

ZEITSCHRIFT

FÜR

B I O L O G I E

VON

W. KÜHNE, UND C. VOIT,

o. o. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG. o. o. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

NEUE FOLGE: ERSTER BAND.

DER GANZEN REIHE: NEUNZEHNTER BAND.



MÜNCHEN UND LEIPZIG 1883.
DRUCK UND VERLAG VON F. O. SCHNEIDER.

Inhalt.

	Seite
Zur Kenntnis der Apperceptionsdauer zusammengesetzter Gesichtsvorstellungen. Von Dr. Robert Tigerstedt und stud. med. Jacob Bergqvist. (Mit Tafel I)	4
Tieher den Werth der Weizenkeime für die Ernährung des Menschen. Von Dr. Max Rubner	45
Die Messung der Schwächung des Schalles bei dessen Durchgang durch Theile des lebenden Menschen. Von Karl Vierordt	101
Messungen über die Tiefe des Schlafes. Von O. Wönnighoff und F. Piesbergen. (Mit Tafel II)	114
Einige Versuche über die Zeit, welche erforderlich ist, Fleisch und Milch in ihren verschiedenen Zubereitungen zu verdauen. Von Ernst Jessen. (Mit Tafel III)	129
Ueber Besonderheiten der Ganninablagernng bei Fischen. Von A. Ewald und C. Fr. W. Krukenberg	154
Ueber die nächsten Spaltungsproducte der Eiweisskörper. Von W. Kühne und Dr. R. H. Chittenden	159
Ueber Hämoglobinose im Harn. Von W. Kühne	209
Die Gase des Verdauungsschlauches der Pflanzenfresser. Von Professor Dr. Tappeiner	228
Versuche über den Raumsinn der Haut nach der Methode der richtigen und falschen Fülle. Von Dr. W. Gämmerer	279
Einfluss des Bromkalium auf den Stoffwechsel. Von Dr. B. Schälze. Die Vertheilungswerte der hauptsächlichsten organischen Nahrungsstoffe im Thierkörper. Von Dr. Max Rubner	312
Versuche über die relative Resorption der Mittelknoche im menschlichen Magen. Von Dr. W. Jaworski. (Mit Tafel IV)	397
Tieher die Ausscheidung des Harnstoffs und der anorganischen Salze unter dem Einfluss künstlich erhöhter Temperatur. Von Dr. C. F. A. Koch	447
Enthalten die Knochen Keratin? Von Dr. Herbert E. Smith	459

Phosphatausscheidung durch den Harn zählt, erwachsen können und will nur noch kurz erwähnen, dass mir durch die vorliegenden Resultate die Ansicht von Zülzer u. A., wonach bei Nerven-erregung verringert, bei geringerer Erregbarkeit vermehrter Phosphorumsatz stattfinden soll, widerlegt erscheinen will.

Bevor ich diese Arbeit abschliesse, will ich nicht unterlassen, Herrn Prof. Dr. Weiske für die mir freundlichst gewährten mannigfachen Ratschläge meinen ergebensten Dank zu sagen.

Berichtigungen.

- S. 159 Zeile 7 (in der Überschrift) statt „schonfakt“ lies „schonfakt“.
S. 159 Zeile 16 statt „am“ lies „wie“.
S. 165 Zeile 9 v. u. statt „kongalieren“ lies „kongalieren“.
S. 108 Zeile 8 v. u. statt „200“ lies „20“.

Die Vertretungswerte der hauptsächlichsten organischen Nahrungsstoffe im Thierkörper.

Von

Dr. Max Rubner.

(Aus dem Physiologischen Institut zu München.)

1. Einleitung.

Das Leben wird von einem beständigen Zerfall organischer Materie begleitet; wird diese nicht von aussen zugeführt, so zerfallen Stoffe des lebenden Organismus und es erlischt das Leben, wenn dies nicht in genügender Menge geschieht. In der Wahl der Substanzen, welche zum Unterhalte des Lebens dienen können, ist dem Körper keine enge Grenze gesteckt. Es können vielmehr die aller mannigfachsten Nahrungsmittel zum Unterhalte eines thierischen Organismus Verwendung finden. Je nach der in den verschiedenen Zonen betriebenen Bodencultur, je nach Wohlhabenheit, Alter, Geschlecht und Geschmacksrichtung unterliegt die Zufuhr (Kost) den grössten Verschiedenheiten.

Dieser Wechsel betrifft aber bekanntlich keineswegs allein die Nahrungsmittel, sondern, wenn man näher zusieht, geht mit dem Wechsel der Nahrungsmittel auch ein solcher ihrer Componenten — der Nahrungsstoffe — in Qualität und Quantität Hand in Hand. So kann es vorkommen, dass der Eine unter denselben Bedingungen im Wesentlichen Kohlehydrate geniesst, unter denen ein Anderer fette Speisen auswählt und ein Dritter wiederum seinen Bedarf vorzugsweise mit Eiweisskörpern deckt. Die Nahrungsstoffe können sich, wie man hieraus schon schliessen kann, vertreten; man hat diesen Schluss auch schon längst gezogen.

Man kann aber keineswegs innerhalb der Grenzen der Zersetzungsfähigkeit der Zellen in ganz beliebiger Weise die organischen Nahrungsstoffe vertauschen¹⁾. Die Kost muss vielmehr unter allen Umständen einen Nahrungsstoff in bestimmter Menge enthalten — nämlich das Eiweiss; weder Fett noch Kohlehydrat sind, auch wenn die grösste Menge von denselben aufgenommen wird, im Stande, den Eiweissverlust völlig aufzuheben. Allein es können sich die Nahrungsstoffe für die Zwecke der Ernährung und der Erhaltung des Individuums in sehr weiten Grenzen austauschen, und innerhalb derselben lässt sich, wie ich zeigen werde, auch untersuchen, in welchen Gewichtsmengen sich Eiweiss, Fette und Kohlehydrate vertreten²⁾. Man muss hier, wie ich gleich anfügen will, im Auge behalten, dass hier nur von einer Vertretung für den Zweck der stofflichen Erhaltung die Rede ist; es lassen sich ja die Nahrungsstoffe auch in anderer Hinsicht vergleichen; man könnte z. B. zwischen Fetten und Kohlehydraten einen Vergleich anstellen bezüglich ihrer Wirkung als fettspeichernde Mittel.

Die Gesetze der Zersetzungen sind am genauesten beim Hunde erforscht; es sind dabei auch einige Erfahrungen gesammelt worden, in welchem Grade eine Vertretung der einzelnen Nahrungsstoffe eintreten kann.

Der Hund, an welchem Pettenkofer und Voit³⁾ ihre Versuche ausführten, zersetzte am 22. April 1862, bei 500^g Fleisch als Futter, 110^g trockenes Eiweiss und 52^g Körperfett. Dieser Verlust von Körperfett konnte in andern Reihen durch Fütterung von andern Nahrungsstoffen aufgehoben werden.

1) Ich beachte hier weder hier noch später auf die Bedeutung und den Werth der anorganischen Nahrungsstoffe einzugehen.

2) Es scheint mir nicht zweckmässig für jene Stoffmengen, welche sich vertreteten, das Wort äquivalent zu benutzen, da dasselbe schon für andere Zwecke gebraucht ist und sich mit demselben ganz bestimmte Vorstellungen verknüpfen. Dem Wesen des Vorganges, der hier bei der Vertretung der Nahrungsstoffe statt hat, scheint sich mir der Ausdruck „gleichwerthig“ oder „isodynam“ am engsten anzuschliessen.

3) Zeitschrift für Biol. Bd. 7. S. 493 ff. und weiters ebenda Bd. 9. S. 1 ff. und S. 495 ff.

Als nämlich dem Hunde am 3. Juni 1862 500^g Fleisch und 200^g Fett gereicht wurden, zersetzte er 92^g trockenes Eiweiss und 89^g Fett; das zugeführte Nahrungsfett reichte vollkommen hin, das Körperfett vor Zerstörung zu bewahren. Am 21. Mai 1862 bekam er 500^g Fleisch und 200^g Stärke; dabei wurden 102^g trockenes Eiweiss und ausserdem nur Stärke, kein Körperfett zersetzt. Am 11. Mai 1862 nahm er 500^g Fleisch und 200^g Traubenzucker zu sich; neben 92^g trockenem Eiweiss zerfiel nur der Zucker, kein Körperfett; am 4. März 1862 endlich erhielt sich der Hund bei Aufnahme von 1500^g Fleisch, indem er 271^g trockenes Eiweiss zerlegte; der Verlust des Körperfetts war dagegen ganz aufgehoben.

Abgesehen also von 92—110^g trockenem Eiweiss, welche bei den angegebenen Versuchen als solches nöthig waren, um den Eiweissverlust zu decken, konnte der Versuchshund statt seines körperfettes Nahrungsfett, Stärkemehl, Traubenzucker oder Eiweiss zersetzen. Diese wechselnde Vertretung der Nahrungsstoffe kann für einen recht beträchtlichen Theil der täglichen Kost eintreten. Würde der Körper nur mit Eiweiss erhalten, so waren 271^g trockenes Eiweiss nöthig, bei Fütterung mit andern Stoffen etwa nur 100^g. Es sind somit hier etwa 64% derjenigen Eiweismenge, welche für sich allein zum vollen Unterhalte eines Individuums nöthig ist, ersetzbar durch gleichwerthige Mengen eines der organischen Nahrungsstoffe.

Diese Grenze ist aber noch zu niedrig gestellt, weil Eiweiss, Stärkemehl und auch Fett in weit grösseren Mengen, als wir es eben angegeben haben, zur Zerlegung gebraucht werden können, wenn die Zufuhr derselben eine abundante ist. Am 3. April 1861¹⁾ z. B. zersetzte der Hund bei Fütterung von 2500^g Fleisch 443^g trockenes Eiweiss, am 3. Mai 1861 bei Zufuhr von 700^g Stärke 313^g trockene Stärke²⁾, so dass hier etwa 80% Eiweiss durch Stärke vertreten wurden.

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 7. S. 493 ff.

2) Ebenda Bd. 9. S. 488.

Pattenkofer und Voit haben nun der Frage, in welchen Gewichtsmengen sich denn bei diesem gegenseitigen Ersatz die einzelnen Nahrungsstoffe vertreten, schon ihr Augenmerk zugewendet und wenigstens für Fette und Kohlehydrate bereits Annäherungswerte gegeben.

Was das Eiweiss und Fett anlangt, so schien z. B. in einem Falle $\frac{1}{2}$ 100^r trockenes Eiweiss durch 36^r Fett erspart zu werden, ein anderes Mal fand eine Vertretung von 100^r Eiweiss durch 55^r Fett statt.

Sie²⁾ vermuteten dabei einen Zusammenhang etwa deraart, dass aus Eiweiss sich Fett abspalte: „Ist daher die Spaltung des Eiweisses in Fett und andere Producte vor sich gegangen, und tritt dann die Zersetzung des Fettes ein, so ist es gleichgültig, ob das Fett eben erst aus dem Darme eingebracht oder aus Eiweiss entstanden ist.“

Auch für die Stärke und den Zucker³⁾ in Beziehung zu dem Fett haben dieselben gelegentlich über die sich vertretenden Gewichtsmengen Angaben gemacht. Es sollen 100 Fett 164—175 Theile Stärkemehl vertreten.

Das letzte Resultat hoher Wertigkeit der Stärke erschen sehr auffallend und drängte, die Frage durch ad hoc angeführte Experimente in Angriff zu nehmen. Es handelt sich dabei zunächst durchaus nicht um Ergebnisse, welche für die praktische Ernährungslehre allein⁴⁾ von Bedeutung wären, als vielmehr um Ergebnisse, welche uns einen näheren Einblick in das Wesen des Zersetzungs Vorganges erlauben, denn da wir die chemischen Verbindungen, welche wir in den Körper einführen und auf die Zellen reigiren lassen, kennen, so lässt sich aus der Art der Reaction zwischen lebender Substanz und Nahrungsstoffen auch ein Rückschluss machen auf die Vorgänge in der lebenden Zelle selbst.

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 9 S. 33.

2) Ebenda Bd. 9 S. 33.

3) Ebenda Bd. 9 S. 531.

4) Nur mit Hülfe der Kenntnisse des Vertretungswertes der einzelnen Nahrungsstoffe lässt sich mit Berücksichtigung der Aunutzung der Nahrungsmittel eine richtige Kost für den Menschen zusammenstellen.

Dass die Frage der Vertretbarkeit der Nahrungsstoffe nicht früher in Angriff genommen wurde, kann nicht auffallend sein, wenn man bedenkt, wie bis vor kurzer Zeit fast allgemein der Sauerstoff als die Ursache der Verbrennung angesehen wurde. Die einzelnen Nahrungsstoffe müssten sich dieser Anschauung gemäss nach ihrer Fähigkeit, Sauerstoff zu binden, vertreten. Am deutlichsten hat diese Ansicht Liebig in seinen chemischen Briefen ausgesprochen. Er sagt:

„Da¹⁾ nun die Fähigkeit dieser Körper (der Respirationsmittel), durch ihre Verbindung mit dem O Wärme zu entwickeln, abhängig ist von der Menge von brennbaren Elementen, die sie in gleichen Gewichten enthalten, und die Menge des zu ihrer Verbrennung nöthigen O in demselben Verhältniss wie diese steigt, so lässt sich ihr relativer Wärmeerzeugungswert oder Respirationswert annäherungsweise leicht berechnen. Die folgende Tabelle enthält die verschiedenen Respirationsmittel in einer Reihe geordnet; die Zahlen drücken aus, wie viel von denselben dem Verhältniss nach nöthig ist, um eine gegebene Menge O in CO₂ und OH₂ zu verwandeln oder annäherungsweise, wieviel man von denselben geniessen muss, um bei demselben Stoffverbrauch gleiche Zeit hindurch den Körper auf einerlei Temperatur zu erhalten.

100 ^r Fett,
240 „ Stärke,
249 „ Rohrzucker,
263 „ Traubenzucker, Milchsucker,
266 „ Branntwein von 50% Alkohol,
770 „ frisches fettloses Muskelfleisch ²⁾ .“

Ich habe es nun im Jahre 1878 auf Anregung von Prof. Voit unternommen, neue Versuche über die Frage der Vertretung der einzelnen organischen Nahrungsstoffe zu dem Zwecke des stofflichen Ersatzes anzustellen, doch konnte erst nach einer Reihe von Unterbrechungen im Winter 1881 ein Abschluss erreicht werden.

1) Liebig, chem. Briefe, Volksausgabe S. 287.

2) Die Vertretung erstreckte sich nach Liebig natürlich nur auf jenen Theil, welcher nicht „Stoffwechsel“ war.

Ich werde diese meine Versuche nicht in chronologischer Reihenfolge anführen, da darauf oft nebensächliche Momente von Einflüss waren, sondern nach Massgabe der bequemsten Darstellung der gestellten Frage.

Da es sich dabei im Wesentlichen um Feststellung der im Körper zersetzten Stoffe handelte, so konnte ich mich der bereits vorliegenden analytischen Methoden bedienen.

Die N-Bestimmungen in trockenen Substanzen habe ich durch Verbrennung mit Natrienalkali, die des Harnes theils nach Seeegen, theils nach Will-Varrontrapp in dem in Hoffmeister'schen Schälchen getrockneten Harn ausgeführt. Der C-Gehalt des Harnes ist gerechnet und zwar wurde angenommen, dass im Mittel auf 1 g N 0,7462 C kämfe³⁾. Zur Untersuchung der Kohlensture in der Athemluft verwendete ich den kleinen durch Voit²⁾ modifizirten Pettenkofer'schen Respirationssupparat. Bestimmungen des CH₄ oder H habe ich niemals ausgeführt.

Was die Frage der CH₄-Ausscheidung anlangt, so wird einerseits durch Planor, Hofmann und neuestens durch Tappeler angegeben, dass überhaupt beim Hunde nie weder im Dünndarm noch im Dickdarm CH₄ auftritt; es sind aber auch die Werthe, welche Pettenkofer und Voit²⁾ gefunden haben, nur ausserordentlich geringe, und ausserdem von beiden Autoren bei jeder Art der Kost gefunden worden, so dass theils der absolute Verlust nur wenig betragen würde, andererseits eine mehr oder minder vollkommene Compensation bei meinen Versuchen eingetreten wäre³⁾. Die H-Bestimmung ist für die Ermittlung der Zersetzung von Eiweiss, Fett, Zucker etc. nicht von Belang; denn dazu ist nur die Kenntnis der Menge des ausgeschiedenen N und C nöthig.

Die Dauer eines Respirationssversuches währte fast immer 23 Stunden¹⁾. Nur bei reichlicher Fleischkost verliessen die Hunde während dieser Zeit einmal den Apparat, um den Harn zu entleeren; bei den andern Versuchen blieben sie ununterbrochen 23 Stunden im Apparat, ohne Harn zu entleeren. Am Apparat selbst sind keine wesentlichen Neuerungen gegen früher angebracht. Nur an Stelle der etwas kleinen Gasuhr, welche früher die Ventilation der Kammer besorgte, ist eine grössere, welche eine Maximalventilation von 140.000 l pro

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 1 S. 141.

2) Ebenda Bd. 11 S. 532.

3) Ebenda Bd. 7 S. 433 und Bd. 9 S. 2 u. 438.

4) Wie später besprochen werden wird, handelt es sich um Vergleichen einzelner Tage unter einander; ein geringer Ueberschuss oder Verlust in der C-Ausscheidung ist demnach nicht von Belang.

5) Die letzte Stunde des Tages musste zur Wegräumung der Barytröhren, welche eben zu einem Versuche geküht hatten, sowie zum Einlegen von Barytröhren mit frischem Barytwasser, zum Wiegen, Herumführen und Füllern des Thiers verwendet werden.

24 Stunden gestattet, eingestellt worden. Dies erlaubt auch an grösseren Hunden bis zu 24^{1/2} Körpergewicht Versuche zu machen. Eine Abänderung hat der Wechsel des Rohres erlitten, aus welchem das Wasser auf das oberflächliche Wasserrad abströmt; durch eine genau Theilung kann die Stellung des Wechsels auf eine beliebige Grösse eingestellt werden, man erhält dann bei gleicher Stellung immer die gleiche Ventilation der Kammer. Es wäre bei der grossen Zahl von Versuchen (80) unmöglich gewesen, eine ausführliche Mittheilung der analytischen Ergebnisse zu machen, weil damit jede Uebersicht verloren gegangen wäre; ich habe daher als Resultat immer nur die auf 24 Stunden berechnete CO₂-Ausscheidung angegeben. Bei dem hier untersuchten grösseren Bruchtheil der Ventilation halte ich es nach mannigfachen Versuchen für hinreichend genau, mit Rosolsäure als Indicator die Färbung des Barytwassers vorzunehmen. Als Säure wurde stets die Oxalsäure benutzt, sie ist, wenn sie sich an einem dunkeln, kühlen Ort befindet, sehr lange Zeit unzersetzt zu erhalten.

In der von D. Finkler¹⁾ vor Kurzem aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn hervorgegangenen Arbeit „Ueber das Fieber“ ist eine so auffallende Anspannung über die Einrichtung eines Respirationssapparates nach dem System von Pettenkofer enthalten, dass ich mit ein paar Worten die Sache besprechen muss. Bei Erörterung der Versuche, welche Leyden und Finkler über die CO₂-Ausscheidung bei Fieber anstellten, kritisiert Finkler zunächst die Methode und meint, die CO₂ werde nur schwer vollständig von dem Barytwasser gebunden. „Die einzige Sicherheit für die wirklich vollständige Bindung der CO₂ ist zu erlangen, wenn man hinter die Absorptionsröhren noch ein Ventil mit Aetzbarth gefüllt anlegt, dessen klarer Inhalt durch die hindurchstreichende Luft nicht mehr getrübt werden darf.“

Pettenkofer und Voit haben immer zur Färsorge hinter die Absorptionsröhren, welche zur Bindung der CO₂ dienen, noch eine kurze Röhre gelegt; die Polemik Finkler's gegen die Verwendung nur einer Röhre zur Absorption der Kohlensäure ist also ganz gegenstandslos und mir unbegreiflich, wie man z. B. eine so klare Zeichnung, wie sie selbst in dem Lehrbuche von Gornup-Besanez²⁾ sich findet und die ihm wohl bekannt sein dürfte³⁾, missverstehen kann.

1) Archiv für die ges. Physiologie Bd. 29 S. 213 bis 214.

2) Lehrbuch der physiol. Chemie von Gornup-Besanez (1874) 3. Aufl.

3) Finkler citirt ja an anderen Stellen dieses Lehrbuch.

Noch weit auffallender ist es aber, dass Finkler der Anschauung ist, die in den Barytöhrren gebundene CO_2 werde nicht titrir, sondern gewogen. Nachdem er nämlich darauf aufmerksam gemacht hat, es könne von der mit Wasserdampf gesättigten Luft Wasser in dem verdünnten Barytwasser zurückbleiben, worauf ich nicht näher eingehen will, schliesst er mit dem Satze: „Demgemäss muss der Kritiker den Nachweis verlangen, dass das mit dem Barytwasser gewogene wirklich CO_2 ist.“ Auch hierüber hätte sich Finkler in jedem Lehrbuche informieren können, dass niemals noch bei Untersuchungen mit dem Pattenkoffer'schen Apparate jemand den Versuch gemacht hat, die Röhren zu wiegen; warum dies der Fall ist, kann man sich leicht vorstellen, wenn man auch nur eine Zeichnung davon gesehen hat. Die CO_2 ist immer thürmrisch bestimmt worden und zwar, wie allgemein üblich, nach dem von Pattenkoffer zu so ausserordentlicher Genauigkeit angearbeiteten Verfahren. Ich bestreite Herrn D. Finkler gewiss nicht das Recht, Kritik zu üben; aber es ist doch zum mindesten wünschenswerth, dass jemand das auch gelesen hat, was er kritisiert.)

Wenn man in den gesammten Ausscheidungen eines Thieres die beiden Elemente N und C bestimmt hat, so lässt sich daraus berechnen, welche Mengen von Eiweiss, Fett oder Kohlehydraten zerfallen sind. Ich habe in allen Versuchen für die Zusammensetzung des Fleisches die Analyse von Playfair und Böckmann benutzt, und zur Berechnung des Fettsatzes für 1 Theil N der Excrete von der gesammten C-Ausscheidung 3,42 Theile C, entsprechend dem zersetztem Eiweiss, in Abzug gebracht. Pattenkoffer und Voit²⁾ hatten für 1 N 3,68^r C abgezogen. Ihre Analyse bezog sich aber auf das Fleisch, welches sie zu ihren Versuchen verwendeten und welches immer noch etwas Fett enthielt. Für meine Versuche

1) Ich begnüge mich mit diesen Beispielen, um die etwas einseitige Literaturkenntniss des Herrn Prof. Finkler zu kennzeichnen. Man könnte leicht noch mehrere anführen; so geht z. B. aus seinen Darstellungen hervor, dass er die Versuche Voit's über den Einfluss des Wassers auf das Körpergewicht, sowie dessen Arbeiten über die Zusammensetzung der Organe nach dem Verhognern nicht beugend kennt.

2) Vgl. Bischoff und Voit, die Gesetze der Ernährung S. 304.

ist es aber wesentlich, genau zwischen Eiweiss- und Fettzersetzung zu unterscheiden.

