(Aus der chemischen Abteilung des physiologischen Instituts zu Leipzig.)

Über den Schwefel- und Phosphorstoffwechsel bei abundanter Eiweisskost.

Ein neuer Beitrag zur Frage der Eiweissmast.

Von

Dr. med. **Karl Bornstein**, Leipzig¹⁾,
Arzt für Verdauungs- und Stoffwechselerkrankungen.

Wer sich mit der Frage der Eiweissmast beschäftigen will, sei es nur zur Belehrung über diese theoretisch wie praktisch gleich wichtige Frage, sei es zum Zwecke weiterer Forschung, wird an der Arbeit von M. Kaufmann²⁾ (Mannheim): „Der gegenwärtige Stand der Lehre von der Eiweissmast“ nicht vorbeigehen dürfen. Mit vielem Nutzen wird er diesen Aufsatz studieren, der mit Objektivität und dem kritischen Urteile geschrieben ist, das dem Verfasser die eigenen Stoffwechseluntersuchungen auf diesem Gebiete mehr als anderen gestatten. Diese meine Kritik leidet nicht, wenn ich hinzufüge — was auch Kaufmann selbst hervorhebt —, dass ich in manchen Punkten nicht mit ihm übereinstimme.

Seit vielen Jahren beschäftigt mich die Frage der Eiweissmast, hervorgerufen durch abundante Eiweisskost. Verschiedene Stoffwechselselbstversuche, die ich mit einigen Eiweisspräparaten: Nutrose, Aleuronat, Somatose, Pepton, in dem chemischen Laboratorium des damals von Heidenhain geleiteten physiologischen Instituts zu Breslau bei Prof. Röhm ann angestellt hatte³⁾, veranlassten mich, später im tierphysiologischen Institut der Kgl. landwirtschaftl. Hoch-

1) Nach einem Vortrage, gehalten am 20. September 1904 in der Abteilung für innere Medizin der 76. Naturforscherversammlung in Breslau.

2) M. Kaufmann, Zeitschr. f. physik. u. diätet. Therapie Bd. 7 H. 7 u. 8. 1903/1904.

3) K. Bornstein, Über Fleischersatzmittel. Berl. klin. Wochenschr. 1897 Nr. 8 S. 162—165.

schule zu Berlin mit Erlaubnis des Vorstandes, Prof. Dr. Zuntz, den Stoffwechsel bei abundanter Eiweisskost im Selbstversuche zu studieren ¹⁾).

Und je weiter ich mich in die Einzelheiten dieser Frage vertiefe, desto mehr fühle ich mich berechtigt, meinen damals vertretenen Standpunkt festzuhalten, den ich auch später mit Nachdruck betont habe.

Auf Grund meiner Versuche und praktischen Erfahrungen behaupte ich, dass eine Eiweissmast durch einseitige Mehrzufuhr von Eiweiss — speziell Milcheiweiss — auch beim physiologischen Organismus, der natürlich nicht zu den „eiweissgesättigten“ gehören darf, möglich ist. Und ich trete und trat in Wort und Schrift nachdrücklichst für eine mässige Eiweissübernährung dort ein, wo wir den minderwertigen Organismus qualitativ und quantitativ bessern wollen, wo es uns erwünscht ist, die Zelle an Art und Menge des lebenswichtigen Inhalts zu bessern, eine Zellentrophie, Zellmast herbeizuführen. Mit der Hebung der Bedarfssubstanz tritt auch eine Erhöhung des Bedarfs ein; die Appetenz steigt, und der Körper holt sich — auch ohne Mastkur und leichter und menschlicher als durch diese — instinktiv das zur Abrundung nötige Fett.

Ich hatte mich in meinen Versuchen auf N-Bilanzen beschränkt. Von anderer Seite sind später auch Salzbilanzen gemacht worden, speziell an Phosphor und Kalk. Die Resultate auch dieser Versuche bestätigten grösstenteils das, was ich aus meinen Zahlen geschlossen hatte. Da diese Arbeiten nur in losem Zusammenhange zu dem stehen, was ich heute berichten will, weise ich nur auf diese Versuche am Menschen hin ²⁾), desgleichen auf die sehr verdienst-

1) K. Bornstein, Eiweissmast und Muskularbeit. Dieses Archiv Bd. 83 S. 540. 1901. — K. Bornstein, Über die Möglichkeit der Eiweissmast. Berl. klin. Wochenschrift 1898 Nr. 36 S. 791—793.

