolate, Eier, Butter, Kaffee und Wein auf Stickstoff zu analysiren. Wenn auch die Stickstoffmenge in den meisten dieser Stoffe minimal ist, kann man doch nicht vollkommen sicher sein, dass sich nicht Fehler in die Rechnung einschleichen, wenn man mit einem theilweise nur approximativ berechneten Factor arbeitet, besonders wenn es sich um sehr geringe Eiweissmengen handelt. Gleichwohl dürfte es nicht in Zweifel zu ziehen sein, dass dieser Versuch beweisend ist, dass der menschliche Organismus wenigstens eine kürzere Zeit bei hinreichender Zufuhr der übrigen Nährstoffe mit einer bedeutend geringeren Menge Eiweiss auskommen kann, als er sonst zu erhalten gewöhnt ist.

Hirschfeld's interessante und bedeutungsvolle Resultate wurden bald darauf von Kumagava und Klemperer, und etwas später auch von Peschel bestätigt.

In einer besonders sorgfältig ausgeführten Untersuchung vergleicht Kumagava<sup>1</sup> den Eiweissumsatz in seinem eigenen Körper bei gemischter und rein vegetabilischer japanischer Kost. In einer vorbereitenden Versuchsserie, welche sich über 34 Tage erstreckte, untersuchte er zunächst bei frei gewählter europäischer Kost seine tägliche Eiweisszufuhr und fand, dass sie im Durchschnitt 70.38 g oder etwa 1.5 g pro Kilogramm Körpergewicht betrug (Kumagava wog 48 kg), also eine unbedeutend niedrigere Ziffer als die von Voit für einen mittleren Arbeiter geforderte Normalzahl 1.7 g.

In den folgenden Versuchsserien, von denen hier speciell die IV. und V. von Interesse sind, untersuchte Kumagava theils seinen minimalen Calorienbedarf, theils die geringste Eiweissmenge, bei der er sich noch im N-Gleichgewicht hielt. In der IV. Versuchsserie (fünf Tage) enthielt seine Kost 44.2 g Eiweiss, 1.9 g Fett und 441.8 g Kohlehydrate (+ Alkohol) (= 2010 Cal. [ohne Alkohol] oder pro Kilogramm etwa 41.8 Cal.). Speciell ist hervorzuheben, dass sowohl in dieser als in der folgenden Versuchsserie die Nahrung jeden Tag die gleiche war.

Mit dieser Nahrungszufuhr kam Kumagava nicht in N-Gleichgewicht, sondern verlor noch an den beiden letzten Versuchstagen von

---

nicht 5.87. Doch liegt hier kein Rechenfehler vor, und man weiss nicht, durch welche Berechnungen Peschel die Zahl 6.57 erhalten hat.

<sup>1</sup> Kumagava, Virchow's *Archiv*. Bd. CXVI. 1889. S. 370.

seinem Körper 10·5 bzw. 16·2<sup>g</sup> Eiweiss, was seiner Meinung nach auf „zu wenig an Nahrung überhaupt“<sup>1</sup> beruhte, welche Behauptung er hauptsächlich auf Hirschfeld's Versuche stützt, in denen dieser mit einer etwas geringeren Menge Eiweiss in N-Gleichgewicht kam. Angesichts der Thatsache, dass die Zufuhr 41·8 Cal. pro Kilogramm betrug, ist es doch etwas schwer, auf Kumagava's Ansicht einzugehen, selbst zugegeben, dass er von kleinem Körperbau war und daher eine relativ grössere Calorieenzufuhr brauchte. Miura,<sup>2</sup> der ungefähr ebenso viel wog (47<sup>kg</sup>) wie Kumagava und gleichfalls recht mager war, brauchte nur 1955 Cal. = 41·6 Cal. pro Kilogramm, was auch gegen des Letzteren Behauptung einer absolut zu geringen Nahrungszufuhr spricht. Bemerkenswerth ist auch, dass Kumagava in der nächstvorhergegangenen Versuchsserie bei fast gleich grosser Calorieenzufuhr (etwa 43 Cal. pro Kilogramm), aber mit etwas mehr Eiweiss in der Nahrung (58·0<sup>g</sup>) am fünften (letzten) Tage nur 1·79<sup>g</sup> Eiweiss von seinem Körper abgab, ein Umstand, welcher, wenn man, wie Kumagava, die Zulänglichkeit der Calorieenzufuhr aus der Eiweissbilanz zu beurtheilen versucht, gegen seine oben angeführte Behauptung einer zu geringen Nahrungsmenge in Serie IV sprechen würde.

Ein Vergleich zwischen diesen beiden Serien (III und IV) zeigt deutlich, dass man nicht berechtigt ist, auf Grund der N-Bilanz Schlüsse über den Calorieenbedarf zu ziehen.

Erst in der letzten (V.) Versuchsserie (9 Tage), während der Kumagava pro Tag 54·7<sup>g</sup> Eiweiss, 2·5<sup>g</sup> Fett und 569·8<sup>g</sup> Kohlehydrate verzehrte, erlangte er nicht nur das N-Gleichgewicht, sondern setzte sogar etwa 4·0<sup>g</sup> Eiweiss pro Tag an. Aber die Kost enthielt ja auch 2563 Calorieen oder 53·8 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht, den Alkohol nicht mitgerechnet.

Mit Kenntniss von Hirschfeld's Untersuchungen fragt man sich unwillkürlich, worauf es beruhte, dass Kumagava nicht früher schon in der IV. Serie (mit 44·2<sup>g</sup> Eiweiss) in N-Gleichgewicht gelangte, da seine eigenen Untersuchungen nicht als beweisend dafür angesehen werden können, dass sein Calorieenbedarf wirklich grösser war als 42 bis 43 Calorieen. — Wie man auch Kumagava's sorgfältig ausgeführten Versuche prüft, so ist es schwer, eine passende Erklärung dafür zu finden. Doch fällt einem die plötzliche und unmotivirte N-Steigerung im Harne am vierten Versuchstage auf.<sup>3</sup> Am

<sup>1</sup> Kumagava, l. c. S. 404.

<sup>2</sup> Miura, l. c. S. 144.

<sup>3</sup> Kumagava, l. c. S. 403.

31. December (3. Versuchstag) war die N-Menge im Harn schon auf 6·27<sup>g</sup> herabgegangen, um am nächsten Tage (1. Januar) auf 7·09 und am folgenden Tage auf 8·00<sup>g</sup> zu steigen. In den Serien III und V sind keine derartigen Steigerungen zu bemerken, sondern die N-Menge im Urin sinkt ziemlich gleichmässig und schön. Vielleicht wäre Kumagava doch schliesslich in der IV. Serie in N-Gleichgewicht gelangt, hätte er den Versuch noch einige Tage fortgesetzt, da man Grund hat zu vermuthen, dass die plötzliche N-Steigerung auf irgend einem unbekanntem Zufalle beruhte.

Gelegentlich sei noch auf einen Umstand hingewiesen, der von selbst die Aufmerksamkeit auf sich lenkt, es ist dies die recht grosse Harnmenge, die Kumagava während der ganzen Versuchszeit lieferte und die für Serie III, IV und V im Mittel pro Tag 2584, 2353 und 2160<sup>ccm</sup> betrug und bisweilen sogar die achtungswerthe Ziffer 3600<sup>ccm</sup> erreichte (S. 394). In Folge der Untersuchungen v. Noorden's<sup>1</sup> über den Einfluss der Wasserzufuhr auf den Eiweisszerfall im Organismus ist man jedoch nicht zu der Annahme berechtigt, in dieser grossen Harnmenge eine Ursache der erhöhten N-Menge in demselben zu sehen.

Ungefähr gleichzeitig mit Kumagava veröffentlichte Klemperer<sup>2</sup> seine Versuche in derselben Frage. An zwei jungen Männern von 64 und 65·5<sup>kg</sup> Körpergewicht stellte Klemperer einen 8tägigen N-Umsatzversuch an. Nachdem dieselben schon einige Tage vor Beginn des Versuchs N-arme Kost erhalten hatten, erhielt jede Versuchsperson während der Versuchsserie 33·0<sup>g</sup> N-haltiger Substanz, 264<sup>g</sup> Fett, 470·4<sup>g</sup> Kohlehydrate und 172<sup>g</sup> Alkohol. Also in Summa 5020 Cal. oder bezw. 73·4 und 76·6 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht. Für die erste Versuchsperson trat N-Gleichgewicht am sechsten und für die zweite schon am dritten Tage ein und betrug die Stickstoffausgaben am letzten (achten) Tage 4·38 (Harn 3·12 und Fäces 1·26<sup>g</sup>) bezw. 3·58<sup>g</sup> (Harn 2·51 und Fäces 1·03<sup>g</sup>), so dass in beiden Versuchen sogar etwas Stickstoff angesetzt wurde. Aus rein theoretischem Gesichtspunkte sind die Versuche bemerkenswerth, da sie zeigen, dass der menschliche Organismus wenigstens eine kurze Zeit mit einer äusserst geringen Menge Eiweiss in der Nahrung auskommen kann.

Da man sich (Breisacher<sup>3</sup> u. A.) gewissermaassen darüber ge-

<sup>1</sup> v. Noorden, *Lehrbuch der Pathologie des Stoffwechsels*. Berlin 1893. S. 142.

<sup>2</sup> Klemperer, *Zeitschr. f. klin. Med.* Bd. XVI. 1889. S. 550.

<sup>3</sup> Breisacher, *Deutsche med. Wochenschr.* 1891. S. 1308.

wundert hat, dass Klemperer keine praktischen Consequenzen aus seinen Versuchen hat ziehen wollen, so erscheint eine derartige Anmerkung gegen Klemperer durchaus unbefugt. Denn da Klemperer auf Grund dieser Versuchsergebnisse zu dem Schlusse gelangt, dass eine Herabdrückung des Eiweissbedarfes nur „unter bestimmten Umständen mit sehr reicher N-freier Kost“ stattfand,<sup>1</sup> und er keineswegs der Ansicht zu sein scheint, dass jeder mittlere Arbeiter mit dem Vermögen ausgerüstet ist, ebenso gewaltige Quantitäten Nahrung zu sich zu nehmen, wie sie seine Versuchspersonen acht Tage hinter einander ohne deutliche Störungen verzehrten, so erscheint sein reservirter Standpunkt völlig motivirt. Fügt man noch den Umstand hinzu, dass Klemperer diesen günstigen Ausgang des Experimentes hauptsächlich der nicht unbedeutenden Menge Alkohol<sup>2</sup> (250<sup>ccm</sup> Cognac und 700<sup>ccm</sup> Bier) zu verdanken glaubt, die er seinen Versuchspersonen täglich darreichte, so erscheint seine eigene wissenschaftliche Zurückhaltung aller Anerkennung werth.

In einer Inaugural-Dissertation<sup>3</sup> aus dem Jahre 1890 kritisirt Peschel diese Versuche Klemperer's und scheint ihnen keinen grossen Werth zuerkennen zu wollen, vor Allem, weil Klemperer's N-Analysen der Fäces unzuverlässig und aller Wahrscheinlichkeit nach zu niedrig wären. Auch wenn man möglicher Weise zugeben könnte, dass dem so wäre, so erscheint Peschel's Urtheil über diese Versuche nicht motivirt. Denn angenommen auch, dass 50 Procent der N-Menge der Kost (ein sicher viel zu hoher Werth!) sich in den Fäces wiederfinden müssten, so war wenigstens Klemperer's zweite Versuchsperson immerhin in N-Gleichgewicht gelangt (5.28<sup>g</sup> N in der Kost gegen 2.51<sup>g</sup> im Urin).<sup>1</sup>

In derselben Arbeit berichtet Peschel über einen eigenen acht-tägigen Versuch, den er unter der Leitung v. Noorden's ausführte. Bei einer Zufuhr von etwa 46 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht fand er, dass etwa 33<sup>g</sup> Eiweiss die untere Grenze seines Eiweissbedarfes bildete. Die Tabelle auf nächster Seite zeigt Peschel's Stickstoffumsatz.

Bei einem Blick auf diese Tabelle erscheint es jedoch recht zweifelhaft, ob Peschel die unterste Grenze seines Eiweissbedarfes erreicht hat. Noch am achten (dem letzten) Tage vermindert er die N-Zufuhr

<sup>1</sup> Klemperer, l. c. S. 574.

<sup>2</sup> Derselbe, l. c. S. 572.

<sup>3</sup> Peschel, *Untersuchungen über den Eiweissbedarf des gesunden Menschen*. Berlin 1891.

Tag	Ges.-N in der Kost	N im Urin	N in den Fäces	N im Urin und Fäces
1	7.59	7.04	1.23	8.27
2	7.15	7.61	1.23	8.84
3	7.23	7.11	1.23	8.34
4	7.07	6.15	1.58	7.72
5	7.16	5.47	1.58	7.05
6	7.05	5.31	1.58	6.89
7	6.24	4.88	1.58	6.46
8	5.88	4.62	1.58	6.2

und bricht dann den Versuch ab. Hätte er den Versuch fortgesetzt, wäre das Resultat wahrscheinlich ein anderes geworden, denn der Organismus stellt sich ja nicht unmittelbar in N-Gleichgewicht, und möglicher Weise hätte Peschel die N-Menge in der Kost noch vermindern können. Wie der Versuch jetzt angeordnet war, beweist er nicht, dass die untere Grenze des Eiweissbedarfes erreicht wurde.

Peschel bemerkt, dass Kumagava — und er hätte hinzufügen können Klemperer — „bemerkenwerth schnell und leicht zu der Schwelle günstiger Bilanz gelangte“, während dies in seinen und Hirschfeld's Versuchen nicht der Fall war. Sollte nicht die Ursache in dem Umstande zu suchen sein, dass Kumagava sowohl wie Klemperer während des Versuches ihre Kost nicht veränderten, sondern sie jeden Tag gleich erhielten?

Noch zwei Arbeiten über diesen Gegenstand sind von Breisacher<sup>1</sup> und Lapicque<sup>2</sup> geliefert worden.

Breisacher's Versuch ist durch seine lange Dauer (30 Tage) verdienstvoll; da er aber die N-Menge in Kost und Fäces nur annähernd bestimmt, so erfüllt seine Untersuchung nicht die Forderung streng wissenschaftlicher Genauigkeit, die man mit Nothwendigkeit an Arbeiten dieser Art stellen muss, und ich will daher nicht weiter auf Breisacher's Arbeit eingehen. Dasselbe gilt auch für Lapicque's kürzere Versuche (10 und 8 Tage).

Wie aus allen diesen experimentellen Untersuchungen hervorgeht, wurde die Herabsetzung der Eiweisszufuhr durch einen Ueberschuss der Calorieenzufuhr erkauft, welcher beachtenswerthe Umstand von mehreren Forschern (Voit u. A.) hervorgehoben wurde.

<sup>1</sup> Breisacher, *Deutsche med. Wochenschr.* 1891. S. 1307.

<sup>2</sup> Lapicque, *Archives de physiologie.* 1894. p. 596.

Eine gerade aus dem täglichen Leben gewonnene Erfahrung über geringe Eiweissmengen in der Kost verdanken wir Voit.<sup>1</sup> Ein Vegetarianer (von 57<sup>kg</sup> Gewicht), der schon seit drei Jahren ausschliesslich von Vegetabilien lebte, verzehrte bei frei gewählter Kost 54.2<sup>g</sup> Eiweiss, 22<sup>g</sup> Fett und 557<sup>g</sup> Kohlehydrate (= 2526 Cal. oder 44.3 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht).

Um zu prüfen, ob ein gewöhnlicher körperlicher Arbeiter mit einer ebenso N-armen Kost auskommen würde, gab Voit einem 74<sup>kg</sup> schweren Arbeiter drei Tage lang dieselbe Kost. Dieser verlor jedoch pro Tag durchschnittlich 31.9<sup>g</sup> Eiweiss von seinem eigenen Körper (am dritten Tage 24.1<sup>g</sup>), was Voit veranlasst, unverrückt an seiner alten Normziffer für einen mittleren Arbeiter festzuhalten.

Der Versuch ist jedoch nicht beweisend, da — wie Hirschfeld<sup>2</sup> betont — der bedeutend schwerere Arbeiter absolut zu knappe Kost erhielt — nur 34 Cal. pro Kilogramm. Ausserdem ist die Einwendung zu machen, dass der Versuch von gar zu kurzer Dauer war, was deutlich auch daraus hervorgeht, dass die N-Menge im Urin für jeden Tag eine bedeutende Senkung zeigt (11.33<sup>g</sup>, 9.27 und 8.49<sup>g</sup>), was vermuthen lässt, dass bei Fortsetzung des Versuches der Stickstoff im Harne trotz der ungenügenden Calorieenzufuhr wahrscheinlich noch weiter herabgegangen wäre.

Sucht man sich die Gründe klar zu machen, welche die Münchener Schule bewogen, den Eiweissbedarf des menschlichen Organismus so hoch zu verlegen, so scheinen dieselben sich folgendermaassen zusammenfassen zu lassen:

Da das Eiweiss nicht synthetisch im Thierorganismus gebildet wird, sondern von dem Eiweiss her stammt, das in der täglichen Nahrung enthalten ist, und da der Organismus in seiner vitalen Thätigkeit täglich N-haltige Bestandtheile zerstört, welche in überwiegender Menge ihren Ursprung vom Eiweiss im Körper herleiten, vornehmlich von dem „circulirenden“, aber auch von dem „Organeiweiss“, so hat der Organismus einen gewissen beständigen Bedarf an Eiweiss in der Kost, um sich auf seinem ursprünglichen Eiweissbestand erhalten zu können. Dieser Bedarf hängt nicht direct von der mechanischen Arbeit ab, welche der Organismus verrichtet, weil diese Arbeit auf Kosten der Energie, die dem Körper durch die N-freien Nährstoffe zugeführt sind, verrichtet werden kann und vielleicht hauptsächlich verrichtet wird; wohl aber steht dieser Bedarf im directen Verhältniss zur Or-

<sup>1</sup> Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXV. 1889. S. 232.

