

ZEITSCHRIFT

FÜR

B I O L O G I E

VON

W. KUHNE,

UND

C. VOIT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

NEUE FOLGE: DRITTER BAND.  
DER GANZEN REIHE: EINUNDZWANZIGSTER BAND.



MÜNCHEN UND LEIPZIG 1885.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

## Inhalt.

	Seite
Untersuchungen über den thierischen Stoffwechsel unter dem Einflusse einer künstlich erhöhten Körpertemperatur. Von Dr. N. P. Simanowsky in Petersburg . . . . .	1
Ueber Besonderheiten des chemischen Baues contractiler Gewebe. Von C. Fr. W. Krukenberg und Dr. Henry Wagner. (Mit Tafel I) . . . . .	25
Histochemisches zur Nierenphysiologie. Von Dr. med. H. Dreser . . . . .	41
Ueber die Verwerthung der Cellulose im thierischen Organismus. Von Dr. Woldemar v. Knieriem . . . . .	67
Ueber die im Harn von Diabetikern vorkommende pathologische Säure. Von E. Stadelmann . . . . .	140
Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautnerven. Von Magnus Blix. (Mit Tafel II.) . . . . .	145
Beobachtungen und Bemerkungen über den Flug der Vögel. Von Dr. Magnus Blix . . . . .	161
Zur Beleuchtung der Frage, ob Wärme bei der Muskelcontraction sich in mechanische Arbeit umsetze. Von Dr. Magnus Blix . . . . .	190
Calorimetrische Untersuchungen I. Von Dr. Max Rubner . . . . .	250
Berichtigung. Von B. Naunyn . . . . .	335
Calorimetrische Untersuchungen II. Von Dr. Max Rubner . . . . .	337
Beiträge zur Entwicklungsmechanik des Embryo. Von Wilhelm Roux . . . . .	411
Ueber die Methode der richtigen und falschen Fälle in Anwendung auf die Maassbestimmungen der Feinheit des Raumsinnes oder der sog. extensiven Empfindlichkeit der Haut. Von G. Th. Fechner . . . . .	527
Die Methode der richtigen und falschen Fälle angewendet auf den Geschmackssinn. Von Dr. W. Camerer . . . . .	570
Bemerkungen über einen dem Glycogen verwandten Körper in den Gregarinen. Von O. Bütschli . . . . .	603
Ueber die Bedeutung der Cellulose-Gärung für die Ernährung der Thiere. Von W. Henneberg und F. Stohmann . . . . .	613
Ueber die Mengen der vom Wiederkäuer in den Entleerungen ausgeschiedenen flüchtigen Säuren. Von H. Wilsing . . . . .	625
Untersuchungen über das Vorkommen von Keratin in der Säugethierschnecke. Mitgetheilt von Dr. H. Steinbrügge . . . . .	631

# Calorimetrische Untersuchungen.

Von

**Dr. Max Rubner.**

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

II.

## 11. Resultate.

Die Angaben, welche die methodische Technik betreffen, sind schon früher bei Besprechung der Verbrennungswärme der einzelnen Verbindungen gemacht worden. Auf diese komme ich hier nicht weiter zurück. Man kann aber von den Ergebnissen der Untersuchung noch weiteren mannigfachen Gebrauch machen. Es sollen dieselben hauptsächlich nur verwerthet werden, soweit sich aus denselben Folgerungen für die Wärmelehre, bezw. den Kraftwechsel ergeben: dahin gehört zunächst die Frage inwiefern die einzelnen Nahrungsstoffe Kräfte zu liefern im Stande sind, die Grösse des menschlichen Kraftwechsels unter verschiedenen Lebensbedingungen und die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Verbrennung.

Auch für die Ernährungslehre werden diese Untersuchungen von Bedeutung sein, da der Stoffwechsel für viele Fragen der Kenntniss des Kraftwechsels nicht entbehren kann.

So kann die principielle Frage: ist der Stoffwechsel unter diesen oder jenen Bedingungen gesteigert oder nicht, niemals beantwortet werden, ohne die im Organismus zersetzten Stoffe in das Kraftmaass überzuführen<sup>1)</sup>, aber nicht allein für den Menschen oder die höheren

1) Rubner, Die Vertretungswerte der hauptsächlichsten organischen Nahrungsstoffe im Thierkörper. Zeitschr. f. Biologie Bd. 19 S. 313 ff.

Thiere ist die Kenntniss von den Kraftvorräthen der zur Zersetzung gelangenden Verbindungen von Bedeutung, sondern ganz allgemein für die Organismen.

Die Bestimmung des Kraftwechsels bietet das einzige durchweg verwendbare Maass für Lebensprocesse. Allerdings sieht man zu meist, wo energische Lebensprocesse vor sich gehen, mit diesen verbunden eine Sauerstoffzehrung eintreten. Aber es sind längst Verhältnisse bekannt geworden, welche wesentlich von diesen Vorgängen mit Sauerstoffzehrung verschieden und doch Lebensprocesse sind.

Nach Nägeli's Untersuchungen kann der freie Sauerstoff bei gewissen Pilzen entbehrt werden, wenn eine reichliche Gärthätigkeit vorhanden ist und für eine Entfernung der Zersetzungsproducte (Gärproducte) gesorgt wird. Diese Lebewesen erhalten also keine Spannkraft aus oxydativen Spaltungen, sondern nur durch Spaltung complicirter Verbindungen in solche einfacherer Zusammensetzung z. B. durch Spaltung von  $C_6H_{12}O_6$  in  $CO_2 + 2C_2H_5OH$ . Die calorimetrischen Untersuchungen haben nun gezeigt, dass Vorgänge der letzten Art nicht geeigenschaftet sind, intensive Kraftquellen zu bilden; denn man hat für den angeführten Process nur eine positive Wärmetönung von 67000 Cal.<sup>2)</sup>, während die oxydative Spaltung 709000 Cal. zu liefern im Stande ist. Die Gärthätigkeit hat nur 9,4% der Kraft frei gemacht, welche bei oxydativer Spaltung ausgelöst werden kann. Man begreift also auch, wie es kommen kann, dass eine relativ geringe Menge von Lebewesen (oder bei höheren Organismen ein relativ kleines Organ) grosse Wirkungen zu entfalten im Stande ist, denn setzen wir den Fall, dass der nämliche Pilz unter zwei Bedingungen in sauerstofffreier und in sauerstoffhaltiger Nährlösung zu existiren vermöge, so wird derselbe bei einer Gärthätigkeit elfmal soviel an Substanz zerlegen, als bei completer Oxydation nöthig ist.

1) Theorie der Gärung 1879 S. 69.

2) Rechenberg, Journ. f. prakt. Chemie Bd. 22. Die Zahlen sind, wie neuestens Stohmann nachweist, etwas zu hoch; an der Schlussfolgerung ändert sich durchaus nichts.

Die Gärung stellt also bloss einen speciellen Fall des Lebens dar und beweist gleichfalls, dass allein die Kraftübertragung Quelle des Lebens ist.

Die Sauerstoffzehrung bei höheren Thieren und Pflanzen oder bei Spross- und Spaltpilzen (unter geeigneten Bedingungen) verfolgt nur den Zweck, die in dem Nahrungsstoff angehäuften Spannkraft möglichst auszunützen<sup>1)</sup>. Die Messung des Kraftverbrauchs eines Organismus nach einem für Kräfte tauglichen Maass ist also auch ein Maassstab für seine Lebensprocesse. Die Bestimmung des calorischen Werthes der Nahrungsstoffe hat dieselbe Bedeutung für die Ernährungslehre, wie eine genaue Gewichtsbestimmung für die chemische Analyse.

Wir stellen uns im Folgenden nur die Aufgabe, den Kraftwechsel der höher stehenden Organismen kennen zu lernen und zwar solcher, welche oxydative Spaltungen in vorwiegendem Maasse ausführen. Die Spaltungsproducte der verarbeiteten Stoffe sind dabei zum grossen Theil höchst einfache, indem Kohlehydrate und Fette vollständig in mit Sauerstoff gesättigte Verbindungen übergehen, und nur die Eiweisskörper neben den gleichen genannten Verbindungen noch ein an eine Gärthätigkeit erinnerndes Product, welches einer weiteren oxydativen Spaltung fähig ist, den Harnstoff (neben andern ähnlichen Körpern) liefern. Wir betrachten zunächst inwiefern die Nahrungsstoffe Quellen für Spannkraft sein können.

#### 1. Ueber die Energievorräthe der Nahrungsstoffe.

Die Nahrungsstoffe in ihrer ausserordentlichen Mannigfaltigkeit zu besprechen kann nicht wohl die Aufgabe sein<sup>2)</sup>. Für die physiologische Betrachtung ist ein grosser Theil derselben gar nicht von Belang, weil die täglich eingeführte Menge mancher Stoffe nur

1) Es kommen übrigens auch bei den höheren Organismen Processe vor, welche mit Gärungsvorgängen, soweit wir jetzt beurtheilen können, identisch sind. S. Rubner, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Respiration des Muskels, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1885 S. 38 ff.

2) Für eine grosse Reihe derselben hat Stohmann (Landwirthschaftliche Jahrbücher 1884 S. 513 ff.) genaue Bestimmungen der Verbrennungswärme mitgetheilt.

gering ist, oder weil sie überhaupt nur in geringen Mengen eingeführt werden können, ohne schädliche Nebenwirkungen zu entfalten<sup>1)</sup>. Wir müssen uns auf die wichtigsten beschränken, für welche auch die calorimetrischen Angaben in dem Vorstehenden niedergelegt sind.

Wir wenden uns zunächst der Untersuchung der Eiweisskörper zu, weil die letzteren wesentlich zur Unternehmung dieser Arbeit Veranlassung gegeben haben, indem ihr physiologischer Nutzeffect ganz ungenügend bekannt war. Bezüglich ihres Werthes als wärmespendende Mittel hätten wir ihnen diesen Vorrang nicht einzuräumen, wie wir gleich vorausschicken können. Man hat, befangen von der Wichtigkeit, welche die Eiweisskörper für den Aufbau der Organe haben, von jeher denselben im Allgemeinen auch eine grössere Bedeutung für die Oekonomie des täglichen Stoffwechsels beigelegt, aber ganz mit Unrecht<sup>2)</sup>.

Die calorimetrischen Versuche haben zunächst erwiesen, dass bei Betrachtungen des Wärmewerthes der Eiweissstoffe im Wesentlichen auf die Abfallstoffe Rücksicht genommen werden muss, da alle übrigen Berechnungen auf unrichtiger Basis beruhen und zu bedeutenden Ueberschätzungen des wahren Wärmewerthes derselben führen müssen.

Würde man die Verbrennungswärme des Syntonins unter der Annahme berechnen, es spalte sich nur Harnstoff (trocken) ab, so erhielte man für 100<sup>g</sup>

485,9 Cal.,

indes der wahre physiologische Verbrennungswerth ist:

442,4 Cal.

Desgleichen erhielt man bei dem Muskelfleische nach erster Annahme

450,8 Cal.

während doch der wahre Verbrennungswerth

400,0 Cal.

beträgt.

1) Z. B. das Glycerin.

2) Vgl. Rubner, Vertretungswerthe etc. S. 391.

Das sind also so beträchtliche Unterschiede, dass die Unkenntniss derselben die wichtigsten Beziehungen zu verdecken im Stande ist.

Im Gegensatze zu diesen neu festgestellten Angaben über den Wärmewerth der Eiweissstoffe und verwandter Gemische, stehen einige ältere Angaben, welche geradezu exorbitante Wärmewerthe für die ersteren ergeben. So berechnete z. B. M. Traube<sup>1)</sup> nach eigenartigen Voraussetzungen die Verbrennungswärme des Eiweisses im Organismus (nach Abzug der Harnstoffelemente) zu

5520 Cal. pro 1<sup>g</sup>,

das ist also rund um 24<sup>o</sup>/<sub>10</sub> zu hoch!

Traube geht nämlich von der Thatsache aus, dass die calorimetrischen Thierversuche von Dulong und Depretz eine Wärmemenge geben, welche mit der aus dem verbrannten C und H gerechneten nicht stimmt, und nimmt an, es müsse demnach der C im Organismus verbrennend eine grössere Wärmemenge liefern als Favre und Silbermann gefunden haben (8080; er nimmt nun 9600 cal. pro 1<sup>g</sup> C an). Diese Annahme ist, worauf auch Danilewsky aufmerksam macht, unzulässig. Der eigentliche Grund wird sich später aus den Besprechungen der von Lavosier geübten Berechnungsmethode der Verbrennungswärme organischer Verbindungen ergeben.

Nur wenig niedriger sind die Angaben Danilewsky's<sup>2)</sup> für die Eiweissstoffe; er berechnet für thierische Eiweissstoffe als physiologischen Nutzeffect

5070 cal. pro 1<sup>g</sup>,

bei pflanzlichen

5300—5400 cal.

Während bei Traube offenbar die Art der Berechnung eine unzulässige ist, hat sich aus meinen und Stoltmann's Versuchen ergeben, dass die Werthe Danilewsky's auf methodischen Ungenauigkeiten beruhen.

1) Virchow's Archiv Bd. 29 S. 414; s. auch Zuntz, Landwirtschaftliche Jahrbücher 1879 S. 71 ff.

2) Pflüger's Archiv Bd. 30 S. 182—183.

Wie nun diese Angaben Traube's und Danilewsky's über den physiologischen Verbrennungswerth des Eiweisses und verwandter Substanzen sämmtlich zu hoch ausgefallen sind, so ist auch die Annahme Danilewsky's, dass C und H der Eiweisskörper im thierischen Organismus weit mehr Wärme liefern sollen, als bei ihrer Verbrennung im freien Zustande nicht mehr zulässig<sup>1)</sup>. Es beruht diese Annahme auf den zu hohen Verbrennungswärmen Danilewsky's für Eiweiss und dann ausserdem auf einer zu geringen Verbrennungswärme des Harnstoffs. Da die ersteren unrichtig sind, muss auch die Schlussfolgerung fallen.

Es lässt sich auch leicht an einem Beispiel darthun, dass C und H im Eiweissmoleküle weniger Wärme liefern, als wenn sie frei verbrennen; mit anderen Worten die Bildungswärme des Eiweisses ist positiv. Ich wähle, um dies zu zeigen, das Muskelfleisch.

Die Zusammensetzung des trockenen Muskels ist:

C	50,5
H	7,6
N	15,4
O	20,97
Asche	5,5.

Daraus berechnet sich für 1<sup>g</sup> Muskelsubstanz als Bildungswärme:

$$\begin{array}{r} C (0,505 \times 8080) = 4080 \\ H (0,076 \times 34462) = 2619 \\ \hline 6,699 \text{ Cal.} \end{array}$$

während für 1<sup>g</sup> trocknes Muskelfleisch gefunden wurde 5376 cal., also

$$\begin{array}{r} 6,699 \\ \hline 5,376 \end{array}$$

die Bildungswärme ist + 1,323 Cal. d. h. positiv.

Man könnte nun einwenden, dies beweise nichts, da diese positive Wärmetönung gerade auf die Abfallsproducte kommen

1) Danilewsky hält es für wahrscheinlich, dass bei der Bildung des Eiweisses Wärme gebunden wird, eine Erscheinung, welche ein Analogon in den Cyanverbindungen fände a. a. O.

kann; indes für die eigentliche wirksame Gruppe des Eiweisses (den N-freien Rest) eine negative Wärmetönung bliebe.

Für den Harn hat man als Zusammensetzung:

C	25,2
H	6,6
N	37,9
O	30,7
<hr/>	
	100,4,

also erhält man als Wärmewerth der Elemente für 1<sup>g</sup>:

$$\begin{array}{r} C = 2,04 \\ H = 2,27 \\ \hline \text{Summe} = 4,31 \text{ Cal.} \end{array}$$

Da nun die directe Bestimmung der Verbrennungswärme 1<sup>g</sup> organisch des Fleischarns 2954 cal. ergab, so bleibt als Bildungswärme des Harns:

$$\begin{array}{r} 4,31 \\ - 2,95 \\ \hline + 1,36 \text{ pro } 1^g. \end{array}$$

Da aber 1<sup>g</sup> Muskel nur 0,382<sup>g</sup> organische Bestandtheile des Harns liefern, so trifft auf diese  $(0,382 \times 1,36) + 0,519$  Cal. als Bildungswärme.

Was endlich den Koth anlangt, so hat man für diesen als Zusammensetzung:

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

Die Verbrennungswärme der Elemente ist pro 1<sup>g</sup> organische Substanz:

$$\begin{array}{r} C 5,014 \\ H 3,184 \\ \hline 8,198. \end{array}$$

Die directe Bestimmung der Verbrennungswärme hatte aber ergeben 6,127 Cal., so dass als Bildungswärme bleibt:

$$\begin{array}{r} 8,198 \\ 6,127 \\ \hline + 2,071 \text{ Cal.}^1) \end{array}$$

Indem aber 1 Theil Muskel nur 0,027 organische Kothbestandtheile liefert, so beträgt die auf letzteren treffende positive Bildungswärme nur

$$0,0567 \text{ Cal.}$$

Es trifft demnach im Ganzen auf die Abfallstoffe (Harn und Koth) als Bildungswärme:

$$\begin{array}{r} + 0,519 \\ + 0,057 \\ \hline + 0,576. \end{array}$$

Da aber die Bildungswärme von 1<sup>g</sup> Muskelsubstanz, wie gezeigt worden ist . . . . . 1,349 Cal. beträgt, so bleibt nach Abzug der Bildungswärme der Abfallstoffe . . . . . 0,576 „  
+ 0,773 Cal.

als positive Bildungswärme für den stickstofffreien Rest. Es ist also unwiderleglich dargethan, dass die Annahme C und H des Eiweisses vermöchten im Organismus mehr Wärme zu liefern, als bei ihrer Verbrennung in freiem Zustande, keine experimentelle Stütze findet. Das Gleiche liesse sich wie hier für den Muskel auch für das Syntonin zeigen.

Diese Thatsache an sich stände aber durchaus nicht im Widerspruche mit der Meinung Pflüger's, dass das lebende Eiweiss einen wesentlich höheren Spannkraftvorrath habe als todt. Was eben von mir erörtert wurde, gilt für „todtes Eiweiss“; für Eiweiss, welches wir geniessen. Es kann meines Erachtens aber auch dem lebenden Eiweiss mit Bestimmtheit kein wesentlich höherer Verbrennungswerth zukommen; wenigstens scheint eine bereits früher von mir gefundene Thatsache darzuthun, dass die im Hungerzustande zerfallende Organsubstanz gerade wie gefüttertes Muskel-

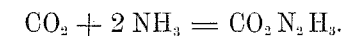
1) Die einzelnen Stoffe, welche den Koth bilden, können natürlich positive wie negative Bildungswärmen haben; die Summe aller aber ist positiv.

fleisch Fett zu ersparen im Stande ist, woraus auch entnommen werden kann, dass beide den nämlichen Spannkraftwerth besitzen. Es muss aber doch hervorgehoben werden, dass die Uebereinstimmung beider nur in dem Sinne gilt, dass die Schärfe unserer Untersuchungsmethoden nicht gestattet, die feinsten Unterschiede darzuthun. Man kann jawohl nicht bezweifeln, dass abgesehen von der Wahrscheinlichkeit chemischer Differenzen zwischen lebendem und todt. Eiweiss, gewiss auch die physikalische Verschiedenheit beider so bedeutend ist, dass Unterschiede im Spannkraftvorrath vorhanden sein müssen. Nachweisbar ist es aber für uns nicht und ausserdem können die Verschiedenheiten nur solche sein, dass sie durch die Fehler unserer jetzigen Untersuchungsmethoden eben gedeckt werden.

Man hat nun weiters geglaubt, dass die hohen Zahlen Danilewsky's für die Eiweissstoffe noch keineswegs die Wärmemenge bezeichnen, welche aus Eiweiss in einem Organismus wirklich entstehen kann.

Während fast alle Autoren angenommen haben, dass zum mindesten der Harnstoff als Abspaltungsproduct des Eiweisses anzusehen sei, hält Danilewsky diese Betrachtungsweise für unzulässig, er sagt<sup>1)</sup>: „Es wurden in letzter Zeit sehr wichtige Angaben beigebracht, welche für eine synthetische Bildung des Harnstoffs im Organismus aus Carbaminsäure und Ammoniak sprechen. Unter dieser Annahme lässt sich denken, dass die Spannkraft des Eiweisses im Organismus in noch grösserem Umfang utilisirbar sind als bis jetzt angenommen wird, weil die Wärmemenge, welche bei der Verbindung der genannten Componenten des Harnstoffs vermuthlich gebunden wird, nicht vom Eiweiss, sondern auch aus anderen Quellen herrühren kann.“

Die Carbaminsäure ist aber doch auch stickstoffhaltig und stammt als solche vom Eiweisse ab? Ich muss also wohl annehmen, Danilewsky meine, es stamme nur das NH<sub>3</sub> vom Eiweisse, die CO<sub>2</sub> aber aus anderer Quelle, so dass man hätte



1) a. a. O. S. 184.

Diese Art der Harnstoffbildung bringt keineswegs eine höhere „Utilisirung“ der Spannkraft des Eiweisses mit sich, wenn die  $\text{CO}_2$  etwa nicht vom Eiweisse abstammt.