2) Max Dapper, Über Fleischmast beim Menschen. Inaug.-Dissert. Marburg 1902. — M. Kaufmann, Ein Beitrag zur Frage der Fleischmast. Zentralblatt für Stoffwechsel- und Verdauungskrankheiten, Mai 1902 S. 239—241. — Kaufmann und Mohr, Über Eiweissmast. Berl. klin. Wochenschr. 1903 Nr. 8 S. 161—163.

vollen Phosphorarbeiten R ö h m a n n 's und seiner Schüler¹⁾, welche am Hunde den Phosphorstoffwechsel bei Darreichung phosphorreicher und phosphorfreier Eiweisse studierten, welch' letzteren sie Phosphate in anorganischer Form beileigten. Es stellt sich heraus, dass nur organisch gebundener Phosphor zur Eiweissbildung im Organismus befähigt. Der im Eiweissmolekül fehlende Phosphor kann durch Phosphate nicht ersetzt werden.

Während sich alle diesbezüglichen Forschungen in der gewohnten Richtung bewegen und aus genau analysierten Einnahmen und Ausgaben Bilanzen gezogen werden, habe ich bei meinen letzten Experimenten, nach neuen Beweisen für meine Behauptungen und nach weiteren Perspektiven suchend, auf den Rat des Herrn Prof. Dr. Siegfried einen anderen Weg des Stoffwechselstudiums gewählt, der für andere Zwecke noch wenig, für den meinigen gleiche oder ähnliche Zwecke noch gar nicht betreten war.

Es ist bekannt, dass die organisch gebundenen Teile im Eiweissmolekül bei der Verbrennung im Organismus abgebaut und oxydiert werden, um grösstenteils in oxydierter Form als saures Salz den Körper durch die Nieren zu verlassen, so der Phosphor und der Schwefel. Ein Teil des Phosphors und Schwefels entzieht sich der Oxydation und erscheint in organischer Form als sogenannter „nicht-oxydierter“ oder „neutraler“ Phosphor und Schwefel im Harne wieder. Die Oxydationskraft der Zelle zeigt sich in der Verbrennung des zugeführten Nährmaterials. Je höher der Prozentsatz des neutralen Phosphors und Schwefels im Harne ist, desto geringer ist die Oxydationskraft des Organismus.

Bisher galt speziell die Ausscheidung des nicht oxydierten, sogenannten neutralen Schwefels in ihrem Verhältnis zur Gesamtschwefelausscheidung als Massstab für die Intensität der Verbrennung, und verschiedene Autoren haben im physiologischen und pathologischen Versuche nach dieser Richtung gearbeitet. Beim normalen Orga-

1) R ö h m a n n, Stoffwechselversuche mit P-haltigen und P-freien Eiweisskörpern. Berl. klin. Wochenschr. 1898 Nr. 36 S. 789—791. — G. Marcuse, Über den Nährwert des Caseins. Dieses Arch. Bd. 64 S. 223—248. 1896. — Steinitz, Über das Verhalten P-haltiger Eiweisskörper im Stoffwechsel. Dieses Archiv Bd. 72 S. 75—104. 1898. — L e i p z i g e r, Über Stoffwechselversuche mit Edestin. Inaug.-Dissert. Breslau 1899. — Z a d i k, Stoffwechselversuche mit P-haltigen und P-freien Eiweisskörpern. Dieses Archiv Bd. 77 S. 1—21. 1899. — Ehrlich, Stoffwechselversuche mit P-haltigen und P-freien Eiweisskörpern. Inaug.-Dissert. Breslau 1900.

nismus sind 14—26 % des ausgeschiedenen Schwefels in organischer Form vorhanden; je grösser seine Menge, desto geringer die Oxydationsenergie des Körpers.

Bei Hunger und nach Darreichung verschiedener Gifte wie bei Sauerstoffmangel ist die Oxydationskraft herabgesetzt, und der neutrale Schwefel wächst. Mit der Grösse der Eiweisszufuhr, der Quelle für den sauren Schwefel — und auch den sauren Phosphor — steigt und fällt seine Ausscheidung im Harn. Demgemäss ist auch das Verhältnis des neutralen Schwefels zum Gesamtschwefel abhängig von der Grösse der Eiweisszufuhr und muss nicht nur bei verschiedenen Individuen, sondern auch bei demselben bei ungleicher Eiweisszufuhr schwanken. Beck und Benedikt¹⁾, Freund²⁾, Harnack und Kleine³⁾ äussern sich auf Grund einer sehr grossen Anzahl von Harnanalysen in gleichem Sinne. Nur bei ganz gleichmässiger Nahrungszufuhr kann die Bestimmung des Harnschwefels ebenso zur Entscheidung gewisser Fragen herangezogen werden, wie die N-Bestimmung, wenn die Nahrung insofern gleich bleibt, als die Sulfatmenge der Nahrung dieselbe ist.

Die Schwefelausscheidung verläuft im allgemeinen nicht nur der Stickstoffausscheidung parallel, sondern auch in dem Sinne, dass desto mehr neutraler Schwefel ausgeschieden wird, je mehr N erscheint, der nicht Harnstoff ist.

