

Zur Kenntniss des Stoffwechsels beim erwachsenen Menschen, mit besonderer Berücksichtigung des Eiweissbedarfs.¹

Von

Dr. V. O. Sivéén
in Helsingfors (Finnland).

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

In einem früheren Versuche² habe ich gezeigt, dass der erwachsene menschliche Organismus mit äusserst wenig, 4 bis 5 g, N in der Nahrung bei einer absoluten Calorienzufuhr von etwa 40 pro Kilogramm Körpergewicht N-Gleichgewicht erlangen kann.

Bekanntlich hatte man sich vorgestellt, dass ein niedriges N-Gleichgewicht nur dadurch zu erreichen sei, dass die N-freien Nahrungsstoffe bedeutend vermehrt wurden oder — mit anderen Worten — dadurch, dass die Calorienzufuhr stark über den normalen Bedarf gesteigert wurde. Nach dieser Anschauungsweise übte das Eiweiss, wenigstens in gewissem Grade, eine sparende Wirkung auf die N-freien Nährstoffe der Kost aus.

Mein Versuch zeigte jedoch, dass ein besonders niedriges N-Gleichgewicht zu erreichen ist, ohne dass die N-freien Nährstoffe in der Nahrung vermehrt werden.

Da nun aber das Körpergewicht in meinem Versuche mit besonders niedriger N-Zufuhr recht stark abnahm — 800 g in vier Tagen³ — so erfordert dieser Umstand eine besondere Beachtung. Wie schon

¹ Der Redaction am 22. October 1900 zugegangen.

² Sivéén, Ueber das Stickstoffgleichgewicht beim erwachsenen Menschen. *Dies Archiv.* 1899. Bd. X. S. 91.

³ Vgl. Serie V des früheren Versuches. *Dies Archiv.* Bd. X. S. 116.

früher hervorgehoben,¹ konnte dieses darauf beruhen, dass der Bedarf an Calorien beim niedrigen N-Gleichgewicht grösser war als die Energiemenge, welche dem Körper mit der Nahrung zugeführt wurde, weshalb dieser genöthigt war, auch von seinem eigenen Fette zu verbrennen. Der wirkliche Energiebedarf beim niedrigen N-Gleichgewicht hätte also thatsächlich grösser sein können, als 40 Calorien pro Kilogramm des Körpergewichts.

Um zu entscheiden, wie es sich hiermit eigentlich verhält, muss man den Gesamtstoffwechsel bei niedrigem N-Gleichgewicht bestimmen.

Als sich hierzu Gelegenheit bot, unternahm ich es, meine früheren Untersuchungen in diesem Punkte zu vervollständigen. — Dieses war der Hauptzweck der folgenden Versuche.

Zugleich aber versuchte ich das Accomodationsvermögen des menschlichen Organismus an verschiedene Eiweissmengen in der Kost näher zu studiren.

Da in früheren Versuchen das niedrige N-Gleichgewicht durch allmähliche Verminderung der N-Menge in der Kost erreicht wurde, so fragt sich, ob man nicht bei plötzlicher Herabsetzung des N in der Kost zu demselben Resultate gelangen könnte.

Bekanntlich stellt sich der menschliche Organismus bei kleineren Veränderungen der N-Zufuhr am 3. oder 4. Tage ins Gleichgewicht. Ob es sich bei grossen Schwankungen des N-Gehaltes in der Nahrung ebenso verhält, ist noch gänzlich unbekannt.

Während ich in diesem Versuche in erster Linie die N-Bilanz studiren wollte, beschloss ich, parallel hiermit, auch den Schwefel- und Phosphorumsatz im Organismus² zu verfolgen.

Schliesslich sei erwähnt, dass gleichzeitig der Harn auf Harnsäure analysirt wurde, und dass ich zweimal täglich die Anzahl der Leucocyten im Blute zählte. Das Resultat dieser Untersuchung über das

⁴ l. c. S. 143.

¹ Es war ausserdem meine Absicht, auch die Kalk- und Eisenbilanz zu untersuchen. Eine solche Untersuchung des Umsatzes aller der wichtigsten Elemente auf ein Mal scheint mir von grossem Interesse und um so mehr geboten zu sein, als derartige Untersuchungen gänzlich fehlen. — Die Aufstellung einer wirklichen Gesamtbilanz aller Einnahmen und Ausgaben des Organismus würde sicher unsere Kenntniss der vitalen Processe, die im menschlichen Organismus vor sich gehen, in vieler Hinsicht erweitern. — Zahlreiche CaO- und Fe₂O₃-Analysen wurden auch von mir ausgeführt; doch sehe ich mich genöthigt, diese Untersuchungen fortzulassen, da sie weitere Versuche erfordern, ehe sich zuverlässige Schlüsse aus ihnen ziehen lassen.

Verhältniss der Harnsäure zu den Leukocyten unter normalen Verhältnissen ist schon veröffentlicht worden.¹

Versuchsordnung.

Der Plan des Versuches war folgender. Einige Tage lang wurde bei gewöhnlicher Kost die N- (und P-) Menge im Harn bestimmt; hierauf wird die N-Menge in der Kost plötzlich so tief als möglich herabgesetzt. Wenn N-Gleichgewicht eintritt, wird der Gesamtstoffwechsel bestimmt.

Hierauf wird die Eiweissmenge in der Kost so schnell als möglich vermehrt und der Versuch fortgesetzt, bis wieder N-Gleichgewicht eintritt. Während des ganzen Versuches muss die Calorienzufuhr so gross sein, dass keine Verminderung und auch keine Vermehrung des Körpergewichtes eintritt.

Es glückte mir jedoch nicht, den Versuch genau auf diese Weise durchzuführen, und ich sah mich genöthigt, in gewisser Hinsicht vom ursprünglichen Plane abzuweichen.

Als Versuchsperson diente Verfasser selbst. Er ist 31.5 Jahre alt, völlig gesund und wiegt 65.2^{kg} (am 1. November 1899).² Der Versuchstag wurde von 8^h Vm. des einen Tages bis zu derselben Zeit des folgenden Tages gerechnet. Die Mahlzeiten wurden im Laboratorium eingenommen und die Kost unter eigener Aufsicht zubereitet. Ich stand kurz vor 8^h Vm. auf und ging um 10^h Abds. zu Bett. Während des Tages war ich etwa 11 Stunden mit gewöhnlicher Laboratoriumsarbeit beschäftigt. Während der ganzen Dauer des Versuches versuchte ich eine möglichst regelmässige Lebensweise einzuhalten.

Der Harn wurde sorgfältig gesammelt, mit Chloroform versetzt und gut gemischt, ehe die Proben zu den Analysen genommen wurden. Die Fäces wurden direct in eine Porzellanschale abgesetzt und gewogen. Von der täglichen Menge wurde $\frac{1}{5}$ mit H₂SO₄ angesäuert und im Wasserbade so trocken abgedunstet, dass die Fäces sich mit Leichtigkeit pulverisiren liessen. Der Rest ($\frac{4}{5}$) wurde ohne vorhergehende Ansäuerung abgedunstet; in dieser Portion wurde die Schwefelmenge bestimmt. — Wie in dem vorigen Versuche wurden auch jetzt keine täglichen Fäcesanalysen gemacht, sondern die Fäces für mehrere Tage gesammelt (s. unten die Tab. S. 316) und dann die N-Menge u. s. w. gleichmässig auf die verschiedenen Tage vertheilt. Eine Abgrenzung der Fäces fand nicht statt.

¹ Bidrag till kännedom om urinsyrebildningen inom den mänskliga organismen under fysiologiska förhållanden. *Finska Läkaresällskapets Handlingar*. 1900. Bd. XLII. S. 387, und *dies Archiv*. 1900. Bd. XI. S. 123.

