

## XVIII.

# Ueber den Einfluss der Nahrungszufuhr auf Stoff- und Kraftwechsel.

Von Dr. H. v. Hoesslin,

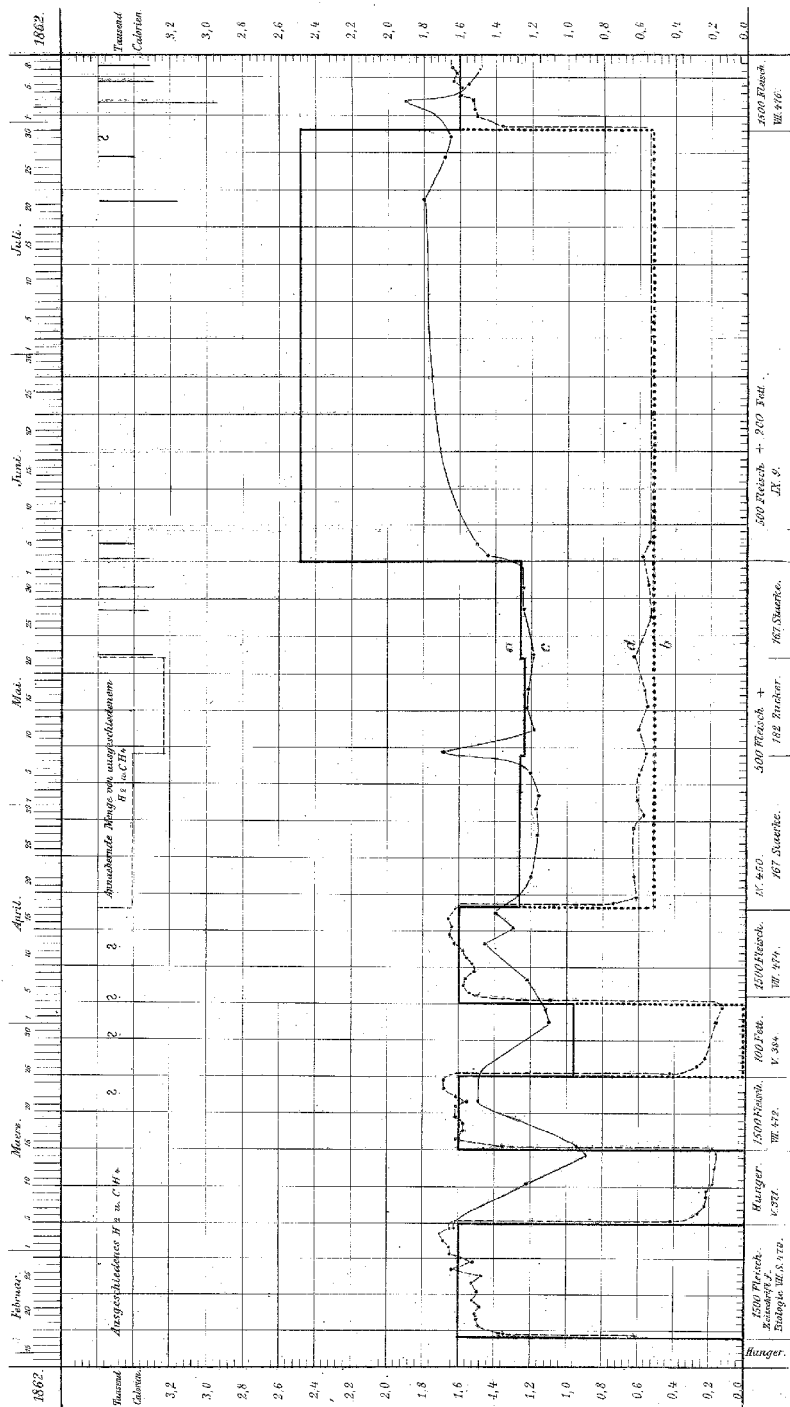
I. Assistenten des pathologischen Instituts zu München.

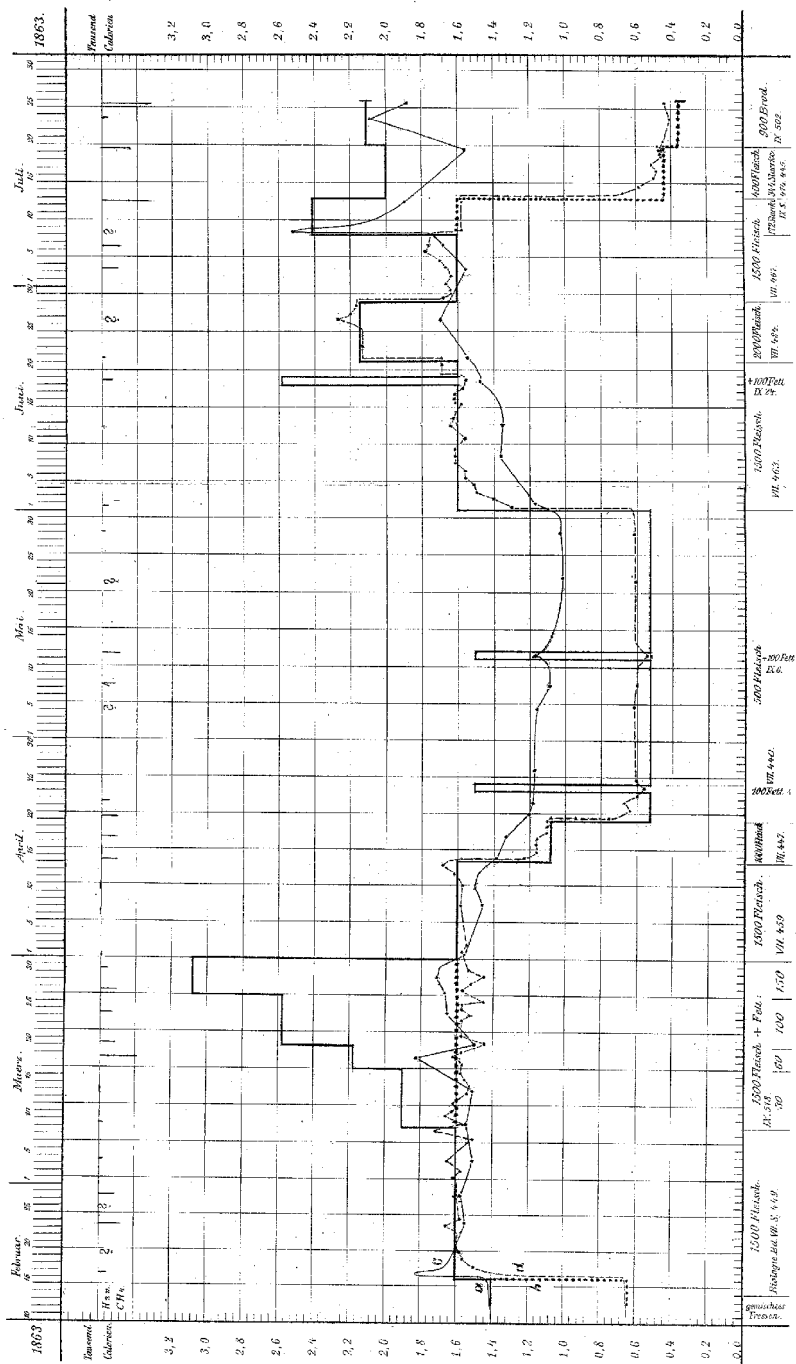
(Hierzu Taf. IX—X.)

In der vorhergehenden Abhandlung war ich auch auf die Aenderung in der Höhe der Wärmebildung durch Nahrungszufuhr zu sprechen gekommen, konnte aber dort nicht näher auf diese Frage eingehen. Da meine Auffassung der Stoffwechselvorgänge in einigen hieher gehörigen Punkten von der in weiteren Kreisen herrschenden Theorie abweicht, habe ich es für nöthig gehalten, auf die Art und Weise der Stoffwechselvorgänge im Allgemeinen kurz einzugehen, um meine Auffassung zu begründen, da ich fürchte, dass dieselbe ohne eine etwas weitläufigere Auseinandersetzung missverstanden werden könnte. Ich benütze hiezu die Respirationsversuche von Pettenkofer und Voit, die vermöge ihrer grossen Mannichfaltigkeit mir am geeignetsten hiefür erscheinen. Es sind in vorliegender Arbeit also keine neuen Experimente geboten, ich habe nur versucht, aus schon vorliegenden Thatsachen einige allgemeine Sätze zu folgern, die auf den Gesamtstoff- und Kraft-Wechsel Bezug haben. Mögen die Theorien noch so unvollkommen, so vergänglich und wechselnd mit der Zeit sein, so ist es doch für die Praxis stets von Bedeutung gewesen, welche Theorien herrschten. Gerade in der inneren Medicin beherrscht die Theorie viel mehr die Praxis, als die Praxis, d. h. durch Empirie sicher festgestellte Thatsachen, die Theorie, und ganz besonders gilt dies von der Frage der Ernährung Fiebernder.

1) Ich habe schon vor längerer Zeit aus den Respirationsversuchen von Pettenkofer und Voit am Menschen die Stoffeinfuhr und den Stoffumsatz im Körper in Calorien umgerechnet<sup>1)</sup> unter

<sup>1)</sup> Ich verstehe im Folgenden unter Stoffzufuhr und Stoffumsatz stets die Gesamtzufuhr resp. Gesamtzersetzung der verbrennlichen Nahrungsstoffe und zwar ausgedrückt durch die Menge ihrer Verbrennungswärme.





Zugrundlegung der Zahlen Danilewsky's<sup>1)</sup> und unter der Annahme, dass mit dem Kothe ein Verlust von etwa 5 pCt. stattfindet<sup>2)</sup> und dass mindestens 20—30 pCt. des gereichten Eiweisses als Pepton resorbirt werde<sup>3)</sup>. Dabei ergibt sich nun<sup>4)</sup>:

Art der Nahrung.	Eiweissmenge der Nahrung ausgedrückt in Calorien der Verbrennungswärme.	Gesamtmenge der Nahrung ausgedrückt in Cal.	Im Körper zersetztes Eiweiss ausgedrückt in Cal.	Gesamtumsatz in Cal.
31. Juli 1866. Gem. Nahr.	600	3300	600	2595
11. Dec. 1866. Hunger	—	30 (?)	370	2470
14. - - -	—	30	360	2320
18. - - Gem. Nahr.	600	3120	600	2750
19. - - Eiweissreiche Nahr.	1190	3290	600	2270
27. - - Gem. Nahr.	600	3100	600	2710
2. Jan. 1867. Reichl. Nahr., bes. Eiw.	1330	4590	880	2780
(4. - - 3. Tag d. gleich. Nahr.	1330	4590	1120	2940)
14. - - N-freie Nahr.	—	2280	400	2350
Mann II. (Schneider) Gem. Nahr.	600	3110	600	1860
3. Aug. 1866. Arbeit	600	3300	600	3840
14. Dec. - Arbeit, Hunger	—	30	350	4040
29. - - Arbeit	600	3110	600	3340.

Es ist also der in Wärmecalorien ausgedrückte Verbrauch an spannkrafthaltenden Stoffen bei Nahrungszufuhr, und zwar obwohl die Zufuhr den Verbrauch weit übertraf, sodass bedeutend angesetzt wurde, nur wenig grösser als bei vollständigem Hunger, und er zeigt sich ferner bei eiweissreicher Nahrung nicht grösser als bei vollständig eiweissfreier Nahrung.

Während also bei Nahrungszufuhr die Stoffzufuhr 100—150 mal grösser war als bei Hunger, und die Eiweisszersetzung eine Steigerung von 70—150 pCt. erfährt, steigt der Stoffumsatz im Mittel kaum um 7 pCt. (Maximum 17 pCt., Min. 9 pCt.). Wahrscheinlich aber ist die eigentliche Steigerung noch kleiner, da im Darne ein kleiner Theil der eingeführten Stoffe noch vor der Resorption weiter zerfällt und daher schon minderwerthig dem Organismus einverleibt wird oder gar nicht zur Zersetzung gelangt wie das  $H_2$  und  $CH_4$ .

<sup>1)</sup> Med. Centralblatt. 1881. No. 27.

<sup>2)</sup> S. Rubner, Ausnutzungsversuche. Zeitschr. f. Biol. XIV. S. 189, 192, 195.

<sup>3)</sup> Die genaue Berechnung folgt im Anhang.

<sup>4)</sup> Aehnliche Resultate ergibt die Berechnung der Versuche Ranke's vom Jahre 1862. Du Bois-Reymond's Arch. 1862. S. 311.

