

(Aus dem thierphysiologischen Institut der landwirthschaftlichen Hochschule
zu Berlin.)

Ueber die Grösse des respiratorischen Gaswechsels unter dem Einfluss der Nahrungsaufnahme.

Von

Dr. **Ad. Magnus-Levy.**

Hierzu Tafel I u. II.

Einleitung.

Bereits Lavoisier hat bei seinen grundlegenden Versuchen über die Respiration den erheblichen Einfluss der Speisezufuhr auf den Lungengaswechsel erkannt; er fand ¹⁾ den Sauerstoffverbrauch beim Menschen nach Nahrungsaufnahme erheblich, um etwa 37 % grösser, als im nüchternen Zustand. Die schärfere quantitative Erforschung dieser Verhältnisse wurde später von anderen Forschern aufgenommen, so oft entweder die Lehre vom Gesamtstoffwechsel neue Gesichtspunkte für diese Frage lieferte, oder eine Verbesserung der Untersuchungstechnik ein erneutes und bequemer Experimentiren ermöglichte. Die Wirkung der Nahrungsaufnahme kann sich nach zweierlei Richtungen hin geltend machen; entweder werden die Factoren des Athemprocesses direct beeinflusst und nur während der Dauer der Verdauung, der Resorption und etwa auch der Circulation des aufgenommenen Materials verändert, oder aber indirect beeinflusst und zwar durch Veränderung der Masse des Körpers und seiner Zusammensetzung. Von einer genaueren Untersuchung dieser letzteren Wirkung, die sich erst in längeren Zeitperioden geltend macht, wurde zumeist abgesehen. Ein reiches Material zu ihrer Erörterung bieten jedoch vor allem die zahlreichen Versuchsreihen von Pettenkofer und Voit am

1) Lavoisier, *oeuvres* Paris 1862. Bd. 2. S. 688 ff.
E. Pfüger, *Archiv f. Physiologie* Bd. 55.

verschiedenartig genährten Hunde. Jener directe Einfluss der Nahrungsaufnahme auf die Zersetzungen bot der Forschung vielfache Anhaltspunkte: eine Reihe von Fragen blieb ja zu untersuchen, wie die nach dem etwaigen verschiedenen Einfluss der verschiedenen Nahrungsstoffe auf den Gaswechsel, nach der absoluten Grösse dieser Aenderungen, dem zeitlichen Ablauf derselben, den verschiedenen Aenderungen der Sauerstoff- und der Kohlensäurebilanz; schliesslich auch noch das Problem, welche Ursachen denn eigentlich jenen Aenderungen zu Grunde lägen. Abgesehen von mannigfachen älteren, heute nicht mehr verwerthbaren Arbeiten, abgesehen von verschiedentlichem Material, das von manchen Forschern gelegentlich und mehr beiläufig beigebracht wurde, waren es hauptsächlich Arbeiten von Vierordt¹⁾, Smith²⁾, Speck³⁾, Zuntz u. von Mering⁴⁾, Rubner⁵⁾, Frédéricq⁶⁾, die unsere Kenntniss auf Grund richtiger Fragestellung und Versuchsanordnung gefördert haben. Eine erneute Inangriffnahme des Themas aber ist durch diese Arbeiten noch nicht überflüssig gemacht. Vierordt, Smith und Rubner konnten ja nur den einen Factor des Gaswechsels, die Kohlensäureproduktion verfolgen. Die ersten beiden zogen bei den ihnen zur Verfügung stehenden beschränkten Untersuchungsmitteln ihre Schlüsse aus Versuchen, die nur wenige Minuten dauerten; ein Verfahren, das in den Händen so geübter und besonnener Experimentatoren zwar anwendbar ist, aber immerhin keine absolut zuverlässigen Resultate liefert. Vierordt's Schlüsse zumal basiren auf sehr wenigen Versuchen, die obendrein die Ausscheidungsverhältnisse verschiedener Tage heranziehen und damit gewisse Unsicherheiten in die Arbeit einführen; ein Uebelstand, von dem auch Speck's und Frédéricq's sonst gut durchgeführte Arbeiten nicht frei sind. Smith lieferte in sehr gut angestellten Versuchen über die Wirkung der verschiedenen Nähr-

1) Vierordt, Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845. Kap. 4. S. 90 ff.