² Das Körpergewicht während des vorigen Versuches betrug am 21. Oct. 1898 60.7^{kg}.

— Die Defäcation ging äusserst regelmässig, gewöhnlich um 9 bis 10^h Vm., vor sich.

Herr E. Rost, welcher meinen vorhergehenden Versuch referirte¹, bemerkt, dass die N-Menge in den Fäces „leider nicht jeden Tag bestimmt wurde“. Diese Bemerkung scheint mir unberechtigt. Herr Rost scheint anzunehmen, dass man durch tägliche N-Bestimmungen in den Fäces sicherere Werthe erhalten könnte.

Theoretisch ist ja diese Annahme auch richtig, vorausgesetzt, dass es mir täglich glückte, die Fäces gut abzugrenzen. Ohne Abgrenzung jeden Tag Fäcesanalysen zu machen, ist dagegen unnöthige Mühe. Es ist dies von mehreren Forschern (Kumagawa,² Rosemann)³ versucht worden, aber sie haben später bei der Berechnung doch eine Mittelzahl der täglichen N-Menge in den Fäces angewandt und nur auf diese Weise sichere Werthe erhalten. 5 bis 6 Wochen täglich die Fäces abzugrenzen, dürfte praktisch unmöglich sein.

Die N-Analysen wurden nach Kjeldahl ausgeführt. Der Phosphor im Harn wurde auf die gewöhnliche Art durch Tritiren mit Uranacetat⁴ bestimmt. In der Kost und den Fäces wurde der P gewichtsanalytisch durch Fällern mit Ammoniummolybdat bestimmt. Verbrennung der Substanz geschah nach einer von Neumann angegebenen Methode, welche sich zweckentsprechend und bequem erwies.⁵

Die Schwefelanalysen wurden nach den üblichen Methoden durch Schmelzen mit Soda und Salpeter, und Fällern mit Bariumchlorid ausgeführt; der oxydirte Schwefel im Harn wurde auf gewöhnliche Weise durch Digeriren mit HCl auf dem Wasserbade und Fällern mit BaCl₂ bestimmt.

Das Fett wurde nach Soxhlet bestimmt durch Aetherextraction während etwa 48 Stunden, die Wassermenge und Asche auf gewöhnliche Weise; der Rest nach Bestimmung des Fettes, Eiweisses, H₂O und der Asche wurde als Kohlehydrate berechnet.

In Bezug auf die Kost wurden in diesem Versuche dieselben Vorichtsmaassregeln beobachtet wie im vorigen.

So wurden die verschiedenen Nahrungsmittel im Allgemeinen in so grossen Mengen eingekauft, dass sie für die ganze Versuchszeit ausreichten; dieses geschah mit Kartoffeln, Aepfeln, Brod und Bier. Käse, Eier und Butter wurden zu verschiedenen Malen während des Versuches eingekauft, aber, so weit möglich, stets dieselbe Sorte dieser Stoffe. Milch wurde die ganze Zeit über von derselben Stelle genommen.

Die Kartoffeln wurden in Form von Purée verzehrt (zusammen mit Butter).

¹ *Fortschritte der Medicin.* 1900. Bd. XVIII. S. 108.

² *Virchow's Archiv.* Bd. CXVI. S. 370.

³ *Pflüger's Archiv.* 1898. Bd. LXXII. S. 472.

⁴ Huppert, *Anleitung zur qualitat. u. quantit. Analyse des Harns.* 1898. S. 731.

⁵ *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1897. S. 532.

Uebersichtstabelle über die Zusammensetzung der Kost
pro Tag während des Versuches.

Serie	Gewicht der Kost	N-Menge in d. Kost			Fett	Kohlehydrate	Alkohol	Asche	W. E.	W. E. pro Kilogr. Körpergewicht
		N in anim. Nahrungs- mitteln	N in vege- tab. Nahr- Mitteln	Gramm N						
	g	g	g	g	g	g	g	g		
I a	1620	0.25	2.44	2.69	101.04	347.6	10.23	7.51	2505	38
b	1930	0.25	2.71	2.96	101.04	339.4	20.46	8.24	2550	39
c	1980	0.25	2.71	2.96	101.04	389.4	20.46	8.24	2755	43
II	2010	1.31	2.71	4.02	106.0	369.4	20.46	8.65	2747	43
III a	2200	10.34	2.22	12.56	125.38	258.2	20.46	10.85	2700	42
b	1765	19.47	3.16	22.63	139.94	144.8	10.23	18.22	2547	40

Es war meine Absicht, mich an dieselbe Calorienzufuhr zu halten, wie im vorigen Versuche, also etwa auf 2500 Cal. Da jedoch das Körpergewicht im Beginn der Serie I die Neigung zeigte, abzunehmen, so wurde am 15. November die Kost um 50 g Zucker, oder auf 2750 Cal erhöht. Bei dieser Zufuhr erhielt sich das Körpergewicht recht constant (s. die Tabelle auf S. 316).

Am 6. bis 7. November (Serie I), am 22. bis 23. November (Serie II) und am 4. bis 5. Januar (gewöhnliche Kost) wurde die CO₂-Production für 24 Stunden mit Hilfe der Tigerstedt-Sondén'schen Respirationskammer bestimmt.

**Ueber das N-Gleichgewicht und den Energienbedarf bei
besonders kleiner Menge Eiweiss in der Kost.**

Im vorigen Versuche trat N-Gleichgewicht bei einer N-Zufuhr von nur 4.52 g N ein (Serie V). Doch dauerte diese Serie nur 4 Tage, und erst am letzten Tage kam ich in N-Gleichgewicht. In der folgenden Serie desselben Versuches enthielt die Kost 2.43 g N. Ein N-Gleichgewicht trat in den 7 Tagen dieser Serie nicht ein, sondern ich verlor noch am letzten Tage 0.74 g N.

Prof. J. Munk, welcher den Versuch¹ referirte, machte die Bemerkung, dass die N-Menge der Kost in der vorletzten Serie der Berechnung nicht hätte zu Grunde gelegt werden dürfen, da sich nur

¹ *Centralblatt f. Physiol.* Bd. XIII. S. 744.

am letzten (4.) Tage N-Gleichgewicht vorfand und man daher nicht sicher sein konnte, dass es eine längere Zeit bestehen würde.

Es wäre sehr wünschenswerth gewesen, die vorletzte Serie wenigstens noch um einige Tage zu verlängern, doch — wie ich hervorhob — verkürzte ich diese Serie nur aus praktischen Gründen, da die einförmige und einfache Kost anfang, Widerwillen zu erregen und ich nicht sicher sein konnte, wann ich aus diesem Grunde genöthigt sein würde, den Versuch abzubrechen. Da jedoch die N-Ausgaben in der letzten Serie von 4.48^g (am letzten Tage der vorhergehenden Serie) noch weiter, bis auf durchschnittlich 3.51^g pro Tag während der 7 Tage, herabgingen, so spricht dieses unzweifelhaft dafür, dass auch während dieser 7 Tage das N-Gleichgewicht sicherlich beständig gewesen wäre. Prof. J. Munk's Einwand ist daher wohl nicht genug motivirt.

Dass die untere Grenze für meinen N-Bedarf wirklich 4 bis 5^g N beträgt, wird durch den vorliegenden Versuch des Weiteren dargelegt. In der folgenden Tabelle ist die N-Bilanz für diesen Versuch zusammengestellt.