Beim Phosphorstoffwechsel dürften ähnliche Verhältnisse vorliegen, wenn auch selbst bei gleichbleibender Eiweisszufuhr die Phosphorausscheidung nicht immer dem N-Stoffwechsel parallel läuft. Zum Zellstoffwechsel addieren sich beim Phosphor auch der Knochenstoffwechsel und die schwankenden Mengen im Kote.

Bei meinen zahlreichen Stoffwechselselbstversuchen erfülle ich stets — wie selbstverständlich — die erforderlichen Bedingungen, bei in Qualität und Quantität gleichmässiger Nahrungszufuhr zu arbeiten. Es dürfte daher vielleicht von Interesse sein, auf diesem bisher wenig bebauten Felde in der oben skizzierten Richtung zu arbeiten. Und ich folgte gern dem Rate des Herrn Prof. Dr. Sieg-

1) Beck und Benedikt, Über den Einfluss der Muskelarbeit auf die Schwefelausscheidung. Dieses Archiv Bd. 54 S. 27—61.

2) W. Freund, Zur Kenntnis der Schwefelausscheidung bei Säuglingen. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 29 H. 1 S. 24—46.

3) Harnack und Kleine, Über den Wert genauer Schwefelbestimmungen im Harn für die Beurteilung von Veränderungen des Stoffwechsels. Zeitschr. f. Biol. Bd. 37 S. 439.

fried, meine Eiweissmastversuche in gleicher Weise wie bisher anzustellen und in einem ersten Experimente die Ausscheidungen von neutralem Schwefel und Gesamtschwefel in ihrem Verhältnisse zueinander und zum Stickstoff im Harn bei normaler und bei durch Eiweisszulage vermehrter Nahrung zu studieren. Die interessanten Resultate veranlassten mich später, diesen Versuch dahin zu erweitern, dass ich auch noch die Ausscheidungen von Phosphaten und organischem Phosphor berechnete.

Über den ersten Versuch habe ich bereits auf dem letzten Kongresse für innere Medizin in Leipzig ¹⁾ kurz berichtet. Er besteht aus einer Vorperiode von vier und einer Hauptperiode von zehn Tagen (siehe Tab. I), die Nahrung, wie in allen meinen Versuchen, aus 250 g Schabefleisch (3,5 % N), 250 g Zwieback (1,3 % N), 80 g Milch (0,48 % N), 125 g Butter, 30 g Zucker und 250 g Kirschen. Das Experiment fand im Juni/Juli 1903 statt. Für Butter und Kirschen setze ich 0,2 g N an. Das täglich frisch geholte Fleisch wird durch die Hackmaschine geschickt, 250 g frisch abgewogen; aus verschiedenen Proben Durchschnittsanalysen. Zwiebacke werden für mich in einer grossen Menge gebacken, Portionen von je 250 g in Pergamentpapier aufbewahrt.

Ich bin bald im N-Gleichgewicht. Kotanalysen erübrigen sich, da mir nur daran gelegen war, prozentuale Verhältnisse der analysierten Harnbestandteile zu berechnen, das eine Mal von Schwefel und Stickstoff, das andere Mal von Schwefel, Phosphor und Stickstoff. Die 24stündige Harnmenge wird gesammelt und gemessen, der nicht sofort zur Analyse verwendete Teil unter Chloroformzusatz auf Eis konserviert.

Tabelle I. 10. bis 23. Juli 1903.

Vorperiode.

Tag	Harn- menge ccm	N im Harn g	Gesamter Schwefel g	Saurer Schwefel g	Neutraler Schwefel %	Verh. N:Gesamt- schwefel	Bemerkungen
1	1250	10,64	—	—	—	—	Einnahme 12,58 g N
2	1010	9,5	1,83	1,47	19,7	5,2 : 1	Ausgaben: Harn und Kot und insensibler
3	940	9,36	1,91	1,53	19,5	4,9 : 1	Verlust ca. 12,45 g N
4	925	9,89	1,75	1,44	17,4	5,65 : 1	Bilanz + 0,13 g N Also Gleichgewicht.
Durchschn.		9,85	1,83	1,48	18,9	5,4 : 1	

1) K. Bornstein, Ein weiterer Beitrag zur Frage der Eiweissmast. Verh. des XXI. Kongr. für innere Medizin 1904 S. 525—534.

Hauptperiode.

Tägliche Zulage von 60 g Plasmon mit 7,2 g N.