2) Smith, Philosophical Transactions. 1859. S. 715 ff.

3) Speck, Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. II. 1874. S. 405.

4) v. Mering u. Zuntz, Pflüger's Archiv. Bd. 15. S. 634. Bd. 32. S. 173.

5) Rubner: Versch. Arbeiten in d. Ztschr. für Biologie; ferner: Biologische Gesetze; Ludwig's Festschrift 1887 u. a.

6) Frédéricq, Archives de biologie 1882. Bd. 3. S. 687.

stoffe resp. Nahrungsmittel ein durchaus brauchbares Material; leider umfassen seine Experimente meist nur einen Zeitraum von 2 Stunden. Gegen die Versuche dieser Autoren ist öfters der Einwand erhoben worden, u. a. von Hoesslin¹⁾ gegen Vierordt, dass die gesteigerte Kohlensäureproduktion bloss auf den Ersatz der im Hunger vorwiegend verbrennenden Fette durch die Kohlenhydrate der Nahrung zurückzuführen sei, da ja letztere in äquivalenten Mengen viel mehr CO₂ liefern als erstere; eine genaue Durchsicht dieser Versuche lehrt jedoch, dass die Vermehrung der Kohlensäureproduktion zu gross sei, um durch dies Moment allein erklärt zu werden. Den directen Beweis dafür lieferte Speck, der auch den Sauerstoffverbrauch nach den Mahlzeiten stets erheblich gesteigert fand; ebenso Frédéricq; ersterer findet nach den Mittagsmahlzeiten eine Steigerung des Sauerstoff- und Kohlensäureumsatzes um 25 % der am Morgen im nüchternen Zustand erhaltenen Werthe; letzterer um etwa 40 %; auch nach dem Frühstück wie nach dem Abendessen sahen beide den Gaswechsel gesteigert. Aus dem sehr baldigen Eintreten dieser Steigerung bereits 30 Minuten nach der Speiseaufnahme zog Speck den Schluss, dass der erhöhte Stoffumsatz durch eine Verdauungsarbeit bedingt sei und nicht herrühre von einer vermehrten Oxydation infolge der Mehrcirculation von verbrennungsfähigen Stoffen; die Resorption könne in dieser Zeit noch nicht so viel Material in den Umlauf gebracht haben. Unabhängig von ihm hatten von Mering und Zuntz die Frage, worauf die Steigerung des Kraftwechsels nach Speisezufuhr beruhe, experimentell in Angriff genommen, und waren auf Grund einer eigenartigen Versuchsanordnung zu dem Resultat gekommen, dass, im Gegensatz zu Scheremetjewski's Annahme, vermehrte Circulation von oxydationsfähigem Material, das dem Körper fertig verarbeitet ins Blut zugeführt wurde, an sich keine Steigerung des Stoffverbrauchs herbeiführe; vielmehr sei die Steigerung des Gaswechsels bei Nahrungszufuhr durch den Magen auf die Verdauungsarbeit zurückzuführen; darunter verstanden sie Secretion, Resorption, Fortbewegung des Magen- und Darminhalts, vermehrte Arbeit des Herzens durch verstärkte Circulation. — Gegen diese Auffassung polemisirte Voit²⁾ auf Grund seiner

1) Hoesslin, Virchow's Archiv. Bd. 89. S. 341.