Als die N-Menge in der Kost plötzlich von etwa 18^g¹ auf 2.69^g herabgesetzt wurde, verminderten sich auch die N-Ausgaben recht rasch. Schon am 3. Tage ist die N-Menge im Harn von 16.5^g (am letzten Tage bei gewöhnlicher Kost) auf 3.99^g, und am 6. Tage auf 3.15^g gesunken. Tiefer als 2.75^g lässt sich jedoch der Harn-N nicht herabdrücken. Es tritt daher in dieser Serie kein N-Gleichgewicht ein, sondern verliere ich in allen 17 Tagen dieser Serie nicht unbedeutende Mengen N aus dem Körper. Im vorigen Versuch sank die N-Menge im Harn auf 2.15^g durchschnittlich pro Tag, mit einem Minimum von 1.78^g² in der letzten Serie.

Datum	Körpergewicht	Harn			Fäces			N in Harn und Fäces	N in der Kost	Bilanz
		Menge	Spec. Gewicht	N	Frisch	Trock.	N			
1899	kg	ccm	Gewicht	g	g	g	g	g	g	
Octbr. 30.		930	1026	16.46	—	—	—	—	—	—
31.		2050	1010	16.20	—	—	—	—	—	—
Novbr. 1.	65.2	960	1025	16.32	—	—	—	—	—	—
2.		930	1026	16.65	—	—	—	—	—	—
3.		—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.		850	1027	16.15	—	—	—	—	—	—

¹ N in den Fäces approximativ auf etwa 2.0^g angenommen.

² l. c. S. 116.

(Fortsetzung.)

Datum	Körper- gewicht	Harn			Fäces			N in Harn und Fäces	N in der Kost	Bilanz
		Menge	Spec. Gewicht	N	Frisch	Trock.	N			
1899	kg	cem	g	g	g	g	g	g	g	

Serie III b.

Decbr. 3.	64.0	780	1026	14.12	260	} 395	2.12	16.24	22.98	+6.69
„ 4.	63.9	900	1026	19.35	320		2.12	21.47	22.41	+0.94
„ 5.	63.9	920	1026	20.98	180		2.12	23.10	22.41	-0.69
„ 6.	63.6	940	1026	21.06	290		2.12	23.12	23.35	-0.77
„ 7.	63.9	920	1026	20.70	195		2.12	22.82	23.04	+0.22
„ 8.	63.8	960	1025	20.74	300		2.12	22.86	22.62	-0.24
										+6.15

Man fragt sich, weshalb sich nicht auch in diesem Versuche derselbe niedrige Werth für den Harn-N erhalten liess.

Im ersten Theil von Serie I war die Kost nur auf zwei Hauptmahlzeiten vertheilt. Da möglicher Weise hierin eine Ursache dafür liegen konnte, dass die N-Ausgaben sich nicht verminderten, so vertheilte ich während des übrigen Theiles der Serie die Kost gleichmässiger über den Tag, ohne dass sich gleichwohl ein Einfluss dadurch spüren liess. Da ich vermuthete, dass vielleicht Salzhunger die Ursache dieses Verhaltens sein könnte, so verzehrte ich in den letzten vier Tagen der Serie 5 bis 6^g von Lahmann's Nährsalzextract, ohne dass eine wesentliche Verminderung der N-Ausgaben zu bemerken war.

Die Tendenz zur Verminderung des Harn-N, welche in diesen letzten vier Tagen der Serie I thatsächlich auftritt, ist zu unbedeutend, als dass sie in Betracht kommen könnte.

Die Ursache, weshalb die N-Ausgaben in diesem Versuche nicht auf denselben niedrigen Werth sanken, wie in dem früheren Versuche, bleibt noch in Dunkel gehüllt. Vielleicht könnte es darauf beruhen, dass nur durch eine allmähliche Herabsetzung der N-Menge in der Kost — wie es im vorigen Versuche geschah — so niedrige Werthe für die N-Ausgaben zu erreichen sind. Eine sichere Stütze für diese Annahme giebt der Versuch jedoch nicht.

Da die Differenz zwischen den N-Einnahmen und -Ausgaben im letzten Theile der Serie I etwas mehr als 1^g N betrug, so vermehrte ich die N-Menge in der Kost um diesen Betrag, in der Hoffnung, dadurch in N-Gleichgewicht zu kommen.

Das Gleichgewicht wurde auch in Serie II nahezu erreicht. Die N-Einnahmen betragen 4.02 g; die N-Ausgaben durchschnittlich pro Tag 4.30 g, also nahezu N-Gleichgewicht.¹

Dieser Versuch zeigt also wie der vorhergehende, dass die untere Grenze für meinen N-Bedarf 4 bis 5 g N pro Tag beträgt, oder auf das Kilogramm Körpergewicht berechnet 0.07 bis 0.08 g N.

Zieht man ferner in Betracht, dass die gesammte N-Ausgabe in Serie I, mit Ausnahme der vier ersten Tage, in denen der Organismus sich der veränderten N-Zufuhr anpasst, im Durchschnitt pro Tag nur 4.40 g beträgt, so scheint mir auch dieses dafür zu sprechen, dass mein unumgänglicher N-Bedarf wirklich 4 bis 5 g N pro Tag ausmacht, bei der Kost, die ich in diesem Versuche genoss.

Ob diese untere Grenze sich noch herabdrücken liesse, beispielsweise durch eine anders gewählte Kost, ist hierdurch nicht entschieden.

Im vorigen Versuche fand ich, dass die Menge des reinen Eiweisses in der Kost bei dem niedrigen N-Gleichgewicht nur 12 bis 13 g² betrug. — Berechne ich in diesem Versuche, an der Hand der im vorigen angegebenen Procentzahlen, die Vertheilung des N in der Kost in „reines Eiweiss-N“ und „Nicht-Eiweiss-N“, so erhalten wir für Serie II folgende Werthe:

Menge der Speise g	Eiweiss-N g	Nicht- Eiweiss-N g	Reines Eiweiss g
Kartoffel 600 . . .	0.91	1.08	5.69
Aepfel 400	0.13	0.08	0.81
Bier 660	0.13	0.40	0.81
Butter 120	0.23	—	1.44
Eier 50	1.06	—	6.63
Summa:	2.46	1.56	15.38

Das reine Eiweiss in der Kost beträgt also in dieser Serie etwa 15 g. Die Uebereinstimmung mit früheren Versuchen ist also auch in dieser Hinsicht recht gut, und man findet somit, dass die untere Grenze für den wirklichen Eiweissbedarf etwa 0.2 bis 0.3 g reines Eiweiss pro Kilogramm Körpergewicht beträgt.

¹ Vergleiche auch die S-Bilanz dieser Serie. S. 323.

² l. c. S. 124.

In diesem Versuche verlor ich nicht weniger als 32.41 g N aus dem Organismus, was ungefähr 1 kg Muskelsubstanz entspricht. Nach einem so bedeutenden Eiweissverluste sollte man glauben, dass der Organismus wieder mit Begierde Eiweiss sparen und ansetzen würde. Bei einer Vermehrung der Eiweissmenge in der Kost müsste also der N-Ansatz recht gross werden und N-Gleichgewicht nicht so bald eintreten, vorausgesetzt nämlich, dass die Calorienzufuhr nicht zu knapp bemessen ist.

Jedoch zeigt die Fortsetzung des Versuches, dass dieses nicht der Fall ist.

Im ersten Theile der Serie III, bei einer N-Zufuhr von etwa 13 g,¹ beträgt die N-Ersparniss Alles in Allem 14.49 g, wovon der grösste Theil, oder nicht weniger als 11.93 g, auf die vier ersten Tage entfällt, d. h. auf die Tage, in denen der Organismus darnach strebt, sich der vermehrten N-Menge in der Kost anzupassen.