Ich habe nun nicht, wie vielfach üblich, die ausgeschiedene N-Menge auf frisches Fleisch umgerechnet, weil ich gerade dadurch, dass dabei der eine Nahrungsstoff als wasserhaltig in Rechnung gebracht wird, die andern aber als trockene Substanzen, falsche Vorstellungen über die Mengenverhältnisse, in welchen sich die einzelnen Nahrungsstoffe an den Zersetzungen betheiligen, zu erhalten fürchtete.

Die Bestimmung der Vertretungswerte der einzelnen Nahrungsstoffe ist nun keineswegs so einfach, dass ich alsbald an den Bericht über die angestellten Versuche gehen könnte; ich muss vielmehr zunächst die Frage noch genauer definiren und dann die Vorbedingungen erörtern, welche bei Anstellung derartigen Versuche gegeben sein müssen.

II. Die Aufgabe der Versuche und die Vorbedingungen zur Ausführung derselben.

Man kann es als eine feststehende Definition betrachten, dass als Nahrungsstoffe jene chemischen Verbindungen bezeichnet werden, welche im Stände sind, den Verlust von Körperstoffen zu verhüten. Wenn wir nun die Aufgabe haben, Eiweiss, Fett und Kohlehydrate als Nahrungsstoffe zu vergleichen, so wird ihre Leistungsfähigkeit in dieser Beziehung nach dem Grade, in dem sie den Stoffverlust eines vorher hungernden Organismus aufzuheben im Stände sind, zu bemessen sein. Ihr Wirkungswert ist umgekehrt proportional dem dabei stattfindenden Verlust von Körperstoffen.

Das Vergleichsmass stellt somit der Zustand eines Thieres dar, d. h. die Intensität seiner Eiweiss- und Fettzersetzung. Eine derartige Untersuchung setzt wie jede Ausmessung voraus, dass der Maassstab eine gleichbleibende Grösse sei. In unserm Falle müssen wir also den Nachweis erbringen, dass wir die Thiere unter solche Verhältnisse, unter denen ihre Stoffzersetzung längere Zeit hindurch keine Aenderung erleidet, zu setzen im Stände sind. Wir müssen gewiss sein, dass ein Thier an dem Tage, an dem wir z. B. die Wirkung eines Kohlehydrates untersuchen, ohne letzteres eine genau

bekannte Menge und Art von anderen Stoffen zersetzt hätte, und dass die Aenderung der Zersetzung allein auf Rechnung des zugeführten Kohlehydrates zu setzen ist.

Obschon nun zwar eine ausserordentliche Regelmässigkeit in der Ausscheidung der N-haltigen Zersetzungsproducte unter gleichbleibenden Bedingungen nachgewiesen ist und hierfür zahlreiche Beispiele aus den Versuchen von Bischoff, Voit u. A. sich auswählen lassen, so berechnen uns diese doch nicht zu der Annahme, dass auch die Fetzerzeugung gleichmässig zu verlaufen pflege. Wir kennen ja eine Reihe mächtiger Einflüsse (Kälte, Wärme, Arbeitsleistung), welche nur auf die Fetzerzeugung einwirken.

Von Bidder und Schmidt¹⁾ liegt allerdings eine längere Versuchsreihe (bis zum 18. Tag) an einer hungernden Katze vor, allein bei der Unvollkommenheit der damals geübten Methodik wurde nicht nur für die N-Ausscheidung keine Regelmässigkeit gefunden, sondern wir sehen auch den Fettverbrauch beträchtlichen Schwankungen unterliegen. Auch die Versuche, welche Pettenkofer und Voit am hungernden Thiere ausgeführt haben, lassen sich für unsern Zweck nicht verwerten, da sie nicht in kontinuierlicher Reihe ausgeführt sind. Ich halte es daher für nothwendig, zunächst die Versuche anzuführen, welche ich über die Gleichmässigkeit der Stoffzerzeugung bei Hunger unter gleichen Bedingungen angestellt habe.

a) Gleichmässigkeit der Stoffzerzeugung bei Hunger.

Es müssen selbstverständlich bei derartigen Untersuchungen alle jene Factoren gleichgehalten werden, von denen wir wissen, dass sie einen Einfluss auf den Stoffumsatz ausüben (äussere Temperatur, Arbeit).

Manche dieser Bedingungen sind ziemlich leicht zu erfüllen; die Temperatur des Versuchsthaieres, die Ventilation des Käfigs²⁾ und damit die Abkühlung des Thieres lässt sich nach dem Bedarfe ändern. Weit schwieriger erscheint es aber auf den ersten Blick,

1) Die Verdauungsankle und der Stoffwechsel (1852) S. 318.

2) Die Wasserdampfspannung unterliegt keinen Aenderungen.

einen Einfluss auf die Gleichmässigkeit der Muskelbewegungen des Hundes auszuüben. Man ist ja gewohnt, die letzteren als in unberechenbarer Willkür liegend anzusehen. Doch mit Unrecht; denn wenn man die äusseren Anregungen vermeidet, dann fällt auch die durch diese bedingte Aenderung der Zersetzung weg und es bleibt der Hund ruhig am Boden seines Käfigs liegen.

Ich habe nun einestheils die Sinnesindrücke, welche auf das Thier wirkten, möglichst gleichmässig gehalten (gleichbleibende Umgebung), andererseits ist der Käfig, in welchem sich die Thiere befinden, nur so gross, dass dieselben bequem ruhen oder stehen können, ausgedehntere Bewegungen aber unmöglich sind.

In der That kann man unter den angegebenen Verhältnissen alle Einwirkungen, welche von aussen durch Vermittlung des Nervensystems den Stoffwechsel beeinflussen, genügend gleich erhalten, und dass aus inneren Ursachen gleichfalls keine Aenderung der Zersetzung erfolgt, wird aus den folgenden Versuchen hervorgehen.

1.

Ich habe schon früher¹⁾ bei der Mittelung meiner an hungernden Kaninchen ausgeführten Versuche auf die ausserordentliche Gleichmässigkeit der Zersetzung bei diesen Thieren hingewiesen. Es war sowohl die Intensität der Eiweiss- als der Fetzerzeugung in überraschender Weise durch lange Zeiträume hindurch ungedändert geblieben, wenn wir hier vorläufig von der gegen das Lebende aufzuführenden erhöhten Eiweisszerzeugung abssehen wollen.

In der kleinen untenstehenden Tabelle habe ich die bei dem Kaninchen III erhaltenen Werthe eingetragen:

Für 100 Theile am Körper vorhandenen N wurden zersetzt²⁾:

Versuchstag	N im Tag im Harn	Fett zersetzt im Tag
3—8. Tag	2,16	16,2
9—15. Tag	2,19	15,8

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 17 S. 214 bis 238.

2) Ebenda S. 225.

Es sind dies aber keineswegs Mittelwerte aus stark unter einander abweichenden Einzelbeobachtungen. Wir ersen dies aus der täglichen CO_2 -Ausscheidung. Da es sich in dem vorliegenden Falle um keine grossen Schwankungen in der Relation zwischen zersetztem Eiweiss und Fett handelt, so können wir die CO_2 -Ausscheidung geradezu als Mass der zersetzten Stoffe ansehen.

Kaninchen III wird nur deshalb als Beispiel gewählt, da an demselben die zahlreichsten CO_2 -Bestimmungen ausgeführt worden sind.

Tag des Versuchs	Mittleres Körpergewicht in g	CO_2 -Ausscheidung im Tag	CO_2 pro Tag und Kilo
5.	2091	36,1	17,26
7.	2002	31,8	15,90
9.	1907	30,3	15,90
10.	1864	29,2	15,65
12.	1764	30,2	17,18
13.	1731	27,4	15,81
14.	1716	27,4	15,95
15.	1697	26,8	15,90

2.

Ebenso wie bei Kaninchen habe ich die gleiche Thatsache beim Huhn bestätigen können. Den hierüber angestellten Versuch hat bereits Kuckein¹⁾ mitgeteilt und noch weitere Belege hierfür beigebracht. Ich entlehne seinen Angaben den Versuch I, an welchem das Thier sich gleichmässig ruhig verhielt. Von dem hungernden Huhn²⁾ wurde an CO_2 ausgeschrieben:

Elangertag	CO_2 pro Kilo und Tag
3.	21,73
5.	21,47
7.	21,43

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 18 S. 17 ff.

2) Ebenda Bd. 18 S. 23.

3.

Man würde zwar nach dem Vorliegenden kaum bezweifeln können, dass auch beim Hunde die Verhältnisse ebenso gestaltet sind wie beim Huhn und Kaninchen, ich habe aber doch noch eine grössere Versuchreihe auch an diesen Thiere ausgeführt. Die wesentlichen zur Beurteilung der vorliegenden Frage nötigen Angaben sind in folgender Tabelle eingetragen.

Das Versuchsthier war ein männliches Windspiel. Vom 5. bis 9. Tage, welche in der Tabelle nicht aufgeführt sind, hatte der Hund 40 bis 100 g Fett erhalten.

N und C-Gehalt des Kohles sind nicht berücksichtigt¹⁾.

Nr. des Hungertages	N im Harn von 24 Stund.	CO_2 ausgeschieden in 24 Stund.	Fett zersetzt in 24 Stund.	Anfangsgewicht in Kilo	CO_2 -produktion für 1 Kilo Thier in 24 Stund.
1.	4,23	187,4	61,74	9,19	20,70
2.	2,89	157,5	45,34	8,92	17,83
4.	3,65	146,9	42,90	8,62	17,99
10.	2,59	131,7	45,55	8,19	18,70
11.	2,41	140,4	41,83	8,03	17,86
12.	2,53	127,9	36,48	7,89	16,13
13.	2,98	134,8	37,45	7,97	17,06
14.	3,02	125,0	33,90	7,83	16,12

Auch hier wie bei Huhn und Kaninchen erhalten wir das nämliche Resultat: Die Zersetzung ändert sich bei Gleichheit der äusseren Verhältnisse nicht oder nur unbedeutend. Sonach können wir mit Bestimmtheit aussagen, dass auch keine inneren unbekannteren Ursachen vorhanden sind, welche beim Warmblüter einen ungleichmässigen Stoffverbrauch hervorbringen, obschon manche immer noch glauben, dass sich das Getriebe in der thierischen Maschine nicht so beherrschen liesse und unberechenbare Ursachen für die Zersetzung beständen. Ja ich glaube bestimmtest,

1) Siehe S. 332 Anm. 3.

dass, wenn man in der Länge wäre, die äusseren Einflüsse noch gleichmässiger zu gestalten, als mir dies möglich war, sich nahezu absolute Ueberernährung der Werthe erreichen liesse.

Die Werthe der Kohlensäure bei Kaninchen, Fuhu und Hund zeigen, wenn der Versuch lange Zeit fortgesetzt wird, allerdings ein allmähliches Absinken.

Bei Kaninchen II beträgt die CO_2 -Ausscheidung
am 5. Tag pro Kilo 17,3 g,

„ 15. „ „ 15,9 g,

somit fand in 10 Tagen ein Abfall von 8% statt, oder im Tage um 0,8%: beim Hunde vom 2. bis 14. Tage ein Abfall von 9,5%, also pro Tag gleichfalls 0,8%. Diese Aenderungen sind unvermeidlich, da mit der Länge der Hungerzeit eben die Binde- und Stützsubstanzen gegenüber der lebenden Zellmasse etwas ins Uebergewicht kommen, so dass auf das gleiche Lebendgewicht allmählich mehr Bindeabstanzen treffen.

Ich kann hier nicht umhin, mit ein paar Worten auf die Ursache der Gleichmässigkeit der Zersetzung im Hunger, die ich früher ohne Commentar gelassen habe, einzugehen, weil daraus auch die Zweckmässigkeit des Hungerzustandes zur Verwendung in unseren Versuchen am klarsten hervorgeht.

Die Gleichmässigkeit der Stoffzersetzung im Hungerzustande beweist uns, dass trotz der zweifellosen Einschränkung aller willkürlichen Functionen, welche einen Stoffverbrauch nach sich ziehen, kein weiteres Herabdrücken des Stoffwechsels möglich ist, und dass ich bewiesen habe, dass dies auch für eine Zeit, in welcher das Thier fast 50% des früheren Eiweissbestandes verloren hat, gilt, so erkennen wir daraus eben, dass es sich hier um einen mit dem Leben unloslich verknüpften unveränderlichen Stoffverbrauch handelt. Das Thier stellt sich im Hungerzustande auf den minimalsten Stoffverbrauch ein. Die Zerstörung, welche sich im Hunger am Organismus vollzieht, kann man sich also so vor sich gehend denken, dass an einzelnen Theilen des Zelllebens nicht soviel Ernährungsmaterial anliegt oder denselben zugeführt wird, als in einem gegebenen Zeittheile erforderlich wäre, um dem Stoffbedürfniss der Zelltheile zu genügen und dass hierdurch verschiedene Aende-

rungen der Molecularordnung verursacht werden, welche in uns unbekannter Weise und Reihenfolge das lebende Protoplasma verändern, wodurch es dann sich wie gewöhnliches zur Ernährung ungeeignetes Eiweiss verhält und zersetzt werden kann.

Wenn man einem Thiere Nahrungsstoffe reicht, so verhindert man mehr und mehr den Verlust der Stoffe, welche das Thier vorher beim Hunger von seinem Körper abgegeben hatte. Es ist demnach klar, dass man auch hier bei gleichbleibender Zufuhr von Nahrungsstoffen die gleiche Stoffzersetzung erhalten müsse, falls das Maass der im Hunger zersetzten Stoffe nicht überschritten wird, also das für den Hungerzustand festgestellte Gleichbleiben des Stoffverbrauches sich direct auf die Fütterung übertragen lässt.

Eine eigene Erscheinung macht sich aber geltend, wenn man mit der Stoffzufuhr den Bedarf an Nahrungsstoffen überschreitet. Während wir als Resultat aller Hungerversuche gefunden haben, dass dabei der thierische Organismus einen Maassstab zur Vergleichung der Wirkung von Nahrungsmitteln abgeben könne, und wir mit Bestimmtheit, wenn wir die Zersetzung der Körperstoffe an dem einen Tage festgestellt haben, auch voraussetzen können, wie viel am nächsten Verbrauch werden wird, erleidet dies eine Einschränkung durch die Fähigkeit des Körpers, bei sehr reichlicher Zufuhr mehr zu zersetzen, als der im Hungerzustande zersetzten Stoffmenge entspricht.

b) Einfluss der Nahrungszufuhr auf die Grösse des Stoffwechsels.

Freilich weiss man schon durch die Versuche von Lavoisier, dass Menschen, welche Nahrung aufnehmen, mehr O verbrauchen, als solche, welche sich in Inanition befinden und namentlich ist durch die Untersuchungen von Pettenkofer und Voit mehr zur Begründung dieser Thatsache beigetragen worden. Der thierische Organismus besitzt zweifellos die Fähigkeit, bei reichlicher Zufuhr von Nahrungsstoffen mehr von diesen zu zersetzen, als bei milder reichlicher Zufuhr. Ob nun aber dabei schon im Verlaufe des ersten Tages der Fütterung eine solche Mehrzersetzung auftritt, oder ob eine mehrtägige allmähliche Accom-

modifikation an das Futter eingetreten sein muss, ist bislang nicht erwiesen, da Petenkofler und Voit bei der umständlichen Harnfärbung, welche der grosse Respirationsapparat erforderte, nicht in der Lage waren, in grösseren Reihen Versuche Tag für Tag ausführen zu können.

Es lässt sich nun in der That darthun, dass durch eine recht reichliche Zufuhr eines Nahrungstoffes eine grössere Zersetzung desselben schon am ersten Tage der Fütterung eingeleitet werden kann.

Der Versuch wurde in der Weise angestellt, dass bei einem hungernden Hunde die Eiweiss- und Fettersetzung festgestellt wurde; sodann erhielt derselbe an dem darauffolgenden Tage in einmaliger Fütterung ein Mehrfaches von der Fettmenge, welche er sonst zersetzte, (als Speck) zugeführt.

Die Werthe, welche sich dabei ergaben, sind in beiden nachstehenden Tabellen verzeichnet.

Zufuhr	N im Harn im Tag	N im Kothe ¹⁾	C der Respiration im Harn	C im Kothe ¹⁾	Gesamte Auscheidung	C in zersetztem Fett	Fett zersetztes	Gesamte Auscheidung	Beginn bei dem Hungertage	
²⁾ Hunger- tag	1,49	0,15	58,55	1,11	1,80	56,05	60,81	65,79	1,64	11,92
³⁾ Hunger- tag	1,54	0,15	49,50	1,14	1,89	52,12	46,52	60,47	1,69	11,00
200 r Speck	1,53	0,15	58,96	1,14	1,89	60,79	55,92	71,8	1,68	10,75

Zufuhr	N aus- geschieden pr. Tag u. Kilo	Fett zersetz- pro Kilo und Tag
²⁾ Hunger- tag	0,143	5,92
³⁾ Hunger- tag	0,141	5,56
200 r Speck	0,142	6,67

1) In einem andern Versuche wurde die N- und C-Ausscheidung im Kothe bei Hunger bestimmt.

Während der Hund nur etwa 5,56 r Fett pro Kilo als Zufuhr gebrauchte hätte, um kein weiteres Körperfett zu verlieren, steigt die Zersetzung des Fettes unter dem Einflusse von 18,6 r pro Kilo auf 6,67 r an.

Die Zersetzung des Fettes, welche uns hier die Gesamtzersetzung nahezu allein repräsentirt, indem nebenbei nur wenig Eiweiss verbrannt wurde, stieg von 100 auf 119 an.

Wir gelangen hierbei also zu dem wichtigen Satz, dass nur dann eine gleichmässige Zersetzung von Fett bzw. ein gleichmässiger Verbrauch an Nahrungstoffen erwartet werden kann, wenn das Maass der zugeführten Nahrungstoffe die in isodynamen Werthen ausgedrückte Summe des bei Hunger zersetzten Eiweisses und Fettes nicht überschreitet).

Gesetzt nun, wir bestimmten die Zersetzung eines hungernden Thieres, und bestimmten sie wiederum, nachdem wir einen auf seine Wirkung zu untersuchenden Stoff gereicht haben, so könnte man, auch wenn es vermieden worden ist, mehr an Nahrungsstoff zu reichen, als dem Bedürfnisse entspricht, einen Einwand erheben, welcher die Berechtigung der Vergleichung in Frage stelle. v. Mering und Zuntz haben nämlich angegeben, dass zur Aufnahme der Nahrungsmittel aus dem Darms eine recht ansehnliche Arbeitsleistung des Darmes nöthig sei.

Zwar liesse sich wohl eine Versuchsordnung denken, welche diesen Einwand vermiede. Man könnte ja z. B. wenn man die Wirkung von Fett mit jener von Stärke vergleichen wollte, einerseits die Zersetzung bei Eiweiss- und Fettzufuhr, dann aber bei Eiweiss- und Stärkezufuhr bestimmen, so dass hierbei also nur eine Auswechslung der zur Vergleichung bestimmten Nahrungstoffe vorhanden wäre²⁾.

1) Ich beschränke mich hier auf die Mittheilung dieses einen Versuches mit Fett; dass es sich bei Eiweiss- und Kohlehydratfütterung unter vergleichbaren Verhältnissen ebenso verhalte, wird später mitgetheilt werden.

2) Wobei also vorausgesetzt wird, dass die verschiedenen Nahrungstoffe keine spezifische Einwirkung auf den Darm und die Erzeugung von Darmarbeit haben.

Aber man begibt sich mit diesem Verlassen des Hungerzustandes als Vergleichsmass eines grossen Vortheils im Interesse der Genauigkeit der Versuche, denn die Menge der Stoffe, welche man in ihrer Verteilung vergleichen kann, ist im Hungerzustande weit grösser als bei irgend einer Versuchsanordnung, welche den Hungerzustand vermeidet.

Um ein Beispiel anzuführen, so verbrauchte der Hund von Pettenkofer und Voit¹⁾ am 10. März 1862 im Hungerzustande 316 trockenes Eiweiss und 107 g Fett; am 5. Juni 1861 bei Zufuhr von 700 g lufttrockener Stärke 34 g trockenes Eiweiss, im Uebrigen Stärke; am 4. März 1862 bei 1500 g Fleisch 271 g trockenes Eiweiss; am 1. April bei Aufnahme von 100 g Fett und einer Zersetzung von 26 g trockenem Eiweiss nur Nahrungsfett. Es konnten also hierbei Stärkemehl, Nahrungsfett und Eiweiss mit einander abwechseln, aber in einem viel weiteren Verhältnisse als dies bei theilweiser Fütterung mit Eiweiss der Fall war; denn dabei konnten (nach S. 315) nur 64 % der gesamten Zersetzung theils durch Eiweiss, theils durch Fett oder Kohlehydrat bestritten werden, indess wir beim Vergleiche mit dem Hungerzustande 90% derjenigen Eiweissmenge, welche bei mässiger Eiweisszufuhr zersetzt wurde, durch andere Stoffe zu ersetzen im Stande waren.

Es ist also im Interesse der Genauigkeit der Versuche der Hungerzustand als Vergleichsmass beizubehalten. Wir wollen daher der Frage, ob denn durch die Darmarbeit eine bemerkenswerthe Aenderung der Gesamtzersehung herbeigeführt werde, näher treten.

c) Einfluss der Darmarbeit.

v. Mering und Zuntz²⁾ haben ausgehend von der Thatsache, dass im Fütterungszustande im Allgemeinen mehr an Stoffen verbraucht werde als im Hunger, sich die Frage gestellt, ob denn nicht etwa die Mehrzersehung bei Fütterung durch die Arbeit des Darmes und der Drüsen bedingt sei. Sie haben dann den O-Verbrauch bei Einführung von Substanzen in den Magen und nach

Einspritzung derselben in das Blut bestimmt. Das Wesentliche ihrer in einer vorläufigen Mittheilung dargelegten Versuche ist die Thatsache, dass nur Pepton sowohl dem Darme zugeführt als bei Injection in das Blut die O-Aufnahme steigerte. Dagegen blieb der O-Verbrauch unverändert, wenn milchsäures Natron, fettsäures Natron, Glycerin oder Zucker eingespritzt wurden, obschon sie sämmtlich vom Magen aus den O-Verbrauch vermehrten. Dies letztere bewirkten auch Stoffe, welche gar nicht zerlegt werden, wie Mannit und schwefelsaures Natron.

Es lässt sich eine Kritik dieser Versuche nicht geben, weil dieselben noch nicht ausführlich mitgetheilt worden sind. Ich kann nun auf Grund von Thatsachen, welche ich gefunden habe, die Auslegung von v. Mering und Zuntz, wie dies auch Voit¹⁾ gethan hat, nicht theilen.

Um festzustellen, dass die Fütterung allein noch keine Steigerung des Gesamtstoffwechsels hervorruft, habe ich einen männlichen Hund von ca. 6 bis 7 Kilo Gewicht hungern lassen, nachdem er als letzte Zufuhr eine geringe Menge von Knochen erhalten hatte. Durch einen Respiationsversuch, welcher am ersten Hungertage ausgeführt wurde und durch die Bestimmung des mit dem Harn ausgeschiedenen N orientirte ich mich über die Eiweiss- und Fettzersehung des Thieres. Da nun das Thier an dem Tage unmittelbar vor Beginn des Versuches gemischte, eiweissarme Kost erhalten hatte, konnte ich an den Hungertagen ein ziemliches Gleichbliben der Grösse der Ausscheidungen erwarten.

Am dritten und vierten Versuchstage erhielt der Hund sodann soviel Fett (annähernd) als für den ersten Hungertag als Verbrauch direct bestimmt worden war: also so viel als zur Deckung seines Fettbedarfes ausreichte. Die Versuchsergebnisse sind in umstehender Tabelle (S. 332) eingetragen.