2) Voit, Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. 6. S. 209.

früheren Erfahrungen. Auch R u b n e r ¹⁾, der bei verschiedenen Arbeiten die Wirkung der Nahrungsaufnahme auf den thierischen Organismus in Untersuchung zog, wandte sich zuerst gegen die Auffassung von v. M e r i n g und Z u n t z. Er bestritt die Steigerung der Zersetzungen durch Nahrungszufuhr, sofern diese nicht „überschüssig“ sei, er meinte, dass Nahrungsaufnahme und Verdauung an sich keinen durch Arbeit vermehrten Umsatz hervorbringe; er liess also zunächst eine mit Stoffverbrauch verbundene Verdauungsarbeit gar nicht gelten oder doch nur in sehr beschränktem Maasse. Uebrigens machte er selbst ²⁾ schon auf den Unterschied seiner und der M e r i n g - Z u n t z'schen Untersuchungsweise aufmerksam und erklärte daraus die nicht ganz übereinstimmenden Resultate. Später jedoch acceptirte R u b n e r jene Ansicht und führte aus ³⁾, dass in der That jede Nahrungsaufnahme eine Verdauungsarbeit bedinge und dass diese Arbeit nur durch vermehrte Oxydation in den betreffenden Organen (Drüsen, glatte Muskulatur des Verdauungstractus etc.) geleistet würde. Wenn trotzdem bei mittlerer Temperatur und „zureichender Nahrungszufuhr“ nicht mehr Kohlensäure oder vielmehr Wärmeeinheiten producirt werden, so geschieht das nach R u b n e r, weil der Mehrverbrennung in den „Drüsen“ eine entsprechende Minderproduktion in den übrigen Theilen des Körpers, den „Muskeln“ gegenübersteht; das gilt jedoch nur noch für Temperaturen unterhalb 30° (beim Hund), bei denen eine Einschränkung des Umsatzes in den ruhenden Muskeln noch möglich ist; eine Uebercompensation jener Minderproduktion der „Muskeln“, die bei 16—20° noch statt hat (und mit diesen Temperaturen hat es auch die hier folgende Arbeit zu thun), findet aber auch dann statt, wenn man dem Organismus des Thieres „überschüssige“ Nahrung zuführt; da in diesem Fall der Mehrumsatz in den „Drüsen“ den Minderverbrauch in den „Muskeln“ überwiegt, macht sich dann auch im Gesamtumsatz eine Steigerung deutlich bemerkbar. —

R u b n e r hat auf diesen Gedankengang eine ziemlich vollständige Theorie aufgebaut, die manches Bestechende für sich hat

1) R u b n e r, Ztschr. f. Biol. Bd. 19. S. 330.

2) R u b n e r, ebenda. S. 335.

3) R u b n e r, Biologische Gesetze (hier die ausführlichere Auseinandersetzung). Marburg 1887, u. Sitzgsber. d. bair. Akad. 1885. S. 458 ff.

und deren Grundzüge vielleicht richtig sind; doch befinden sich manche seiner Resultate im Widerspruch mit den Erfahrungen anderer Forscher, und auch einzelne seiner Versuche selbst fügen sich seiner Theorie nicht vollständig ein. — In den letzten Jahren hat auch Fick¹⁾ zu der Frage Stellung genommen; er sieht auf Grund gewisser Ueberlegungen im Gegensatz zu Speck, Zuntz u. v. Mering, Rubner die Ursache des vermehrten Stoffwechsels nicht in einer Darm- und Drüsenarbeit, sondern in der vermehrten Circulation von oxydationsfähigem Material; aber als dieses Material kommt nach ihm höchst wahrscheinlich nur das Eiweiss in Betracht; der stickstoffhaltige Theil des circulirenden Eiweisses zerfiel sehr rasch und der in diesem vorhandene Kohlenstoff erschiene ausser im Harnstoff zum Theil als Kohlensäure in der Expirationsluft und bedinge so den Zuwachs derselben während der Verdauung. Eine eingehende kritische Besprechung dieser Versuche und Theorien kann erst am Schluss dieser Arbeit erfolgen. Aus den bisherigen Ausführungen aber ergiebt sich, dass noch verschiedene Seiten der Frage der Lösung harren. Das Verhalten der Sauerstoffaufnahme nach Speisezufuhr ist noch ziemlich unbekannt, der zeitliche Ablauf der Zersetzungen ist nur in wenig länger dauernden Versuchen untersucht worden (u. a. von Rubner, der aber auch unter 3—6stündige Versuche herabzugehen nicht in der Lage war), während der zeitliche Ablauf derjenigen Zersetzungen im Körper (z. B. des Eiweisses), die leicht nachweisbare und gut controllirbare Produkte in den Harn liefern, ziemlich gut bekannt ist. Das Verhalten des respiratorischen Quotienten kann Aufschluss geben, aus welchen Stoffen zu verschiedenen Zeiten die Verbrennungen im Körper bestritten werden, in welcher Weise, mit welcher Schnelligkeit die einzelnen Nahrungsstoffe zerfallen u. a. mehr. Die Fick'sche Hypothese konnte geprüft werden. Vielleicht ergaben sich auch Anhaltspunkte zur Entscheidung der Frage nach den Ursachen der auf Nahrungszufuhr folgenden Steigerung des Umsatzes. So übernahm der Verfasser auf Herrn Professor Zuntz' Vorschlag gern die Inangriffnahme des Themas, die verschiedenen Factoren des Athemprocesses nach Nahrungsaufnahme zu untersuchen. Die Versuche wurden am Menschen und