<sup>2</sup> Hirschfeld, *Pflüger's Archiv.* Bd. XLIV. 1889. S. 467.

ganmasse des Körpers, so dass ein eiweissreicher Organismus einen grösseren Bedarf an Eiweiss in der Nahrung hat, ein eiweissarmer einen geringeren. Der Eiweissbedarf wird also nur indirect durch die mechanische Arbeit bestimmt, insofern als eine grössere derartige Arbeit nur von einem eiweissreicheren und „muskelkräftigeren“ Organismus verrichtet werden kann. „Die geringste Menge von Eiweiss“ — sagt Voit<sup>1</sup> — „mit Zusatz stickstoffloser Stoffe, welche den Körper zu der von ihm verlangten Leistung befähigt, ist das Ideal der Nahrung, aber es ist ein Irrthum, in den nur Leute verfallen können, welche noch nie den Versuch gemacht haben, einen Körper zu ernähren, zu glauben, dass wir meist viel mehr Eiweiss geniessen, als eigentlich nothwendig ist; ich wünschte nur, ich dürfte diese nach ihrer Theorie eine Zeit lang ernähren, sie würden sich dann wohl am ehesten zu einer anderen Anschauung bekehren.“

Der Umstand, dass der menschliche Organismus — wie dies die angeführten Versuche deutlich zeigten — eine kürzere Zeit wenigstens, mit einer geringeren Menge von Eiweiss als der, welche gewöhnlich verzehrt wird, auskommen kann, beruht nach Voit darauf, dass der Organismus, wenn er sich in niedriges N-Gleichgewicht stellt, seinen Eiweissbestand, seine Organmasse, vermindert. Eine Verminderung des Eiweisses in der Kost wird also nach Voit mit einer Herabsetzung der eigenen Leistungsfähigkeit des Organismus erkauft. Wenn dem so wäre, müsste man Voit darin völlig Recht geben, dass ein Sparen an Eiweiss in der Kost die schlechteste und verhängnissvollste Haushaltung für den Organismus wäre.

Auch die Kürze der Laboratoriumsversuche mahne mit Recht zur Vorsicht bei ihrer Uebertragung auf das tägliche Leben.

Ob und in wie weit diese Ansichten mit den Erfahrungen übereinstimmen, welche man durch experimentelle Untersuchungen über das umstrittene physiologische Eiweissminimum des menschlichen Organismus erhalten kann, hoffe ich durch folgende Versuche in gewissem Grade aufklären zu können.

## II. Eigene Untersuchungen.

Wie schon in der Einleitung angedeutet, wurde diese Untersuchung derart projectirt, dass die totale Calorieenzufuhr den normalen Bedarf nicht übersteigen und so weit möglich unverändert beibehalten

<sup>1</sup> Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. IV. S. 529.

werden sollte, während das Eiweiss in der Kost vermindert werden sollte, bis eine untere Grenze für den Eiweissbedarf erreicht sein würde. Da in allen früheren ähnlichen Versuchen ein niedriges N-Gleichgewicht durch einen Ueberschuss der N-freien Nahrungsstoffe in der Kost gewonnen war, liess sich vermuthen, dass, wenn keine derartige Luxusconsumtion N-loser Stoffe stattfände, der Minimalbedarf an Eiweiss sich höher stellen würde, als die von Hirschfeld, Kumagava, Klemperer u. A. gefundenen Werthe dafür. In dieser Voraussetzung wurden die Versuche begonnen, aber bald genug zeigte sich, dass die Annahme nicht richtig war, und dass die Resultate dieser Untersuchung ganz andere werden würden, als man erwartet.

Als Versuchsperson diente Verfasser selbst. Er ist 30 $\frac{1}{2}$  Jahre alt, völlig gesund, 162<sup>cm</sup> lang und wiegt 60.7<sup>kg</sup> (ohne Kleider am 24. Oct. 1898); Brustumfang — über den Mamillen — 90<sup>cm</sup>. Bauchumfang 85<sup>cm</sup>; gewöhnliche Körperconstitution und gewöhnlicher Ernährungszustand.

Der Versuchstag wurde von  $\frac{1}{2}$  8 Uhr Morgens des einen Tages bis zu derselben Stunde des nächsten Tages gerechnet. Während der ganzen Versuchszeit war Verf. 7 bis 9 Stunden täglich mit gewöhnlicher Laboratoriumsarbeit beschäftigt und einige Stunden mit gewöhnlichen Studien zu Hause. Um 10 Uhr etwa legte sich Verf. gewöhnlich zu Bette und stand regelmässig um 7 Uhr auf. So weit möglich, wurde während der ganzen Versuchszeit dieselbe regelmässige Lebensweise beibehalten.

Der Urin wurde sorgfältig für den ganzen Tag gesammelt, mit etwas Chloroform versetzt und gut gemischt, ehe eine Probe zur Analyse entnommen wurde.

Die Fäces wurden direct in eine Porzellanschale gelassen, gewogen, mit Schwefelsäure angesäuert und im Wasserbade so weit abgedunstet, dass sie sich mit Leichtigkeit pulverisiren liessen. Tägliche Fäcesanalysen wurden nicht gemacht, sondern die Fäces wurden in Perioden für drei Tage gesammelt (bisweilen für zwei oder vier Tage, wie aus der Tabelle auf Seite 115 hervorgeht). Die Defäcation ging während der ganzen Versuchsperiode äusserst regelmässig vor sich, ein Mal täglich von 9 bis 10 Uhr Morgens.<sup>1</sup> Eine Abgrenzung der Fäces fand nicht statt, sondern es wurden dieselben jeden Morgen als zum vorhergehenden Tage gehörig gerechnet.

Alle N-Analysen sind nach Kjeldahl ausgeführt. Für Urin und Fäces wurden stets untereinander gut übereinstimmende Doppelanalysen gemacht; es wurden für jede Analyse 5<sup>ccm</sup> Urin und etwa 1<sup>g</sup> getrockneter Fäces genommen.

Alle Kost wurde vom Verf. selbst auf einer sorgfältig controlirten Briefwaage von 1<sup>kg</sup> Tragkraft gewogen.

Um eine Vorstellung über seinen gewöhnlichen Nahrungsbedarf

<sup>1</sup> Die einzige Ausnahme bilden der 1. November mit zwei loseren Abführungen und der 3. November ohne Abführung.



zu erhalten, wog Verf. zehn Tage lang (18. bis 28. October 1898) seine Speise bei frei gewählter Kost und berechnete die einzelnen Nährstoffe darin nach den Tabellen, welche der Abhandlung von Hultgren und Landergren<sup>1</sup> beigelegt sind.

Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung des durchschnittlichen Kostmaasses während dieser zehn Tage. Der Calorienwerth ist hier wie in der ganzen Untersuchung nach den von Rubner angegebenen Standardzahlen berechnet.

1 g Eiweiss	=	4.1 Cal.
1 g Fett	=	9.3 „
1 g Kohlehydrate	=	4.1 „
1 g Alkohol	=	7.0 „

	Ges.-Gew. der Kost g	Ei- weiss g	Fett g	Kohle- hydr. g	Alko- hol g	Cal.	
Morgenessen	457	4.1	11.2	40.4		286.6	
Frühstück	790	38.4	45.1	77.5		894.6	
Mittagessen	837	35.7	22.6	89.7	} 24.8	724.3	} ohne Alkohol
Abendessen	665	21.3	23.3	49.4		506.6	
Summa	2749	99.5	103.2	257.0	24.8	2412.1	ohne Alkohol
						2585.7	mit Alkohol

Die tägliche Kraftzufuhr betrug also 42.6 Cal. mit Alkohol oder 39.7 Cal. ohne Alkohol pro Kilogramm Körpergewicht. Die Nahrung enthielt durchschnittlich pro Tag 15.92 g N; mit dem Urin wurden 12.96 g, mit den Fäces 1.85 g N ausgeschieden; die N-Ausgabe an diesen zehn Tagen betrug also durchschnittlich = 14.91 g pro Tag.

Nachdem so der normale Nahrungsbedarf approximativ festgestellt worden war, wurden die eigentlichen Versuche derart angeordnet, dass mit der täglichen Kost etwa 2500 Cal. zugeführt wurden, und diese Calorienmenge während der ganzen Zeit soweit möglich beibehalten wurde.

Die Kost bestand in diesen Versuchen aus den Nahrungsstoffen, welche in der Tabelle S. 109 enthalten sind.

Käse und geräucherter Schinken wurden in einer alle sieben Tage ausreichenden Quantität gekauft; sie wurden, sorgfältig in Stanniolpapier eingehüllt, an einem kühlen Orte aufbewahrt. Es wurden von jedem Generalproben entnommen und auf Stickstoff analysirt. Der Käse wurde nach Soxhlet auf Fett analysirt; im ziemlich mageren Schinken

<sup>1</sup> Hultgren und Landergren, Untersuchung über die Ernährung bei frei gewählter Kost. *Hygiea*. Festband 1889.

hingegen wurde der Fettgehalt zu 10 Procent berechnet. Beim Verzehren des letzteren wurden alle fetteren Partien vermieden.

Der Reisbrei wurde derart zubereitet, dass 220 g Reis mit 500 g abgerahmter und 500 g ganzer Milch gekocht wurden, bis die Mischung etwa 1 kg wog. Diese Portion wurde in 3 bis 4 Tagen verzehrt; nach Zusatz von etwas Wasser (1 bis 2 Esslöffel) wurde der Brei am folgenden Tage wieder erwärmt und auf seine gewöhnliche Consistenz eingekocht. Diese Mischung enthielt nach der Berechnung 3 Proc. Fett, 22.5 Proc. Kohlehydrate und 70 Proc. Wasser. Der Stickstoff wurde direct im Grützbrei bestimmt. Zu dem Zwecke wurden zu verschiedenen Zeiten Proben genommen, von denen unmittelbar eine bestimmte Menge gewogen und analysirt wurde.

Butter, Milch und Sahne wurden während der ganzen Versuchszeit von ein und derselben Stelle genommen; die Butter wurde in grösseren Quantitäten (für etwa eine Woche) aufgekauft und ein Mal nach Soxhlet auf Fett und zwei Mal auf Stickstoff analysirt. In der Milch wurde der Stickstoff bestimmt, so oft es die Zeit gestattete; die Fettanalysen derselben wurden unter Benutzung des Laktokrit von de Laval von Herrn Ingenieur K. Sondén ausgeführt, für dessen Zuvorkommenheit ich mir hiermit erlaube, meine Dankbarkeit auszudrücken. Von ihm wurde auch der Fettgehalt der Sahne bestimmt.

Das Brod, welches in dieser Zeit verzehrt wurde, bestand in hartem Roggenbrode (schwedischem „Spisbröd“). Es wurde in zwei grösseren Partien eingekauft, von denen die erste bis zum 20. November ausreichte, die zweite bis zum Schluss des Versuches. Es wurde in wohlverschlossenen Blechkasten an einer trockenen Stelle aufbewahrt. Zu den Stickstoffanalysen wurden Generalproben desselben entnommen.

Die Kartoffeln waren die ganze Zeit über von derselben Sorte und wurden in der Form von Kartoffelpurée verzehrt; in diesem Purée wurde der Stickstoff direct bestimmt.

Aepfel (Reinetten) wurden in den Serien IV und V roh verzehrt; in Serie VI nur theilweise (100 g) roh; zum überwiegenden Theile (600 g) wurden sie hier nach Entfernung des Kerngehäuses mit Zucker (300 g) und etwas Wasser (einige Esslöffel) zu sog. Compot verkocht. Da bei dieser Zubereitung im Allgemeinen kein sonderlicher Gewichtsverlust bemerkt werden konnte, wurde die Wassermenge in diesem Compot wie für die rohen Aepfel auf 84.6 Proc. berechnet und die Kohlehydrate auf 8 Proc. Die N-Bestimmungen wurden an den rohen Aepfeln gemacht.

Im Wein, Kaffee- und Theeaufguss wurde der N direct ohne vorhergegangene Eindunstung bestimmt.

In der folgenden Tabelle sind alle für diesen Versuch bewerkstelligten Analysen von Stickstoff und Fett in der Kost zusammengestellt.

Im Weine wurde ein Mal der Alkoholgehalt auf 9.9 Proc. bestimmt (Gewichtsprocent).

Im Uebrigen wurden die Kohlehydrate, das Fett und Wasser der betreffenden Nahrungsmittel nach bekannten Mittelprocenten berechnet, und bediente ich mich dabei der Zusammenstellung von Hultgren und Landergren (siehe Anhang II in ihrer obenerwähnten Arbeit).

# Nahrungsanalysen.<sup>1</sup>

	Stickstoff in Procenten													Fett in Procenten				
	Fetter Käse	Geräuch. Schinken	Reis- grütze	Butter	Milch	Hartes Roggen- brod	Chocolade	Thee- aufguss	Kaffee	Kartoffel- brei	Bier	Aepfel	Wein	Sahne	Milch	Butter	Sahne	Käse
4.17	4.17	0.52	0.28	0.50	1.96	1.20	0.05	0.09	0.37	0.14	0.18	0.07	0.44	3.75	84.6	25.7	28.9	
4.33	3.84	0.52	0.20	0.57	2.15		0.05	0.08	0.41	0.15	0.17	0.07	0.45	3.50				
		0.75		0.56			0.05		0.43	0.14	0.15		0.43	3.50				
		0.63		0.56	2.31				0.42					3.50				
		0.82		0.56	2.24									3.50				
		0.66		0.53	2.19									3.30				
		0.70		0.52	2.19									3.50				
		0.50		0.59	2.12									3.10				
Mittelzahlen:	4.25	4.01	0.64	0.24	0.55	2.06	1.20	0.05	0.08	0.41	0.14	0.17	0.07	0.44	3.50	84.6	25.7	28.9
					2.21													

<sup>1</sup> Ein Theil dieser Analysen wie auch ein Theil der Schwefelanalysen im Harn und der Stickstoffanalysen in den Fäces sind von Cand. phil. Fräulein Tora Rosenberg ausgeführt worden, und benutze ich die Gelegenheit, ihr den Ausdruck meiner Dankbarkeit für die mir erwiesene Hülfe darzubringen.

Am 1. November wurde der Versuch begonnen und dann — bis auf eine dreitägige Pause (8. bis 10. November) — ununterbrochen bis zum 13. December fortgesetzt. In diesen 39 Tagen wurden die N-haltigen Nahrungsmittel sechs Mal vermindert und durch nahezu isodyname Mengen N-freier ersetzt. Der Versuch zerfällt also ganz natürlich in sechs verschiedene Serien.

Es war von Anfang an beabsichtigt, wenigstens 5 bis 6 Tage lang dieselbe Kost und also auch die Eiweisszufuhr unverändert beizubehalten und, soweit möglich, dieselbe Regelmässigkeit in der Vertheilung der Kost auf den Tag zu beobachten, wie unter gewöhnlichen Verhältnissen. Dieser Vorsatz konnte jedoch nicht ganz ausgeführt werden, besonders gegen Ende des Versuches, worüber später mehr.

In den folgenden Tabellen ist die Kost zusammengestellt, welche jeden Tag in den betreffenden Versuchsserien verzehrt wurde.

Einnahme der Nahrungsmittel in Serie I (1. bis 7. November 1898):

- 8<sup>h</sup> Vorm. 400<sup>g</sup> Thee; 40<sup>g</sup> Brod; 15<sup>g</sup> Butter; 20<sup>g</sup> Zucker.  
 10<sup>h</sup> Vorm. 50<sup>g</sup> Brod; 20<sup>g</sup> Butter; 500<sup>g</sup> Milch; 20<sup>g</sup> Fettkäse;  
 100<sup>g</sup> Kaffee; 10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.  
 4<sup>h</sup> Nachm. 50<sup>g</sup> Brod; 35<sup>g</sup> Butter; 50<sup>g</sup> geräucherten Schinken;  
 100<sup>g</sup> Kartoffelpurée; 330<sup>g</sup> Bier; 100<sup>g</sup> Kaffee; 10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.  
 9<sup>h</sup> Nachm. 200<sup>g</sup> Reisgrütze; 250<sup>g</sup> Milch.

Serie I (= 7 Tage).

	Ges.-Gew. der Kost	N	Fette	C-Hy- drate	Alkohol	Wasser	Cal.
8 <sup>h</sup> Vorm.	475	1.06	13.4	43.1		406.3	328.8
10 <sup>h</sup> „	715	4.83	45.3	64.4		561.5	808.7
4 <sup>h</sup> Nachm.	690	4.14	39.9	81.1	14.3	516.4	910.3
9 <sup>h</sup> „	450	2.66	14.8	55.0		358.5	431.6
Summa	2330	12.69	113.4	243.6	14.3	1842.7	2479.4

Einnahme der Nahrungsmittel in Serie II<sup>1</sup> (11. bis 19. November 1898):

- 8<sup>h</sup> Vorm. 400<sup>g</sup> Thee; 40<sup>g</sup> Brod; 15<sup>g</sup> Butter; 20<sup>g</sup> Zucker.  
 10<sup>h</sup> Vorm. 50<sup>g</sup> Brod; 30<sup>g</sup> Butter; 500<sup>g</sup> Milch; 100<sup>g</sup> Kaffee;  
 10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

<sup>1</sup> Vom 11. bis 13. November wurde um 4 Uhr Nachm. gegessen: 50<sup>g</sup> Brod; 25<sup>g</sup> Butter; 330<sup>g</sup> Bier; 75<sup>g</sup> Chocolate; 200<sup>g</sup> Wasser (2.45<sup>g</sup> N; 33.4<sup>g</sup> Fett; 101.3<sup>g</sup> C-Hydrate; 14.3<sup>g</sup> Alkohol; 501.7<sup>g</sup> Wasser, Summa Cal. 888.8).

4<sup>h</sup> Nachm. 50<sup>g</sup> Brod; 40<sup>g</sup> Butter; 330<sup>g</sup> Bier; 150<sup>g</sup> Kartoffel-  
purée; 100<sup>g</sup> Kaffee; 10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

9<sup>h</sup> Nachm. 200<sup>g</sup> Reisgrütze; 300<sup>g</sup> Milch.

Serie II (= 9 Tage).

	Ges.-Gew. der Kost	N	Fette	C-Hy- drate	Alkohol	Wasser	Calor.
8 <sup>h</sup> Vorm.	475	1.06	13.4	43.1		406.3	328.8
10 <sup>h</sup> „	705	4.00	48.0	64.1		555.2	811.3
4 <sup>h</sup> Nachm.	695	2.36	39.2	91.7	14.3	524.4	900.9
9 <sup>h</sup> „	500	2.93	16.5	57.4		403.2	463.9
Summa:	2375	10.35	117.1	256.3	14.3	1889.1	2504.9

Einnahme der Nahrungsmittel in Serie III (20. bis 25. No-  
vember 1898).