Zur Feststellung; ob die Zufuhr von Fett die Zersetzung der einzelnen Nahrungsstoffe steigerte, ist es nur nöthig, die Mittelwerthe der Fett- und Eiweisszersehung für den 2. und 5. Tag, sowie für den 3. und 4. Tag zu bestimmen.

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 5 S. 369.

2) Archiv für die ges. Physiol. Bd. 15 S. 634.

1) Voit in Hermann's Handbuch der Physiol. Bd. 6 S. 209.

Tag des Versuches	N im Harn pro Tag	CO ₂ in der Respiration	C-Ausscheid. i. Respiration Harn und Koth ¹⁾	C aus zersetztem Fett	Gesamnte N-Ausscheid. im Tage ²⁾	Fett zersetzt im Tag	Be-merkungen ³⁾
1.	2,76	138,51	40,11	30,44	2,81	39,57	
2.	2,22	122,33	35,29	27,53	2,27	35,79	
3.	2,43	115,73	33,66	25,18	2,48	32,72	
4.	2,34	116,32	33,73	25,56	2,39	33,23	100 g Speck im Futter, 39,5 g Butter, 50 g Milch.
5.	1,96	108,43	31,31	24,44	2,01	31,77	

Es ergibt sich dabei

a) Zersetzung bei Fütterung mit Fett 2,43 g N 32,98 g Fett
 b) " " Inanition 2,14 " 33,78 "

Man kann daher mit Ausserachtlassung unbedeutender bei Fütterung demnach + 0,29 g N — 0,80 g Fett.

1) Der Koth wurde sofort nach der Entleerung abgetrennt, sodann mit einer Weinsäurelösung von bestimmtem Gehalt befeuchtet und eingetrocknet. Menge der Trockensubstanz: 7,360 g

— 1,400 g Weinsäure
 = 5,960
 Fett war im Koth 2,658

sonit fettfreier Koth = 3,292 g in 5 Tagen = 0,658 g pro Tag.

2) Der fettfreie Koth enthielt $\frac{7,43}{7,62}$ = im Mittel 7,52 % N; somit sind im Tag 0,05 g N mit dem Koth entleert worden und bei 43,4 % C des trockenen Kohles etwa 0,28 g C im Tage.

3) Um nicht jedesmal die Kohlmenge bei einem Hungerversuche berücksichtigen zu müssen, will ich hier an dem eben mitgetheilten Versuche als Beispiel zeigen, dass eine Vernachlässigung des Kohles bei Inanition gar nichts an dem Versuchsergebnisse ändert. Indem ich von der N-Ausscheidung, welche dabei um 0,05 g N zu niedrig gegriffen war (in maximo um 2 bis 3 %) ganz absehe, setze ich nur die Zahlen für die Fettzersetzung hier nebeneinander.

- a) mit Vernachlässigung des Kohles
1. 39,52
 2. 35,65
 3. 32,56
 4. 33,11
 5. 31,64
- b) mit Berücksichtigung des Kohles.
1. 39,57
 2. 35,79
 3. 32,73
 4. 33,23
 5. 31,77

Unterschiede also geradezu sagen, dass hier bei Fettzufuhr keine Aenderung der Gesamtersetzung stattgefunden habe.

Ich habe noch einen zweiten Versuch mit Fettfütterung angestellt und zwar am Kaninchen. Das dazu benutzte Thier war bei Beginn der Hungerreihe mässig fett. Es hungerte zunächst 4 Tage; am 4. Tage wurde die CO₂-Ausscheidung bestimmt. Am 5. Tage erhielt es Speck vorgesetzt, von dem es geringe Trass (26,1 g); hier sowie am folgenden Tage wurden gleichfalls Respirationversuche ausgeführt. Den Harn konnte ich nicht ganz regelmässig erhalten.

Ver- suchs- tag	N-Aus- scheidung im Tag	CO ₂ -Aus- scheidung im Tag	Mittleres Gewicht in g	CO ₂ -Aus- scheidung für 1 Kilo Thier in 24 Stunden	Bemerkungen.
3.	0,597	—	—	—	
4.	0,778	32,37	1536	21,07	36,1 g Speck auf- genommen.
5.	1,045 ¹⁾	30,86	1497	20,61	kein Harn ab- zupressen.
6.	—	27,01	1462	19,02	

Nimmt man nun das Mittel der CO₂-Ausscheidung vom 4. und 6. Tag und vergleicht damit den 5. Tag, so ergibt sich

$$5. \text{ Tag} = 20,61 \text{ CO}_2 \text{ pro Kilo}$$

$$4. \text{ u. } 6. \text{ " } = 20,04 \text{ " " "}$$

$$+ 0,57,$$

es wäre demnach hier zwar eine geringe Vermehrung der CO₂-Ausscheidung durch die Fettzufuhr eingetreten. Die Fettmenge, welche hier verabreicht wurde, war aber sehr bedeutend²⁾; das Kaninchen hatte im Tage ungefähr 8,7 g Fett verbraucht — es hat jedoch 26,1 g,

1) Die Steigerung der Erweissersetzung kann nicht durch die Membranen des Specks herbeigeführt sein, sondern beruht wohl auf unregelmässiger Harn-entleerung.

2) Der Versuch am Kaninchen hat ein etwas anderes Resultat gegeben, als der früher (S. 328) mitgetheilte, an einem Hunde ausgeführte. Die Ursache hiervon will ich andern Orts besprechen.

d. h. gerade die dreifache Menge aufgezehrt. Die Steigerung der CO₂-Ausscheidung beträgt in diesem Falle nur 3 %.

Ausser bei Fettfütterung sieht man auch bei Fütterung von Knochen, wobei doch zweifellos ein starker Darmreiz stattfindet, keine Steigerung der Gesamtzersetzung. Ein männlicher 7 Kilo schwerer Hund, welcher einige Tage gehungert hatte, dann an mehreren Tagen 100 g Fett erhielt, bekam nach der Fettfütterung 20 bis 30 g Knochen, am folgenden Tage hungerte er sodann. Die erhaltenen Werte sind in beiden folgenden Tabellen enthalten.

Art der Zufuhr	N im Harn	N ²⁾ im Kohl	C in der Respiration	C ²⁾ im Harn	C ¹⁾ im Kohl	Gesamnte C-Ausscheidung	C im zersetzten Fett	Fett zersetzt	Gesamnte N-Ausscheidung	Mittleres Körpergewicht
100 g Fett	2,33	0,15	42,03	1,74	1,33	45,16	36,72	47,73	2,48	8,23
20-30 g Knochen	2,53	0,15	41,97	1,93	1,39	45,29	36,07	46,89	2,68	8,11
Hunger	2,41	0,15	38,38	1,83	1,39	41,5	32,69	42,40	2,56	7,96

Art der Zufuhr	N-Ausscheidung pro Tag und Kilo		Fett-zersetzung pro Tag und Kilo	
	100 g Fett	20-30 g Knochen	Hunger	
	0,3	0,33	5,79	5,78
			0,32	5,32

Die Unterschiede in der Zersetzung sind so unbedeutend, dass man von einer Einwirkung der Knochen auf den Darm kaum reden kann²⁾.

1) Pro Tag wurde bei Fettfütterung 3,2 g fettreicher Kohl abgetrennt, welcher tag treffende Kohl sich nicht getrennt bestimmen liess, ist obiger Wert für diese Tage zu Grunde gelegt. Der C-Gehalt des Kohls wurde nach früheren Angaben berechnet.

2) Berechnet.

3) Siehe auch S. 341.

Nachdem wir nun erwiesen haben, dass die Zersetzung im Tierkörper im Hungerzustande mit einer ausserordentlichen Gleichmässigkeit abläuft, sobald nur die äusseren Einwirkungen auf das Tier gleichmässig erhalten werden, und dass ausserdem die Nahrungszufuhr, innerhalb der für unsere Versuche gestellten Grenze, als solche keine oder nur höchst geringfügige Aenderungen des Stoffwechsels¹⁾ hervorbringt, ist jenen Bedingungen Genüge geleistet, welche zur Ausführung der zur Lösung der gestellten Frage dienenden Versuche unmittelbar nötig sind. — Es wäre wohl denkbar, dass in der That jedesmal, wenn Nahrungszufuhr eintritt, ein Reiz des Darmes und eine mit erhöhtem O-Verbrauch Hand in Hand gehende Thätigkeit der Drüsen sich einstellt, welche aber nur vorübergehend ist, so dass sie wohl in einem ganz kurze Zeit umfassenden Versuch wie bei v. Mering und Zuntz nachgewiesen werden kann, im Vergleich aber zu der in 24 Stunden zerstörten Stoffmenge nicht in Betracht kommt.

Ich gehe nun zur Betrachtung des Wirkungsverthes der einzelnen Nahrungsstoffe über.

III. Versuche über die isodynamen Werthe.

I. Eiweiss und Fett.

Vertretungen von Eiweiss und Fett kommen in verschiedener Ausdehnung vor. Nicht nur wird durch Zufuhr von eiweissartigem Material der Fettverlust vom Körper theilweise oder ganz aufgehoben, sondern es tritt beim Hunger auch unter Umständen für das mangelnde Körperfett das Eiweiss der Organe ein.

a) beim Hunger.

Ich habe deraartiges beim hungernden Kaninchen beobachtet und bereits mitgetheilt²⁾. Bei mageren Thieren zeigt sich im Verlaufe der Hungerzeit manchmal ein fast plötzliches Ansfügen der Eiweisszersetzung; eine Thatsache, auf welche schon früher

1) So lange als eben die Grenze des Hungerbedarfes nicht überschritten; bei Ueberschreiten der Grenze tritt eine Erhöhung der Zersetzung ein.

2) Zeitschrift für Biol. Bd. 17 S. 214 ff.

Voit¹⁾ aufmerksam gemacht hatte und die er auf den Mangel an eiweissverwendem Fett am Körper zurückführte. Ich habe weiters beobachtet, dass in der That zu der Zeit, in welcher die Eiweisszersetzung ansteigt, kein oder nur Spuren von Fett sich am Körper befinden²⁾ und zersetzt werden, so dass in diesem Falle das Eiweiss der Organe das Körperfett vollständig vertritt.

Wäre das Eiweiss nicht für alle Functionen eingetreten, zu denen früher das Fett diente, so hätte das Thier sofort zu Grunde gehen müssen.

Es hat sich also hierbei ohne unser Zutun vor unsern Augen im Körper selbst ein Versuch über den isodynamen Werth von Organeweiss und Körperfett vollzogen und zwar in der idealsten Form, welche man ersinnen könnte³⁾. Ich hatte mich bei meiner ersten Veröffentlichung einer näheren Discussion mit Rücksicht auf die nun mitzuthellenden Versuche enthalten.

Mit Benutzung der Berechnungssart Hennenberg's liess sich damals zeigen, dass die sich dabei vertretenden oder isodynamen Mengen des Eiweisses und Fettes fast gleiche Mengen von O zur Oxydation nöthig hatten; die zur völligen Oxydation des verbrannten N-haltigen Materials nöthige O-Menge betrug nämlich 122,5⁴⁾, indess zur Verbrennung der isodynamen Fettmenge 119,1⁵⁾ O für 24 Stunden notwendig gewesen wären⁶⁾.

Die Ueberschimmung erscheint zwar als eine sehr befriedigende, aber es lassen sich leicht Gründe aufführen, welche es wahrscheinlich machen, dass das Eiweiss weniger Fett gespart hat, als direct aus dem Versuche hervorzugehen scheint.

Wir haben nämlich schon oben (S. 326) hervorgehoben, wie im Hungerzustande ein allmähliches Absinken des Stoffverbrauches und

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 2 S. 326.

2) Ebenda Bd. 17 S. 231. Es enthielt das Thier noch 0,4% Aetherextract; das ganze Thier 6,62⁴⁾; aus dem Gehirn allein liessen sich 0,85⁵⁾ gewinnen, so dass 5,77⁶⁾ nach Abzug dieser letztern verblieben.

3) Denn eine Complication durch Veränderungen der Nahrungsstoffe im Darmkanal ist dabei ganz ausgeschlossen.

4) n. n. O. S. 237.

zwar des Fettes stattfindet. Der tägliche Abfall betrug bei dem betrachteten Fall, dem kleinen Kaninchen Nr. III, weniger als 1% pro 24 Stunden und 1 Kilo Thier. Wenn man also die Wirkung des zerfallenden Körperweisses durch Vergleichung eines Tages mit niederer Eiweisszersetzung und des darauffolgenden Tages mit hoher Eiweisszersetzung erschliesst, so wird die Wirkung des Eiweisses überschätzt, weil ja schon durch die im Thiere gelegenen Bedingungen¹⁾ der Fettverbrauch an dem Tage mit hoher Eiweisszersetzung um 1% gesunken wäre. In der That war ja damals gefunden worden, dass 100 Theile N-haltiger Trockensubstanz, welche nach Hennenberg im Maximum 41,5²⁾ Fett zu bilden im Stande sind, 43,31³⁾ Fett ersetzt haben⁴⁾.

Es bleibt aber noch ein weiterer Punkt, der in gleicher Richtung die Resultate ändern kann, wie der oben besprochene, zu berücksichtigen. Es ist nämlich beim Kaninchen nicht möglich, jenen Antheil des N-Stoffwechsels, welcher den Körper mit dem Kohle verlässt, zu bestimmen.

Wenn man den Inhalt ihres Darms nach abgekaufter Hungerzeit untersucht, findet man immer weniger Stoffe in denselben als sich vor dem Immissionsversuche in diesem befanden.

Man kann nun nicht gerade behaupten, dass ein immer gleichbleibender Bruchtheil der Gesamt-N-Ausscheidung⁵⁾ den Körper im Kohle verlasse, aber das scheint mir ausgemacht zu sein, dass man berechnigt ist, wenn mehr N im Harn ausgeschieden wird, d. h. die Eiweisszersetzung steigt, dann auch mehr N im Kohle zu erwarten.

So wäre denn auch die C-Ausscheidung des Kaninchens III an den Tagen hoher Eiweisszersetzung um ein Kleines höher zu greifen gewesen und damit hätten dann gleichfalls die isodynamen Werthe zu Gunsten des Fettes eine Aenderung erfahren.

1) Das Absinken beruht auf der relativen Zunahme der Bindesubstanzen gegenüber dem Protoplasma der Gewebe.

2) Zeitschrift für Biol. Bd. 17 S. 235.

3) Dieser Antheil, welcher bei Hunden etwa 2,3%⁶⁾ ausmacht, muss beim Kaninchen sicher unter 5,75% liegen, denn soviel machte die gesammte N-Menge aus, welche ich in dem Darne eines verhungerten Kaninchens fand.

Aus jedem der beiden Gründe müßte die angegebene zu niedrige Zahl bei dem Fette erhöht werden und es wäre möglich, dass dieselbe sich sogar etwas über die Eiweiszzahl erhebt.

Aus dem Versuchsergebnisse beim Kaninchen ¹⁾ lässt sich zwar nicht entnehmen, wieviel Eiweiss der N-Ausscheidung entspricht, also auch nicht, welche Menge von Eiweiss eine bestimmte Menge von Fett vertreten hat, aber wir erhalten doch daraus einen bedeutsamen Wink, nach welchem Princip in dem Organismus sich die Stoffe vertreten: Die Vertretung scheint nach Maassgabe der Kräfte, welche den Stoffen innewohnen, zu erfolgen. Ich zweifle, bei der ausserordentlichen Gleichmässigkeit, welche den Hauptgesetzen des Stoffwechsels bei dem Fleischfresser, beim Pflanzenfresser und beim Huhne gemeinsam ist, nicht im geringsten, dass auch für diese Thiere das Gleiche Geltung hat.

b) bei Eiweisszufuhr.

Wie verhält sich aber das Nahrungsseiweiss bezüglich der Vertretung von Fett? Wir können hier nicht unmittelbar an die Mittheilung der Versuche gehen, weil es scheinen möchte, es sei ein derartiger Versuch überhaupt nicht anzustellen.

Wird einem Thiere Eiweiss in genügender Menge zugeführt, so wird nicht allein das Körperfett vor Zersetzung bewahrt, sondern auch das Organeisweiss am Zerfall gehindert. Der Vertretungswert des letzteren Stoffes muss also schon bekannt sein, ehe der des Fettes gefunden werden kann. Ist auch nichts naheliegender, als anzunehmen, dass das Nahrungsseiweiss und das Organeisweiss sich in gleichen Mengen vertreten, so ist doch nach Anschauung Mancher die in der That dafür sprechende scheinbar paradoxe Thatsache, dass die Zufuhr von eiweisartigem Material die Zersetzung des

1) Ich hätte gerne diesen Versuch nochmals wiederholt, wenn nur das Gelingen desselben mit einiger Wahrscheinlichkeit sich voraussetzen liesse. Allein eine rasche und beträchtliche Erhöhung der Eiweisszersetzung tritt beim Hungerzustande nur ein, wenn die Thiere mager sind. Da man nicht wissen kann, zu welchem Zeitpunkt die erhöhte Eiweisszersetzung eintritt, muss man Tag für Tag die Ausscheidungsproducte untersuchen.

letzteren anfecht und dass man keineswegs mit jener Eiweissmenge, welche im Hunger zersetzt wird, ein Thier selbst bei Zugabe der grössten Fett- oder Kohlehydratmengen erhalten kann. Die Erhaltung (das N-Gleichgewicht) tritt erst ein, wenn ein Mehrfaches des im Hungerzustande zersetzten Eiweisses zugeführt wird.

Weiters ist von Voit ¹⁾ zuerst auf einen wesentlichen Unterschied in der Zersetzlichkeit des im Körper abgelagerten, organisirten und in den Säften gelösten circulirenden Eiweisses hingewiesen worden. Von ersterem Eiweisse zerfiel bei dem untersuchten hungerrnden Thiere von 30 Kilo Gewicht weniger als 1% des am Körper befindlichen Eiweisses, indess neu hinzugekommenes circulirendes Eiweiss völlig zerlegt wird. Die gleiche ausserordentliche Widerstandskraft des Organisirten gegen Zerlegung konnte auch ich in meinen Versuchen am Kaninchen ²⁾ und Kuckein ³⁾ am Huhne feststellen.

Voit glaubt aus seinen Versuchen schliessen zu dürfen, dass das organisirte Eiweiss erst dann sich zersetzt, wenn es vorher gelöst und flüssig geworden ist, so dass also, sobald die Zersetzung eintritt, kein Unterschied gegenüber dem circulirenden Eiweiss gegeben ist.

Die zum meist nur geringe Zersetzung des organisirten Eiweisses beruht nur darauf, dass dasselbe durch das am Körper vorhandene Fett vor Zerstörung bewahrt wird. Hört dieser Schutz des Fettes aber auf, so kann man einen recht beträchtlichen Theil des Organisirten täglich in Zerfall gerathen sehen. In den besondern Fällen mit völligem Schwund des Fettes, die ich früher schon erwähnt habe, gingen nicht mehr 1% des organisirten Eiweisses, sondern 7,3 bis 7,7% im Tage zu Grunde ⁴⁾

Man kann also aus dem besondern Verhalten des Organisirten, nur in geringem Grade zerlegt zu werden, nicht abnehmen, dass es etwa nicht in gleichen Gewichtsmengen mit dem zur Ernährung zugeführten Nahrungsseiweiss isodynam sein könnte.

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 2 S. 307 ff.

2) Ebenda Bd. 17 S. 215 ff.

3) Ebenda Bd. 18 S. 17 ff.

4) Ebenda Bd. 17 S. 225.

Man könnte aber noch einen andern Grund anführen, dass organisirtes Eiweiss nicht einfach durch Nahrungsweiss vertreten werden kann.

Ich meine die scheinbar paradoxo Steigerung der Eiweisszersetzung nach einer Eiweisszufuhr, welche die Menge des im Hungerzustande zersetzten Eiweisses überschreitet. Sie lässt sich aber ohne Zahlhelfnahme besonderer Eigenschaften der sich zersetzenden Stoffe, wie Andere angenommen haben, erklären. Wenn man Eiweiss zuführt, kann man allerdings nicht das N-Gleichgewicht erreichen, sofern man etwa nur soviel an Eiweiss reicht, als vorher im Hungerzustande vom Körper zu Verluste ging, und zwar deshalb nicht, weil das Eiweiss rasch zur Resorption gelangt, wodurch dann in der ersten Zeit der Resorption ein beträchtlicher Ueberschuss vorhanden ist. Dadurch wird nun nicht nur der Eiweissverlust vom Körper aufgehoben, sondern auch Körperfett erspart. Es bleibt aber eben auch deshalb nicht genügend Eiweiss übrig, um den Eiweissverlust in späterer Zeit zu verhüten und der Körper gibt, obschon soviel zum Beispiel zugeführt wurde, als vorher im Hungerzustande an Eiweiss verloren worden war, doch noch Eiweiss vom Körper ab. Nicht besondere Eigenschaften des Eiweisses bedingen diese immerhin sehr interessante Erscheinung der Steigerung der Eiweisszersetzung nach Eiweisszufuhr, sondern bestimmte Resorptions- und Circulationsverhältnisse.

Auch diese Thatsache bildet kein Hinderniss für die Annahme, dass sich organisirtes und circulirendes Eiweiss, was ihren Verwertungsverth anlangt, in gleichen Gewichtsmengen isodynam wären.

Wir haben es uns zur Aufgabe gestellt, mit einfachen Nahrungsstoffen die Versuche auszuführen. Doch muss ich gleich hier beim Eiweiss davon abgehen, nur reines Eiweiss zu geben, da grössere Mengen dieser Stoffe von Hunden nur ungern aufgenommen werden und dabei leicht Verdauungsschwerden eintreten.

Es blieb nichts anderes übrig, als zum Muskelfleisch zu greifen; letzteres wurde sorgfältig von Fett und Bindegewebe gereinigt, dann zerwiegt und noch mehrmals durch eine Wurstmaschine, zum Zwecke vollkommener Mischung, hindurch getrieben.

1. Eine Hündin, deren Harn mit dem Katheter entleert wurde, hungerte zuerst 4 Tage ¹⁾, dann wurden am 5. und 6. Tag ²⁾ die 24 stündigen Ausscheidungsproducte bestimmt. Am 6. Tage hatte sie 40 g abgegebene ³⁾ Knochen erhalten. Sodann erhielt sie an zwei unmittelbar hierauf folgenden Versuchstagen 720 und 760 g Fleisch und je 100 ccm Wasser.

Die Werthe, welche sich bei diesen Versuchen ergaben, sind in folgende Tabelle eingetragen.

Nr. des Versuchstages	Zufuhr	N im Harn für den Tag	N im Koth für den Tag	C in der Respiration für den Tag	C im Harn	C im Koth ⁴⁾	Gesammte C-Ausscheidung	C in zersetztem Fette	Fett zersetzt	Gesammte N-Ausscheidung	Temperatur in °C
5.	Hunger	2,75	0,05	70,32	2,13	0,28	72,73	63,15	82,09	2,80	17,1
6.	40 g Knochen	3,48	0,05	66,55	2,67	0,28	69,40	57,33	74,53	3,53	17,8
7.	720 g frisches Fleisch	19,78	0,33	77,16	15,01	2,36	94,65	25,47	33,11	20,11	18,5
8.	760 g frisches Fleisch	20,82	0,33	81,06	15,78	2,36	99,23	26,47	34,41	21,15	19,9

Die N-Ausscheidung des Hundes, welche sich dem Zustande der Inanition gemäss allmählich verringerte, erhielt eine kleine Steigerung durch die Zugabe von 40 g frischer Knochen, welche am 6. Tag gereicht worden waren. Unter dem Einflusse des zugeführten

1) 1. Hungertag 6,52 N im Harn

2. " 4,37 " " "

3. " 3,99 " " "

4. " 3,47 " " "

2) Es wurde nach kein Wasser gegeben.