1) Fick, Sitzgsber. d. Würzburger Physik.-medic. Gesellschaft 1890 (15te Sitz. v. 21. XII. 1889).

am Hund unter verschiedenen Bedingungen und für verschiedene Nahrungsstoffe, Nahrungsmittel und Nahrungen durchgeführt ¹⁾).

Was bedeutet aber eine etwa eintretende Steigerung des Gaswechsels? Ist es erlaubt, aus einer Zunahme des Sauerstoffverbrauchs, der Kohlensäureproduktion, auf eine Zunahme der Oxydationen im Thierkörper zu schliessen? Weder die Sauerstoffaufnahme für sich, noch auch die Kohlensäureausscheidung allein gestatten einen sichern Schluss auf die Höhe des Umsatzes, des „Kraftwechsels“, den wir seit H o e s s l i n und R u b n e r zumeist in Calorien auszudrücken pflegen. R u b n e r hat ²⁾, wenn auch nicht zuerst, so doch am eingehendsten dargelegt, dass das „calorische Aequivalent“ des verbrauchten Sauerstoffs, wie auch dasjenige des in der Kohlensäure erscheinenden Kohlenstoffes ganz verschieden sei, je nachdem jene Kohle aus der Verbrennung von Eiweiss, Fett oder Kohlenhydraten herrühre, resp. der Sauerstoff zur Oxydation dieser Stoffe gedient habe. R u b n e r gab dort auch auf Grund eingehender Ueberlegungen und zahlreicher eigener Versuche die Werthe für die verschiedenen calorischen Aequivalente des Sauerstoffs und der Kohlensäure (resp. des in der Athemluft erscheinenden Kohlenstoffes) an. Eine völlig richtige Berechnung des Kraftwechsels, des Wärmeumsatzes, ist nach R u b n e r nur möglich, wenn man in nicht zu kurzen Zeiträumen die Ausscheidung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes genau untersucht und aus beiden die Betheiligung des Eiweiss und des Fettes am Umsatz berechnet; dabei muss man noch die allerdings ziemlich zutreffende Annahme machen, dass die an einem Tage zugeführte nicht überschüssige Menge von Kohlenhydraten auch wirklich ganz zerfällt, bevor etwaiges Fett aus der Nahrung oder vom Körper zur Verbrennung gelangt. Dem gegenüber haben Zuntz und seine Schüler ³⁾ immer und mit Recht daran festgehalten, dass die gleichzeitige Kenntniss des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureausscheidung in der That ziemlich weitgehende Schlüsse auf die Zersetzungen im Thierkörper erlaube. Aus beiden Werthen kann

1) Eine vorläufige Mittheilung einiger Versuche ist bereits erschienen in P f l ü g e r's Archiv. Bd. 52. S. 475.

2) R u b n e r, Ztschr. f. Biologie. Bd. 21. 1885. S. 357 ff.