8<sup>h</sup> Vorm. 40<sup>g</sup> Brod; 20<sup>g</sup> Butter; 30<sup>g</sup> Zucker; 600<sup>g</sup> Thee.

10<sup>h</sup> Vorm. 50<sup>g</sup> Brod; 40<sup>g</sup> Butter; 200<sup>g</sup> Milch; 100<sup>g</sup> Kaffee;  
10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

4<sup>h</sup> Nachm. 50<sup>g</sup> Brod; 40<sup>g</sup> Butter; 330<sup>g</sup> Bier; 200<sup>g</sup> Kartoffel-  
purée; 100<sup>g</sup> Kaffee; 10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

9<sup>h</sup> Nachm. 200<sup>g</sup> Reisgrütze; 200<sup>g</sup> Milch; 10<sup>g</sup> Zucker.

Serie III (= 6 Tage).

	Ges.-Gew. der Kost	N	Fette	C-Hy- drate	Alkohol	Wasser	Calor.
8 <sup>h</sup> Vorm.	690	1.23	17.6	53.1		606.9	412.6
10 <sup>h</sup> „	415	2.46	45.9	49.7		294.4	693.4
4 <sup>h</sup> Nachm.	745	2.64	39.3	102.3	14.3	561.6	951.3
9 <sup>h</sup> „	410	2.38	13.0	62.6		314.8	428.7
Summa:	2260	8.71	115.8	267.7	14.3	1777.7	2486.0

Einnahme der Nahrungsmittel in Serie IV (26. November bis  
1. December 1898):

8<sup>h</sup> Vorm. 40<sup>g</sup> Brod; 25<sup>g</sup> Butter; 400<sup>g</sup> Thee; 30<sup>g</sup> Zucker.

10<sup>h</sup> Vorm. 50<sup>g</sup> Brod; 40<sup>g</sup> Butter; 200<sup>g</sup> Kaffee; 30<sup>g</sup> Zucker;  
30<sup>g</sup> Sahne.

4<sup>h</sup> Nachm. 50<sup>g</sup> Brod; 50<sup>g</sup> Butter; 300<sup>g</sup> Kartoffelpurée; 330<sup>g</sup>  
Bier; 100<sup>g</sup> Kaffee; 10<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

9<sup>h</sup> Nachm. 200<sup>g</sup> Aepfel; 400<sup>g</sup> Thee; 30<sup>g</sup> Zucker.

## Serie IV (= 6 Tage).

	Ges.-Gew. der Kost	N	Fette,	C-Hy- drate	Alkohol	Wasser	Calor.
8 <sup>h</sup> Vorm.	495	1.14	21.9	53.2		407.7	451.3
10 <sup>h</sup> „	350	1.51	43.1	61.2		228.3	689.9
4 <sup>h</sup> Nachm.	855	3.07	48.1	123.7	14.3	637.5	1133.3
9 <sup>h</sup> „	630	0.54		46.0		569.6	202.5
Summa:	2330	6.26	113.1	284.1	14.3	1843.1	2477.0

Einnahme der Nahrungsmittel in Serie V (2. bis 5. December 1898):

8<sup>h</sup> Vorm. 200<sup>g</sup> Kaffee; 30<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

10<sup>h</sup> Vorm. 60<sup>g</sup> Butter; 300<sup>g</sup> Kartoffelpurée; 200<sup>g</sup> Kaffee; 30<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

4<sup>h</sup> Nachm. 60<sup>g</sup> Butter; 300<sup>g</sup> Kartoffelpurée; 330<sup>g</sup> Bier; 100<sup>g</sup> Kaffee; 15<sup>g</sup> Zucker; 15<sup>g</sup> Sahne.

9<sup>h</sup> Nachm. 300<sup>g</sup> Aepfel; 400<sup>g</sup> Thee; 30<sup>g</sup> Zucker.

## Serie V (= 4 Tage).

	Ges.-Gew. der Kost	N	Fette	C-Hy- drate	Alkohol	Wasser	Calor.
8 <sup>h</sup> Vorm.	245	0.23	4.5	31.7		207.6	177.6
10 <sup>h</sup> „	605	1.60	55.9	94.7		439.8	949.1
4 <sup>h</sup> Nachm.	820	1.98	55.6	99.9	14.3	633.9	1077.6
9 <sup>h</sup> „	730	0.71		54.0		654.4	239.9
Summa:	2400	4.52	116.0	290.3	14.3	1935.7	2444.2

Einnahme der Nahrungsmittel in Serie VI (6. bis 12. December 1898):

Am 6/XII. 1898. 700<sup>g</sup> Aepfel; 800<sup>g</sup> Wein; 200<sup>g</sup> Kartoffelpurée; 60<sup>g</sup> Butter; 200<sup>g</sup> Zucker.

Am 7. bis 12/XII. 1898.<sup>1</sup> 700<sup>g</sup> Aepfel; 400<sup>g</sup> Wein; 300<sup>g</sup> Zucker; 200<sup>g</sup> Kartoffelpurée; 60<sup>g</sup> Butter.

<sup>1</sup> Am 7. December wurden ausserdem 200<sup>g</sup> Wasser getrunken.

Serie VI (= 7 Tage).

Datum	Ges.-Gew. der Kost	N	Fette	C-Hy- drate	Alkohol	Wasser	Calor.
Am 6. Dec.	1960	2.71	51.2	298.8	79.2	1470.3	2314.9
„ 7.—12. „	1660	2.43	51.2	398.8	39.6	1111.3	2440.8

Bei dieser Kost erhielt sich Verf. völlig leistungsfähig. Es wurden nicht die geringsten körperlichen Störungen verspürt und speciell ist die ausserordentliche Regelmässigkeit der Darmthätigkeit hervorzuheben.

Nebenbei sei auch noch erwähnt, dass in den Serien V und VI die Darmentleerungen einen bedeutend weniger unangenehmen Geruch zeigten als gewöhnlich, ein Umstand, welcher wahrscheinlich einer Verringerung der Fäulnisprocesse im Darne zuzuschreiben ist, in Folge der geringen Menge Eiweisssubstanz in der Kost, welche in diesen Serien verzehrt wurde.

Ein besonderes Hungergefühl wurde im Allgemeinen nicht verspürt, nur in Serie II wurde Verf. in den drei Tagen, wo er Chocolate verzehrte (11 bis 14. November), von einem quälenden Hunger belästigt und fühlte sich in dieser Zeit nicht wohl. Als die Chocolate, welche als Ursache dieses Uebelbefindens angesehen wurde, gegen andere Kost ausgetauscht wurde, verschwanden binnen Kurzem alle Beschwerden. — In den Serien V und VI, wo keine feste Speise genossen wurde, empfand Verf. grossen Ueberdross an der einförmigen und einfachen Kost. Nur widerwillig und mit einer gewissen Willensanstrengung gelang es, den Versuch zu Ende zu führen.

Damit sich kein Salzhunger einstellen sollte, wurde in diesen beiden Serien zum Frühstück und Mittag eine kleine Portion (im Ganzen pro Tag etwa 2<sup>g</sup>) von Lahmann's Nährsalzextract genossen, welches relativ viel von den für den Organismus wichtigsten Salzen<sup>1</sup> enthält und daher als zweckentsprechend angesehen wurde.

Da in Serie V N-Gleichgewicht deutlich am vierten Tage eingetreten war, wurde diese Serie nicht weiter verlängert, sondern ging Verf. zur Kost in Serie VI über, sicher, dass die N-Menge der Kost in Serie V völlig zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes hinreichte.

<sup>1</sup> Bekanntlich enthält die Asche nach der angegebenen Analyse: Kalk 15.21 Proc., Magnesia 3.51 Proc., Eisenoxyd 2.65 Proc., Kali 37.73 Proc., Natron 6.53 Proc., Phosphorsäure 9.67 Proc., Schwefelsäure 8.41 Proc., Chlor 10.64 Proc. und Kieselsäure 0.83 Proc.

In dieser letzten Versuchsserie konnte die Kost nicht so regelmässig verzehrt werden wie vorher. In den ersten vier Tagen ass Verf. gleich am Morgen 100 g Aepfel (rohe) und zum Frühstück um 10 Uhr etwa  $\frac{1}{3}$  des für den Tag zubereiteten Aepfelcompots (200 g Aepfel und 100 g Zucker) nebst 100 g Wein; zum Mittag um 4 Uhr Kartoffelpurée (200 g), Butter (60 g), etwa  $\frac{1}{3}$  des Aepfelcompots und 200 g Wein; des Abends den Rest der Kost ( $\frac{1}{3}$  des Aepfelcompots und 100 g Wein).<sup>1</sup> Die Calorieenzufuhr betrug also in diesen Tagen bis 4 Uhr Nachmittags nur etwa 600 Cal., während sie in den zehn vorbereitenden Versuchstagen bei frei gewählter Kost zu derselben Tageszeit etwa auf 1180 Cal. stieg (siehe S. 107) und in den vorhergehenden Serien durchschnittlich 1131 Calorien ausmachte (Serie I = 1137; Ser. II = 1140.1; Serie III = 1106; Serie IV = 1141.2 und Serie V = 1126.7).

Da die N-Menge im Urin am dritten und vierten Tage zu steigen begann, und da angenommen wurde, dass die Ursache in dieser ungleichen Vertheilung der Kraftzufuhr liege, so wurde eine Veränderung der Kostordnung versucht und daher zum Frühstück ausser dem Aepfelcompot und Wein auch das Kartoffelpurée und die Butter verzehrt, wodurch die Calorieenzufuhr während des Vormittags auf etwa 1200 Cal. erhöht wurde. Sofort wurde eine deutliche Veränderung der Stickstoffausgaben beobachtet, indem die N-Menge im Urin wieder eine deutliche Tendenz zum Sinken zeigte (s. die graphische Tabelle).

In der folgenden Uebersichtstabelle (s. nächste S.) ist die Summe der Nahrungszufuhr in allen Versuchsreihen zusammengestellt:

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, liess sich die Calorieenzufuhr, das Gewicht der Nahrung und die Wassermenge ziemlich constant erhalten, während die N-Menge in derselben herabgedrückt wurde, hauptsächlich durch eine Vermehrung der Kohlehydrate. Aus diesem Grunde variirte auch die Fettmenge in der Nahrung höchst unbedeutend.

Nur die letzte Versuchsreihe bildet in all' diesem eine Ausnahme von den vorhergehenden Serien; es wich aber auch die Kost in dieser Serie bedeutend von derjenigen, die gewöhnlich verzehrt wurde, ab. Die Schwierigkeit, ohne Vermehrung des Nahrungsvolumens eine sehr stickstoffarme und völlig ausreichende Kost zu erhalten, liegt klar zu Tage, da Verf. sich unmöglich entschliessen konnte, nur Zucker und Oel oder dergleichen zu verzehren.

<sup>1</sup> In den ersten Tagen dieser Serie war die Speise nicht dieselbe (s. die Tabelle auf S. 113) und wurde sehr unregelmässig im Laufe des Tages verzehrt, worauf hiermit hingewiesen sei.



Übersichtstabelle der Kost für alle Serien.

Serien	Anzahl der Tage	Ges.-Gewicht der Kost	N-haltige Stoffe			Fette	C Hydrate	Alkohol	Wasser	Calor.
			N in thier. Stoffen	N in pflanzlich. Stoffen	N x 6.25					
I	7	2330	7.30	5.39	79.4	113.4	243.6	14.3	1843	2479.4
			12.69							
IIa	3	2360	4.64	5.80	65.2	111.3	265.9	14.3	1866	2492.8
			10.44							
IIb	6	2375	4.75	5.60	64.6	117.1	256.3	14.3	1889	2504.9
			10.35							
III	6	2260	2.59	6.12	54.2	115.8	267.8	14.3	1778	2486.0
			8.71							
IV	6	2330	0.49	5.77	39.1	113.1	284.1	14.3	1843	2477.0
			6.26							
V	4	2400	0.49	4.03	28.3	116.0	290.3	14.3	1936	2444.2
			4.52							
VI	7	1660	0.14	2.29	15.2	51.2	398.8	39.6	1111	2440.8
			2.43							

In der folgenden Generaltabelle über den ganzen Versuch sind die N-Einnahmen und -Ausgaben zusammengestellt; dieselben werden auch durch Taf. III graphisch anschaulich gemacht.

Generaltabelle.

Datum	Körpergew. kg	Harn			Fäces			Stickstoff in Harn und Fäces	Stickstoff in der Nahrung	Bilanz
		Menge v. 24 Std	Spec. Gewicht	Stickstoff	frisch	trocken	Stickstoff			
1898	kg	ccm	Spec. Gewicht	g	g	g	g			

Serie I.

Nov. 1.	60.8	1440	1015	11.54	304	} 165	1.68	13.22	12.69	-0.53
" 2.		1140	1017	9.38	193		1.68	11.06	12.69	+1.68
" 3.		1115	1016	9.33	—		1.68	11.01	12.69	+1.68
" 4.		1500	1010	9.44	293		1.68	11.12	12.69	+1.57
" 5.		1380	1011	9.00	195	} 133	2.11	11.11	18.69	+1.58
" 6.		1000	1014	7.62	110		2.11	9.73	12.69	+2.96
" 7.		1320	1012	9.74	220		2.11	11.85	12.69	+0.84
" 8.	60.8	—	—	—	—		—	—	—	—

Datum	Körpergew. kg	Harn			Fäces			Stickstoff in Harn und Fäces	Stickstoff in der Nahrung	Bilanz
		Menge v. 24 Std. ccm	Spec. Gewicht	Stickstoff g	frisch g	trocken g	Stickstoff g			
Serie II.										
Nov. 11.		1510	1009	8.44	213		2.66	11.10	10.44	-0.34
" 12.		1310	1009	7.55	142	} 162	2.66	10.21	10.44	+0.23
" 13.		1320	1008	7.23	250		2.66	9.89	10.44	+0.55
" 14.	60.1	950	1011	6.96	210	} 128	2.01	8.97	10.35	+1.38
" 15.		1350	1008	7.12	122		2.01	9.13	10.35	+1.22
" 16.		1390	1007	8.16	225		2.01	10.17	10.35	+0.18
" 17.	60.0	970	1010	7.03	175	} 113	1.86	8.89	10.35	+1.46
" 18.		1060	1010	7.50	210		1.86	9.36	10.35	+0.99
" 19.		1250	1010	7.80	105		1.86	9.66	10.35	+0.69
Serie III.										
" 20.	59.8	1260	1008	6.69	185	} 110	1.87	8.56	8.71	+0.15
" 21.		830	1016	6.27	160		1.87	8.14	8.71	+0.57
" 22.		1140	1011	6.76	110		1.87	8.63	8.71	+0.08
" 23.		1120	1010	5.64	150	} 107	1.82	7.46	8.71	+1.25
" 24.		1100	1010	5.74	170		1.82	7.56	8.71	+1.15
" 25.		870	1014	5.70	180		1.82	7.52	8.71	+1.19
Serie IV.										
" 26.	59.6	1150	1013	6.14	265	} 100	1.74	7.88	6.26	-1.62
" 27.		760	1013	4.99	50		1.74	6.73	6.26	-0.47
" 28.		1150	1011	4.45	165		1.74	6.19	6.26	+0.07
" 29.		960	1010	4.03	180	} 100	1.74	5.77	6.26	+0.49
" 30.		1270	1007	4.01	290		1.74	5.75	6.26	+0.51
Dec. 1.	59.7	670	1016	4.08	80		1.74	5.82	6.26	+0.44
Serie V.										
" 2.	59.7	1330	1007	3.68	165	} 115	1.55	5.23	4.52	-0.71
" 3.		990	1008	3.31	40		1.55	4.86	4.52	-0.34
" 4.		1290	1007	3.67	350		1.55	5.22	4.52	-0.70
" 5.		710	1013	2.93	90		1.55	4.48	4.52	+0.04
Serie VI.										
" 6.	58.9	1070	1010	2.83	125	} 60	1.46	4.29	2.71	-1.58
" 7.		260	1023	1.78	190		1.46	3.24	2.43	-0.81
" 8.		470	1017	2.22	190	} 55	1.29	3.51	2.43	-1.08
" 9.		505	1012	2.34	155		1.29	3.63	2.43	-1.20
" 10.		450	1012	2.07	300		1.33	3.40	2.43	-0.97
" 11.		380	1016	1.99	180	} 100	1.33	3.32	2.43	-0.89
" 12.		270	1025	1.84	205		1.33	3.17	2.43	-0.74
" 13.	58.0	—	—	—	—		—	—	—	—

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, besteht in allen Serien, mit Ausnahme der letzten, N-Gleichgewicht, und trat dasselbe in der I. und II. Serie am zweiten, in der III. schon am ersten, in der IV. und V. am vierten Tage ein.

Obgleich die N-Zufuhr an allen Tagen der betreffenden Serie dieselbe war, zeigt die Stickstoffabsonderung mit dem Harn keine ganz regelmässige Verminderung, was sich mit Kenntniss der Versuche Klemperer's und theilweise auch Kumagava's erwarten liess, sondern es kommen an gewissen Tagen (7., 16., 26. Nov.) einige völlig unmotivirte Steigerungen des N-Abganges im Harn vor, deren Ursache sich einer ganz sicheren Erklärung entzieht.<sup>1</sup> Ebenso wurden einige ziemlich plötzliche Senkungen beobachtet (am 6. Nov. und 7. Dec.). An diesen Tagen war auch die Harnmenge im Vergleich zu den nächst vorhergegangenen und folgenden Tagen verhältnissmässig gering, 1000 bezw. 260<sup>ccm</sup>. Ob und in welchem Causalzusammenhange diese beiden Umstände zu einander stehen, lässt sich wohl auch nicht leicht entscheiden. Da man bekanntlich im Allgemeinen behauptet, dass eine bessere Ausspülung der Abfallproducte des Körpers mit einer reichlicheren Wasserzufuhr und Wasserabsonderung vor sich gehe,<sup>2</sup> so wäre es wohl möglich, dass die niedrige N-Menge im Harn an diesen Tagen auf der verminderten Diurese beruhte.