Man hat für die Gleichung  $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{CO}_2\text{N}_2\text{H}_6 + 37700 \text{ cal.}^1)$  als Bildungswärme gefunden; die Utilisirung ist demnach grösser, wenn die  $\text{CO}_2$ , welche aus den Eiweisskörpern sich abspaltet, Gelegenheit findet Harnstoff zu bilden. (Die Umwandlung von  $\text{CO}_2\text{N}_2\text{H}_6$  in  $\text{CON}_2\text{H}_2 + \text{OH}_2$  verläuft wahrscheinlich mit unbedeutender thermischer Wirkung.)

Die Art der Harnstoffabspaltung bleibt, wenn auch die Anschauung Danilewsky's als unzulässig erkannt ist, in anderer Hinsicht von Bedeutung, wenn es sich um die Topographie der Kraftentbindung aus Eiweiss handelt und die Anschauung über die chemische Zusammensetzung und den Wärmewerth des stickstofffreien Restes stehen damit in enger Beziehung; welcher Art, das soll später erörtert werden.

Es gibt aber stickstoffhaltige Zersetzungsproducte, welche zum grossen Theile nicht aus Gruppen des Eiweisses gebildet sind, z. B. die Hippursäure.

Wenn nun auch die vorliegenden Thatsachen und angeführten Gründe nichts dafür beweisen, dass die Verbrennungswärme des Eiweisses im Organismus einen höheren Wärmewerth habe, als die calorimetrischen Versuche ergeben haben, so will ich doch auf eine Kraftquelle aufmerksam machen, welche allen Stoffen gemeinsam zukommt, und welche local eine Wirkung zu entfalten im Stande ist, wenn schon im Grossen und Ganzen sie nicht bemerkbar sind.

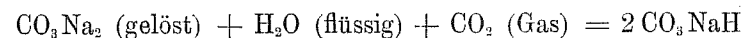
Bei der Zersetzung der Nahrungsstoffe an den Zellen handelt es sich um ganz andere Verhältnisse, als sie an einem Calorimeter realisirt sind. Wenn wir zunächst davon absehen, dass im Momente der Zerlegung nicht

1) E. Lechner, Wiener Akad. Berichte (2. Abth.) Bd. 78 S. 711 ff.

alle Energie in Wärme übergeführt zu werden braucht, weil es sich zunächst ja um Uebertragung von Spannkraft auf die Zelle, um Dislocationen von Atomen oder Atomgruppen handelt, welche der statische Ausdruck des Lebens sind, so kehrt doch bald die räumliche Anordnung der Atome in den Zustand zurück, der vor der Zerlegung der verbrennlichen Substanz vorhanden war und mit dieser Rückkehr des Systems zur anfänglichen Ordnung tritt die Wärme auf. Hieraus ergibt sich also auch, dass die lebende Substanz einen rasch wechselnden Spannkraftvorrath besitze. Doch dürfte, wie aus anderen Thatsachen geschlossen werden muss, die Grösse dieser variablen Kraft, verglichen mit dem wirklichen Verbrennungswerth des lebenden Eiweisses eine nahezu verschwindende sein<sup>1)</sup>.

Wir wollen nun annehmen, die zeitliche Reihenfolge der vorgenannten Prozesse sei eine äusserst rasche. Wir können dann behaupten, dass die im Momente der Zerlegung frei werdende Wärme an verbrennlicher Substanz, mehr betragen muss, als die direct gefundenen Verbrennungswärmen, weil die  $\text{CO}_2$  nicht frei als Gas auftritt, sondern zunächst an Alkali bezw.  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  gebunden wird. Die bei der Bindung der  $\text{CO}_2$  auftretende Wärme ist gar nicht unbedeutend.

Nehmen wir an, die Bindung der  $\text{CO}_2$  entspricht etwa dem Verhältnisse, welches  $\text{CO}_3\text{NaH}^2)$  zeigt, so hätte man für den Vorgang etwa folgende Gleichung:



und dieser Umsetzung entspricht eine Wärmeentwicklung von

$$+ 19960 \text{ cal.}$$

Wenn wir die Wärmebildung auf die  $\text{CO}_2$ , welche dabei gebunden wird, beziehen wollen, so erhält man pro 1 Molekül  $\text{CO}_2 = 44^5 + 19960 \text{ cal.}$  Man erhält also pro 1<sup>5</sup>  $\text{CO}_2 + 453,6 \text{ cal.}$

1) Es ist dies nicht zu verwechseln mit der oben auf S. 345 erörterten Frage.

2) Naumann, Thermochemie S. 487 ff.



Um eine Vorstellung von der Grösse des Einflusses zu geben, welche durch die Absorption der  $\text{CO}_2$  entstehen kann, nehmen wir an es werde Fett oxydirt.

100<sup>g</sup> von diesem bilden 280<sup>g</sup>  $\text{CO}_2$  und liefern im Calorimeter 942,3 Cal., wird dagegen sämmtliche aus Fett entstehende  $\text{CO}_2$  absorbiert, so hätte man durch die Neutralisation der  $\text{CO}_2$  erhalten:

$$(280 \times 453,6) = 127,0 \text{ Cal.}$$

so dass die Verbrennungswärme des Fetts sich dadurch erhöhen würde um

$$\begin{array}{r} 942,3 \\ 127,0 \\ \hline 1069,3 \text{ Cal.} \end{array}$$

das wäre ein Wärmezuwachs um + 13,5%<sup>1)</sup>.

Nun darf man daraus nicht ableiten wollen, dass die Verbrennungswärme der Stoffe im Thierkörper grösser sei als dieselbe im Calorimeter gefunden wurde. Denn dieser Process der Neutralisirung macht sich ja wieder in entgegengesetztem Sinne durch eine Wärmebindung geltend, wenn die  $\text{CO}_2$  in der Lunge das Blut verlässt. Der umgekehrte Vorgang wird sonach eine Wärmebindung von - 127,0 Cal. herbeiführen.

Diese bedeutende Wärmebindung wird aber nicht stets in der Lunge bzw. in den Lungengefässen nachweisbar sein, weil neben der  $\text{CO}_2$ -Bindung und -Zerlegung in den Capillaren der Lunge und in den Capillaren der Organe ein entgegengesetzter Process stattfindet: die Bildung von Oxyhämoglobin in den Lungengefässen und die Desoxydirung zu Hämoglobin in den Organcapillaren. Der erstere wird, wenn es auch bisher noch nicht constatirt ist, unter Wärmeerzeugung, der letztere Process unter Wärmebindung verlaufen. Ueber die Grösse dieser Processe kann man sich aber noch nicht äussern. Wenn man aus den Bestimmungen der Temperatur des rechten und linken Herzens einen Schluss ziehen dürfte (das

1) Auf ähnliche Weise berechnet erhielt man pro 1<sup>g</sup> Rohrzucker 4669 cal. und pro 1<sup>g</sup> trocknes Muskelfleisch 4651 cal.

linke Herz hat meist eine etwas niedrigere Temperatur als das rechte Herz), so würde die Wärmebindung durch die  $\text{CO}_2$ -Abgabe überwiegen. Die Untersuchungen Heidenhain's<sup>1)</sup> lassen es aber fraglich erscheinen, aus der Differenz der Temperatur beider Kammern einen Schluss auf Wärmeänderung, welche durch den Lungenkreislauf bedingt wären, zu ziehen. Da die verschiedenen Nahrungsstoffe bei ihrer Verbrennung verschiedene respiratorische Quotienten liefern, so sind die Wärmetönungen der einzelnen Processe bei verschiedenen Stoffen verschieden.

Die Neutralisationswärme der Kohlensäure kann also local und momentan die Verbrennungswärme einer Substanz grösser werden lassen, als die Bestimmung bei Verbrennung in einem Calorimeter sie ergeben. Dieser Ueberschuss an Wärme wird aber bald abgeführt.

Wie vertheilt sich bei den Eiweissstoffen die zu Verlust gehende Spannkraft auf die Abfallstoffe? Für die drei von mir näher untersuchten Fälle ergeben sich folgende Zahlen:

Tabelle Nr. I.

Substanz	100 <sup>g</sup> gequollen liefert an Cal.	Im Harn <sup>2)</sup> an Cal.	Im Koth an Cal.	Im Harn findet sich in %	Im Koth findet sich in %	Summe des Verlustes in %
Eiweiss	572,6	111,60	18,54	19,5	3,2	22,72
Muskelsubstanz	531,8	114,93	16,83	21,6	3,1	24,77
Bei Hunger zersetzte Organbestandtheile	531,8	130,77	16,83	24,6	3,2	27,75

Die vorstehende Tabelle zeigt, dass die angeführten Eiweissstoffe und eiweissartigen Gemenge den wesentlichsten Verlust durch die Abtrennung der Harnbestandtheile erleiden. Derselbe ist, wie

1) Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 4 S. 558.

2) Mit Berücksichtigung der Lösungswärme.

schon früher auseinandergesetzt worden ist, verschieden, weil bei dem Muskel neben den aus dem Eiweiss sich abspaltenden Producten, noch die Extractivstoffe in den Harn übertreten und der Verlust ist besonders hoch bei der im Hungerzustand zersetzten eiweissartigen Substanz, weil die Zerlegung der betreffenden Eiweisskörper zweifellos etwas anders erfolgt, als wenn die Stoffe durch den Darm zugeführt worden wären. Der Verlust an Spannkraft durch den Koth ist bei allen fast gleich zu nennen.

Es kann keinem Zweifel unterworfen sein, dass andere Eiweisskörper, wenn sie in den Organismus gebracht werden, je nach ihrem Stickstoffgehalt und je nach den verschiedenen Bruttoverbrennungswerthen von den von mir untersuchten Körpern abweichende Verhältnisse zeigen werden. Kann man auch nur durch directe Versuche bei jeder Eiweissorte den Antheil bestimmen, welcher an Spannkraft mit dem Harn verloren geht, so ist doch zu vermuthen, dass die Verbrennungswärme des Harns wohl nur wenig von dem abweichen werde, welchen ich bei Eiweissfütterung getroffen habe. Für den Koth wird die gleiche Annahme zutreffen.

Unter diesen Annahmen habe ich den physiologischen Verbrennungswerth folgender Eiweissstoffe, welche Stohmann<sup>1)</sup> näher untersucht hat, berechnet.

(Tabelle Nr. II siehe S. 351.)

Demnach unterscheiden sich die einzelnen Eiweisskörper in ihrer physiologischen Verbrennungswärme wesentlich. Der höchste Werth käme dem Syntonin mit 442,4 Cal. pro 100<sup>g</sup> zu. Das Minimum gibt ein pflanzlicher Eiweisskörper. Das Conglutin mit 396,9 Cal. pro 100<sup>g</sup>. Das sind also Differenzen von 10,7%. Ich habe von der bei Hunger zersetzten Substanz abgesehen, weil dieselbe mit 5,5% Asche in Rechnung steht.

Es hätte für uns grosses Interesse, zu erfahren, welche Gruppe von C, H und O bei der Spaltung des Eiweisses übrig bleibt, hat

1) a. a. O.

Tabelle Nr. II.

Substanz	Stickstoffgehalt in %	Verbrennungswärme von 1 <sup>g</sup> trocken in cal.	Verloren in den Abfallstoffen u. durch Quellung etc.	Nutz-effect mit Berücksichtigung von Quellung u. Lösung	Verlust an Spannkraft in % <sup>1)</sup>	Iso-dynamie Werthe
Paraglobulin	15,6	5634	1263	4371	22,4	215
Eieralbumin	15,7	5577	1270	4307	22,7	219
Casein	15,2	5715	1311	4404	22,9	214
Syntonin	16,6	5754	1329	4424	23,2	213
Fibrin	16,6	5508	1329	4179	24,1	225
Fleisch <sup>2)</sup>	15,4	5345	1345	4000	25,2	236
Conglutin	17,5	5359	1390	3969	25,9	237
Kristallis. Eiweiss	19,2	5595	1055	4090	26,8	230
Bei Hunger zersetzte Masse	15,4	5345	1503	3842	28,1	243

doch diese Gruppe den eigentlichen Energievorrath oder wenigstens weitaus den grössten Theil in sich vereinigt. Die Anschauungen über dieselbe sind sehr divergent. Es wird von einigen angenommen, dass sich ausschliesslich Zucker aus dem Eiweisse abspalte, von anderen dagegen, dass Fett entstehe. Für beide Annahmen kann man eine Reihe von Gründen anführen.

Was man bestimmt über den stickstofffreien Rest des Eiweisses angeben kann, ist, dass sein Wärmewerth nach meinen Bestimmungen kleiner sein muss, als 77,3 — 72,4% des Bruttowärmewerthes des

1) Bezogen auf trockne Substanz. Auf S. 349 sind die Zahlen bezogen auf gequollene Substanz mitgetheilt worden.

2) Aschehaltige Substanzen.

Eiweisses und zwar deshalb, weil kaum zu bestreiten sein wird, dass eine wenn auch geringe Wärmetönung bei der Abtrennung von stickstoffhaltigen Gruppen eintrete<sup>1)</sup>.

Es kann fraglich erscheinen, ob man von einem stickstofffreien Rest reden dürfe und ob nicht vielerlei entstehen; denn es ist ja sicher, dass nicht allerorts in den Geweben ein gleiches Schema der Zerlegung des Eiweisses eingehalten wird; die Spaltung von Eiweiss ist mit Sicherheit in der Leber z. B. anders als im Muskel<sup>2)</sup>. Doch stört dieser Einwand nur wenig, da die Analyse des Harns uns darthut, dass wenigstens die weitaus grösste Menge des Eiweisses nach einheitlichem Schema zerfällt.

Wenn wir also auch diesen Einwand fallen lassen, so darf man doch nicht glauben, dass die Zusammensetzung des stickstofffreien Restes, der eigentlichen Kraftquelle, sich exact berechnen lasse, wenn man die Zusammensetzung des Eiweisses und die Elemente kennt, welche mit Harn und Koth ausgeschieden werden. Eine derartige Lösung wäre freilich eine interessante und würden sich manche weitere Fragen daran knüpfen.

Allein es mangelt für derartige Betrachtungen und Ueberlegungen an vielem. Zweifellos treten die Eiweisskörper nicht alle mit völlig intactem Spannkraftvorrath an die Zellen. Schon im Magen erfolgen Aenderungen des ersteren, indem die Micellverbände des gequollenen Zustandes in kleinere Micelle übergehen und ausserdem, wenn auch nicht in grosser Menge, Hydratationsproducte des Eiweisses geschaffen werden; wesentlicher sind vielleicht die Aenderungen, welche ein kleiner Theil des Materials im Darne erleidet. Wir wissen also nicht mit Bestimmtheit, wie geartet das eiweissartige Material ist, wenn es an die Orte seiner Verbrennung gelangt, sei es bezüglich seiner elementaren Zusammensetzung, sei es bezüglich des Kraftvorrathes.

1) S. auch Rubner, die Vertretungswerte S. 395.

2) Differenzirungen in dieser Hinsicht sind selbst bei vielen niedrigen Organismen nachgewiesen; weder die Alkohol- noch die Milchsäuregärung verläuft nach dem gewöhnlich gegebenen Schema; es finden neben dem Hauptprocesse noch andere Nebenprocesse statt.

Die Erkenntniss der Zusammensetzung des stickstofffreien Restes hängt aber weiters unbedingt von der richtigen Theorie über die Harnstoffbildung ab.

Die einfachste Anschauung hat die alte Hypothese über die directe Abspaltung der im Harn entleerten Producte festgehalten. Freilich sind gegen dieselbe eine Reihe von Bedenken geltend gemacht worden, so dass sie fast ganz verlassen ist. Es ist aber auch noch keine andere als die allein richtige erkannt.

Sind nun auch allerwärts Hindernisse, welche ein genaues Erkennen des aus Eiweiss sich abspaltenden Restes erschweren, so hat es doch ein gewisses Interesse auch eine angenäherte Zahl zu besitzen, und in diesem Sinne möchte ich die folgende Rechnung betrachtet wissen.

Von 100 Theilen trocknen Syntonins gehen ab, 40,90<sup>g</sup> organische Bestandtheile mit dem Harn und 2,79<sup>g</sup> organische Bestandtheile im Koth, in Summe also

$$\begin{array}{r} 40,90 \\ 2,79 \\ \hline 43,69^g, \end{array}$$

so dass demnach von 100 Theilen trocknen Eiweisses 56,3 Theile und nach Abzug von 0,4<sup>g</sup> Asche 55,9<sup>g</sup> organische Bestandtheile übrig bleiben; d. h. nur 56% der organischen Bestandtheile des Eiweisses kommen für den Wärmewerth in Betracht.

Wenn bei der Abspaltung der Bestandtheile der Abfallstoffe keine Wärme verloren gegangen ist, d. h. alle effective Wärme des Eiweisses auf diesen Rest kommt, so liefert diese Substanz pro 1<sup>g</sup>

$$7900 \text{ cal.},$$

d. h. sie würde bezüglich ihres Wärmewerthes zwischen Fetten und Kohlehydraten stehen; vom Rohrzucker fast um das Doppelte abweichend, kleiner als die Verbrennungswärme des Fetts um 16%.

Wesentlich verschieden hiervon gestalten sich die Verhältnisse, wenn man zu jenen Theorien der Harnstoffbildung übergeht, welche primär andere Gruppen als Harnstoff sich abspalten lassen, weil dabei die Menge der aus Eiweiss sich abspaltenden organischen Stoffe, ohne dass deren Verbrennungswerth sich wesentlich ändert

bedeutend vermehrt wird, also die Menge des als stickstofffreier Rest hinterlassenen Stoffs bedeutend verringert wird.

Denn auf 1 Theil N trifft bei Harnstoff	2,15 <sup>g</sup> organ. Subst.
„ 1 „ „ „ „ Cyansäure	3,02 <sup>g</sup> „ „
„ 1 „ „ „ „ carbamins. Amm.	2,78 <sup>g</sup> „ „

Ich habe die betreffenden Verhältnisse mit Zugrundelegung dieser anderen Hypothesen durchgerechnet, doch glaube ich von derartigen Berechnungen absehen zu können, so lange noch bedeutende Lücken in der Kenntniss über die Spaltung vorliegen. Das eine aber sei erwähnt, dass die Annahme Salkowsky's ein stickstoffreies Product berechnen lässt, welches sowohl seiner elementaren Zusammensetzung, als seinem Wärmewerthe nach fast identisch mit Fett ist. Aehnliche Resultate ergibt die Hypothese Drechsel's.

Ist uns also auch ein ganz deutlicher Einblick in die Verhältnisse der Spaltung stickstoffhaltiger Körper versagt, so können wir doch das mit Sicherheit angeben, dass der stickstofffreie Rest ohne sehr wesentliche Aenderung seiner elementaren Zusammensetzung und seines Wärmewerthes mit den Fetten oder wenigstens einer Fettsäure übereinkommt, und dass seine Bildungswärme positiv ist. Jedenfalls muss der stickstofffreie Rest tiefgreifendere Aenderungen erleiden, wenn Zucker oder Glycogen aus ihm werden soll, als wenn ein den Fetten nahestehender Körper entstehen sollte. Im Uebrigen verweise ich nochmals auf die grossen Schwierigkeiten, welche einem Entscheid auf diesem Wege entgegenstehen.

In engem Zusammenhange mit der eben erörterten Frage, steht der vielfach schon ventilirte Versuch, zu entscheiden, wie viel Fett denn aus Eiweiss entstehen könne? Ich will auf diese Verhältnisse kurz eingehen, da sie mit ein paar Worten abzumachen sind und sich zeigen lässt, dass die bisherigen Annahmen nicht genau sind.

Wir haben oben dargethan, dass aus 100<sup>g</sup> Syntonin nur 442,4 Cal. als physiologischer Verbrennungswerth erhalten werden. Wenn es nun möglich wäre, alle Spannkraft bei chemischen Umsetzungen für entstehendes Fett zu gewinnen, was aber allen thermochemischen

Vorstellungen widerstreitet, so würde dieser Spannkraftvorrath ebenso gross sein, wie die Verbrennungswärme von 46,9<sup>g</sup> Fett.

Das ist also wesentlich weniger als man bisher anzunehmen pflegte und wir können mit Bestimmtheit sagen, dass dieser Werth zu hoch (vielleicht bis 10% und mehr) sein müsse.

Für das Muskelfleisch würde sich in gleicher Weise ergeben: 100 Theile Trockensubstanz liefern als physiologische Verbrennungswärme 400,0 Cal., woraus sich die maximalste (gewiss unmögliche) Fettbildung von 42,45% ergäbe.

Diese Zahl weicht bedeutend von den sonst üblichen Werthen ab, die man nach dem Vorgange Henneberg's berechnet hat. 100 Theile Eiweiss sollten nach ihm bekanntlich 51,5% Fett zu bilden im Stande sein. Diese neu gewonnenen Zahlen sind also für jene Fälle, in denen es sich um den Nachweis von Fettbildung aus Kohlehydraten und aus Eiweiss handelt, wohl zu beachten.

Ich komme nun endlich, nachdem die wesentlichsten Betrachtungen über die Eiweisskörper beendet sind, zur Feststellung in wie weit die einzelnen Nahrungsstoffe Quellen für die thierische Wärme bilden können. Dieselben sind bezüglich dieses Vermögens von sehr verschiedener Dignität. Folgende Gewichtsmengen sind, wenn sie nach der Gleichung, welche für die Warmblüter gilt, im Organismus verbrennen, im Stande, 1 Kilo Wasser von 0° bis 100° zu erwärmen<sup>1)</sup>.