3) Eine gute Auseinandersetzung bei L i l i e n f e l d, P f l ü g e r's Archiv. Bd. 32. 1883. S. 337.

man bei annähernder Kenntniss des Eiweissverbrauchs (Stickstoff im Harn) die Betheiligung der Kohlenhydrate und der Fette an den jeweiligen Verbrennungen in richtig geleiteten Versuchen mit einiger Sicherheit erschliessen, und so die Wärmeproduktion, den Kraftwechsel in der Zeiteinheit berechnen. Haben doch grade zahlreiche Versuche von Speck, Zuntz u. Mering, Pott-hast, J. Munk erwiesen, dass der respiratorische Quotient auch in kürzeren Zeiträumen solche Werthe zeigt, wie man sie nach den gegebenen Bedingungen (Hunger, Zufuhr von Zucker, milch-saurem Natron, Glycerin etc.) zu erwarten berechtigt war. Für kleinere Zeiträume ist man allerdings öfter genöthigt, auf eine ganz genaue Feststellung des Eiweissumsatzes zu verzichten; meist aber kann derselbe annähernd genau genug berechnet werden. Nach Rubner¹⁾ sind die calorischen Aequivalente

	Calor. Aequiv. für 1 gr in der Athem- luft er- scheinen- der Kohle	Relative Werthe	Calor. Aequiv. für 1 gr ver- brauch- ten Sauer- stoffs	Relative Werthe
bei Verbrennung von Rohrzucker	9,5	100	3,56	118,6
„ „ „ Muskelfleisch	10,2	107	3,00	100
„ „ „ Fett	12,3	129	3,27	109

Die entsprechenden Zahlen für den Sauerstoff weichen weit weniger von einander ab, als die für die Kohle resp. Kohlensäure. Somit lässt das Verhalten des Sauerstoffverbrauchs viel eher einen richtigen Schluss auf die Wärmeproduktion zu, als die Kohlensäureausscheidung. Die calorischen Aequivalente des Sauerstoffs stehen einander ziemlich nahe grade für diejenigen Stoffe (Fett u. Kohlenhydrate), die beim Omni- und Herbivoren jederzeit, im Hunger sowohl wie bei Nahrungszufuhr, und auch beim Fleischfresser wenigstens im Hunger (Fett) die Hauptzersetzung decken; sie stehen im Verhältniss von $\frac{3,27}{3,56} = \frac{100}{108}$. So giebt zunächst für diese

1) Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 21. S. 363/364.

beiden Nahrungsstoffe der Vergleich des Sauerstoffverbrauchs eine annähernde und vorläufige Uebersicht über die Höhe des Kraft- und Stoffwechsels; jedenfalls eine viel genauere und richtigere, als der der Kohlensäureausscheidung, die ja zudem in kürzeren Versuchen auch noch durch Aenderungen der Athemmechanik stark beeinflusst werden kann. Steigt somit bei Fütterung des nüchternen Organismus mit Kohlehydraten der Sauerstoffverbrauch, so ist eine Zunahme der Oxydationen, der Wärmeproduktion um so mehr erwiesen, als ja das calorische Aequivalent der Stärke etc. grösser ist als das des Fettes. Andererseits muss bei Zufuhr von sehr viel Fleisch resp. Eiweiss der geringere Wärmewerth des zur Verbrennung dieses Körpers dienenden Sauerstoffs berücksichtigt werden. In der folgenden Arbeit ist jederzeit Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureproduktion gleichzeitig bestimmt; bei der aus den eben gegebenen kurzen Erläuterungen ersichtlichen weit grösseren Bedeutung des Sauerstoffverbrauchs, soll grade dieser in den allgemeinen Uebersichten und Generaltabellen entweder ausschliesslich oder doch in erster Reihe wiedergegeben werden; überall, wo es wichtig erscheint, wird auch der respiratorische Quotient in den einzelnen Versuchen veröffentlicht und stets auf die verschiedenen calorischen Aequivalente des Sauerstoffs Rücksicht genommen werden. So wird es möglich sein, aus diesen Respirationsversuchen ein annähernd richtiges Bild des in den verschiedenen Zeiten des Tages bei Hunger oder bei Nahrungszufuhr stattfindenden Kraftwechsels zu gewinnen. —

Bei solchen etwa nothwendig werdenden Berechnungen bediente ich mich folgender Zahlenwerthe, die zum grossen Theil aus Rubner stammen, zum Theil aus der elementaren Zusammensetzung der Stoffe von mir berechnet sind; die eventuelle Umrechnung der hier für Gewichtsmengen von Sauerstoff und Kohlensäure gegebenen Zahlen auf Raummass geschah nach den Normalwerthen

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ l O}_2 = 1,43003 \text{ gr} \\ 1 \text{ l CO}_2 = 1,96633 \text{ gr} \end{array} \right\} \text{ (für Berlin).}$$

Tabelle I.