Tag	Harn- menge ccm	N im Harn g	Gesamter Schwefel g	Saurer Schwefel g	Neutraler Schwefel g	Vorh. N-Gesamt- Schwefel	Bemerkungen
5	1320	12,4	2,15	1,84	14,4	5,8 : 1	Einnahme 19,78 g N
6	1350	14,63	2,78	2,29	18,15	5,3 : 1	Ausgaben: Harn und Kot und insensibler
7	1400	15,68	2,84	2,33	17,9	5,5 : 1	Verlust 18,14 g N
8	1240	14,08	2,87	2,25	21,9	4,9 : 1	Bilanz pro die 1,64 g N
9	1080	13,96	2,55	2,09	18,0	5,5 : 1	für 10 Tage 16,4 g N
10	1140	16,52	2,92	2,32	20,6	5,6 : 1	
11	1290	16,29	2,86	2,26	21,0	5,7 : 1	
12	1000	15,68	2,76	2,26	18,1	5,7 : 1	
13	1410	17,51	2,74	2,29	16,4	6,4 : 1	
14	1370	16,63	2,7	2,4	11,1	6,2 : 1	
Durchschn.		15,34	2,72	2,21	18,5	5,6 : 1	

N wird in zwei Proben von je 5 ccm nach Kjeldahl bestimmt. Zur Bestimmung des Gesamtschwefels werden zweimal je 50 ccm Harn in der Silberschale eingedampft und mit Ätznatron und Salpeter verschmolzen. Die Schmelze wird mit heissem Wasser in Porzellanschalen übergeführt, mit konzentrierter Salzsäure bis zur sauren Reaktion versetzt, auf dem Wasserbade bis zur Weisstrockne abgedampft, mit heissem Wasser aufgenommen. Die saure Lösung bringt man zum Sieden und fällt durch heisses Chlorbaryum den Schwefel als Barytsulfat. Während einiger Stunden bleibt das Gefäß zur besseren Ausfällung auf dem Wasserbade. Nach 24 Stunden Filtrierung durch aschefreies Filter unter wiederholter Auswaschung mit heissem Wasser, bis keine Chlorreaktion mehr vorhanden ist. Der Rückstand nebst Filter wird getrocknet, verascht und gewogen. — Zur Sulfatbestimmung werden je 2×50 ccm Harn mit gleichen Mengen destillierten Wassers durch HCl angesäuert, zum Sieden gebracht, und, wie oben beschrieben, werden die Sulfate und Ätherschwefelsäuren durch Chlorbaryum ausgefällt usw. (siehe oben). Die Differenz zwischen Gesamtschwefel und saurem Schwefel wird als „nicht-oxydierter“ Schwefel angesprochen.

Mit der Nahrung bin ich bald im N-Gleichgewichte. Der Durchschnitt von N in der Vorperiode beträgt 9,85 g N. Unter Hinzurechnung des mir aus zahlreichen früheren Versuchen be-

kannten Faktors für Kot und insensiblen Verlust ist Gleichgewicht vorhanden eventuell eine geringe positive Bilanz.

Am fünften Tage beginne ich die einseitige Eiweissüberernährung mit dem bekannten Milcheiweisse Plasmon (12 % N); die Menge beträgt 60 g. Die Tabelle I zeigt die Zunahme der Eiweissverbrennung, die in ähnlicher Weise wie in meinen früheren Versuchen verläuft. Wieder zeigt sich an einem Tage eine negative Bilanz; die Ausgabe an N übertrifft die Einnahme. Der Organismus hat also die Fähigkeit, sich jedes Überschusses prompt zu entledigen, wenn er nichts zurückbehalten will oder kann. Es tritt aber bald wieder eine N-Retention ein, die noch bei Beendigung des Versuches anhält. Es sind im Ganzen ca. 16,4 g N, entsprechend rund 500 g Fleischsubstanz zum Ansatz gekommen.

Mehr und in erster Reihe interessiert uns die Schwefelausscheidung und ihr Verhältnis zum N. Der organische Schwefel der Vorperiode beträgt 18,9 % des Gesamtschwefels und entspricht ungefähr dem Mittelwerte der bisher in Normalurinen gefundenen Zahlen.

In den Tagen der abundanten Eiweisskost, wo aber die Eiweissmenge — und ich hebe dies wieder besonders hervor, damit man nicht von Eiweisspolyphagie spricht — noch nicht 125 g beträgt, weiss der Organismus mit der fast 60 %igen Erhöhung seines sonstigen Eiweissbedarfs ohne Störung fertig zu werden. Es wird genau so oxydiert, vielleicht noch besser, wie früher: 18,5 % neutr. Schwefels. Die Zahlen schwanken in breiteren, aber physiologischen Grenzen. Die Zahlen am letzten Tage lasse ich unberechnet, da sie verdächtig sind und allzusehr zugunsten meiner Anschauungen sprechen. Das Verhältnis N : S beträgt in der Vorperiode 5,4 : 1, in der Hauptperiode 5,6 : 1. Es ist also mindestens verhältnismässig so viel Schwefel wie Stickstoff zurückbehalten worden, die beide zum Aufbau eines neuen Eiweissmoleküls gleich nötig sind.