Da es von einem gewissen Interesse ist, zu versuchen, sich eine Vorstellung über die Ausnutzung des Eiweisses in den resp. Serien zu bilden, so glaubte ich mich berechtigt, einige Berechnungen darüber anzustellen, wenn sie auch durchaus keinen Anspruch darauf machen, völlig exact zu sein, da ich in diesen Versuchen dieser Frage keine specielle Aufmerksamkeit gewidmet habe und daher nicht alle Vorichtsmaassregeln beobachtete (Abgrenzung der Fäces), welche derartige Untersuchungen erfordern. Da aber der Fehler in allen diesen Serien der gleiche ist, glaube ich doch, dass sich ein Vergleich der verschiedenen Serien unter einander bewerkstelligen lässt.

Die folgende Tabelle (s. nächste Seite) enthält eine übersichtliche Zusammenstellung der N-Menge in der Kost und in den Fäces.

Es zeigt eben die Erfahrung, dass von der N-Menge in den Fäces ein nicht geringer Theil dem Körper selbst entstammt und also keinen

<sup>1</sup> Am 25. Nov. Abends nahm Verf. ein gewöhnliches Vollbad. Wahrscheinlich hat dieser Umstand dazu beigetragen, die N-Ausscheidung mit dem Urin am folgenden Tage zu erhöhen, doch lässt sich das nicht sicher entscheiden. (Vergl. auch Rubner, Leyden's *Handbuch der Ernährungstherapie*. I. S. 63).

<sup>2</sup> Vergl. v. Noorden, l. c. S. 142.

Serie	Stickstoff im Mittel pro Tag in		Unresorbirter Stickstoff in Procenten
	Kost	Fäces	
I.	12.69	1.85	15
II.	10.44	2.18	21
III.	8.71	1.85	21
IV.	6.26	1.74	28
V.	4.52	1.55	34
VI.	2.43	1.36	56

Rückstand des genossenen Eiweisses darstellt. Als Rubner<sup>1</sup> seiner Versuchsperson besonders N-arme Kost gab (1.36<sup>g</sup> Stickstoff), wurde in den Fäces täglich 1.39<sup>g</sup> ausgeschieden, und hält Rubner dafür, dass diese Stickstoffmenge fast ganz und gar von den Verdauungsflüssigkeiten herstammte. In analogen Versuchen fand Rieder,<sup>2</sup> dass 0.7<sup>g</sup> mit Sicherheit als factischer Stickstoffumsatz anzunehmen sind, und spätere Versuche sprechen auch dafür, dass der grössere Theil des Stickstoffes in den Fäces von im Digestionscanale abgeschiedenen N-haltigen Bestandtheilen herstammt (Praussnitz,<sup>3</sup> Jiro Tsuboi).<sup>4</sup> Wenn wir also annehmen, dass 1<sup>g</sup> Stickstoff in den Fäces aus derartigem, aus dem Organismus ausgeschiedenen Stickstoff besteht, so würde sich die N-Resorption in meinem Versuche auf folgende Weise gestalten:

Serie	N im Mittel pro Tag in		Unresorbirter Stickstoff in Procenten
	Kost	Fäces	
I.	12.69	0.85	6.7
II.	10.44	1.18	11.3
III.	8.71	0.85	9.8
IV.	6.26	0.74	11.8
V.	4.52	0.55	12.2
VI.	2.43	0.36	14.8

Dass diese Procentzahlen ziemlich gut mit dem wirklichen Verhalten übereinstimmen, scheint mir ganz plausibel und findet eine gewisse Stütze darin, dass die Kost in den späteren Versuchsreihen re-

<sup>1</sup> Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XV. 1879. S. 199.

<sup>2</sup> Rieder, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XX. 1884. S. 378.

<sup>3</sup> Praussnitz, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXXV. 1897. S. 335.

<sup>4</sup> Jiro Tsuboi, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXXV. 1897. S. 68.

lativ immer reicher an vegetabilischem Stickstoff war, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Serie	Stickstoff in		Stickstoff in		Unresorbirter Stickstoff in Procenten
	thierischen Stoffen g	pflanzlichen Stoffen g	thierischen Stoffen Proc.	pflanzlichen Stoffen Proc.	
I.	7.30	5.39	57.5	42.5	6.7
II.	4.75	5.70	45.5	54.5	11.3
III.	2.59	6.12	29.8	70.2	9.8
IV.	0.49	5.77	7.8	92.2	11.8
V.	0.49	4.03	10.8	89.2	12.2
VI.	1.14	2.29	5.9	94.1	14.8

Um die Grösse des Gesamtstoffwechsels für den Tag zu bestimmen, wurden in den Serien I, II und IV mit Hülfe des Tigerstedt-Sondén'schen Respirationsapparates CO<sub>2</sub>-Analysen bewerkstelligt. Es wurden nach acht Stunden Luftproben genommen und in diesen die erwähnten Analysen auf die bekannte Art ausgeführt. Folgende Tabelle giebt die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung an diesen drei Versuchstagen:

Serie I: 5. bis 6. Nov.			Ser. II: 16. bis 17. Nov.		Ser. IV: 30. Nov. bis 1. Dec.	
Pe-riode	C g	CO <sub>2</sub> g	C g	CO <sub>2</sub> g	C g	CO <sub>2</sub> g
1.	70.4	258	69.8	256	72.1	265
2.	61.5	226	66.2	243	61.1	224
3.	42.5	156	48.9	180	44.7	164
Sa.:	174.4	640	184.9	679	177.9	653

Mittel 179.1<sup>5</sup> C = 657 CO<sub>2</sub>.

Die Versuche stimmen ziemlich gut überein. Die Abweichungen vom Mittel betragen in Procenten für

Versuch I — 2.62  
 „ II + 3.21  
 „ IV — 0.67.

Da in den Serien I, II und IV der Kohlenstoff sich auf Fett, Kohlehydrate und Alkohol der Nahrung in runden Zahlen in folgendem Verhältnisse vertheilt:

in Serie I wie 100 : 121 : 8  
 in „ II „ 100 : 128 : 8  
 in „ IV „ 100 : 142 : 8

und nehmen wir an, dass im Urin  $N:C = 1:0.90^1$  und im Eiweiss  $N:C = 1:3.28$  ausmacht, so vertheilen sich die Elemente der Ausgaben auf die verschiedenen Nährstoffe folgendermaassen:

Serie und Datum	N g	Kohlenstoff aus				Sa. C g
		Eiweiss g	Fett g	C-Hydr. g	Alkohol g	
I. 5. bis 6. Novbr.	9.0	29.5	66.8	80.8	5.3	182.5
II. 16. bis 17. „	8.16	26.8	70.0	89.6	5.6	192.0
IV. 30. Nov. bis 1. Dec.	4.01	13.2	67.3	95.6	5.4	181.5

Angenommen, dass folgende Calorienmengen geliefert werden von

1 g N = 25.98 Cal.

1 g C in Fett = 12.31 „

1 g C in C-Hydraten = 9.50 „

1 g C in Alkohol = 13.41 „

so erhält man aus der obigen Tabelle folgende Zahlen für den Gesamtstoffwechsel an diesen drei Tagen:

Serie und Datum	Wärmeeinheiten aus				Summa Cal.
	Eiweiss	Fett	C-Hydr.	Alkohol	
I. 5. bis 6. Novbr.	234	822	768	71	1895
II. 16. bis 17. „	212	861	851	75	1999
IV. 30. Nov. bis 1. Dec.	104	828	908	72	1912

Im Mittel betrug also der Gesamtstoffwechsel 1935 Cal. oder 32.3 Cal. (netto) pro Kilogramm Körpergewicht. Wird der Verlust in der Nahrungszufuhr auf 10 Proc. angenommen, so würde also mein nothwendiger Nahrungsbedarf auf 2150 Cal. oder 35.8 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht steigen, eine Zahl, welche mit den gewöhnlichen bekannten Werthen wohl übereinstimmt.

Nun erhielt ich aber in meiner Kost etwa 41 Cal., was auf eine allzu reichliche Nahrungszufuhr deuten würde. Wenn man aber bedenkt, dass ich mich in den Tagen, als der Gesamtstoffwechsel bestimmt wurde, verhältnissmässig in Ruhe hielt, während ich in den übrigen Tagen ziemlich stark beschäftigt war, so wird der vorhandene Ueberschuss thatsächlich geringer. Jedenfalls glaubte ich keinen Grund

<sup>1</sup> Vergl. Scholz, Ref. im *Centralbl. f. Physiol.* Bd. XII. 1899. S. 762.

zu haben, die Calorieenzufuhr unter den bei frei gewählter Kost gefundenen Werth zu senken.

### III. Versuchsergebnisse.

#### 1. Die unterste Grenze des Eiweissbedarfes des erwachsenen Menschen.

Wie aus der Generaltabelle auf S. 115 hervorgeht, fand sich in Serie V noch am letzten Tage N-Gleichgewicht — N-Einnahmen = 4.52, N-Ausgaben = 4.48 (Urin 2.93 und Fäces 1.55) — während in Serie VI alle sieben Tage Stickstoff vom Körper abgegeben wurde. Im Vorhergehenden (s. S. 114) ist schon eine Ursache der ungünstigen N-Bilanz in dieser Serie bezeichnet worden, nämlich die ungleichmässige Vertheilung der Calorieenzufuhr während des Tages. Als hierin eine Aenderung vorgenommen wurde, stellte sich die N-Bilanz wieder günstiger, aber leider war ein Fehler begangen. Hätte ich von Anfang an daran gedacht, wäre sicher die Differenz der N-Einnahmen und N-Ausgaben geringer geworden und möglicher Weise auch in dieser Serie N-Gleichgewicht eingetreten.

Auch der Umstand, dass ich in dieser Serie verhältnissmässig viel Alkohol genoss — etwa 40<sup>g</sup> täglich — kann zu einer stärkeren Eiweissverbrennung im Organismus beigetragen haben. Ausserdem wurde die Nahrung in dieser Serie wahrscheinlich schlechter ausgenützt, weshalb die Calorieenzufuhr (netto) verhältnissmässig geringer war als in den übrigen Serien, was alles zu der ungünstigen N-Bilanz beigetragen haben kann. Dass die hier ausgesprochene Annahme eines möglichen N-Gleichgewichtes bei einer so geringen Menge N in der Nahrung wie 2.43<sup>g</sup> nicht unwahrscheinlich ist, wird durch die unmittelbare Verminderung der N-Ausscheidung bewiesen, sobald der Fehler in der Speisevertheilung am fünften Tage beseitigt wurde. Schon zwei Tage darauf — am letzten Tage — gab ich von meinem Körper nur 0.74<sup>g</sup> Stickstoff ab (N in der Kost = 2.43<sup>g</sup>; N im Urin [1.84<sup>g</sup> und Fäces 1.33<sup>g</sup>] = 3.17<sup>g</sup>). Wäre der Versuch noch einige Tage fortgesetzt worden, hätte sich vielleicht noch N-Gleichgewicht eingestellt. In Folge des starken Widerwillens, den ich gegen die Diät, welche ich diese sieben Tage eingehalten hatte, empfand, und theilweise auch aus äusseren Ursachen sah ich mich genöthigt, den Versuch zu unterbrechen.

Da die N-Ausgaben noch in der letzten Serie herabgedrückt werden konnten, und da ich mich in der nächstvorhergehenden Serie mit

4.52<sup>g</sup> N in der Nahrung in vollem N-Gleichgewicht befand, so ist es, meiner Meinung nach, völlig sicher, dass sich auch eine längere Zeit bei einer Zufuhr von 4.52 N pro Tag ein N-Gleichgewicht erhalten hätte.

Ist damit nun die unterste Grenze des N-Bedarfes erreicht? Aus den angeführten Gründen würde ich hierauf nicht gern eine bejahende Antwort geben, sondern wäre geneigt, die untere Grenze für meinen N-Bedarf noch niedriger zu verlegen, und dürfte sie irgendwo zwischen 4.52 und 3.17<sup>g</sup> (N-Ausgaben am letzten Versuchstage) liegen, wahrscheinlich in der Nähe des letzteren Werthes. Ausserdem ist es noch nicht sicher bewiesen, dass nicht auch dieser Werth möglicher Weise noch unterschritten werden könnte.

Da es mir jedoch factisch nicht gelungen ist darzuthun, dass ich mich mit weniger als 4.52<sup>g</sup> N in der Nahrung im N-Gleichgewicht erhalten konnte, sehe ich mich verpflichtet, diesen sicher gefundenen Werth im Folgenden als untere Grenze für meinen N-Bedarf in diesem Versuche zu betrachten. Berechnet man darnach das Eiweiss wie gewöhnlich, so wären 28.3<sup>g</sup> „Eiweiss“ in der Nahrung genügend, um den Organismus auf seinem Eiweissbestande zu erhalten. Dass ein grosser Theil dieses sog. Eiweisses nicht reines Albumin zu sein braucht, wird weiterhin gezeigt werden (s. S. 124).

Da es von Interesse sein kann, diese von mir gefundene untere Grenze des N-Bedarfes mit früher erhaltenen Werthen zu vergleichen, so habe ich in folgender Tabelle frühere Versuche mit meinem eigenen zusammengestellt.

Autoren	Körpergewicht kg	In der Kost		Pr. Kgr. Körpergew.		Roh-Cal. pro Kilogr. Körpergew.
		Stickstoff g	N × 6.25	N	N × 6.25	
Hirschfeld	73	7.44	46.5	0.10	9.63	47.4
Kumagava	48	8.75	54.7	0.18	1.14	53.8
Klemperer	64	5.28	33.0	0.08	0.52	78.4
„	65.5	5.28	33.0	0.08	0.50	76.6
Peschel	74.5 <sup>1</sup>	5.88	36.8 <sup>2</sup>	0.08	0.49	46.0
Sivén	58.9	4.52	28.3	0.08	0.48	41.4

<sup>1</sup> Peschel wog 79.5<sup>kg</sup> mit Kleidern. Ich habe als Gewicht derselben 5<sup>kg</sup> angenommen und also sein Körpergewicht ohne Kleider auf 74<sup>kg</sup> geschätzt.

<sup>2</sup> Peschel giebt die untere Grenze seines Eiweissbedarfes auf etwa 33<sup>g</sup> (= reines Eiweiss) an. Da in den übrigen Versuchen und auch in meinem eigenen die Gesamtmenge an N in der Kost der Berechnung zu Grunde gelegt ist, so habe ich der Gleichförmigkeit wegen zu Peschel's Werthe die Menge nicht eiweissartiger Substanz hinzuaddirt, welche sich am letzten Versuchstage in seiner Kost fand und so 36.8<sup>g</sup> „Eiweiss“ in seiner Kost erhalten.



Was aus diesem Vergleiche hervorgeht, ist der beachtenswerthe Umstand, dass in meinem Versuche so ziemlich das niedrigste bislang bekannte N-Gleichgewicht erreicht wurde, ohne dass die N-freien Nahrungsstoffe stärker vermehrt wurden, als zur Füllung des normalen Bedarfes erforderlich war. Indess ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Organismus zur Erhaltung des N-Gleichgewichtes bei sehr geringer N-Zufuhr einen etwas grösseren Calorienbedarf als normal hat.

Wie aus der Tab. S. 128 hervorgeht, fand eine ziemlich bedeutende Abnahme des Körpergewichtes in den beiden letzten Versuchsserien statt, was anzudeuten scheint, dass die Energiezufuhr von 41 Cal. pro Kilogramm Körpergewicht hier etwas zu gering war.

Als ein bemerkenswerthes Factum steht jedenfalls fest, dass sich der Körper, trotz der Gewichtsabnahme, mit der geringen N-Menge in der Kost in N-Gleichgewicht stellen konnte.

Kumagava und Peschel haben versucht anzugeben, in welcher Menge reines Eiweiss in ihren Versuchen vorkam. Kumagava berechnet 10 Proc. Abzug für nicht eiweissartige N-Substanzen und erhält also etwa 50.5 g reines Eiweiss in der Kost; Peschel zieht von der N-Menge der Kost am letzten Tage (5.88 g) 0.86 g als nicht eiweissartigen Stickstoff ab und giebt als reines Eiweiss in der Kost 31.4 g an.<sup>1</sup>

Die Wichtigkeit einer solchen Berechnung liegt klar zu Tage, und versuchte ich daher, die reine Eiweissmenge in den beiden letzten Versuchsserien zu bestimmen.<sup>2</sup>

In Kartoffeln und Aepfeln wurde der reine Eiweissstoff nach Stutzer durch Fällung des Albumins mit Kupferoxydhydrat<sup>2</sup> bestimmt. Zwei Analysen des Kartoffelpurées gaben 0.18 bzw. 0.17 Procent Eiweissstoff. Der Gesamtstickstoff in den Kartoffeln betrug 0.41 Proc., woraus also folgt, dass nur etwa 44 Proc. des Stickstoffes der Kartoffel reiner Albuminstickstoff war, eine Zahl, die ziemlich gut mit früher gefundenen Werthen übereinstimmt.

Zwei Aepfelanalysen gaben 0.10 und 0.8 Proc. reinen Albuminstickstoff. Da die gesammte N-Menge der Aepfel 0.17 Proc. ausmachte, so betrug der reine Eiweissstickstoff derselben nur etwa 53 Proc. des Gesamtstickstoffes.

Nehmen wir an, dass die N-haltige Substanz in der Butter und Sahne ganz und gar aus Eiweiss besteht und im Wein, Kaffee und

<sup>1</sup> So weit ich sehen kann, stützen Peschel wie auch Kumagava die Berechnung auf angenommene Procentwerthe und haben sie selbst keine directen Analysen des reinen Albumin-N gemacht.

<sup>2</sup> Vergl. König, *Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel*. Bd. II. 1893. S. 15.