3) Zur Abgrenzung des Kothes. Doch war es nicht gelungen, den für die zwei Fleischfütterungstage treffenden Koth genau zu bestimmen.

4) Der Koth hierfür nach einer Fütterungsreihe mit 600 g Fleisch angenommen, da der Abgang für 2 Tage ungenau ist. Der N-Gehalt ist bestimmt, der C nach andern Angaben (100 tr. Fleischkoth = 43,4 C) berechnet.

Fleisches¹⁾ stieg die Eiweisssetzung wie bei den Versuchen von Pettenkofer und Voit sofort gewaltig an, indess die Fettsetzung sank. Es wurde nicht alles zugeführte Fleisch verbrannt, sondern ein Theil desselben im Körper zurückgehalten, was für unsere weiteren Betrachtungen ohne Belang ist; denn wir haben nur zu vergleichen, wie viel an dem Fleischfütterungstag mehr Eiweiss und um wie viel weniger Fett verbrannt worden ist.

Im Mittel wurden folgende Werthe erhalten:

a) Hungerzustand	3,15 % N und	78,31 % Fett
b) Eiweisszucht	20,63 " "	33,76 " "

Differenz = + 17,48 % N und — 44,55 % Fett.

Für 17,48 % N, welche bei Eiweissfütterung sich mehr in den Ausscheidungsproducten fanden, sind 44,55 % Fett weniger zerstört worden, welche früher der Körper von sich eingebüsst hatte.

Welcher Menge trockenen Eiweisses entsprechen aber diese 17,48 % N?

Der hier bei Fleischfütterung ausgeschiedene N entstammt nicht allein Eiweisskörpern, sondern zum guten Theil auch den Extractivstoffen des Fleisches.

Nach allen Untersuchungen, welche den Nahrungswert des Fleischextractes festzustellen bestreben, darf man annehmen, dass

1) Das gefütterte Fleisch hatte folgende Zusammensetzung:
100 % frisch gaben 22,82 % (bei 100 %) trockener Substanz;
100 " " enthalten 0,51 % Fett = 2,28 % der Trockensubstanz,
100 " " " 3,95 % eiweiss- und leimfreien Wassereextract =
17,38 % der Trockensubstanz;
100 % (mit Wasser extrahirt) Fleischreststandes = 0,48 % Asche der Trockensubstanz,
100 % trockenes Fleisch gaben 4,79 % Asche.

Darum ergibt sich der Gehalt des Fleisches an Eiweisskörpern:

100,00 % trockenes Fleisch,
— 17,39 " trock. Wassereextract,
82,62 "
— 0,40 " Asche, welche sich in dem Reststand befinden,
— 2,23 " Fett,
79,99 %; in runder Summe sind also 80 % des Fleisches als

dem Eiweiss bestehende Körper zu betrachten.

demselben kann eine Bedeutung als Nahrungsmittel zuzusprechen sei. Kemmerich¹⁾ hat sogar gefunden, dass mit Fleischextract gefütterte Thiere rascher zu Grunde gehen, als solche, welche vollständiger Inanition unterworfen waren. Es ist ein besonderer Werth des Fleischextractes als Nahrungsmittel auch nach seiner chemischen Zusammensetzung nicht zu erwarten gewesen; denn es enthält ja nur im Wesentlichen Stoffe der regressiven Metamorphose, neben geringen Mengen solcher, die noch einer Verbrennung fähig wären.

Auch die Kenntnis der elementaren Zusammensetzung des Harns weist darauf hin, dass das Fleischextract (oder auch das Organextract bei Hunger) ohne wesentliche Aenderung in den Harn übergeht.

Ist diese Voraussetzung richtig, dann muss sich die elementare Zusammensetzung des Fleischharns auch berechnen lassen, wenn man zu den Elementen des Fleischextracts, welches in einer gegebenen Menge Fleisch enthalten ist, die Kreatinin- und Harnstoffmenge²⁾, welche sich aus dem Eiweiss derselben Fleischmenge bilden kann, hinzuzählt und daraus die Zusammensetzung des Harns ableitet.

Man berechnet³⁾ so als Zusammensetzung des Fleischharns für 100 Theile:

1) Archiv für die ges. Physiol. Bd. 1 S. 120 ff.
2) Indem wir Harnstoff und Kreatinin als die wesentlichsten Bestandtheile des Fleischpressharns ansehen.
3) 100 % trockener Muskel liefern 17,38 % Extract (s. S. 342); das Extract hat im Mittel in 100 Theilen trocken (König, die Nahrungsmittel):
C 28,54
H 5,71
N 13,88
O 23,69
(Asche 28,14)

Aus dem Eiweiss von 100 Theilen frischem Fleisch entstehen nach Voit (Zeitschrift für Biol. Bd. 5 S. 94 ff.) etwa 0,92 Kreatinin; da das von ihm verwendete Fleisch 24,10 % Trockensubstanz enthält, so tritt auf 100 Theile trockenen Fleisches 0,811 Kreatinin. Da nun in 100 trockenem Fleische 80 Theile Eiweiss sind mit 12,24 % N und 0,811 Kreatinin 0,801 N enthalten, so kann aus dieser Eiweissmenge noch 25,27 % Harnstoff gebildet werden, so dass sich demnach ergäbe:

C	26,82
H	6,26
N	37,62
O	29,30

indess nach den Angaben Voit's *) sich darin befindet:

C	23,5
H	6,4
N	34,4
O	33,7

Der berechnete und gefundene Werth stimmen ziemlich genau mit einander überein.

Wir halten uns nach dem eben Erörterten demnach für berechtigt, nur die Eiweissstoffe (und das leimgebende Gewebe) des Fleisches als die für den Körper werthvollen Substanzen zu betrachten.

Als Elementar-Zusammensetzung des reinen Muskelfleisches benutze ich die Zahlen von Playfair und Böckmann²⁾, wie schon früher angegeben wurde. Da 100 trockenes, aschefreies Fleisch 15,79 % N enthält, indess nach meiner Analyse 100 aschefreier Muskel 84,02 Theile Eiweiss entspricht, so wäre für 1^r in den Zersetzungsproducten auftretenden N 5,321^r Eiweiss³⁾ (und leimgebendes Gewebe) in Rechnung zu bringen.

Kehren wir zu den Resultaten des Versuchs zurück, so finden wir 17,43 N isodynam 44,55^r Fett oder 93,01 trockenes Eiweiss

von 100 Theilen trockenem Muskel gehen in den Harn				
	C	H	N	O
1. mit dem Extract	4,97	0,99	2,41	4,12
2. im Kreatinin aus Eiweiss	0,34	0,05	0,30	0,11
3. im Harnstoff	5,04	1,68	11,79	6,74
	10,35	2,72	14,50	10,97
	= 38,54 ^r Trockensubstanz.			

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 1 S. 141 bis 147.

2) Ehbenda Bd. 2 S. 234.

3) Ich sage der Abkürzung halber hier immer „Eiweiss“, obgleich dies streng genommen nicht richtig ist, da sich ja auch leimgebendes Gewebe dabei befindet.

isodynam 44,55^r Fett; 100 Fett sonach 208,7^r trockenem Eiweisses⁴⁾.

Nachdem wir nun in unserem jetzigen Falle bei Fütterung mit Fleisch besser orientirt sind über die Stoffe, welche im Organismus zur Zersetzung kommen, als früher bei der Vertretung von Körperfett und Organeiwiss bei Hunger wollen wir jetzt zusehen, ob die Vertretung nach Maassgabe der potentiellen Energie der Stoffe erfolgt, wie es aus dem Früheren (S. 338) wahrscheinlich schien, und wir wollen als Maass der potentiellen Energie der Stoffe den calorischen Werth derselben einführen.

100^r aschefreier Muskel enthält 84,02^r trockenes Eiweiss (und leimgebende Substanz); hiervon spalten sich ab 0,311^r Kreatin = 0,98^r Kreatinin⁵⁾ und 26,53^r Harnstoff. Für die Verbrennungswärme der Eiweisskörper des Fleisches liegen nun allerdings Angaben von Frankland⁶⁾ vor, es ist aber erwiesen, dass dieselben zu niedrig sind⁷⁾; es sind diese Werthe um so weniger zu verwenden, als voraussichtlich der Fehler in der Bestimmung des calorischen Werthes der N-freien Substanzen (des Fettes) wesentlich geringer ist.

In neuerer Zeit sind für die Eiweisskörper Angaben von Danilewsky⁸⁾ gemacht worden, wobei die wesentlichen Fehler, welche der ursprünglichen Frankland'schen Methode anhaften, vermieden sind.

Man erhält für 84,02^r trock. Eiweiss, da 1^r trock. Eiweiss im Mittel⁹⁾ 5890 cal. liefert, 494 577,8 cal. (1 cal. = 0,425^{hemp}). Hieron gehen ab für Kreatinin⁷⁾ 4 035,6 und für 26,53^r Harnstoff⁸⁾ 67 306,6 = 71 342,2 cal.

1) 17,48 N entsprechen 114,67^r trockenem Muskel; 100 Theile Fett sind somit 257 Theilen trockenem Muskels isodynam.

2) Zeitschrift für Biol. Bd. 5 S. 94 ff.

3) Frankland, On the orig. of muscular power. Phil. Mag. 32, 182.

4) Stohmann, Journal für prakt. Chemie Bd. 19 S. 115.

5) Centralblatt f. d. med. Wissensch. (1851) Nr. 26 und 27.

6) Für Eiweiss ist das Mittel aus dem Werthe für Blutfibrin und Casein gewählt.

7) Für Kreatinin wurde der von Hermann (Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1868) für Kreatin angegebene Werth zu Grunde gelegt.

8) Nach Danilewsky u. a. O.

9) Zeitschrift für Biologie th. XIX.

so dass also als wirklicher Nutzeffect des Muskels verbleiben:

494 877,8
— 71 342,2

423 535,6 cal.

Da wir nun die Muskel- und Organzeretzung nach der N-Ausscheidung bemessen, so will ich den calorischen Werth, welchen 1 e (im Harn und Koth) angedehnten N repräsentirt, hierher setzen. 100 e aschefreien Muskels enthalten 15,79 e N; also liefert jene Eiweissmenge, welche 1 e N in den Excreten entspricht, 26,882 Cal.

Hier soll nun gleich angefügt werden, dass mit unserer Annahme der calorische Werth des Eiweisses etwas überschätzt ist. Bei Hunger wie bei Fleischfütterung erscheinen Ausscheidungsproducte im Darmkanale, welche neben abgestossenem Epithel, Haaren und Schleim Reste der Verdauungssäfte enthalten. Es ist hierauf, dass der reine Koth ein Stoffwechselproduct darstellt, schon von Bischoff und Voit¹⁾ aufmerksam gemacht worden. Wenn wir auch nicht bezweifeln können, dass derselbe im Wesentlichen aus den Eiweisskörpern seinen Ursprung nimmt, so ist doch andererseits durch das Experiment eine directe Proportionalität zwischen Eiweisszeretzung und Kothbildung noch nicht erwiesen, wenn auch bei hoher Eiweisszufuhr²⁾ mehr Koth entsteht als bei niedriger.

Letzterer besteht nun aus einer Anzahl von Verbindungen, welchen jedenfalls noch eine nicht unbeträchtliche Verbrennungswärme zukommt; die elementare Zusammensetzung des Fleischkohles³⁾ (aschefrei) ist folgende:

C	62,05
H	9,24
N	9,26
O	19,45

1) Bischoff und Voit: Gesetze der Ernährung des Fleischfressers S. 201.
2) Pettenkofer und Voit: Zeitschrift für Biol. Bd. 8 S. 438 und 449:

bei 500 e Fleisch entloerte der Hund 5,2 e Kr. Koth,

1000 " " "	8,6 " "
1500 " " "	11,3 " "
3) Bischoff und Voit u. a. O.	"

Die Menge des Kohles ist nicht so sehr gering; nach den Angaben von Pettenkofer und Voit²⁾ entleerte ein Hund, welcher soviel Fleisch erhielt, als eben zu seinem Unterhalte nöthig war, nämlich 1500 e, mit dem Kothle an elementaren Stoffen:

C	H	N	O
4,9	0,7	0,7	1,5

Es liegen nun zwar keine Angaben über die Verbrennungswärme des Kohles vor, allein man kann mit Hilfe der Kenntniss der zur completen Oxydation nöthigen O-Menge die Verbrennungswärme annähernd wenigstens berechnen.

1,5 O vermögen mit 0,17 H sich zu verbinden; es verbleibt also noch an Stoffen, welche mit neu hinzutretendem O sich zu verbinden haben 0,7 — 0,17 = 0,53 H und 4,9 e C, also $0,53 \times 8 + 4,9 \times 2,66 = 17,27$ e O.

Als calorisches Aequivalent des O berechne ich 3,5 Cal. (was auch Liebermeister³⁾ angenommen hat); wonach also $17,27$ e O = 60,44 Cal.

1500 Fleisch mit 51,0 N können nach unserer oben gemachten Berechnung $51 \times 26,882$ Cal. = 1367,9 Cal. produciren; mit dem Kothle werden vernachlässigt 60,4 Cal., also in runder Summe bei 100 Fleisch 4,4 %.

Es sind demnach mit grosser Wahrscheinlichkeit 51 e N nicht 1367,9 Cal., sondern nur 1307,5 als gleichwerthig zu rechnen, wonach also für 1 N 25,637 Cal. zu setzen wären³⁾.

Kehren wir zurück zu den Versuchsergebnissen, so findet sich, da 17,48 e N 44,55 e Fett ersetzen, dass sich die entsprechenden Wärmemengen wie 448,1 : 431,7 verhalten. Die Wärmeproduction ist an dem Tage mit Eiweissfütterung gegenüber dem Hunger etwas gesteigert; aber um eine höchst unbedeutende Grösse. Eine nennenswerthe Verschiedenheit in der Lufttemperatur war an beiden Tagen nicht vorhanden, indem das Mittel an den Hungertagen 17,4, an

1) Zeitschrift für Biol. Bd. 7 S. 450.

2) Liebermeister, Pathologie und Therapie des Fiebers S. 163 und 168.

3) Da 1 N = 6,921 e Eiweiss = 25,637 Cal.; 1 e trochl. Eiweiss = 4,818 Cal.

den Fleischtagen 19,2° C betrug. Eine Ungleichheit in der Wärmeabgabe wurde aber gegenüber dem Hungerzustande dadurch herbeigeführt, dass der Hund am ersten Tage 720 g Fleisch und 100 g Wasser, am zweiten Tage 760 g Fleisch und 100 g Wasser von Zimmertemperatur (also 19° C.) erhielt; es wäre denkbar, die geringen Differenzen vielleicht hierauf zurückzuführen.

Nehmen wir an, es wären die im Mittel aufgenommenen Mengen von 840 g Fleisch und Wasser auf 38° zu erwärmen gewesen, so hätten rund 16,00 Cal. an den Fleischtagen mehr producirt werden müssen: demnach ergeben sich 432,13 Cal. : 431,69 Cal. Ich halte aber diese nahe Uebereinstimmung der Versuche nur für einen Zufall.

Es muss also eine Vertheilung genau nach Maassgabe des Inhalts an potentieller Energie stattgefunden haben; was wir nach dem Resultate der Kaninchenversuche nur vermuthen konnten, lässt sich hier mit Bestimmtheit darthun.

Wir wissen nun allerdings, wie schon früher (S. 338) hervorgehoben wurde, nicht genau, ob wir für jene Stoffe, welche in einem hungernden Kaninchen gegen sein Lebensende hin verbrennen, die gleichen Werthe für die Verbrennungswärme zu Grunde legen dürfen, wie sie eben bei den Hundversuchen für das Fleisch verwendet wurden, allein es ist dies doch höchst wahrscheinlich berechtigt. Nachdem wir den calorischen Werth, welcher 1 g in den Excreten ausgeschiedenen N entspricht, festgestellt haben, lässt sich also untersuchen, wie sich denn bei den Versuchen am hungernden Kaninchen die Vertheilungswerte von Eiweiss und Fett verhalten, wenn sie in Calorien ausgedrückt werden. Wir erhielten: 5,25 N = 14,21 g Fett, d. i. 134,6 Cal. : 137,6 Cal., also auch hier, wo es sich um die Vertheilung von Körperleift durch Organleiweiss handelt, erhalten wir das nämliche Versuchsergebniss, was wir früher ja schon vorausgesetzt haben.

Indem sich in unserem Falle Eiweiss und Fett nach ihrem Wärmewerthe isodynam sind, muss hier auch die täglich producirte Wärmemenge die gleiche geblieben sein, ob Eiweiss gefüttert wurde, oder ob sich der Körper in dem Hungerzustande befand und vorwiegend Fett zersetzte. Dies ist in der That der Fall, wie die

folgende Tabelle zeigt, in der die Stoffzersezung der einzelnen Tage und die Menge der vom Hund producirt Wärme verzeichnet ist¹⁾.

Zufuhr	N-Aus- scheidung im Tag	Fett- zersezung im Tag	Cal. aus Eiweiss im Tag	Cal. aus Fett im Tag	Gesamt- menge der Cal.	Mittleres Körper- gewicht	Cal. pro Kilo Thier im Tag
Hunger	2,90	82,09	71,47	795,45	867,22	19,01	45,61
40 g Knochen	3,83	74,58	90,60	722,19	812,79	18,79	43,26
720 g Fleisch	20,11	83,11	615,56	890,88	836,39	18,80	44,48
760 g Fleisch	21,15	84,41	642,22	838,43	875,65	18,97	46,16

Ich habe noch an einem zweiten, kleineren Hunde von ca. 10 Kilo Gewicht einen ähnlichen Versuch angestellt. Das Thier hatte mehrere Tage je 415 g Fleisch, welches in obiger Weise behandelt war, und 150^{ccm} Wasser erhalten.

Der Harn wurde bei diesem Thier (einem Männchen, Windspiel) direct aufgefangen. Der Hungertag folgte auf die Fleischfütterung. Die Versuchsergebnisse sind in folgende Tabelle eingetragen.

Zu- fuhr	Ventilation pro 24 Stand.	t in		N im		C im		CO ₂ -Aus- scheidung	Gesamte N-Aus- scheidung	Gesamte C-Aus- scheidung	Fleisch C
		° C	im Harn	im Harn	im Koth	im Koth					
415 g Fleisch	68,700	19,6	13,42	10,23	0,30	2,20 ³⁾	203,58	13,72	67,93	21,01	
Hunger	90,700	19,2	4,23	3,15	0,15	1,39 ³⁾	180,28	4,39	53,71	38,89	

1) Für das Eiweiss wurde der mit Rücksicht auf die Kothbildung berech-
nete Wärmewerth verwendet.

2) Der Koth wurde nicht bestimmt, sondern derselbe nach den Angaben
von Pettenkofer und Voit für eine Fütterung von 500 g Fleisch angenommen;
s. Zeitschrift für Biol. Bd. 7 S. 440.

3) Im Tag wurden 3,2 g trockener Harnkoth entleert.

Es gibt sich hieraus für den isodynamen Werth:

Zersetzt am Fleischfütterungstag	13,72 N	27,21 Fett
" " Hungertag	4,38 "	50,56 "
	+ 9,34 N	— 23,35 Fett

Für 9,39 N, welche aus zersetztem Fleisch sich abspalten, braten 23,35 Fett ein; demnach sind 100 Fett = 213,9 Eiweiss.

Berechnet man aus der täglichen Zersetzung die Grösse der Wärmeproduction, so ergibt sich:

am Fleischtag	350,74 Cal. aus Eiweiss	262,49 "	" Fett
		613,23 Cal.	
am Hungertag	110,00 Cal. aus Eiweiss	489,72 "	" aus Fett
		599,72 Cal.	

Nun bleibe noch zu erwägen, dass eine gewisse Abkühlung des Thieres am Fütterungstage durch die Einfuhr eines nur auf die Lufttemperatur (19 ° C.) erwärmten Futters stattfand. Da der Hund 413^r Fleisch und 150^{ccm} Wasser erhielt, so wären 560^r um 19 ° C zu erwärmen gewesen; also ein Mehrverbrauch von ca. 10,7 Cal. dadurch bedingt; man hätte sonach am Fleischtage 602,56 Cal., am Hungertag 599,72 Cal. Es stimmt also auch dieser Versuch, welcher an einem andern Thier und unter andern Verhältnissen ausgeführt wurde, vollständig mit dem vorhergehenden überein. Mit Rücksicht auf das Körpergewicht erhält man:

Eiweissdag	65,35 Cal. pro Kilo und 24 Stunden,
Hungertag	66,26 Cal. " " "

Aus den Angaben über die Verbrennungswärme der Eiweisskörper¹⁾ ergibt sich ein Vertheilungswert von 100 Fett: 201 trock. Nahrungseiweiss, indess wir direct, ohne irgend welche Annahmen und Correctionen zu machen, im ersten Versuch 100: 208,7, im zweiten Versuch 100: 213,9 fanden, also als Mittelwerth 100: 211²⁾.

1) 1 N = 5,321 trock. Eiweiss = 25,637 Cal.

2) Wir haben schon angegeben, dass dieser Werth zu hoch ist.

Aus dem Kaninchenversuche würde sich für das Organseiweiss 100: 196,6 berechnen¹⁾.

Wir waren in der Lage, nachzuweisen, dass an den Eiweissfütterungstagen und an den Hungertagen, mit Rücksicht auf alle Verhältnisse die Wärmeproduction fast identisch war, also der Vertheilungswert des Eiweisses ganz nahe an 201, d. i. der berechneten Zahl, liegen muss. Ich kann daher bei der unbeträchtlichen Differenz zwischen 197 und 201, welche sich im Werthe von Organseiweiss und Nahrungseiweiss berechnete, keinen Grund zur Annahme eines specifischen Wirkungswertes für beide finden; es ist vielmehr dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, dass beide in gleichen Gewichtsmengen sich isodynam sind.

Die geringe Differenz zwischen der an Eiweisstagen gebildeten Wärmemenge und zwischen der an den Hungertagen producirten ist bei der Complicirtheit der Untersuchung geradezu verschwindend. Es wäre aber wohl denkbar, dass der geringe Unterschied darin begründet ist, dass nicht berücksichtigt werden konnte, wieviel an den Fleischfütterungstagen im Darne der Thiere an Darmgasen entstanden war. Die Bildung von CH₄ ist, wie ich schon früher hervor geloben habe, fraglich; die Ausscheidung von H₂ dagegen von allen Autoren, welche die Darmgase des Hundes untersucht haben, zugegeben. Eine genauere quantitative Bestimmung des H₂ konnte aber noch nicht erreicht werden. Die Menge dieses Gases dürfte aber wohl nicht sehr bedeutend sein, denn selbst die von Pettenkofer und Voit²⁾ angegebenen Zahlen sind, wenn man von einigen aus der Reihe fallenden Bestimmungen absieht, nicht gross. Jedenfalls setzt die Abspaltung von H den Verbrennungswert des Fleisches herab. Ich erwähne diese Quelle des Kraftverlustes nur, um die Möglichkeit einer Erklärung nicht ausser Acht gelassen zu haben.