Auf die mir von Herrn Albu¹⁾ auf dem Kongresse für innere Medizin in Leipzig gemachten, von Entrüstung erfüllten Einwände, die z. T. längst widerlegte Behauptungen brachten, bin ich an anderer Stelle²⁾ etwas ausführlich eingegangen, so dass ich es mir

1) Siehe Verhandlungen des 21. Kongr. für innere Medizin zu Leipzig. Wiesbaden 1904. J. F. Bergmann.

2) K. Bornstein: Entfettung und Eiweissmast. Berl. klin. Wochenschr. 1904 Nr. 46/47 S. 1192.

sparen kann, hier Raum für Polemiken zu beanspruchen. Hoffentlich haben meine dortigen scharfen Zurückweisungen den Erfolg, dass derartige unsubstanzierte Kritiken aufhören.

Die Resultate des oben beschriebenen Versuches gaben mir Veranlassung, im Sommer 1904 das Experiment zu wiederholen und dahin zu erweitern, dass ich auch die bei abundanter Eiweisskost im Harn ausgeschiedenen Mengen von Phosphaten und organischem Phosphor untersuchte.

Während die Untersuchungen über den Gesamtphosphor, wie ich bereits eingangs erwähnt habe, zahlreich sind, hat sich das Studium des organischen Phosphors bisher nur einzelner Bearbeiter zu erfreuen, obwohl die Forschungen gerade in dieser Hinsicht interessante und wichtige Aufschlüsse geben zu wollen schienen. So konnte Horst Oertel¹⁾, der sich 1898 in der chemischen Abteilung des physiologischen Institutes zu Leipzig auf Veranlassung von Prof. Siegfried mit dieser Frage beschäftigte, in der Einleitung zu seiner Arbeit schreiben: „Viel Bearbeiter hat die Frage der Ausscheidung des organisch gebundenen Phosphors zunächst nicht gefunden; ja, bis in die neueste Zeit hinein, wo die Phosphorausscheidung infolge unseres Fortschrittes in der Zellchemie allmählich in den Vordergrund getreten ist, finden sich nur Gesamtphosphorbestimmungen, und zwar meist auf pathologischem Gebiete; von Untersuchungen über die normalen Verhältnisse dieser Phosphorausscheidung ist so gut wie nichts zu finden. Und doch dürfte gerade eine Separatbestimmung derselben nötig und besonders angetan sein, Licht auf gewisse Stoffwechselprozesse zu werfen.“ Oertel erwähnt die grundlegenden Arbeiten von Roland, Klüpfel und Fehling, Sotnischewski, Lépine, Eymmonet und Zuelzer.

Bei einer Anzahl anscheinend normaler Individuen stellt Oertel zunächst die mittlere Ausscheidung der Versuchspersonen durch mehrere Bestimmungen fest, um dann in Zeiträumen von 6—8 Tagen den Einfluss der Muskelarbeit zu studieren, wobei auch noch N und das Verhältnis $N:P_2O_5$ mitbestimmt werden. Die Betrachtung der Ruheergebnisse zeigt eine täglich ungefähre Ausscheidung von

1) Horst Oertel, Beitrag zur Kenntnis der Ausscheidung des organisch gebundenen Phosphors im Harn. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 26 H. 1 und 2. S. 123—130. 1898.

2,0 g Gesamtposphor mit ungefähr 0,05 g P_2O_5 in organisch gebundener Form. Die Tagesmengen schwanken zwischen 0,12 und 0,03 g. Das prozentuale Verhältnis ergibt 2,5 % organischer Substanz.

Bei den Arbeitsversuchen, in denen auch N berechnet wird, geht die Ausscheidung des organischen Phosphors parallel der N-Ausscheidung. Oertel lässt es unentschieden, ob dieser Phosphoranteil hauptsächlich durch Zerfall des Körpers selbst entsteht, ob er wirklich eine unvollständige Oxydation von Phosphorverbindungen darstellt. „Hier können pathologische Zustände, bei denen grosser Schwund besonders nuklein- und nukleonreicher Gewebe stattfindet, Interessantes zutage fördern. In allen solchen Zuständen müsste der organisch gebundene Phosphor separat bestimmt werden, und es ist wahrscheinlich, dass diese Ausscheidung uns einmal wichtige Aufschlüsse über den Stoffwechsel der Gewebe überhaupt geben wird.“ —

Wenn ich recht berichtet bin, sind von dieser Seite in Bälde ähnliche Forschungsberichte zu erwarten. Und auch ich selbst bin durch das Studium des Stoffwechsels der organischen Reste, wie ich sie nennen möchte, für diese höchstinteressante Frage so sehr eingenommen, dass ich dieses dankbare, wenn auch sehr mühevoll zu bearbeitende Feld auch weiterhin so weit als möglich bebauen will.