(Tabelle Nr. III siehe S. 356.)

Ich habe diese Stoffmengen isodynamische Werthe genannt. Man kann im Wesentlichen drei Gruppen von Stoffen unterscheiden. Die Hauptklasse bedeutender Wärmequellen bilden die Neutralfette. Sie sind der vorzüglichste Reservestoff. Zur zweiten Gruppe von Körpern gehören die Eiweissstoffe und die Kohlehydrate, sie liefern beide ungefähr gleichviel Wärme; verglichen mit Fett aber nur die Hälfte, die dieses zu entwickeln vermag. Endlich wäre als dritte Gruppe Körper mit bedeutendem O-Gehalt zu erwähnen, wie z. B. die

1) Dieses Maass habe ich gewählt um die Nahrungsstoffmenge in ganzen Zahlen ausdrücken zu können.

Tabelle Nr. III.

Folgende Substanzmengen sind im Stande 1 Kilo Wasser von 0° auf 100° zu erwärmen:

Bezeichnung	In Gramm	Bezeichnung	In Gramm
Neutralfett	10,6	Milchzucker	25,8
Syntonin	22,6	Bei Hunger zersetzte Leibessubstanz	26,0
Glycerin	23,2	Traubenzucker	27,0
Stärke	24,3	Citronensäure	41,8
Rohrzucker	24,9	Weinsäure	57,3
Muskelfleisch	25,0		

Pflanzensäuren; ihr Wärmewerth ist sehr unbedeutend, kaum  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{5}$  des Wärmewerthes der Fette.

Da es für viele Zwecke wünschenswerth ist, einen Vergleich der einzelnen Nahrungsstoffe mit dem Fette, als dem Stoffe höchsten Energieinhalts, zu besitzen, so gebe ich hier noch die isodynamen Werthe, bezogen auf 100 Theile Neutralfett. Die eingeklammerten Zahlen hat Stohmann aus seinen Bestimmungen der Verbrennungswärme gerechnet.

Tabelle Nr. IV.

100<sup>r</sup> Fett sind isodynam mit: (1<sup>r</sup> = 9423 cal.).

Bezeichnung	In Gramm	Bezeichnung	In Gramm
Syntonin	213 <sup>1)</sup>	Milchzucker	243 (242)
Glycerin	219 (218) <sup>1)</sup>	Bei Hunger zersetzte Leibessubstanz	245 <sup>1)</sup>
Stärke	229 (228)	Traubenzucker	255 (254)
Rohrzucker	235 (237)	Citronensäure	394 (391) <sup>2)</sup>
Muskelfleisch	235 (208) <sup>1)</sup>	Weinsäure	540 (537) <sup>2)</sup>

1) Vgl. Tabelle auf S. 351.

2) Nach Stohmann's Angaben gerechnet. Die absoluten Werthe sind für 1<sup>r</sup>:

Fett	9372	Traubenzucker	3692
Glycerin	4305	Citronensäure	2393
Stärke	4116	Weinsäure	1744
Milchzucker	3877		

Es differiren die Zahlen nur beim Muskelfleisch, hier allerdings um 12%. Die Ursache hierfür liegt aber keineswegs in den Resultaten der calorimetrischen Bestimmung, als vielmehr in der Berechnungsweise. Stohmann hat nur die Verbrennungswärme des Harnstoffs von der Bruttowärme des Muskels abgezogen um die physiologische Verbrennungswärme zu erhalten; für meine Zahl aber ist der Verlust an Spannkraft für alle Abfallstoffe ermittelt worden. Wesentlich anders würde sich die Reihenfolge für die Nahrungsstoffe gestalten, wenn wir ihren Wärmewerth im natürlichen Zustand betrachten; man erhielte dann für 100<sup>r</sup> frisch<sup>1)</sup>

	Isodynamer Werth
Fett	942,3 Cal. 100
Rohrzucker	400,1 " 235
Brod	280,2 " 336
Fleisch	96,3 " 978
Milch <sup>2)</sup> (Kuh)	67,3 " 1400

## 2. Die Methodik der Berechnung des Kraftwechsels.

Die Kenntniss der wahren Verbrennungswärme der Nahrungsstoffe befähigt uns unter verschiedenen Umständen und Lebensverhältnissen den Kraftwechsel von Organismen zu berechnen, was um so nothwendiger erscheinen muss, als selbst eine Reihe wichtiger Fragen auf direct calorimetrischem Wege noch nicht gelöst sind. So sind bis jetzt wenigstens die Bestimmungen der von dem Menschen abgegebenen Wärme zu kaum verwertbaren Resultaten gelangt<sup>3)</sup>. Die calorimetrischen Bestimmungen an Thieren aber sind zweifellos weit exacter<sup>4)</sup>, aber wiederum nur wenig zahlreich. Im Allge-

1) Vgl. oben S. 333.

2) Nach den Mittelzahlen König's Bd. 2 S. 302:

3,41 Casein = 15,02 Cal. = 26,6%

3,66 Fett = 33,59 " = 51,4%

4,82 Milchzucker = 16,69 " = 22,0%

Summe 65,31.

3) Vgl. Note 1 S. 358.

4) Dulong, Annal. de chim. et de phys. 1824. Depretz, ebenda 1843. Senator, Archiv f. Anat. u. Phys. 1872 u. 1874 und Untersuchungen über den fieberhaften Process etc. Berlin 1873.

meinen wird also hinfort auch den Berechnungen des thierischen Kraftwechsels noch das Feld offen bleiben; die Methoden der Berechnungen aber sind so mannigfache und ihre Fehlerquellen so verschieden, dass es nicht ohne Interesse sein wird, an der Hand der neu festgestellten Verbrennungswärmen auf die hauptsächlichsten einzugehen.

#### a) Die Methodik Lavoisier's.

Lavoisier hat nicht nur die Thesis aufgestellt, dass das Leben im Wesentlichen nur ein Verbrennungsvorgang sei, er hat sie auch bewiesen. Er hatte gefunden, dass mehr O von Thieren aufgenommen wird, als in der Kohlensäure wieder austritt und geschlossen, dass also neben Kohlenstoff noch Wasserstoff verbrennen müsse. Er hat weiters die Verbrennungswärme dieser Elemente bestimmt und zugesehen, ob in der That die von einem Thiere gelieferte Wärme die aus der Verbrennung von Kohlenstoff und Wasserstoff berechnete Wärme decke. Dabei ward also vollkommen ausser Acht gelassen, dass die mit Harn und Koth oder mit dem Wasserdampf der Athmung austretenden Verbindungen beim Uebergang in diese letzten Lagerungen oder bei ihrer Abspaltung Wärme geliefert oder gebunden haben konnten.

Die von Lavoisier gefundene und berechnete Wärmemenge deckte sich so weit, dass niemals weiter die Thatsache, die thierische Wärme stamme aus den Zersetzungsprocessen, in Zweifel gezogen wurde.

Wegen der nun schon Eingangs erwähnten grossen Schwierigkeiten für calorimetrische Versuche hat man das von Lavoisier zuerst angewendete Verfahren, die von einem Thiere producirte Wärme aus den Elementen C und H abzuleiten, oftmals verwendet und bis heute hat man es zur Berechnung der Wärmeproduction des Menschen allgemein benutzt<sup>2)</sup>.

1) Scharling, Journ. f. prakt. Chemie 1849 Bd. 48; Vogel, Archiv des Ver. für wissenschaftl. Heilkunde; Hirn, Exposit. analyt. et expérim. de la théorie mécan. de la chaleur, Paris 1875.

2) Helmholtz, Encyclop. Wörterb. der med. Wissenschaft Bd. 35, Berlin 1846; Ludwig, Lehrb. Bd. 2 S. 747; Vierordt, Grundriss d. Physiol.; Danielowsky a. a. O. S. 175 ff.

Die Berechtigung dieser Methode ist aber — abgesehen von den unrichtigen Zahlen Lavoisier's für die Verbrennungswärme von Kohlenstoff und Wasserstoff — schon lange in Zweifel gezogen worden, nämlich seit durch die Bestimmungen von Favre und Silbermann die Verbrennungswärmen einer grossen Anzahl organischer Körper bekannt geworden sind. Ludwig<sup>1)</sup> namentlich hat in klarster Weise auf die Fehlerquellen der Lavoisier'schen Methode hingewiesen und mit Hilfe der Zahlen von Favre und Silbermann (wenn sich auch unter diesen fast keine Stoffe fanden, welche im Organismus vorzukommen pflegen) gezeigt, dass die Fehler nicht in eine Richtung fallen, sondern das wahrscheinlich bei der Verbrennung von Fetten zu hohe, bei der Verbrennung von Kohlehydraten zu niedrige Zahlen berechnet werden.

Nachdem wir aber nun einmal im Besitze zuverlässiger Wärmewerthe für Stoffe, welche in den Organismen verbrennen, sind, so kann man sich fragen, in welchem Grade die Zahlen, welche nach Lavoisier's Methode erhalten wurden, unrichtig sind? Wir wollen die drei wichtigsten Verbindungen: die Kohlenhydrate, Fett und Eiweiss in Betracht ziehen.

Für den Rohrzucker erhält man nach Lavoisier mit Zugrundelegung der Verbrennungswärme von 8080 cal. pro 1<sup>g</sup> C und 34462 pro 1<sup>g</sup> H (nach Favre und Silbermann).

Bei 42,1% C,  $0,421 \times 8080 = 3416$  cal. als Verbrennungswärme. Da im Uebrigen H und O zu Wasser zusammentreten, also kein wärmender Wasserstoff vorhanden ist, so stellt die Zahl 3416 den gesammten berechenbaren Wärmewerth dar. Nach meinen Bestimmungen liefert aber 1<sup>g</sup> Rohrzucker 4001 cal.

Die Zahlen der directen calorimetrischen Methode sind also erheblich grösser, als die nach Lavoisier erhaltenen, nämlich um 17%; die Lavoisier'schen Zahlen sind kleiner als die directen um 15%.

Für die Fette erhält man mit Zugrundelegung der Zahlen von Schulze und Reineke:

100 Theile Neutralfett enthalten	76,5 C	12,0 H	11,5 O
11,5 <sup>g</sup> O oxydiren H		1,4 H	
somit Rest, welcher zur Oxydation bleibt =	76,5 C	10,6 H.	

1) a. a. O. S. 737—738.

Diese liefern Wärme:

$$\text{C } 0,765 \times 8080 = 6181$$

$$\text{H } 0,106 \times 34462 = 3653$$

$$\text{Summe} = 9834 \text{ cal. pro } 1^{\text{r}}$$

Die directe Bestimmung der Verbrennungswärme ergab 9423 cal. pro 1<sup>r</sup>; hier fällt also der Fehler in entgegengesetzter Richtung. Man erhält nach Lavoisier's Methode zu viel und zwar um 4,2%.

Als Beispiel eines eiweissartigen Körpers wähle ich das Muskelfleisch, weil es am häufigsten bei Berechnungen in Betracht kommen kann. Nach meinen Bestimmungen bleiben von 100 Theilen Fleisch nach Abzug der Elemente für die Abfallstoffe

$$\text{übrig} \quad 39,2 \text{ C} \quad 4,8 \text{ H} \quad 9,5 \text{ O}$$

$$9,5 \text{ O oxydiren} \quad 1,2$$

so dass verbleibt 39,2 C 3,6 H; wozu der Zutritt von Sauerstoff benöthigt wird.

Als Wärmewerth dieser Elemente ergibt sich:

$$\text{C } 0,392 \times 8080 = 31674$$

$$\text{H } 0,036 \times 34462 = 12406$$

$$\text{Summe} = 4408 \text{ cal.}$$

Die directe Bestimmung der Verbrennungswärme hat nur 4000 cal. pro 1<sup>r</sup> ergeben; die Lavoisier'sche Methode liefert also wie beim Fett etwas zu hohe Zahlen. Stellt man die für die einzelnen Stoffe erhaltenen Werthe zusammen, so hat man:

Tabelle Nr. V.

Substanz	1 <sup>r</sup> liefert cal berechnet nach Lavoisier's Annahme	1 <sup>r</sup> liefert cal. direct bestimmt	Die Werthe nach Lavoisier unterscheiden sich von den direct gefundenen um %
Rohrzucker	3402	4001	- 15,0
Fett	9834	9423	+ 4,3
Muskelfleisch	4408	4000	+ 10,2

Die Fehlergrösse bei der Lavoisier'schen Methode ist also recht verschieden. Für die Berechnung der von einem Thier producirt

Wärme ist diese abhängig von der Art der Zufuhr. Da in der Regel bei den Thieren nicht gerade ein Nahrungsstoff allein zur Verbrennung gelangt, sondern weit häufiger Gemische, so ist der mittlere Fehler im Allgemeinen kleiner, als die hier für die einzelnen Nahrungsstoffe gegebenen Werthe betragen.

Da bei einem hungernden Organismus etwa 15% der Wärme<sup>1)</sup> aus eiweissartigen Körpern und 85% aus Fett stammen, so sind in diesem Falle die Fehler der Methode Lavoisier's

$$\begin{array}{r} 15 \times + 10,2 = + 153,0 \\ 85 \times + 4,3 = + 365,5 \\ \hline + 518,5 \end{array}$$

Der Fehler ist positiv und beträgt etwa 5,2%.

Bei einer aus eiweissartigem Material, Fett und Kohlehydraten zusammengesetzten Kost, wobei in der Regel 30% der Wärme zu gleichen Theilen aus Eiweiss und Fett stammen, 70% aber aus Kohlehydraten erhält man bei Verwendung der Methode Lavoisier's folgende Fehlergrössen:

$$\begin{array}{r} 30 \times \left( \frac{4,3 + 10,2}{2} \right) 6,8 = + 217 \\ 70 \times - 15,0 = - 1050 \\ \hline = - 8,33. \end{array}$$

Der Fehler ist negativ und beträgt etwa 8,3%. Die Fehler schwanken also zum mindesten zwischen - 8,3 und 5,2%.

Namentlich die Menge der von dem Menschen producirt Wärme ist oftmals Gegenstand der Berechnungen gewesen. Da die Elemente der letzteren Fälle entlehnt waren, unter denen die Menschen von Gemische: von Eiweiss, Fetten und Kohlehydraten lebten, so können wir schliessen, dass die nach Lavoisier berechneten Zahlen im allgemeinen zu klein ausgefallen sind.

Dies ist zum Theil auch die Ursache, warum die Zahlen der Rechnung und die Zahlen des Versuches bei Dulong und Depretz

1) Rubner, Ueber den Einfluss der Körpergrösse auf Stoff und Kraftwechsel. Zeitschr. f. Biologie Bd. 19 S. 561.

sich nicht decken können<sup>1)</sup>. Es ist vollkommen unzulässig aus ihren Versuchen rechnen zu wollen, welchen Wärmewerth man dem in der Respiration ausgeschiedenen Kohlenstoff zumessen müsse, wie es Traube gethan hat<sup>2)</sup>, damit gerade die aufgefundene und berechnete Wärmemenge sich decke. Denn abgesehen davon, dass man, wie schon Danilewsky<sup>3)</sup> bemerkt, gar keinen Grund habe, gerade die Zahl des Kohlenstoffs zu corrigiren, kann man die bei unbekannter Art der Zersetzung resultirenden calorischen Werthe für den Kohlenstoff doch niemals gleichheitlich auf die einzelnen Stoffe vertheilen, wie dies Traube angenommen hat.

Ich übergehe die Berechnungen, welche nach Lavoisier's Methode über den Kraftverbrauch des Menschen angestellt worden sind; denn es ist ausser den dieser Methodik zukommenden Unsicherheiten noch zu beachten, dass die Basis der Berechnungen zum Theil wenigstens nicht allen Anforderungen, welche wir für solche stellen müssen, entsprechen. So ist es z. B. mit den oft citirten Zahlen Barral's. Es lässt sich bei Vergleichung der Einnahmen und Ausgaben der von Barral<sup>4)</sup> untersuchten Personen unschwer darthun, dass die letzteren zweifellos mehr an Nahrungsstoffen aufgenommen haben, als sie zum blossen Unterhalte nöthig gehabt hätten (überschüssige Kost). Bei Vergleichung der N-Einnahmen und Ausgaben erscheinen bedeutende Mengen N nicht mehr in den Excreten<sup>5)</sup>.

#### b) Der calorische Werth des Kohlenstoffs.

Ausser der Annahme von Lavoisier hat man sich noch einer andern Methodik zur Berechnung der von Menschen und Thieren

1) S. namentlich die Kritik Liebig's, *Thierchemie* S. 28; Ludwig's a. a. O. S. 739 und Rosenthal, *Herm., Handbuch* Bd. 4 S. 358 ff.

2) Vgl. oben S. 341.

3) Pflüger's, *Archiv* Bd. 30 S. 182.

4) Vgl. auch Voit, *Zeitschr. f. Biologie* Bd. 2 S. 460.

5) So fehlt z. B. in der Ausscheidung an N; (ist also bedeutend angesetzt worden)

bei I 14,3<sup>g</sup>

„ II 10,1<sup>g</sup>

„ III 3,0<sup>g</sup>

„ IV 9,6<sup>g</sup>

„ V 11,6<sup>g</sup>

s. stat. chim. d. animaux, Paris 1850.

producirten Wärme bedient. Es gehört in diese Kategorie der Versuch den „calorischen“ Werth der Kohlensäure<sup>1)</sup> und des geathmeten Sauerstoffs zu finden. Nachdem wir soeben für die Lavoisier'sche Annahme die Unzulänglichkeit nachgewiesen haben und erkannten, dass man unbedingt die Verbindungen kennen müsse, in welchen C und H zur Oxydation gelange, ist von vornherein anzunehmen, dass die nun zu besprechenden Berechnungen kaum Nahrungswerthe zu nennen sind.

Als calorischen Werth des Kohlenstoffs erhält man nach meinen Zahlen:

bei Rohrzucker	9,50
„ Muskelfleisch	10,20
„ Fett	12,31

Wie man sich leicht überzeugen kann, eignen sich diese Zahlen durchaus nicht zur Bestimmung des Kraftumsatzes; denn dies würde voraussetzen, dass für 1<sup>g</sup> in der Athmung austretenden Kohlenstoffs ein gleichbleibender calorischer Werth bei den einzelnen Nahrungsstoffen sich fände.

Das Minimum verhält sich zum Maximum wie 100 : 129,5. Die Fehler dieser Methodik sind also so ungeheuer, dass von einer Verwendung derselben gar keine Rede sein kann. Mit Hilfe früher gewonnener Zahlen hat Rosenthal<sup>2)</sup> bereits einige drastische Beispiele für die Unzuverlässigkeit dieses „calorischen“ Werthes des Kohlenstoffs angegeben.

#### c) Der calorische Werth des Sauerstoffs.

In ähnlicher Weise kann man auch darthun, dass von einer Bestimmung des calorischen Werthes des Sauerstoffs nicht erwartet werden kann, damit einen Maassstab für die Intensität des Lebensvorgangs zu gewinnen und den täglichen Kraftumsatz zu berechnen. Die Bestimmung des O-Consums hat den nämlichen Werth für die Statistik des Gasumtausches wie ihn die Kenntniss der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung besitzt. Ein absolutes Maass für die Lebensprocesse bildet

1) Liebermeister, *Pathologie und Therapie des Fiebers* 1875.

2) Rosenthal, *Thierische Wärme in Hermann's Handbuch* Bd. 4 S. 374.



die Bestimmung des Sauerstoffconsums aber ebenso wenig, wie die Bestimmung der Kohlensäure. Aus meinen Wärmewerthen der einzelnen Stoffe erhält man folgende Zahlen für den calorischen Werth des Sauerstoffs:

Tabelle Nr. VI.

Substanz	100 Theile brauchen zur complete Oxydation in Gramm	100 Theile liefern Cal.	Auf 1 <sup>er</sup> O also in Cal.	Den calorischen Werth des O bei Fleisch = 100 gesetzt
Muskelfleisch	133,6	400,0	3,0	100,0
Fett	228	942,3	3,27	109,0
Rohrzucker	112,4	400,1	3,56	118,6

Man findet also auch bei diesen Zahlen ganz erhebliche Differenzen nämlich bis zu 18,6 %; mit derartigen Fehlern wird man rechnen müssen.

Die Berechnung des calorischen Werthes des Sauerstoffs bei Verbrennung von Muskelsubstanz ist in folgender Weise geschehen:

Von 100 Thl. trockenem Muskel spalten sich ab 38,2 Thl. (organisch) in Harn,  
" 100 " " " " " " " 2,7 " " " in Koth.

Für die Analyse des Harns sind die Voit'schen Zahlen benützt. Nur an Stelle des Stickstoffgehalts ist der von mir gefundene unerheblich differierende Werth eingesetzt worden; die Differenz ist im O-Gehalt abgeglichen.

	C	H	N	O
38,2 Theile Harn enthalten	9,63	2,52	15,16	10,9
2,7 " Koth "	1,67	0,25	0,24	0,54
	11,30	2,77	15,40	11,44
	C	H	N	O
Es verbleiben sonach von 100 tr. Muskel	50,5	7,6	15,4	20,97
Abfallstoffe	11,3	2,8	15,4	11,44
	39,2	4,8	—	9,53

Daraus würde sich für den respiraten Quotienten 0,781 berechnen. Regnault und Reiset fanden beim Hund bei Fleischfütterung 0,745; da neben Fleisch wohl auch noch Fett zersetzt worden ist und bei Fettzersetzung (z. B. bei Hunger) 0,724 als Quotient erhalten wurde, so steht Rechnung und Experiment in befriedigender Uebereinstimmung. Pettenkofer und Voit<sup>1)</sup> geben im Mittel bei Fleischfütterung den Quotienten zu 0,78 an.