Wenn Pettenkofer und Voit³⁾, wie ich Eingangs angh, vermuteten, es möchte etwa Eiweiss und Fett sich in der Quantität vertreten, in welcher aus Eiweiss Fett entsteht, so hatten

1) Es wurde bereits erwähnt, dass die Zahl 196,6 zu niedrig ist.

2) Zeitschrift für Biol. Bd. 7 S. 438, Bd. 9 S. 2 und 438.

3) S. oben S. 316.

sie damit, dem Werthe nach, eine richtige Entscheidung getroffen, wenn sich auch aus den ihnen vorliegenden Zahlen—kein strikter Beweis führen liess. Denn jene Fektmenge, welche sich im Maximum aus Eiweiss bilden kann, ist 51,5 %; 100 trockenes Eiweiss aber geben: 481,8 Cal. nach Abzug der N-haltigen Zersetzungsproducte, und 51,5 * Fett 498,8 Cal.

Ich gehe nun zu einer Reihe anderer Nahrungsstoffe über, welche wegen ihrer ausserordentlichen Wichtigkeit, die sie für die Ernährung aller Thiere besitzen, ein ebenso grosses Interesse in Anspruch nehmen wie das Eiweiss, nämlich zu den Kohlehydraten.

2. Rohrzucker und Fett.

Als der geeignetste Nahrungsstoff zur Bestimmung des isodynamen Werthes muss entschieden der Rohrzucker bezeichnet werden; denn er ist einerseits leicht vollkommen rein und wasserfrei im Handel zu beziehen und er wird im Darne völlig aufgenommen. Ich habe zu den Versuchen eine grössere Menge Zucker (Thiotein und desselben Hutes), welche ordentlich gemischt worden war, benutzt und zwar fand ich als Zusammensetzung desselben:

C	42,35
H	6,56
O	51,10

so dass er also als rein angesehen werden muss. Wenn man 3—4 * Zucker löste, mit Natronlauge und Kupferoxyd versetzte und zum Kochen erhitzte, so konnte keine Reducion bemerkt werden; erst im Verlaufe von 2—3 Tagen setzte sich eine ganz geringe Spur von Kupferoxyd auf dem Boden des Gefässes ab.

Obschon ich jedesmal nach einer Zuckerfütterung den Koth abgegrenzt und untersucht habe, konnte ich doch niemals weder Trauben- noch Rohrzucker in demselben finden; es blieb auch die äussere Eigenschaft des Kohles durch eine Rohrzuckerfütterung ganz ungetändert. Zum Zwecke des Nachweises von Zucker im Koth wurde der letztere mit heissem Wasser so lange extrahirt, bis das Filtrat farblos geworden war; sodann mit Bleizucker gefällt, entleert und eingedampft; die eingedickte völlig farblose Flüssigkeit gab weder Rechts- noch Linksdrehung.

Schon Bischoff und Voit¹⁾ haben angegeben, dass der Trauben-zucker ausserordentlich leicht resorbirt wird. Sie untersuchten die Fäces nach Fütterung von 2000 * Fleisch und 200 * Trauben-zucker; eine genaue Bestimmung des Zuckers konnte nicht ausgeführt werden, da Stoffe, welche sich in dem Wasserextracte der Fäces finden; und welche nicht Zucker sind, einen flockigen, grünlichen Niederschlag mit Fehling'scher Lösung geben. Aber ein Maximalwerth liess sich für den Zuckergehalt bestimmen. Bischoff und Voit fanden so als Zuckergehalt 2,04 % des trockenen Kohles; die tägliche Kohlmenge betrug 33,8 * mit höchstens 0,68 * Zucker. Es ist dies gegenüber der sehr reichlichen Zufuhr an Zucker eine Grösse, welche kaum von Belang ist. Bei Milchzuckerfütterung konnte dieser mit Sicherheit im Koth nachgewiesen werden; allein auch in diesen Versuchen war die Menge nicht beträchtlich. Es fanden sich in 100 * trockenem Koth 5,34 * Zucker²⁾.

Trauben-zucker und Milch-zucker zeigen eine sehr verschiedene Löslichkeit in Wasser und liegt hierin der Grund für das verschiedene Verhalten im Darmkanale. Es ist mithin auch leicht verständlich, warum der noch leichter lösliche Rohrzucker auch bis auf die letzte Spur aus dem Darne aufgenommen wird.

Mit welchen Veränderungen der Rohrzucker in das Blut übertritt, ist nicht ganz sicher gestellt. Von den Verdauungssäften soll zunächst dem Magensaft die Fähigkeit einer Einwirkung auf den Rohrzucker zukommen. Bouchardat und Sandras, Röbner³⁾, Leube⁴⁾ geben an, dass dieser dabei in Trauben-zucker übergeht, womit auch Cl. Bernard⁵⁾ übereinstimmt, doch meint er, diese Umwandlung sei eine Folge längerer Einwirkung auf den Rohrzucker. Mit Schleim vermenigte Galle soll gleichfalls die Umwandlung in Trauben-zucker hervorruhen. Im Uebrigen ist auch ausserhalb des

1) Bischoff und Voit, die Ernährung des Fleischfressers S. 296.

2) Ebenda.

3) Röbner, *disquis. de snchar. cannae in trachu cibario mutacionibus,*

diess. inang., Breslau 1859.

4) Leube, *Centralblatt für klin. Medicin* Nr. 25 (1882).

5) Cl. Bernard, *Nouvelle fonction de foie,* Vol. II p. 401.

Körpers keine Spaltung des Rohrzuckers in Traubenzucker durch Verdauungssäfte erhalten worden.

Anders stellen sich die Beobachtungen über die Umwandlung des in den Darm selbst eingeführten Rohrzuckers. Namentlich von Lehmann¹⁾ und Becker²⁾ wird angegeben, dass sich bei Injection von Rohrzucker im Darm von Kaninchen, Katzen und Hunden im Wesentlichen nur Traubenzucker finde. Cl. Bernard schliesst aus seinen Versuchen, dass Rohrzucker nur in Fällen langsamer Resorption in Traubenzucker übergehe, sonst aber als solcher resorbiert werde.

Dem entsprechend fand er auch in der Pfortader eines mit Rohrzucker gefütterten Pferdes wiederum nur Rohrzucker, keinen Traubenzucker und auch bei Hunden, Katzen und Kaninchen konnte er ähnliches nachweisen. Späterhin ist noch durch Drosdorf³⁾ das Vorkommen von Rohrzucker im Blute der Pfortader nach Rohrzuckerfütterung dargezogen worden.

Ich werde später noch Thatsachen anführen, welche gleichfalls für einen directen Uebertritt des Rohrzuckers in die Blutbahn sprechen. Soviel steht nach allem fest, dass der Rohrzucker, wohl ohne seiner Hauptmenge nach eine Veränderung erlitten zu haben, resorbiert wird.

Da bei Ausführung der Versuche ein Hungertag mit der Fütterung eines Nahrungsstoffes verglichen wird, so hatte dies, wie ich früher (S. 350) auseinandersetzte, den Vortheil, eine grosse Menge von Substanz reichen zu können. Dies brachte hier nun merkwürdiger Weise eine nicht unbeträchtliche Glykoseurie mit sich. Da aber der Zucker im Harn leicht zu bestimmen ist, so hatte letzteres keinen Nachtheil für die Versuche. Ueber die näheren Verhältnisse werde ich in Folgenden Angaben machen.

1) Ein kleiner, männlicher Hund von 7 Kilo Anfangsgewicht erhielt Knochen und hungerte sodann vier Tage; an den weiteren

1) Lehmann, Lehrbuch der physiol. Chemie Bd. 3 S. 255.

2) Becker, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie Bd. 5 S. 132 ff.

3) Drosdorf, Zeitschrift für physiol. Chemie Bd. 1 S. 216.

darauf folgenden vier Tagen erhielt er Rohrzucker, nach Schluss des Versuches wieder Knochen.

Er war gewöhnt, den Harn in ein untergehaltenes Gefäss zu lassen. In der Tabelle Seite 357 sind die Werthe für 2 Hungertage und die Rohrzuckertage eingetragen, die zwei ersten Hungertage aber weggelassen, da sie für uns ohne Interesse sind. Am ersten Tage der Rohrzuckerfütterung erhielt der Hund neben 80^{ccm} Zucker 164^{ccm} Wasser; am zweiten Tage 80^g Zucker und 40^{ccm} Wasser; am dritten Tage 70^g Zucker und 46^{ccm} Wasser bei Beginn des Versuches Morgens 9 Uhr, 40^g Zucker sodann Nachmittags 3^{1/2} Uhr; am vierten Tage 110^g Zucker auf einmal bei Beginn des Versuches und 80^{ccm} Wasser.

Eine Complication des Versuches wurde, wie schon erwähnt, durch das Eintreten der Glykoseurie herbeigeführt. Die Aenderung der Harnmenge war nicht bedeutend; denn sie betrug:

1. Hungertag	64 ^{ccm} in 24 Stunden
2. "	42 " " "
1. Rohrzuckertag	74 ^{ccm} in 24 Stunden
2. "	—
3. "	44 " " "
4. "	58 " " "

Man muss allerdings dabei in Rechnung ziehen, dass die Harnmenge von Tag zu Tag hätte abnehmen sollen, weil die Elweiszersehung sank.

Die Menge des im Harn entleerten Zuckers war eine sehr variable. Man kann dies leicht schon aus den specifischen Gewichten des Harns sehen, da die Verdünnung des Tages-Harnes immer auf ein Volum von 200^{ccm} geschah:

An den Hungertagen war das specifische Gewicht	1017,
	1013,
	1014;
	1023,
	1019,
	1017,
	1023.
an den Rohrzuckertagen	" "
" "	" "
" "	" "

Der Harn enthielt auffallender Weise nicht nur Rohrzucker, sondern auch Traubenzucker und zwar waren die Verhältnisse an den einzelnen Tagen sehr verschieden.

Am ersten Versuchstage erhielt ich keine oder nur eine ganz unbedeutliche Reaction auf Traubenzucker; es war fast ausschliesslich Rohrzucker vorhanden; an den folgenden Tagen fanden sich zunehmende Mengen Traubenzuckers. Es ist diese Beobachtung geeignet, uns eine Vorstellung über die Art der Resorption des Rohrzuckers zu geben; denn es ist klar, dass, wenn viel Rohrzucker im Blute vorhanden ist, viel davon in den Harn übergehen wird. Dies war am ersten Fütterungstage der Fall.

Wir können zwei Schlüsse aus dieser Thatsache ziehen; erstens, dass der Rohrzucker seiner Hauptmasse nach als solcher zur Resorption gelangt, und dass er jedenfalls mit einer gewissen Zähigkeit der Spaltung in Traubenzucker im Darm und im Blute widersteht. Auch die Fähigkeit der Leber, den Rohrzucker in Traubenzucker überzuführen, wie Cl Bernard¹⁾ angibt, kann keine recht energische sein. Cl Bernard hat nämlich gefunden, dass nach Rohrzuckeraufnahme das Pfortaderblut wohl Rohrzucker enthielt, das Lebervenenblut und das Blut des rechten Herzens aber nur Traubenzucker.

Erst am zweiten Tage war bei meinem Hunde eine nennenswerthe Menge von direct reducirender Substanz im Harn nachzuweisen. Dies ist nicht so zu erklären, dass jetzt im Darm Rohrzucker in Traubenzucker übergegangen ist; denn die Bedingungen für die Umwandlungen waren hier die gleichen geblieben; die Umwandlung ist in den Säften geschehen.

Der dabei im Körper zurückbleibende Rohrzucker hat Zeit, die Umwandlung in Traubenzucker durchzumachen und der nun neu aus dem Darmsesorbitte Rohrzucker vermehrt die Concentration der Zuckermoleküle so sehr, dass ihr Uebergang in den Harn eintritt, wobei neben Rohrzucker auch Traubenzucker in denselben übergeht²⁾.

1) Siehe S. 76 n. a. O.

2) Ein ähnlicher Vorgang findet wohl häufig auch Fütterung mit Salzen statt.

Die Zuckerbestimmungen wurden in diesem Versuche so ausgeführt, dass mit einer abgemessenen Menge Harns die Reduction von Fehling'scher Lösung ausgeführt wurde, nachdem mit verdünnter SO_2H_2 invertirt worden war.

Das ausgefällte Oxydul wurde rasch abfiltrirt, ausgewaschen und als Oxyd gewogen. Der daraus berechnete Rohrzucker wurde von der Zufuhr in Abrechnung gebracht¹⁾. Die Grösse der Zuckerauscheidung ist, wie man sich leicht überzeugen kann, abhängig von der auf einmal zugeführten Menge Rohrzuckers, dann aber auch von der Menge des mit eingeführten Wassers, welches die Lösung beschlängelt.

Mittleres Körpergew.	Zufuhr	Ventilation pro 24 Stunden in Liter.	t im Mittel in ° Cels.	CO ₂ pro 24 Stunden	N im Harn	N im Koth ²⁾	C im Harn	C im Koth	Zucker im Harn	N im Ganzen	C im Ganzen	C aus zers. Eiweiss	C in zers. Zucker
6,560	—	82224	15,0	187,63	1,81	0,09	1,42	0,67	—	1,90	39,58	33,08	—
6,400	—	83512	15,5	127,40	1,88	—	1,47	—	1,97	36,78	29,98	—	—
6,370	80 Rz 164 W	81360	18,4	153,91	1,55	—	1,16	—	4,84	1,64	43,70	38,40	6,67
6,357	80 Rz 40 W	73584	18,3	151,25	1,16	—	0,86	—	2,91	1,25	42,68	38,71	6,26
6,282	110 Rz 45 W	71712	18,0	169,02	1,01	—	0,82	—	4,17	1,10	47,57	44,29	0,26
6,270	110 Rz 80 W	83088	20,1	167,04	0,95	—	0,77	—	5,88	1,04	47,89	43,93	0,51

1) 1. Tag 15^{cm} Harn geben 0,8439 CuO = 0,8223 * Traubenzucker, also in 200^{cm} 5,087 * Traubenzucker = 4,840 * Rohrzucker.

2. Tag 15^{cm} Harn geben 0,5424 CuO = 0,2457 * Traubenzucker, also in 200^{cm} 3,297 * Traubenzucker = 2,913 * Rohrzucker.

3. Tag 15^{cm} Harn geben 0,7262 CuO = 0,3290 * Traubenzucker, also in 200^{cm} 4,386 * Traubenzucker = 4,175 * Rohrzucker.

4. Tag 15^{cm} Harn geben 1,0257 CuO = 0,4648 * Traubenzucker, also in 200^{cm} 6,181 * Traubenzucker = 5,884 * Rohrzucker.

2) In 8 Tagen 10,57 * trockenen Kohles entleert = 1,32 * pro Tag.
100 * trockener Kohle entleierten 7,12 % N = 0,09 * pro Tag.
Der C-Gehalt ist zu 43,44 % angenommen = 0,57 * pro Tag.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Versuchsergebnisse selbst über. Wir sehen, dass unter dem Einflusse von 80 g Rohrzucker zwei Dinge sich ändern: 1) wird die Eiweisssetzung fortschreitend herabgedrückt; 2) die Fettersetzung fast aufgehoben.

Diese Erscheinungen werden durch die an zwei weiteren Tagen gegebene Menge von 110 g Rohrzucker wiederum gesteigert. Die Eiweisssetzung ist gegenüber jener des hungernden Tieres um 50% abgesunken, die Fettersetzung völlig aufgehoben; der kleine Ansatz von C (0,26 — 0,51 g im Tag) kann sehr leicht ein blosses Zurückhalten von Rohrzucker bedeuten, und braucht nicht als eine Bildung von Glykogen oder Fett angesehen zu werden.

Die Beurteilung des Wertes des Rohrzuckers muss daher zwei Dinge berücksichtigen: die Eiweiss- und die Fettersparung. Es lässt sich die Menge des ersparten Eiweisses wohl in der isodynamen Menge Fett ausdrücken, da wir ja bereits festgestellt haben, in welchen Gewichtsverhältnissen Eiweiss und Fett sich vertreten.

Man kann also, wenn man die Rohrzuckerstage mit den vorausgehenden Hungertagen vergleicht, die Ungleichheit der Eiweisssetzung eliminieren, indem man die Differenzen derselben in Fett umrechnet. Ich will für den vorliegenden Fall die Berechnung ausführen. Als isodynamen Werte von Fett und Eiweiss benutze ich das calorische Äquivalent und nicht die direct gefundenen Grössen.

Im Mittel wurde an den beiden der Rohrzuckerfütterung vorausgehenden Hungertagen 1,93 N aus Eiweiss und 31,53 C aus zersetztem Fett ausgeschieden (siehe Tabelle auf S. 357). Am ersten Rohrzuckerfütterungstage dagegen wurden 1,64 N, dann 75,2 Rohrzucker und dazu noch eine Fettmenge vom Körper zersetzt, welche 6,67 g C enthielt; am Hungertage war also um 1,93 — 1,64 = 0,29 g N mehr ausgeschieden worden, als bei Rohrzuckerfütterung; 75,2 g Rohrzucker haben also gespart 31,53 — 6,67 = 24,86 C, welche aus Fett stammten und ausserdem N-haltiges Material, welches den 0,29 g N entsprach.

Nun haben wir 1) berechnet, dass 100 Fett = 201 g trockenem Eiweiss isodynam sind (= 251 g trockenem Muskel); man erhält

1) Siehe S. 350.

also, da 1 g N = 25,637 Cal. und 9,686 Cal. = 1 Fett, für 1 g gesparten N 2,64 g Fett.

Die 0,29 g N, welche der Rohrzucker spart, können also durch $0,29 \times 2,64 = 0,76$ g Fett ausgedrückt werden.

Es ergibt sich sonach als endgiltiges Resultat, dass 75,2 g Rohrzucker $32,32 + 0,76 = 33,08$ g Fett vertreten haben oder 1. 100 Fett = 227 Rohrzucker.

Vergleicht man den 2. Rohrzuckerstag mit den Hungertagen, so erhält man:

am Hungertag	1,93 N	31,53 C (aus Fett)	
bei Zucker	1,25 "	6,26 "	" "
	0,68 N	25,27 C (aus Fett),	77,1 g Rohrzucker,
		= 32,85 Fett,	

$0,68 N \times 2,64 = 1,79$ g Fett; also $32,85 + 1,79 = 34,64$ g Fett isodynam mit 77,1 g Rohrzucker;

oder II. 100 Fett = 222 Rohrzucker.

Für den dritten Rohrzuckerstag erhält man sodann in gleicher

Weise:			
am Hungertag	1,93 N	31,53 C (aus Fett),	
bei Zucker	1,10 "	—	105,8 g Rohrzucker,
	0,83 N	31,53 C (aus Fett),	
		= 40,99 Fett,	

$0,83 N \times 2,64 = 2,19$ Fett; also $40,99 + 2,24 = 43,18$ g Fett isodynam mit 105,8 g Rohrzucker
oder III. 100 Fett = 244 Rohrzucker.

Endlich für den 4. Tag:

am Hungertag	1,93 N	31,53 C (aus Fett),	
bei Zucker	1,04 "	—	104,1 g Rohrzucker,
	0,89 N	31,53 C (aus Fett),	
		= 40,99 Fett,	

$0,89 N \times 2,64 = 2,40$ Fett; also $40,99 + 2,35 = 43,34$ g Fett isodynam mit 104,1 g Rohrzucker;

oder IV. 100 Fett = 240 g Rohrzucker.

Man erhält also für 100 Theile Fett als isodynam:

1. 227	Theile Rohrzucker,
2. 222	" "
3. 244	" "
4. 240	" "
	im Mittel 100 : 234.

Da es sich nun wesentlich darum handelt, ob wir auch hier das nämliche Princip, welches wir bei der Vertretung von Eiweiss und Fett bereits feststellen im Stande waren: nämlich „die isodynamen Mengen der Nahrungsstoffe sind der Ausdruck gleicher potentieller Energie“, nachweisen können, berechne ich die an den einzelnen Versuchstagen gebildete Wärme.

Wird diesem Princip Genüge geleistet, dann bleibt die täglich producirt Wärmeenergie des Körpers dieselbe; oder vielmehr sie schwankt in nicht weiteren Grenzen als dies unter sonst normalen Verhältnissen und gleichbleibenden Bedingungen der Fall ist.

Ich habe in der folgenden Tabelle, zu dem Zwecke dieser Vergleichung, die calorischen Werthe der einzelnen Tage eingetragen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Hunger	Hunger	Rohr- zucker- fütterung	Rohr- zucker- fütterung	Rohr- zucker- fütterung	Rohr- zucker- fütterung	Rohr- zucker- fütterung
Cal. aus zer- setztem Eiweiss	50,981	52,889	43,988	33,127	29,504	27,894
Cal. aus zer- setztem Fett	415,790	379,400	84,442	79,252	—	—
Cal. aus zers. Rohrzucker	—	—	321,350	326,350	439,000	438,580
Summe der Cal.	469,751	430,289	449,750	439,089	468,504	466,474

Für den Rohrzucker wurde die Zahl von Rechenberg¹⁾ benutzt; für Eiweiss und Fett habe ich schon früher Angaben gemacht²⁾.

1) Rechenberg, Ueber die Verbrennungswärme organ. Verbindungen, diss. inaug., Leipzig 1880.

2) Siehe S. 347.

Der Mittelwerth der im Hungerzustand producirtten Cal. ist 450. Von diesem Werthe sind die an den einzelnen Zuckertagen producirtten Mengen nur wenig verschieden¹⁾.

Am 1. Tag erhalten wir	+ 19,7
2. "	" — 19,9
3. "	" + 18,5
4. "	" + 16,5

Das Resultat entspricht also den früheren Verhältnissen aus glänzendste: es berechnen sich nach dem calorischen Werthe 100 Fett als isodynam mit 231 Rohrzucker; in-
deß im Mittel sich 234 aus dem Thierexperiment ergeben.

Wir erhalten hierbei auch einen weiteren Beweis dafür, dass der O nicht die Ursache der Zersetzung sein kann; denn wäre der O-Verbrauch maassgebend für die Verbrennung, so hätten sich 100 Fett und 250 Rohrzucker vertreten müssen²⁾.

2. Nach vier Wochen wurde an dem nämlichen Hunde, welcher zu der vorhergehenden Reihe gedient hatte, ein neuer Versuch angestellt, über den nun berichtet werden soll. Nach einträgiger Knochenfütterung hungerte der Hund zwei Tage; am 1. wurden seine Ausscheidungen nicht bestimmt; die vom 2. Hungertage an erhaltenen Werthe finden sich in umstehender Tabelle verzeichnet. Am 3. Tage erhielt er 110 e Rohrzucker auf einmal, ohne Wasserzugabe, am folgenden Tage aber weigerte er sich, eine grössere Menge Zuckers zu verzehren; nur 17 e konnten ihm beigebraucht werden; auch hierzu wurde kein Wasser gegeben. Am 4. Tage hungerte er wieder vollständig; die Respirationsproducte konnten dabei wegen einer Störung am Respirationsapparat nicht

1) Die Versuche bilden auch eine Bestätigung der früher angegebenen Thatsache, dass die Nahrungszufuhr durch die Darmarbeit keine nennenswerthe Aenderung der Gesamtzeretzung erzeugt.