Die Calorienzufuhr ist in diesem Theile der Serie III besonders reichlich, 2700 Cal., oder nicht weniger als etwa 42 Cal. pro Kilogr. Körpergewicht; die N-freien Nährstoffe allein lieferten 2368 Cal. (etwa 37 Cal. pro Kilogramm), eine an sich schon genügende Menge, um den Energiebedarf des Organismus zu decken.

Im letzten Theile der Serie III steigen die N-Einnahmen auf 22.5 g täglich. Die Energiezufuhr beträgt 2547 Cal. oder etwa 40 pro Kilogramm Körpergewicht. Die N-Ersparniss in diesen sechs Tagen beträgt nur 6.15 g, welche hauptsächlich am ersten Tage angesetzt werden. In den übrigen fünf Tagen ist die N-Bilanz pro die theils positiv, theils negativ, was darauf beruht, dass die N-Menge in der Kost nicht alle Tage gleich ist, sondern etwas wechselt. Aus diesem Grunde lässt sich nicht sicher bestimmen, an welchem Tage das N-Gleichgewicht eintritt. In diesen fünf Tagen betragen die N-Einnahmen 113.37 g, die Ausgaben 113.83 g, also in diesen Tagen keine Ersparniss.

Es ist bemerkenswerth, dass die N-Ersparniss in diesem Theil der Serie III nicht grösser ist, obgleich die Calorienzufuhr etwa 40 Cal. pro Kilogramm beträgt.

Für die ganze Serie beträgt die N-Ersparniss in Summa 20.64 g.

¹ Am zweiten Tage der Serie beträgt die N-Zufuhr nur 8.24 g, weil ich das Eiweiss unmittelbar nach so lang anhaltender N-armer Kost nicht allzu hastig vermehren wollte, da ich nicht sicher sein konnte, in welchem Grade ein derartiger rascher Wechsel den Organismus, besonders die Nieren, anstrengen würde.

Die N-Menge — 32.41 g —, welche der Organismus früher verlor, wird also in diesen 13 Tagen nur zu zwei Dritteln gedeckt.

Es wurde schon hervorgehoben, dass die grössten Ersparnisse in den ersten Tagen nach Erhöhung der N-Menge in der Kost eintreten. Darauf wird der N-Ansatz verhältnissmässig gering. Trotz der reichlichen Calorienzufuhr ist es also nicht leicht, eine Eiweissersparniss zu Wege zu bringen.

Dieses zeigt, dass der Organismus trotz eines vorhergehenden starken N-Verlustes bei einer Vermehrung der N-Zufuhr in der Kost in erster Linie darnach strebt, in N-Gleichgewicht zu kommen.

Dieser Umstand ist bemerkenswerth, da er augenscheinlich dafür spricht, dass die lebende Substanz relativ langsam aus dem todtten Eiweiss der Kost aufgebaut wird.

Bekanntlich ist Pflüger in Uebereinstimmung mit Liebig der Ansicht, dass nur organisirte Substanz im Organismus verbrannt wird, und dass alles Eiweiss welches wir durch die Nahrung erhalten, erst organisirt wird — hoc est, aus todttem in lebendes Eiweiss übergeht. Voit und seine Schule dagegen unterscheidet zwischen „organisirtem“ und „circulirendem“ Eiweiss. Das organisirte, lebende Eiweiss ist relativ beständig, das circulirende dagegen, welches aus der Nahrung stammt, wird in erster Reihe verbrannt, ohne vorher organisirt worden zu sein.

Wenn es sich so verhält, dass die lebende Substanz nur langsam aus dem todtten Eiweiss der Kost aufgebaut wird, wie mein Versuch darzulegen scheint, so hat wohl die Liebig-Pflüger'sche Lehre nicht viel Wahrscheinlichkeit für sich. Stellt man sich auf den Standpunkt dieser Theorie, so würde der Organismus in einigen Stunden das aus der Kost resorbirte todtte Eiweiss in lebende Substanz verwandeln, um es unmittelbar wieder zu zerstören.

Von rein teleologischem Gesichtspunkte aus ist es gegenwärtig nicht einzusehen, wozu eine derartige — dem Organismus relativ unnütze — synthetische Arbeit dienen sollte.

Alles, was uns bis auf Weiteres über den Eiweissumsatz im thierischen Organismus bekannt ist, spricht für die Voit'sche Lehre vom „circulirenden Eiweiss“.

Das N-Gleichgewicht, die relativ rasche Verbrennung des Eiweisses, die Schwierigkeit, eine Eiweissersparniss zu Stande zu bringen u. s. w., sind Thatsachen, die völlig mit dieser Theorie im Einklange stehen, welche auf dem gegenwärtigen Standpunkte unseres Wissens die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Um die Frage zu entscheiden, ob der Energiebedarf des menschlichen Organismus bei niedriger Eiweissdiät grösser ist, als unter gewöhnlichen Verhältnissen, bestimmte ich in Serie I und II und bei gewöhnlicher Kost meine CO₂-Production in 24 Stunden.

Die Luftproben wurden nach sechsständigen Zwischenräumen genommen, und der Versuchstag von 8 bis 8 Uhr Morgens gerechnet.

Einige Tage lang hatte ich mit einem gewöhnlichen Schrittzähler meine Schritte gezählt und gefunden, dass ich durchschnittlich 9 bis 10 000 Schritte am Tage zurücklegte. Um so vergleichbare Zahlen als möglich zu erhalten, spazierte ich auch in der Respirationskammer etwa 10 000 Schritt in 24 Stunden.

In folgender Tabelle ist die CO₂-Production für diese drei Versuchstage angegeben.

Periode	Serie I. 6. bis 7. Nov. 1899		Serie II. 22. bis 23. Nov. 1899		Gewöhnliche Kost 4. bis 5. Jan. 1900	
	CO ₂	C	CO ₂	C	CO ₂	C
1.	211.7	57.2	214.9	58.0	230.0	62.1
2.	222.2	60.0	199.3	53.8	200.7	54.2
3.	148.0	40.0	132.8	35.9	144.9	39.1
4.	132.1	35.6	157.3	42.6	126.4	34.1
Sa.:	714.0	192.8	704.9	190.3	702.0	189.5

Um hieraus den Gesamtstoffwechsel zu berechnen, nehme ich an, dass Fett, Kohlehydrate und Alkohol im Organismus in denselben Verhältnissen verbrannt, wie diese Nährstoffe in der Kost vorhanden waren.¹

In Serie I und II vertheilt sich der Kohlenstoff in der Kost auf Fett, Kohlehydrat und Alkohol auf folgende Art in Procenten:

¹ Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, dass dieses thatsächlich nicht der Fall zu sein braucht, sondern dass die Verbrennung dieser Nährstoffe im Organismus auf andere Art geschehen kann. Wir wissen, dass die lebende Substanz zuerst das Eiweiss angreift, und dass wahrscheinlich Alkohol und Kohlehydrate vor dem Fette verbrannt werden. Wenn indessen dem auch so wäre, so wirkt dieses in meinem Versuche nicht wesentlich auf das Resultat ein, und daher wollte ich nicht von der Berechnungsweise des Gesamtstoffwechsels abweichen, die früher beispielsweise von Tigerstedt und Söndén (Untersuch. über die Respiration und den Gesamtstoffwechsel des Menschen. *Dies Arch.* 1895) eingeschlagen wurde. Die erhaltenen Werthe gestalten sich sowohl in dem einen, wie dem anderen Falle nicht absolut exact, da die Kost, Urin und Fäces nicht vollständig auf Kohlenstoff analysirt wurden.