Thee aus nicht albuminartigen Verbindungen, und dass sich im Bier 30 Proc. Albumin-N findet,<sup>1</sup> so vertheilt sich der Stickstoff in der Nahrung für die beiden letzten Serien auf folgende Weise:

## Serie V.

Nahrungsmittel	Albumin-N	Nicht Albu- min-N	Reines Albumin
g	g	g	g
500 Kaffee	—	0.40	—
400 Thee	—	0.20	—
330 Bier	0.14	0.32	0.9
45 Sahne	0.21	—	1.3
600 Kartoffeln	1.08	1.38	6.8
120 Butter	0.28	—	1.7
300 Aepfel	0.27	0.24	1.7
Summa:	1.98	2.54	12.4

Serie VI.<sup>2</sup>

Nahrungsmittel	Albumin-N	Nicht Albumin-N	Reines Albumin
g	g	g	g
700 Aepfel	0.63	0.56	3.9
400 Wein	—	0.28	—
200 Kartoffeln	0.36	0.46	2.3
60 Butter	0.14	—	0.9
Summa:	1.13	1.30	7.1

Mit nur 12.4<sup>g</sup> reinen Albumins in Serie V erhielt sich der Organismus also in völligem N-Gleichgewicht. In Serie VI, wo die Kost nur 7.1<sup>g</sup> reines Albumin enthielt, wurde im Mittel pro Tag 1.07<sup>g</sup> N vom Körper abgegeben (N-Einnahmen = 2.43<sup>g</sup>, N-Ausgaben im Mittel für alle sieben Tage = 3.5<sup>g</sup>, Differenz = 1.07<sup>g</sup>), was 6.7<sup>g</sup> Eiweiss entspricht. Fügt man diese Eiweissmenge zum reinen Eiweiss in der Nahrung, so erhält man 13.8<sup>g</sup> (6.7 + 7.01) als Ausdruck des reinen Eiweissbedarfes in dieser Serie, welche Zahl ziemlich nahe mit dem entsprechenden Werthe in Serie V übereinstimmt.

Auf Grund dieser Uebereinstimmung in diesen beiden Serien wäre

<sup>1</sup> Vergl. König, Theil I. 1889. S. 803.

<sup>2</sup> Den ersten Tag nicht mitgerechnet.

man versucht, zu behaupten, dass damit die untere Grenze des wirklichen Eiweissbedarfes des menschlichen Organismus erreicht sei; aber da die Versuchsanordnung in der letzten Serie nicht ganz fehlerfrei war, scheint mir dieser Schluss doch noch nicht ganz sicher bewiesen. Unzweideutig geht jedoch aus diesem Versuche die Thatsache hervor, dass sich der menschliche Organismus mit nur etwa 12 bis 13<sup>g</sup> reinen Eiweisses in der Nahrung (und dieses zum überwiegenden Theile — etwa 77 Proc. — aus vegetabilischen Nahrungsmitteln) oder mit nur 0.2<sup>g</sup> reinen Eiweisses pro Kilogramm Körpergewicht wenigstens eine kürzere Zeit lang im N-Gleichgewicht halten kann.

Ob und auf welche Weise die nicht albuminartigen N-Verbindungen (= 2.54<sup>g</sup> in Serie V) zu dieser günstigen N-Bilanz beigetragen haben, ist schwer zu entscheiden. Doch werde ich weiterhin näher auf ihr Verhalten im Organismus und die Rolle, welche sie möglicher Weise für diesen spielen, zurückkommen.

In der Einleitung wurde schon hervorgehoben, dass die Münchener Schule an einem verhältnissmässig hohen Werthe für das physiologische Eiweissminimum festhält und die Ansicht vertritt, dass dasselbe sicher höher ist als das sogenannte Hungerminimum (E. Voit und Korkunoff).<sup>1</sup> Die Ursache dieser Anschauungsweise liegt, wie Hirschfeld,<sup>2</sup> Munk<sup>3</sup> u. A. schon hervorgehoben, theils in der bei den meisten experimentellen Untersuchungen getroffenen Anordnung der Versuche, theils in der Berechnungsart.

Um einen völlig sicheren Vergleich zwischen der Eiweissverbrennung bei vollständigem Hungern und dem kleinsten Eiweissbedarf für den menschlichen Organismus zu erhalten, war es Anfangs meine Absicht, nachdem die untere Grenze des Eiweissbedarfes erreicht wäre, unmittelbar meinen Eiweissumsatz während einiger Hungertage zu untersuchen. Da es sich jedoch zeigte, dass mein minimaler Eiweissbedarf niedriger war als alle bislang bekannten Hungerminima,<sup>4</sup> so sah ich mich der Nothwendigkeit überhoben, durch einen derartigen anstrengenden Versuch die Thatsache, dass der Eiweissumsatz während des Hungerns der Beurtheilung des Eiweissbedarfes nicht zu Grunde gelegt werden kann, des Weiteren zu stützen.

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXXII. 1895. S. 103, und Bd. XXXIII. S. 333.

<sup>2</sup> *Pflüger's Archiv.* Bd. XLIV. S. 423.

<sup>3</sup> *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1896. S. 183.

<sup>4</sup> Zu diesen niedrigsten Hungerminima rechne ich nicht solche, die bei kranken Personen beobachtet wurden (vergl. Klemperer, *Zeitschr. für klin. Med.* Bd. XVI).

Die niedrigsten Werthe für die N-Ausscheidung beim Hungern betragen für

Cetti	am 8. bis 10. Tage	$9.73^g = 0.19^g$ pro Kilo <sup>1</sup>
Breithaupt	„ 6. „	$9.99^g = 0.18^g$ „ „ <sup>2</sup>
Succi	„ 21. bis 25. „	$4.88^g = 0.09^g$ „ „ <sup>3</sup>
J. A.	„ 5. „	$11.47^g = 0.18^g$ „ „ <sup>4</sup>

Berechne ich meinen minimalen Eiweissbedarf aus der N-Menge der Kost in Serie V, so nähert sich Succi's Hungerminimum,  $0.09^g$  pro Kilogramm Körpergewicht, meinem Werthe  $0.08^g$ . Legt man nur das reine Eiweiss,  $12.4^g$ , der Berechnung zu Grunde, so erhält man nur  $0.03^g$  N pro Kilogramm Körpergewicht in meinem Versuche.

Dass der wirkliche Eiweissumsatz in meinem Versuche sicherlich bedeutend geringer ist als in dem Hungerversuche Succi's, geht aus Folgendem hervor.

Da Succi's niedrigste N-Ausscheidung auf den 21. bis 25. Hungertag fällt, so lässt sich wohl mit Sicherheit behaupten, dass aller Stickstoff, der an diesen Tagen ausgeschieden wurde, ausschliesslich von Eiweiss her stammt, weshalb also Succi's Eiweissumsatz, pro Kilogramm Körpergewicht berechnet,  $0.56^g$  Eiweiss beträgt. Am letzten Tage der V. Serie betrug mein Eiweissumsatz pro Kilogramm Körpergewicht  $0.48^g$ , wenn er ebenso wie bei Succi aus den N-Ausgaben (Urin  $2.93$  und Fäces  $1.55$ ) berechnet wird. Nun stammt aber in meinem Versuche nicht aller ausgeschiedener N vom Eiweiss her, so dass mein wirklicher Eiweissumsatz sicher noch weniger als  $0.48^g$  betragen muss. Zieht man ferner in Betracht, dass die Verdauungsarbeit an und für sich einen grösseren Eiweissbedarf bedingt, was schon daraus hervorgeht, dass die N-Ausscheidung mit den Fäces bei Succi nur  $0.20$ , bei mir dagegen  $1.55^g$  betrug, so ist ohne Weiteres einzusehen, dass die untere Grenze des Eiweissbedarfes in meinem Versuche bedeutend unter Succi's Hungerminimum liegt, welches bisher das niedrigste war, welches bekannt geworden ist.

Auch meine Versuche zeigen also, dass der Lehrsatz Voit's, „es giebt auch für die Zufuhr von Eiweiss mit Kohlehydraten eine untere Grenze, unter welche man nicht gehen darf, ohne dass der Körper

<sup>1</sup> Lehmann, Müller, J. Munk, Senator und Zuntz, Virchow's *Archiv.* Supplementbd. zum CXXXI. Bd.

<sup>2</sup> Ebendasselbst.

<sup>3</sup> Cit. n. v. Noorden, *Lehrbuch d. Path. des Stoffwechsels.* 1893. S. 153.

<sup>4</sup> Johansson, Landergren, Sondén, Tigerstedt, *Dieses Archiv.* 1897. S. 29.

Eiweiss verliert, und welche immer höher steht als die Eiweisszer-  
setzung beim Hunger“,<sup>1</sup> nicht mit der Erfahrung übereinstimmt.

Als Schlussresultat meines Versuches geht hervor, dass  
der erwachsene menschliche Organismus wenigstens eine  
kürzere Zeit hindurch sich ohne Vermehrung der Calorieen-  
zufuhr in der Nahrung über die Norm hinaus im N-Gleich-  
gewicht halten kann mit einer N-Zufuhr von nur 4.52<sup>g</sup>  
( $4.52 \times 6.25 = 28.3$ ), wovon nur etwa 2<sup>g</sup> reinen Albumin-N  
(= 12.5<sup>g</sup> Eiweiss) bilden. Pro Kilogramm Körpergewicht  
berechnet, sinkt die untere Grenze des N-Bedarfes auf 0.08<sup>g</sup>,  
wovon nur 0.03<sup>g</sup> (= 0.2<sup>g</sup> Eiweiss) reiner Albumin-N zu sein  
braucht.

2. Verliert der Organismus, wenn er sich in niedriges N-  
Gleichgewicht stellt, etwas von seinem eigenen Eiweiss?

C. Voit hat hervorgehoben, dass der Eiweissbedarf in der Nah-  
rung indirect wenigstens von dem eigenen Eiweissbestande des Orga-  
nismus abhängt, so dass ein „muskelkräftiger“ Körper eine grössere,  
ein „muskelarmer“ eine geringere Menge Eiweiss in der Nahrung er-  
fordert. Ferner hat er behauptet, dass die Ursache dessen, dass ein  
muskelkräftiger Organismus eine kürzere Zeit hindurch auch mit einer  
geringeren Eiweissmenge in der Nahrung auskommen könne, darin  
läge, dass er erst seinen eigenen Eiweissbestand vermindere, so dass er  
eiweissärmer würde und somit einen geringeren Eiweissbedarf habe.  
Wenn ich also Voit recht verstehe, würde ein niedriges N-Gleich-  
gewicht dadurch zu Stande gebracht, dass der Organismus, bevor das  
Gleichgewicht eintritt, seinen eigenen Eiweissbestand, seine eigene lebende  
Substanz<sup>2</sup> in einem gewissen Grade vermindert.

In letzterer Zeit scheint Voit<sup>3</sup> seine Ansichten hierin etwas modi-  
ficirt zu haben. Da er sie jedoch nicht ganz deutlich präcisirt, glaubte  
ich diese Frage und speciell die Anschauungsweise Voit's einer näheren  
Betrachtung unterziehen zu müssen, obgleich ich nicht ganz sicher  
war, unseren ersten Vertreter auf dem Gebiete der Nahrungsphysio-  
logie recht verstanden zu haben.

<sup>1</sup> Cit. n. J. Munk, *Arch. f. Anat. und Physiol.* 1896. S. 183.

<sup>2</sup> Vergl. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XII. S. 25. — C. v. Voit, *Physiologie des  
allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung.* Hermann's *Handbuch*, Bd. VI.  
Th. 1. S. 113.

<sup>3</sup> Vergl. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXV. S. 283.

Schon Hirschfeld<sup>1</sup> ist gegen diese Anschauung bestimmt eingetreten.

Auch meine Versuche beweisen zur Genüge, dass der Organismus nichts von seinem eigenen Eiweiss zu verlieren braucht, wenn er sich in niedriges N-Gleichgewicht stellt, und zwar, obgleich die N-freien Nahrungsstoffe nicht stärker vermehrt wurden, als zur Füllung des normalen Calorienbedarfes nöthig war.

Wenn wir mit Voit annehmen, dass jedes Plus der N-Bilanz gleichzusetzen ist einer Vermehrung des Eiweissbestandes im Organismus, und jedes Minus einer Verminderung desselben, so kann natürlich auf Grund der Bilanz zwischen den N-Ausgaben und -Einnahmen während einer gewissen Zeit die Frage entschieden werden.

In folgender Tabelle habe ich die Gesamtbilanz des Stickstoffes während der ganzen Versuchsperiode zusammengestellt.

Serie	Anzahl d. Versuchstage	Kilogr. Körpergew. in der Serie		Stickstoff in				N-Bilanz
		Beginn	Ende	Urin	Fäces	Urin u. Fäces	Kost	
I.	7	60.8	60.8	66.05	13.05	79.10	88.83	+ 9.73
II.	9	60.8 <sup>2</sup>	59.8	67.79	19.59	87.38	93.42	+ 6.04
III.	6	56.8	59.6	36.80	11.07	47.87	50.26	+ 4.39
IV.	6	59.6	59.7	27.70	10.44	38.14	37.56	- 0.58
V.	4	59.7	58.9	13.59	6.20	19.79	18.08	- 1.71
VI.	7	58.9	58.0	15.07	9.49	24.56	17.29	- 7.27
Sa.	39	—	—	227.00	69.84	296.84	307.44	+ 10.60
Im Mittel pro Tag:				5.82	1.79	7.61	7.88	+ 0.27

Wie aus der Tabelle hervorgeht, betrug die N-Ersparnis in den Serien I, II und III 9.73, 6.04 und 4.39 g, obgleich die N-Einnahmen pro Tag für die verschiedenen Serien nicht höher waren als 12.69, 10.35 und 8.71 g N. In der Serie IV findet sich ein Verlust von 0.58 g N. Derselbe beruht darauf, dass die N-Menge im Harn am ersten Tage ungewöhnlich hoch war, da gerade an diesem Tage — wie oben hervorgehoben — eine plötzliche Steigerung des Harn-N stattfand. Schon am dritten Tage trat N-Gleichgewicht ein. Wäre der Versuch noch einen oder einige Tage fortgesetzt worden, so wäre sicher die Gesamt-N-Bilanz für die Serie auch jetzt positiv gewesen, da in

<sup>1</sup> Pflüger's *Archiv*. Bd. XLIV. S. 454.

<sup>2</sup> Am ersten Tage dieser Serie war das Körpergewicht 60.8 kg, am vierten Tage 60.1; an drei Tagen also ein Gewichtsverlust von 0.7 kg, was der unpassenden Kost (Chocolade) an diesen Tagen zuzuschreiben ist (s. näher S. 113).

den letzten drei Tagen des Versuches etwa  $0.5 \text{ g N}$  pro Tag angesetzt wurden (s. die Tabelle S. 116).

Dass in der V. Serie ein so starkes Minus ( $1.71 \text{ g N}$ ) für die ganze Serie vorliegt, ist erklärlich, da die Serie unmittelbar nach Eintritt des N-Gleichgewichtes unterbrochen wurde. Wäre die Serie verlängert worden, so wäre das Minus der N-Bilanz wahrscheinlich geringer und die N-Bilanz vielleicht sogar positiv geworden.

In der VI. Serie, wo gar kein N-Gleichgewicht eintrat, ist natürlich der N-Verlust am grössten.

Gleichwohl sind die N-Verluste an den ersten Tagen der Serien IV und V und in der ganzen letzten Versuchsreihe so gering, dass die Gesamtbilanz für alle 39 Tage des Versuches günstig wird.

In der ganzen Versuchszeit erhielt ich in der Nahrung  $307.44 \text{ g N}$ , welchen  $296.84 \text{ g N}$  in Harn und Fäces gegenüberstehen. Also eine Ersparniss von  $10.60 \text{ g N} = 66.25 \text{ g „Eiweiss“}$  für alle 39 Tage, oder pro Tag  $1.7 \text{ g}$ .

Die Ursache dieser günstigen N-Bilanz ist möglicher Weise in dem Umstande zu suchen, dass die N-Menge in der Nahrung nicht plötzlich, sondern nur allmählich herabgesetzt wurde, und dass der Versuch verhältnissmässig lange dauerte.

Dass man aber auch bei einer plötzlichen und starken Verminderung der N-Menge in der Nahrung recht bald (am vierten bis fünften Tage) in N-Gleichgewicht kommen kann, zeigt der Versuch Hirschfeld's. Aber dieser wie auch die übrigen ähnlichen Versuche legen nicht mit völliger Sicherheit dar, dass der Organismus nicht doch während des Versuches von seinem eigenen Eiweiss verloren hat.

Dagegen geht, wie oben gezeigt, aus meinem Versuche hervor, dass der menschliche Organismus, wenn er sich in niedriges N-Gleichgewicht stellt, durchaus nichts von seinem eigenen Eiweiss — weder dem „circulirenden“, noch weniger von dem „Organeiweiss“ — zu verlieren braucht, wenn der Calorienbedarf die Norm nicht untersteigt; und dass also der Eiweissbedarf in der Kost nicht als abhängig vom eigenen Eiweissbestande des Organismus zu betrachten ist.

Die obige Tabelle zeigt jedoch, dass sich das Körpergewicht in diesen 39 Tagen um  $2.8 \text{ kg}$  verminderte. In der I., III. und IV. Serie war dasselbe relativ constant, so dass die Gewichts-differenzen in diesen Serien  $\pm 0$  bzw.  $-0.2$ ,  $+0.1 \text{ kg}$  betragen, und es wäre dieses wohl auch in Serie II der Fall gewesen, hätte sich nicht Verf. in Folge der an den drei ersten Tagen verzehrten Chocolate unwohl gefühlt,

so dass er in diesen Tagen um 0.7<sup>kg</sup> an Gewicht abnahm. Für die sechs übrigen Tage dieser Serie betrug der Gewichtsverlust nur 0.3<sup>kg</sup>.

Abgesehen von Serie II fand die hauptsächlichste Gewichtsabnahme in Serie V und VI statt. In diesen Serien ist der Gewichtsverlust des Körpers 0.8 bzw. 0.9<sup>kg</sup>.

Da die Kost in diesen beiden Serien zum grösseren Theile aus schlechter resorbirbaren Nahrungsmitteln (Kartoffeln, Aepfel) bestand, als in den vorhergehenden, und da auch der Appetit in Folge der geschmacklosen Kost bedeutend darniederlag, so könnte man behaupten, dass die Nahrung in diesen Serien schlechter ausgenutzt wurde als vorher, und dass also die Netto-Calorieenzufuhr geringer wurde, weshalb der Organismus vielleicht schon aus diesem Grunde gezwungen war, seinen nöthigen Calorienbedarf aus seinen eigenen früheren Ersparnissen zu decken. Da die Brutto-Calorieenzufuhr in diesen Serien etwa 41 Cal. pro Kilogramm betrug und der wirkliche Netto-Calorienbedarf bei relativer Ruhe wenigstens 32 bis 33 Calorien ausmachte — thatsächlich bei der Laboratoriumsarbeit sicher mehr (siehe S. 120) — so müsste ein Verlust der Kraftzufuhr höchstens von etwa 17 Proc. stattgefunden haben, wenn die eben angeführte Annahme zutreffen soll. In gewöhnlichen Fällen bei gemischter Kost berechnet man bekanntlich nur einen Verlust von 8 bis 10 Proc. der Calorieenzufuhr; ganz unmöglich ist es immerhin nicht, dass in diesen beiden letzten Serien der Verlust der Energiezufuhr grösser war als gewöhnlich.