2) Auch hätte man noch berücksichtigen können, dass an den Rohrzuckerfütterungstagen etwas Wärme zur Erwärmung der Zufuhr verbraucht worden sein muss. Die Menge aber ist nur unbedeutend, jedenfalls kleiner als 3,5 Cal., so dass man füglich von einer Beachtung derselben hier und in den späteren Versuchen absehen kann.

bestimmt werden. Am 5. Tage endlich nahm das Thier die colossale Menge von 149 g Zucker auf und zwar 110 g auf einmal, die übrige Menge Nachmittags; Wasser erhielt das Thier auch hierzu nicht.

Mittleres Körpergew.	Zufuhr	Ventilation pro 24 Stand.	t im Mittel in ° C.	CO ₂ pro 24 Stunden	N im Harn	N im Koth ¹⁾	C im Harn	C im Koth	N im Ganzen	C im Ganzen	— C aus zersetztem Eiweiss	— C aus zersetztem Zucker
7,015	Elunger	58300	19,1	136,77	1,74	0,12	1,39	0,51	1,86	39,29	32,86	—
6,880	97,3 Rohrz.	76080	22,0	177,90	1,80	—	1,94	—	1,92	50,69	44,19	2,27
6,790	17 Rohrz.	51600	20,0	138,17	1,29	—	1,03	—	1,41	39,52	34,70	27,54
6,755	Hunger	—	—	—	—	—	—	—	1,41	—	—	—
6,720	143,0 Rohrz.	54000	22,5	164,36	1,10	—	—	—	1,22	46,48	42,28	+

Es kehrte nun die gleiche Erscheinung am Harn wieder, welche früher schon beobachtet worden war: es gingen am 3. und am 5. Tag nicht unwesentliche Mengen Zuckers in den Harn über.

Die Harnmenge war an den Zuckertagen sehr vermehrt: entgegen den Beobachtungen im vorigen Versuche. Dieselbe betrug nämlich:

1.	—
2.	44 ^{cm} in 24 Stunden
3.	110 " " "
4.	78 " " "
5.	22 " " "
6.	280 " " "

Dem entsprechend änderten sich auch die spezifischen Gewichte:

2.	1015
3.	1043
4.	1013

1) Der Koth für die ganze Reihe betrug 11,20 g trocken = 1,86 g pro Tag; nach den Angaben bei Kothe I berechnet sich als N-Ausscheidung 0,12 g pro Tag und 0,81 C pro Tag.

2) Hier wurde der Harn unregelmässig entleert; man ersieht dies aus dem geringen spezifischen Gewicht.

5. (1009)¹⁾
6. 1021²⁾

Die Qualität des mit dem Harn entleerten Zuckers war verschieden.

Im vorigen Versuche war am ersten Tage nur Rohrzucker ausgeschieden worden, hier neben Rohrzucker auch Traubenzucker, am sechsten Tage aber fast nur Rohrzucker. — Ich habe die Bestimmungen des Zuckers mit dem Apparat von Soleil-Vertzke ausgeführt. Der Harn wurde mit Bleizucker entfärbt. Die Drehung wurde am frischen entfärbten Harn bestimmt; sodann wurde mit Schwefelsäure die Invertirung des Zuckers vorgenommen und wiederum die Drehung der Polarisationsebene festgestellt.

Die im Harn entleerten Zuckermengen sind von der Zufuhr in Abzug gebracht.

Am 5. Versuchstage, als der Hund hungerte, hat er den Harn nicht vollkommen entleert. Während er vorher 1,29 g N in 24 Stunden ausgeschieden hatte, lieferte er hier nur 0,90 g. Es fehlten demnach 0,39 g N, welche mit dem Harn des folgenden Tages zum Vorschein kamen. Ich habe die hier nötige Correctur bereits in der Tabelle ausgeführt.

In der neuen Reihe unterscheiden sich die einzelnen Tage wesentlich dadurch, dass die Deckung des Fettbedarfes durch Rohrzucker eine sehr wechselnde war. Während am 4. Tag nur ein kleiner Bruchtheil des Bedarfes durch Rohrzucker gedeckt war, war am 3. fast alles Fett durch Rohrzucker ersetzt, am 6. Tag aber ein sehr beträchtlicher Ueberschuss von Zucker zugeführt worden.

Ich habe nun in gleicher Weise wie beim vorhergehenden Versuche in umstehender Tabelle die Werthe der täglichen Wärmeproduction angegeben, wobei sich zeigen lässt, dass auch hier wieder die isodynamen Werthe der Nahrungsstoffe gleich den calorischen Werthen

1) Unregelmässige Harnentleerung.

2) Harnvolum nicht 200^{cm} wie in den andern Fällen, sondern 325^{cm}.

gehenden Zufuhr herrührten, stattgefunden haben ~~zu erwarten~~ dem auch wegen der nur in den Tagesstunden ausgeführten Beobachtung eine abnorm hohe CO_2 -Ausscheidung getroffen wurde.

Mittl. Körpergewicht in g	Kost	Ventilation pro 24 Stund.	t in ° C im Mittel	CO_2 in 24 Stunden	N im Harn und Koth ¹⁾	C im Harn und Koth ²⁾	C im Ganzen	— C aus zers. Eiweiss	— C aus zers. Rohrzucker
3687	Hunger	47 000	15,9	105,08	1,593	2,04	30,70	24,87	—
3695	"	43 000	16,7	73,07	1,253	1,51	21,44	17,14	—
3614	"	42 480	16,5	71,86	1,380	1,67	21,27	16,52	—
3470	34 e Rohrz.	36 730	16,5	89,30	1,414	1,69	26,18	21,30	7,00
—	45 "	39 989	14,4	100,64	1,253	1,69	29,14	24,26	5,74
—	50 "	28 000	14,5	94,55	1,570	1,90	27,68	21,31	1,26
—	Hunger	39 000	13,5	89,09	1,393	1,45	25,79	21,43	—

Obschon hier dem Thiere wechselnde Mengen von Zucker gegeben wurden, schliesslich aber soviel, dass fast vollständig die Abgabe von Fett verhindert wurde, war die Ausscheidung der N-haltigen Producte regressiver Metamorphose nicht vermindert, während wir

1) 1. Tag 100 Theile = 16,71 N bzw. 9,984 e tr. Excremente,

2. "	"	= 24,84 "	"	4,982 "	"
3. "	"	= 26,05 "	"	5,234 "	"
4. "	"	= 20,46 "	"	6,913 "	"
5. "	"	= 24,11 "	"	5,196 "	"
6. "	"	= 19,76 "	"	7,960 "	"
7. "	"	= 21,79 "	"	6,394 "	"

2) Am 3. Tage wurden die Excremente des Hühners untersucht und dabei (auf aschefreie Substanz gerechnet) folgende elementare Zusammensetzung gefunden:

	in 100 Theilen sind	in 100 Harnsäure sind
	35,17 C	35,72 C
	3,64 H	2,38 H
	29,02 N	33,33 N
	32,17 O	23,57 O

auf 1 Theil N trifft sonach 1,208 C; also etwas mehr an C, als sich finde, wenn nur Harnsäure entleert würde.

beim Säugethiere eine Abnahme bis zu 50% der früheren N-Ausscheidung fanden. Durch eine Verschiebung in der Kohlenleerung lässt sich das Resultat nicht erklären; welcher Grund hierfür weiter vorliegt, vermag ich nicht anzugeben.

Auch hier aber, wie beim Säugethiere lässt sich zeigen, dass die isodynamen Werthe der Ausdruck gleicher potentieller Energie sind. Nur muss ich hier vorausschicken, dass wir beim Vogel nicht den gleichen Verrechnungswert für das Eiweiss annehmen dürfen, wie beim Säugethiere. Es spaltet sich ja bei erstem nicht ausschliesslich Harnstoff ab, es tritt vielmehr letzterer fast ganz in den Hintergrund, indess die Harnsäure als das hauptsächlichste Zersetzungsproduct der Eiweisstoffe erscheint. Nun berechne ich den Verrechnungswert des Fleisches in eben der Weise, wie ich es früher gethan habe. Ich nehme wie früher an, dass sich das Extract des Fleisches nur in höchst unbedeutendem Grade an der Verbrennung betheiligt, dass es vielmehr mit der aus dem Eiweisse sich abspaltenden Harnsäure in den Excrementen austräte. Leider liegt nun für die Verbrennungswärme der Harnsäure nur eine Bestimmung nach der alten von Frankland¹⁾ gelibten Methode vor, welche nach den Untersuchungen von Danilewsky²⁾ aber um 15% zu niedere Werthe gibt. Ich schätze demnach die Verbrennungswärme der Harnsäure auf 30 007 cal. Für den aschefreien Muskel selbst erhalte ich 494 877 cal. — 110 417 cal. = 384 460 cal., also für 15,79 e N 384 460 cal. oder für 1 N 24 345 cal.

Nach dem Gesagten kann dies nur ein Annäherungswert sein, für uns aber ist es ohne Belang, weil sich ja unter dem Einflusse des Zuckers beim Huhn die Zersetzung des Eiweisses kaum änderte. In der umstehenden Tabelle sind die Werthe für die einzelnen Tage eingetragen. Ich habe schon angegeben, aus welchen Gründen der Werth des ersten Hungertages zu hoch ausfallen musste und sehe also von ihm bei den weiteren Betrachtungen ganz ab.

1) u. u. O.

2) Danilewsky, Centralblatt der medic. Wissenschaft. (1881) Nr. 26 u. 27.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Hunger	Hunger	Hunger	Rohrzucker	Rohrzucker	Rohrzucker	Hunger
Cal. aus zers. Eiweiss	41,222	39,509	33,601	34,429	30,509	38,228	33,893
Cal. aus zers. Fett	314,850	216,990	209,140	88,920	72,668	15,480	27,1300
Cal. aus zers. Rohrzucker	—	—	—	141,880	183,910	208,620	—
	356,072	247,499	242,741	264,929	286,787	262,698	305,193

Die Wärmeproduction scheint zunächst unter dem Einflusse der Zuckerritterung etwas anzusteigen; man ersieht aber leicht den Grund hierfür; denn das Ende der Reihe bildet ein Hungerversuch, welcher verglichen mit dem zweiten und dritten Tage eine nicht unbedeutliche Erhöhung der Zersetzung zeigt.

Der Grund hierfür liegt wohl hauptsächlich in der ungleichen Temperatur des Versuchsraums. Die Temperatur sank am 5. Tage und fiel endlich am 7. Tage noch weiter ab. Ausserdem aber konnte am 6. Versuchstage wegen Wassermangels die Ventilation der Kammer nicht in der gleichen Höhe erhalten werden, wie an den übrigen Versuchstagen, wodurch wiederum ein die Wärmeabgabe änderndes Moment herbeigeführt wurde.

Es scheint mir nun am richtigsten zu sein, um den Einfluss der Temperaturverschiedenheiten zu eliminiren, den 4. Tag der Reihe bei Rohrzuckerfütterung mit dem 2. und 3. Hungertage zu vergleichen und dann den 5. und 6. Tag mit dem Mittel des 2. und 7. Hungertages.

Wir erkennen dann hierbei, dass das massgebende Princip für die Vertheilung der Nahrungsstoffe beim Huhn dasselbe gewesen sein muss, das wir früher beim Säugthier als wirksam kennen gelernt haben. Es sind also nicht nur die Gesetze der Stoffzersetzung im hungernden Säuger und beim Hühne die gleichen, sondern es gelten auch in Beziehung der Vertheilung der einzelnen Nahrungsstoffe für beide gleiche Gesetze.

Bei Bestimmung der absoluten Werthe für die isodynamen Mengen ergibt sich:

Für die Vergleichung des ersten Rohrzuckertages mit der Hunger-Zersetzung lege ich das Mittel der ersten zwei Hungertage zu Grunde:

am Hungertag 1,316 N ausgeschl. u. 16,84 C aus Fett
 bei Zucker 1,414 " " " " " " u. 34 f Rz. zers.
 — 0,098 " " " " " " = 12,79 Fett
 = 9,84 C aus Fett

0,098 N \times 2,51 \doteq 0,24 f Fett; also 12,79 — 0,24 = 12,55 f Fett sind isodynam mit 34 f Rohrzucker;

oder I. 100 Fett = 270 Thl. Rohrzucker.

Die folgenden Rohrzuckerstage hatten eine niedrigere Mitteltemperatur als die ersten Hungertage, nämlich 14,4 bis 14,5 °; legt man die beiden Hungertage 2 und 3, sowie den 7. Tag zusammen, so ergibt sich als Mitteltemperatur 15,0 ° C., was genügend mit der Temperatur der Rohrzuckerstage übereinstimmt. Ich vergleiche also mit dem Mittel von 2, 3 u. 7 die Tage 5 und 6.

am Hungertag 1,354 N ausgeschl. u. 19,13 C aus Fett
 am Zuckertag 1,253 " " " " " " u. 44 f Rz. zers.
 + 0,101 N " " " " " " = 13,39 C aus Fett
 = 17,41 f Fett,

0,101 N + 2,51 = 0,251 f Fett; also 17,41 + 0,251 = 17,66 f Fett sind isodynam mit 44 f Rohrzucker,

oder II. 100 Fett = 248 f Rohrzucker.

Endlich für den 6. Tag:

am Hungertag 1,354 N ausgeschl. u. 19,13 C aus Fett
 am Zuckertag 1,570 " " " " " " u. 50 f Rz. zers.
 — 0,216 N " " " " " " = 17,87 C aus Fett
 = 23,23 f Fett,

0,216 N \times 2,51 = 0,542 f Fett; also 23,23 — 0,52 = 22,71 f Fett sind isodynam mit 50 f Zucker,
 oder III. 100 Fett = 220 f Rohrzucker.

1) Die 1 f N der Excrete entsprechende isodynamne Menge Fettos beträgt beim Hühne nur 2,51 f.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Fleisch und Fett	Fleisch und Zucker	Fleisch und Fett	Fleisch und Zucker	Fleisch und Fett	Fleisch und Zucker
Cal. aus zers. Elwols	261,780	225,840	270,090	212,160	246,760	220,470
Cal. aus zers. Fett	875,110	176,990	372,330	146,720	428,920	17,217
Cal. aus zers. Traubenzucker	—	250,910	—	313,930	—	454,950
Summe der Cal.	636,890	653,740	642,420	673,210	675,680	692,637

Unter dem Einflusse der sinkenden Lufttemperatur nimmt die Wärmeproduction an den Fleisch- und Fettfütterungstagen fortwährend zu; die Zuckertage zeigen alle durchschnittlich gegenüber den Tagen der Fleisch- und Fettfütterung, mit denen sie zu vergleichen sind, eine etwas vermehrte Wärmebildung.

Die Wärmebildung aller Fett- und Fleischnahrungstage beträgt im Mittel im Tag 651,6 Cal., die aller Zucker- und Fleischtage 673,2 Cal., somit ist die Verschiedenheit nur 3%.

Wie bei der früheren Versuchseinrichtung, bei der Vergleichung eines Hungertages mit einem Fütterungstage, es möglich war, die Grösse der isodynamen Mengen der Nahrungsstoffe zu bestimmen, so sind wir demnach auch hier unter ganz anderen Versuchsbedingungen das Gleiche zu erweisen im Stande.

Man kann auch versuchen, in absoluter Zahl den Vertretungswert zwischen Fett und Traubenzucker auszudrücken; indem ich auf das bei dem Rohrzucker Gesagte verweise, berechne ich folgendes:

Mittlerer Verbrauch vom 1. bis 3. Fätttag	10,09	38,40	—
Zersetzung des Zuckertages	8,42	18,18	63,7
	+ 1,67	20,22	63,7
	+ 4,41		

$$1,67 \times 2,64 = 4,41$$

$$24,63 = 63,7$$

also 1. 100 Fett sind isodynam 258 Thl. Traubenzucker.

Mittlerer Verbrauch vom 3. bis 5. Fätttag	9,90	41,16	—
Zersetzung des Zuckertages	7,91	15,07	79,7
	+ 1,99	26,09	79,7
	+ 5,25		

$$1,99 \times 2,64 = 5,25$$

also II. 100 Fett sind isodynam mit 254 Thl. Traubenzucker.

5. Fätttag	9,38	44,04	—
Zersetzung des Zuckertages	8,22	1,77	115,5
	+ 1,16	42,27	115,5
		+ 3,06	

$$1,16 \times 2,64 = 3,06$$

$$45,33 = 115,5$$

also III. 100 Fett sind isodynam mit 255 Thl. Traubenzucker.

Als Mittelwert erhält man somit 100 Fett = 256 Traubenzucker, indess der Verbrennungswärme nach 100 : 243 1) gefordert wird; somit sind auch hier wieder die isodynamen Werte kleiner, als nach dem O-Äquivalent erwartet werden müßte.

4. Stärkemehl und Fett.

Wir haben bisher am Traubenzucker und Rohrzucker Kohlehydrate untersucht, deren Aufnahme aus dem Darmlumene leicht ohne Störung ihrer molecularen Structur vor sich geht. Das Stärkemehl ist jedoch als solches unauflöslich, weil es in Wasser unlöslich ist; es muss erst, ehe es zur Resorption gelangt, gewisse Aenderungen durchlaufen. Niemals, wenn man nicht von minimaler Zufuhr absteht, findet eine völlige Resorption desselben statt, sondern es erfolgt eine mehr oder minder reiche Kohlbildung. Dies bildet nun bereits für unsere Versuche eine recht unliebe Complication, indem wir zur Zeit nicht angeben können, welche Zusammensetzung dem nicht resorbirten Theile zukommt, und ob einfach nur ein Bruchtheil

1) Für die Berechnung wurden die cal. Werthe des wasserfreien Traubenzuckers zu Grunde gelegt. Will man die Werthe für den wasserhaltigen Zucker berechnen, so muss selbstverständlich auch der zugeführte Traubenzucker als wasserhaltig in Rechnung kommen.

des aufgenommenen zu Verlust geht oder ob bestimmte Theile des Stärkekorns nicht resorbirt werden.

Bei der Lösung macht die Stärke bestimmte Veränderungen durch; sie geht unter dem Einflusse des Speichels, des Pankreas-safts und Darmsafts in Dextrin und Traubenzucker über.

Aber man hat ausserdem auch das Auftreten von Milchsäure und Buttersäure beobachtet. Die Buttersäuregärung, welche eine namhafte Verringerung des Verbrennungswertes der Gärproducte herbeiführt, tritt allerdings nicht immer ein. Ich habe auf die Erscheinungen, welche mit der Buttersäuregärung im Kothe gewöhnlich auftreten, schon früher aufmerksam gemacht¹⁾.

Brodkoth, der dieser Gärung unterlegen, ist immer stark sauer, weich und gasig angetrieben, während bei Fütterung des Hundes mit Stärkekuchen eine derartige Beschaffenheit des Kohles von mir nie gefunden wurde. Die Kuchen waren so hergestellt, dass feinste (vollkommen N-freie) Stärke mit Wasser angerührt wurde, bis ein steifer Teig entstand. Sodann wurde unter Zugabe von etwa 4 bis 6 s Fett für die Tagesration dieser Teig herausgebacken, wobei natürlich eine starke Röstung der Oberfläche vermieden wird. Die Excremente nach Fütterung mit dieser Speise sind gelb, compact, nur schwach sauer reagirend. Als eine grössere Menge derselben im frischen Zustande mit verdünntem Alkohol ausgezogen, der Rückstand des sorgfältig neutralisirten Extractes dann mit Schwefelsäure destillirt wurde, wurde kein saures Destillat erhalten. Es war also Buttersäure kaum anwesend.

Es bleiben demnach als wahrscheinliche Umwandlungsproducte nur der Zucker und die Milchsäure über. Die Menge der letzteren ist wahrscheinlich eine geringe, da der Kothe nur schwach sauer reagirte, wenigstens im Gegensatz zum Kothe nach Brodfütterung, in welchem die Milch- und Buttersäurezeretzung stattfindet.

Soviel aber steht unter allen Umständen fest, dass die Stärke durch den Process der Umwandlung in Traubenzucker einen Theil der potentiellen Energie verliert. Vergleicht man die Verbrennungswärme von 1 Molekül Stärke und 1 Molekül Traubenzucker, so hat man 726 — 709 = + 17 Cal., also einen Verlust von 2,4 %. Wie

¹⁾ Zeitschr. für Biol. Bd. 19. Heft 1 S. 87.

weit die Spaltung des Zuckermoleküls und die Entstehung von Milchsäure einwirkt, lässt sich, da mir keine Angaben über die Verbrennungswärme der Milchsäure bekannt sind, nicht angeben.

Nicht immer hat der Darm die Fähigkeit, eine grössere Menge von Stärke zu verdauen und zu resorbiren. Gibt man nach Hunger eine grössere Menge von Stärke, so wird dieselbe nicht in 24 Stunden verwerthet, sondern der Process der Aufnahme dauert länger als 24 Stunden. Es haben schon Pettenkofer und Voit¹⁾ hierauf aufmerksam gemacht, als sie bei einem Hunde, den sie mit einer überreichlichen Menge von Stärke fütterten, bedeutende Mengen von C im Körper zurückbleiben sahen. Sie haben diese Anspeicherung nicht als einen Ansatz von Fett, welches aus Kohlehydraten gebildet worden sein müsste, betrachtet, sondern durch einen weiteren Versuch erwiesen, dass man es hier mit einem Liegenbleiben unverdauter Stärke zu thun gehabt hatte. Ich habe gleichfalls Gelegenheit gefunden, diese schwere Aufnehmbarkeit der Stärke zu constatiren; es würde mich aber zu weit führen, wenn ich hier näher darauf eingehen würde. Die Grenze der Resorbirbarkeit zu überschreiten, ist in den folgenden Versuchen vermieden worden.

1) Die Versuche sind an dem gleichen kleinen männlichen Hunde angestellt, der schon zu einer Anzahl anderer bereits mitgetheilter Versuche gedient hat. Er hungerte mehrere Tage, erhielt dann überreichlich Stärke und hungerte wieder.

Die Zahlen über die Wirkung einer überreichlichen Stärkefütterung theile ich hier nicht mit; es findet sich in umstehender Tabelle nur der der Stärkefütterung unmittelbar vorhergehende Hungertag eingetragen, sodann drei Tage bei Stärkekost, und endlich zwei weitere Hungertage.

Wir wollen zuvörderst erörtern, wie viel denn von der Stärke zur Resorption gelangte. Die während der 13tägigen Reihe entleerte Kohlmenge betrug 26,4 s trocken. Hierbei hatte der Hund an 2 Tagen je 83 s lufttrockene Stärke und an drei Tagen je 53 s erhalten. Es ist mir weiters bekannt, dass der nämliche Hund im Hungerzustande täglich schon 1,32 s trockenen Kothe bildet, somit für 13 Tage 17,2 s; wir haben aber 26,4 s erhalten, es muss also das

¹⁾ Zeitschrift für Biol. Bd. 9 S. 512.

376 Vertretungswerte der organischen Nahrungsstoffe im Thierkörper.

Plus von 9,2 g von nicht resorbirter Stärke herrühren. Da im Ganzen 231 g trockener Stärke gefüttert worden sind, so hat ein

Mittl. Körp.-Gew. in Kilo	Zufuhr	Ventilation pro 24 Stund.	t im Mittel in ° C.	CO ₂ pro 24 Stunden	N im Harn	N im Koth	C im Harn	C im Koth	N im Ganzen	C im Ganzen	- C aus zers. Organ	- C aus zers. Stärke
6,315	—	74013	15,9	96,17	1,30	0,09	0,98	0,57	1,39	27,76	23,01	—
6,125	53 g Stärke	79848	16,1	116,40	1,34	—	1,37	1,05	1,93	33,89	27,23	7,36
6,050	53 g Lufttrock. Stärke	73936	17,1	114,40	1,31	—	0,98	1,05	1,40	32,97	28,18	8,31
6,015	53 g Lufttrock. Stärke	73973	16,8	113,80	1,18	—	0,88	1,05	1,27	32,99	28,44	8,67
5,940	—	73953	16,4	92,67	1,24	—	0,92	0,57	1,33	26,38	22,33	—
5,820	—	73873	16,8	86,32	1,45	—	1,07	—	1,54	24,77	19,51	—

Verlust von 3,98 % stattgefunden; für 45 g trockener Stärke (= 53,0 Lufttrock.) berechnet sich sonach 1,79 g als Verlust, somit 45,0 g trocken = 44,75 reine Stärke

— 1,79

= 42,96 g im Tag resorbirt.