	Kohlenstoff aus		
	Fett	C-Hydrat	Alkohol
Serie I	34 Proc.	64 Proc.	2 Proc.
Serie II	33 „	63 „	4 „

Aus Versehen wurde die Kost am 4. bis 5. Januar nicht gewogen, so dass ich nicht mit Sicherheit die Zusammensetzung derselben angeben kann. Lege ich gleichwohl der Berechnung die Werthe zu Grunde, welche ich im vorigen Versuche¹ in der 10tägigen Periode bei frei gewählter Kost erhielt, so dürfte die Abweichung vom wirklichen Verhalten nicht allzu gross sein. Die Vertheilung des Kohlestoffes in der Nahrung gestaltet sich bei meiner gewöhnlichen Kost derart, dass 41 Proc. auf Fett entfallen, 56 Proc. auf Kohlehydrat und 3 Proc. auf Alkohol.

Vorausgesetzt, dass im Harn $N:C = 1:0.90$ und im Eiweiss $N:C = 1:3.28$, und dass folgende Calorienmengen entsprechen:

1 ^g N	= 26.0 Cal.
1 C in Fett	= 12.3 „
1 C in Kohlehydrat	= 9.5 „
1 C in Alkohol	= 13.4 „

so erhalten wir folgende Zahlen für den Gesamtstoffwechsel im Organismus:

Serie Datum	N g	Kohlenstoff in Gramm aus				Summa C	Summa Calorien
		Eiweiss	Fett	Kohleh.	Alkoh.		
I. 6.—7./XI.	6.93	22.7	59.7	112.2	3.5	198.1	2027
II. 22.—23./XI.	2.99	9.8	60.5	115.5	6.5	192.3	2082
Gewönl. Kost 4.—5./I. 1900	12.4	41.0	66.0	90.0	5.0	202.0	2056

In den Serien I und II, bei der besonders N-armen Kost, beträgt mein Energiebedarf 2027 und 2082 Cal., oder etwa 32 Cal. netto pro Kilogramm Körpergewicht. Bei gewöhnlicher Kost beträgt er 2056 Cal. oder nahezu ebenso viel. Im vorigen Versuche hatte ich den Gesamtstoffwechsel auf 1895, 1999 bzw. 1912 Cal. bestimmt bei einer Eiweissmenge in der Nahrung von 79.4, 64.6 und 39.6 g.

Der unbedeutende Unterschied des Energiebedarfs zwischen dem vorigen und diesem Versuche findet seine Erklärung darin, dass ich mich im ersten Versuche in der Respirationskammer weniger bewegte. Die Uebereinstimmung im Gesamtstoffwechsel an allen diesen ver-

¹ l. c. S. 107.

schiedenen Tagen mit wechselnder Eiweissmenge in der Nahrung ist gleichwohl derart, dass die Differenz als innerhalb der gewöhnlichen Fehlergrenzen liegend angesehen werden muss.

Hieraus folgt ganz klar, dass eine Verminderung der Eiweissmenge der Nahrung keinen Einfluss auf den Energieumsatz im Organismus ausübt, sondern dass der Calorienbedarf bei besonders niedrigem Eiweissgehalt der Nahrung ebenso gross ist, wie unter normalen Verhältnissen.

Die Verminderung des Körpergewichts, welche bei dem niedrigen N-Gleichgewicht im vorigen Versuch eintrat, kann also nicht darauf beruht haben, dass der Energiebedarf des Organismus grösser war, als bei gewöhnlicher Kost, und ich aus diesem Grunde von meinem Körperfett verbrannte.

Auch in diesem Versuche nahm das Körpergewicht vom 5. bis 15. November etwa um 1 kg ab bei einer Calorienzufuhr von etwa 2500 (38 bis 30 Cal. pro Kilogramm). Als die Kost am 15. November auf etwa 43 Cal. pro Kilogramm vermehrt wurde, erhielt sich das Körpergewicht ziemlich constant. Die Verminderung in den übrigen 23 Tagen des Versuches betrug etwa 0.5 kg.

Es ist eigenthümlich, dass das Körpergewicht abnimmt, obgleich theoretisch wenigstens, die Kost als völlig genügend, ja sogar reichlich anzusehen ist. Worauf dieses beruht, kann ich nicht erklären. Sicher ist jedoch ein Theil des Verlustes Veränderungen in der Wassermenge des Organismus zuzuschreiben. Wie aus der Tabelle S. 316 hervorgeht (z. B. 21., 22., 23. November), variirte das Körpergewicht an den verschiedenen Tagen nicht unbedeutend. Da ich mich stets zur selben Zeit, um 9 Uhr Vormittags, wog, noch bevor ich etwas genossen hatte, und vor der Defäcation, so beruhen diese Fluctuationen des Körpergewichts, 200 bis 300 g täglich, sicherlich nur auf Schwankungen in der Wassermenge des Organismus.

Gleichwohl spielt sicher in Serie I auch der relativ grosse Eiweissverlust des Organismus eine nicht ganz unbedeutende Rolle. Eine nähere Berechnung darüber, wieviel vom Gewichtsverluste auf Wasser entfällt und wieviel auf die Verminderung des Eiweisses, gestattet der Versuch selbstverständlich nicht.

Ueber den Schwefelumsatz im Organismus bei geringer Menge Eiweiss in der Nahrung.

Wenn es darauf ankommt, die untere Grenze des wirklichen Eiweissbedarfes zu bestimmen, so genügt es nicht, nur das N-Gleich-

gewicht in Betracht zu ziehen. Denn da die Kost N auch in anderer Form als Eiweiss enthält, so lässt sich aus der N-Bilanz allein nicht der reine Eiweissumsatz beurtheilen.

Berücksichtigt man dagegen gleichzeitig die S-Bilanz, so kommt man der Wahrheit näher, da der Schwefel sowohl in der Nahrung, wie in den Ausgaben des Körpers zum allergrössten Theile aus dem Eiweiss stammt.

Wenn man also bei einer Kost mit ausnehmend wenig N, wovon ein grosser Theil nicht auf Eiweiss entfällt, in N-Gleichgewicht kommt, so muss man sich auch in S-Gleichgewicht befinden, um mit völliger Sicherheit behaupten zu können, dass das reine Eiweiss in der Nahrung hinreichend ist, den Bedarf des Organismus zu decken.

In den Serien I und II enthielt meine Kost etwa 40 Proc. Nicht-Eiweiss-N. Unter solchen Umständen war es natürlich von grösstem Interesse, auch den Schwefelumsatz zu verfolgen. Ich that dieses um so lieber, als der vorhergehende Versuch, wo die Schwefelmenge nur im Harn bestimmt wurde, mich zu der Behauptung veranlasst hatte, dass die nicht eiweissartigen N-Verbindungen in der Nahrung (Asparagin, Amidosäuren u. dgl.) nicht „so direct im Organismus verbrannt wurden, als man bisher angenommen“. Zu dieser Schlussfolgerung musste ich kommen, da ich voraussetzte, dass das Eiweiss 2 Proc. Schwefel enthielt.¹

Indessen bin ich jetzt in der Lage, meinen vorigen Versuch in dieser Hinsicht zu corrigiren. Eine vollständige Schwefelanalyse nicht nur des Harns, sondern auch der Fäces und der Nahrung zeigt nämlich, dass die nicht eiweissartigen N-Verbindungen sich nicht so zu verhalten brauchen, wie ich früher angegeben..

In der Tabelle auf folgender Seite ist die Schwefelbilanz für die drei ersten Serien des Versuches zusammengestellt.