Arthur Keller¹⁾, aus der Czerny'schen Breslauer Schule, studierte die „organischen Phosphorverbindungen im Säuglingsharn, ihren Ursprung und ihre Bedeutung für den Stoffwechsel“. Er geht hierbei von der Oertel'schen Arbeit aus, ist aber im Gegensatz zu Oertel nicht der Ansicht, dass die Grösse des N-Umsatzes von erheblichem Einflusse auf die Grösse der Ausscheidung des organischen Phosphors ist; sie ist mehr von der Art der Nahrung abhängig. — Keller schliesst aus seinen zahlreichen Versuchen an zumeist kranken Kindern und aus einem bewunderungswerten, heroischen Selbstversuche — er lebte vier volle Tage nur von Wasser —, dass der im Harn ausgeschiedene organische Phosphor zum Teil aus der Nahrung stammt, zum Teil aus dem Abbau von Körpersubstanz oder aus Sekreten der verschiedenen Organe.

1) A. Keller, Organische Phosphorverbindungen im Säuglingsharn, ihr Ursprung und ihre Bedeutung für den Stoffwechsel. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 29 S. 146.

„Wenn wir diese beiden Teile trennen könnten, dann würde die Grösse der Ausscheidung des aus der Nahrung stammenden Phosphors einen Massstab für die Oxydationskraft des Organismus darstellen, vorausgesetzt, dass wir verschiedenen Kindern gleiche Mengen in bestimmten organischen Phosphorverbindungen in der Nahrung zuführen würden.“ — „Was den zweiten Teil des organischen Phosphors im Harn, den aus dem Körper stammenden, anbetrifft, so liegt bisher kein Beweis vor, dass dessen Grösse von der Oxydationsfähigkeit des Organismus abhängt. Im Gegenteil scheint mir das Resultat des Hungerversuches nur darauf hinzudeuten, dass im Körper organische Verbindungen entstehen oder frei werden, die ausgeschieden werden, bevor sie noch verbrannt werden.“

So weit Keller. Wir sehen, dass hier noch sehr viele Fragen aufzustellen und zu beantworten sind, und dass es noch eindringender Forschungen von den verschiedensten Seiten bedarf, um hier mehr Licht zu schaffen. Vielleicht dürfte auch mein Selbstversuch, über den ich hier berichten will, etwas zur Beleuchtung der Frage beitragen.

In der oben beschriebenen Weise mache ich einen 16tägigen Versuch. Ich hatte mich für 20 Tage präpariert, musste aber früher aufhören, da ich einen angekündigten Vortrag zu halten genötigt war.

Die Fleischanalyse ergab für dieses Mal 3,41 % N, Zwieback 1,395 % N. Die Vorperiode dauert fünf Tage, die Hauptperiode mit einem Plus von 60 g Plasmon (11,0 % N) elf Tage. N, Gesamtschwefel und Sulfate werden in der beim ersten Versuche beschriebenen Weise bestimmt.

Zur Bestimmung des Gesamtphosphors benutzte ich die zum Zwecke der Gesamtschwefelbestimmung hergestellte Schmelze und bestimmte im Filtrate, nachdem die Sulfate auf aschefreiem Filter gesammelt sind, den Phosphor anfangs durch Fällung mit molybdänsaurem Ammon und Wägung als Magnesiumpyrophosphat, später durch Titrierung mit Uranacetat. Da es nicht ausgeschlossen ist, dass durch Baryumchlorid und Ammoniak irgendwelche organische P-Verbindungen gefällt werden, bezieht sich der ermittelte organische P auf solche Verbindungen, die durch $\text{BaCl}_2 + \text{NH}_3$ nicht gefällt werden.

Zur Bestimmung des organischen Phosphors nehme ich zweimal je 100 ccm Harn, fälle mit Chlorbaryum in ammoniakalisch gemachtem

Harne Sulfate und Phosphate, filtriere am folgenden Tage, wasche gut aus. Das Filtrat wird auf dem Wasserbade in der Silberschale eingedampft und mit Ätznatron und Salpeter geschmolzen. Die Schmelze wird mit heissem Wasser gelöst und im Becherglase bis zur sauren Reaktion mit konzentrierter Salpetersäure abgeraucht.

Anfangs wird die Lösung, wie oben beschrieben, zur Gewichtsanalyse mit Ammonmolybdatlösung usw. behandelt, später mit Uranacetat in der bekannten Weise titriert.

Der Versuch selbst — siehe Tabelle II — zeigt zunächst in der N-Ausscheidung dieselbe Bilanz wie in meinen früheren Versuchen. Die positive Bilanz beträgt schliesslich fast 15 g N.