	Verbraucht zur Ver- brennung gr O ₂	Liefert gr CO ₂	Liefert Calorien	Respirat. Quotient	Calor. Aequivalent von 1 gr CO ₂	Calor. Aequivalent von 1 gr O ₂
1 gr Muskelfleisch, aschehaltig .	1,334	1,437	4,00	0,783	2,78	3,0
1 gr „ aschefrei . .	1,400	1,500	4,19	0,783	2,78	3,0
1 gr Schweinefett	2,876	2,805	9,42	0,709	3,35	3,27
1 gr Butterfett	2,841	2,773	9,19	0,710	3,30	3,23
1 gr Stärke	1,185	1,630	4,116	1,000	2,52	3,48
1 gr Rohrzucker	1,123	1,544	4,001	1,000	2,59	3,56
1 gr Traubenzucker	1,067	1,467	3,672	1,000	2,50	3,44
Im Hunger zerstörte Leibessub- stanz des Hundes nach Rubner ¹⁾	—	—	—	0,721	3,26	3,23
Von meinem Versuchsmanne (W) im nüchternen ¹⁾ Zustand zer- störte Substanz	—	—	—	0,766	3,10	3,26
dito von meinem Hund ¹⁾ . . .	—	—	—	0,784	3,03	3,27

Die Methodik.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe musste eine Methodik gewählt werden, die erlaubte, sehr zahlreiche Analysen in kurzer Zeit mit genügender Sicherheit und Schärfe auszuführen. Eine

1) Nach Rubner's Angaben werden im Hunger ca. 15 % des Energieumsatzes des ruhenden Hundes vom Eiweiss, 85 % von Fett bestritten; nach obigen Zahlen also 100 Calorien von 3,580 gr aschefreiem Muskelfleisch und von 9,024 gr Fett geliefert, daraus sind die Zahlen der Tabelle berechnet. Aus den Bestimmungen von Lehmann u. Zuntz (Virchow's Archiv. Bd. 131. Suppl. S. 209 u. 210) ergeben sich im Mittel der 10 resp. 6 Hungertage für den Menschen eine Betheiligung des Eiweisses von 17,5 resp. 18,0 %, und des Fettes von 82½ resp. 82 % am Wärmeumsatz, ebenfalls für vollständige Ruhe berechnet. — Etwas abweichend sind die Zahlen für den Umsatz des „nüchternen“ Organismus, weil ihm aus den letzten Mahlzeiten noch Kohlenhydrate zur Verbrennung zur Verfügung stehen. Obige Zahlen zeigen, dass in diesem Fall das calorische Aequivalent des Sauerstoffs mit 3,26, 3,27 sehr nahe steht dem zur Verbrennung von Fett (3,27), und Rubner's „Leibessubstanz“ (3,23) dienenden. Die Berechnung ist zu ersehen aus S. 26/27 u. S. 31 dieser Arbeit, wo auch angegeben ist, in welchem Grade sich Fett, Eiweiss und Kohlenhydrate am Umsatz betheiligen. — Diese Zahlen gelten ausdrücklich nur für meine Individuen und unter den von mir innegehaltenen Bedingungen. — Auch ich habe mich, der grösseren Bequemlichkeit halber und um den Vergleich mit Rubner's Berechnungen zu erleichtern, an Rubner's Zahlen gehalten, von denen ja die neuerdings von Pflüger benutzten nur sehr wenig abweichen.

solche war gegeben in der Anwendung der Hempel'schen volumetrischen Gasanalyse über Wasser, bei dem von Zuntz und Geppert ausgebildeten Verfahren der Untersuchung des Respirationprocesses, wie sie für physiologische Zwecke bereits vielfach angewandt und experimentell geprüft worden ist.