Gegen eine schlechtere Resorption der Nahrung in den letzten Serien spricht in gewissem Grade gleichwohl der Umstand, dass die Trockensubstanz der Fäces in diesen Serien nicht grösser, sondern eher geringer ist, als in den vorhergehenden. Dieselbe betrug im Mittel pro Tag in Serie I 42.6<sup>g</sup>, in Serie II 44.8<sup>g</sup>, in Serie III 36.1<sup>g</sup>, in Serie IV 33.3<sup>g</sup>, in Serie V 29.0<sup>g</sup> und in Serie VI 33.7<sup>g</sup>. Da jedoch das Trocknen der Fäces nicht mit solcher Genauigkeit ausgeführt wurde, dass sichere quantitative Werthe für die Trockensubstanz erhalten werden konnten, und da die Fäces nicht völlig analysirt wurden, so lässt sich die Resorption der Nahrung natürlich nicht mit Sicherheit abschätzen.

Trotzdem dass der Körper in den fünf ersten Serien, wo N-Gleichgewicht entstanden war, an Gewicht 1.9<sup>kg</sup> abnahm, welcher Verlust offenbar theils auf Veränderungen in der Wassermenge des Organismus, theils auf einem wirklichen Fettverluste beruht, hat er gleichwohl sicher nichts von seinem Eiweiss verloren.



3. Ueber das Verhalten der nicht eiweissartigen Stickstoffkörper der Nahrung im Organismus.

Die Frage über die Bedeutung der nicht eiweissartigen N-Verbindungen, vor Allem des Asparagins als Nahrungsstoff, hat mehrere interessante experimentelle Untersuchungen veranlasst. Für die pflanzenfressenden Thiere haben Weiske und seine Schüler dargethan, dass „das Asparagin für die thierische Ernährung eine bestimmte Bedeutung hat und ebenso wie z. B. der Leim ein Nahrungsstoff ist, der eiweiss sparend zu wirken und dadurch bei eiweissarmer Fütterung Eiweissansatz herbeizuführen vermag.“<sup>1</sup>

Ungefähr zu demselben Resultate war auch Bahlmann<sup>2</sup> gekommen, der unter der Leitung von Zuntz arbeitete.

Auch C. Voit<sup>3</sup> will dem Asparagin nicht alle eiweiss sparende Kraft absprechen, obgleich er auf Grund der Versuche Politis',<sup>4</sup> Mauthner's<sup>5</sup> und Anderer der Ansicht ist, dass sie sich bei Weitem nicht mit der des Leims vergleichen lässt.

Dagegen behauptet J. Munk<sup>6</sup> auf Grund von Experimenten, auf die ich noch zurückkommen werde, dass das Asparagin wenigstens für Fleischfresser (Hunde) und „wohl auch für den Menschen nicht als Nährstoff anzusehen ist, der im Stande wäre, analog dem Leim, einen Theil des Nahrungseiweisses zu ersetzen oder Körpereiwiss zu ersparen“.

Die Frage über die Bedeutung gewisser Amidverbindungen, speciell des Asparagins, als Nährstoffe steht in nahem Zusammenhange mit der Frage, ob eine Eiweiss synthese aus einfacheren Stickstoffverbindungen als den Peptonen im Thierorganismus möglich ist (vgl. Voit).<sup>7</sup>

Nachdem durch die Untersuchungen Pfeffer's und C. Schulze's<sup>8</sup> festgestellt ist, dass das Asparagin bei der Eiweissbildung der Pflanzen

<sup>1</sup> Cit. nach Bahlmann, Ueber die Bedeutung der Amidsubstanzen für thierische Ernährung. *Diss.* 1885. S. 20.

<sup>2</sup> l. c. S. 42 und 52.

<sup>3</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXIX. 1892. S. 126.

<sup>4</sup> Ebendas. Bd. XXVIII. 1891. S. 492.

<sup>5</sup> Ebendas. Bd. XXVIII. S. 507.

<sup>6</sup> *Virchow's Archiv.* Bd. XCIV. 1883. S. 453.

<sup>7</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXIX. 1892. S. 125.

<sup>8</sup> Cit. nach Munk, *Virchow's Archiv.* Bd. XCIV. 1883. S. 446. Vgl. auch Jacobi, Die Resultate der neuesten Forschungen über die Art und die Bedingungen der Eiweissbildung in den grünen Pflanzen. *Biol. Centralbl.* Bd. XVIII. 1893. S. 593.

eine Rolle spielt, indem dieselben in kohlensäurefreier Luft reichlich Asparagin produciren, in kohlensäurehaltiger aber allmählich ihr Asparagin einbüßen, indem dieses unter Vereinigung mit einem N-freien, aber C-haltigen Stoff — vermuthlich einem Kohlehydrate — zu Eiweiss regenerirt wird, so könnte man sich fragen, ob demselben nicht auch im Thierorganismus eine derartige Rolle zuzuschreiben wäre.

Die Tragweite der Frage für unsere ganze Anschauungsweise schon innerhalb der Nahrungsphysiologie erfordert eine Prüfung derselben mit der grössten Aufmerksamkeit.

Die Thierversuche, welche bisher ausgeführt wurden, um die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Eiweissynthese im Thierkörper zu beweisen, sind nicht als befriedigend anzusehen, da sich in der Mehrzahl der Fälle die Untersuchungen darauf beschränkten, festzustellen, ob sich die Versuchsthiere mit gewissen, als Eiweissbildner betrachteten Stoffen (Leim und Tyrosin, Asparagin) am Leben oder bei unverändertem Körpergewicht erhalten konnten (Escher, Rudzki, Kemmerich, Oertmann, Lehmann, Politis, Gabriel u. A.). Hier noch mehr als in anderen Stoffwechselversuchen sind genaue Analysen der Nahrung, der Ausgaben des Organismus u. s. w. von Nöthen.

Zwei sorgfältigere Untersuchungen über die Bedeutung des Asparagins in dieser Hinsicht haben wir in den oben angeführten Arbeiten von J. Munk und Mauthner.

Munk fütterte einen 35<sup>kg</sup> schweren Hund 17 Tage hindurch mit 700<sup>g</sup> Fleisch und 120<sup>g</sup> Kohlehydraten (Stärke und Rohrzucker). Vom 9. bis 11. Tage erhielt er ausserdem im Ganzen 85<sup>g</sup> Asparagin (mit 15.87<sup>g</sup> N). Die Stickstoff- und Schwefelmengen im Urin stiegen unmittelbar und blieben auch vier Tage nach der Asparaginfütterung verhältnissmässig hoch, was, wie Munk sagt, „unzweifelhaft für Steigerung des Eiweisszerfalles spricht“, weshalb er dem Asparagin, für die fleischfressenden Thiere wenigstens, jede Bedeutung als Nahrungstoff abspricht.

Prüft man jedoch diesen Versuch etwas näher, so findet man, dass der Unterschied der N-Bilanz zwischen den Tagen, wo kein Asparagin verzehrt wurde (die acht ersten und sechs letzten), und den drei Asparagintagen nicht sehr bedeutend ist; die N-(und S-)Bilanz für die drei verschiedenen Perioden stellt sich nämlich, nach dem Mittel pro Tag<sup>1</sup> berechnet, folgendermassen:

<sup>1</sup> Munk selbst berechnet die Bilanzen in seinem Versuche auf eine andere Art (vgl. l. c. S. 447).

	N in d. Nahr.	N im Harn	S im Harn	N-Bilanz
I. ohne Asparagin (8 Tage)	23.8	26.17	1.333	-2.37
II. mit „ (3 „ )	29.09	31.31	1.378	-2.52
III. ohne „ (6 „ )	23.8	27.44	1.434	-3.64

Zwischen der I. und II. Periode findet sich also, wie man sieht, keine bedeutende Differenz der N-Bilanz, dagegen ist das N-Deficit und die Schwefelmenge in den Tagen gleich nach der Asparaginfüllung unverkennbar grösser, was Munk einer durch das Asparagin verursachten Diurese zuschreibt.

Munk hat aber die N-Menge in der Nahrung nur approximativ berechnet und es unterlassen, sie zu analysiren, weshalb man nicht sicher ist, dass die N-Einnahmen vollkommen richtig sind. Auch sind keine Fäcesanalysen ausgeführt worden.

Mauthner's gleichzeitige, in Voit's Laboratorium gemachten Versuche, in denen, so weit man sehen kann, alle Vorsichtsmaassregeln beobachtet sind, geben auch etwas andere Resultate als die Munk'schen.

Die Versuche wurden an zwei Hunden, jeder im Gewicht von 20 kg, vorgenommen und umfassten 11 Tage. Drei Tage lang, und zwar am 8. bis 10. bzw. 6. bis 8. Tage wurden 20 g Asparagin pro Tag gegeben. Der erste Hund erhielt 500 g Fleisch und 50 g Speck, der andere Kuchen, welche aus 220 g Stärkemehl mit Fett und Wasser gebacken waren, und ausserdem an den Asparagintagen 0.4 g Kalisulfat, damit „zu einer allenfallsigen Synthese von Eiweiss aus Asparagin und Kohlehydraten auch der Schwefel nicht fehle“.

Die Einnahmen und Ausgaben stellten sich im Mittel pro Tag folgendermaassen:

Hund I.				
	N in der Nahrung	N in Harn u. Fäces	S in Harn	N-Bilanz
Ohne Asparagin	16.63	18.52	1.031	-1.89
Mit „	20.36	21.39	0.977	-1.03

Hund II.				
	N in der Nahrung	N in Harn u. Fäces	S in Harn	N-Bilanz
Ohne Asparagin	0.27	3.55	0.155	-3.28
Mit „	4.00	6.96	0.219 <sup>1</sup>	-2.96

Hieraus scheint hervorzugehen, sagt Mauthner, „dass das Asparagin eine geringe Verminderung des Eiweisszerfalles hervorgebracht oder die noch stattfindende geringe Stickstoffabgabe vom Körper

<sup>1</sup> 0.219 nach Abzug der Schwefelmenge des Kalisulfates.

kleiner gemacht hat“.<sup>1</sup> Gleichwohl sieht Mauthner seine Versuche nicht als sicher beweisend an.

Nach Mauthner könnte man sich die Wirkung der eiweissparenden Kraft des Asparagins auf zwei Arten denken. „Es könnte das Asparagin wie die stickstofffreien Stoffe, die Fette und die Kohlehydrate, die Eiweisszersetzung vermindern; — — — oder es könnte eine Synthese von Eiweiss aus dem Asparagin und den Kohlehydraten stattfinden.“<sup>2</sup> Die erste Annahme scheint Mauthner wegen des niedrigen Verbrennungswerthes des Asparagins recht räthselhaft, die letztere völlig unmöglich. „Dieselbe (Eiweissynthese) findet thatsächlich nicht statt, denn das zugeführte Asparagin wird vollständig als Harnstoff im Harn wieder entfernt.“

In Betreff der Versuche Munk's sowohl als auch Mauthner's lassen sich gewisse Zweifel über die Zweckmässigkeit der Anordnung nicht unterdrücken. Keiner ihrer drei Hunde erhielt völlig ausreichende Nahrung, und kein einziger von ihnen befand sich in N-Gleichgewicht. Vermehrt man unter solchen Verhältnissen die N-Menge in der Kost, so muss dieses natürlich auf die N-Bilanz einwirken (und zwar wahrscheinlich in günstiger Richtung). Am richtigsten wäre wohl, den Eiweissstickstoff in der Nahrung durch eine gleiche Quantität Asparaginstickstoff zu ersetzen, am besten bei einer ausreichenden und bestimmten Calorieenzufuhr, während sicher N-Gleichgewicht besteht. Eine derartige Versuchsanordnung würde wahrscheinlich einen sicheren Ausschlag geben, wenigstens wäre es leichter, die Resultate zu beurtheilen. Wie Munk's und Mauthner's Versuche jetzt sind, scheinen sie mir recht schwer zu deuten.

Im Allgemeinen wird bekanntlich angenommen, dass die N-haltigen Nichteiweisssubstanzen als leicht lösliche Verbindungen schnell und fast vollständig im Darne resorbirt und ebenso schnell aus dem Organismus ausgeschieden werden.<sup>3</sup> Durch Knieriem's<sup>4</sup> Untersuchungen weiss man, dass das Asparagin (und die Asparaginsäure) beim Hunde in Harnstoff umgewandelt und als solcher mit dem Harn ausgeschieden werden; und nach Neumeister<sup>5</sup> wurden die meisten organischen N-Verbindungen im Organismus der Säugethiere zu CO<sub>2</sub> und kohlensaurem Ammoniak verbrannt, von denen das letztere darauf durch Wasserabspaltung in Harnstoff überging.

<sup>1</sup> l. c. S. 510.

<sup>2</sup> l. c. S. 516.

<sup>3</sup> Vgl. Kumagava, l. c. S. 416.

<sup>4</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. X. 1874. S. 284.

<sup>5</sup> *Lehrbuch der physiol. Chemie.* 1897. S. 662.

Im Harn sind also das Asparagin und andere N-Verbindungen im Allgemeinen nicht direct nachweisbar. Jedoch kann man bekanntlich durch Bestimmung der Schwefelmenge im Harn eine ziemlich gute Vorstellung darüber erhalten, in welchem Maasse der Stickstoff im Harn von umgesetztem Eiweiss her stammt, und in welchem Maasse von nicht eiweissartigen N-Verbindungen. Als ich z. B. in der V. Serie am letzten Tage  $2.93^g$  N mit dem Harn ausschied und mit der Nahrung nur  $1.98^g$  reinen Albuminstickstoff aufnahm, während  $2.54^g$  N sich als Bestandtheil des Asparagins und anderer N-Verbindungen vorfand, und der Körper sich bei dieser N-Zufuhr im N-Gleichgewicht erhielt, wäre man a priori geneigt, anzunehmen, dass wenigstens ein Theil des Harnstickstoffes direct aus den Amidverbindungen in der Nahrung her stammen müsste.

Um eine sichere Auffassung zu erhalten, bestimmte ich den Schwefelgehalt im Harn für die letzten Tage von Serie V und für die ganze Serie VI.

In einer Harnprobe wurde die Menge des oxydirten Schwefels ( $\alpha$ ) bestimmt, in einer anderen der Gesamtschwefel ( $\alpha + \beta$ ) als schwefelsaures Baryum. Die erste Probe wurde im Wasserbade mit Chlorwasserstoffsäure digerirt und mit  $BaCl_2$  gefällt. Nach 24 Stunden wurde der Niederschlag abfiltrirt, sorgfältig gewaschen und im Uebrigen auf bekannte Weise behandelt. Die zweite Probe wurde mit Soda und Salpeter versetzt, bis zur Trockenheit eingedampft und vorsichtig geschmolzen. Die weisse, geschmolzene Masse wurde in Wasser gelöst, mit Chlorwasserstoffsäure im Ueberschuss versetzt; daraus wurde die Schwefelsäure mit  $BaCl_2$  gefällt, der Niederschlag wie gewöhnlich behandelt.<sup>1</sup>

In der folgenden Tabelle (s. nächste S.) sind die Schwefelbestimmungen nebst den N-Mengen in Harn, Fäces und Nahrung zusammengestellt.

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, war der Schwefelgehalt im Harn in diesen Tagen im Verhältniss zum Stickstoff relativ hoch. Während sonst im Allgemeinen annähernd  $N:S = 16:1$ , war hier das Verhältniss am letzten Tage der Serie V  $= 8.2:1$ , und im Mittel für die ganze Serie VI  $7.2:1$ .

Es verdient betont zu werden, dass auch der sog. neutrale Schwefel vermehrt war, derselbe betrug im Mittel 29.9 bzw. 25.5 Proc. des Gesamtschwefels im Harn, während man als Norm für denselben nur

---

<sup>1</sup> Die meisten Schwefelanalysen sind im physiologisch-chemischen Universitätslaboratorium in Helsingfors ausgeführt worden, dessen Vorsteher, Hr. Prof. E. Sundwik, mir bereitwilligst den Raum und die nöthigen Utensilien zur Verfügung stellte.

Serie und Datum	In 24 Std. ausgesch. Schwefel in Grm.			$(\alpha + \beta = 100)$  $\alpha : \beta$	Im Harn		Stickstoff in den Fäces	Stickst. in d. Nahr.	
	Gesamt- Schwefel	Schwefel in oxydirt. Form $\alpha$	Neutraler Schwefel $\beta$		$\alpha$ Stickstoff	$\frac{S}{N}$		N im Eiweiss	N i. Nicht- Eiweiss
Ser. V. Dec. 5	0.355	0.249	0.106	70.1:29.9	2.93	8.2:1	1.55	1.98	2.54
Ser. VI. Dec. 6	0.428	0.321	0.107	75.0:25.0	2.83	6.6:1	1.46	1.13	1.58
" " " 7	0.260	0.208	0.052	80.0:20.0	1.78	6.5:1	1.46	1.13	1.30
" " " 8	0.282	0.188	0.094	66.7:33.3	2.22	7.9:1	1.29	1.13	1.30
" " " 9	0.253	0.202	0.051	79.9:20.1	2.34	9.2:1	1.29	1.13	1.30
" " " 10	— <sup>1</sup>	0.180	—	—	2.07	—	1.33	1.13	1.30
" " " 11	0.266	0.190	0.076	71.4:28.6	1.99	7.5:1	1.33	1.13	1.30
" " " 12	— <sup>1</sup>	0.189	—	—	1.84	—	1.33	1.13	1.30
Mittel f. Ser. VI	0.298	0.211	0.076	74.5:25.5	2.15	7.2:1	1.36	1.13	1.34

13 bis 20 Procent<sup>2</sup> gefunden hat. Ausser in gewissen Krankheiten (Pneumonie, Icterus, Cystinurie) fand man die neutrale Schwefelmenge vermehrt beim Hunger (nach Vers. mit Cetti) und bei vegetabilischer Kost. Da man annimmt, dass auch individuelle Abweichungen vorkommen können, und da es natürlich von Gewicht war zu erfahren, ob diese relativ hohe Schwefelmenge in meinem Harn vielleicht eine derartige Ursache hatte, so untersuchte ich ihn daraufhin drei Tage bei gewöhnlicher gleichförmiger Kost.