Jedenfalls wurde der Unterschied zwischen dem Hungerzustande und der Ernährung mit sehr reichlicher eiweissreicher Nahrung noch geringer ausgefallen sein, wenn die Nahrungszufuhr nicht so viel grösser als der Verbrauch gewesen wäre. Die Steigerung des Gesamt-Stoffumsatzes durch Arbeit beträgt in dem einen Falle (Hunger) 64 pCt. Bei dem zweiten gesunden aber etwas schwächeren Menschen erreichte der Umsatz bei gleicher Zufuhr nur 1860 Cal., der Stoffwechsel vom Manne I war also gegenüber dem vom Manne II um über 40 pCt. erhöht. Es bietet aber der Mann II gewiss noch lange kein Paradigma des Minimums auf das der Stoff- und Kraftwechsel beim Menschen sinken kann. Man kann daraus schliessen, dass von allen Momenten, welche auf die Höhe des Stoffwechsels resp. Kraftwechsels Einfluss haben, als Ernährungszustand der Zellen<sup>1)</sup>, Arbeit<sup>2)</sup>, sensible Reize und äussere Abkühlung<sup>3)</sup>, Temperatur des

<sup>1)</sup> Nach obigen Angaben wenigstens 40 pCt.; nach den Respirationsversuchen Pettenkofer's und Voit's am Hunde etwa 80 pCt. (s. w. u.).

<sup>2)</sup> Arbeit steigert nach obigen Zahlen den Stoffumsatz bis zu 64 pCt., oder vielmehr, da die Steigerung nur auf 9 Stunden fällt, um mehr als 170 pCt.

Nach Lavoisier und Seguin (O-Aufnahme; Mém. de l'Acad. de Sc. Anné 1789) um 140 pCt.; nach Edw. Smith (CO<sub>2</sub>-Ausscheidung; Philos. Trans. of the R. S. 1859. Vol. 149. T. II. S. 681) um 1000 pCt.; nach Hirn (Wärmeabgabe; Recherch. s. l'équivalent méq. de la chaleur. 1858. Colmar) um 100 pCt. Im Schlafe fand Voit ein Sinken der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung um 22 pCt., der O-Aufnahme um 24 pCt. Handb. 205. Bauer und Boeck fanden im Morphiumschlaf ein Sinken der CO<sub>2</sub>-Bildung um 27 pCt., der O-Aufnahme um 34,1 pCt. Biol. X. 344. Bei Curarelähmung fand Pflüger ein Absinken der O-Aufnahme um 35,3 pCt., der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung um 37,4 pCt. Pflüger's Arch. XIII. 522. Bei einem Hemiplegischen fand Voit ein Sinken der CO<sub>2</sub>-Menge um 38 pCt. gegenüber dem Gesunden. Biol. XIV. 136. Bei Arbeit kann demnach der Umsatz um mindestens 200 pCt. grösser sein als bei möglichster Ruhe.

<sup>3)</sup> Colosanti (Pfl. Arch. XIV. 92) fand bei Meerschweinchen bei 1,0° C. Abfall der mittleren Temperatur um 3,3 pCt. grösseren Verbrauch, d. h. für 30° C. Differenz eine Differenz von 100 pCt. im Umsatze. Finkler fand bei 3,6° C. um 66 pCt. mehr O-Verbrauch als bei 26° C. Pfl. Arch. XV. Herzog Carl Theodor fand bei der Katze ein Schwanken der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung um 83 pCt. bei einer Temperaturdifferenz von 37° C. (Voit, Handb. d. Phys. VI. 1. S. 215). Liebermeister findet im Bade von 20° C. die Wärme-production um 200 pCt. (bis 300 pCt.) gesteigert. Handb. d. Path. des Fiebers. S. 228, 240, 241. Er berechnet für Bäder von 4,4° C. eine Steigerung von 700 pCt. S. 249. Nach Lehmann verhält sich die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung

Körpers<sup>1)</sup> etc. und Nahrungszufuhr<sup>2)</sup>), die letztere wenigstens beim Menschen den geringsten Einfluss ausübt. Also Ernährungszustand, Bedürfniss und Erregungszustand der Zellen bedingen vorzugsweise die Höhe des Umsatzes der spannkrafthaltenden Stoffe, während es von der durch Nahrungszufuhr bedingten Erhöhung noch fraglich ist, ob sie nicht bloß secundär, d. h. erst dadurch eintritt, dass der Ernährungszustand der Zelle und die Arbeitsleistung im Körper sich geändert haben. Wollte man nur eine besondere die Gesamtzersetzung und den Stoffwechsel erhöhende Wirkung des Eiweisses annehmen, so müsste man zur Erklärung der obigen Zahlen auch annehmen, dass Zufuhr von Fett oder Kohlehydrate eine entgegengesetzte Wirkung ausübten, eine solche Hypothese kann aber keinerlei Thatfachen für sich anführen. Man sieht in obiger Tabelle bei eiweissreicher Nahrung durchans keine stärkere Erhöhung des Umsatzes als bei mittlerer Kost. Man muss also annehmen, dass das Eiweiss den Stoffumsatz (Kraftwechsel) in nicht höherem Grade beeinflusst, als die übrigen Nährstoffe. Das Eiweiss hat vor den Fetten und Kohlehydraten nur das voraus, dass natürlich, wenn kein oder zu wenig Eiweiss gegeben wird, das Organ-Eiweiss nicht erhalten und vermehrt werden kann, ist aber zur Erhaltung resp. zum Ansatz von Eiweiss eine gewisse nothwendige Menge einmal gegeben, so scheint es, wenigstens nach den bis jetzt vorliegenden

ding von Tauben und Zeisigen bei 37° C. und bei 1—12° C. etwa wie 100:235. Abhandlung bei Begründ. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1846. S. 463. Nach Letéllier wird von Vögeln, Mäusen etc. bei 0° C. um etwa 100 pCt. mehr CO<sub>2</sub> ausgeschieden als bei 30° C. etc.

- <sup>1)</sup> Regnault und Reiset fanden bei Eidechsen bei Steigerung der Temperatur von 7,3° C. auf 23,4° C. eine Steigerung der O-Aufnahme von 770 pCt. Ann. d. ch. et d. ph. XXVI. p. 483. Schulze fand bei Fröschen bei Steigerung der Körpertemperatur von 1° C. auf 33—35° C. eine Steigerung der CO<sub>2</sub>-Ausscheidung um etwa 8000 pCt. Pfl. Arch. XIV. S. 78. Pflüger fand bei curaresirten Kaninchen für je 1° C. Steigerung der Körpertemperatur ein Steigen des O-Verbrauchs um 10 pCt. Arch. f. d. ges. Physiol. XVIII. S. 303.
- <sup>2)</sup> Nach obigen Versuchen bei einer Steigerung der Zufuhr um über 10000 pCt. im Maximum um 17 pCt., in den Respirationsversuchen von Pettenkofer und Voit am Hunde etwa 15 pCt. (s. w. u.). Siehe auch Colosanti, Pfl. Arch. XIV. S. 121; Finkler, Pfl. Arch. XXIII. S. 175; Regnault und Reiset Versuch No. 20 und 21, 36 und 37, 61 und 62, Ann. d. chim. et phys. (3) XXVI; Leyden und Fraenkel, dieses Archiv Bd. 76. S. 166 und 168.

Versuchen ziemlich gleich zu sein, ob der übrige grössere Theil der Nahrung in der Form von Eiweiss oder von Fett oder von Kohlehydraten gegeben wird. Um dem Einwand zu begegnen, dass ein solcher Schluss aus der geringen Zahl von Versuchen am Menschen nicht gezogen werden dürfe, will ich nun auch noch die gesammten Fütterungsreihen von Pettenkofer und Voit aus den Jahren 1862 und 1863 vorführen und zwar des kurzen Ueberblickes halber in Curvenform. Die Berechnung der Curven ist im Anhange mitgetheilt, die Curven selbst sind wohl leicht verständlich. Im Allgemeinen ergibt sich dabei Folgendes:

An einzelnen Tagen sieht man ein spitzes unvermitteltes Ansteigen und Abfallen der Umsatzcurven. Diese unvermittelten Anstiege sind zum grössten Theil von Voit als verursacht durch Muskelunruhe des Versuchsthieres erklärt worden, müssen also bei der Betrachtung des Stoffwechsels bei Körperruhe ausgeschlossen werden. Hieher gehören die Tage: 8. Mai, 3. Aug. 1862, der 16. Febr., 8. Juni, 23. Aug. 1863 und möglicherweise auch der 21. März, 12. April 1862 und 17. März, 26. Juni, 6. und 12. Juli 1863. Lässt man daher wenigstens die erstgenannten, die schon der erste Anblick als abnorm erkennen lässt, ausser Betrachtung, so sieht man bei den bedeutenden Schwankungen der Stoffzufuhr (0,0—3100 Cal.) den Stoffumsatz (Kraftwechsel) nur in weit engeren Grenzen (900 bis 1800) schwanken. Diese Schwankung tritt aber nicht plötzlich, sondern nur ganz allmählich bei längerer Dauer einer vermehrten oder verminderten Stoffzufuhr ein. Die grössten Schwankungen von einem Tage zum anderen bei stark vermehrter oder verminderter Stoffzufuhr sind in Tabelle I, die vom 3. Juni bei Darreichung von viel Fett (Steigen des Umsatzes von 1260 auf 1440 Cal., bei einer Steigung der Zufuhr von 1270 auf 2500) in Tabelle II vom 2. Juni (Steigung von 1030 auf 1150 bei Steigung der Zufuhr von 530 auf 1600), die Schwankungen sind aber aus noch zu besprechenden Gründen wahrscheinlich viel kleiner.

Ein vollständiges Gleichgewicht zwischen Zufuhr und Verbrauch von Spannkraft ist wie man sieht, nur bei mittleren Mengen von Nahrung, in unserem Falle zwischen 1000 bis 1800 Cal. möglich.

In jenen Reihen wo mittlere Nahrungsmengen gegeben sind, sieht man jedoch das Thier nirgends vollkommen sich damit in's Gleichgewicht setzen, stets liegt die Linie des Umsatzes etwas unter

der der Zufuhr. Für dieses Verhalten kann man sich verschiedene Gründe denken. Es könnte auf einem kleinen Fehler in der Gewichtsmenge oder dem Wassergehalte der zugeführten Nahrungsmittel beruhen. Die grosse Gleichmässigkeit lässt jedoch an andere Ursachen denken. War nemlich z. B. die Temperatur des Stalles, in welchem sich der Hund an den Zwischentagen befand, etwas kühler als die Innentemperatur des Respirationskastens, worüber keine näheren Angaben vorliegen, oder bewegte sich das Thier im Stalle mehr (wegen der Grösse desselben, oder wegen der Anwesenheit anderer Hunde im gleichen Zimmer) als im Respirationsraume, so musste an den Respirationstagen etwas weniger Fett zersetzt werden, als im Gesamtdurchschnitt. Ferner wurden die Thiere an den „Nichtrespirationstagen“ 3 mal täglich in's Freie geführt, des Harnlassens wegen, während dies an den Respirationstagen gar nicht stattfand (d. h. erst nach Beendigung des Respirationsversuches), die Thiere sind nun, wenn sie aus dem Käfige in's Freie geführt werden, stets sehr bewegungslustig und aufgeregt und leisten mehr Arbeit, wenn auch allerdings nur während kurzer Zeit. Gross ist aber die Differenz zwischen Zufuhr und Verbrauch in den besprochenen Fällen ja überhaupt nicht. Wären die Hunde an den Zwischentagen ganz im Freien gewesen, so wäre eine bedeutend grössere Differenz a priori zu erwarten gewesen<sup>1)</sup>.

Ferner sieht man nach starker Vermehrung der Eiweisszufuhr stets ein Zurückbleiben der Eiweisszersetzung in den ersten Tagen, und ein analoges Verhalten d. h. Zurückbleiben der Eiweisszufuhr hinter der Zersetzung bei Verminderung der Eiweisszufuhr, was nach Voit nicht allein auf einem Wechsel in der Menge des Organeiwisses, sondern besonders auch auf einem Wechsel in der Menge des circulirenden Eiweisses beruht. Es ist aber möglich, dass es theilweise auch durch Aufspeicherung von stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten verursacht ist, die wohl eben so gut wie von ClNa oder  $\text{NH}_3$  etc. vorkommen kann<sup>2)</sup>. Ist dies aber der Fall,

<sup>1)</sup> Ist dieses richtig, so darf die an den „Respirationstagen“ gefundene Differenz zwischen Stoffzufuhr und Stoffumsatz nicht auch für die „Nichtrespirationstage“ als bestehend angenommen werden, d. h. es darf in denjenigen Reihen, wo der Stoffumsatz nur wenig unter der Stoffzufuhr liegt, nicht auf einen Fettansatz geschlossen werden.