1) Hermann's Handbuch Bd. 6 S. 116.

Der von Liebermeister<sup>1)</sup> aus anderen Elementen und mit Zugrundelegung anderer Wärmewerthe gefundene calorische Werth des Sauerstoffs mit 3,53 Cal. stimmt mit meiner Mittelzahl nicht überein. In gleicher Weise sind die früher von mir nach den Zahlen von Danilewsky berechneten Werthe mit 3,5 Cal.<sup>2)</sup> pro 1<sup>er</sup> O und die dann auf ähnlicher Basis von Lilienfeld<sup>3)</sup> erhaltene Zahl ist mit den zu hohen Werthen des genannten Beobachters zu hoch ausgefallen<sup>4)</sup>.

Mit den grossen Schwierigkeiten, welche sich für den calorischen Werth des Sauerstoffs ergeben, sind auch alle Schlussfolgerungen, welche man aus dem Sauerstoffconsum gezogen hat, mit grosser Reserve aufzunehmen; namentlich in solchen Fällen, bei denen eine einseitige Fütterung mit einem Nahrungsstoff vorgenommen worden ist.

#### d) Die Berechnung der Stoffzersetzung.

Die Berechnung der von einem Organismus freigemachten Spannkraften aus den zersetzten Nahrungsstoffen ist theoretisch gleichberechtigt mit der directen calorimetrischen Methode; denn es ist eine nothwendige Folge des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, dass beide sich decken. Es ist allerdings der stricte Nachweis hierfür noch nicht erbracht, aber es sind namentlich die Versuche von Dulong durchaus nicht so mangelhaft, als man vielfach annimmt.

Dulong hatte, wie aus seinen hinterlassenen Papieren<sup>5)</sup> von Dumas nachgewiesen wurde, zunächst jedenfalls die richtigen Anschauungen über die Fehler, welcher eine Uebereinstimmung zwischen berechneter und direct bestimmter Wärme unmöglich machen. Er hat sich den Einwand gemacht, dass die Temperatur der Thiere,

1) a. a. O.

2) Rubner, Die Vertretungswerthe etc. S. 347.

3) Untersuchungen über den Gaswechsel fiebernder Thiere, Pflüger's Archiv Bd. 32 S. 341:

Eiweiss	3,432	} 3,505.
Fett	3,368	
Rohrzucker	3,707	

4) S. auch Rosenthal a. a. O. S. 374 und Danilewsky a. a. O. S. 184 ff.

5) Annal. de chim. et de physique 3. Sér. 1843 vol. VIII p. 180.

welche untersucht wurden, gesunken sein könne, weist ihn aber als unwahrscheinlich und irrelevant zurück. Als Hauptfehler hat er selbst erkannt, dass die damals benützten Zahlen über die Verbrennungswärme des C und H falsch waren, und bestimmte den Wärmewerth des letzteren selbst und zwar zu

7288 für den C  
34444 für den H.

Die Zahl für den H stimmt völlig mit den von uns benützten überein, die für den C ist etwas zu niedrig (8080 nach Favre und Silbermann). Dulong hatte berechnet, dass mit Hilfe seiner neuen Zahlen sich sogar ein Wärmeüberschuss herausstellt.

Bei einem Kaninchen wurden 17,773 Cal. im Calorimeter erhalten und dabei in den Athemproducten gefunden:

	nach Dulong	nach Favre u. Silbermann
verbrannt an C 1,680 <sup>g</sup>	12,264	13,57
„ „ H 0,176 <sup>g</sup>	6,075	6,07
	18,339 Cal.	19,64 Cal.

Der Wärmeüberschuss beträgt + 10,5 %, wenn man die Zahlen von Favre und Silbermann verwendet; nach dem früher Erwähnten liefert die Methode der Berechnung der Wärme aus den Elementen C und H bei Fettzersetzung oder Zersetzung von Muskelsubstanz zu viel Wärme; man müsste also annehmen, wenn man in diesen eben dargelegten Zahlen eine Bestätigung sehen wollte, dass die von einem Thier producirte Wärme, gerade durch die Rechnung gedeckt werde, Dulong's Kaninchen sei ein recht fettarmes Thier gewesen, welches also relativ viel Muskelsubstanz verbrannte. Berechnet man sich den respiratorischen Quotienten (0,76), so scheint diese Annahme zulässig.

Eine auffallende Uebereinstimmung zwischen Wärmebestimmung und Wärmeberechnung ist auch folgende, welche unmöglich auf Zufälligkeiten zurückgeführt werden kann.

Nach den Beobachtungen, welche Senator mit Hilfe eines Calorimeters an hungernden Hunden angestellt hat und nach meinen

1) Ueber den Einfluss der Körpergrösse a. a. O. S. 552.

Beobachtungen und Berechnungen über die Oberflächenentwicklung der Hunde hat sich ergeben, dass pro 1 Quadratmeter Oberfläche eines Hundes  
1065 Cal. pro 24 Stunden<sup>1)</sup>  
geliefert werden.

Ich habe nun für zahlreiche Hunde die Stoffzersetzung im Hungerzustande untersucht bei bekannter Oberfläche des Thieres und rechne (jetzt statt meiner früheren Wärmewerthe, welche wegen der Benützung der Zahlen von Danilewsky zu hoch ausgefallen waren) pro 1 Quadratmeter

1112 Cal. pro 24 Stunden,

d. h. das Resultat der Rechnung ergibt ein nur um 4,4 % zu hohes Resultat der Tageswärme. Diese Uebereinstimmung ist so befriedigend, dass derselben eine tiefere Bedeutung beigelegt werden muss; wir können also schliessen, dass bei Berechnung der Wärmewerthe der zersetzten Körperstoffe nach den von mir gefundenen Zahlen, Rechnung und directe Calorimetrie übereinstimmen.

Die Genauigkeit der Methode, aus den zersetzten Stoffen die Wärme zu berechnen, ist eine vollkommene und nur davon abhängig, inwieweit man im Stande ist, die in einem Organismus zersetzten Nahrungsstoffe zu bestimmen.

In den meisten Fällen — beim Hungerzustand oder Zufuhr eiweissartiger Verbindungen — genügt:

1. Die Kenntniss des ausgeschiedenen Stickstoffs,
2. die Kenntniss des ausgeschiedenen Kohlenstoffs,
3. die Kenntniss der Relation von Stickstoff und Kohlenstoff in dem zersetzten Eiweiss oder eiweissartigen Material.

Für alle diese Bedingungen haben wir die zuverlässigsten Garantien der Exaktheit. Die Schärfe der Methoden zur Bestimmung des Stickstoffs, die Bestimmung des C in der Respiration und in den Abfallstoffen lässt nichts zu wünschen übrig; desgleichen

1) Ueber den Einfluss der Körpergrösse a. a. O. S. 552. Auf dieser Seite ist durch ein unrichtig gestelltes Comma die Bezeichnung der Elemente für die Wärmeberechnung eines hungernden Thieres entstellt; es hat zu heissen . . .  
 $n$  = der Wärmeproduction für 1<sup>cm</sup> und die ganze Formel

$$w = k \sqrt[3]{a \cdot n}$$

ist es unschwer, dem dritten Punkte gerecht zu werden. Was den schwierigen Fall der Bestimmung der Relation von N und C in dem hinzugesetzten eiweissartigen Material anlangt, so sind auch hierfür die sichersten Nachweise erbracht worden<sup>1)</sup>.

Auch bei Fütterung mit Fett oder mit Kohlenhydraten müssen richtige Zahlen erhalten werden. In allen Fällen muss man aber dafür sorgen,

1. dass die Zeiträume der Beobachtung nicht zu kurz gewählt werden,
2. dass die Zufuhr der Stoffe keine überschüssige<sup>2)</sup> sei.

In vielen Fällen überschüssiger Zufuhr fehlen uns vorläufig noch alle Elemente der exacten Berechnung, indem dabei Ablagerungen von Stoffen im Körper eintreten, von denen wir mit Bestimmtheit noch nicht zu sagen vermögen, welche Zusammensetzung und welcher Brennwerth denselben zukommt. So ist es z. B. ungewiss, welcher Art die Ablagerung einer kohlenstoffhaltigen Substanz nach reichlicher Eiweisszufuhr ist, oder wie es sich mit dem nach reichlicher Stärkezufuhr im Körper zurückgehaltenen Kohlenstoff verhalte. Abgesehen von diesen Fällen, gestaltet sich die Berechnung höchst einfach.

Als ein Beispiel der Berechnung wähle ich aus den Versuchen von Pettenkofer und Voit<sup>3)</sup> die bei einem hungernden Menschen erhaltenen Zahlen<sup>4)</sup>.

Für den Versuch I erhielt man:

Gesamt-Kohlenstoffausscheidung <sup>5)</sup>	207,1
im Harn 11,33 N, letztere entsprechen $11,33 \times 3,28$	37,2 C
so dass für Fett bleiben	169,6 C

1) Vgl. dieses Heft S. 323.

2) Vertretungswerthe S. 327 ff.

3) Zeitschr. f. Biologie Bd. 2 S. 459 ff.

4) Die Zahlen sind einer Umrechnung unterzogen; da Voit unter Fleisch aus Eiweiss die Zusammensetzung des nach seiner Art hergerichteten Fleisches versteht, nämlich solches, in welchem auf 1 N 3,68 C trifft, so habe ich die Zahlen (vgl. auch Vertretungswerthe S. 344 und Theil I s. calorische Versuche) für die von mir festgestellte Relation 1 N:3,28 C einsetzen müssen, da für calorische Versuche alles darauf ankommt, scharf zwischen Eiweiss und Fett zu trennen.

5) Es ist bei den Ausgaben, sowohl der N als C des zugeführten Fleisch-extractes abgezogen.

Für den Versuch III erhält man:

Gesamt-Kohlenstoffausscheidung	195,0
im Harn 10,96 N, sonach ab für letzteren	36,1 C
so dass verbleiben für Fett	158,9 C

Daraus berechnet sich als Wärmewerth:

$$\begin{aligned} \text{Für I } (11,33 \times 25,00^1) &= 283 \text{ Cal.} \\ (12,3^2) \times 170 &= 2091 \text{ „} \\ \text{Summe} &= 2374 \text{ Cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Für III } (11,0 \times 25,00) &= 275 \text{ Cal.} \\ (12,3 \times 159) &= 1956 \text{ „} \\ \text{Summe} &= 2231 \text{ Cal.} \end{aligned}$$

Im Mittel also beträgt die Menge der von einem Manne von 70 kg pro 24 Stunden im Hungerzustand producirten Wärmemenge:  
**2303 Cal.**

Damit sind nun die principiellen Fragen, welche sich unmittelbar an die Kenntniss der Methodik anreihen lassen, abgeschlossen.

Es ist aber doch naheliegend, auf einige wichtige Anwendungen der gewonnenen calorimetrischen Werthe einzugehen.

Hierzu zähle ich die genaue quantitative Bestimmung des menschlichen Kraftwechsels, die schon von vielen Forschern mit mehr oder minder zuverlässigen Methoden versucht worden ist. Es wird sich darthun lassen, wie wichtig die genaue Kenntniss der Statistik des Kraftwechsels für die Wärmelehre ist und es wird nicht zu leugnen sein, dass sie zur Vereinfachung und leichtern Darstellung vieler Vorgänge in den Ernährungsprocessen nicht mehr entbehrt werden kann.

Leider aber sind die Ermittlungen über die von den Menschen unter verschiedenen Umständen aufgenommene Nahrung keineswegs immer den Anforderungen entsprechend, welche man im Interesse der Sache denselben wünschen möchte und welche allein erlaubt, die berechnende Methode des Kraftwechsels als vollkommen ebenbürtig mit der directen calorimetrischen Methode (woferne eine solche existirte!) hinzustellen.

1) Vgl. oben S. 333.

2) Vgl. oben S. 363.

### 3. Beobachtungen über die Grösse des Kraftwechsels des normalen Menschen.

Es sind umfangreiche Versuche angestellt worden, welche festzustellen sich bemühten, wie viel der Mensch von den einzelnen Nahrungsstoffen aufnehmen müsse, um unter verschiedenen Lebensverhältnissen leistungsfähig zu bleiben. Die Aufgabe ist als eine rein statistische aufgefasst worden, indem man die Speisen verschiedener normaler Individuen untersuchte. Sie ist soweit gelöst, dass sich bestimmte Gesetze für die Ernährung aufstellen lassen.

Da nun diese Methode eine grosse Menge von Untersuchungen auszuführen gezwungen war, so hat sie ihre Hilfsmittel etwas vereinfacht. Die Zahl der organischen Verbindungen, welche von den Menschen aufgenommen werden, ist sehr gross, die Trennungsmethoden für die einzelnen Stoffe grösstentheils so ungenügend, dass man übereinkam, ein bei allen Versuchen gleichbleibendes summarisches Verhalten einzuschlagen. Zunächst hatte man sich dahin geeinigt, das Augenmerk auf die hauptsächlichsten Nahrungsstoffe — Eiweiss, Fette und Kohlehydrate — zu richten.

Alle drei sind Bezeichnungen für Gruppen von Stoffen, deren jede aus einer Reihe mehr oder minder ungleich zusammengesetzter Körper gebildet wird.

Wir können nun aber nicht, wie es vielfach schon geschehen ist, die für Eiweiss, Fett und Kohlehydrate erhaltenen Zahlen mit Zugrundelegung eines für reines Eiweiss, für Neutralfett u. s. w. gefundenen Wärmewerthes umrechnen, da sonst bei derartigen Betrachtungen kaum verwertbarere Zahlen erzielt werden, als dies früher nach der Methode Lavoisier's der Fall war.

Wir müssen vielmehr zunächst besprechen, wie man im Allgemeinen bei Bestimmung des Eiweiss-, Fett- und Kohlehydrat-Gehaltes menschlicher Nahrungsmittel verfahren ist und daraus dann die Zulässigkeit der einen oder andern Art der Berechnung des Kraftwechsels erörtern.

Die grösste Schwierigkeit bildet zunächst die Eruirung des Eiweissgehaltes von Nahrungsmitteln. Wir besitzen keine all-

gemein anwendbare exacte Methode. Bei thierischen Eiweisskörpern, abgesehen von jenen der Milch, ist man in der Regel so verfahren, dass der Rest, welcher nach Abzug von Wasser, Fett und Asche bleibt, als eiweissartige Substanz in Rechnung gestellt wird<sup>1)</sup>. Dabei wird also auf die stickstoffhaltigen Extraktivstoffe dieser Substanzen nicht Rücksicht genommen. Da die zu Speisen verwendeten Bestandtheile der Thiere fast die nämliche Zusammensetzung<sup>2)</sup> haben, so ist diese Art der Berechnung immerhin eine gleichartige, wenn sie auch durchweg einen zu hohen Gehalt an Eiweiss berechnen lässt. Ein hiervon abweichendes Verfahren hat man bei den Vegetabilien eingeschlagen. Man hat sich bei letzteren ganz allgemein darauf beschränkt, die Bestimmung eines für die Eiweisskörper charakteristischen Elementes (des Stickstoffs) vorzunehmen und dann, einen mittleren Stickstoffgehalt der Eiweisskörper zu Grunde legend, die gefundenen Stickstoffzahlen durch Multiplication mit 6,45 in Eiweiss umzurechnen. Dieser Werth drückt aber, wie man längst weiss, nicht den wahren Eiweissgehalt aus, denn er setzt einen für alle Eiweisskörper gleichmässigen Gehalt an Stickstoff von 15,5 % voraus, während manche pflanzliche Eiweisskörper bis zu 19 % Stickstoff enthalten.

Wie weiter oben schon dargethan worden ist, besitzen die bis jetzt untersuchten Eiweisskörper im Maximum um 10,7 % abweichende physiologische Verbrennungswerthe<sup>3)</sup>.

Die Berechnung der als „Eiweisskörper“ in den Aufzeichnungen über die menschliche Kost aufgeführten Substanzmengen in Wärmewerthe scheint demnach geradezu unmöglich; denn wenn schon die Bestimmung der Menge der Eiweisskörper mit gewissen Fehlern behaftet ist, so wird durch die Ungewissheit des unterzulegenden Verbrennungswerthes die Fehlergrösse nur vermehrt.

Man kann aber mit Hilfe einiger Ueberlegungen darthun, dass für eine grosse Reihe von Untersuchungen die wesentlichen Fehlerquellen sich vermeiden lassen.

1) Vgl. Voit, Zeitschr. f. Biologie Bd. 12 S. 58.

2) Soweit Eiweisskörper und Extractivstoffe in Betracht kommen; vgl. auch Voit, Zeitschr. f. Biologie Bd. 2 S. 233.

3) Vielleicht ergeben erweiterte Untersuchungen noch grössere Differenzen.

Zum grossen Theil beziehen sich die Untersuchungen, welche angestellt worden sind, auf Menschen, welche frei in der Wahl ihrer Nahrungsmittel dem Geschmacke folgend, dieselben sowohl aus dem Thier- wie aus dem Pflanzenreiche entlehnten. Nun hat man nachgewiesen, dass in dieser Auswahl eine bestimmte Gesetzmässigkeit liegt<sup>1)</sup>, indem in einer Reihe gut übereinstimmender Beobachtungen 60 % der Eiweisskörper, welche wir aufnehmen, dem Thierreiche entlehnt waren, der Rest dem Pflanzenreiche, so dass also schon der grössere Theil der Unsicherheit wegfällt, indem die Hauptmasse auf die gut bestimmbaren thierischen Eiweissstoffe trifft.

Die 40 % des Eiweisses, welche dem Pflanzenreiche entlehnt sind, treffen in einigen Fällen auf Gemenge verschiedener Eiweissarten, zumeist aber spielt das Brod eine grosse Rolle in der Kost. Man hat gefunden, dass in sehr vielen Fällen 33 % der Eiweisskörper auf das Brod entfallen. Das ist also fast sämtliches vegetabilisches Eiweiss, das man aufzunehmen pflegt. Die Eiweisskörper, welche sich im Brode befinden, kennen wir aus den Untersuchungen von Ritthausen<sup>2)</sup> ziemlich genau, wenn auch eine zuverlässige quantitative Bestimmung dieser verschiedenen Eiweisskörper noch nicht gelungen ist. Die Eiweisskörper des Weizens haben alle einen höheren Stickstoffgehalt als 15,5 % im Mittel = 17,2 %, so dass also die mit Hilfe des Werthes 6,45 aus der Stickstoffzahl berechneten Eiweisswerthe, nicht mit der Wahrheit übereinstimmen, sondern zu gross gefunden werden (+ 10,9 %). Auch beim Roggen trifft es zu, dass die Eiweisskörper reicher an Stickstoff sind, als dem Factor 6,45 entspricht; man erhält als mittleren Stickstoffgehalt der Roggeneiweisskörper 16,3 %, somit werden nach der jetzt geübten Methode die berechneten Eiweissgehalte um 5,1 % zu hoch.

Es wird also für animalische wie für vegetabilische Eiweisskörper ein zu hohes Resultat erhalten.

1) Siehe hierüber C. Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten, 1877 S. 24 ff.; Forster, Zeitschr. f. Biologie Bd. 9 S. 391 ff., und Hoffmann, Die Bedeutung der Fleischnahrung und Fleischconserven, S. 59.

2) H. Ritthausen, Die Eiweisskörper der Getreidearten und Hülsenfrüchte 1872.

Bei dem animalischen Eiweiss berechnet man z. B. beim Muskelfleisch durch Nichtberücksichtigung der Extractivstoffe statt 86,6<sup>1)</sup> trocknes Eiweiss 100 Theile; also zu viel um 15,4 %<sup>2)</sup> bei Weizen- und Roggenmehl, im Mittel zu viel um 7,9 %.

Da die animalischen eiweissartigen Nahrungsmittel, welche ausser dem Muskelfleisch genossen werden, im Durchschnitt etwa die Hälfte des in Form von Muskelfleisch verzehrten Eiweisses betragen, und ausserdem in ihrem Verbrennungswerthe mit ersterem fast völlig übereinkommen, so ist es vollkommen zulässig für das Gemisch von Eiweisskörpern und Extractivstoffen den von mir für Muskelfleisch gewonnenen Verbrennungswerth zu Grunde zu legen. Da 94,5 organische Theile des Muskelfleisches 400,0 Cal. an physiologischen Wärmewerth gaben, so ist für das aus animalischen Nahrungsmitteln berechnete Eiweiss pro 100 Theile organisch 423,3 Cal. zu Grunde zu legen.

Wollte man selbst annehmen, es würde die Hälfte animalischer Eiweisskörper aus Fleisch, die übrige Menge in Form von Milch zugeführt, so hätten wir nur wenig an dem Mittelwerthe zu ändern, denn man erhält:

Mittel für die organischen Theile des Fleisches 4,233

„ „ Casein . . . . . 4,40

gibt im Mittel 4,32 Cal.

Für die Mischung von pflanzlichen Eiweisskörpern, welche in der Regel zur Verwendung kommt, und etwa 53,4 % C und 16,7 % N<sup>3)</sup> enthält, könnte die Verbrennungswärme des Syntonins und Fibrins, welche ähnliche Zusammensetzungen haben, benützt werden.