Diese Zahl wurde bei der Berechnung zu Grunde gelegt. Die Spaltung an Eiweiss tritt hier nicht in dem Grade in den Vordergrund, wie bei der Zuckerration dies regelmässig der Fall war. Es scheint sonach fast, als ob die sparende Wirkung der Kohlehydrate mit der Raschheit der Resorption im Zusammenhang stände.

Aus der Haupttabelle habe ich dann in der bisher geübten Weise nebenstehende Tabelle entworfen, wobei nur bezüglich der Berechnung des calorischen Werthes noch anzufügen wäre, dass für 1 Theil Stärke 4,376 Cal. angenommen wurden. Von Rechenberg ist direct gefunden pro 1 g 4,479 Cal. Da aber alle Stärke, ehe sie in den Chymus übertritt, zu Traubenzucker geworden ist,

Von Dr. Max Rubner. 377

und 100 Stärke 111,11 Dextrosanhydrat entsprechen, ist der calorische Werth der Stärke nach der Resorption 111,11 × 3939 = 4376 Cal.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
	Hunger	Stärkefütterung	Stärkefütterung	Stärkefütterung	Stärkefütterung	Hunger	Hunger	Hunger	Hunger	Hunger	Hunger	
Cal. aus zers. Eiweiss	37,282	57,766	37,550	34,086	35,673	41,305						
Cal. aus zers. Fett	291,300	93,177	108,200	109,760	232,690	246,990						
Cal. aus zers. Stärke	—	188,000	188,000	188,000	—	—						
Summe der Cal.	328,582	338,942	330,749	331,838	318,363	288,295						

Legt man die Summen des der Reihe vorangehenden und des unmittelbar folgenden Hungertages zusammen, so erhält man im Mittel 323,4 Cal. pro Tag; indess bei Stärkekost 333,8 Cal. im Mittel productirt wurden.

Die Unterschiede sind so unbedeutlich, dass wir wiederum den Satz der isodynamen Vertretung nach dem Inhalte an potentieller Energie aussprechen können.

Dreht man den Werth der Stärke in Beziehung zu dem Fett in absoluter Zahl aus, so hat man bei Zugrundelegung des Mittelwerthes des der Reihe vorangehenden und des derselben folgenden Hungertages folgendes:

Für den 1. Stärketag:

am Hungertag 1,36 N ausgesch. u. 22,67 C aus Fett
am 1. Stärketag 1,93 „ „ 7,36 „ „ u. 42,96 Stärkezers.

— 0,57 N + 15,31 C aus Fett

= 19,91 g Fett,

0,57 N × 2,64 = 1,50 g Fett; also 19,91 — 1,50 = 18,41 g Fett sind isodynam 42,96 g Stärke,

oder 1. 100 Fett = 234 Stärke.

Ferner:

am Hungertag 1,36 N ausgesch. u. 22,67 C aus Fett
am 2. Stärketag 1,40 „ „ 8,31 „ „ u. 42,96 Stärkezers.

— 0,04 N + 14,36 C aus Fett
= 18,67 * Fett,

0,04 N \times 2,64 = 0,11 * Fett; also 18,67 — 0,11 = 18,56 * Fett sind
isodynam 42,96 * Stärke

oder II. 100 Fett = 231 Stärke.

Endlich

am Hungertag 1,36 N ausgesch. u. 22,67 C aus Fett
am 3. Stärketag 1,27 „ „ 8,67 „ „ u. 42,96 Stärkezers.

+ 0,09 N + 14,00 C aus Fett
= 18,20 Fett,

0,09 N \times 2,64 = 0,24 * Fett; also 18,20 + 0,24 = 18,46 * Fett sind
isodynam 42,96 * Stärke

oder III. 100 Fett = 232 Stärke.

Der Mittelwerth ist sonach 100 Fett = 232 Stärkemehl, indess
100 Fett nach der Verbrennungswärme gerechnet isodynam 221 Stärke
sein sollte. Wäre der O-Verbrauch das Maass, nach welchem sich
die Stoffe vertheilen, so hätte man ein Verhältniss wie 100 : 240
finden müssen.

2) Ich füge hier noch eine kleine Versuchsreihe an, welche an
dem nämlichen Hunde wie die vorige ausgeführt worden ist. Das
Thier erhielt täglich (7 Tage lang) 70 * lufttrockene Stärke; am
8. Tage hungerte es. Für die sieben Stärketage wurden 21,3 *
trockener Kohl = 3,04 * pro Tag abgerechnet; da aber der Hunger-
kohl pro Tag 1,32 * beträgt, so bleiben als der Stärke zu-
gehörig 1,72 * trockener Kohl übrig. Es wurden demnach, da
70 * lufttrockene Stärke = 59,10 reine Stärke sind, 57,38 * zersetzt.
Die analytischen Werthe sind in nebenstehender Tabelle angegeben.

Für den Hungertag wurde als Kohlauscheidung 1,32 * an-
genommen, eine Zahl, die wir einer anderen Versuchsreihe ent-
lehnten.

Mittleres Körpergew.	Zufuhr	Ventilation pro 24 Stund.	t im Mittel in ° C.	CO ₂ pro 24 Stunden	N im Harn	N im Koth	C im Harn	C im Koth	N im Ganzen	C im Ganzen	C aus zers. Eiweiss	C aus zers. Stärke
—	70 * lufttrock. Stärke	—	—	—	1,43	0,11	—	—	—	—	—	—
—	„	—	—	—	1,43	0,11	—	—	—	—	—	—
6,385	„	98000	12,9	189,48	1,27	0,11	0,95	1,12	1,38	40,11	35,40	9,14
0,290	„	96000	15,8	135,28	1,54	0,11	1,14	1,12	1,65	39,27	33,68	7,37
6,270	Hunger	96000	12,7	107,57	1,91	0,09	1,44	0,78	2,00	31,53	24,69	—

Am 6., 7. und 8. Tag sind Respirationversuche ausgeführt
worden. Berechnet man, wie ich dies bisher ausführte, die colori-
schen Werthe, so erhält man als Mittel für die Stärketage:

40,5 Cal. aus Eiweiss,
104,6 „ „ Fett,
251,1 „ „ Stärke,

Summe 396,1 Cal.

und für den Hungertag

53,64 Cal. aus Eiweiss,
312,57 Cal. aus Fett,

Summe 366,21 Cal.,

so dass man also eine Mehrung der Wärmeproduction an den
Stärketagen um 8 % erhielt. In der vorigen längeren Versuchs-
reihe hatten wir nur 3 % mehr erhalten. Es stellt sonach auch
dieses Resultat mit dem früher mitgetheilten in Einklang.

Wie ich schon am Eingange hervorgehoben habe, ist zuerst von
Pettenkofer und Voit¹⁾ der Versuch gemacht worden, an die
experimentelle Feststellung der sich gegenseitig vertretenden Mengen

1) Siehe S. 316.

von Kohlehydraten und Fett zu gehen. Es liess sich durch zwar nicht ad hoc angestellte Versuche zeigen, dass Stärke und Fett sich in Gewichtsverhältnissen vertreten können, welche mit der bisherigen Anschauung über die Zersetzung nicht in Einklang zu bringen waren. Die einzelnen Werthe zeigten indess eine nur sehr unbefriedigende Uebereinstimmung; sie hatten aber das Gemeinsame, dass sich dabei Ersatzwerthe fanden, welche kleiner waren, als die von mir ausgerechneten calorischen Werthe. Es musste, wenn sich wie Pettenkofer und Voit fanden, Fette und Kohlehydrate wie 100 : 175 verhielten, bei Stärke- und Zuckerfütterung sowohl die Wärmeproduction als auch die O-Aufnahme bedeutend absinken, die CO₂-Ausscheidung indess dieselbe bleiben. Wie wir gesehen haben, geben meine Versuche die ganz bestimmte Antwort, dass isodynamische Nahrungsstoffmengen der Ausdruck gleicher potentieller Energie sind. Es lässt sich aber darthun, woher diese Verschiedenheiten kommen.

Pettenkofer und Voit haben den isodynamischen Werth zwischen Fett und Stärke aus drei Beobachtungen abgeleitet.

Der Hund, den sie zu ihren Beobachtungen benutzten, hatte vom 20. Februar 1862 an 400 g Fleisch und 200 g Fett erhalten, wobei er Fett ansetzte; am 24. Februar wurden die Respirationsproducte bestimmt. Sodann bekam er am 25., 26. und 27. Februar 400 g Fleisch und 250 g Stärke, wobei, abgesehen von der ungenügenden Fleischzufuhr, auch noch Fett abgegeben wurde. Bei dieser Vergleichung haben wir aber, wenn wir auch auf einige nebensächliche Momente nicht Rücksicht nehmen,

1. einen Tag, an dem die Zufuhr von Fett das Maass des Erforderlichen weit überschritt; denn auch am 24. Februar setzte der Hund im Tag noch 41 g Fett an;
2. einen Tag mit ungenügender Zufuhr von Kohlehydrat.

Da nun aber unter dem Einflusse abundanter Nahrungszufuhr auch mehr zersetzt wird, so muss die Zersetzung am 24. Februar zu hoch gefunden worden sein, also das Aequivalent der Stärke zu niedriger.

Der zweite Fall betrachtet die Zersetzung bei 400 g Fleisch und 400 g lufttrockener Stärke vom 18. Juni 1863 und in Vergleichung

damit den 24. Februar 1861, wobei, wie wir eben angegeben haben, die Zersetzung zunächst zu hoch gefunden wurde. Es kann aber keinem Zweifel unterworfen sein, dass nur wenn die Bedingungen an den Tagen, an welchen die Zersetzung untersucht wird, ganz die gleichen sind, ein richtiger Vertretungswert der Stoffe gefunden werden kann. Man wird aber wohl kaum annehmen dürfen, dass diese zwei Versuche, die durch mehr als zwei Jahre getrennt liegen, einem ganz gleichen Körperzustande entsprechen. Dass er nicht der gleiche war, drückt sich zunächst im Körpergewichte aus; am 18. und 19. Juli 1863 wog der Hund nur 31,5 Kilo, am 24. Februar 1861 aber 32,9 Kilo, so dass also höchst wahrscheinlich der Hund im Februar 1861 mehr Organmasse besass und demgemäss mehr zersetzte, als im Juli 1863.

Zuntz hat bei einer Besprechung der Versuche von Pettenkofer und Voit über die Vertretungswerte von Kohlehydrat und Fett gleichfalls den Umstand, dass zeitlich sehr weit auseinanderliegende Versuchstage gewählt wurden, hervorgehoben.

Welters aber betrad sich der Hund im Juli 1863 wahrscheinlich in höherer Umgebungstemperatur als im Februar 1861, so dass noch ein weiteres Moment hinzukommt, welches das Aequivalent der Stärke zu klein finden liess.

Die dritte Reihe endlich, aus welcher der Wirkungswert von Stärke und Fett abgeleitet wurde, war die vom 21. Mai bis 3. Juni 1862 mit 500 g Fleisch und 200 g Stärke, an welche sich eine längere Fütterung von 500 g Fleisch und 200 g Fett anschloss. Mit 500 g Fleisch und 200 g lufttrockener Stärke erhielt sich der Hund eben (richtiger gesagt, gab er etwas Fleisch [16 g] vom Körper ab und setzte 6,4 g C an), während die Fütterung von 500 g Fleisch und 200 g Fett für ihn eine sehr reichliche war. Er setzte bei letzterer Kost am ersten Tage 111 g Fett an. Dabei muss also die Zersetzung vergrössert gewesen sein. Man kann die Aenderung ungefähr bemessen, wenn man sieht, dass der Hund z. B. am 22. April 1863 bei 500 g Fleisch allein 625 g Fleisch und 51,8 g Fett verbrauchte, indess er hier bei einer Fleischzersetzung von 538 g 89 g Fett zerstörte. Es lässt sich durch eine sehr reichliche Fettfütterung schon am ersten Tage die Zersetzung des Fettes um 19% steigern.

Die Ursache des verschiedenen Resultats, das ich gegenüber den Beobachtungen von Pettenkofer und Voit erhalten habe, liegt also wesentlich in der Wahl der Vergleichstage. Die geringe Uebereinstimmung der einzelnen Werte bei denselben war der Ausgangspunkt für meine Untersuchungen geworden.

Ich habe früher ¹⁾ einen Versuch angegeben über die Steigerung, welche die Fettzersetzung unter dem Einflusse einer überreichlichen Fettsuhr erreichte; es stieg dieselbe nämlich um 19% an, und zwar schon im Verlaufe des ersten Tages. Ich möchte nun zeigen, dass eine derartige Steigerung der Fettzersetzung vollkommen genügt, um die Differenz zwischen den Zahlen von Pettenkofer und Voit und den meinigen zu erklären.

Am 3. Juni 1862 wurden 89,4^r Fett zerstört; wenn nun die Steigerung nach unserer Annahme 19,0% betrug, dann wären 17,0^r Fett abzuführen, also nur 72,4^r zersetzt worden;

am Freitag wurden zersetzt 18,3 N und 72,4 Fett
(am 30. Mai) Stärkekug 17,5 " " 167 Stärke

0,8 N 72,4 Fett 167 Stärke,

0,8 × 2,64 = 2,11^r Fett; also 72,4 + 2,11 = 74,5 Fett isodynam mit 167 Stärke,

oder 100 Fett isodynam mit 224 Stärke;
es würde dies somit ziemlich gut mit den von mir angegebenen Werthen übereinstimmen.

IV. Schlussfolgerungen.

1. Die isodynamen Stoffe und Werthe.

Die Resultate, welche aus den mitgetheilten Versuchen sich ergeben, können wir kurz in folgendem zusammenfassen:

a) Das Nahrungsfett ist dem Körperfett in gleichen Gewichtsmengen isodynam. Wir haben es unterlassen, eine eigene Versuchsreihe darüber mitzutheilen, welchen Einfluss das Nahrungsfett auf die Zersetzungen ausübt. Versuche hierüber sind bereits früher (siehe S. 332) zu einem anderen Zwecke erwähnt worden. Es gelang durch Fütterung von Fett den Fettverlust vom Körper aufzuheben und

zwar fast genau durch dieselbe Gewichtsmenge Nahrungsfett, als vorher Körperfett zersetzt worden war. Ich schliesse also, dass ersteres und letzteres in gleichen Gewichtsmengen isodynam seien. Es ist dies auch durch Beobachtungen, welche auf anderem Wege gemacht wurden, als wahrscheinlich zu erwarten gewesen. Nahrungsfett geht, wenn es aus den im Körper sich vorfindenden Fetten besteht, leicht in Körperfett über ¹⁾.

b) Das gefütterte Muskelfleisch (circul. Eiweiss) ist dem eiweissartigen Material, welches bei ungenügender Eiweisszufuhr vom Körper abgegeben wird (abgeschmolzenes Organeiwiss), in gleichen Gewichtsmengen isodynam.

Ich habe gezeigt ²⁾, dass bei Hunger, wenn das Fett vom Körper verbraucht ist, um jene Menge vom Eiweiss des Körpers (Organeiwiss) mehr zerfällt, als dem calorischen Werthe des vorher verbrannten Fettes entspricht. Da der Verbrunnungswert des Eiweisses nur an „todtem Eiweisse“ bestimmt werden kann, so ist durch den besprochenen Versuch auch bewiesen, dass dem „lebenden Eiweisse“ (organisitem) keine nennenswerth verschiedene Verbrennungswärme zukommt. Es ist dadurch höchst wahrscheinlich, dass die Bildung von organisitem (lebendigem) Eiweiss aus unorganisirtem (Nahrungs-) Eiweiss ohne eine wesentliche Anspeicherung von potentieller Energie sich vollzieht.

c) Fette und Kohlehydrate sind in ihrem Wirkungswerte bei gleichen Mengen sehr verschiedenen, im Mittel entsprechen 100 Theile Fett 240 Theilen Kohlehydrat.

d) Aus dem isodynamen Werthe zwischen Fett und Eiweiss (s. Abs. b) und Fett und Kohlehydraten (s. Abs. c) lässt sich der isodynamen Werth für das ersetzbare Eiweiss und Kohlehydrat berechnen; darnach sind 100 Theile trockenes Eiweiss 113 Theilen Rohrzucker oder 122 Theilen Traubenzucker etc. isodynam.

Wie wir schon oben hervorgehoben haben, sind die Grenzen, innerhalb deren eine Vertretung stattfinden kann, sehr weite ³⁾.

¹⁾ Hofmann, Zeitschrift für Biol. Bd. 8 S. 153.

²⁾ Ebenda Bd. 17 S. 237.

³⁾ Siehe S. 280.

Es genügt an dieser Stelle hinzuweisen, dass unter den früher angegebenen Umständen Grenzen für die Isodynamie bestehen; da später hierauf noch näher eingegangen werden soll, verlasse ich für jetzt diese Frage, um zu untersuchen, wodurch die isodynamen Werthe im Organismus bestimmt werden.

2. Die Isodynamie als Ausdruck gleichen Energieinhalts.

Für die Isodynamie kommen im Wesentlichen nur zwei Gesichtspunkte in Betracht, nach denen dieselbe unter den schon öfter erwähnten Voraussetzungen erfolgen kann:

1. entweder sind die Stoffe nach innewohnenden Kräfte, oder
2. nach bestimmten chemischen Eigenschaften vertretbar.

Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen schienen auf die letztere Beziehung hinzudeuten. Es kann aber nach meinen Ergebnissen nicht bezweifelt werden, dass die isodynamen Werthe der Ausdruck gleichen Energieinhalts sind.

Ich habe in folgender Tabelle die calorischen Werthe der Nahrungsmittel nach den Angaben von Danilewsky und Rechenberg eingezeichnet.

100 Theile Fett entsprechen:

	direct am Thier bestimmt	calori- metrisch bestimmt
Eiweiss	311	301
Stärke	292	291
Rohrzucker	234	231
Traubenzuck. wasserfrei	256	243
Traubenzucker mit HO ₂	282	271

Die einzelnen isodynamen Werthe weichen nur höchst unbedeutend von den nach directen calorimetrischen Bestimmungen berechneten ab. Für das Eiweiss ist im 2. Stab der Mittelwerth für das bei Eiweisszufuhr erhaltene Resultat eingefügt und zwar mit Correction für den im Kothe verlorenen Theil von potentieller Energie. Die bei dem Thierversuche gewonnenen Zahlen sind sämmtlich etwas höher als die berechneten und zwar betragen die Differenzen:

beim Eiweiss	+ 4,9 %
bei Stärke	+ 4,9 "
„ Rohrzucker	+ 1,3 "
„ Traubenzucker wasserhalt.	+ 4,0 "

Hierfür lassen sich mannigfache Gründe angeben: durch Fäulnis- und Gärungsvorgänge im Darmkanal kann bei Eiweiss- und Stärkefütterung ein Verlust an potentieller Energie entstehen; dies trifft aber nicht zu für Trauben- und Rohrzucker. Nun wäre aber auch denkbar, dass wohl die Grösse der zersetzten Stoffe im Thiere genau bekannt ist, aber die Bestimmung der Verbrennungswärme mit kleinen Fehlern behaftet ist, oder dass weiters die Verbrennungswärme des in dem Versuchsthiere zersetzten Fettes nicht mit 9,686 Cal. pro 1 g Substanz zu berechnen wäre. Auch diese Annahme hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich, da, wie ich aus einer mündlichen Mittheilung von Dr. v. Rechenberg weiss, wenigstens die verschiedenartigsten thierischen Fette fast absolut die gleiche Verbrennungswärme liefern, trotz Differenz ihrer Komponenten. Man könnte sich aber denken, dass die Arbeit der Athemmuskeln bei Thieren, welche Eiweiss, Stärke, Rohrzucker oder Traubenzucker zersetzen, etwas gesteigert ist, gegenüber den Verhältnissen, wie sie bei der Fettzersezung bestehen, und dass dadurch die Zersezung erhöht ist. Die CO₂-Menge nämlich, welche ausgethmet werden muss, wenn man die bei Fettzersezung = 100 setzt, ist:

bei Eiweiss	123
„ Rohrzucker	127
„ Traubenzucker	127
„ Stärke	128

Die CO₂-Ausscheidung ist also bei jeder der betrachteten Fütterungsarten gegenüber der Fettkost bedeutend erhöht; dies scheint mir die Ursache für die etwas zu niedrige Werthigkeit der einzelnen Nahrungsstoffe dem Fett gegenüber zu sein.

Es hat vielleicht noch Interesse, an dieser Stelle zu besprechen, wie sich denn die am Thier bestimmten isodynamen Werthe gegenüber den Werthen verhalten, welche sich ergeben würden,

wenn man annimmt, die Stoffvertheilungen finden nach Maassgabe der O-Mengen, welche die einzelnen Nahrungsstoffe zu binden vermögen, statt. Ich habe in folgender Tabelle die uns hierbei interessirenden Werthe eingetragen.

100 Theile Fett entsprechen:

	nach dem O-Verbrauch bestimmt	direct nach dem Thierversuch	nach der Verbrennungswärme
Eiweiss	193	211	201
Starke	240	232	221
Rohrzucker	249	234	231
Traubenzucker . .	263	256	248

Vom Eiweisse abgesehen, zeigen alle Nahrungsstoffe niedrigere Werthe als die mit Hilfe der O-Aequivalente berechneten. Da wir manche Gründe schon besprochen haben, aus welchen hervorgeht, dass bei den Verhältnissen des Thierexperiments die direct bestimmten Werthe zu hoch ausfallen müssen, so erkennen wir aus den vorliegenden Werthen mit Bestimmtheit, dass nicht die Fähigkeit der Stoffe, gleiche O-Mengen aufzunehmen, maassgebend für ihre Vertheilungsfähigkeit ist.

Wenn schon bei meinen Versuchen sich die Nahrungsstoffe nach den Wärmemengen vertheilen, welche sie bei ihrer Verbrennung im Körper zu bilden im Stande sind, so will ich doch hier gleich darauf hinweisen, dass vorläufig keineswegs damit gesagt sein solle, sie vertheilen sich, weil sie die gleiche Wärmemenge liefern.

Die von den Stoffen gebildete Wärme ist uns nur ein Maass für die gesammte potentielle Energie eines Stoffes. Die isodynamen Werthe bezeichnen also vorläufig nur Nahrungsstoffe gleichen Spannkraftinhalts und scheint es mir daher zweckmässig zu sein, die Bezeichnung „isodynam“, die wir früher acceptirt haben, beizubehalten ¹⁾.

1) Vertretbare Nahrungsstoffe sind meiner Anschauung nach alle jene chemischen Verbindungen, welche Kraft auf die Zelle zu übertragen vermögen.

3. Gesammtstoffwechsel und Kraftwechsel.

Durch die Kenntniss der isodynamen Werthe lässt sich nun für jede beliebige Art der Stoffzersetzung ein Maass finden und indem man die calorischen Werthe der zersetzten Stoffe summiert, ein numerischer Ausdruck für den Gesammtstoffwechsel ¹⁾ gewinnen.