<sup>2)</sup> Mayer, Ztschr. f. klin. Med. II. S. 34. Oppenheim, Pfl. Arch. XXIII. S. 446.



so berechnete sich an dem ersten Tage mit vermehrter Fleischfütterung eine geringere Zersetzung von Fleisch und dafür eine grössere von Fett als der Wirklichkeit entspricht; da nun der Rest des Eiweisses nach Abspaltung des Harnstoffes eine geringere Verbrennungswärme hat (7570) als das Fett (9700), so erscheint dadurch der Umsatz an den ersten Tagen vermehrter Fleischfütterung etwas grösser als der Wirklichkeit entspricht, und umgekehrt am ersten Tage der verminderten Fleischfütterung. Die Steigerung des Umsatzes ist, wie schon angeführt, auch aus dem Grunde etwas kleiner als in der Curve erscheint, weil ein Theil der eingeführten Nahrungsstoffe durch Gährungen im Darne weiter zersetzt wird, und die absolute Menge dieses Verlustes an Spannkraft durch Gährung bei vermehrter Nahrungszufuhr gewiss grösser ist, als bei kleiner, und ferner, weil nicht aller Stickstoff als Harnstoff, sondern zum Theil noch in höheren Verbindungen den Körper verlässt. Ist der Stoffwechsel durch längere Minderernährung gesunken, so sieht man beim Uebergang zu vermehrter Stoffzufuhr in Form von reinem Fleisch (5. April 1862 und 1. Juni 1863) die Curve des Gesamtstoffumsatzes sich nicht schneller heben, als wenn die vermehrte Stoffzufuhr nur in Fett besteht (3. Juni 1862).

Man sieht ferner bei Uebergang von fettreicher Nahrung zu reiner Eiweiss-Nahrung (30. Juli — 8. Aug. 1862 und 1. April — 13. April 1863), wenn damit ein Sinken der Stoffzufuhr, unter den bisherigen Stoffumsatz (Kraftwechsel) verbunden ist, stets auch den Stoffumsatz sinken etc. Nirgends sieht man, dass z. B. bei Fettzufuhr der Stoffumsatz (Kraftwechsel) geringer ist, als bei reiner Eiweisszufuhr <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Die vorliegenden Berechnungen, die zum Theil schon vor länger als einem Jahre gemacht worden sind unter Benutzung der Frankland'schen etc. Verbrennungswärmen, waren fertig, als mir die Untersuchungen von Finkler, über Stoffumsatz bei Inanition, zu Gesicht kamen (Pfl. Arch. XXIII. S. 175 bis 202). Finkler fand, dass die Inanition keinen Einfluss auf die Höhe des Stoffwechsels habe, was doch wohl auch so viel heisst, als dass Nahrungszufuhr keinen Einfluss auf die Höhe des Stoffwechsels habe. Ich denke, dass die vorliegenden Berechnungen die beste Bestätigung dieses Satzes sind, ja ich halte sie für noch beweisender, da man einerseits aus ihnen ersehen kann, wie weit und wodurch Nahrungszufuhr Einfluss auf den Stoffumsatz hat und da zweitens die Versuche bei der verschiedensten Nahrungszufuhr sämtliche Einnahmen und Ausgaben während längerer Zeit überblicken lassen,

2) Die relativ geringen Aenderungen im Stoffumsatze nach Nahrungszufuhr, wie sie sich in den angeführten Versuchsreihen zeigen, deuten wohl darauf hin, dass zwischen Art und Menge der Nahrung und der Höhe des Stoffumsatzes keine directe Beziehung besteht, etwa derart, dass von den Zellen einfach mehr zersetzt wird, wenn mehr zugeführt wird, ohne dass im Protoplasma selbst eine Aenderung vor sich geht. Der Umstand, dass das Steigen oder Fallen des Kraftwechsels bei Veränderung der Nahrungszufuhr mehrere Tage lang dauert, also allmählich sich vollzieht, ist wohl nur durch eine Zustandsänderung der Zellen erklärbar, die unter dem Einflusse der veränderten Nahrungsverhältnisse allmählich vor sich geht.

Der Vorgang der Verbrennung der Nährstoffe in der Zelle ist vielleicht vergleichbar dem Ausfliessen von Wasser aus einem hohen oben offenen Gefässe, dessen am unteren Ende angebrachte Ausflussöffnung viel enger ist als die Einflussöffnung, so dass das Wasser im Gefässe erst auf eine gewisse Höhe steigen muss, bis sich endlich durch den wachsenden hydrostatischen Druck Einfluss und Ausfluss das Gleichgewicht halten; Vermehrung oder Verminderung des einfließenden Wassers bringt dann nicht direct Vermehrung oder Verminderung der ausfließenden Wassermenge zu Stande, sondern

und da drittens die einzelnen Versuche nicht 1—2 Stunden wie bei Finkler, sondern 24 Stunden des Tages umfassen. Die Finkler'schen Versuche scheinen mir deshalb nicht so strenge beweisend, weil die Thiere Pflanzenfresser waren, die in den ersten Hungertagen noch resorbirbare Nahrung im Darne haben, und weil nur wenige Stunden täglich der O-Verbrauch bestimmt wurde. Es wäre immerhin denkbar gewesen, dass die Thiere an den späteren Tagen, gerade weil sie hungerten, anfangs unruhiger wurden, wenn sie aus der gewohnten Umgebung (dem futterlosen Stalle) in die neue Umgebung kamen. Dass in geringerem Grade dieses Moment in der That eingewirkt hat, ist wahrscheinlich, weil die Versuche Pettenkofer's und Voit's ein bedeutend rascheres Absinken des Stoffwechsels bei Inanition ergeben. Uebrigens haben Pettenkofer und Voit schon bei Berechnung ihrer Respirationsversuche am Menschen ausgesprochen, dass die Nahrungszufuhr nur einen kleinen Einfluss auf den O-Verbrauch habe, dass dieser hauptsächlich bedingt werde durch die Menge von Organeiwiss, d. h. durch den Ernährungszustand.

<sup>1)</sup> Es handelt sich hier nur um die Höhe des Gesamtstoffwechsels, nicht um die Zersetzung einzelner Stoffe, z. B. S des Eiweisses, diese, d. h. die Harnstoffausscheidung hängt allerdings von der Eiweisszufuhr ab, aber entsprechend der vermehrten Eiweisszersetzung wird eben weniger Fett zersetzt etc.

nur ganz allmählich durch Vermittelung des steigenden oder fallenden hydrostatischen Drucks. Die Wassermenge im Gefässe resp. der hydrostatische Druck würde in diesem Falle dem Ernährungs- und Erregungszustande der Zellen [der intramolecularen Wärme]<sup>1)</sup> entsprechen.

Veränderungen im Zustande des Körpers nach Nahrungszufuhr, welche Steigerung des Umsatzes mit sich bringen, kennen wir ja verschiedene, so besonders Veränderung des Ernährungszustandes der Körperzellen selbst, ferner gesteigerte Drüsenhätigkeit, vermehrte Darm- und Herzarbeit, und vielleicht bewirkt auch die durch Vergrösserung der Blutmenge vermehrte Blutcirculation in der äussern Haut indirect einen vermehrten Umsatz.

Zwei Umstände könnte man als im Widerspruch mit dem eben Gesagten stehend ansehen, nemlich a. die thatsächlich beobachtete starke Steigerung der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung kurz nach der Nahrungsaufnahme, die grösser zu sein scheint, als dass sie allein durch die oben angegebenen Momente erklärt werden könnte, und ferner b. die Thatsache, dass bei Veränderung der Nahrungszufuhr die Veränderung im Umsatze am ersten Tage häufig ungleich grösser ist als an den folgenden Tagen, an welchen sie meist viel weniger und gleichmässiger zu- resp. abnimmt. Ich muss deshalb beide Punkte kurz besprechen.

a) Die grössten Schwankungen in der Nährstoffzufuhr zu den Körperzellen entstehen gewiss durch die tägliche Nahrungsaufnahme. Da die zugeführte Nahrung schon nach wenigen Stunden zum grossen Theile resorbirt ist, so steht der Körper einmal unter dem Einflusse einer überreichlichen Zufuhr von aus dem Darm resorbirten Stoffen und bald darauf unter dem Einflusse kärglicher oder mangelnder Zufuhr aus dem Darmkanale. Wenn Nahrungszufuhr also einen irgend bedeutenden directen Einfluss auf die Zersetzung hat, so muss er sich hier ganz exorbitant zeigen. Bei den von Vierordt<sup>2)</sup> angegebenen Zahlen über die stündliche  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung beträgt aber die grösste Steigerung der  $\text{CO}_2$ -Menge nach Nahrungszufuhr nur 29 pCt. Bedenkt man aber, dass die Kohlehydrate der Nahrung (auch das Eiweiss) wohl früher resorbirt werden als das Fett, dass also der Stoff- und Kraftwechsel anfangs wohl hauptsächlich durch

<sup>1)</sup> Pflüger, Arch. für die ges. Physiol. X.

<sup>2)</sup> Vierordt, Physiologie des Athmens. S. 70.

die Zersetzung von Fett unterhalten wird, und dass bei gleichbleibender Wärmebildung durch die Zuckerverbrennung um 28 pCt. mehr  $\text{CO}_2$  geliefert wird (Eiweiss um 17,0 pCt.) als bei Verbrennung von Fett, so beweist ein anfängliches Steigen des  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung um 29 pCt. noch nicht einmal, dass überhaupt eine Steigerung des Kraftwechsels besteht. Die anfängliche Vermehrung der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung nach Nahrungsaufnahme muss aber noch grösser werden, wenn etwa Anfangs aus dem Eiweiss der Nahrung (oder gar aus den Kohlehydraten) Fett gebildet wird<sup>1)</sup>, das dann erst später verbrannt wird.

Aber bei Betrachtung der Versuche von Panum, Voit, Feder etc. über stündliche Stickstoffausscheidung nach Nahrungsaufnahme muss man geradezu als nothwendig schliessen, dass in der That aus dem Eiweiss anfänglich ein stickstofffreier Körper, also entweder Glycogen oder Fett gebildet wird, welches dann erst in den späteren Tagesstunden zerfällt. So scheidet z. B. in einem Versuche Feder's der 25 Kgr. schwere Hund, nachdem er durch längere Fütterung mit 1000 Grm. Fleisch vollkommen in's Gleichgewicht gekommen war, nach 22 stündigem Fasten nur 0,515 N pro Stunde aus, in der 7. und 8. Stunde nach der Nahrungsaufnahme aber 2,25, also eine Menge die sich zu ersterer wie 420 : 100 verhält. Wird man es für möglich halten, dass der Gesamtstoffwechsel, dessen tägliche Grösse durch (einmalige) Nahrungszufuhr oder Hunger fast nicht geändert wird, doch im Verlaufe von 24 Stunden so enormen Schwankungen unterliege? In diesem Falle würde der Gesamtstoffwechsel des betreffenden Hundes nach 22 stündigem Fasten auf die Verbrennung von 371 Grm. frisches Fleisch pro Tag herabgesunken sein (= 0,515 N pro Stunde), dies ergäbe 397 Cal. für den 25 Kgr. schweren Hund oder 15,9 Cal. pro Kilo, während der doch viel grössere Hund von Pettenkofer und Voit im Jahre 1862 nach 10 tägigem Hunger noch 29 Cal. pro Kilo verbrauchte. Da man unmöglich annehmen kann, dass der kleinere Hund von Feder am Schlusse eines Fütterungstages, an dem er volle Nahrung erhielt, schon auf die Hälfte des Stoffwechsels pro Kilo herabgesunken sei, den der Hund von Pettenkofer und Voit nach

<sup>1)</sup> Für je 10 Grm. aus Eiweiss gebildetes Fett würden etwa 47,7 Grm.  $\text{CO}_2$  ausgeschieden (für Bildung von 100 Fett aus Kohlehydraten 79 Grm.  $\text{CO}_2$ ), für welche absolut keine Wärmebildung im Körper in Rechnung kommt.

10 tägigem Hunger erreichte, so muss man also nothwendig schliessen, dass bei Beginn der Resorption zwar das Eiweiss gespalten, jedoch nicht vollkommen zersetzt wird, sondern dass der stickstofflose Rest als Glycogen oder Fett aufgespeichert und dann in den späteren Stunden zersetzt werde. Es geschieht dies nun wohl ebenso nach jeder eiweissreichen Nahrung, die wir einnehmen.