Denn es wird richtiger sein, den Verbrennungswerth von Eiweissstoffen zu benützen, welche nach ihrer Elementarzusammensetzung mit den hier in Betracht gelangenden einige Aehnlichkeit besitzen,

1) 100 trockner Muskel (fettfrei) enthalten 5,5 % Asche, 94,5 % organische Bestandtheile, 12,68 Extractivstoffe, also 100 Theile organisch = 13,4 Extractivstoffe = 86,6 % Eiweisskörper.

2) Ganz unzulässig ist es, den Eiweissgehalt animalischer Nahrungsmittel aus dem N-Gehalt zu berechnen. Enthalten 100 Theile Fett und aschefreies Fleisch 16,3 % N, so würde man  $16,3 \times 6,45 = 105,1$  Theile Eiweiss berechnen, indes nur 86,6 vorhanden sind, demnach zu viel um 21 %.

3) Aus den Zahlen von Ritthausen von mir berechnet.

als irgend eine Mittelzahl für „pflanzliches Eiweiss“ einzusetzen. Man hätte also 442,4 — 417,9 Cal., im Mittel 430,1 für 100<sup>g</sup> der in Frage kommenden pflanzlichen Eiweissstoffe als Wärmewerth zu wählen.

Es wird, wie oben gezeigt worden ist, die Menge der Eiweissstoffe des Brodes (aus Roggen und Weizen) im Mittel um rund 7,9 % zu hoch berechnet. Wir haben sonach die Wahl entweder alle Bestimmungen des Eiweisses nochmals durchzurechnen und zu corrigiren, was aber unmöglich ist, da theilweise die Originalzahlen nicht zu beschaffen wären, oder wir müssen den für 1<sup>g</sup> vegetabilischen Eiweisses zu 4,301 Cal. berechneten Wärmewerth entsprechend kürzen und statt mit 4,301 mit 3,96 Cal. (4,301 — 0,340) rechnen.

Nach dem Gesagten lässt sich nun leicht ein mittlerer Werth der Verbrennungswärme für jene als Eiweissstoffe angeführten Mischungen von Körpern angeben. Berücksichtigt man die Beteiligung der animalischen und vegetabilischen Eiweisskörper, erstere mit 60 %, letztere mit 40 % des gesammten zugeführten Eiweisses, so erhält man:

$$\begin{array}{r} \text{für animalisches Eiweiss } 60 \times 423,3 = 2540 \\ \text{„ vegetabilisches „ } 40 \times 396 = 1584 \\ \hline \text{Summe} = 4124 \end{array}$$

als Mittelwerth pro 1<sup>g</sup> „Eiweiss“, wie es in den statistischen Zusammenstellungen der menschlichen Kost sich findet (rund 4,1 Cal.)

Wir sind also für das Eiweiss zu einer bei zahlreichen Fällen gemischter Nahrungszufuhr brauchbaren Standardzahl gekommen. Man wird aus den mannigfachen Gründen, welche ich für die Schwierigkeit der Berechnung (sowohl der Berechnung des Eiweisses, als auch für die calorimetrische Auswerthung der gefundenen Zahlen) anführte, wohl ersehen können, wie unzulässig und ungenügend das Verfahren ist, für die unter der Rubrik Eiweiss im Allgemeinen angeführten Werthe, nur eben den Mittelwerth für die Verbrennungswärme des Eiweisses nach Abzug des Harnstoffs zu verwenden.

Einfacher zu übersehen ist die Berechnung des Wärmewerthes des Fettes, und insbesondere ist es den Untersuchungen Stoh-

mann's zu danken, dass ein genauer Einblick in diese Verhältnisse gestattet ist. Unter dem Namen „Fett“ ist manchmal nur das Aetherextract, von Pflanzen z. B., gemeint; allein fast in allen Fällen sind die aus Pflanzen stammenden fettähnlichen Substanzen ihrer Menge nach äusserst gering <sup>1)</sup>.

Im Uebergewicht befinden sich Neutralfette von Thieren, Butterfett, allenfalls auch Olivenöl; für diese drei Stoffe wird angegeben:

Olivenöl (im Mittel	9384 cal	pro 1 <sup>g</sup>	} nach Stohmann.
Thierfett	9372	„ „ „	
Butterfett	9179	„ „ „	
im Mittel	9312		

Von diesem Mittelwerthe weicht die Zahl für Olivenöl und Thierfett nur um 0,06 — 0,07 Cal. ab, das Butterfett um 0,133 Cal. Es werden also durch die Benutzung dieser Mittelzahl für die Berechnung des Fettes Fehler eingeführt, welche wenig über 1 % betragen (im maximalsten Falle); es wurde abgekürzt mit der Zahl 9,3 gerechnet.

Auch die Angaben über den Gehalt an Kohlehydraten sind nur Näherungswerthe. Man verfährt zur Bestimmung derselben in der Regel so, dass der N, die Asche, das Aetherextract direct bestimmt werden, aus dem N-Gehalt berechnet man durch Multiplication mit 6,45 den Eiweissgehalt; was nach Abzug von Asche, Aetherextract und Eiweiss übrig bleibt, wird als „Kohlehydrat“ betrachtet. Es häufen sich sonach alle Fehler dieser Bestimmungsmethoden auf die Kohlehydrate, insbesondere kommt hier der Fehler, der durch die Berechnung des Eiweisses entsteht, in Betracht. In demselben Maasse wie der Werth des Eiweisses für die wichtigsten

1) Von den gebräuchlichsten Vegetabilien enthalten:

Wirsing	5,5 %	Aetherextract	der Trockensubstanz,
gelbe Rüben	1,5 %	„	„
Mais	0,5 %	„	„
Erbsen	1,35 %	„	„
Weizenmehl	1,12 %	„	„
„	0,95 %	„	„
Kleienmehl	2,11 %	„	„

Im Tage wird bei alleiniger Brodkost nur 6,7 — 12,6<sup>g</sup> Aetherextract aufgenommen.

Eiweissstoffe in den aus Weizen und Roggen hergestellten Speisen zu hoch gefunden wurde, sind die Kohlehydrate zu niedrig berechnet worden; aber freilich nicht um 7,9 %, sondern im maximalsten Falle um 2 % (z. B. beim Weizen<sup>1)</sup>).

Da im Allgemeinen etwa 118<sup>g</sup> Eiweiss für einen menschlichen Organismus nöthig sind und 40 % des Eiweisses aus Vegetabilien stammt = 47,2<sup>g</sup>, so würde bei einem Fehler von 7,9 % in der Berechnung des vegetabilischen Eiweisses 3,7<sup>g</sup> Eiweiss zu viel, also 3,7<sup>g</sup> Kohlehydrat zu wenig angenommen worden sein. Indem nun in der Regel an 500<sup>g</sup> Kohlehydrate aufgenommen werden, so wäre statt dieser 503,7 zu setzen; die Differenz beträgt also nur 0,7 %.

Welchen Wärmewerth soll man für die Kategorie „Kohlehydrat“ wählen? Für den Menschen kommen (wenn man von der Cellulose absieht) Traubenzucker, Milchzucker, Rohrzucker und Stärkemehl in Betracht. Den weitaus überwiegenden Theil bildet das Stärkemehl. Die Werthe der Verbrennungswärme für diese Stoffe sind pro 1<sup>g</sup>

Traubenzucker	3692
Milchzucker	3877
Rohrzucker	3959 (4001)
Stärke	4116.

Da die Stärke niemals in absolut trockenem Zustande aufgenommen wird, sondern stets gequollen, so ist ihr Wärmewerth, wegen des Wärmeverlustes bei der Quellung, kleiner als 4116; andererseits aber ist zu beachten, dass wegen der theilweise zu hohen Eiweissberechnung die Stärke, wie überhaupt die Kohlenhydrate, etwas zu niedrig berechnet werden, so dass also der Wärmewerth etwas erhöht werden müsste. Ausserdem bliebe zu beachten, dass die Werthe Stohmann's sämtlich kleiner sind, als die von mir für die gleichen Verbindungen erhaltenen (um 1 %). Man wird demnach die verschiedenen Fehlerquellen abgleichend und die wichtige Rolle des Stärkemehls berücksichtigend pro 1<sup>g</sup> Kohlehydrat 4,1 Cal. setzen können.

1) Würde es sich in Folgendem nur darum handeln, den Gesamtwärmewerth der Kost des Menschen zu berechnen, so würde man die Correction bei den pflanzlichen Eiweisskörpern und bei den Kohlehydraten vernachlässigen können, da sich beide fast ganz abgleichen.

Ich komme also nach Abwägung aller einschlägigen Verhältnisse dazu, für jene Fälle, in denen sogenannte gemischte Kost von den Menschen aufgenommen wird

pro 1 <sup>g</sup> Eiweiss	4,1 Cal.
„ „ Fett	9,3 „
„ „ Kohlehydrat	4,1 „

als Wärmewerthe zu setzen.

Bis jetzt haben wir nur die Fehlerquellen berücksichtigt, welche bei Feststellung der menschlichen Kost in der Methodik der Analyse lagen, es wäre aber auch mancher anderen zu gedenken. Wenn wir zunächst von jenen Fällen absehen, in welchen es fraglich bleibt, ob die aus den Rohmaterialien berechnete Speisemenge wirklich aufgenommen wurde, so wäre zunächst Folgendes zu beachten.

Wenn Feststellungen über den Bedarf des Menschen an Nahrungstoffen gemacht werden, so muss immer vorausgesetzt werden können, dass das untersuchte Individuum mit den Stoffen zur Erhaltung seines Körperbestandes wirklich ausreichte; es darf ebensowenig zu viel an Nahrungstoffen zugeführt werden (Ansatz und überschüssige Verbrennung), noch auch zu wenig, wobei dann Stoffe vom Körper abgegeben würden (partielle Inanition).

Es fehlt an genaueren Angaben über die Körpergrösse, ob sich die Versuche auf Sommer oder Winter erstreckten, die Art der Bekleidung, der Aufenthaltsort des Individuums (ob geschlossener Raum oder in freier Luft).

Ein weiterer Grund der Unsicherheit liegt darin, dass für fast alle Fälle nicht bekannt ist, wie viel von den eingeführten Stoffen verdaut worden ist und wie viel nicht; wie nachgewiesen wurde, ist aber die Ausnützung für die einzelnen Nahrungstoffe in höchstem Grade ungleich<sup>1)</sup> und im Ganzen, je nach der Composition der Kost, wechselnd. Diesen hierdurch bedingten Fehlern gegenüber verschwinden die etwa bei Berechnung von „Eiweiss, Fett und Kohlehydraten“ gemachten.

1) Rubner, Ueber die Ausnützung einiger Nahrungsmittel, Zeitschr. f. Biologie Bd. 15 S. 115 ff. und über die Ausnützung der Erbsen ebenda Bd. 16 S. 119; über den Werth der Weizenkleie etc. Bd. 19 S. 45.

Alles zusammengenommen besitzen wir aber doch von einer Reihe vorzüglicher Beobachter Angaben über die Verhältnisse der Lebensweise der Menschen unter verschiedenen Umständen, aus denen sich eine Reihe wichtiger Schlussfolgerungen ziehen lassen.

a) Der Kraftwechsel Erwachsener.

Man war lange Zeit bemüht, ein mittleres Kostmaass für den Menschen aufzustellen. Es sind von verschiedenen Autoren hierüber Angaben gemacht worden.

Ich habe nach den besten Angaben folgende Werthe für den Kraftwechsel der (männlichen) Erwachsenen mittlerer Arbeit angeführt. Man bezieht auf dieses Kostmaass einen Menschen von 67<sup>kg</sup> Körpergewicht, bei leichter etwa achtstündiger Arbeit.

Tabelle Nr. VII.

	Ei- weiss in Gramm	Fett in Gramm	Kohle- hydra- te in Gramm	Cal. aus Ei- weiss	Cal. aus Fett	Cal. aus Kohle- hydr.	Summe	Beobachter
Erwachsener	119	51	530	488	474	2170	3133	Playfair
Mann bei mitt- lerer Kost	130	40	550	533	372	2255	3159	Moleschott
Mann bei mitt- lerer Kost	120	35	540	492	325	2214	3031	Wolff
Soldat, leicht- er Dienst	117	35	447	480	325	1832	2638	Hildesheim
Mittlerer Arbeiter	118	56	500	484	521	2050	3055	Voit

Es ist sehr erfreulich zu sehen, dass die einzelnen Beobachter, trotz der Schwierigkeit der Aufgabe, fast die nämlichen Angaben machen. Abgesehen von den Werthen Hildesheim's, für einen Soldaten bei leichtem Dienst, stimmen Playfairs, Moleschott, Wolff und Voit fast absolut überein, wenn auch die Werthe für die einzelnen Nahrungsstoffe keineswegs dieselben sind. Die geringen Differenzen, welche sich vorfinden, können auf die mannigfachsten Gründe: auf verschiedenes Körpergewicht, verschiedene Arbeitsleistung, verschiedene Ausnützung der verabreichten Kost zurückgeführt werden.

Man erhält mit Ausschluss der Angabe von Hildesheim:

$$\left. \begin{array}{l} 3133 \\ 3159 \\ 3031 \\ 3055 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 3094 \text{ Cal. pro 24 Stunden.}$$

Dem Mittelwerth kommt die Voit'sche Zahl am nächsten. Die hier erhaltenen Werthe sind nur die Bruttowärme; es ist dabei nicht in Rechnung gezogen, dass ein Theil der Nahrungsstoffe unabsorbirt den Körper verlässt. Ich habe diesen Verlust bei gemischter Kost zu 8,11% der Bruttowärme bestimmt<sup>1)</sup>; man hat demnach 251 Cal. abzuziehen, so dass verbleiben

$$\begin{array}{r} 3094 \\ - 251 \\ \hline \end{array}$$

2843 Cal. als Kraftverbrauch

der mittleren Arbeit in 24 Stunden.

Der Wärmewerth der Zufuhr des normalen Menschen ist mannigfach berechnet worden; da aber einerseits die Methodik der Berechnung keine einwandfreie war, andererseits aber die Zahlen von Frankland und Danilewsky nur Annäherungswerthe darstellten, so kann man füglich die Anführung älterer Angaben unterlassen. Für die Angaben Playfair's berechnet Danilewsky (ohne Abzug der Verbrennungswärme des Kothes) 3477500 cal.; meine Rechnung ergibt 3133 und für die gleichen Werthe Moleschott's findet er 3511000, nach meinen Untersuchungen 3159; die Zahlen Danilewsky's sind also in diesem Falle zu hoch um ca. 12%.

Der Kraftverbrauch, welchen wir soeben für den Menschen ermittelten, gilt für unser Klima, für mässige (9 — 10stündige<sup>2)</sup> Arbeit und ein Körpergewicht von 67<sup>kg</sup>. Pro 1<sup>kg</sup> erhält man als Wärmeproduction

$$42,41 \text{ Cal.}^3$$

Die Oberfläche eines Mannes von 67<sup>kg</sup> Gewicht nehme ich zu 20305<sup>cm<sup>2</sup></sup>) an, so dass auf 1<sup>cm<sup>2</sup></sup> Oberfläche 1399 Cal. pro 24 Stunden geliefert wird<sup>4)</sup>.

1) S. unten S. 384.

2) Vgl. Voit in Hermann's Lehrb. S. 525.

3) Ueber den Einfluss der Körpergrösse etc. Zeitschr. f. Biologie Bd. 19 S. 548.

4) Bei Hunger (vgl. oben S. 369) werden 1134 Cal. pro 1<sup>cm<sup>2</sup></sup> Oberfläche entwickelt; für den Hund fand ich (a. a. O. S. 552) 1112 Cal. (in liegender Stellung). Es scheint demnach, dass der Mensch durch Bekleidung seinen Wärmeverlust ebenso weit hindert, als er durch Nichtbehaarung seiner Haut an Schutz einbüsst.



Damit ist aber nicht etwa gemeint, dass in diesem Falle die Oberflächenentwicklung die allein maassgebende Ursache für die Grösse des Kraftconsums ist; hier, wie auch in den weiteren Fällen, kommt die Arbeitsleistung als ein wesentlicher Factor mit in Betracht, wie sich später zeigen wird.

Desgleichen kann hervorgehoben werden, dass nicht etwa die Summe der für den Tag angegebenen Wärme gerade die Haut durchsetzt, wenn wir gleich von jenem Theil der Wärme absehen wollen, welche in Form von Arbeit verausgabt worden ist. Für die Ausscheidungsart der bei der Zersetzung frei werdenden Energie hat Vierordt<sup>1)</sup> angegeben:

für die Erwärmung der festen und flüssigen Ausscheidungen 1,8 %  
 für die Erwärmung der Athemluft . . . . . 3,5 %  
 für Wasserverdunstung in der Lunge . . . . . 7,2 %

Summe 12,5 %

der Rest trifft auf Strahlung und Leitung.

Die statistischen Erhebungen über die menschliche Kost sind noch nach vielfachen Richtungen ausgedehnt worden. Man hat namentlich zu eruiren gesucht, in welchem Grade die verschiedenen Lebensumstände, vor allem die Verschiedenheit des Berufs (die Arbeitsleistung) das Bedürfniss nach Kraftzufuhr zu ändern im Stande sind. Es sind aber keineswegs alle diesbezüglichen Angaben von gleicher Bedeutung. Ich habe die von den zuverlässigsten Autoren angeführten Zahlen zu folgender Tabelle verwerthet. Die Versuchspersonen befanden sich sämmtlich bei gemischter Kost; nur in einigen Fällen ist das oben angegebene Verhältniss der Vertheilung des Eiweisses auf Animalien und Vegetabilien nicht eingehalten.

(Tabelle Nr. VIII siehe S. 381.)

Die niedrigste Zahl des Wärmewerthes trifft auf eine Angabe von Playfair. Es ist mir sehr fraglich, ob es sich dabei wirklich um die Beobachtung eines ausgewachsenen Individuums gehandelt habe und ob dasselbe sich wirklich auf seinem Bestand erhielt. Denn da man füglich bei der Zahl 1752 noch einen gewissen Abzug für die Kothbestandtheile zu machen hätte, so hinterbliebe so

1) Grundriss d. Phys. (2. Aufl.) S. 213.

Tabelle Nr. VIII.

Charakteristik	Ei-weissin Gramm	Fett in Gramm	Kohlehydr.in Gramm	Cal. aus Ei-weiss	Cal. aus Fett	Cal. aus Kohlehydr.	Summe	Beobachter
Minimalbedarf	57	14	340	233	130	1394	1752	Playfair
Arbeiter ruhend	71	28	340	291	260	1394	1945	Playfair
Arbeiter ruhend	137	72	352	562	670	1443	2675	Voit
Arzt	134	102	292	549	949	1197	2695	Forster
Arzt	127	89	262	520	828	1484	2332	Forster
Hausmeister	116	68	345	476	632	1414	2522	Forster
Dienstmann	133	95	422	545	883	1730	3158	Forster
Schreiner	131	68	494	537	632	2025	3194	Forster
Arbeiter	137	173	352	562	1609	1443	3614	Voit
Starke Arbeit	156	71	567	640	660	2325	3625	Playfair
Angestrenzte Arbeit	184	71	567	754	666	2325	3739	Playfair

wenig an Wärmewerth, dass ein wirklich ausgewachsenes Individuum nicht einmal seinen Hungerbedarf (2300 Cal.) bestreiten könnte.

Auch der zweite Werth Playfair's ist ein sehr niedriger und kann unmöglich einem kräftigen Organismus zukommen. Im Uebrigen aber handelt es sich um Werthe, welche zweifellos kräftigen, normalen Individuen entlehnt sind. Die Zahlen lassen sich ungewungen in drei Arbeitskategorien zusammenfassen.

(Tabelle Nr. IX siehe S. 382.)

Zur ersten Kategorie gehören Berufsarten, welche ihren Erwerb nicht nach der Grösse der materiellen Arbeitsleistung zu bemessen pflegen, und im Wesentlichen Arbeit nur insoferne, als

Tabelle Nr. IX.

Bezeichnung	Wärme- production Brutto in 24 Stunden	Wärme- production nach Abzug der Verbren- nungswärme des Kothes	Die Wärme- production des Hungers = 100	Bemerkung
Hungerzustand	2303	2303	100	Ruhend im Respi- rationsapparate
Arbeits- kategorie I	2631	2445	105	Arzt, Mechaniker, Hausverwalter
Arbeits- kategorie II	3121 <sup>1)</sup>	2868 <sup>2)</sup>	125	Dienstmann, Schreiner
Arbeits- kategorie III	3659	3362 <sup>3)</sup>	146	Raddreher etc.

sie zur Locomotion nöthig ist, zu leisten haben. Ihr mittlerer Kraftconsum ist 2445 Cal., also nur wenig mehr als bei Hunger.

Zur zweiten Kategorie zählen Personen mässiger Arbeitsleistung, zu welcher aber nicht nur die unteren Extremitäten benützt werden, sondern auch die Muskulatur der oberen Extremitäten. Der mittlere Kraftconsum beträgt etwa ein Fünftel mehr als bei den Personen der ersten Kategorie, 2868 Cal. Berechnet man für diese Leute als tägliche Arbeitsleistung, wie es zulässig ist<sup>4)</sup>, 201,600 kgm, so sind diese auf Wärmemaass berechnet = 474 Cal. Das ist also der wirkliche Nutzeffect des Arbeiters. Da nun nach Danilewsky bis zu 50% der Kräfte im allergünstigsten Fall in Arbeit umgesetzt werden kann, dies aber nicht die Regel bildet, so kann man vielleicht einen mittleren Nutzeffect von einem Viertel anzunehmen berechtigt sein. Wenn nun 474 Cal. entsprechend an Arbeit gewonnen wird, so dürfte das

1) Mittel aus allen Bestimmungen vgl. oben S. 379.