Die allgemeine Versuchsanordnung (cf. Zuntz u. Geppert¹⁾, Zuntz²⁾, Geppert³⁾, Loewy⁴⁾ Katzenstein⁵⁾, Lehmann u. Zuntz⁶⁾) besteht im Wesentlichen in Folgendem: Durch eine ins Freie führende sehr weite Zuleitung inspirirt das auf einem Sopha unter völliger Muskelentspannung gelagerte Versuchsindividuum frische atmosphärische Luft; die expirirte Luft streicht durch eine Gasuhr, die das Volumen derselben misst; die Richtung des die Lungen passirenden Luftstromes wird durch zwei Darmventile und ein, neuerdings aus weichem Gummi gefertigtes, Mundstück (das bei verschlossener Nase zwischen Lippen und Zähnen gehalten wird) resp. eine luftdicht schliessende Trachealcantile beim Hund eindeutig bestimmt, jeder Verlust an Expirationsluft auf das Bestimmteste ausgeschlossen. Ein aliquoter Theil der letzteren wird aufgefangen und über leicht angesäuertem Wasser volumetrisch analysirt; die Absorption der Kohlensäure erfolgt durch Kalilauge, die des Sauerstoffs durch Phosphorstangen. Da die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft innerhalb der für uns in Betracht kommenden Grenzen constant ist⁷⁾, so ist aus diesen Daten die Kohlensäureproduktion des Körpers wie sein Sauerstoffverbrauch mit Leichtigkeit zu berechnen. Wegen der Art der Berechnung muss ich auf Geppert und Zuntz, wegen der Details des Verfahrens und der Analyse auf Hempel⁸⁾ verweisen.

1) Zuntz u. Geppert, Pflüger's Archiv. Bd. 42. S. 196 ff.

2) Zuntz, Fortschritte der Medicin 1887. Bd. 5. S. 1 ff.

3) Geppert, Archiv für exper. Pathol. u. Pharmak. Bd. 22. S. 368.

4) Loewy, Pflüger's Archiv. Bd. 43. S. 519 ff. 46. S. 190 ff.

5) Katzenstein, Pflüger's Archiv. Bd. 49. S. 330.

6) Lehmann u. Zuntz, Virchow's Archiv. Bd. 129. Supplement S. 27 ff.

7) cf. Kreusler, Landwirthsch. Jahrbücher. XIV. S. 305. Hempel, Ber. d. dtsh. chem. Ges. Bd. 18 S. 1800, u. Hempel-Kreussler, ibid. 20, 1864.

8) Hempel, Die Gasanalyse. Braunschweig. 2. Aufl.

Die Methodik ist für meine Versuche zwar im Wesentlichen die gleiche geblieben, wie sie von den eben genannten Autoren angewendet worden ist, jedoch in einigen Einzelheiten erheblich durch den neuen, von Prof. Zuntz angegebenen, von mir benutzten Apparat verbessert, der ein bedeutend schnelleres und sichereres Arbeiten als früher ermöglicht.