Dass eine analoge Aufspeicherung (als Glycogen oder Fett) auch bei den Kohlehydraten vorkommt, zeigt in ähnlicher Weise wie oben ein Vergleich der Respirationsversuche am Menschen bei Hunger und bei der stickstofffreien Kost, die zum grössten Theil aus Kohlehydraten bestand, und bei welcher der Verbrauch mit der Zufuhr ziemlich im Gleichgewicht stand, und dabei nicht grösser war als bei vollständigem Hunger.

Nimmt man an, dass die mittlere Steigerung der Wärmebildung von 7 pCt. bei Nahrungszufuhr beim Menschen (s. o.) hauptsächlich durch die Arbeit bei der Verdauung bewirkt werde, also sich auf wenige Stunden beschränke, so ist dadurch schon allein eine Steigerung von 29 pCt. (s. oben) der  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung in den ersten Stunden nach Nahrungsaufnahme sehr erklärlich<sup>1)</sup>.

b. Der Umstand, dass die Aenderung in der Wärmebildung am ersten Tage nach der Aenderung in der Stoffzufuhr eine viel bedeutendere ist als an den späteren Tagen, beweist ebenfalls nicht, dass neben der Wirkung der Zustandsänderung noch ein directer Einfluss der Nahrung vorhanden ist; er lässt sich auch erklären, wenn man nur die Zustandsänderung allein als wirksames Moment gelten lässt, ja er erscheint unter dieser Annahme als etwas zum Theil Nothwendiges. Es kommt hier einmal die durch Nahrungszufuhr bedingte Vermehrung der Thätigkeit von Darm, Drüsen, Herz etc. in Betracht. Ebenso der Verlust von Spannkraft in Form von höheren Verbindungen im Harn, und durch Gährungen, Fäulniss etc. im Darne. Man könnte es zwar für unberechtigt halten, die Wärme, die bei den Spaltungen im Darne frei wird, von der Gesamtmenge der gebildeten Wärme in Abzug zu bringen, da sie ja doch auch dem Körper zu gute komme. Die Wärme die bei diesen Spaltungen im Darne frei wird, theilt sich zwar selbstver-

<sup>1)</sup> Doch wirkt bei der Erhöhung des Stoffwechsels jedenfalls auch die Aenderung des Ernährungszustandes mehr oder weniger bedeutend mit.

ständig durch die Darmwandungen dem Körper mit, und kann unter Umständen, z. B. wenn der Körper Wärmebedürfniss hat, die Zersetzung im Körper vielleicht um die entsprechende Grösse vermindern, im Allgemeinen aber, und besonders wenn der Körper kein Wärmebedürfniss hat, kann man nicht sagen, dass von aussen zugeleitete Wärme an die Stelle der in den Körperzellen selbst durch die Lebensthätigkeit des Protoplasmas frei werdenden lebendigen Kraft treten könne; die Menge der letzteren scheint vielmehr unter normalen Aussenverhältnissen und bei vollkommener Ruhe des Körpers in enger Beziehung zu stehen zu dem (Ernährungs- und Leistungs-) Zustande der Zellen und jedenfalls nur in geringem Grade, wenn überhaupt, vertretbar zu sein durch Wärmezuleitung von aussen. Der letztere Punkt ist besonders von Voit<sup>1)</sup> betont und klar gelegt worden. Darnach hat bei normalen Aussenverhältnissen die temporäre Zuleitung einer gewissen nicht zu grossen Menge Wärme von Aussen, oder was das Gleiche ist, theilweise Erschwerung der Wärmeabgabe, nicht eine entsprechende Verminderung der Wärmebildung im Körper zur Folge, sondern hauptsächlich eine Vermehrung der Wärmeabgabe anderer Theile oder auf anderem Wege (z. B. Verdunstung)<sup>2)</sup>. Es muss deshalb, wenn man lediglich die durch Nahrungszufuhr zu den Körperzellen bedingte Steigerung des Kraftwechsels erfahren will, die durch Gährung etc. im Darne bedingte Wärmetönung ebenso wie die Wärmezufuhr durch heisse Getränke im Allgemeinen von der Gesamtwärmebildung in Abzug gebracht werden, da, wenn kein directes Wärmebedürfniss des Körpers gegeben ist, die Gesamtzersetzung durch die Wärmebildung im Darne jedenfalls nur in kleinem, der

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. Biologie. XIV. S. 70 u. f.

<sup>2)</sup> Man könnte überhaupt glauben, dass der Körper (geringe und) kurzdauernde Aenderungen in den äusseren Wärmeabgabeverhältnissen hauptsächlich nur durch Aenderungen der eigenen Wärmeabgabeverhältnisse ausgleicht, wozu er je eine besondere Einrichtung hat, stärkere und länger dauernde aber durch Aenderung der Wärmebildung. Da aber über diesen Punkt bis jetzt nur sehr spärliche werthbare experimentelle Angaben vorliegen (s. Finkler, Pflüger's Archiv XV. S. 603, Vergleich der Wärmebildung bei dem gleichen Temperaturgrad im Winter und im Sommer), so lässt sich einstweilen darüber nichts Sicheres sagen, wenn auch vom Nützlichkeitsstandpunkte aus eine derartige Verwendung der gegebenen Regulationseinrichtungen als sehr logisch erscheinen müsste.

Menge der zugeleiteten Wärme nicht entsprechendem, Grade beeinflusst wird.

Ein weiteres Moment das auf das Zustandekommen der grösseren Veränderung in der Wärmebildung am ersten Tage der veränderten Nahrungszufuhr Einfluss hat, ist das Folgende: Der Umsatz bei Ruhe hat offenbar eine obere durch das Wachsthum, das Bedürfniss etc. der Zelle gegebene Grenze hat, in deren Nähe auch die stärstmögliche Nahrungszufuhr nur einen unbedeutenden Einfluss noch hat, und ebenso eine untere Grenze, die durch den Verbrauch für die zum Leben nothwendigen Functionen und für den Ersatz der Wärmeverluste durch äussere Abkühlung gegeben ist, wenn nun der Umsatz sich schon in der Nähe einer dieser beiden Grenzen bewegt, so muss eine Aenderung der Stoffzufuhr in der Richtung nach diesen Grenzen hin von viel geringerem Einfluss sein als in umgekehrter Richtung und als bei einem mittleren Stande des Umsatzes. Es muss also die Aenderung in den ersten Tagen grösser sein als in den folgenden. Auch zwischen der Masse des Organisirten (dem Ernährungszustande der Zellen) und dem Umsatze kann man sich kaum ein einfaches Verhältniss vorstellen; dies ergibt sich schon aus der Thatsache, dass in den angeführten Versuchen Pettenkofer's und Voit's [und den Mästungsversuchen Henneberg's<sup>1)</sup>] die grössten Schwankungen der Organmasse nur  $\pm 4$  pCt. — 5 pCt. betragen, während die Schwankungen des Stoffumsatzes in den Versuchen Pettenkofer's und Voit's nahezu  $\pm 40$  pCt. betragen. Also kleine Aenderungen des mittleren „Ernährungszustandes“ der Zellen bedingen schon grosse Aenderungen im Umsatze; je näher der unteren Grenze (der zum Leben absolut nothwendigen Wärmebildung) der Stoffumsatz sich schon befindet, um so geringer wird die Aenderung des Stoffumsatzes durch weitere Abnahme im Ernährungszustande der Zellen sein. (Dies Alles natürlich nur bei sonst ganz gleichen Lebensbedingungen.)

3) Wie rasch bei verschiedenen Thieren und verschiedenen Ernährungsverhältnissen die Zustandsänderung des Körpers auf Veränderung der Nahrungszufuhr folgt, d. h. wie gross die Aenderung des Verbrauchs nach Aenderung der Zufuhr in der Zeiteinheit ist, darüber können uns in exacter Weise erst künftige Versuche auf-

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. Biologie. 1882.

klären. A priori muss man aber erwarten, dass sie bei Thieren, welchen viel Körperfett zur Verfügung steht, kleiner ist als bei sehr mageren Thieren, und dass sie bei Thieren, die einen grösseren Stoffwechsel (auf die Körpergewichtseinheit bezogen) haben, rascher eintritt, als bei solchen, die einen niedrigeren Stoffwechsel haben, dass sie also grösser ist bei kleinen, jungen etc. Thieren. Beim 64 Kilo schweren gutgenährten Menschen zeigte sie sich in der That viel kleiner als beim 34 Kilo schweren Hunde.

Möglicherweise ist bei den stärkeren Schwankungen des Stoffwechsels des Hundes im Jahre 1861 ausser dem Momente der grösseren Lebhaftigkeit auch die grosse Jugend desselben von Einfluss gewesen<sup>1)</sup>. Ich habe Grund zu glauben, dass bei jungen Thieren Aenderungen im Zustande der Zellen viel rascher eintreten als bei alten Thieren. Zu dieser Annahme bringt mich besonders ein Versuch mit jungen Hunden, bei welchen ich allerdings, da er einstweilen nur ein Vorversuch sein soll, keine Bestimmung der N- und CO<sub>2</sub>-Ausscheidung gemacht habe, der aber trotzdem mit ziemlicher Sicherheit die Richtigkeit der obigen Annahme erkennen lässt. Ich habe von 2 jungen 5 Wochen alten Hunden gleichen Gewichts (3,2 Kgrm.), gleichen Wurfs, gleichen Geschlechts (männlich) und grosser Race nach einigen Tagen gleicher Fütterung den einen plötzlich auf  $\frac{1}{3}$  der Nahrungszufuhr des andern gesetzt. Jetzt (Mitte Februar) nach 8 monatlicher Fütterung (wobei also stets der eine Hund genau  $\frac{1}{3}$  der Nahrungszufuhr des anderen erhielt) hat der eine von 3,3 Kgrm. auf 28,2 Kgrm., der andere von 3,4 Kgrm. auf 9,4 Kgrm. zugenommen<sup>2)</sup>, seit 4 Wochen ist das Gewicht nahezu das Gleiche geblieben, es zersetzt also der eine Hund etwa (nicht ganz) 3 mal so viel als der andere. Nun liegen keine Beispiele vor von der Möglichkeit, bei einem erwachsenen Thier durch blosse

<sup>1)</sup> Dass das erstere, von Pettenkofer und Voit hervorgehobene Moment, aber jedenfalls das hauptsächlichste war, ergibt sich besonders aus den Versuchen vom 16.—18. Mai 1861, bei welchen die enorme Steigerung des Umsatzes lediglich nach Vermehrung der Fettzufuhr auftritt, eine Thatsache, die nach allen bestehenden Theorien eben durch nichts anderes als vermehrte Muskelthätigkeit zu erklären ist.

<sup>2)</sup> Der besser gefütterte Hund ist sicher fettreicher als der andere, aber lange nicht so viel um das grössere Gewicht aufklären zu können: Am 3. December verhielten sich die 3. Potenzen der Länge beider Hunde wie 1:2,2, während sich die Gewichte wie 1:2,8 verhielten.



Fütterung einen derartigen Unterschied in dem Umsatz zu erzielen, so dass bei vollkommen gleichen äusseren Verhältnissen das eine Thier (gleicher Race) dreimal mehr zersetzt, als das andere. Ein ausgewachsenes Individuum würde sich kaum (s. die lange Reihe mit 500 Fleisch im Jahre 1863) mit  $\frac{1}{3}$  seiner gewöhnlichen Nahrungszufuhr in's Gleichgewicht<sup>1)</sup> setzen, oder es würde zum Mindesten äusserst lange Zeit dazu brauchen. Dagegen war bei meinem schlecht gefütterten Hunde die Anpassung an die geringe Nahrungszufuhr schon nach 8 Tagen erreicht! 5 Tage lang nahm er langsam an Gewicht ab (0,1 Kgrm.), blieb dann 3 Tage lang gleich, um von da ab wieder langsam an Gewicht zuzunehmen, und zwar täglich um etwa 40 Grm.<sup>2)</sup>, während der besser gefütterte um 155 Grm. täglich zunahm. (Vor Eintritt der Aenderung in der Fütterung nahm der später reichlich gefütterte Hund in 2 Tagen im Ganzen um 250 Grm., der andere um 260 Grm. zu) die Nahrung war vor Beginn der Aenderung in der Fütterung für beide Hunde = 1220 Cal., in den folgenden 8 Tagen 1270 resp. 420 Cal., und in den nächstfolgenden 9 Tagen, während welchen der jetzt kleinere Hund um 373 Grm., der grössere um 1570 Grm. zunahm: 1470 resp. 490. Heute (Mitte Februar) beträgt die Nahrung seit 4 Wochen 2270 resp. 757 Cal. Ich kann mir dies Verhalten nur dadurch erklären, dass bei jungen Thieren der Zellenzustand sich leichter und rascher der täglichen Nahrungszufuhr anpasst, als bei älteren Thieren.