2) 3121  
— 253  
= 2868

3) 3659  
— 297  
= 3362

4) Vierordt, Lehrb. der Physiol. S. 79.

Vierfache an Spannkraft zu diesem Zwecke umgesetzt worden sein; das wäre = 1896 Cal. Der Gesamtumsatz war = 2864 Cal., es verbleibt sonach

$$\begin{array}{r} 2864 \\ - 1896 \\ \hline 968 \text{ Cal.} \end{array}$$

welche nicht zur Arbeitsleistung benöthigt waren. Das Kraftmaass eines kräftigen Mannes beträgt für den Hungerzustand 2303 Cal., d. h. nach Abzug der für die Arbeit benöthigten Kräfte bleibt nicht einmal die Hälfte des Kraftumsatzes eines Hungernden über. Der Hungernde besitzt den lebhaften Kraftwechsel, um den abkühlenden Momenten gerecht zu werden (ebenso der Ruhende), geht man aber zur Arbeit über, so fällt ein grosser Theil jener Zersetzung, welche unterhalten wird, um die Abkühlung zu bestreiten, weg, indem die bei der Arbeit producirte Wärme dem Wärmeverluste des Körpers decken hilft.

Zur dritten Kategorie gehören Arbeiter mit einem täglichen Kraftmaass von 3362 Cal.; hierher zählen Arbeiter, deren Körper als Kraftmaschine zur Verwendung gelangt. Der Wärmezuwachs gegenüber der Kategorie II beträgt 494 Cal. Die Arbeiter Pettenkofer's und Voit's arbeiteten 9 Stunden hindurch an der Kurbel eines Rades mit bedeutendem Widerstande und brachten 7500 Umdrehungen im Tag zu Stande. Nimmt man an, dass die bei der vorigen Arbeitskategorie gemachte Berechnung auch auf diesen Fall zutrefte — was behufs einer Schätzung zulässig sein wird — so kämen etwa als Kraftconsum, der nicht gerade durch die zur Arbeit nöthigen Umsetzungen gedeckt werden muss, 968 Cal. in Betracht, es verbleiben für Arbeit

$$\begin{array}{r} 3362 \\ - 968 \\ \hline 2394 \text{ Cal.} \end{array}$$

Wenn ein Viertel davon als wirklicher Nutzeffect erhalten werden kann (vielleicht ist aber die ausnutzbare Kraft grösser), so verbleiben 600 Cal., die einem Arbeitswerth von 255000 kgm für den Tag entsprechen. Für die zweite Kategorie hatten wir 201600 kgm angenommen,

so dass die Mehrung nahezu an 26 % ausmacht. Die Vermehrung des Stoffumsatzes ist weit geringer (= 17%). Es wäre ausserdem noch zu vermuthen, dass die angestrengtesten Arbeiter höchst wahrscheinlich mit einem grösseren Nutzeffecte als 25 % arbeiten werden.

Wie man aus der Vergleichung der Wärmewerthe des hungernden Menschen und des Arbeiters der ersten Kategorie entnehmen kann, steigert mässige Bewegung den Kraftumsatz nur unbedeutend<sup>1)</sup>.

Die Menschen können unter Umständen noch weit mehr Spannkraft in andere Kräfteformen überführen, so z. B. hat man bei Bergleuten, landwirthschaftlichen Arbeitern, Forstarbeitern, wenigstens zu gewissen Zeiten, wenn Arbeit sich besonders häuft, noch grösseren Consum von Nahrungsstoffen constatirt, als selbst die bis jetzt angeführten extremsten Fälle zeigen. Allein gerade hier tritt es uns häufig entgegen, dass die Verköstigung durchaus keine rationelle ist. Wenn man die Fälle, in welchen zweifellos eine sehr unzweckmässige Ernährung stattfand und offenbar eine Verschwendung von Nahrungsstoffen eingetreten ist, von der Betrachtung ausschliesst, so verbleiben noch die Angaben, welche von Steinheil, H. Ranke, Liebig, Ohlmüller gemacht worden sind. Ich gebe hier zunächst die Werthe mit Hilfe der früher aufgestellten Standardzahlen; allein man kann gegen diese Art der Berechnung einen Einwand erheben.

(Tabelle Nr. X siehe S. 385.)

Die Bergleute Steinheil's lebten hauptsächlich von Vegetabilien, die Ziegelerbeiter verzehrten Mais und Käse, die Bauern- und Holzknechte Mehl und Schmalz und die türkischen Bauernknechte, welche Ohlmüller beobachtete, Mais und Bohnen. Die früher aufgestellten Standardzahlen sind hier nicht überall anzuwenden, so ist namentlich zu beachten, dass die verzehrten Eiweisskörper ganz verschiedener Natur, zumeist vegetabilischen Ursprungs

1) Bei einem Arzte ist bei gemischter Kost während 4 Tagen pro Tag 43,6<sup>g</sup> bei 100° trockner Koth entleert worden. Die Bestimmung der Verbrennungswärme ergab pro 1<sup>g</sup>:

4950 cal.,

so dass also für den Tag rund 216 Cal. von der Bruttowärme abzuziehen sind.

Tabelle Nr. X.

Charakteristik	Eiweiss in Gramm	Fett in Gramm	Kohlehydr. in Gramm	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Cal. aus Kohlehydr.	Summe	Beobachter
Bergleute	133	113	634	545	1051	2600	4196	Steinheil
Ziegelerbeiter (italienische)	167	117*	675	685	1076	2767	4528	Ranke
Bauernknecht	143	108*	788	586	994	3231	4811	Ranke
Türkischer Bauernknecht	182	93*	968	746	856	3969	5571	Ohlmüller
Holzknechte	112	309*	691	459	1843	2833	6135	Liebig
Holzknechte	135	208*	876	553	1893	3592	6038	Liebig

\* In diesen Fällen ist Butterfett verzehrt worden; daher 1<sup>g</sup> Fett mit 9,2 Cal. berechnet wurde.

sind. Von Fetten kömmt nur Maisfett und Schmalz wesentlich in Betracht. Für das Schmalz kann man nach Stohmann 9,2 Cal. pro 1<sup>g</sup> annehmen; das Maisfett steht seiner elementaren Zusammensetzung nach dem Butterschmalz nahe<sup>1)</sup>, weshalb auch die für letzteres verwendete Verbrennungswärme beibehalten wurde. Gegen die Standardzahl für Kohlehydrate besteht kein Bedenken. Das gewichtigste Bedenken gegen die Berechnung der Wärmewerthe liegt darin, dass bei einer ganz ausschliesslichen Pflanzenkost, die Ausnutzung als ein ganz wesentlicher Factor in Betracht gezogen werden muss. Nicht für alle Fälle ist dies möglich; ich werde aber für zwei Fälle nemlich den von H. Ranke und Ohlmüller mitgetheilten Angaben, die Berechnung nach völlig einwandfreier Methode durchführen.

Die italienischen Ziegelerbeiter Ranke's verzehrten 1000<sup>g</sup> Mais und 178<sup>g</sup> Käse; der Mais ist so überwiegend, die Ausnutzung des Käses so vorzüglich, dass nur auf ersteren Rücksicht zu nehmen

1) Siehe König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel Bd. 2 S. 247. Zeitschrift für Biologie Bd. XXI. N. F. III.

ist. Nach meinen Versuchen<sup>1)</sup> werden bei 1000 g Maiskost, 67 g Koth entleert und dieser enthält 4,6 % N, 17,3 % Fett, 16,3 % Asche, woraus ein Verlust von:

20,0 Eiweiss, 11,6 Fett und 24,5 Kohlehydraten

zu berechnen ist.

Die Einnahme beträgt	167 Eiweiss,	117 Fett,	675 Kohlehydrate
die Ausgabe	— 20 „	12 „	24 „
also resorbirt	147 Eiweiss,	105 Fett,	652 Kohlehydrate.

Das Maisfibrin<sup>2)</sup> enthält 15,5 % N; die Berechnung der Eiweisskörper aus dem Stickstoffgehalt und die directe Bestimmung müssten also die gleichen Zahlen geben. Wir haben demnach pro 1 g Eiweiss den Werth 4,3 Cal. zu Grunde zu legen; für das Fett wird die Zahl 9,2 benützt.

Man hat im Ganzen also Wärme aus

Eiweiss	632
Fett	966
Kohlehydraten	2669
Summe	4267 Cal.

Mit Zugrundelegung der sonst benützten Berechnungsart erhalte ich: 4528 Cal., und nach Abzug von 8,11 % für den Koth (367 Cal.) ergibt sich 4161 Cal., d. h. der wahre Werth ist um 2,5 % höher.

In einem zweiten Falle ergibt sich: die türkischen Bauernknechte verzehrten

	182 Eiweiss,	93 Fett,	968 Kohlehydrate
für die Ausnützung geht ab <sup>3)</sup>	29 „	17 „	32 „
also resorbirt	153 Eiweiss,	76 Fett,	936 Kohlehydrate.

Da auch hier fast nur Mais (1304 g) neben geringen Mengen von Fisolen (154 g) genossen wurden, können die für den vorigen Fall benützten Wärmewerthe wieder zur Anwendung kommen.

1) Ueber die Ausnützung etc. Bd. 15 S. 140.

2) Nach Ritthausen a. a. O.

3) Ohlmüller, Zeitschr. f. Biologie Bd. 20 S. 394.

Man hat dann: Wärme aus Eiweiss	658 Cal.
„ Fett	699 „
„ Kohlehydraten	3888 „
Summe	5245 Cal.

In der früheren Berechnung waren 5571 Cal. Bruttowerth erhalten worden, also abzüglich von 452 Cal. für den Koth bleiben 5119 Cal. Die beiden Methoden der Berechnung stimmen in diesen Fällen auf 2,4 % mit einander überein. Wir können aus diesem, wie ich glaube, schliessen, dass auch für andere Fälle die erste Berechnungsart zulässig sein muss.

Nur bezüglich der beiden von Liebig mitgetheilten Fälle möchte ich noch eine Bemerkung anknüpfen; es dürfte im Allgemeinen wohl wünschenswerth erscheinen, wenn sie durch andere Beobachtungen ergänzt oder bestätigt wurden. Man hat bei Betrachtung dieser ausserordentlich hohen Zahlen<sup>1)</sup> auch den Eindruck, dass die Grenzen der Resorption schon fast erreicht sind. Ueber 300 g Fett zu erreichen, wie in dem einen Fall geschieht, muss man nach meinen Versuchen<sup>2)</sup> für irrational halten; bei einer diesen Werth wenig übersteigenden Menge wurden 13 % im Koth verloren. Auch dürfte die Annahme, dass das in Form von Amylaceen bei diesen Leuten zugeführte Nahrungsmaterial zu den schwerer ausnützbaren gehöre, nicht von der Hand zu weisen sein, da es sich um Zufuhr von Gebäcken aus den auf dem Lande üblichen Mehlen, welche viel Excréménte liefern, handelte.

Es wird demnach der Kraftconsum vielleicht kleiner sein, als wir nach Liebig's Angaben berechneten; doch kann man eine Grenze angeben innerhalb deren der richtige Werth liegen muss. Da in meinen Versuchen bei Schwarzbrot 15 %, bei maximaler Fettfütterung beim Menschen 13 % verloren wurden, so kann etwa in maximo der von mir berechnete Kraftwerth um 5 % zu hoch sein (da ja schon angenommen wurde, dass 8,11 % mit dem Koth zu Verluste gehen). Es bleibt, selbst wenn wir hierfür noch einen

1) Das Mittel beider Versuche gibt 6086 Cal. Bruttowärme — 493 Cal. = 5593 Cal.

2) Vgl. Zeitschr. für Biologie Bd. 15 S. 176.

Abzug machen, noch ein beträchtliches Kraftmaass, nämlich 5360 Cal. Dies befähigt zu einer ganz abnormen Arbeitsleistung<sup>1)</sup>. Nun darf man freilich nicht vergessen — und dies gilt nicht allein für die Liebig'schen Beobachtungen, sondern auch für die Ranke's, Steinheil's etc. —, dass zu dieser Kategorie von Arbeit keineswegs Menschen von dem mittleren Gewicht von 67 Kilo tauglich sind; es wird vielmehr das Durchschnittsgewicht weit höher sein. Allein selbst wenn man den Liebig'schen reducirten Zahlen ein Körpergewicht von 80 Kilo zu Grunde legt, trifft immerhin pro Kilo und 24 Stunden 67 Cal., indes aber für das Körpergewicht von 67 Kilo bei angestrenzter Arbeit nur 50,1 Cal. pro Kilo und 24 Stunden sich fanden. Die Liebig'schen Zahlen stellen sonach den maximalsten Kraftconsum dar. Legt man die übrigen Werthe zu einem Mittel zusammen, so erhält man 5213 Cal. und nach Abzug der Verbrennungswärme des Kothes (423 Cal.):

4790 Cal.

b) Erwachsene im Alter.

Durch das Alter treten eine grosse Anzahl von Veränderungen in den Organismen ein; diese drücken sich selbstverständlich auch in einer Verschiedenheit der Stoffzufuhr aus. Forster<sup>2)</sup> hat in zwei Anstalten, in welchen alte Leute in Pfründe lebten, Bestimmungen ausgeführt. Es ist uns aber nicht bekannt, wie viel alte Männer verzehrten, weil in den eben genannten Anstalten einerseits nur Weiber, andererseits aber Männer und Weiber zusammen gepflegt wurden.

(Tabelle Nr. XI siehe S. 389.)

Da im Mittel ein kräftiger Erwachsener pro 24 Stunden 2303 Cal.<sup>3)</sup> im Hungerzustande verbraucht, so könnte man meinen,

1) Da die Beobachtungen Liebig's für den in unseren Alpen strengen Winter gelten und da sich diese Arbeiter ja andauernd im Freien befinden, so kommen neben der Arbeitsleistung jedenfalls die abnormen klimatischen Verhältnisse mit in Betracht.

2) Vgl. Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten von C. Voit S. 186 ff.

3) Vgl. oben S. 369.

Tabelle Nr. XI.

Charakterisirung	Ei- weissin Gramm	Fett in Gramm	Kohle- hydrin Gramm	Cal. aus Ei- weiss	Cal. aus Fett	Cal. aus Kohle- hydraten	Summe der Cal.
Anstalt von Pfründne- rinnen	79	49	266	324	456	1091	1871
Anstalt von Pfründnern und Pfründnerinnen	91,5	45,2	331,6	375	418	1359	2152

der Kraftverbrauch alter Leute sei ganz abnorm eingeschränkt; dies um so mehr, als bei den aufgeführten Werthen ja noch Abzüge für den Koth gemacht werden müssen, wobei man dann nur 1719 resp. 1978 Cal.<sup>1)</sup> erhält. Man muss aber zuvörderst erwägen, dass es sich hier um Beobachtungen an Frauen, sowie an Frauen und Männern zusammengenommen handelt, also Körpergewichte vorliegen, welche sehr weit von dem Mittelmaass von 67<sup>kg</sup> abweichen. Dieses Missverhältniss im Körpergewicht wird dadurch noch vergrössert, dass im Alter überhaupt das Körpergewicht abnimmt. Aus den Zahlen von Quetelet berechne ich als Mittelwerth für Frauen von 60 bis 80 Jahren 51,83<sup>kg</sup> und für Männer und Frauen zusammen 55,86<sup>kg</sup>.

Wenn Organismen verschiedener Körpergrössen mit einander in ihrem Kraftverbrauch verglichen werden sollen, genügt es nicht die Werthe für ein Kilo zu berechnen. Man muss, wie ich dargethan habe, die relative Entwicklung der Körperoberfläche als Factor mit in Betracht ziehen. Mit Zugrundelegung der Constante 12,31<sup>2)</sup> berechnet sich nun für die Weiber 17113<sup>qcm</sup> Oberfläche und für Männer und Weiber zusammengenommen im Mittel 17988<sup>qcm</sup> Oberfläche; es werden demnach in 24 Stunden an Wärme für 1<sup>qcm</sup> Oberfläche geliefert:

Bei den Weibern 1004 Cal.

Bei Männern und Weibern 1099 Cal.

Der Werth für Männer und Weiber zusammengenommen, ist höher als der für die Weiber allein, woraus zu schliessen ist, dass

1) 1855 — 152, 2152 — 174.

2) Es ist noch nicht bestimmt erwiesen, dass dieser Werth für Weiber gilt. Doch können keine wesentlichen Differenzen vorhanden sein.

die alten Männer im Allgemeinen einen etwas lebhafteren Kraftconsum besitzen wie die Weiber.

Da im Hungerzustand ein kräftiger Mann pro 1<sup>qm</sup> Oberfläche 1134 Cal. producirt, so bleiben die Weiber mit 1004 Cal. unter dieser Zahl. Es kann der Unterschied wahrscheinlich auf die Lebensgewohnheiten eines kräftigen Mannes und einer alten Frau zurückgeführt werden.

Unter der Annahme, es haben sich unter den von Forster untersuchten Personen ebenso viele Männer wie Weiber befunden, erhält man für einen alten Mann als Wärmewerth pro 1<sup>qm</sup> Oberfläche

1194 Cal.,

also einen Werth, der fast vollkommen mit dem eines kräftigen hungernden Mannes zusammenfällt. Er ist kleiner als der Werth, welchen man für einen mittleren Arbeiter berechnen kann; aber es leisten eben derartige Personen keine Arbeit, ausser jener, welche zur Fortbewegung ihres Körpers nöthig ist. Der Vergleich würde vielleicht am richtigsten mit dem ruhenden Arbeiter angestellt. Für diesen finde ich pro 1<sup>qm</sup> Oberfläche 1189 Cal., was mit obigem Werthe von 1194 Cal. vollkommen übereinstimmt.

### c) Der Kraftwechsel im jugendlichen Alter.

Ein grosses Interesse bietet die Betrachtung des Kraftwechsels eines wachsenden Organismus. Wie bekannt kann man zwischen einer anfänglichen Periode des raschen Wachstums und einer späteren allmählich erfolgenden unterscheiden. Erstere reicht nur wenig über das erste Jahr hinaus. In den beiden Wachstumsperioden sind ausserdem die Lebensbedingungen und die Lebensäusserungen der Individuen recht verschieden. Im ersten Jahre befinden sich die Kinder fast durchgehends in warmer Umgebung; man hält die abkühlenden Einflüsse möglichst fern, auch die Kost führt, in der Regel wenigstens, nur Milch zu. Um diese Zeit sind auch die Muskelbewegungen der Kinder nur wenig intensiv und wegen des Unvermögens eigener Locomotion ruhen manche Muskelgruppen so zu sagen völlig.

Die Bedingungen gestalten sich aber wesentlich anders, wenn mit steigender Entwicklung das Gehen erlernt wird. Es wird dann auch der Bann der Kinderstube durchbrochen und Leibesübungen und frische Luft wird jedem normal heranwachsenden Kinde geboten.

Diese verschiedenen Lebensbedingungen spiegeln sich auch im Kraftverbrauche wieder, wie wir sehen werden.

Betrachten wir zunächst das Kraftmaass des Säuglings.

Cammerer<sup>1)</sup> hat für ein Mädchen den Stoffverbrauch während des ersten Jahres festgestellt. Forster<sup>2)</sup> gibt die Kost eines einmonatlichen Knaben an; legt man letztere Angabe mit den von Cammerer für die 30 — 33 Lebenstage angeführten Werthe zusammen, so erhält man:

Mittleres Gewicht 4,03<sup>kg</sup>, Eiweissverbrauch 18<sup>g</sup>, Fettverbrauch 24,3<sup>g</sup>, Kohlehydrate 30,6<sup>g</sup>. Die entsprechende Wärmewerthe sind mit Berücksichtigung, dass in diesen Fällen nur Milch verzehrt wurde

79,2 Cal. aus Eiweiss <sup>3)</sup>
223,5 „ „ Fett <sup>3)</sup>
119,3 „ „ Milchzucker <sup>3)</sup>

Summe 422,0 Cal.

Wenn bei Milchkost etwa 5,4%<sup>4)</sup> der organischen Substanz mit dem Kothe abgeht, so sind in unserem Falle rund 23 Cal. von der Bruttowärme abzuziehen, so dass dann 399 Cal. verbleiben. Das ist aber keineswegs die wirkliche zur Wärmebildung (im weitesten Sinne) verbrauchte Kraftsumme. Denn um diese Zeit — im ersten Lebensmonat — wird reichlich mehr an Kost zugeführt als verbrannt wird, weil das Kind rasch wächst. Es findet Cammerer<sup>5)</sup> pro 1<sup>kg</sup> Körpergewicht eine tägliche Gewichtszunahme von 7,7<sup>g</sup>, woraus für unsern Fall 31,03<sup>g</sup> tägliche Gewichtszunahme treffen. Letztere besteht aus Knochen, Fett und

1) Zeitschr. f. Biologie Bd. 14 S. 388.

2) Handbuch der Ernährungslehre S. 127.