Im Grossen und Ganzen geht der Schwefelumsatz in diesem Versuche parallel mit dem N-Umsatz. In der ganzen ersten Serie verliert der Organismus durchschnittlich täglich 0.134^g Schwefel, oder etwa 22 Proc. der S-Ausgaben; in Serie II dagegen durchschnittlich nur 0.008^g pro Tag, oder etwa 1.5 Proc. der Schwefelausgaben. — In Serie II findet sich also nahezu Schwefelgleichgewicht und zeigt dieses, dass die geringe Menge reinen Eiweisses (etwa 15^g), welches die Kost enthielt, nahezu völlig hinreichte, um den Bedarf des Organismus zu decken.

Ebenso wie im ersten Versuche, ist auch hier die Menge des Schwefels im Harn, im Verhältniss zum Stickstoff, recht hoch, und

¹ Siehe Näheres *dies Archiv*. 1899. Bd. X. S. 131.

Datum 1899	Harn			Schwefel in den Fäces	Schwefel in Harn u. Fäces	Schwefel in der Kost	Bilanz
	Oxydirter Schwefel	Neutraler Schwefel	Gesamt- Schwefel				
	g	g	g				

Serie I.

Novbr. 5.	0.548	0.123	0.671	—	—	0.388	—
„ 6.	0.317	0.153	0.500	—	—	0.388	—
„ 7.	—	—	0.381	—	—	0.388	—
„ 8.	0.275	0.230	0.505	—	—	0.388	—
„ 9.	0.288	—	—	0.156	—	0.388	—
„ 10.	0.267	0.158	0.425	0.156	0.581	0.388	-0.193
„ 11.	—	—	—	0.156	—	0.388	—
„ 12.	0.284	0.074	0.358	0.156	0.514	0.388	-0.126
„ 13.	0.297	0.133	0.412	0.156	0.568	0.484	-0.084
„ 14.	0.259	0.220	0.479	0.156	0.635	0.484	-0.151
„ 15.	0.302	—	—	0.156	—	0.484	—
„ 16.	0.264	0.215	0.479	0.156	0.635	0.484	-0.151
„ 17.	0.329	0.070	0.399	0.156	0.555	0.484	-0.071
„ 18.	0.311	0.121	0.432	0.143	0.575	0.484	-0.091
„ 19.	0.293	0.277	0.570	0.143	0.713	0.484	-0.229
„ 20.	0.274	0.179	0.453	0.143	0.596	0.484	-0.112
„ 21.	0.307	0.163	0.470	0.143	0.613	0.484	-0.129

Serie II.

Novbr. 22.	0.275	0.155	0.430	0.127	0.557	0.545	-0.012
„ 23.	0.252	0.137	0.389	0.127	0.516	0.545	+0.029
„ 24.	0.226	0.194	0.420	0.127	0.547	0.545	-0.002
„ 25.	0.225	0.211	0.466	0.127	0.593	0.545	-0.048

besonders ist der neutrale Schwefel vermehrt. Folgende Tabelle umfasst die durchschnittliche Schwefelmenge pro Tag, wie auch das Verhältniss von N : S in Kost, Harn und Fäces.

Die Ursache der verhältnissmässig grossen Menge Schwefel im

Serie	Durchschn. pro Tag ausgesch. Schwefel in Gramm			$\alpha + \beta = 100$ $\alpha : \beta$	N : S in		
	Gesamt- Schw.	oxydirter Schw. α	neutraler Schw. β		Kost	Harn	Fäces
I	0.470	0.308	0.162	66 : 34	6.1 : 1	7.7 : 1	8.2 : 1
II	0.426	0.252	0.174	59 : 41	7.4 : 1	7.2 : 1	9.7 : 1

Harn ist darin zu suchen, dass auch die Kost verhältnissmässig viel Schwefel enthält. Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist das Verhältniss von N:S in der Kost, wie in Harn und Fäces, ungefähr gleich.

Aus diesem Grunde ist anzunehmen, dass der N sowohl im Harn, als in den Fäces theils aus dem reinen Eiweiss der Nahrung, theils aus den anderen N-haltigen Verbindungen herkommt, und dass die Resorption und Verbrennung sowohl des Eiweisses, als der Amidverbindungen in gleichen Verhältnissen vor sich geht. Im vorigen Versuche war ich zu dem Schlusse gelangt, dass aller N im Harn vom Eiweiss herkommt, da ich die S-Menge im Eiweiss auf 2 Proc. veranschlagte.

In Folge dessen konnte ich nicht befriedigend erklären, wie die nicht eiweissartigen N-Verbindungen in der Nahrung, die nachweisbar resorbirt waren, den Organismus verliessen.

Jetzt stellt sich die Sache, wie oben gezeigt, viel einfacher, da der Harn-N deutlich nicht nur aus dem Eiweiss stammt, sondern auch aus diesen Amidverbindungen in der Kost.

Meine in der vorigen Abhandlung ausgesprochene Behauptung, dass diese nicht eiweissartigen N-Verbindungen in der Kost den Organismus nicht so direct verlassen, als man angenommen, wird also hinfällig.

Der Phosphorumsatz des erwachsenen Menschen.

Soweit mir bekannt, fehlen vollständige Bilanzen über den Phosphorumsatz des Menschen unter normalen Verhältnissen gänzlich. Aus diesem Grunde schien es mir am Platze zu sein, folgende Phosphorbilanz zu veröffentlichen, wenn auch daraus bis auf Weiteres keine bemerkenswerthen Schlüsse zu ziehen sind.

In folgender Tabelle sind die Phosphoreinnahmen und -Ausgaben meines Organismus vom 5. November bis zum 8. December incl. zusammengestellt.

Schon durch Bischoff's¹ Untersuchungen an Hunden weiss man,

Datum	P im Harn g	P in den Fäces g	P in Harn + Fäces g	P in der Kost g	Bilanz g
October 31.	0.992	—	—	—	—
November 1.	1.098	—	—	—	—
„ 2.	1.023	—	—	—	—
„ 3.	—	—	—	—	—
„ 4.	1.047	—	—	—	—

¹ *Zeitschr. f. Biologie.* 1867. Bd. III. S. 309.

(Fortsetzung.)

Datum	P im Harn g	P in den Fäces g	P in Harn + Fäces g	P in der Kost g	Bilanz g
-------	----------------	------------------------	---------------------------	-----------------------	-------------

Serie I.

November 5.	0.644	—	—	0.389	—
„ 6.	0.678	—	—	0.389	—
„ 7.	0.480	—	—	0.389	—
„ 8.	0.502	—	—	0.389	—
„ 9.	0.502	0.283	0.785	0.389	-0.396
„ 10.	0.498	0.283	0.776	0.389	-0.387
„ 11.	0.422	0.283	0.705	0.389	-0.316
„ 12.	0.469	0.283	0.752	0.389	-0.363
„ 13.	0.430	0.283	0.713	0.526	-0.187
„ 14.	0.458	0.283	0.741	0.526	-0.215
„ 15.	0.470	0.283	0.753	0.526	-0.227
„ 16.	0.448	0.283	0.731	0.526	-0.205
„ 17.	0.419	0.283	0.702	0.526	-0.176
„ 18.	0.415	0.331	0.746	0.526	-0.220
„ 19.	0.385	0.331	0.716	0.526	-0.190
„ 20.	0.439	0.331	0.770	0.526	-0.244
„ 21.	0.356	0.331	0.687	0.526	-0.161

Serie II.

„ 22.	0.389	0.364	0.753	0.644	-0.109
„ 23.	0.381	0.364	0.745	0.644	-0.101
„ 24.	0.437	0.364	0.801	0.644	-0.157
„ 25.	0.523	0.364	0.887	0.644	-0.243

Serie IIIa.