Auch wenn man annimmt, dass die Zunahme des schlechter genährten Hundes anfangs lediglich in Wasser bestanden habe, und dass der Hund dabei Fett abgegeben habe, so könnte man die grosse Aenderung des Zellenzustandes höchstens auf einige Wochen ausdehnen, da vom 8. Tage der Aenderung der Zufuhr an der Hund täglich ganz gleichmässig um 30—50 Grm. zunahm, während der besser genährte ebenso gleichmässig um 120—150 täglich schwerer wurde.

<sup>1)</sup> Bei wachsenden Thieren kann man nicht von einem Gleichgewicht reden, der normale Zustand des wachsenden Thieres, der dem Gleichgewicht des Ausgewachsenen entspricht, ist hier der, wenn es gleichmässig die mittlere normale Menge ansetzt.

<sup>2)</sup> Es ist dies der beste Beweis, dass wirklich eine Zustandsänderung der Zellen eintrat, anders wäre es nicht zu erklären, warum nicht die 40 Grm. Fleisch oder Fett auch noch zersetzt wurden,

Als Beispiel für die relativ rasche Zustandänderung der Zellen bei kleinen und abgemagerten Thieren können die von Boussingault vor längerer Zeit gemachten Versuche an Tauben gelten, wenn sie auch; der damaligen Zeit entsprechend, mit nicht ganz fehlerfreien Methoden angestellt wurden. Boussingault<sup>1)</sup> fand bei einer Taube nach 9 tägigem Hunger bei Wiederbeginn der Ernährung mit Hirse an den einzelnen Tagen folgende Zunahme des Körpergewichts und folgende CO<sub>2</sub>-Ausscheidung pro Stunde:

	Gewicht	Kohlenstoff pro Stunde
vor dem Hunger . . . . .	175,6	0,232
nach 9tägigem Hunger . . . . .	112,5	—
24 Std. nach Beginn der Fütterung	—	0,168
48 - - - - -	—	0,206
72 - - - - -	143,7	0,249
84 - - - - -	—	—
96 - - - - -	144,5	—
120 - - - - -	148	—
132 - - - - -	—	0,259

Hier wurde Anfangs bei geringer CO<sub>2</sub>-Ausscheidung viel mehr angesetzt als später, was nur durch einen verschiedenen Zustand der zersetzenden Zellen bewirkt sein konnte, der sich hier also sehr rasch wieder änderte.

Zur Erklärung der relativ grossen Unabhängigkeit des Umsatzes von einmaliger Nahrungszufuhr, wie sie bei grösseren Thieren trotz der ungemeinen Mannichfaltigkeit der Oxydationen und Reductionen, die in einer Zelle möglich sind, sich zeigt, muss man wohl auch annehmen, dass die Zersetzung der Nährstoffe nicht auch in grösserer Entfernung vom lebenden Protoplasma geschieht, sondern entweder nach directer Verbindung der Nährstoffe mit dem Protoplasma, oder doch nur in der dem Protoplasma unmittelbar anliegenden Molecularschicht durch wechselseitige Umsetzung mit demselben vor sich geht.

4) Bekanntlich verliert der Körper auch bei reichlicher Zufuhr von Kohlehydraten und Fetten stets etwas Stickstoff in Folge der im Protoplasma vorsichgehenden Umsetzungen und giebt auch Salze von sich her. Daraus folgt also, dass eine gewisse Menge von Salzen und Eiweiss, oder von Stoffen, aus welchen Eiweiss gebildet werden kann, in der Nahrung stets nothwendig ist, und dies in

<sup>1)</sup> Ann. de chim. et phys. 3. ser. 1844. p. 451, vergl. auch p. 449.

vermehrtem Grade, wenn der Körper an Organmasse zunehmen soll. Ist aber eine zur Erhaltung und zum Ansatz nothwendige Menge<sup>1)</sup> gegeben, so scheint es wie gesagt für die Menge der übrigen Stoffzufuhr in Bezug auf die Quantität des Stoff- und Kraftwechsels, auf Stoffansatz und Stoffumsatz ziemlich (vielleicht nicht ganz, es lässt sich dies nach den bis heute vorliegenden Versuchen nicht vollkommen exact aussprechen) gleichgültig, ob sie aus Fett, Kohlehydrate oder Eiweiss besteht.

Zu dem gleichen Schlusse kamen auch schon Gilbert und Lawes (Phil. Transact. Bd. 160, S. 541, 554—555) auf Grund ihrer ausgedehnten Versuche über die Gewichtszunahme bei der Mästung von Schaafen, Schweinen, Bullen etc. Zu den verschiedenen Nahrungsmitteln, die sie gaben, schwankte der N-Gehalt um mehr als das Doppelte, trotzdem konnten sie keine deutlichen Verschiedenheiten im Wachsthum der Thiere beobachten. Bei der gewöhnlichen Art der Fütterung sei ein etwas grösserer oder geringerer N-Gehalt der Nahrung ohne Bedeutung. It has been found, indeed, that, as our current fattening food-stuffs go, the increase in weight is more in proportion to the amount of digestible non-nitrogenous, or total dry organic substance, than to that of the nitrogenous compounds consumed.... The proportion of the nitrogenous matters in the increase is, there is little doubt, much more affected by the age and habits of the animal, than by the proportion (if not below a certain limit) of the nitrogenous constituents in the food.

Die starken Schwankungen in der Eiweisszersetzung bei wechseln-der Eiweisszufuhr stehen nun, wie ich meine, gerade im Zusammenhang mit der Thatsache der relativ geringen Schwankung in der Höhe der Gesamtzersetzung. Es musste offenbar für den Organismus von grossem Vortheil sein, dass der Zerfall der Spannkraft haltenden Stoffe — der Umsatz von Spannkraft in lebendige Kraft, — möglichst unabhängig sei von dem Zufall der wechselnden Nahrungszufuhr und möglichst allein abhängig von dem jeweiligen Bedürfniss des Organismus. Da es nun nach vielerlei Beobachtungen sicher scheint, dass ceteris paribus ein Wachsthum des lebenden Protoplasmas stets eine Steigerung des Umsatzes mit sich bringt,

<sup>1)</sup> Bei verschiedener Organmasse verschieden grosse Menge.

und umgekehrt, so musste es für den Körper von Vortheil sein, dass sein Organbestand d. h. die Menge des Organeiwisses möglichst wenig Schwankungen unterliege, nicht etwa fortwährend auf und abschwanke mit der wechselnden Zufuhr von Eiweiss, sondern sich in irgend bedeutendem Grade nur dann ändere, wenn längere Zeit dauernd mehr resp. weniger Nährstoffe zugeführt werden. Mit der Annahme, dass der Körper (vielleicht erst im Laufe der Entwicklung) eine derartige Organisation erworben habe, treten meines Erachtens die Erscheinungen des Stoffwechsels zu einem mehr einheitlichen Bilde zusammen. Für den eigentlichen Chemismus der Zersetzung ist damit ja keine Erklärung gegeben, sondern nur ein Hinweis auf welchem Wege die Erklärung gesucht werden müsse, indem eine Eigenthümlichkeit des lebenden Protoplasmas der Körperzellen constatirt, resp. mehr oder weniger wahrscheinlich gemacht ist <sup>1)</sup>). Erhält der Organismus also plötzlich mehr Eiweiss zur übrigen Nahrung, so setzt er dasselbe nur zum kleinen Theile an, der Rest wird jedoch nicht verbraucht, sondern der gesammte werthvolle Theil derselben als Fett oder Glycogen etc. angesetzt und nur der für den Körper nutzlose N-haltige Rest als Harnstoff abgespalten <sup>2)</sup>). Umgekehrt: erhält der Körper bei gleichbleibender übriger Nahrung plötzlich weniger Eiweiss, so zersetzt er nicht um ebensoviel mehr vom

<sup>1)</sup> In den Untersuchungen Pettenkofer's und Voit's über den Stoffwechsel beim Hunde aus den Jahren 1862 und 1863 schwankt in beiden Reihen die Menge des Organeiwisses, einen mittleren Stand angenommen, nur um etwa  $\pm 4-5$  pCt.

Bei den jüngst publicirten Härtungsversuchen Henneberg's an Hammeln stieg das Körpergewicht, wenn man das Gewicht des ungemästeten Thieres

$$= 100 \text{ setzt, auf } 123 \text{ resp. } 138,$$

die Fettmenge stieg von 100 - 282 - 358,

während die Fleischmenge von 100 nur - 102 - 106 stieg, was also auch eine Schwankung von  $\pm 3$  pCt. bedeutet.

Auch in den Versuchen von Gilbert und Lawes zeigt sich vielfach das Gleiche, obwohl diese Forscher offenbar zum Theil verschieden grosse Thiere von verschiedener Zucht und verschiedenem Alter zur Vergleichung gewählt haben; so zeigt der „fette“ Ochs bei fast viermal so grosser Fettmenge die gleiche Stickstoffmenge am Körper wie der „halbfette“ Ochs etc.

<sup>2)</sup> Der Rest, der nach Abzug des Harnstoffes von 1 Grm. Eiweiss bleibt, hat 5050 Cal. übrig, während die 0,519 Grm. Fett, die sich nach der Theorie Henneberg's und Voit's daraus abspalten können, 5034 erfordern, so dass also bei dieser Spaltung nur 16 Cal. in Wegfall kommen.

Körpereiwiss, sondern ergibt mehr Fett zur Zersetzung her und gleicht so die Differenz zum grössten Theile aus. Bleibt bei gleicher übriger Nahrung die Eiweissmenge constant erhöht, oder vermindert, so dauert der Ansatz resp. die Abgabe längere Zeit an und langsam mit der Vermehrung oder Verminderung des Organisirten nimmt auch der Stoffwechsel entweder zu oder ab. Doch ist natürlich Nahrungszufuhr nicht das einzig Bestimmende für das Wachsthum des lebenden Protoplasmas.

Dass bei gegebener Eiweissmenge nur der Bedarf des Protoplasmas und nicht z. B. auch die Schnelligkeit der Circulation von Einfluss auf die Eiweisszersetzung ist, zeigt besonders das Verhalten der Eiweisszersetzung bei Arbeit und bei wachsendem Organismus, wobei trotz der stark beschleunigten Circulation im ersteren Falle nicht mehr Stickstoff, im zweiten sogar relativ weniger Stickstoff als bei Ruhe und beim Erwachsenen ausgeschieden wird.

Da bei steigender Eiweisszufuhr also nur ein geringer Theil angesetzt werden kann, und bei fallender Eiweisszufuhr nur ein geringer Theil von der Organmasse hergegeben wird, so zeigt die Curve der Eiweisszersetzung ziemlich die gleiche Eigenschaft wie die (nicht ausgeführte) Curve der Kohlehydratzersetzung. Von Kohlehydraten ist ein Ansatz (als Glycogen) in noch kleinerem Maasse als bei Eiweiss möglich. Beide Curven und besonders die (nicht gezeichnete) Kohlehydratcurve folgen also ziemlich genau der Curve der entsprechenden Zufuhr. Auch bei kohlehydratfreier Nahrung wird nicht der ganze Kohlehydratvorrath des Körpers verbraucht, sondern der Körper behält bekanntlich bei guter Ernährung stets einen gewissen Gehalt von Glycogen, während mit neuer Zufuhr von Kohlehydraten in die Säftemasse sofort, wie beim Eiweiss, eine Steigerung der Kohlehydratzersetzung eintritt. Was an Eiweiss oder Kohlehydraten mehr eingeführt wird, als dem Stoffgleichgewicht des Körpers entspricht, wird in schwerlösliche Verbindung gebracht und (für schlechtere Zeiten mit verminderter Nahrung, vermehrter Arbeit, Winterkälte etc.) als Fett aufbewahrt (zum kleinen Theil auch als Eiweiss oder Glycogen). Es bietet dies dem Körper den grossen Vortheil, dass die gleiche Menge von Spannkraft in der Form von Fett in 9mal kleinerem Volum als in der Form von Fleisch vorhanden ist; in der Form von Fleisch würde die Zelle bei gleichem Volum nur den 9. Theil von Spannkraft ansetzen können und nur die Hälfte in der Form von Kohlehydraten.