3) 1<sup>g</sup> Casein liefert 4,4 Cal.

1<sup>g</sup> Butterfett „ 9,2 Cal.

4<sup>g</sup> Milchzucker „ 3,9 Cal.

4) Zeitschr. f. Biologie Bd. 15 S. 134.

5) a. a. O. S. 389.

eiweissartige Organsubstanz. Nimmt man nun an, es sei Zellmaterial hinterblieben, das dem Muskel ähnlich zusammengesetzt ist, so wird man nur wenig irren und zwar wird man die Summe der Spannkraft, welche an den Körper angelagert wird, etwas unterschätzen. Bei rund 25 % Trockensubstanz der angesetzten Stoffe und 4,0 Cal. pro 1<sup>g</sup> dieser Trockensubstanz entsprechen 31,03<sup>g</sup> Ansatz = 31,0 Cal. Diese sind sonach von der täglichen Kraftzufuhr noch abzuziehen, so dass man hat:

$$\begin{array}{r} 399 \\ 31 \\ \hline 368 \text{ Cal.} \end{array}$$

Abgesehen von dem Kraftwechsel der ersten Lebenstage, ist dieses also das niedrigste Maass des menschlichen Kraftwechsels. Die Grenzen des letzteren schwanken zwischen 368 Cal. und 5593 Cal. pro 24 Stunden.

Für Kinder, welche das Säuglingsalter überschritten haben, stehen Beobachtungen von Cammerer<sup>1)</sup>, Uffelman<sup>2)</sup>, Hasse<sup>3)</sup> zur Verfügung. Da die Beobachtungen an Kindern zweifellos mit grösseren Schwierigkeiten behaftet sind, so habe ich die Werthe, welche die drei genannten Autoren gegeben haben, zusammengelegt, aber nicht etwa, indem die gleichaltrigen Kinder zusammengenommen wurden, sondern die gleichgewichtigen ohne Rücksicht auf das Alter. Es lassen sich, wenn man die im Gewichte zunächst stehenden in eine Gruppe bringt, deren fünf bilden. Die Kinder sind durchweg bei gemischter Kost gehalten worden, demnach können hier wiederum die schon früher verwendeten Standardzahlen benützt werden. Die Werthe, welche man so erhält, sind nachstehende

(Tabelle Nr. XII siehe S. 393.)

Der Kraftwechsel der Kinder steigt allmählich an in Folge des Körperwachstums. Die Art des Ansteigens ist keine gleichmässige, direct vom Körpergewicht abhängig. Gleicht man nämlich den Einfluss der Verschiedenheit des Körpergewichtes ab, so erkennt man,

1) Zeitschr. f. Biologie Bd. 14 S. 383 ebenda Bd. 16 S. 24.

2) Handbuch der privaten und öffentlichen Hygiene des Kindes (1881).

3) Zeitschr. f. Biologie Bd. 9 S. 553.

Tabelle Nr. XII.

Körpergewicht der Kinder	Eiweiss in Gramm	Fett in Gramm	Kohlehydrat in Gramm	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Cal. aus Kohlehydraten	Summe der Cal.	Cal. nach Abzug des Kothes
11,8	44,7	35,6	131	183	331	537	1051	966
16,4	57,4	44,0	165	235	409	676	1320	1213
23,7	62	43	215	254	400	881	1535	1411
30,9	76	71	236	313	660	968	1941	1784
40,4	86	89	271	353	828	1111	2292	2106

dass die Kinder einen relativ höheren Kraftwechsel besitzen als Erwachsene und zwar mit Abnahme des absoluten Gewichtes nimmt die relative Grösse der Verbrennung zu. Ich setze den Zahlen noch bei die Grösse des relativen Kraftconsums eines Erwachsenen bei mittlerer Arbeit:

Ein Mensch von 4 <sup>kg</sup> Körpergew. <sup>1)</sup>	produc. in 24 Std. an Cal.	91,3
" " " 12 <sup>kg</sup>	" " " 24 " " "	81,5
" " " 16 <sup>kg</sup>	" " " 24 " " "	73,9
" " " 24 <sup>kg</sup>	" " " 24 " " "	59,5
" " " 31 <sup>kg</sup>	" " " 24 " " "	57,7
" " " 40 <sup>kg</sup>	" " " 24 " " "	52,1
" " " 67 <sup>kg</sup>	" " " 24 " " "	42,2

Einige hierher gehörige Werthe sind schon von Vierodt berechnet worden. Die relativ lebhaftere Verbrennung in jugendlichen Organismen ist längst vorausgesetzt und aus anderen Untersuchungen geschlossen worden, ehe man genaue Angaben über die absolute Grösse derselben zu machen im Stande war. Man wusste, dass junge

1) Nach Quetelet's Gewichtstabelle würde das entsprechende Alter sein:

1	Monat,
2 <sup>1/2</sup>	Jahr,
5	"
10	"
12 <sup>1/2</sup>	"
14 <sup>1/2</sup>	"

Thiere dem Hunger rasch unterliegen, dass die O - Aufnahme junger Thiere erhöht ist; man kannte die Nahrungsmengen junger Thiere, die beträchtlichen Mengen von Nahrungsresten, welche sich jederzeit in ihrem Darne finden, die Milchmengen, welche Säuglinge aufzunehmen pflegen. Erst die Kenntniss der Verbrennungswärme lässt die von den oben aufgeführten Forschern angegebenen Substanzen in ein einheitliches Maass überführen und so eine absolute Angabe über das Kraftmaass machen.

Bezüglich der Ursache des grösseren Stoffverbrauchs junger Thiere sind schon von anderen Autoren einige Erklärungsversuche gemacht worden; freilich haben manche die Thatsache auch ohne Commentar gelassen, indem sie eben die jungen Zellen als lebhafter thätig bezeichneten. Einen speciellen Erklärungsversuch hat J. Ranke<sup>1)</sup> gemacht. Er meint: „Der Jugendzustand besitzt im Verhältniss einen höher entwickelten Drüsenapparat als das reife Alter. Es ist das einer der Gründe, warum der Stoffwechsel in der Jugend stärker ist, als im Erwachsenenalter. Einen anderen Grund fanden wir in der relativ grösseren Blutmasse bei jugendlichen Individuen.“ Voit hat früher eine Erklärung für die relativ höhere Eiweisszersetzung junger oder kleiner Thiere gegeben, indem er auf den relativ lebhaften Kreislauf hinwies.

Man kann, wie ich meine, die Erscheinungen des Kraftconsums der Zellen nicht aus den Eigenschaften heraus erklären; da ja die äusseren Einflüsse, welche auf die Thiere wirken, der Urgrund für die Gestaltung des Organismus sein müssen, so haben wir zunächst auch nur in äusseren Ursachen den Antrieb zu Aenderungen in der Grösse (nicht Qualität) des Kraftwechsels zu suchen.

Wie ich schon früher nachgewiesen habe, erkennt man auch bei erwachsenen Thieren, welche sich in ihrer Körpergrösse unterscheiden, ähnliche bedeutende Unterschiede in dem relativen Kraftwechsel wie bei jungen Thieren. Ich theile hier die Werthe, welche ich an Hunden verschiedener Grösse, die sich aber alle unter vollkommen gleichartigen Bedingungen befanden, erhalten habe, mit. Vergleicht man die Zahlen von Mensch und Hund, so wird man erkennen, dass es fast die gleichen Werthe sind, um welche

1) Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe 1871 S. 134.

es sich handelt, nur die Variation des Körpergewichtes ist bei Mensch und Hund etwas verschieden.

Bei ausgewachsenen Hunden ergab sich (gleiche Temperatur, Hungerzustand, gleiche Ventilation und gleiche Ruhe).

Bei einem Körpergewicht von

3 <sup>kg</sup>	liefert der Hund in 24 Stunden	90,9 Cal. pro 1 <sup>kg</sup>
6 <sup>kg</sup>	„ „ „ „ 24 „	68,1 „ „ 1 <sup>kg</sup>
10 <sup>kg</sup>	„ „ „ „ 24 „	61,2 „ „ 1 <sup>kg</sup>
18 <sup>kg</sup>	„ „ „ „ 24 „	46,1 „ „ 1 <sup>kg</sup>
20 <sup>kg</sup>	„ „ „ „ 24 „	48,0 „ „ 1 <sup>kg</sup>
24 <sup>kg</sup>	„ „ „ „ 24 „	40,9 „ „ 1 <sup>kg</sup>
31 <sup>kg</sup>	„ „ „ „ 24 „	38,2 „ „ 1 <sup>kg</sup>

Die beiden Reihen mit einander verglichen, ergeben offenbar ganz ähnliche Gesetze für das Wachstum der Zahlen. Ich habe nun nachgewiesen, dass die Zunahme der relativen Oxydation verschieden grosser Hunde im Wesentlichen nur abhängig ist von der relativen Oberflächenentwicklung. Lässt sich nun für die Kinder die gleiche Gesetzmässigkeit darthun? Wie wächst für sie die Oberfläche? Man wird nach meinen Beobachtungen schliessen dürfen, dass die häufig angeführte Anschauung, die jungen Thiere hätten einen specifisch lebhaften Stoffwechsel, der durch eine gewisse Beschaffenheit des jugendlichen Protoplasmas als erste Ursache bedingt sei, nicht erwiesen ist, dass vielmehr die Thiere im Heranwachsen wohl eine sehr verschiedene Intensität des Gesamtstoffwechsels im Hungerzustande zeigen müssen, dass aber jedesmal die Intensität unter vergleichbaren Verhältnissen ein Ausdruck für die relative Oberflächenentwicklung sein müsse.

Die im Vorstehenden angeführten Versuche entsprechen nicht den von mir geforderten genau vergleichbaren Verhältnissen; so pflegt, wie schon hervorgehoben, ein Kind im ersten Lebensmonate ruhig zu liegen und wird in warmer Umgebung gehalten; die übrigen Altersklassen des Kindes sind im Gegensatze hierzu der freiesten Muskelbewegung hingegeben. Ausserdem besteht aber noch der Einwand, dass die an den einzelnen Kindern angestellten Versuche nicht zur selben Jahreszeit und in demselben Klima angestellt sind. Während die Hauptzahl der Beobachtungen auf Deutschland fällt,



sind einige der Beobachtungen von Hasse in Petersburg angestellt, und diese weisen in der That im Allgemeinen etwas höhere Werthe für den Stoffverbrauch auf, als gleichgewichtige Kinder unseres Klimas. Aus diesem Grunde dürften die Zahlen für die Kinder von 16,4, 31 und 40 Kilo Körpergewicht, gegenüber den andern Zahlen um einiges zu hoch ausgefallen sein.

Es lässt sich aber trotz dieser Schwierigkeiten, wie ich denke, zeigen, dass der von mir zuerst experimentell erwiesene Einfluss der relativen Oberflächenentwicklung neben den andern schon benannten Momenten (Körperbewegung oder Körperruhe) vollständig genügt, um uns den relativ hohen Kraftwechsel der Kinder zu erklären. Ich habe daher in die folgende Tabelle ausser den absoluten und relativen Werthen des Kraftconsums der Kinder auch eingetragen, wie gross die Oberfläche (in Quadratcentimeter) für die aufgeführten Körpergewichte ist. Es ist dabei berücksichtigt, dass Kinder bis zu 16 kg Gewicht eine andere Art der Oberflächenentwicklung zeigen, wie solche von höherem Körpergewichte. Endlich wurde noch der Quotient  $\frac{\text{Wärme}}{\text{Oberfläche}}$  in Stab 5 eingetragen und zwar die Werthe für 1 Quadratmeter.

Tabelle Nr. XIII.

	Cal. in 24 Stunden nach Abzug d. Verbrennungswärme des Kothes	Pro 1 kg Cal. in 24 Stunden	Oberfläche berechnet in Quadratcentimeter	Pro 1 qm Oberfläche wird Wärme geliefert
Kinder von 4,03 kg	368	91,3	3013	1221
Kinder von 11,8 kg	966	81,5	7191	1343
Kinder von 16,4 kg	1213	73,9	7681	1579
Kinder von 23,7 kg	1411	59,5	10156	1389
Kinder von 30,9 kg	1784	57,7	12122	1472
Kinder von 40,4 kg	2106	52,1	14491	1452
Mann bei mittlerer Arbeit. 67 kg	2843	42,4	20305	1399

Die Wärmeproduction für die Einheit der Oberfläche ist sonach am geringsten bei dem lebhaft wachsenden Kinde, was nach dem früher Gesagten wohl geradezu gefordert werden müsste. Sie steigt dann bei Kindern mit zwei Jahren, noch mehr in der nächsten Gruppe, sinkt wieder und steigt zum zweiten Mal. Im ganzen steht den Kindern der ersten Gruppe mit 1233 Cal. pro 24 Stunden ein Mittelwerth für alle übrigen mit 1447 Cal. gegenüber; es kann also, da niemals mehr ein dem ersteren ähnlicher niedriger Werth wiederkehrt, der geringere Kraftconsum der Säuglingsperiode als feststehend betrachtet werden,

Die übrigen Werthe schwanken um den Mittelwerth wie folgt:

— 7,2 %  
 + 7,2 %  
 — 4,1 %  
 + 1,8 %  
 + 0,3 %

woraus ersichtlich ist, dass die Abweichungen vom Mittelwerth unbedeutend sind und ausserdem, dass keine mit dem Alter variirende Gesetzmässigkeit besteht. Die angestellten Berechnungen erweisen also zur Genüge, den von mir früher aufgestellten Satz, dass auch für die Jugend die Aenderung der relativen Oberflächenentwicklung die wesentliche Ursache für die Grösse ihres Kraftwechsels bildet; als Nebenursache kommt bei den frei lebenden Individuen die Arbeitsleistung mit in Betracht.

Während der Säugling vornehmlich ruht, leisten die Kinder, welche die Fähigkeit zu gehen erlangt haben, eine nicht unbedeutende Arbeit <sup>1)</sup>.

Eine Reihe secundärer Erscheinungen, welche schon früher beobachtet und festgestellt wurden, sind die Folgen des lebhaften Kraftconsums

1. die relativ vermehrte Blutmenge jugendlicher Organismen,
2. die rasche Umlaufzeit des Blutes,
3. die Verschiedenheit in der Entwicklung des Drüsenapparates.

1) Nicht durch das Gehen allein, sondern dadurch, dass sie nun alle Muskelgruppen kräftig üben.

Interessant ist noch folgende Zusammenstellung:

	liefert in 24 Std. pro 1 <sup>qm</sup> Oberfläche
Erwachsener hungernd in Ruhe	1134 Cal.
„ bei mittlerer Kost u. Ruhe	1189 „
Säugling bei Muttermilch	1221 „
Erwachsener bei mittlerer Arbeit	1399 „
Kind bei mittlerer Kost	1447 „

Sonach ist der jugendliche Organismus, abgesehen von der Säuglingsperiode, in seinem Kraftconsum dem mittleren Arbeiter gleichzustellen. Gegenüber dem Greisenalter hat man, da nach meinen Untersuchungen von Greisen pro 1<sup>qm</sup> Oberfläche nur 1194 Cal. in 24 Stunden geliefert wurde, eine Steigerung von 21 %.

Es sind auch von Vierordt<sup>1)</sup> und Danilewsky<sup>2)</sup> Berechnungen des Wärmewerthes der Kost von Kindern angestellt worden. Da Vierordt die Frankland'schen Zahlen und Danilewsky seine eigenen zu Grunde gelegt hatte, und beide den wahren physiologischen Verbrennungswerth des Eiweisses nicht kannten, so sind die früheren Angaben allenfalls Näherungswerthe. Vierordt hat auch angegeben, dass die relativ grosse Wärmeabgabe eines Neugeborenen in etwas der relativ vermehrten Oberfläche entspreche. Diese Folgerung, dass die Oberflächenentwicklung mit ein Factor für den Stoffverbrauch sein müsse, ist schon von Bergmann gemacht worden. Es hat dagegen an dem stricten Nachweis der Abhängigkeit von der relativen Oberflächenentwicklung gefehlt.

Der Einfluss den die Oberflächenentwicklung auf den Kraftverbrauch ausübt, ist ein ganz ausserordentlicher. Wenn wir erkennen wollen wie gross die Unterschiede sind, welche durch die Oberflächenentwicklung zwischen dem Säugling und einem Manne bestehen, müssen wir beide annähernd unter gleichen Verhältnissen betrachten. Da der Säugling offenbar ein „ruhender“ Organismus

1) Die Physiologie des Kindesalters.

2) Archiv f. d. ges. Physiol. a. a. O.

ist, so ist ihm der Kraftconsum eines ruhenden Mannes gegenüber zu stellen; man hat dann

in der Säuglingsperiode trifft auf 1 <sup>st</sup> Körpergewicht an Cal. in	
24 Stunden . . . . .	91,3
beim ruhenden Erwachsenen <sup>1)</sup> . . . . .	36,0

Die Verschiedenheit der relativen Oberfläche lässt sonach den Kraftconsum des Säuglings um 253 % gesteigert erscheinen; dieser ungeheueren Wirkung gegenüber erscheint es nahezu geringfügig, wenn wir durch angestrenzte Thätigkeit unseren Kraftconsum um 38 % zu steigern vermögen<sup>2)</sup>. Es ist auch begreiflich, dass trotz der mannigfachen Lücken in unserer Kenntniss des Stoffverbrauchs der Kinder das Gesetz der Wirkung der relativen Oberflächenentwicklung zum Ausdruck kommen muss.

#### IV. Die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe am Kraftwechsel.

Ueber die Grösse des Kraftwechsels des Menschen unter verschiedenen Umständen haben die bis jetzt aufgeführten Untersuchungen genügend Aufschluss ertheilt. Wir sehen als wesentliche Ursache auftreten die Verschiedenheit der Körpergrösse und die Verschiedenheit der Arbeitsleistung, welche den einzelnen Individuen zukommt, (zu welchen hinzuzukommen hätte der Einfluss des Klimas, der Jahreszeit, der Bekleidung).

Wir sind demnach leicht in der Lage uns ein allgemeines Bild von dem Kraftverbrauch eines Individuums zu machen, dessen Leistungen und Körpergrösse wir kennen<sup>3)</sup>.

Ein ganz ausserordentliches Augenmerk richtet sich aber darauf, inwieweit die Menschen in verschiedenem Lebensalter ihren Nahrungsbedarf durch verschiedene Nahrungsstoffe decken. Es braucht ja nicht ausführlich besprochen zu werden, dass die Bedeutung der einzelnen Nahrungsstoffe für den Organismus eine verschiedene ist, indem das Eiweiss im Wesentlichen zum Aufbau der Organe nöthig ist, Fette und Kohlehydrate zu deren Unterhalt.

1) 67<sup>hs</sup> liefern in 24 Stunden 2446 Cal.

2) Vgl. oben S. 382, die extremsten Fälle Liebig's abgerechnet.

3) Arbeitsleistung.

Man hat früher, ehe man einen klaren Einblick in die Vertretungswerte hatte, gar nicht mit Sicherheit an diese Frage herantreten können; gesetzt den Fall, es hätte sich ein Organismus mit 120 Eiweiss und 629 Kohlehydrat erhalten, ein anderer aber mit 120 Eiweiss und 274 Fett, so wären wir ohne Kenntniss der wahren Vertretungswerte nicht im Stande ein Urtheil zu fällen, ob in beiden Fällen das Eiweiss die gleiche Rolle spielte<sup>1)</sup>? Denn im ersten Falle würde man 16% der Gesamtzufuhr an Eiweiss berechnen, im letzten aber 40%! und doch ist, wenn man mit Hilfe der calorischen Werthe die Berechnung ausführt, die Betheiligung des Eiweisses die gleiche.

Wie die Wage zur Bestimmung der Masse eines Körpers das wichtigste Instrument ist, so hilft uns nur die Kenntniss der isodynamen Grössen zur richtigen Erkenntniss der Zusammensetzung der menschlichen Kost. Man hat früher vielfach namentlich das Verhältniss von stickstoffhaltigen zu stickstofffreien Stoffen bestimmt, indem man in der Regel das Eiweiss als Einheit des Vergleiches wählte. Selbst mit Zugrundelegung der wahren Vertretungswerte für die N-freien Stoffe ist auch dieses Verfahren unzulässig, denn es reducirt doch schliesslich alles wiederum auf zwei Stoffe, die an sich aber ungleichwerthig sind. (Häufig sind die Kohlehydrate in das „Fettäquivalent“ ungerechnet worden.) Es liegt mir durchaus ferne einen Vorwurf zu erheben, dass viele Autoren in dieser Weise vorgegangen sind.

Die einfachste und einwandfreieste Methode hat zu bestimmen, wie viel an Kraft aus Eiweiss, wie viel aus Fett, wie viel aus Kohlehydraten in der Kost des Menschen sich findet. In diesem Sinne sind die folgenden Tabellen aus den früher schon angegebenen Werthen berechnet worden.

Gerade für diese Frage wäre es von grosser Bedeutung zu wissen, inwieweit durch eine verschiedene Ausnützung der einzelnen Nahrungsstoffe die assimilirten Nahrungsbestandtheile von

1) Auch die Berechnung nach den früher zwischen Kohlehydraten und Fetten angenommenen, aber inzwischen durch meine Versuche corrigirten Vertretungswerte (100:175 statt 220--250) kann kaum genäherte Zahlen liefern.

den in den Darm eingeführten Speisen verschieden sind; allein es fehlen, wie oben schon angegeben wurde, die nöthigen Anhaltspunkte für die Berechnung. Es sind also nur die Bruttowerthe der Zufuhr zu Grunde gelegt.