In der Vorperiode sind die N-Ausscheidungen in beiden Versuchen gleich — 9,8:9,85 g N pro die —, die Schwefelmengen im zweiten Versuche gestiegen: 2,01 g Gesamtschwefels und 1,65 g sauren Schwefels hier, 1,83 resp. 1,48 g dort: die prozentualen Ausscheidungen des neutralen Schwefels 18,9 im ersten, 18,0 im zweiten Versuche. Das Verhältnis N:S im ersten Versuche 5,4:1, im zweiten 4,9:1. — In der Hauptperiode ist das Verhältnis N:S in beiden Versuchen gleich, 5,6:1; dagegen sinkt das prozentuale Verhältnis des neutralen Schwefels von 18,0 % in der Vorperiode auf 15,2 % in der Hauptperiode. Trotz einer Eiweisszulage von mehr als 40 g ist die Oxydationsenergie für Eiweiss scheinbar eine erhöhte. Ich lasse es dahingestellt, ob durch die Eiweisszulage. Der Körper hat es nicht nötig, Eiweiss in irgendwelcher andern Form in Reserve oder als nicht-tätigen Zelleinschluss zu deponieren und für dieses seine ausgezeichnete und bei erhöhter Eiweisszufuhr scheinbar erhöhte Kraft auszuschalten. Nur am ersten Tage der Überernährung scheint er sich für die erhöhte Leistung noch nicht eingerichtet zu haben: es werden 21,2 % neutralen Schwefels ausgeschieden, und — was noch mehr ins Gewicht fällt — 8,8 % Phosphor werden in organischer Form abgesetzt. —

Für die Phosphorbestimmung in der Vorperiode ziehe ich den 3.—5. Tag heran. Im Durchschnitt wurden 1,54 g Gesamtposphor mit 0,047 g organischer Substanz, d. h. 3,1 % organischen Phosphors, ausgeschieden. Aus dem bei der Gewichtsanalyse bestimmten $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ wird P_2O_5 berechnet; 1 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ enthält 0,64 g P_2O_5 . Der Gesamtposphor des 11. und 15. Tages konnte nicht bestimmt werden, da der Harn für eine zweite Analyse — die erste war missglückt — nicht zu brauchen war.

Die Mengen des organischen Phosphors in den drei Vorversuchs-

Tabelle II. Versuch vom 2. bis 18. Juni 1904.

Vorperiode.

Tag	Harnmenge cem	N im Harn g	Gesamt- schwefel g	Sulfate g	Neutraler Schwefel %	Gesamt- P ₂ O ₅	Org. P ₂ O ₅ Org. P ₂ O ₅	Org. P ₂ O ₅ vom Ge- samt-P in %	Bemerkungen
1	1000	8,57	1,84	1,52	18,2	—	—	—	Einnahme 12,58 g N
2	1220	10,42	2,18	1,78	18,2	1,81	—	—	Ausgabe 12,4 g N
3	1160	9,75	1,94	1,56	19,6	1,61	0,04	2,5	Bilanz — + 0,18 g N
4	1600	9,86	2,07	1,72	17,0	1,38	0,065	4,7	
5	1000	9,8	2,01	1,67	17,0	1,64	0,035	2,1	
Durchschnitt. . .		9,8	2,01	1,65	18,0	1,54	0,047	3,1	

Hauptperiode.

Zulage von 60 g Plasmon (11,0 % N) zur Normalkost.

6	1440	14,2	2,68	2,11	21,2	1,82	0,16	8,8	Einnahme 19,16 g N
7	1380	14,1	2,70	2,2	18,5	2,22	0,062	2,8	Ausgabe 15,22
8	1410	14,96	2,57	2,13	17,1	2,40	0,07	2,9	+ 2,6
9	1320	15,7	2,62	2,25	14,1	2,48	0,056	2,25	—
10	1570	16,3	2,67	2,27	15,0	2,62	0,051	1,95	17,82 . . . 17,82 g N
11	1410	15,49	2,59	2,21	14,7	?	0,032	—	Bilanz pro die . . . 1,34 g N
12	1170	13,65	2,36	2,11	10,7	2,12	0,047	2,22	in 11 Tagen . . . + 14,74 g N
13	1400	15,34	2,78	2,48	10,8	2,33	0,046	1,97	= 440 g Fleischsubstanz
14	1370	15,84	3,03	2,46	18,8	1,79	0,055	3,0	
15	1610	16,0	2,76	2,38	13,8	?	0,08	—	
16	1540	15,86	2,79	2,44	12,6	2,37	0,073	3,0	
Durchschnitt. . .		15,22	2,69	2,28	15,2	2,24	{ 0,059 resp. 0,049	2,6 resp. 2,1	

tagen schwanken zwischen 2,1—4,7 %; der Durchschnitt ist 3,1 %. Die Mengen selbst betragen 0,04, 0,065 und 0,035 g. In der Hauptperiode, bei einer Eiweisszulage von 41 g, ist der Prozentsatz bei Einrechnung des aus der Reihe völlig herausfallenden ersten Überernährungstages 2,6 %, die durchschnittliche Tagesmenge 0,059 g. Lassen wir den ersten Tag fort, so stellen sich die Zahlen auf 2,1 % mit 0,049 g täglicher Ausscheidung.