Was an Eiweiss und Kohlehydraten weniger eingeführt wird, als dem Stoffbedürfniss entspricht, wird fast ganz durch Zersetzung des angesammelten (oder mit der Nahrung gereichten) Fettes ausgeglichen<sup>1)</sup>. Es ist dies jedoch nicht nothwendig so zu verstehen, als ob Fett später oder schwerer als Eiweiss und Kohlehydrate zersetzt würde; das besprochene Verhalten sagt gar nichts über die Zeit und die Leichtigkeit der Zersetzung irgend eines der drei Stoffe aus, es könnte ebensowohl das Fett zuerst und am leichtesten, ja selbst allein zersetzt werden, dann würde eben aus dem zugleich gereichten Eiweiss und Kohlehydrate die gleiche Menge Fettes wieder gebildet und angesetzt werden. Das besprochene Verhalten sagt nur aus, dass die Differenz zwischen Stoffzufuhr und Stoffverbrauch zum grössten Theile am Körperfett ausgeglichen wird durch Abgabe oder Ansatz; es lässt jedoch keine Entscheidung darüber zu, was zuerst und leichter angegriffen wird und es ist sehr unwahrscheinlich, dass hier überhaupt ein Unterschied zwischen den Nahrungstoffen besteht. Denn man muss doch wohl annehmen, dass — ebenso wie das Glycogen nicht von aussen in die Zellen hinein diffundirt, sondern offenbar erst in den Zellen entsteht — so auch das Fett nicht einfach in die Zellen diffundirt oder mechanisch hineingepresst wird (ausgenommen vielleicht die Zellen mit amöboiden

<sup>1)</sup> Das angesetzte Fett steht dem Körper, allerdings mit gewissen Grenzen, stets zur Verfügung, der Stoffwechsel eines fettreichen Körpers ist daher ziemlich gleich dem Stoffwechsel eines Thieres, das zur übrigen Nahrung noch viel Fett dazu erhält. Man darf sich das abgelagerte Fett nicht wohl als einfach ruhend (im statischen Gleichgewicht) vorstellen, sondern so, dass ein kleiner Theil die Zellen verlässt und circulirt (in irgend welcher Form) und ein anderer wieder eintritt, dass also nur eine Art von dynamischem Gleichgewicht existirt. Bei Hunger etc. kann dann die Abgabe von Fett aus den Fettzellen noch durch besondere nervöse oder trophische Einwirkungen gesteigert werden.

Ein fetter Organismus, der nur mit Fleisch ernährt wird, vermag also seinen Organeiweissbestand und damit seinen Kraftwechsel auf voller Höhe zu erhalten, obwohl bei reiner Fleischnahrung im Mittel viel weniger Spannkraft zugeführt werden kann als bei gemischter Nahrung (wegen der geringen Verbrennungswärme des Fleisches). Die Zufuhr von Fleisch giebt die Möglichkeit die Fleischmasse des Thieres zu erhalten, während der Umsatz zum grossen Theil auf Kosten des angesetzten Fettes vor sich geht. Das Resultat ist eine Abnahme von Fett bei vollkommen erhaltener Eiweissmenge (Bantingcur).

Bewegungen) sondern dass es selbst bei den Fettzellen durch eine active Thätigkeit des lebenden Protoplasmas aufgenommen und im Innern bei Ueberfluss an Ernährungsmaterial wieder abgeschieden wird. Verhält sich dies aber so, so tritt also das gesammte durch die Nahrung gegebene Stoffmaterial in Verbindung und chemische Umsetzung mit dem Organisirten, und wird dann entweder zersetzt oder bei Ueberschuss als Fett (Organeiweiss, Glycogen etc. etc.) abgelagert. Es lässt sich aber dann mit den heutigen Methoden durchaus nicht entscheiden und ist auch für die Erklärung der Ernährungsvorgänge ohne Bedeutung ob primär Eiweiss und Kohlehydrate vollständig verbrannt und das Fett als Fett abgesetzt wird, oder ob primär Fett vollständig verbrannt und dann neues Fett aus Eiweiss und Kohlehydraten gebildet wurde. Man kann nur fragen: was wird schneller resorbirt und gelangt deshalb schneller zu den zersetzenden Zellen.

Da die Nährstoffe bald nach der Nahrungsaufnahme mit dem Organisirten in Verbindung treten, zwischen diesem Ansatz und der folgenden Zersetzung aber eine bis jetzt unbestimmbare Zeit vergeht, so muss bei Uebergang von z. B. fettreicher Nahrung zu reiner Eiweissnahrung eine Aufspeicherung von Stickstoff stattfinden und umgekehrt etc. Auf dieses Verhalten beziehe ich zum Theil das schon besprochene Verhalten der N-Ausfuhr bei Wechsel von eiweissarmer und eiweissreicher Nahrung. Bei ungenügender Stickstoffzufuhr muss der Stoffwechsel, auch wenn grössere Mengen von Fett und Kohlehydraten zur Verfügung stehen, sinken, weil der Körper den Verlust an lebendem Protoplasma nicht ersetzen kann (es wird dann also bei gleicher Stoffzufuhr mehr Fett angesetzt); das Gleiche gilt wahrscheinlich auch bei ungenügender Salzzufuhr.

Im Allgemeinen ist der Kraftverbrauch also allein abhängig von dem Zustande des lebenden Protoplasmas (der intramoleculären Bewegung nach Pflüger), der durch Ernährung (Uebung), Alter, Temperatur, äussere Reize etc. bedingt ist. Der Ernährungszustand selbst begründet ein mittleres Leistungsvermögen der Zellen, welches in ziemlich weiten physiologischen Grenzen einen sehr verschiedenen Grad in der Höhe der momentanen Leistung erlaubt (bei Ruhe, Arbeit etc.), ohne dass sich die Menge des organisirten Eiweisses zu ändern braucht.

Bei länger dauernder Erhöhung resp. Erniedrigung des mittleren Grades der erforderlichen Leistungen tritt erfahrungsgemäss, wenn die äusseren Ernährungsverhältnisse es gestatten, d. h. wenn eine Mehrung der Nahrungszufuhr entsprechend dem vermehrten Nahrungsbedürfniss möglich ist etc., stets eine Zunahme resp. Abnahme des lebenden Protoplasmas ein (Zunahme thätiger Organe, Atrophie Gelähmter etc.).

5) Fasst man die besprochenen Verhältnisse des Stoff- und Kraftwechsels zusammen, so würden sich alle unter Einen Gesichtspunkt bringen und daraus folgern lassen, wenn man Eine Annahme macht: nämlich, dass die Organisation des Körpers eine möglichste Sparung an Kraft bezwecke<sup>1)</sup>, d. h. also, zu bewirken suche, dass der Körper durch möglichst geringen Kraftaufwand seine Zwecke in möglichster Vollkommenheit erreiche und dass er bei möglichst geringem Verbrauch seine Zellen auf möglichst grosser Leistungsfähigkeit erhalte. Es würde eine nothwendige Folgerung aus diesem Princip sein, dass der Organismus in Bezug auf den Stoff- (Kraft-) Verbrauch möglichst unabhängig von der zufälligen Nahrungsaufnahme werde und dass der Stoff- (resp. Kraft-) Verbrauch *ceteris paribus* conform mit den erforderlichen Leistungen (zu den Leistungen des Körpers gehört selbstverständlich bei den Warmblütern auch das Erhalten der typischen Temperatur), und bei möglichst beschränkter Leistung mit der Leistungsfähigkeit des Körpers (dem Ernährungszustande) steige und falle. Es sind die Stoffwechselvorgänge am Thiere also gewissermaassen eine Bestätigung der Descendenztheorie, aus welcher sich nothwendig ein derartiges Verhalten (möglichst grosse Leistung, d. h. möglichst vollkommene Erreichung des Zweckes durch möglichst kleine Mittel und möglichst kleinen Verbrauch an Kraft) von selbst ableitet.

Das Moment der möglichsten Sparung in der Kraftausgabe erklärt auch warum der Körper die für ihn normale Menge von Organeis weiss in möglichst engen Grenzen zu erhalten sucht. Denn da mit dem Wachsthum der Zelle ein bedeutend grösserer Verbrauch verbunden ist, so muss es als nützliche Einrichtung bezeichnet werden, dass das Wachsthum der Körperzellen nicht proportional der Nahrungsaufnahme fortwährend auf- und abschwankt, sondern dass eine einmalige Vermehrung oder Verminderung der Zufuhr

<sup>1)</sup> So weit es eben die gegebenen Lebensbedingungen und die Eigenschaften der thierischen Zelle erlauben.



höchstens ganz geringe Aenderungen des Organbestandes nach sich zieht. Nur bei tief gesunkenem Ernährungszustand muss ein rascheres Wachstum unter den Bedingungen einer besseren Ernährung als vortheilhaft erscheinen. Aus der Constanz der Organmasse erklärt sich dann auch der verschiedene Zerfall der stickstoffhaltigen Substanz bei verschiedener Zufuhr (s. o.) auf einfache Weise.

Es erscheint selbstverständlich, dass die Leistungsfähigkeit des Körpers in Verbindung steht mit dem Ernährungszustande der Körperzellen d. h. mit der Menge der zur Verfügung stehenden Spannkraften und dass eine vermehrte Leistungsfähigkeit des Körpers auch stets geknüpft ist an eine erhöhte Thätigkeit der organisirten Zellen, d. h. an einen grösseren Stoffverbrauch. Vom Standpunkt der Darwin'schen Theorie aus, erscheint es aber auch als Postulat, dass die Spannkraft der verschiedenen Nährstoffe so weit als möglich vollständig verwerthet werde, d. h. dass Eiweiss (nach Abtrennung des Harnstoffs), Fett, Kohlehydrate sich nach Maassgabe ihrer Verbrennungswärme vertreten. In der That sind alle bis jetzt bekannten Stoffwechseluntersuchungen mit dieser Annahme wohl vereinbar, besonders die Respirationsversuche am Menschen sind kaum anders erklärbar. Dass sich Eiweiss und Fett nach der Menge der ihnen innewohnenden Spannkraft vertreten, haben Pettenkofer und Voit in der That an einigen Beispielen gezeigt: Biol. IX S. 23 beim Vergleich der Versuche vom 19. Febr. und 24. Febr. 1861; 18. Mai und 22. Mai 1861; 18. Juni und 21. Juni 1863; aber von den Kohlehydraten fanden dieselben, dass nicht 250 Zucker in Bezug auf die stoffliche Wirkung im Körper 100 Fett äquivalent seien, sondern 170 Zucker, dass der Kraftwechsel bei Kohlehydratzufuhr also sinke.

Ihrer Berechnung sind die Versuche vom 27. Febr. — 8. März 1861 und 21. April — 2. Juni 1862 bei Kohlehydratzufuhr und die vom 24. Febr. 1861 und 3. Juni — 30. Juli 1862 bei Fettzufuhr zu Grunde gelegt. Nun berechnet sich aber in diesen Versuchen die Gesamtzufuhr bei Kohlehydratfütterung auf 1340, 1320, 1940 und 1270 Cal., während bei Fettfütterung viel mehr, nemlich 2370 und 2470 Cal. zugeführt wurden. Das Steigen des Gesamttumsatzes bei der Fettnahrung steht deshalb nicht in Widerspruch mit der Annahme, dass sich Fett und Kohlehydrate nach ihren Verbrennungs-

wärmen vertreten, da wohl das Steigen bei Fettzufuhr eine einfache Folge der sehr vermehrten Spannkraftzufuhr ist, die, wie die Versuche zeigen, stets Erhöhung des Umsatzes mit sich bringt. Genaue Entscheidung darüber, ob bei Eiweiss-, Fett- und Kohlehydrate-Zufuhr sich diese Stoffe wirklich ganz genau äquivalent ihren Verbrennungswärmen vertreten, lässt sich nur dann finden, wenn bei mittlerer Eiweisszufuhr der übrige Theil der Stoffzufuhr durch genau äquivalente Mengen Eiweiss, Fett resp. Kohlehydrate in direct aufeinanderfolgenden Reihen abwechselungsweise ersetzt wird. Man weiss nun, dass gewisse Stoffe ausser ihrer stofflichen Wirkung bei der Verbrennung noch andere Wirkungen auf den Körper und auf den Stoffwechsel ausüben, welche die erstere Wirkung modificiren, so z. B. der Alkohol in grösseren Gaben. Mayer<sup>1)</sup> hat gezeigt, dass bei Zufuhr von einigen anorganischen Salzen eine Aenderung des Stoffwechsels eintritt, indem N angesetzt wird etc. Es kann ferner nicht ganz gleichgültig sein, ob die circulirende Nährflüssigkeit durch die Nahrungszufuhr vermehrt wird oder gleich bleibt, d. h. ob die Nahrungszufuhr mit Wasseraufnahme verbunden ist oder nicht. Das lebende Protoplasma, das auf geringe Schwankungen der Temperatur und schon so bedeutend reagirt, ist auch gewiss diesen Aenderungen der umgebenden Flüssigkeit gegenüber nicht ganz unempfindlich. Es ist deshalb zu erwarten, dass auch die verschiedenen Nährstoffe eine solche Nebenwirkung noch haben werden. Eiweiss und Zucker müssen, um in die Säftemasse aufgenommen werden zu können, in grösseren Mengen Wasser gelöst werden, Fett wird einfach emulgirt, die ersteren Stoffe vermehren deshalb eine Zeit lang bedeutend die circulirende Flüssigkeit (auch die Blutmenge und damit vielleicht die Menge des zur äusseren Haut strömenden Blutes), während Fett dieselbe jedenfalls nur wenig vermehrt. Zucker und Fett werden einfach zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  verbrannt und hinterlassen keine Rückstände, während Eiweiss zugleich eine vermehrte Salzaufnahme in das Säftesystem bedingt<sup>2)</sup>, bei der Zersetzung noch mehr freie Salze liefert und ausserdem den in Wasser gelösten  $\text{Ur}^+$ , der erst wieder aus dem Blute durch die Nieren ausgeschieden werden muss. Es wird daher wohl nicht

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. klin. Med. III. S. 82.