Für den normalen Erwachsenen hat man unter verschiedenen Umständen folgende Werthe für die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Verbrennung:

Tabelle Nr. XIV.

	Nr.	Charakteristik	Die Cal. aus Eiweiss machen in %	Die Cal. aus Fett machen in %	Die Cal. aus Kohlehyd. machen in %
I	1	Junger Arzt	20,4	35,2	44,4
	2	Junger Arzt	18,4	29,2	52,4
	3	Hausmeister	18,9	25,1	56,0
II	4	Dienstmann	17,2	28,0	54,8
	5	Schreiner	16,8	19,8	63,4
	6	Mittlerer Arbeiter von Playfair	15,5	15,1	69,4
	7	Mittlerer Arbeiter von Moleschott	16,9	11,7	71,4
	8	Mittlerer Arbeiter von Wolff	16,2	10,7	73,1
	9	Soldat nach Hildesheim	18,3	12,3	69,4
	10	Mittlerer Arbeiter nach Voit	16,0	17,0	67,0
III	11	Starke Arbeit	17,6	18,3	64,1
	12	Angestrengte Arbeit	20,1	17,6	62,2

	Nr.	Charakteristik	Die Cal. aus Eiweiss machen in %	Die Cal. aus Fett machen in %	Die Cal. aus Kohlehyd. machen in %
IV	13	Bergleute	13,0	25,0	62,0
	14	Ziegelarbeiter	15,2	23,8	61,0
	15	Dienstknecht auf dem Lande	12,2	20,7	67,1
	16	Italienischer Dienstknecht auf dem Lande	13,4	15,4	71,2
V	17	Holz-knecht	7,5	46,3	46,2
	18	Holz-knecht	9,2	31,2	59,6

Die niedrigen früher aufgeführten Zahlen Playfair's<sup>1)</sup> sind weggeblieben, ebenso einige Werthe, bei welchen die Zusammensetzung der Kost nicht dem Belieben des Individuums überlassen blieb.

Man erkennt auf den ersten Blick, dass die Zahlen trotz der Mannigfaltigkeit der Bedingungen eine grosse Regelmässigkeit zeigen.

Man wird bei der ausserordentlichen Verschiedenheit der Nahrungsmittel füglich nur erstaunt sein können, wie gleichmässig doch die einzelnen Individuen ihre Kost zusammensetzen pflegen. Damit will ich nicht übersehen, dass gewisse Schwankungen vorhanden sind und eine gewisse Breite für die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Gesamtwärmeentwicklung besteht; allein dieselbe ist, wenn wir zunächst auf das Eiweiss unser Augenmerk richten, nicht bedeutend. Abgesehen von einer unteren Grenze, könnte der Mensch ja alle möglichen Eiweissmengen zu sich nehmen, aber wir sehen in der Tabelle nicht, dass irgend jemand, dem die Wahl der Nahrung freisteht, etwa einmal die Hälfte seines Kraft-

1) Vgl. oben Tabelle Nr. VIII auf S. 380.

bedarfes mit Eiweiss deckte oder ähnliches. Die Betheiligung des Eiweisses an der Verbrennung ist eine viel begrenzte; in maximo werden etwa ein Fünftel des täglichen Kraftwerthes der Kost als Eiweiss zugeführt. Unter diesem Werth finden die Schwankungen statt; sie sind klein und zeigen eine bestimmte Abhängigkeit.

1. Man weiss durch eingehende Untersuchungen, namentlich von Pettenkofer und Voit, dass bei der Arbeit in der Regel stickstofffreie Körper verbrannt werden; d. h. dass sie die Kraftquelle bilden. Man kann dann hieraus ableiten, dass bei zunehmender Arbeitsleistung die Menschen demnach relativ weniger Spannkraft aus Eiweiss zu entnehmen brauchten. Unsere Tabelle ist absteigend so geordnet, dass eine zunehmende Arbeitsleistung der Individuen zum Ausdruck kommt. Nun scheint sich die aus den Angaben von Pettenkofer und Voit gezogene Schlussfolgerung in der That zu bestätigen. Bei den kräftigsten Arbeitern der Kategorie V ist die Betheiligung des Eiweisses an der Verbrennung in der That am geringsten, nur 9,2 — 7,5 %. Auch die Gruppe IV zeigt noch einen niederen Werth für das Eiweiss; dasselbe nimmt in Gruppe III weiter zu. Von da ab bemerken wir, offenbar weil die Verschiedenheit der Arbeitsleistung (Kraftconsum) keine so sehr bedeutende ist, keine weitere Abnahme.
2. Einen zweiten Grund für den Wechsel im Eiweissconsum muss man in der socialen Lage der Versuchspersonen suchen. Die Wohlhabenden verzehren relativ mehr an Eiweissstoffen, weil dieselben viel von den theuern aber eiweissreichern animalischen Nahrungsstoffen aufzunehmen pflegen.

Grösser als bei dem Eiweiss sind die Schwankungen für die Betheiligung des Fettes an der Verbrennung. Das Minimum des Fettverbrauchs ist 10,7 %, das Maximum 46,3 %.

Für die Schwankungen des Fettes sind gleichfalls die Gründe leicht anzugeben.

Zunächst ist wiederum zu beachten, dass das Fett in der Kost der Wohlhabenden, Gruppe I, einen beträchtlichen Bruchtheil des täglichen Kraftbedarfes liefert.

Eine zweite Ursache für einen von der Mittelzahl weit abweichenden Fettconsum ist in der Arbeitsleistung zu suchen, welche ein Individuum zu leisten hat.

Bei dem Wohlhabenden macht das Fett ein Viertel bis ein Drittel der Gesamt-Spannkraftzufuhr aus; bei dem mittleren Arbeiter oft nur ein Neuntel. Die kräftigen Arbeiter der Kategorie V, welche sich zum Theil unter rauen klimatischen Verhältnissen befinden, decken bis zur Hälfte ihren Spannkraftbedarf aus Fett. Es wäre einem kräftigen Arbeiter in der Regel wohl unmöglich, die Hauptmasse der Spannkraft in Form von Kohlehydraten zuzuführen, weil das Volum der Kost zu bedeutend würde. Man nimmt deshalb die Fette als compendiöse Kraftreservoir zu Hilfe; ihre Bedeutung dürfte leicht zu verstehen sein, wenn wir den calorischen Werth von je 100<sup>g</sup> frischer Substanz betrachten:

100 Theile Fleisch <sup>1)</sup>	liefern	96,3 Cal.
100 „ Brod <sup>2)</sup>		280,2 „
100 „ Fett		942,3 „

Dass man übrigens mit einer fast völlig fettfreien Kost bestehen kann, beweisen die Japaner. Nach den Angaben von Scheube <sup>3)</sup> berechne ich, dass dieselben nur 2 — 7% ihres Kraftbedarfs mit Fett decken.

Dass die Europäer auch mit einer fast fettfreien Kost auskommen vermögen, beweisen die Trappisten.

Weitaus die meiste Wärme entlehnen wir der Zerlegung der Kohlehydrate. Da es sich in der vorliegenden Tabelle um procentische Berechnungen handelt, so sehen wir überall da, wo wir eben einen hohen Consum von Eiweiss oder Fett festzustellen in der Lage waren, reciprok einen geringeren Consum für Kohlehydrate. Die Kohlehydrate sind die Spannkraftquelle der Arbeiter; sie genügen aber nicht für ausserordentliche Arbeitsleistungen.

Am gleichmässigsten gestaltet sich der Consum des Eiweisses und abgesehen von jenen Fällen, extremster Arbeitsleistungen,

1) Bei 23,9% Trockensubstanz.

2) Nach Stohmann. Es ist aber ausser Acht gelassen, dass das Eiweiss im Organismus nicht völlig verbrennt.

3) Archiv für Hygiene Bd. 1 S. 352 ff.

erhalten wir einen fast stets gleichbleibenden Bruchtheil des gesammten Kraftconsums auf ersteres treffend. Um einen leichteren Ueberblick zu erlangen, genügt folgende Zusammenstellung:

Tabelle Nr. XV.

Charakteristik	Cal. aus Eiweiss in %	Cal. aus Fett in %	Cal. aus Kohlehydra- ten in %
Hungerzustand <sup>1)</sup>	12,1	87,9	—
Arbeitskategorie I	19,2	29,8	51,0
Arbeitskategorie II	16,7	16,3	66,9
Arbeitskategorie III	18,8	17,9	63,3
Arbeitskategorie IV <sup>2)</sup>	13,4	21,2	65,3
Arbeitskategorie V <sup>3)</sup>	8,3	38,7	52,8

Nach den besten Untersuchungen soll also im Mittel die Kost des mittleren Arbeiters zu je  $\frac{1}{6}$  aus Eiweiss und Fett und zu  $\frac{2}{3}$  aus Kohlehydraten, gemessen nach dem Wärmewerthe, bestehen.

Das Greisenalter zeigt keine Verhältnisse, welche von dem eben besprochenen eines mässigen Arbeiters verschieden wären. Auch im Alter bilden die Hauptquelle der Kraft die zugeführten Kohlehydrate, auch das Fett ist in keiner auffallenden Quantität zugemessen und das Eiweiss fällt gleichfalls fast geradezu mit der Mittelzahl, welche für die Erwachsenen gebildet werden kann, zusammen. Die Zahlen enthält die folgende Tabelle.

1) Bei Fütterung mit Kohlehydraten kann die Beteiligung des Eiweisses nur 5% betragen.

2) Bergleute, Ziegelarbeiter, Bauernknechte.

3) Holzknechte.

Tabelle Nr. XVI.

Charakteristik	Cal. aus Eiweiss in %	Cal. aus Fett in %	Cal. aus Kohlehydraten in %
Pfründnerinnen	17,4	24,3	58,3
Pfründnerinnen und Pfründner	17,4	19,4	63,1

Für das Kindesalter sind die Zahlen aber in einigen Beziehungen von den bisherigen Angaben wesentlich unterschieden. Im Allgemeinen muss im Säuglingsalter die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Verbrennung sich ebenso verhalten, wie ihre Vertheilung in der Muttermilch ist. Für die von mir angeführten Fälle des Kraftconsums im Säuglingsalter ergibt sich:

18,7 % der Cal. in Eiweiss, 52,9 % in Fett, 28,4 % in Milchzucker.

Was also die Säuglingskost charakterisirt ist keineswegs ein hoher Gehalt an Eiweiss, denn die Zahl 18,7 weicht nicht viel von dem Mittel für Erwachsene ab; das charakteristische ist der abnorm hohe Fettgehalt. Auf den hohen Fettgehalt der Säuglingskost ist schon von Playfair, Voit und Anderen aufmerksam gemacht worden.

Dass die Eiweisskörper nicht in einem relativen Uebergewichte sind, könnte überraschen. Man weiss ja aus anderen Untersuchungen, wie bei kleinen oder jungen Thieren die Drüsen über den Muskelapparat überwiegen. Man könnte dann auch vermuthen, dass der relative Eiweissverbrauch, welcher letzterer ja von den Drüsen mit abhängig sein muss, bei kleinen jugendlichen Thieren eine gewisse Zunahme zeigen müsse. Derartige Einflüsse können aber nur hervortreten, wenn die Gewichtsverschiedenheiten recht bedeutende sind. Sie machen sich bei Hunden von dem Körpergewicht 6—31 kg vielleicht eben geltend! Da beim Menschen die Unterschiede noch bedeutender sind (4—70 kg), so hätte man vielleicht vermuthen können, dass die etwas hohe Betheiligung des Eiweisses an der Verbrennung in der Säuglingsperiode (18,7 %) zum Theil auf den erörterten Verhältnissen

basiren könne; man wird aber nicht übersehen dürfen, dass auch die zum Ansatz verwendete Eiweissmenge zu der etwas höheren Zahl der Säuglingsperiode Veranlassung gegeben haben kann. Derartige Fragen mit Sicherheit zu lösen, muss eigenen Versuchen überlassen bleiben.

Nur wenig Wärme liefert der Milchzucker.

Da es sich im Säuglingsalter um eine sehr bedeutende Aufnahme von Nahrungsstoffen handelt und also die Arbeitskraft des Darmkanals in hohem Grade in Anspruch genommen ist, so sieht man, dass sich der Säugling desselben Hilfsmittels, das die robustesten Arbeiter benützen, bedient, er führt einen grossen Theil der benötigten Spannkraft in Form von Fett zu.

Da hier die Relation der einzelnen Nahrungsstoffe ohne Rücksicht auf den Ansatz berechnet wurde, so ist zu bemerken, dass, wenn man nur die zersetzten Stoffe in Betracht ziehen wollte, vor allem das Eiweiss in seiner Menge gekürzt werden müsste.

Aendert sich nun die Art der Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Verbrennung, wenn die Kinder allmählich heranwachsen und die Säuglingsperiode überschritten haben? Darüber gibt folgende Tabelle Aufschluss.

Tabelle Nr. XVII.

Körpergewicht der Kinder	Cal. aus Eiweiss	Cal. aus Fett	Cal. aus Kohlehydraten
11,8	17,4	31,5	51,1
16,4	17,7	30,9	51,4
23,7	16,5	26,0	57,4
30,9	16,1	34,0	49,9
40,4	15,4	36,1	48,4

Auch bei dem 2 1/2 Jahre alten Kinde tritt zunächst als etwas auffallendes nur der hohe Fettgehalt der Kost entgegen. Der Werth

für das Eiweiss ist etwas gesunken gegenüber der Säuglingsperiode. Was das Eiweiss anlangt, so macht sich eine fortschreitende Abnahme der Werthe mit zunehmendem Alter bemerkbar, doch möchte ich bei der geringen Anzahl von Beobachtungen und den geringen Differenzen keinen besonderen Werth darauf legen. Durchgehends aber bleibt der hohe Fettconsum, den wir im Säuglingsalter in verstärktem Maasse sahen, hier im Kindesalter noch erhalten. Die Kohlehydrate liefern erst die Hälfte der für den Organismus benötigten Wärme.

Nehmen wir nun das, was sich aus den vorstehenden Untersuchungen über die Betheiligung der einzelnen Nahrungsstoffe an der Verbrennung für die verschiedenen Altersklassen sagen lässt, zusammen, so hat man:

Tabelle Nr. XVIII.

Charakteristik	Cal. aus Eiweiss in %	Cal. aus Fett in %	Cal. aus Kohlehydraten in %
Säuglingsalter	18,7	52,9	28,4
Kindesalter	16,6	31,7	51,6
Erwachsene <sup>1)</sup>	16,7	16,3	66,9
Greise	17,4	21,8	60,7

Die menschliche Kost zeigt trotz der Mannigfaltigkeit der Bedingungen, unter welchen sie untersucht wurde, eine überraschende Aehnlichkeit der Zusammensetzung. Im Säuglingsalter bis zum Greisenalter entlehnen wir 16—19% aller benötigten Kraft aus den Eiweisskörpern. Diesem regelmässig wiederkehrenden Verhältniss liegt zweifellos eine tiefere Bedeutung zu Grunde. Es wäre denkbar, dass bei einem gewissen Gehalt der Kost an Eiweiss die Verdauung am günstigsten vor sich geht, wie Fr. Hofmann meint. Es wird dies gewiss zutreffend sein, aber es dient vielleicht nur ein Theil des Eiweisses diesem Zwecke; man weiss, dass ausserordentlich

1) Mittlerer Arbeiter.

grosse Mengen von Stärke aus dem Darne aufgenommen werden können, obschon dabei die Stickstoffausscheidung sogar kleiner ist, als bei Hunger. Die Menge des beim normal verköstigten Menschen zerstörten Eiweisses und jener Eiweissmenge, welche beim Hunger zerstört wird, ist nicht so sehr verschieden wie bei dem Hunde. Der Grund dafür, dass mehr Eiweiss zugeführt wird bei Fütterung als im Hungerzustand zerstört wird, ist vor allem darin zu suchen, dass bei der Resorption von Eiweiss aus dem Darm plötzlich eine grössere Menge von Eiweiss in den Körper hereinkommt, weit mehr als in der Zeit während welcher die Resorption währt, sonst im Hungerzustande zerstört wird; und nun wird nicht allein während dieser Zeit von dem zugeführten Eiweiss der Eiweissverlust vom Körper aufgehoben, sondern noch mehr Eiweiss verbrannt, welches letzteres allerdings nicht nutzlos verschwendet wird, sondern eine isodynamische Menge Fettes erspart.

Im Genusse des Fettes sind Jugend und Erwachsene und Greise am verschiedensten; vom Säuglingsalter anfangend wird immer weniger und weniger von demselben verbrannt.

Die Kohlehydrate bilden für Erwachsene wie Greise den Hauptquell für die Kraft; nämlich  $\frac{2}{3}$  der ganzen Summe; bei Säuglingen wird etwas über  $\frac{1}{4}$  aller verfügbaren Kräfte ihnen entlehnt.

Die Zumessung der täglichen Kost wird demnach durch die hier gemachten Angaben höchst einfach sich gestalten; wenn bekannt ist, welche Leistungen an ein Individuum gestellt werden sollen, und wenn wir für diese Verhältnisse bereits an einem anderen Organismus die Grösse des Kraftwechsels festgestellt haben; es lässt sich für den andern Fall, sowohl die Gesamtmenge des Kraftwechsels angeben, als auch bestimmen, wie viel an einzelnen Nahrungsstoffen gereicht werden müsse.

Gesetzt, es solle für einen mittleren Arbeiter von 50<sup>kg</sup> Gewicht bestimmt werden, wie viel an Nahrungsstoffen gereicht werden müsse, so hätte man mit Benützung einiger schon oben mitgetheilte Werthe folgendes:

1. Das Gesamtkraftmaass beträgt, wenn  $W$  = die Wärmemenge welche gesucht wird,  $O$  = die Oberfläche  $\left( K \sqrt[3]{\text{Körpergewicht}} \right)$  und  $n$  = die Summe der Cal., welche

auf 1<sup>qm</sup> Oberfläche treffen:  $W = O \cdot n$ . Da es sich im Allgemeinen darum handelt, festzustellen, wie viel an Nahrungstoffen zugeführt werden müsse, sind für  $n$  die Bruttowerte zu Grunde zu legen. Für den gegebenen Fall hätte man:

$$W = \frac{12,3 \cdot \sqrt[3]{50000}}{10000} \cdot \frac{3093}{2,035} = W = \frac{12,3 \cdot \sqrt[3]{50000}}{10000} \cdot 1519.$$

2. Die Vertheilung der Kräftezufuhr auf die einzelnen Nahrungstoffe ergibt sich wie folgt:

$WE$  = Wärme aus Eiweiss,  $WF$  = Wärme aus Fett,  
 $WK$  = Wärme aus Kohlehydraten.

Die Vertheilung der Kraft erfolgt bei dem mittleren Arbeiter, indem 15,7 auf Eiweiss, 16,2 % auf Fett, 68,1 % auf Kohlehydrate treffen.

Für  $WE$  hat man:

$$\frac{W \cdot 15,7}{100}; \text{ für } WF = \frac{W \cdot 16,2}{100} \text{ und } WK = \frac{W \cdot 68,1}{100}$$

$$= W \cdot 0,157 \quad = W \cdot 0,162 \quad = W \cdot 0,681$$

und um die Gewichtsmengen zu erhalten hat man:

$$E = \frac{W \cdot 0,157}{4,1} \quad F = \frac{W \cdot 0,162}{9,3} \quad K = \frac{W \cdot 0,681}{4,1}$$

Für eine Gruppe von Individuen, welche die gleiche Relation der Nahrungsbestandtheile in der Kost zeigen, lassen sich also drei Constanten angeben, nämlich:

$$E = W 0,038, \quad F = W 0,017, \quad K = W 0,166.$$

Ich werde andern Ortes näher auf diese Verhältnisse eingehen.

## Beiträge zur Entwicklungsmechanik des Embryo.

Von

**Wilhelm Roux.**

### Einleitung.

Die beschreibende Embryologie ist durch unermüdelichen Fleiss und Scharfsinn vieler Forscher seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts so weit gefördert worden, dass wir fast von jedem Organe der Wirbelthiere und vieler wirbellosen bis zu einem gewissen Grade der Genauigkeit diejenigen Formenänderungen kennen, unter denen sich dasselbe successive aus dem befruchteten Ei hervorbildet.

Nachdem somit schon ein annähernder Ueberblick über die formalen Veränderungen, welche während der Entwicklung vor sich gehen, gewonnen ist, ist es wohl berechtigt, noch einen Schritt weiter, nach der Kenntniss der Vorgänge, welche diese Formwandlungen hervorbringen, zu streben.

Dieses weitere Ziel lässt sich in zweifacher Weise auffassen: einmal wiederum formal, sofern bloss die formalen Vorgänge erkannt und beschreibend dargestellt werden sollen. Als das letzte Ziel dieses Strebens würde die vollkommene Kenntniss des Weges zu bezeichnen sein, welchen jedes kleinste, gesonderte Bahnen einschlagende Theilchen des befruchteten Eies bis zu seiner, des Theilchens letzten Verwendung zum Aufbaue des Organismus durchläuft, verbunden mit der Kenntniss des Weges aller von aussen aufgenommenen und bis zur Vollendung der Entwicklung des Individuums zum Aufbaue irgendwie verwendeter Theile. Und erst mit der Wiederaus-