Datum	Während 24 Stunden aus- geschiedener Schwefel			$\alpha + \beta = 100$  $\alpha : \beta$	Stickstoff im Harn  g	$\frac{N}{S}$
	Gesamt- Schwefel  $\alpha + \beta$	Oxydirt. Schwefel  $\alpha$	Neutr. Schwefel  $\beta$			
1899						
März 18.	0.963	0.904	0.059	93.8: 6.2	15.51	16.1:1
" 20.	1.018	0.879	0.134	86.8:13.2	13.87	13.7:1
" 21.	0.926	0.852	0.074	92.0: 8.0	15.10	16.2:1
Mittel:	0.967	0.878	0.089	90.9: 9.1	14.83	15.3:1

<sup>1</sup> Am 10. December missglückte die Gesamtschwefelanalyse, und da keine genügende Menge Harn mehr vorhanden war, konnte keine neue Analyse gemacht werden. Am 12. December wurde dieselbe Analyse durch ein Versehen nicht gemacht.

<sup>2</sup> Vgl. v. Noorden, l. c. S. 23, und Hammarsten, *Lehrb. d. physiol. Chemie.* 1895. S. 458.

Das Verhältniss zwischen N und S, in meinem Harn 15·3:1, und die neutrale Schwefelmenge 9·1 Procent des Gesamtschwefels war also hier das normale, und von irgend einer individuellen Abweichung kann man somit in meinem Versuche nicht reden.

Worauf dieser verhältnissmässig hohe Gehalt an Gesamtschwefel wie auch an neutralem Schwefel beruhte, ist nicht leicht zu entscheiden. Wie bekannt, hat man behauptet, dass der Neutralschwefel in höheren Procenten vorkäme, wenn der Organismus von seinem eigenen Eiweiss zersetze.<sup>1</sup> Dass eine solche Ansicht im Einklang mit diesem Versuche steht, kann nicht geleugnet werden.

Da es sich denken liesse, dass die Nahrung mehr Schwefel als gewöhnlich enthielt,<sup>2</sup> oder dass aus derselben mehr Schwefel als gewöhnlich resorbirt und dadurch die Schwefelmenge im Harne vermehrt wurde, so verdient diese Möglichkeit nähere Beachtung.

Bekanntlich kommt der Schwefel in der Nahrung im Allgemeinen zum überwiegenden Theile als Bestandtheil des Eiweisses vor und nur in geringerer Menge als schwefelsaures Salz.<sup>3</sup> Wäre etwa der Schwefel in meiner Nahrung in der Form von Salzen stärker als gewöhnlich vertreten und hätte dadurch vielleicht eine directe Vermehrung der Schwefelmenge zu Stande kommen können, dann läge die Annahme am nächsten, dass der oxydirte Schwefel im Harn vermehrt wäre. Nun ist aber nicht der oxydirte, sondern eher der neutrale Schwefel vermehrt, welcher Umstand dafür spricht, dass die schwefelsauren Salze in der Nahrung wenigstens nicht direct zur Vermehrung der Schwefelmenge im Harne beitragen konnten.

Da man ja im Allgemeinen annimmt, dass aller Schwefel im Harn vom Eiweiss her stammt, und da auch ich in meinem Versuche keinerlei Ursache zu einer Abweichung von dieser allgemeinen Anschauungsweise zu finden vermochte, so halte ich mich sonach für berechtigt, in meinem Versuche den Schwefel im Harn einer Berechnung des Eiweisses zu Grunde zu legen.

Nehmen wir an, dass der Schwefelgehalt des Eiweisses 2 Procent beträgt (sicher ein hinreichend hoher Werth!), so würden die 0·355<sup>g</sup> S, welche am letzten Tage der Serie V mit dem Harn ausgeschieden wurden, 17·8<sup>g</sup> Eiweiss entsprechen; nach der N-Menge — 2·93<sup>g</sup> —

<sup>1</sup> Vgl. Benedict, Ueber die Ausscheidung des Schwefels in pathologischen Zuständen. *Zeitschr. f. klin. Med.* Bd. LXIII. 1898. S. 281.

<sup>2</sup> In diesen Serien genoss ich, wie erwähnt, auch etwa 2<sup>g</sup> von Lahmann's Nährsalzextract pro Tag. Dadurch wurde die Schwefelmenge in der Nahrung aber nur höchst unbedeutend, um etwa 6<sup>mg</sup>, vermehrt (s. S. 118).

<sup>3</sup> Vgl. v. Noorden's *Lehrbuch.* S. 23.

im Harn berechnet, erhält man 18.3 g. Der Unterschied ist also höchst unbedeutend, und mit dem hohen Schwefelprocentsatz des Eiweisses, den ich angenommen habe, dürfte nicht zu befürchten sein, dass die Eiweissberechnung zu hoch ausgefallen ist.

Hieraus würde also hervorgehen, dass fast aller Stickstoff, der an diesem Tage mit dem Harn ausgeschieden wurde, vom Eiweiss herstammte und fast gar kein N aus den nicht eiweissartigen N-Verbindungen der Nahrung direct mit dem Harn abgehen konnte. In der Nahrung fanden sich an diesem Tage 1.98 g Albumin-N und 2.54 g Nicht-Albumin-N, im Harn 2.93 g und in den Fäces 1.55 g Stickstoff. Nehmen wir an, dass aller Albumin-N resorbirt wurde und nur 0.7 g N in den Fäces von den Digestionsflüssigkeiten stammen, so sind sicher wenigstens 1.69 g nicht eiweissartiger N gleichfalls resorbirt worden ( $1.55 - 0.7 = 0.85$  g;  $2.54 - 0.85 = 1.69$  g N). — Nun stammt aber — wie oben gezeigt — aller N im Harn von zersetztem Eiweiss her, und da die 0.7 g N, die mit den Digestionsflüssigkeiten ausgeschieden wurden, doch auch von dem Eiweiss des Organismus herkommen, so entsteht die Frage, welchem Schicksal die 1.69 g N der nicht eiweissartigen N-Verbindungen der Nahrung, welche nachweislich resorbirt worden waren, im Organismus unterlegen sind?

Bevor ich auf die Besprechung dieser Frage übergehe, werde ich versuchen, die Verhältnisse der letzten Serie auf dieselbe Weise wie oben zu prüfen. In dieser Serie wurde leider die Gesamtschwefelmenge im Harn an zwei Tagen (10. und 12. December) aus den oben angeführten Gründen nicht bestimmt (s. Fussnote S. 136). Da sich jedoch der oxydirte Schwefel in diesen Tagen ziemlich constant verhielt, so kann man wohl annehmen, dass auch für den Gesamtschwefel keine grösseren Schwankungen vorgekommen sind, und glaube ich daher, dass man berechtigt ist, das Mittel des Gesamtschwefels für die übrigen fünf Tage mit dem Mittel der N-Menge im Harn für alle sieben Tage der Serie zu vergleichen.

Es wurden im Mittel pro Tag mit dem Harn 0.298 g Schwefel = 14.9 g Eiweiss und 2.15 g N = 13.4 g Eiweiss ausgeschieden. Also kann man auch hier behaupten, dass aller N im Harn von zersetztem Eiweiss herkommt. In der Nahrung fanden sich 1.13 g Albumin-N und 1.34 g nicht eiweissartiger N. Die Stickstoffmenge in den Fäces betrug 1.36 g, von denen 0.7 g als von den Digestionsflüssigkeiten stammend angesehen werden. In der Voraussetzung, dass aller Albumin-N der Nahrung resorbirt wurde, sind also sicher wenigstens 0.68 g nicht eiweissartigen N auch resorbirt worden ( $1.36$  g [Fäces] -  $0.7 = 0.66$ ;  $1.34 - 0.66 = 0.68$  g N). Da diese 0.68 g N nach



weisbar nicht direct mit dem Harn abgehen und auch auf keine andere Weise aus dem Organismus ausgeschieden werden konnten, so fragt man sich auch hier, wie in Serie V, wohin diese N-Verbindungen gekommen sind.<sup>1</sup>

Soweit ich beurtheilen kann, sind nur zwei Alternativen möglich. Entweder wurden sie im Organismus deponirt und, während dieser acht Tage wenigstens, gar nicht aus demselben ausgeschieden, oder sie gingen ab, nachdem sie zu einer Eiweissynthese im Organismus mitgewirkt hatten.

Kann man nun annehmen, dass der Organismus bei ziemlich starkem N-Hunger während acht Tagen 1.69 bzw. 0.68<sup>g</sup> (= 6.17<sup>g</sup> N für die ganze Zeit) in Form von Amidverbindungen zu magasiniren vermag, und dass er in dieser Zeit eher von seinem eigenen Eiweiss verbrennt,<sup>2</sup> als dass er diese für ihn — so weit man bis jetzt weiss — verhältnissmässig bedeutungslosen N-Verbindungen von sich giebt?

An und für sich wäre dieses ja ein bemerkenswerthes Factum. Denn wäre dieses der Fall, so wäre man gezwungen, ein N-Gleichgewicht, das mit einem grossen Theile Nicht-Albumin-N in der Nahrung erreicht wurde, mit ganz anderen Augen zu prüfen.

Jedoch erscheint diese Annahme höchst unwahrscheinlich, da ja der Organismus im Allgemeinen bestrebt ist, innerhalb recht kurzer Zeit alle für ihn fremden Stoffe auszuschcheiden, und da man, soweit mir bekannt, ohne jeden Einwand sich vorgestellt hat, dass diese nicht eiweissartigen N-Verbindungen ziemlich bald und vollständig mit dem Harn aus dem Körper ausgeschieden werden (Voit, Knieriem, Kumagava u. A.).

Wenn aber diese N-Verbindungen als solche im Organismus zurückzubleiben vermöchten, so wäre unsere Anschauung, dass ein Plus der N-Bilanz gleichbedeutend mit einer Eiweissersparniss im Organismus sei, falsch; — wenn wir nämlich annehmen, dass der Organismus aus diesen Amidverbindungen nicht neues Eiweiss aufbauen kann.

Die zweite Alternative, dass aus diesen nicht eiweissartigen N-Ver-

---

<sup>1</sup> Wie man sieht, bin ich bei diesen Berechnungen von den ungünstigsten Voraussetzungen ausgegangen, indem ich den Schwefelgehalt des Eiweisses auf 2 Procent veranschlagte, eine vollständige Resorption alles Eiweiss-N der Nahrung annahm und den Betrag des aus den Digestionsflüssigkeiten entstammenden N in den Fäces nur auf 0.7<sup>g</sup> berechnete. Thatsächlich kann man mit Sicherheit behaupten, dass diese 1.69<sup>g</sup> und 0.68<sup>g</sup> N die möglichst kleinste Menge des nicht eiweissartigen N darstellen, die resorbirt wurde.

<sup>2</sup> In diesen acht Tagen würde der Organismus wenigstens 58<sup>g</sup> Eiweiss von sich gegeben haben,

bindungen wirklich eine Eiweiss-synthese im Organismus stattfindet, hat, unseren jetzigen Anschauungen nach, allerdings an und für sich keine grosse Wahrscheinlichkeit. Wenn man aber bedenkt, wie grob die zur Prüfung dieser Frage ausgeführten Untersuchungen thatsächlich waren, und wie gross das Vermögen des thierischen Organismus ist, durch synthetische Processe die complicirtesten organischen Verbindungen (Hämoglobin, Enzyme) aufzubauen, und dass er sogar aus elementaren Stoffen, wie z. B. dem Schwefel, organische Synthesen bildet (Presch),<sup>1</sup> so kann man wohl die Richtigkeit der so allgemeinen und kategorischen Behauptung in Zweifel ziehen, dass das Eiweiss des Thierorganismus nur vom Eiweiss der Nahrung her stammt.

Der Umstand, dass die nicht eiweissartigen N-Verbindungen (Asparagin, Asparaginsäure u. s. w.) im Thierorganismus zu Harnstoff verbrannt werden, welcher Umstand auch — und vielleicht vornehmlich — als Grund gegen eine Eiweiss-synthese hervorgehoben worden ist (Mauthner, Voit), kann wohl nicht als beweisend hierfür angesehen werden. Denn da sowohl das Eiweiss, wie die nicht eiweissartigen N-Verbindungen im Körper zu den gleichen Endproducten verbrannt werden, so lässt sich sehr wohl denken, dass die Verbrennung der letzteren nicht immer so direct vor sich zu gehen braucht, wie man es sich vorgestellt hat. Bevor dieselben als CO<sub>2</sub>, Wasser und Harnstoff aus dem Organismus ausgeschieden werden, haben sie unter gewissen Umständen möglicher Weise zu Synthesenbildungen (Eiweiss?) daselbst beitragen können, wenigstens sind bis jetzt keine Thatsachen bekannt, welche direct gegen eine solche Annahme sprechen.

Um mich jedoch nicht zu weit auf den unsicheren Boden der Hypothesen zu verlieren, beschränke ich mich darauf, die Thatsache zu constatiren, dass die nicht eiweissartigen N-Verbindungen der Nahrung nicht immer so direct aus dem Organismus ausgeschieden werden, als bisher angenommen.

#### 4. Die „Quelle“ der Muskelkraft.

In einem Artikel mit obiger Aufschrift<sup>2</sup> aus dem Jahre 1891, und in anderen Abhandlungen von späterem Datum<sup>3</sup> polemisiert Pflüger gegen die von der Münchener Schule und Chauveau dargelegte An-

<sup>1</sup> Als Presch 0.5 bis 3<sup>g</sup> Schwefel (Flores sulphur.) verzehrte, fand er, „dass etwa  $\frac{1}{4}$  des in elementarer Form genommenen Schwefels im menschlichen Organismus in organische Form übergeht“ (l. c. S. 166).

<sup>2</sup> Pflüger's *Archiv.* Bd. L. 1891. S. 98.

<sup>3</sup> Ebendas. Bd. LIV. 1893. S. 333.

sicht, welche in der Verbrennung der N-freien Nährstoffe die Quelle der Muskelkraft sehen. Obgleich Pflüger's Ansicht, dass das Eiweiss „die alleinige unmittelbare Quelle der Muskelkraft ist“,<sup>1</sup> gegenwärtig wohl nur von wenigen Forschern umfasst werden dürfte, so seien doch hier, Angesichts der grossen Autorität Pflüger's, in grösster Kürze folgende, aus meinem Versuche genommene Thatsachen angeführt.

Da, wie im Vorhergehenden gezeigt wurde (S. 124), der menschliche Organismus, eine kürzere Zeit wenigstens, mit äusserst geringen Eiweissmengen in der Nahrung (etwa 12 bis 13<sup>g</sup>) auskommen kann, ohne dabei etwas von seinem eigenen Eiweiss zu verlieren, so dürfte derselbe, wenn Pflüger's Ansicht richtig wäre, nicht dieselbe Arbeitskraft besitzen, wie bei einer grösseren Eiweisszufuhr.

Bis zum letzten Tage in meinem Versuche spürte ich jedoch subjectiv keine Verminderung meiner Leistungsfähigkeit, sondern verrichtete täglich dieselbe Arbeit wie früher. In den letzten Wochen des Versuches arbeitete ich sogar mehr als vorher, da es galt, alle Analysen vor meiner Abreise aus Stockholm zu beendigen.

Um auch objectiv auf irgend eine Weise eine Vorstellung meiner täglichen Arbeit zu geben, wurden während des letzten Theiles des Versuches mit einem gewöhnlichen Schrittzähler meine Schritte für den Tag gezählt. Sie betragen:

für den 30. Nov.	9 600	für den 7. Dec.	19 700
„ „ 1. Dec.	16 400	„ „ 8. „	18 050
„ „ 2. „	16 000	„ „ 9. „	12 200
„ „ 3. „	20 360	„ „ 10. „	16 600
„ „ 4. „	15 470	„ „ 11. „	16 530
„ „ 5. „	16 700	„ „ 12. „	16 200
„ „ 6. „	19 480		

Im Mittel pro Tag etwa 16 400. — Da meine Schrittlänge 0.60<sup>m</sup> beträgt, legte ich also täglich durchschnittlich mindestens 9840<sup>m</sup> zurück. Zieht man weiter in Betracht, dass ich nicht wenig Treppen auf- und abzustiegen hatte,<sup>2</sup> und dass die Arbeit im Laboratorium fast ausschliesslich stehend ausgeführt wurde u. s. w., so sieht man ein, dass die mechanische Arbeit, welche ich im Laufe des Tages ausführte, nicht ganz unbedeutend war und sicher nicht geringer, als die im Allgemeinen von Personen derselben Gesellschaftsstellung wie Verf. verrichtete. Da ich an mir keine Verminderung der Leistungsfähigkeit des Organismus bemerken konnte, obgleich der Eiweissumsatz (aus der

<sup>1</sup> Pflüger's *Archiv*. Bd. L. S. 105.

<sup>2</sup> Verf. wohnte in der vierten Etage.

Stickstoffmenge im Harn berechnet) in den zwei letzten Versuchswochen nur 17.68 g pro die betrug, so spricht schon diese Thatsache gegen Pflügers' Ansicht über die Quelle der Muskelkraft.

Noch deutlicher aber geht die Unwahrscheinlichkeit derselben aus folgender Berechnung hervor.

Aus den Untersuchungen Sondén's und Tigerstedt's<sup>1</sup> über Kohlensäureabgabe bei Muskelarbeit geht hervor, dass die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von 1 kg des Körpergewichtes um 1 m 0.000149 g CO<sub>2</sub> beträgt. Da ich 60 kg wog und pro Tag wenigstens 9840 m zurücklegte, so beträgt die CO<sub>2</sub>-Abgabe bei der Muskelarbeit, die ich nur durch Zurücklegung dieser Strecke verrichtete, wenigstens 87.97 g CO<sub>2</sub>.

Berechnet man das innerhalb des Organismus umgesetzte Eiweiss aus der N-Menge des Harnes, so beträgt es vom 30. November bis zum 12. December durchschnittlich pro Tag 17.68 g (N im Harn durchschnittlich pro Tag = 2.83 g). Angenommen, dass im Harn C:N = 0.90 ausmacht und im Eiweiss N:C = 1:3.28, so würde das im Organismus umgesetzte Eiweiss nur 24.70 g CO<sub>2</sub> haben liefern können, also nur etwa 1/3 der Menge, welche bei der Muskelarbeit, die ich allein durch Gehen pro Tag verrichtete, abgegeben wurde.