<sup>2)</sup> Darunter gerade die zum Aufbau des lebenden Protoplasma nothwendigen.

ganz gleichgültig sein, ob Eiweiss oder Fett oder Kohlehydrate zugeführt werden. Jedoch kann die Aenderung auf keinen Fall bedeutend sein, sonst müsste sie schon aus den Versuchen Pettenkofer's und Voit's, die die denkbar grösste Variation in der Nahrungszufuhr bieten, hervortreten; dies ist aber, wie schon erwähnt, durchaus nicht der Fall.

6) Ich meine, dass wenigstens der Versuch gemacht werden muss, die Zersetzungen im Thierkörper auch von diesem allgemeinen Standpunkte aus zu betrachten. Mein Standpunkt weicht zwar in der Erklärung der Thatsachen in einigen Punkten von den Erklärungen Voit's ab, steht aber mit keinem thatsächlichen Ergebnisse seiner Versuche in Widerspruch.

Es ist nicht nur von practischer Wichtigkeit, allgemeine Gesichtspunkte zu haben, von welchen aus man im speciellen Falle die Wirkung einer bestimmten Ernährungsweise mit mehr oder weniger Sicherheit ableiten kann, sie erleichtern auch für die Theorie ein methodisches Suchen sowohl nach den, den Erscheinungen zu Grunde liegenden, physikalisch-chemischen Eigenschaften der Materie, als nach weiteren empirischen Gesetzen und machen die grossen Lücken in unserem Wissen recht aufdringlich fühlbar. Man wird es deshalb, hoffe ich, nicht unberechtigt finden, dass ich allgemeine Gesichtspunkte gesucht habe und dabei dazu gekommen bin, einige Erscheinungen der thierischen Stoffwechselvorgänge mit der Theorie Darwin's in Zusammenhang zu bringen.

Durch die vorliegenden Erörterungen lassen sich, meine ich, die Ursachen für die Veränderungen der stofflichen Zusammensetzung des Körpers relativ einfach und leicht überblicken. Lässt man nemlich als feststehend gelten, dass eine gewisse Menge von stickstoffhaltiger Substanz und von Salzen zur Erhaltung des Körperzustandes nothwendig ist, dass sich im Uebrigen aber die Nährstoffe nach ihrer Verbrennungswärme vertreten; ferner, dass der Gesamtverbrauch *cet. par.* von der Masse des Organbestandes resp. des lebenden Protoplasmas abhängt und dass ein Wechsel in der Menge der zugeführten Spannkkräfte erst bei längerer Dauer eine wesentliche Aenderung in der Menge des Organeiweisses (leb. Protopl.) hervorbringt, so dass das Plus oder Minus zwischen Zufuhr und Verbrauch grösstentheils am Körperfett ausgeglichen wird, und drittens, dass einem fettreichen Körper in der Zeiteinheit auch mehr

Fett für den Stoffwechsel zur Verfügung steht als einem fettarmen: so, glaube ich, lässt sich daraus allein schon der grösste Theil der von Voit (und Anderen) empirisch durch Versuche gefundenen Ernährungsgesetze ableiten, und ich halte es für die beste Stütze der Berechtigung der oben auseinander gesetzten Auffassung der Stoffwechselvorgänge, dass dies möglich ist. So folgt daraus beispielsweise<sup>1)</sup>: dass die Eiweisszersetzung hauptsächlich abhängig ist von der Zufuhr, — dass ein fettreicher Hund bei Hunger weniger Eiweiss (und mehr Fett) zersetzt als ein fettarmer; — dass bei vermehrter Eiweisszufuhr (und gleichbleibender übriger Nahrung) eine Zeitlang ein Eiweissansatz stattfindet und bei verminderter Eiweisszufuhr *cet. par.* Abgabe von Eiweiss; — dass bei gleicher Menge von Organeiweiss ein fettarmer Körper bei sehr reichlicher Eiweissnahrung nur wenig Eiweiss ansetzt, während bei einem fettreichen unter den gleichen Umständen ein längerer Ansatz möglich ist; — dass mit den verschiedensten Eiweissmengen der Nahrung Stickstoffgleichgewicht möglich ist; — dass man bei Fütterung mit reinem Fleisch ein Thier nur schwer auf einen besseren Ernährungszustand bringen oder gar mästen kann (da man von reinem Fleisch 9 mal so viel als von Fett und 4 mal so viel als von Stärke zuführen müsste); — dass für den Eiweissansatz weniger die absolute Menge des gereichten Eiweisses entscheidend ist, als der durch die vorhergehende Fütterung bewirkte Ernährungszustand, die Fettmenge am Körper und die Fett- und Kohlehydratmenge in der Nahrung; — dass man durch Zufuhr von Eiweiss die Fettabgabe verhüten kann; — dass bei Fettzufuhr der Eiweissumsatz etwas sinkt, dass der Einfluss der Zufuhr von Fett und Kohlehydraten auf die Eiweisszersetzung aber nur ein geringer ist; — dass die Fettzersetzung hauptsächlich abhängig ist von der Eiweiss- und Kohlehydratzufuhr; — der Umstand, dass kleine Thiere mehr verbrauchen als grosse, ist schon von Anderen auf die relativ grössere Oberfläche und auf den relativ grösseren Wärmeverlust zurückgeführt; — ferner, dass bei Arbeit, wenn Fett vom Körper oder von der Nahrung zur Verfügung steht, nicht mehr Eiweiss zersetzt wird als bei Ruhe etc., — dass bei Steigerung der N-Zufuhr mit Fettzugabe das N-Gleichgewicht später erreicht wird als ohne Fettzugabe etc. —

<sup>1)</sup> Die folgenden Sätze sind fast sämmtlich dem VI. Bd. des Handbuchs f. Physiol. (Voit, Physiol. d. Stoffwechsels) entnommen.

a. Datum.	b. Einnahmen.	c. Calo- rien.	d. 5% Ver- lust durch den Koth.	e. Verlust durch Pep- tonbildung	f. Reine Einnahme in Calor.	g. Ausgaben.	h. Calo- rien.	i. Mit Bertück- sichtigung von d und e.
31. Juli 1866.	137 Grm. Eiweiss = 568 Fleisch 258 - Stärke = 266,7 Dextrose 21 - Milchzucker 17 - Rohrzucker 52 - Dextrin 35,4 - Alkohol <sup>1)</sup> 117 - Fett . . . . .	630 1130 360 250 1135 3505	175	30	3300	568 Grm. Fleisch Sämmtliche Kohlehydrate und Alkohol . . . 43,7 Grm. Fett . . .	630 1740 430 2800	2595
2. Dec. 1866.	6,5 Grm. trocknes Fleischextract .	30(?)	—	—	30	333 Grm. Fleisch . . 216 - Fett . . .	370 2100	2470
14. Dec. 1866.	6,8 Grm. trocknes Fleischextract .	30(?)	—	—	30	322,0 Grm. Fleisch . 202,0 - Fett . . .	360 1960	2320
18. Dec. 1866.	Eiweiss = 31. Juli 1866 Alkohol u. Kohlehydrate = 31. Juli 1866 98 Grm. Fett . . . . .	630 1740 950	166	30	3120	568 Grm. Fleisch . . Sämmtl. Kohlehydr. etc. 59,7 Grm. Fett . . .	630 1740 580	2750
19. Dec. 1866.	271 Grm. tr. Eiweiss = 1125 Fleisch 220 - Stärke = 244,5 Dextrose 50 - Dextrin . . . . . 36 - Alkohol . . . . . 89 - Fett . . . . .	1250 1180 260 860	176	60	3290	584 Grm. Fleisch . . Alle Kohlehydr. u. Alkohol 43 Grm. Fett . . . .	650 1440 420 2510	2270
27. Dec. 1866.	Eiweiss und Kohlehydrate wie am 31. Juli 1866 . . . . . 95 Grm. Fett . . . . .	3530 630 1740 920 3290	164	30	3100	568 Grm. Fleisch . . Alle Kohlehydr. wie oben 54,7 Grm. Fett . . .	630 1740 530 2900	2710

<sup>1)</sup> Bei der Berechnung des Kohlenstoffs der Einnahmen findet sich hier bei Pettenkofer und Voit ein Rechenfehler, indem für das Bier nicht 3,5 pCt. Alkohol sondern aus Versuchen 0,35 pCt. angenommen wurde. Die Kohlenstoffmenge der Einnahmen wurde also zu gering angenommen. Der Fettsatz aus der Nahrung ist deshalb bei mittlerer Kost um 21,3 Grm., bei reichlicher Kost um etwa 60 Grm. grösser als angegeben wurde und beim 2. Versuch mit mittlerer Kost und Arbeit, steht der Körper nahezu im Stoffgleichgewicht.

a. Datum.	b. Einnahmen.	c. Calo- rien.	d. 5% Ver- lust durch den Koth.	e. Verlust durch Pep- tonbildg.	f. Reine Einnahme in Calor.	g. Ausgabe.	h. Calo- rien.	i. Mit Berück- sichtigung von d und e.
2. Jan. 1867.	300 Grm. tr. Eiweiss = 1253 Grm. Fleisch 221 - Stärke = 245,5 Grm. Dextrose 21,4 - Milchzucker } 143 - Dextrin } 96 - Alkohol . . . . . 123 - Fett . . . . .	1390 960 660 690 1190 4890				844 Grm. Fleisch . . Sämmtliche Kohlehydrate und Alkohol . . —17,7 Grm. Fett <sup>1)</sup>	940 2310 — 170 3080	2780
4. Jan. 1867.	3. Tag der gleichen Fütterung . .		240	60	4590	1063 Grm. Fleisch . Sämmtliche Kohlehydrate —25,7 Grm. Fett <sup>1)</sup>	1180 2310 —0,250 3240	2940
12. Jan. 1867.	337 Grm. Stärke = 374,4 Grm. Dextrose 38 - Rohrzucker . . . . . 79 - Fett . . . . .	1475 138 770			4590	357 Grm. Fleisch . . Sämmtliche Kohlehydrate 45 Grm. Fett . . .	400 1630 440	2350
Mann II.	Eiweiss und Kohlehydrate wie am 31. Juli 1866. . . . . 106 Grm. Fett . . . . .	2400 630 1740 1030 3400	120		2280	Eiweiss und Kohlehydrate wie oben . . . . —33,3 Grm. Fett . .	2470 630 1740 —0,320 2050	1850
3. Aug. 1866. Arbeit.	Einnahmen = 31. Juli 1866 . .		170	30	3100 3300	Einnahme + 55,7 Grm. Fett . . . . .	2050 4,045	3840
14. Dec. 1866. Arbeit.	6,8 Grm. trocknen Fleischextract . .	30 <sup>(2)</sup>				311 Grm. Fleisch . . 380 - Fett . . . .	350 3690	4040
29. Dec. 1866. Arbeit.	Eiweiss und Kohlehydrate wie am 31. Juli 1866 . . . . . 107 Grm. Fett . . . . .	630 1740 1040 3410			30	Einnahme + 13,7 Grm. Fett . . . . .	4040 3410 130 3540	3340
			170	30	3210			

Zu Seite 334 u. flg.

Der Berechnung wurden die von Danilewsky gefundenen Verbrennungswärmen zu Grunde gelegt und zwar abgerundet:

1 Grm. Fett 9,7 Cal.

1 Grm. Dextrose 3,94 Cal., also 1,0 Grm. Stärke, das ja vor der Resorption erst in Traubenzucker verwandelt werden muss, = 4,380 Calorien.