Ob wir nun unseren weiteren Betrachtungen die eine oder die andere Berechnung zugrunde legen: die Gesamtausscheidung des organischen Phosphors ist im physiologischen Organismus in diesem konkreten Falle sowohl bei Normalkost als bei abundanter Eiweisskost zu gering, als dass man aus den Mengen und etwaigen Differenzen stringente Schlüsse ziehen könnte; das eine ist sicher: die Oxydation des Mehreiweisses ist eine ausgezeichnete. Dafür sprechen der Prozentsatz des neutralen Schwefels und die minimale Ausscheidung von organischem Phosphor. Man ist sogar versucht, speziell auf Grund der Schwefelzahlen, an eine Hebung der Oxydationsenergie des Organismus bei Eiweisszulage zu glauben; eine Beeinträchtigung ist jedenfalls ausgeschlossen.

Über die Herkunft des organischen Phosphors gibt uns auch dieser exakte Stoffwechselversuch keinen befriedigenden Aufschluss. Wir können nicht mit Sicherheit sagen, ob dieser organische Rest von der Nahrung stammt, ob er also exogener Natur ist, oder ob er vom Zellerfall herrührt, Abbaumaterial: also endogener Phosphor ist. — Mir scheint der endogene Bestandteil der weit überwiegende zu sein. Doch auch dieser ist bei erhöhter Eiweisszufuhr scheinbar nicht erhöht, trotzdem die Ausfuhr von N, S und P mit der Vermehrung der Eiweisszufuhr steigt, wenn auch nicht gleichen Schritt hält. Der im Zellkern verankerte organische Phosphor, der wesentlich zur Oxydationsenergie des Organismus beiträgt, ist festgefügt unter normalen, festergefügt unter gehobenen physiologischen Bedingungen.

Wie ich bereits hervorgehoben habe, bedarf es noch zahlreicher und vielseitiger Studien bei physiologischen und pathologischen Individuen — den Tierversuch möchte ich auch hier weitmöglichst ausgeschaltet wissen —, um dieser interessanten Frage noch mehr Positives abzurufen. Haben wir in der Zu- oder Abnahme der organischen Reste von Schwefel und Phosphor, speziell von letzterem, einen Indikator für die Oxydationskraft und das feste

Gefüge des Zellstaates, sehen wir dann bei therapeutischen Eingriffen irgendwelcher Art ein Gleichbleiben oder Besserwerden oder gar trotz allem ein Zurückgehen im Gefüge des Organismus, in der Oxydationskraft der Zelle, dann haben diese scheinbar theoretischen Arbeiten und Deduktionen einen grossen Wert auch für die Pathologie und Therapie und können vielleicht auch für die Differentialdiagnose von Belang sein.

Ich stimme völlig den zitierten Worten Oertel's bei, „dass die Ausscheidung des organischen Phosphors uns einmal wichtige Aufschlüsse über den Stoffwechsel überhaupt geben wird“.

Meine Eiweissmasttheorie, für die ich seit Jahren in Experimenten und sonstigen Belegen kämpfe¹⁾, hat für mich durch diese beiden Versuche eine wesentliche Stütze gefunden. Für mich ist der Satz: „Minderwertige Organismen werden durch Überernährung mit mässigen Mengen Eiweiss, speziell Milcheiweiss, mehrwertig, ihre Zellen werden an Art und Menge besser, es tritt eine — von mir so genannte — Eiweissmast, Zellmast ein,“ zum Dogma geworden. —

Herrn Prof. Dr. Siegfried sei auch an dieser Stelle für die vielfache Anregung und Belehrung verbindlichst gedankt.

1) K. Bornstein, Über die Methoden zur Hebung des Eiweissbestandes im Organismus. Verh. des XVIII. Kongr. f. innere Medizin 1900 S. 359—363. — K. Bornstein, Sind Mastkuren nötig? Münch. med. Wochenschr. 1903 H. 51 S. 2250—2254. — K. Bornstein, Über Entfettungskuren. Therapie der Gegenwart 1904 Septemberheft. — K. Bornstein, Entfettung und Eiweissmast. Berl. klin. Wochenschr. 1904 H. 46/47 S. 1192.