„ 26.	0.654	0.460	1.114	1.131	+0.017
„ 27.	0.887	0.460	1.347	1.653	+0.306
„ 28.	0.911	0.460	1.371	1.677	+0.306
„ 29.	0.978	0.460	1.438	1.653	+0.215
„ 30.	0.984	0.460	1.444	1.629	+0.185
December 1.	0.802	0.460	1.262	1.629	+0.367
„ 2.	0.964	0.460	1.424	1.558	+0.134

Serie IIIb.

„ 3.	1.108	1.595	2.703	3.183	+0.480
„ 4.	1.410	1.595	3.005	3.124	+0.119
„ 5.	1.441	1.595	3.036	3.124	+0.088
„ 6.	1.410	1.595	3.005	3.099	+0.094
„ 7.	1.445	1.595	3.040	3.194	+0.154
„ 8.	1.441	1.595	3.036	3.147	+0.111

dass der Phosphor- und N-Umsatz ziemlich gleichen Schritt halten, so dass, wenn der Organismus N verliert, auch P abgeht und umgekehrt. Dieses ist im Allgemeinen auch in meinem Versuche der Fall. — In Serie I beträgt der N-Verlust des Organismus pro Tag (vom 9. bis 21. November) 1.54 g, und der Phosphorverlust ist gleichzeitig 0.253 g; in Serie II betragen die betr. Zahlen 0.28 g N und 0.52 g P; in Serie III erspart der Körper sowohl N-, als P-haltige Substanz.

Während ich mich also in Serie II nahezu in N-Gleichgewicht befand, war der Phosphorverlust noch so gross, dass er nicht innerhalb der gewöhnlichen Fehlergrenzen fallen kann, sondern einen wirklichen Verlust phosphorhaltiger Substanz aus dem Organismus bilden muss.

Die Ursache ist in der Versuchsanordnung zu suchen. Da mein N-Deficit am Ende der Serie I etwas über 1 g pro Tag betrug, beschloss ich, die Nahrung um ein Ei (etwa 50 g), welches ungefähr 1 g N enthielt, zu vermehren, in der Hoffnung, hierdurch in N-Gleichgewicht zu kommen, was auch nahezu gelang. Mein Phosphordeficit betrug in derselben Zeit etwa 0.2 g P täglich. Da ein Ei nur 0.1 g P enthält, so war es selbstverständlich, dass ich durch Hinzufügung eines solchen zur Kost nicht gleichzeitig P-Gleichgewicht erlangen konnte.

Dieses zeigt gewissermaassen, dass der N- und P-Umsatz nicht parallel zu verlaufen braucht. Schon a priori scheint dieses auch ganz natürlich, denn da N- wie P-Umsatz in erster Linie durch die Nahrung beeinflussen wird, so lässt sich sehr wohl denken, dass diese so zusammengesetzt sein kann, dass N-Gleichgewicht ohne gleichzeitiges Phosphorgleichgewicht existiren kann, wie dies auch in meinem Versuche der Fall war. Bekanntlich stammen N und P aus verschiedenen Quellen. Während die N-Bilanz ein treues Bild des Eiweissumsatzes im Organismus giebt, stammt der Phosphor zum Theil (und zwar überwiegend) aus den Nucleinen, zum Theil aus den phosphorsauren Salzen der Kost. Aus diesem Grunde braucht natürlich die untere Grenze des N- und P-Bedarfs nicht gleichzeitig erreicht zu werden.

In Serie II befinde ich mich offenbar ganz nahe der unteren Grenze meines N-Bedarfs, während dies in Bezug auf den P-Bedarf nicht der Fall ist. Wie gross der letztere ist, lässt sich aus meinem Versuche nicht mit Sicherheit bestimmen. Wahrscheinlich aber kann der Minimalbedarf an Phosphor pro Tag, meinem Versuche nach zu urtheilen, nicht weniger als 0.7 bis 0.8 g betragen. In den Serien I und II steigen die täglichen Phosphorausgaben auf diesen Werth und erhalten sich ziemlich constant auf demselben. Bei dieser Diät ist also höchst wahrscheinlich, dass sich die untere Grenze des Phosphorbedarfs ganz in der Nähe dieser Zahl befinden muss.

Bekanntlich hat man in letzterer Zeit vielfach die Frage discutirt, in welcher Form der Phosphor resorbirt wird. Seitdem die grosse Bedeutung des Phosphors für das Wachsthumsvermögen des Organismus dargelegt worden und man zeigen konnte, dass speciell für die Zellenbildung die Anwesenheit von Phosphor in der die Zelle umgebenden Nährflüssigkeit von grösster Bedeutung ist, hat man sich gefragt, ob der Phosphor in organisch gebundener Form, oder als anorganisches Salz von den Zellen aufgenommen wird.

Man stellte sich Anfangs vor, dass der Phosphor in organischer Verbindung — vor Allem in den Nucleinstoffen gebunden — nur unbedeutend resorbirt wurde, weil die Stoffe (die Nucleine) eine grosse Widerstandskraft gegen die Digestionsflüssigkeiten zeigten (Bokay), und daher der Organismus diese Nucleinstoffe synthetisch aus einfacheren Verbindungen aufbauen muss.

Spätere Untersuchungen (Popoff, Gumlich, Marcuse, Steinitz) sprechen jedoch dafür, dass der Phosphor nicht nur als phosphorsaures Salz, sondern auch in organischer Verbindung resorbirt wird.

Im Allgemeinen ist jedoch die Phosphorresorption, scheinbar wenigstens, bedeutend geringer als die N-Resorption. Dieses geht auch aus meinem Versuche und aus folgenden Vergleichen hervor.

In meinem Versuche enthalten die Fäces vom N und Phosphor der Nahrung folgende Zahlen in Procenten:

		N	P
Serie	I.	31	50
	„ II.	30	57
	„ III.	13	42

Verhältnissmässig ist also die P-Resorption bedeutend geringer als die N-Resorption.

Gleichwohl braucht dieses in Wirklichkeit nicht der Fall zu sein. Wir wissen, dass ein bedeutender Theil des N in den Fäces — etwa 1^g bei gewöhnlicher Kost — aus dem Organismus her stammt, und nicht aus Speiseresten; und höchst wahrscheinlich verhält sich in Betreff des Phosphors ebenso, obgleich wir nicht einmal annähernd wissen, ein wie grosser Theil des P in den Fäces aus der Speise stammt, und wie viel aus dem Organismus. Es lässt sich daher gegenwärtig nichts mit Bestimmtheit darüber sagen, ob die Resorption von P in Wirklichkeit schwächer ist als die N-Resorption.

Schlusswort.

Suche ich in Kürze die Resultate dieser Untersuchung zusammen zu fassen, so komme ich zu folgenden Schlüssen.

1. Dieser Versuch bekräftigt noch mehr die durch meinen früheren Versuch dargelegte Thatsache, dass sich der menschliche Organismus, eine kürzere Zeit wenigstens, in N-Gleichgewicht erhalten kann bei einer N-Zufuhr von 0.7 bis 0.8^g N pro Kilogramm Körpergewicht, wovon nur etwa 0.3^g (= 0.2^g Eiweiss) reiner Eiweiss-N zu sein braucht.¹

2. Bei dieser niedrigen N-Zufuhr ist der Energiebedarf des Organismus nicht erhöht, sondern ebenso gross wie unter gewöhnlichen Verhältnissen bei eiweissreicher Kost.

3. Nach einem vorhergegangenen starken Eiweissverlust strebt der Organismus, bei Vermehrung des Eiweisses in der Kost, in erster Linie darnach, in N-Gleichgewicht zu kommen, und scheint nur verhältnissmässig langsam N-haltige Substanz anzusetzen, was augenscheinlich dafür spricht, dass die lebende Substanz nur langsam aus dem todtten Eiweiss der Kost wieder aufgebaut wird.