Der Gesammtstoffwechsel liess sich schon auch in entsprechenden Mengen von Eiweiss, Fett oder irgend einem Kohlehydrat ausdrücken. Ich habe es aber für zweckmässiger, an Stelle eines Stoffes den Kraftinhalt desselben durch Calorien auszudrücken, da dies dem Wesen des Vorganges am besten entspricht.

Da bei der nahen Uebereinstimmung der direct gefundenen Werthe mit der Berechnung nicht zu bezweifeln ist, dass die isodynamen Werthe nur die calorischen Vertheilungswerte der Nahrungsmittel darstellen, so wird man bei Berechnung des Gesammtstoffwechsels zweckmässiger Weise die calorischen Werthe an Stelle der direct gefundenen isodynamen Grössen setzen.

Wir haben schon bei Besprechung der Methode der Versuche die ausserordentliche Regelmässigkeit angeführt, mit welcher die Zersetzung in einem hungernden Organismus verläuft und haben weiter kennen gelernt, dass sich die Gesammtzersetzung (Wärmebildung) eines thierischen Organismus, wenn die Zufuhr von Nahrungsstoffen nicht wesentlich verschieden von dem Hungerbedarfe ist, nicht ändert, auch wenn die Qualität der Zufuhr variiert.

Welche Ursache bewirkt nun aber unter sonst gleichen Bedingungen diese Gleichheit der Zersetzung (bzw. Wärmebildung)? Man ist alsbald versucht, dieselbe als von den gleichen Temperaturverhältnissen abhängig zu betrachten. Durch zahlreiche Untersuchungen

1) Zur Bestimmung des Gesammtstoffwechsels lassen sich also zwei Methoden anwenden:

1. die directe Bestimmung der abgegebenen Wärmemenge, welche aber bei dem heutigen Stande der Calorimetrie wohl selten in Anwendung kommen dürfte;
2. die Bestimmung der sich zersetzenden Stoffe.

Die Bestimmung des O-Verbrauchs ist wegen der Verschiedenheit des calorischen Werthes des zur Verbrennung der verschiedenen Nahrungsstoffe nöthigen O kein zuverlässiges Maass des Gesammtstoffwechsels.

weiss man nämlich, dass Kälte und Wärme einen Einfluss auf die Stoffzersehung ausüben; aber es ist der Beweis, dass die Abkühlung eines Thieres unter sonst gleichen Umständen die Grösse seines Stoffumsatzes bedinge, dadurch nicht erbracht.

Wir suchen die nächste Ursache des Zerfalls der Stoffe in dem Organisten. Auf diese nicht näher gekannten Ursachen kann durch allerlei Momente eingewirkt werden, z. B. durch die Muskelarbeit, durch die Temperatur der Umgebung. Wenn nun durch die übrigen Ursachen der Zersetzung noch nicht genügend Wärme erzeugt worden ist, dann tritt der letztere Einfluss in Wirksamkeit und es wird um soviel mehr zersetzt, dass genug Wärme geliefert wird. So kommt es, dass in dem angegebenen Falle unter gleichen übrigen Umständen, mag Eiweiss oder Fett oder Kohlehydrat zerstört worden sein, gleichviel Wärme erzeugt wird. Man kann sich daher auch so ausdrücken, dass durch den Wärmeverlust die Grösse des minimalsten Stoffverbrauchs bestimmt werde. Der Wärmeverlust wird dadurch in gewissen Fällen zum bestimmenden Einfluss für die Grösse der Zersetzungen.

Bei wesentlicher Ueberschreitung des Hungerbedarfes durch die Zufuhr, wo also mehr Wärme erzeugt wird als nöthig ist, oder an Tagen, wo durch die anderen Ursachen schon mehr Wärme gebildet wird als nöthig ist, gehen selbstverständlich diese Sätze nicht mehr ¹⁾.

Man hätte den Nachweis des Einflusses der Wärme der Umgebung auch auf eine andere Weise erbringen können; es lässt sich nämlich zeigen, dass der thierische Organismus nach dem Principe des kleinstmöglichen Wärmeverlustes gebaut ist.

Kleine Thiere besitzen bekanntlich eine relativ grössere Oberfläche als grosse Thiere; sie werden also verschieden stark abgeköhlt. Bergmann ²⁾ hat zuerst auf diese Bedeutung der Oberfläche aufmerksam gemacht. Sie ist aber später nicht näher untersucht worden. Ich habe nun bei einigen Thieren das Verhältnis der Oberfläche

zum Körpergewicht bestimmt und in folgender Tabelle eingetragen. Die relativen Oberflächen von Frosch und Hund schwanken um das 7,5fache.

Thierart	Gewicht in Kilo	Oberfläche pr. Kilo Thier in qcm
Frosch . . .	0,04	3059
Kaninchen .	2,80	946
Hund . . .	4,60	652
"	29,30	405

Ausserdem habe ich Hunde verschiedener Grösse ausgewählt, sie hungern lassen und ihre Stoffzersehung bestimmt. Die Grösse ihrer Oberfläche und ihr Gewicht war gleichfalls bekannt. Es lässt sich nun zeigen, dass bei den verschiedenen grossen Hunden die Zersetzung nur in dem Masse sich ändert, als ihre relativen Oberflächen sich ändern.

Nr. des Hundes	Gewicht in Kilo	Ober- fläche in qcm	Pro 1 Kilo Ober- fläche in qcm	Pro 1 Kilo in 24 Stunden prod. Cal.	Pro 1000 qcm in 24 Stunden prod. Cal.
I	31,50	10 750	344	38,18	110,9
Mittel aus II, III, IV	19,40	7 922	411	44,37	115,5
V	9,61	5 286	550	61,19	111,2
VI	6,50	3 724	573	68,06	118,8
VII	3,19	2 423	726	90,90	125,2

Die vorstehende Tabelle enthält die Werthe, welche uns hierbei interessieren. Da ich andern Orts über diese Versuche noch näher berichten werde, so verzichte ich hier auf eine detaillirtere Mittheilung. Wir sehen, dass pro 1000 qcm Oberfläche bei grossen und kleinen Thieren fast die gleiche Wärmemenge producirt wird.

Man kann zwar aus der Thatsache der calorischen Isodynamie schliessen, dass der Wärmeverlust unter den angegebenen Verhältnissen die Grösse der Umsetzungen bedingt; aber aus den bis jetzt vorliegenden Thatsachen hätte eine Vertretung der Nahrungsstoffe

1) Siehe oben S. 327 ff.

2) C. Bergmann und R. Leuckart, anatomisch-physiol. Uebersicht des Thierreichs; Stuttgart 1852 S. 272 bis 273.

nach Maassgabe ihrer potentiellen Energie nicht erwartet werden können, denn zunächst konnten ja bei den Gärungsvorgängen im Darmkanal beträchtliche Mengen von potentieller Energie (H-Abspaltung) verloren gehen, und es hätte, wenn dies bei irgend einem Nahrungsstoffe in ausgedehnter Weise der Fall gewesen wäre, der Wirkungswert desselben kleiner, als dem calorischen Werth entsprach, anfallen müssen. Auch auf andere Weise hätten Abweichungen von den calorischen Werthen eintreten können, indem bei den einzelnen Nahrungsstoffen zur Aufnahme aus dem Darne eine wechselnde Arbeit des Darmes und der Drüsen hätte vorhanden sein können; ist es ja sogar bezweifelt worden, ob sich überhaupt Vertheilungswerte von einiger Constanz auffinden liessen ¹⁾.

Durch den Versuch erst ist die calorische Iso-dynamie erwiesen und sie beweist uns, dass unter den gemachten Voraussetzungen im Grossen und Ganzen die einzelnen Kräfte im Körper ausgenutzt und ohne wesentlichen Verlust zur Verwendung gelangen. Es verfährt der thierische Organismus nach dem Principe des ökonomischsten Kraftverbrauchs.

Der grösste Theil aller jener Prozesse, welche wir unter dem Namen Stoffwechsel zusammenfassen, ist seiner Bedeutung und Wirkung nach ein Wechsel der Kräfte. Bei der stofflichen Betrachtung der Verhältnisse der Ernährung oder des Stoffwechsels handelt es sich um Darlegung der stofflichen Prozesse, d. h. um die Kenntniss derjenigen Stoffe, welche den stofflichen Bestand des Körpers erhalten; wenn man aber auch die Wirkung jener Vorgänge ins Auge fasst, so ergibt sich, dass dieselben sehr verschieden sind.

Bis auf einen kleinen Bruchtheil der Gesamtzersetzung ist es nämlich gleichgültig, welche Stoffe wir dem Körper zuführen. Wir haben gesehen, dass nur eine ganz geringe Menge Eiweisses nicht durch isodynamie Mengen anderer Stoffe ersetzbar ist. Die Eiweisszufuhr kann deshalb nie ganz entbehrt werden, weil stets von der Oberfläche des Körpers Epidermis und Haare verloren werden,

Blutkörperchen zu Grunde gehen, im Darne gleichfalls die oberflächlichen Schichten sich abtossen und die Drüsen N-haltige Secrete erzeugen. Zum Wiedersatz dieses Materials müssen also Wachsthumsvorgänge stattfinden. Man kann aber leicht den Nachweis erbringen für die geringe Ausdehnung, mit welcher sich diese Prozesse am gesammten Stoff- bzw. Kraftwechsel betheiligen. Aus den schon mitgetheilten Versuchen könnte man zum Beweise viele auswählen; von wesentlichem Interesse sind aber nur die Minimalwerthe der Eiweisszersetzung ohne Eiweisszufuhr. Bei reichlicher Zuckernahrung ¹⁾ schied mein Hund i. Harn u. Koth 1,04 N aus = 27,894 Cal. und zersetzte 105 g Rohrzucker = 438,580 "

im Ganzen 466,474 Cal., es beträgt somit der Antheil des zersetzten Eiweisses nur 5,9%; 94,1% der Gesamtzersetzung waren also Prozesse, bei denen es sich nur um eine Kraftübertragung handelt. Bei Fettfütterung findet man bis zu 10% Calorien, welche durch die Zersetzung von Eiweiss entstanden sind. Es ruht dies zweifellos nur davon her, dass das Fett schwerer als der molecularlösliche Zucker sich im Körper vertheilt und dadurch weniger Eiweiss vor der Zersetzung schützt.

Auch beim Menschen habe ich einen Versuch ausgeführt, welcher gleichfalls als Beispiel für die geringe Betheiligung des Eiweisses am Gesamtstoffwechsel bei eiweissfreier Kost dienen kann. Ein 74 Kilo schwerer Individuum wurde mit einer reichlichen Menge N-freier Kost gefüttert, der Wärmewerth der Kost betrug 4100 Cal. Es wurde dabei aber keine Bestimmung der Atempuncte ausgeführt. Ich nehme an, die Versuchsperson habe nur 2730 Cal. productirt, was zweifellos zu niedrig ist; im Harn wurden aber nur 6,3 g N = 168,14 Cal. ausgeschieden, also 6,1%; es waren also auch hier 93,8% der Gesamtzersetzung Prozesse der Kraftübertragung.

Ich habe ferner noch an einer Gans einen Versuch ausgeführt über die Grösse, mit der sich das Eiweiss im angegebene Falle am Gesamtstoffwechsel betheiligt. Das Thier erhielt 12 Tage lang eine

¹⁾ N. Zuntz, a. a. O.

¹⁾ Ich zweifle nicht, dass man bei längerer Rohrzuckerfütterung und dann, wenn man mehrmals des Tages Zucker füttert, die Zersetzung des Eiweisses noch mehr herabbringen kann.

Mischung von gleichen Theilen N-freier Stärke und von Fett. An 2 Tagen wurden ihre Respirationproducte und im Harn der N bestimmt; in folgenden Tabellen sind die einzelnen Werthe angegeben.

Ventil. in 24 Stund.	t im Mittel in ° C.	N in den Excrem.	CO ₂ -Aus-scheidung	C in den Excrem.	Gesamnte C-Anscheidung	— C aus zers. Eiweiss	— C aus zers. Stärke
92,715	14,7	0,565	101,79	0,68	28,44	26,51	18,09
98,162	16,6	0,642	106,63	0,78	29,86	27,67	17,40

Calorien	1. Tag	2. Tag
	aus zers. Eiweiss aus zers. Fett aus zers. Stärke	13,76 220,02 89,88
	335,66	337,10

Die Gans entleerte am ersten Tage, welcher zur Untersuchung sämtlicher Ausgaben verwendet wurde, 8,70 g trock. Kohl (fettfrei), von welchem 0,48 g Weinsäure und 1,69 Harnsäure in Abzug kommen = 6,53 g Trockensubstanz, welche wesentlich aus unverdauter Stärke bestanden. 25,47 g trockene Stärke waren in der Zufuhr, somit wurden zersetzt 25,47 — 6,53 = 18,94 g. Am zweiten Tag wurden 9,00 g trockener Kohl entleert, von welchem 0,48 g Weinsäure und 1,93 g Harnsäure = 2,41 g in Abzug kommen (= 6,59 g). Da nun an diesem Tage 35 g lufttrockene Stärke = 29,71 g Trockensubstanz aufgenommen wurden, kamen 29,71 — 6,59 = 23,12 g zur Resorption.

Es lässt sich mit Hilfe dieser Angaben die Grösse der Eiweiss-, Stärke- und Fettzersetzung berechnen. Der calorische Werth der zersetzten Stoffe steht in vorstehender Tabelle verzeichnet und es ergibt sich, dass am ersten Tage das Eiweiss sich nur mit 4,09%, am zweiten mit 4,63% am Gesamtstoffwechsel beteiligte; es waren demnach 95% desselben Prozesse der Kraftübertragung.

Es ist wohl kaum nöthig, des Weiteren hier anzuführen, dass, wenn ich auch trenne zwischen Stoffen, welche unmittelbar als

solche zugeführt werden müssen, und solchen Vorgängen, bei welchen es sich um Kraftübertragung handelt, diese Trennung nicht mit der Eintheilung zu verwechseln ist, welche Liebig mit den Namen „plastische und respiratorische Nahrungstoffe“ vorgenommen hat. Die plastischen Nahrungstoffe — das Eiweiss — werden seiner Anschauung nach allerdings für die Zwecke des Aufbaues organisirter Formen verwendet, aber zu gleicher Zeit liess er das aufgebauete Material zerfallen und die nöthige Kraft für die Contraction aus dem Eiweisse hervorgehen.

Für einen idealen Zustand wäre das Eiweiss nur für die Wachsthumsvorgänge (im weitesten Sinne) im Organismus nöthig; wenn nun dasselbe unter den angegebenen Bedingungen auch zum Theil zerfällt, so ist doch dieser Zerfall zu unbedeutend, um irgend für den Kraftwechsel in Betracht zu kommen, für welchen letzteren alle Stoffe die Quelle darstellen können. Ich habe jedoch nochmals hervor, dass man aus dem geringen Verbrauch eiweissartigen Materials bei Zufuhr N-freier Stoffe nicht auf eine untergeordnete Bedeutung des ersteren schliessen darf, wenn die Aufgabe gestellt ist, den N-bestand eines Organismus zu erhalten. Wie schon früher einmal gesagt wurde, kann man das Letztere nur dann erreichen, wenn die mehrfache Menge des bei Hunger oder bei N-freier Kost zerstörten Eiweisses zugeführt wird.

4. Die isodynamen Werthe gelten auch für die Zelle.

So naheliegend es nun scheinen möchte, den Satz „der Vertretung der einzelnen Nahrungstoffe nach dem Inhalte an potentieller Energie“ sofort auf die Vorgänge an den einzelnen Zellen zu übertragen, könnte man doch diesen Schluss nicht als zwingend erachten und eine andere Erklärungsweise für die gefundenen Thatsachen als die berechtigtere ansehen.

Man könnte nämlich meinen, die Nahrungstoffe vertreten sich an verschiedenen Zellen in Gewichtsverhältnissen, welche uns zwar unbekannt, aber mehr oder minder wesentlich verschieden von den durch das Experiment für den Gesamtorganismus festgestellten seien; es könnte das eine Mal mehr, das andere Mal weniger Wärme

bei dem Vorgange der Vertretung frei werden, mit Hilfe des Apparates aber, welcher die Wärmeregulation erhält, eine Ausgleichung derrart stattfindend, dass die im ganzen Körper täglich producierten Wärmemengen die gleichen blieben.

Ich setze nun voraus, dass dieser die Wärmeproduction anfechtende oder herabmindernde Apparat in der That die Muskeln seien. Dass sie es ausschliesslich sind, kann man aber aus der Thatsache, dass die Körpertemperatur nach Durchschneidung des Rückenmarkes oder nach Lähmung durch Curare absinkt, nicht schliessen. Denn dass dabei die Möglichkeit der Erhaltung der normalen Körpertemperatur anflört, ist ja schon durch die geringere Betheiligung einer so bedeutenden Zellennasse, wie die Muskeln sie darstellen, hervorgerufen.

Man müsste also, wenn man meint, die einzelnen Nahrungsstoffe vertreten sich an gewissen Zellgebieten in einer andern als der durch das Experiment am ganzen Organismus erhaltenen Weise, doch eine Vertretung nach den isodynamen Werthen an den Muskelzellen festhalten. Damit hat man aber schon für den grösseren Theil der gesammelten Oxydationsvorgänge die Gültigkeit zugegeben. Denn nach den Angaben Pflüger's¹⁾ sinkt bei Curarevergiftung eines Thieres, bei welchem durch eine hohe Umgebungstemperatur die Zersetzung schon sehr herabgesetzt war, die letztere noch um 65%.

Würde nun bei jenen Zersetzungen, welche nach der Lähmung mit Curare noch fortbestehen, die Vertretung nach anderen als isodynamen Werthen erfolgen, so müsste die Qualität der Zersetzung sich ändern, je nachdem das Thier im curarisirten oder nicht curarisirten Zustand untersucht wird. Der respiratorische Quotient ist aber bei curarisirten und normalen Thieren der gleiche.

Wir gelangen also zu dem Schlusse, dass die Beobachtungen am ganzen Organismus auch auf die Vorgänge an der einzelnen Zelle mit höchster Wahrscheinlichkeit zu übertragen sind; dass auch an den Elementarorganismen schon die Vertretung der einzelnen

Nahrungsstoffe nach Maassgabe ihres Inhalts an potentieller Energie erfolgt.

Dem jeweiligen Zustande (Innervation, Erwärmung etc.) einer Zelle entsprechend muss eine bestimmte Menge von potentieller Energie aus Nahrungsstoffen ausgelöst werden, und nur durch die Auslösung der Energie wird dem Zustande der Zelle Genüge geleistet. Daraus ergibt sich unmittelbar, dass Spaltungsvorgänge der Nahrungsstoffe ohne Auslösung von Kraft in unbeschränkter Ausdehnung verlaufen könnten. Kommen nun in der That im Organismus dergleichen Fälle vor? Von dem Fette und den Kohlehydraten kennen wir ein darrichtiges Verhalten nicht, anders verhält sich jedoch das Eiweiss. Es ist durch die Untersuchungen von Pettenkofer und Voit dargezogen worden, dass das Eiweiss sich im Organismus in bedeutender Menge in einen N-haligen und einen N-freien Theil spalten kann. Dieser Vorgang verläuft höchst wahrscheinlich calorisch indifferent, jedenfalls aber mit einer unbedeutenden Wärmeerzeugung. Es ist also, wie wir unmittelbar schliessen müssen, dieser Spaltungsvorgang für die Zelle gleichgültig, da keine Kraft dabei ausgelöst wird²⁾. Es kann demnach diese Spaltung von Eiweiss in einer ganz ausgedehnten Weise stattfinden, viel ausgedehnter als Fette und Kohlehydrate zerfallen können. Wir erhalten mit dieser Anschauung eine bessere Vorstellung für das besondere Verhalten des Eiweisses bei der Zerlegung.

Das Eiweiss muss als der im Körper am leichtesten zerfallende Stoff angesehen werden; es ist dies in der That durch die Untersuchungen von Pettenkofer und Voit dargezogen worden. Diese Thatsache stand bisher ganz im Widerspruche mit den Beobachtungen, welche ausserhalb des Organismus über die Zerlegbarkeit der Nahrungsstoffe angestellt worden waren; denn bei diesen ergab sich stets das nämliche Resultat der schweren Spaltbarkeit des Eiweisses gegenüber den Fetten und Kohlehydraten. Im Organismus zeigen nun allerdings auch die Fette und Kohlehydrate ein verschiedenes Verhalten, indem nach den Angaben Voit's das Fett schwerer verbrennlich ist als die Kohlehydrate. Man kann aber

1) Archiv für die ges. Physiol. Bd. 18 S. 321.

2) Siehe auch Zuntz, Landwirtschaftl. Jahrb. (1879) S. 96.

auch annehmen, dass die Fette und Kohlehydrate nicht wesentliche Verschiedenheiten bezüglich ihrer Zerlegbarkeit zeigen, sondern dass die leichtere Löslichkeit der Kohlehydrate in den Säften es ist, welche bei gleichzeitiger Fütterung von Kohlehydraten und Fett vorwiegend erstere zur Zersetzung gelangen lässt.

Wir haben durch die vorliegenden Untersuchungen die uns anfangs gestellte Frage über die Verwertungsreihe der hauptsächlichsten Nahrungsstoffe gelöst und es war uns durch die gewonnenen Thatsachen möglich, einen näheren Einblick in das Wesen des Lebensvorgangs zu thun. Mancherlei andere Fragen knüpfen sich noch an diese Untersuchungen an, welche später mitgetheilt werden sollen.

Nicht minder wichtig als die theoretischen Betrachtungen der Ergebnisse sind die Schlüsse, welche sich daraus für eine rationelle Ernährung des Menschen und der Thiere ergeben.

Versuche über die relative Resorption der Mittelsalze im menschlichen Magen.

Von

Dr. W. Jaworski

in Krakau.

I. Einleitende Bemerkungen.

Die Versuche über das Verhalten der in den Magen eingeführten Substanzen hatten bis jetzt vorwiegend den Zweck gehabt, die Veränderung derselben durch den Verdauungsact zu ermitteln, und sind in grosser Zahl an Thieren angestellt worden. Minder zahlreich sind die Versuche, durch welche die Resorption im Magen festgestellt werden konnte. Die in dieser Richtung bloss an Thieren mit Hilfe von Magen fisteln ermittelten Thatsachen beziehen sich auf das Verschwinden von Serum aus der Milchströmigkeit nach den Versuchen von Tiedemann und Gmelin, von Strychmin nach Bouley und Colin, von einigen eingeführten Nahrungsmitteln nach Wildt und neuerdings auf das Verschwinden von Traubenzucker, Glaubersalz, Taurin und Pepsin aus dem unterbundenen Magen der Fistelhunde und Katzen nach den Versuchen von H. Tappeiner und B. von Anrep. Die Resultate dieser Thierversuche sind nur mit gewisser Einschränkung auf den menschlichen Magen zu übertragen, wobei noch die gemachten Schlüsse durch den Umstand an Sicherheit verlieren, dass die Versuche in Folge chirurgischer Eingriffe mehr unter pathologischen als physiologischen Verhältnissen ausgeführt wurden. Die Untersuchungen im physiologischen Magen unterliegen aber deswegen Schwierigkeiten, weil nach Einführung der Substanzen in den Magen ein unbekannter Theil derselben durch den Pylorus verschwindet und die Totalmenge der zurückgebliebenen