1 Grm. Fibrin 5,83 Cal. } Als Mittel für Eiweiss wurde daraus 5900 Cal. ange-  
1 - Casein 5,785 - } nommen, es ist dies gewiss eher zu hoch als zu niedrig<sup>1)</sup>.

Bei 15,5 pCt. N = 33,2 pCt. Harnstoff ergibt sich daraus, da

1 Grm. Harnstoff = 2,54 Cal.,

eine Verbrennungswärme des Eiweisses im Thierkörper = 5,05 Cal.

Wird alles Eiweiss vor der Resorption in Pepton verwandelt, so hat man, da nach Danilewsky 100 Eiweiss etwa 106 Pepton geben und da

1,0 Grm. Pepton = 4,914 Calor.,

nach Abzug des Harnstoffs eine Verbrennungswärme von 1,0 Grm. Eiweiss im Thierkörper = 4,35 Calor. Ich habe angenommen, dass wenigstens  $\frac{1}{3}$  des Eiweisses vor der Resorption in Pepton verwandelt wird, habe also für 1 Grm. Eiweiss 4,82 Cal. eingesetzt.

Die Berechnung der Verbrennungswärme von „Fleisch“ in den Voit'schen Ernährungsversuchen ist etwas complicirter, da dasselbe nicht reines Eiweiss ist. Es enthält nach Voit 3,4 N, davon treffen aber 0,24 auf Extractivstoffe, etwa 1,64 leimgebendes Gewebe und 0,9 Fett; also <sup>2)</sup>

Eiweiss . . . . .	18,36
Leimgebende Substanz . . . . .	1,64
Fett . . . . .	0,90
Extractivstoffe . . . . .	1,90
Asche . . . . .	1,30.

Die Verbrennungswärme der Extractivstoffe ist unbekannt, jedenfalls ist sie nur klein, nimmt man für die Extractivstoffe die halbe Verbrennungswärme, wie für Eiweiss an, so ist dies sicher eher zu hoch. Für die leimgebende Substanz, die im rohen Zustande sicher sehr schlecht verdaut wird, ist die Verbrennungswärme des Leims angenommen:

1 Grm. Glutin = 4,5 Cal.; bei 18,3 pCt. N = 39,2 pCt. Harnstoff: 3,54 Cal.

<sup>1)</sup> Ich hatte früher eine viel höhere Zahl, nemlich 6,4 zu Grunde gelegt, und war dabei damals schon zu den gleichen Schlüssen gelangt. Pettenkofer und Voit fanden aus den Respirationsversuchen, dass aus 100 Eiweiss etwa 51 Fett entstehen könne, Henneberg berechnete aus der proc. Zusammensetzung des Eiweisses, dass etwa 51,4 Fett daraus entstehen könne. Nach den von Danilewsky gefundenen Verbrennungswärmen können aus 100 Eiweiss im Maximum 52 Grm. Fett entstehen. Es ist dies ein schöner Wahrscheinlichkeitsbeweis für die Richtigkeit der Danilewsky'schen Resultate.

<sup>2)</sup> Voit, Handb. d. Phys. S. 441.

Dies ergibt nun

18,36 Grm. Eiweiss	$\times 4,82$	= 88,495
1,64 - Leim	$\times 3,45$	5,658
0,9 - Fett	$\times 9,7$	8,73
1,9 - Extractivstoffe	$\times 2,4$	4,56
100 Grm. frisches Fleisch = . . .		107,4 (abgerundet)

also 1 Grm. Fleisch = 1,070 Cal.

(Will man annehmen, dass gar kein Eiweiss peptonisirt werde, so macht auch dies nicht viel aus, man erhält dann 1110 Cal. für 1 Grm. frisches Fleisch.)

Unter den Ausgaben ist ein Theil, der unverbrannt im Kothe ausgeschieden ist, dieser wäre eigentlich von dem, was wir Stoffumsatz nennen, abziehen. Da er jedoch auch, aus dem gleichen Grunde, von der Stoffeinnahme abziehen wäre und das Verhältniss zwischen Stoffeinnahme und -Umsatz sich dadurch kaum ändert, so habe ich diese Correction unterlassen, weil sie ziemlich umständlich wäre und der Fehler doch nur ein kleiner ist. Immerhin ist zu bedenken, dass dadurch der Stoffumsatz bei Nahrungszufuhr gegenüber dem bei Hunger etwas zu gross erscheint.

Zweifelhaft war es mir, ob ich die in der Form von  $H_2$  und  $CH_4$  verloren gegangenen Spannkkräfte in Abzug bringen sollte. Wenn sich nehmlich für die Luft auf ihrem Wege durch die Pumpen und den Verbrennungsapparat bis zu den neuen Schwefelsäurekölbcchen irgend eine geringe Quelle für Wasserdampf (z. B. an den Wandungen condensirtes Wasser) fand, so musste dieses als durch Verbrennung von  $H_2$  entstanden angesehen werden; bei der hohen Verbrennungswärme des  $H_2$  macht ein äusserst kleiner derartiger Fehler für die Berechnung des Stoffumsatzes ungeheuer viel aus. Eine Gewichtszunahme der  $SO_4H_2$ -Kölbcchen nach dem Verbrennungsapparate von nur 7 Mgrm. entspricht schon einem Verlust an spannkrafthaltendem Materiale in Form von  $H_2 = 100$  Calorien, da nur  $\frac{1}{4000}$  der Luft auf  $CO_2$  und  $OH_2$  untersucht wurde, also mit 4000 zu multipliciren ist<sup>1)</sup>. So ergiebt sich im Jahre 1862 am 3. August bei einer Zufuhr von 1500 Fleisch = 1605 Cal. ein Verlust an Calorien in Form von  $H_2$  und  $CH_4$  in der Menge von 660 Cal., also über  $\frac{2}{3}$ , was doch äusserst unzuweckmässig und gewiss wenig wahrscheinlich ist. Im Jahre 1862 hatte der gleiche Hund stets bedeutende Mengen von  $H_2$  und  $CH_4$  ausgeschieden, während diese Ausscheidung im Jahre 1863 fast überall nur gering ausfällt, und von Mai bis August 1863  $CH_4$  überhaupt nicht mehr ausgeschieden wird, sondern nur mehr geringe Mengen von  $H_2$ . Der Verlust an  $H_2$  und  $CH_4$  beträgt im Jahre 1862

b. Kohlehydratfütterung im Mittel	290 Cal.,	b. Fett	300,	b. Fleisch	420,	im Jahre 1863
-	-	-	195	-	-	72, - - 55.

Andererseits zeigt sich doch eine gewisse Regelmässigkeit in der Ausscheidung dieser Gase, indem bei Kohlehydratzufuhr stets eine grössere Menge davon gebildet zu werden scheint. Auch fällt eine stärkere Ausscheidung dieser Gase gerade auf 2 Tage, 3. August 1862 und 17. März 1863, an welchen ein scheinbares starkes

<sup>1)</sup> Vergleiche die Differenz der Doppelbestimmungen. Zeitschrift f. Biol. XI. S. 150 u. f.



Ansteigen des Gesamtstoffumsatzes stattfindet, welches vollkommen wegfällt, wenn man den Kraftverlust in der Form von  $H_2$  und  $CH_4$  in Berechnung zieht. Leider ist an 2 anderen Tagen, an welchen ebenfalls eine starke unvermittelte Steigerung des Stoffumsatzes sich zeigt, die Menge der ausgeschiedenen  $H_2$  und  $CH_4$  nicht bestimmt worden (9. Mai 1862 und 8. Juli 1863). Ich habe, um allen Zweifeln zu begegnen, die Curve ohne Einrechnung des Verlustes an  $H_2$  und  $CH_4$  gezogen, und die Grösse des Verlustes oberhalb der Curve aufgezeichnet, die betreffende Grösse wäre also sowohl von der Zufuhr wie vom Umsatze abzuziehen.

Da die Bestimmung des gasförmig ausgeschiedenen  $H_2$  und  $CH_4$  erst vom 21. Mai 1862 ab gemacht wurde, so sind die Zahlen des Stoffumsatzes vor und nach diesem Datum nicht direct mit einander vergleichbar, und zwar nicht sowohl wegen des ausgeschiedenen  $H_2$  als wegen des ausgeschiedenen  $CH_4$ , dessen C in den Tagen nach dem 20. Mai 1862 in der Berechnung eine Vermehrung des Stoffumsatzes mit sich brachte, während es vor dem 21. Mai 1862, weil es in den Ausgaben ja nicht gefunden wurde, in der Berechnung den „Ansatz“ vermehren musste. Für die Ausscheidung des  $CH_4$  ist zudem viel schwieriger eine Fehlerquelle denkbar, als für die Ausscheidung des  $H_2$ . Nun scheint gerade in den zwei Versuchsreihen vor dem 21. Mai 1862, nemlich bei der Fütterung mit Stärke und mit Traubenzucker ebenfalls, wie bei den Kohlehydratversuchen vom 21. Mai bis 2. Juni 1862 und 8.—25. Juli 1863, grössere Mengen von  $H_2$  oder  $CH_4$  ausgeschieden worden zu sein. Denn es beträgt die Differenz zwischen gefundenem und berechnetem O in 5 Versuchen der ersten Reihe im Durchschnitt 44 Grm., in der zweiten Reihe 95 Grm. Pettenkofer und Voit haben diese Differenz als entstanden durch Abgabe von  $H_2$  und  $CH_4$  erklärt. Schliesst man sich dieser Erklärung an, und nimmt man an, dass ungefähr gleichviel  $H_2$  und  $CH_4$  ausgeschieden werde, so ist in der Tabelle I in der ersten Reihe die Umsatzcurve um 35, in der zweiten (Zuckerfütterung) um 75 zu erhöhen. Ich habe diese Correctur in der Curve gleich vorgenommen. In den Reihen vorher zeigt sich keine constante Differenz zwischen berechnetem und gefundenem O, ich habe deshalb hier keine Correctur angebracht.

In den Curven sieht man bei Reihen mit gleichbleibender Stickstoffzufuhr häufig gegen das Ende der Reihe, also da wo man Stickstoffgleichgewicht erwarten sollte, eine Stickstoffabgabe, ebenso sieht man in einigen Reihen mit steigendem Stoffumsatze keinen entsprechenden Stickstoffansatz. Man muss dabei im Auge behalten, dass der Berechnung der Stickstoffzufuhr nur eine ein für allemal angenommene Mittelzahl für den Stickstoffgehalt des frischen Fleisches zu Grunde gelegt ist, da ja für den Zweck der betreffenden Untersuchungen nur eine annähernd genaue Berechnung des eingeführten Stickstoffs nothwendig war. Es ist zwar ganz wohl denkbar, dass der Umsatz bei Ruhe steigen oder fallen kann bei gleichbleibender oder selbst umgekehrt sich verhaltender Stickstoffmasse am Körper, da ja die letztere nicht durchweg gleichwerthig im Einfluss auf die Stoffwechselvorgänge sein kann, nur können die obigen Versuchsreihen nicht als Beweise hierfür verwendet werden.

## Zur Erklärung der Curven.

Tafel IX — X.

a	————	bedeutet	Gesamtstoffzufuhr	} Ausgedrückt in Calorien (Verbrennungswärme).
b	.....	-	Fleischzufuhr	
c	————	-	Gesamtstoffumsatz	
d	.....	-	Fleischzersetzung	
Die Differenz zwischen ——— und ——— ist also = Gesamtstoffansatz am				
Körper resp. Verlust,				
-	-	-	.....	= Fleischansatz resp. Ver-
lust vom Körper,				
-	-	-	————	= Fett- (od. Kohlehydrate-)
Umsatz resp. Ansatz,				
-	-	-	————	= Fett- (od. Kohlehydrate-)
Zufuhr.				

Das Quadrat eines Theilstriches ist gleich Umsatz oder Ansatz von 36 Grm. Fleisch oder 4,12 Fett oder 10,16 Traubenzucker = 40 Calorien.

Ein Theilstrich der Abscisse = 1 Tag.

Ein Theilstrich der Ordinate bedeutet ein Steigen oder Fallen in der Höhe des Umsatzes in der Zeiteinheit um 36 Fleisch, oder 4,12 Fett oder 10,16 Traubenzucker = 40 Calorien.

Wo die Linien ——— und .... zusammenfallen, also bei reiner Fleischzufuhr, ist nur die erste (——) gezeichnet.

Die senkrechten Linien über der Curve bedeuten die Menge der ausgeschiedenen  $H_2$  u.  $CH_4$  in Calorien (siehe S. 362 u. 363).

Die wesentlichen Veränderungen des Stoff- und Kraftwechsels finden also sämtlich Ausdruck in der Curve.