In Bezug auf die S- und P-Bilanzen sei auf die Seiten 323 und 326 verwiesen.

Es lässt sich nicht leugnen, dass die Frage von der Bedeutung des Eiweisses in der täglichen Nahrung des Menschen trotz des Fleisses und der Arbeit, die auf das Studium derselben verwandt wurde, noch immer als ungelöstes Räthsel vor uns steht.

Zu Liebig's Zeiten, als man noch kein so grosses Material von Thatsachen zur Verfügung hatte, schien die Antwort auf diese Frage viel einfacher als jetzt: Man nahm an, dass bei der Arbeit, die der Organismus verrichtete, nur organisirtes Material zerstört wurde, und dass diese Arbeit ausschliesslich auf Kosten des Eiweisses ausgeführt wurde. Und da der Organismus seine lebende Substanz aus keinen einfacheren Verbindungen aufbauen konnte als aus dem Eiweiss, so ging hieraus unmittelbar die grosse Bedeutung des Eiweisses für den Organismus hervor. Was zerstört wurde, musste ersetzt werden. Je mehr Eiweiss daher die Nahrung enthielt, desto besser, „kräftiger“ war sie. In Folge dessen wurde denn auch lange Zeit hindurch der Nährwerth eines Nahrungsmittels ausschliesslich nach seinem Eiweissgehalt beurtheilt.

¹ Ich sehe hier gänzlich von dem unbedeutenden Verlust der N-haltigen Substanz ab, welcher beispielsweise durch Abschuppen der Haut, Abnutzung der Nägel, Ausfallen des Haares u. s. w. zu Stande kommt; diese Verluste, pro Tag berechnet, sind so klein, dass sie mit Recht nicht in der N-Bilanz mitgezählt werden, sondern innerhalb der Fehlergrenzen der Methodik fallen und daher im Allgemeinen mit Fug unbeachtet gelassen werden.

Nun haben aber fortgesetzte Forschungen die alte Liebig'sche Lehre in wesentlichen Punkten ganz und gar umgestaltet. Wir wissen nunmehr, dass die Muskelarbeit des Organismus hauptsächlich auf Kosten der N-freien Nährstoffe der Kost ausgeführt wird, und dass bei der Verbrennung im Organismus höchst wahrscheinlich nicht organisirtes Material zerfällt.

Wir wissen ferner, dass der Eiweissbedarf nicht vom eigenen Eiweissbestande des Organismus abhängt, und dass der Organismus seine Arbeit ebenso gut mit verhältnissmässig viel, als mit verhältnissmässig wenig Eiweiss in der Nahrung ausführen kann. Nur eine gewisse, recht niedrige untere Grenze lässt sich nicht unterschreiten, ohne dass der Organismus von seinem eigenen Eiweiss einbüsst.

Wie aus diesen Untersuchungen hervorgehen dürfte, ist auch der Energiebedarf des Organismus bei geringen Eiweissmengen in der Kost nicht grösser als normal, wie man früher annahm (Voit, J. Munk), sondern derselbe ist wie unter normalen Verhältnissen.

Mit Kenntniss aller dieser Thatsachen fragt man sich nunmehr, welche Bedeutung das Eiweiss der Nahrung besitzt? Die Frage scheint jetzt schwerer zu beantworten zu sein, als zu Liebig's Zeit.

Wie eben erwähnt, geht aus mehreren experimentellen Untersuchungen hervor, dass eine bestimmte untere Grenze für den N-Bedarf existirt, die sich nicht unterschreiten lässt, ohne dass der Organismus von seiner lebenden Substanz verliert.

Aber diese untere Grenze untersteigt bedeutend die Eiweissmenge, die der Mensch täglich verzehrt. Mit nur 4 bis 5^g N in der Nahrung ist es noch möglich — für kurze Zeit wenigstens —, einen erwachsenen, 65^{kg} schweren Mann im N-Gleichgewicht zu erhalten. — In unserer täglichen Kost erhalten wir aber 15 bis 20^g N.

Ist nun der grössere Theil dieser N-Menge überflüssig? — Aeltere Physiologen (Lehmann, Frerichs, Bidder und Schmidt) bejahten diese Frage und stellten die bekannte „Luxustheorie“ auf. Nur die Menge Eiweiss, welche dem Hungerminimum entsprach, war dem Organismus nothwendig; was dieses Minimum überstieg, war „Luxus“.

Gegen diese „Luxustheorie“ trat Voit auf, und es gelang ihm durch seine grosse Autorität auf dem Gebiete der Ernährungsphysiologie, dieselbe zurück zu weisen. Wiederholt erklärte Voit, dass die Eiweissmenge, welche wir im Allgemeinen verzehren, auch nothwendig ist, um den Körper „muskelkräftig“ und arbeitsfähig zu erhalten, und dass 118^g Eiweiss in der Nahrung das Minimum für einen sog. „Mittelarbeiter“ bilde. Voit, wie auch Pflüger geht dabei von der Voraussetzung aus, dass der Eiweissbedarf sich nach dem eigenen

Eiweissbestande des Organismus richtet, und dass ein constantes Verhältniss zwischen der N-Menge in der Nahrung und dem eigenen N des Organismus besteht.

Nun existirt aber kein derartiges Verhältniss, denn der menschliche Organismus kann, ohne etwas von seinem eigenen N zu verlieren, die N-Menge in der Nahrung von der Norm bis auf 4 bis 5^o herabsetzen, was unmöglich wäre, wenn der eigene N-Bestand des Organismus so von der N-Menge in der Kost abhinge, wie Voit und Pflüger behaupten.

Da es ebenfalls sicher bewiesen ist, dass der menschliche Organismus auch eine längere Zeit mit viel weniger Eiweiss in der Nahrung auskommen kann, als Voit für einen Mittelarbeiter fordert,¹ und da es höchst unsicher ist, ob nur eine reichliche Eiweisszufuhr den Organismus „muskelkräftig“ und arbeitsfähig macht, so lässt sich bezweifeln, ob Voit's strenges Urtheil über die alte „Luxustheorie“ völlig gerecht war.

Auf Grund von Laboratoriumsversuchen wäre man geneigt zu behaupten, dass diese alte Lehre, in gewissem Grade wenigstens, berechtigt war.

Doch wäre es sicherlich übereilt, von einem Ueberflusse zu sprechen, bevor man den Zweck kennt, wozu der Organismus das Eiweiss verwendet, welches er täglich verzehrt. Was wissen wir darüber?

Es muss zugegeben werden, dass unser Wissen hierin im Allgemeinen negativ ist.

Wir wissen, dass das Eiweiss in der Nahrung für die Muskelarbeit nicht nothwendig ist; wir wissen, dass ein gewisses Minimum nicht unterschritten werden darf, ohne dass der Organismus darunter leidet, aber wir wissen nicht, weshalb dem so ist; wir wissen nicht, welchen vitalen Processen das Eiweiss im Allgemeinen, und speciell diese verhältnissmässig geringe Eiweissmenge dient.

Aber so lange unsere Kenntniss des Eiweissstoffwechsels im Organismus auf diesem Standpunkte steht, so lange ist es unmöglich, eine befriedigende Antwort auf die Frage von der Bedeutung des Eiweisses in der Nahrung des Menschen zu geben.

Herrn Prof. Robert Tigerstedt spreche ich meinen besten Dank aus für die Zuvorkommenheit, mit der er mir Gelegenheit gab, in seinem Laboratorium zu arbeiten, und für das Interesse, welches er meiner Arbeit erwiesen.

¹ Voit's Vegetarianer lebte mehrere Jahre mit nur etwa 50^o Eiweiss in seiner täglichen Kost.