Hieraus geht unzweideutig hervor, dass Pflüger's Ansicht nicht richtig sein kann und trägt also auch mein Versuch zur Stützung der Ansicht bei, dass die Quelle der Muskelkraft nicht nothwendig in der potentiellen Energie des Eiweisses gesucht zu werden braucht, sondern dass die Muskelcontraction in erster Linie auf Kosten der N-freien Nahrungsstoffe ausgeführt wird.

### Schlusswort.

Eingangs wurde die Frage aufgeworfen, ob die Lehre der Münchener Schule über den Eiweissbedarf des Menschen in Uebereinstimmung stehe mit der Erfahrung, die man aus experimentellen Untersuchungen erlangen kann.

Wie auch aus den hier veröffentlichten Versuchen hervorgeht, dürfte diese Antwort nicht anders als verneinend ausfallen können.

Schon die Forschungen Hirschfeld's, Kumagava's, Klemperer's u. A. haben gezeigt, dass der menschliche Organismus sich mit bedeutend geringeren Eiweissmengen in der Nahrung im N-Gleich-

<sup>1</sup> Sondén und Tigerstedt, Untersuchungen über die Respiration und den Gesamtstoffwechsel des Menschen. *Dieses Archiv.* Bd. VI. 1895. S. 183.

gewicht halten kann, als mit den von Voit geforderten, welches auch aus meinem Versuche hervorgeht.

Wenn man dieses bisher nur für möglich ansah durch einen reichlichen Ueberschuss an N-freien Nahrungsstoffen in der Nahrung, so zeigt mein Versuch unzweideutig, dass diese Auffassung nicht richtig ist, sondern dass die untere Grenze des Eiweissbedarfes ohne Vermehrung der Calorieenzufuhr in der Nahrung über die Norm hinaus erreicht werden kann.

Auch scheint der Eiweissbedarf der Nahrung auf keine Weise vom eigenen Eiweissbestande des Organismus abzuhängen, so dass derselbe Organismus, für eine kürzere Zeit wenigstens, ebenso gut mit nur etwa 12 bis 13.<sup>g</sup> reinen Eiweisses in der Nahrung auskommen kann, als mit bedeutend mehr (etwa 100·0), ohne im ersteren Falle etwas von seinem eigenen Eiweiss zu verlieren.

Da also die eigene lebendige Substanz des Organismus bei einer besonders eiweissarmen Kost nichts von ihrer Leistungsfähigkeit einbüsst, und da die mechanische Arbeit, die der Organismus verrichtet, wie schon Voit zeigte, am wahrscheinlichsten auf Kosten der potentiellen Energie der N-freien Nahrungsstoffe ausgeführt wird, ist auch leicht einzusehen, dass die Eiweissmenge der Nahrung bedeutend variiren kann, ohne dass der Körper selbst, oder die Arbeit, welche er leistet, darunter zu leiden braucht.

Eine Eigenthümlichkeit des Eiweisses in der Nahrung, welche überall betont wird, liegt darin, dass es mit besonderer Begierde vom lebenden Protoplasma des Organismus angegriffen und vorzugsweise verbrannt wird, so dass, im Grossen gesehen, grossen Eiweisseinnahmen auch grosse Ausgaben entsprechen, und kleinen Einnahmen ebenso auch kleine Ausgaben. Werden nämlich bei völlig ausreichender Nahrungszufuhr die N-haltigen Nahrungsstoffe der Kost vermehrt, so steigen auch die N-Ausgaben. Und nur mit Schwierigkeit lässt sich beim erwachsenen Körper ein N-Ansatz zu Stande bringen, und obgleich wir uns daran gewöhnt haben, einen derartigen N-Ansatz als wirklichen Eiweissansatz (= Fleischmast) für den Organismus zu betrachten, so ist dieses durchaus noch nicht mit Sicherheit festgestellt, und noch weniger, dass diese Eiweissersparniss wirklich eine bestehende wäre.

Es hat also den Anschein, als ob der Organismus die N-haltigen Nährstoffe der Nahrung nur widerwillig bei sich behielte, und dass er darnach strebe, sie so schnell als möglich zu verbrennen und aus sich zu entfernen. „Das Moment der möglichsten Sparung in der Kraftausgabe“ — sagt Hoeslin<sup>1</sup> — „erklärt, warum der Körper die für

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv*. Bd. LXXXIX. 1882. S. 354.

ihn normale Menge von Organeiweiss in möglichst engen Grenzen zu erhalten sucht. Denn da mit dem Wachsthum der Zellen ein bedeutend grösserer Verbrauch verbunden ist, so muss es als nützliche Einrichtung bezeichnet werden, dass das Wachsthum der Körperzellen nicht proportional der Nahrungsaufnahme fortwährend auf- und abschwankt, sondern dass eine einmalige Vermehrung oder Verminderung der Zufuhr höchstens ganz geringe Aenderungen des Organbestandes nach sich zieht. Aus der Constanz der Organmasse erklärt sich dann auch der verschiedene Zerfall der stickstoffhaltigen Substanz bei verschiedener Zufuhr auf einfache Weise.“

Da weder die mechanische Arbeit, die der Organismus verrichtet, noch die lebende Substanz desselben in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit — für eine kürzere Zeit wenigstens — von einem hohen Eiweissgehalt der Nahrung abhängig sind, so fragt man sich, weshalb im Allgemeinen in der menschlichen Nahrung eine Eiweissmenge enthalten ist, die den unumgänglichen Bedarf, das physiologische Eiweissminimum, so bedeutend überschreitet, und ob ein derartiger Ueberschuss auch nothwendig ist.

So energisch auch C. Voit früher hervorgehoben hat, „dass es ein Irrthum ist, . . . ., dass wir meist viel mehr Eiweiss geniessen als eigentlich nothwendig ist“ (vgl. S. 105), so bereitwillig giebt er doch in letzterer Zeit zu, „dass heutzutage häufig zu viel Fleisch verzehrt wird, mehr wie nöthig ist, und dass auf dasselbe in Folge früherer Anschauungen ein zu hoher Werth gelegt wird.“<sup>1</sup> — Eine Herabsetzung seiner alten Standardzahl, 118<sup>g</sup> Eiweiss für einen „mittleren Arbeiter“, will Voit gleichwohl nicht zugeben, da er der Ansicht zu sein scheint, dass eine reichliche Eiweissmenge in der Nahrung eine *conditio sine qua non* sei, um den Organismus „muskelkräftig“ und leistungsfähig zu erhalten.

Es dürfte jedoch nicht bezweifelt werden können, dass dieses mit einem hohen Eiweissgehalt in der Nahrung nicht zu erreichen ist, sondern dass dabei in erster Linie eine völlig ausreichende und auch sonst passende Nahrung nebst körperlichen Uebungen in Betracht zu kommen hat.

Es ist nämlich eine allgemein bekannte Thatsache, dass die reichere Gesellschaftsclasse, die sog. gebildete, im Allgemeinen verhältnissmässig mehr Eiweiss in ihrer Kost verzehrt, als die ärmere, die sog. arbeitende Classe, was natürlich darauf beruht, dass die eiweissreicheren Nahrungsmittel zu unseren theuersten, aber auch schmack-

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXV. 1889. S. 283.

haftesten gehören. Und doch ist ja die körperliche Leistungsfähigkeit bei der gebildeten Classe geringer, als bei der körperlich arbeitenden.

Wenn man es unternimmt, die Frage über den menschlichen Eiweissbedarf experimentell zu behandeln, so findet man bald, wie schwer es thatsächlich ist, eine eiweissarme, aber in Bezug auf Calorien genügende Kost zu erhalten, welche nicht zugleich in Folge ihres Volumens, ihrer Consistenz und Einförmigkeit u. s. w. bei der Versuchsperson Unbehagen bewirkte. Ja, ich möchte behaupten, dass es äusserst schwer sein dürfte, eine so eiweissarme Kost zu erhalten, dass das N-Gleichgewicht damit nicht erhalten bleiben kann, wenn man zugleich Anspruch darauf macht, dass die Kost im Uebrigen den Anforderungen der Hygiene entspricht (völlig ausreichend, abwechselnd und von passendem Volumen ist u. s. w.).

Es lässt sich daher fragen, ob unser natürlicher Instinct wirklich unsere Kost so sehr nach ihrem Eiweissgehalte wählt, wie man gewöhnlich behauptet, und ob der Mensch nicht vielmehr, um eine völlig ausreichende Nahrung zu erhalten, genöthigt ist, so und so viel Eiweiss in derselben mit hinzunehmen.

Im Allgemeinen findet man, dass, je reichlicher die Kost, desto grösser auch der Eiweissgehalt derselben ist, und dass überhaupt die N-haltigen und N-freien Nährstoffe in einem ziemlich constanten Verhältnisse zu einander stehen.<sup>1</sup> Da nun eine anstrengende Arbeit eine grössere Kraftzufuhr, eine reichlichere Nahrung fordert, so muss auch natürlich eine grössere Menge Eiweiss in der Nahrung enthalten sein, wo schwerere Arbeit verrichtet wird.

Ein solches Verhältniss geht ziemlich deutlich aus dem schon vorliegenden statistischen Materiale hervor.

Tigerstedt<sup>2</sup> hat auf Grund desselben folgende Gruppen zusammengestellt (s. Tab. auf nächster Seite), welche ungefähr den Rubner'schen Arbeitskategorieen entsprechen; in diesen Gruppen hat er die Kraftzufuhr als eine Art Maass der Arbeitsgrösse aufgefasst.

Wir sehen aus dieser Tabelle, wie die Eiweissmenge annähernd in demselben Grade steigt, wie die Kraftzufuhr vermehrt oder je schwerere Arbeit verrichtet wird.

Ist nun aber hiermit gesagt, dass die Eiweissmenge das Bestimmende gewesen, und dass die höheren Gruppen (II, III; IV und V)

<sup>1</sup> Vgl. Rubner, *Handbuch der Ernährungstherapie und Diätetik* von Leyden. 1897. S. 134.

<sup>2</sup> *Grundsatser för utspisningen i allmänna anstalter*. Stockholm 1891. S. 73.

Gruppe	Eiweiss g		Fett Brutto	C-Hydr. Brutto	Totalkraftzufuhr W. E.	
	Brutto	Netto			Brutto	Netto
I	88	66	39	512	2825	2538
II	130	97	64	520	3257	2932
III	141	107	71	677	4020	3618
IV	167	126	89	774	4685	4218
V	152	114	139	1062	6269	5642

nicht ebenso gut mit nur 88<sup>g</sup> Eiweiss in der Kost hätten auskommen können bei solcher Vermehrung der N-freien Nährstoffe (vor Allem des Fettes), so dass die nöthige Anzahl Calorieen erreicht würde? Dieses erscheint recht wahrscheinlich, da ja die mechanische Arbeit nicht auf Kosten der durch das Eiweiss dem Körper zugeführten Energie ausgeführt zu werden braucht, und da die Arbeit als solche also durchaus keinen hohen Eiweissgehalt der Nahrung fordert.

Daher scheint mir zur Erklärung der relativ grossen Eiweissmenge der Nahrung bei angestrenzter Arbeit wahrscheinlicher, dass bei erhöhtem Kraftbedarf und dadurch auch erhöhter Nahrungsmenge natürlicher Weise auch die Eiweissmenge in der Nahrung vermehrt wird, ohne dass man daraus den Schluss ziehen kann, noch darf, dass eine Vermehrung der Eiweissmenge bei Verstärkung der Arbeit eine Lebensbedingung für den Organismus wäre. Bei vermehrter Arbeit strebt der Organismus vor Allem darnach, seine Calorieenzufuhr zu vermehren, und es dürfte nicht mit Fug behauptet werden können, dass dieses Streben vornehmlich auf eine Vermehrung der Eiweissmenge in der Nahrung gerichtet sei.

Wenn man berechtigt ist, auf Grund von Laboratoriumsversuchen Schlüsse fürs praktische Leben zu ziehen, so dürfte kein Zweifel darüber herrschen können, dass die Eiweissmenge in der Nahrung eines „kräftigen Mannes bei tüchtiger Arbeit“ bedeutend unter 118<sup>g</sup> herabgesetzt werden kann. Die Hauptsache ist, dass er eine völlig ausreichende und im Uebrigen hygienische Kost erhält; ist dieses der Fall, so dürfte die Eiweissmenge, welche in derselben enthalten ist, völlig ausreichen, um den Organismus vollkommen leistungsfähig zu erhalten, weshalb man den Blick nicht so streng wie Voit und seine Schüler auf die Eiweissmenge zu richten braucht.

Da betont worden ist, dass eine anhaltend eiweissarme Kost die Leistungsfähigkeit des Organismus herabsetzen würde, ja sogar lebensgefährlich wäre, so verdient diese Behauptung unsere besondere Beachtung.



Aus dem vorliegenden statistischen Materiale lassen sich keine sicheren Schlüsse in dieser Hinsicht ziehen, denn in den Fällen, wo körperliche Schwäche mit einem niedrigen Eiweissgehalte der Nahrung zusammentraf, ist häufig die Nahrung überhaupt nicht ausreichend gewesen oder liess in anderer Hinsicht Verschiedenes zu wünschen übrig, da ja meist die untersuchten Personen zu den ärmsten Volksklassen gehörten.

Eine directe Beobachtung über den Einfluss einer lange dauernden N-armen Kost auf den menschlichen Organismus besitzen wir immerhin. Voit's Vegetarianer (57<sup>kg</sup> schwer) zeigt, dass ein „normal gebauter, mit gut entwickelter Musculatur ausgerüsteter Mann“ sich mit nur 54.2<sup>g</sup> Eiweiss (davon 47.0<sup>g</sup> reines Albumin) in der Nahrung mehrere Jahre hindurch völlig leistungsfähig erhalten kann.

Als ein warnendes Memento gegen eine anhaltende eiweissarme Kost hat man die Versuche Munk's<sup>1</sup> und Rosenheim's<sup>2</sup> an Hunden hervorgehoben, welche zeigten, dass ein niedriger Eiweissgehalt in der Nahrung auf die Dauer nicht vom Organismus vertragen wird.

Doch lässt sich bezweifeln, ob wirklich der niedrige Eiweissgehalt in der Nahrung in diesen Versuchen die schweren Störungen bei den Versuchsthieren veranlasste. Eine andauernd gleichförmige Kost mit reichlichem Eiweissgehalt scheint ebenfalls Verdauungsstörungen und Futterversagung bei Hunden hervorrufen zu können, wie Hagemann's<sup>3</sup> Versuche genugsam zeigen.

Auch wurde das Allgemeinbefinden und die Mattigkeit, die in neun bis zehn Wochen eintraten, bei Munk's erstem Versuchshunde nicht gebessert durch eine Vermehrung des Eiweisses in der Kost von 17 auf 40<sup>g</sup>, als diese Vermehrung durch Fleischmehl geschah, mit welchem Präparat Munk seinen Hund von der vierten Woche an gefüttert hatte. Erst als er den Reis fortliess und dem Hunde frisches Fleisch gab, trat eine Besserung des Zustandes ein,<sup>4</sup> und ebenso scheint es sich mit dem zweiten Versuchshunde verhalten zu haben. Nur in der dritten und vierten Versuchsreihe erhielten die Hunde Eiweiss in Form von Fleisch (frischem?) — Der vierte Hund starb allerdings plötzlich in der fünften Woche, als N-Gleichgewicht nur in den letzten fünf Tagen erreicht wurde.

Unter solchen Umständen lässt sich in Frage stellen, ob das

<sup>1</sup> Virchow's *Archiv.* Bd. CXXXII. 1893. S. 91.

<sup>2</sup> Pflüger's *Archiv.* Bd. LIV. 1893. S. 61.

<sup>3</sup> Beitrag zur Kenntniss des Eiweissumsatzes im thierischen Organismus. *Inaug.-Diss.* Berlin 1891. S. 15.

<sup>4</sup> l. c. S. 113.

Uebelbefinden der Thiere ausschliesslich dem niedrigen Eiweissgehalt der Nahrung zugeschrieben werden kann.

Rosenheim gab seinem Hunde Eiweiss in Form von Fleisch, aber da es nicht ausgeschlossen erscheint, dass der Tod desselben Salzhunger zuzuschreiben ist (Breisacher),<sup>1</sup> so ist auch dieser Versuch nicht ganz einwandfrei.

Selbst wenn eine anhaltend eiweissarme Kost für den Hund lebensgefährlich wäre, so ist damit noch nicht gesagt, dass für den menschlichen Organismus dieselben Verhältnisse gelten müssen.

Wie die Frage gegenwärtig steht, scheint noch kein sicherer positiver Beweis für die Schädlichkeit einer anhaltenden eiweissarmen Kost zu existiren, sofern nur die Nahrungszufuhr hinreichend und die Eiweissmenge so gross ist, dass das N-Gleichgewicht erhalten bleibt.

Wenn man also heutzutage dem Eiweiss der Nahrung nicht dieselbe dominirende Bedeutung zuschreiben kann, die es zu Liebig's Zeiten besass, so fragt sich, in welchem Verhältnisse der lebende Organismus zum Eiweiss der Nahrung eigentlich steht? Ehe diese Frage exact beantwortet werden kann, scheint es vor Allem nothwendig, mit völliger Sicherheit Klarheit darüber zu erhalten, ob die lebende Substanz des thierischen Organismus ausschliesslich von dem todten Eiweiss der Nahrung her stammt, was, wenngleich gegenwärtig als wissenschaftliche Wahrheit angenommen, noch nicht als sicher bewiesen angesehen werden kann. Die hier veröffentlichten Untersuchungen dürften in gewissem Grade Zweifel an der Richtigkeit der von der Wissenschaft gegenwärtig gehegten Anschauungsweise erregen.

<sup>1</sup> *Deutsche med. Wochenschr.* 1891. S. 1310.

## Erklärung der Abbildungen.

(Taf. III.)

Die Abscisse giebt die Versuchstage, die Ordinaten den Stickstoff in Gramm an.

— — — —	Stickstoff in der Nahrung
• • • • •	„ in den Fäces.
_____	„ im Harn.