Das Volum der expirirten Luft wird auch jetzt durch eine gute Elster'sche Experimentirgasuhr mit constant gehaltenem Wasserspiegel gemessen, deren Aichung einen Fehler von $\pm \frac{1}{2} - 1\%$ aufweist. Ein von Prof. Zuntz construirter Reductionsapparat giebt unmittelbar und direkt den Reductionsfactor an, durch dessen Division in die abgelesene Luftmenge man deren Volum unter Normalbedingungen, d. h. für 0° , 760 mm Quecksilberdruck und Trockenheit erhält. Statt wie bisher den jeweiligen Luftdruck und die Temperatur des Gases in der Uhr zu messen und aus diesen Daten unter Berücksichtigung des Wasserdampfes das reducirte Volum resp. den Reductionsfactor zu berechnen, findet man letzteren direct, indem man die Volumsänderungen eines über Wasser abgesperrten bekannten Luftquantums bestimmt, das den gleichen Bedingungen wie das zu reducirende Gas unterliegt. Es bedeutet dies die Uebertragung eines bereits vielfach in der Gasanalyse gebräuchlichen Princip's, das bisher nur bei der Messung und Reduction von ruhenden, abgesperrten Gasmengen angewandt wurde, auf diejenigen Arbeiten, in denen man es mit Luftmengen zu thun hat, die durch eine Gasuhr strömen. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um einen Ersatz der zwei bisher angewandten Quecksilberthermometer, die, luftdicht in die Gasleitung eingesetzt, die Temperatur des Gases beim Ein- und Austritt aus der Uhr massen, durch zwei mit einander verbundene Luftthermometer, die gleichzeitig den jeweiligen Druck, Temperatur und Wassergehalt der Expirationsluft zum Ausdruck bringen. Die metallenen, die Luft zu- resp. abführenden Ansatzstücke *PP* der Gasuhr (Fig. I u. III) sind unmittelbar an letzterer cylindrisch erweitert *RR*; diese Erweiterungen umschliessen in mässigem Abstand je eine ähnlich geformte dünnwandige Metallkapsel *AA*, so zwar, dass keine Communication zwischen der Luft in *A* und *R* stattfindet. Durch je ein 2 mm weites, luftdicht in die Kapseln eingelöthetes, nach aussen geführtes Metallrohr *bb*, stehen die Kapselräume untereinander und durch *c* mit dem calibrirten Rohr *E* in Verbindung; letzteres wie-

derum durch den weiten Gummischlauch f mit dem Niveaurohr G ; als Sperrflüssigkeit in beiden Rohren dient Wasser; der Glashahn D stellt eine dauernde Communication zwischen E und c her und wird nur gelüftet und wiederum eingesetzt, wenn es sich darum handelt, ein bestimmtes Luftquantum in dem Raum $Ab\ c\ D\ E$ abzuschliessen. Diese hier abgesperrte Gasmenge unterliegt genau den gleichen physikalischen Bedingungen und Veränderungen, wie die die Gasuhr durchströmende Expirationsluft: letztere theilt ihr ja bei der grossen Dünnwandigkeit der Kapseln sofort die eigene Temperatur mit; wie ferner die Luft in der Gasuhr stets unter dem jeweiligen atmosphärischen Druck steht, so wird auch das Volum des abgesperrten Gases vermittels des Niveauröhres G unter derselben Pression abgelesen; da dasselbe zudem über Wasser abgesperrt ist und in jeder Kapsel sich ursprünglich ein kleiner Wassertropfen befindet, so ist es genau wie die Expirationsluft mit Wasser für die gleiche Temperatur gesättigt. Kennt man nun das Volumen a , das die hier abgesperrte Luft trocken bei 0° und 760 mm Druck einnehmen würde, ferner das Volum b , das sie während eines Versuches wirklich einnimmt, so ist das gesuchte Volumen x , das die von der Gasuhr im Experiment angezeigte Luftmenge c unter Normalbedingungen einnehmen würde, sofort bestimmt; nämlich aus der Proportion $\frac{a}{b} = \frac{x}{c}$; $x = c \frac{a}{b}$; a wird genau gleich 100,00 ccm gemacht, b in ccm am Rohr E bis auf die zweite Decimale genau direct abgelesen, dann wird $x = c \frac{100}{b}$. Die

beiden Metallkapseln AA und die sehr engen Röhren bbc enthalten bis zur 0-Marke des calibrirten Rohres genau 100,00 ccm, das Rohr ist in $\frac{1}{20}$ ccm getheilt. Man hat nur nöthig, über dem Wasserspiegel in E einmal genau 100,00 ccm trockene Luft von 0° und 760 mm Druck abzusperrern, um den Apparat gebrauchsfertig zu erhalten. Das geschieht folgendermassen: Nachdem der Apparat im abgeschlossenen Zimmer constante Temperatur angenommen hat, bestimmt man das Mittel der Angaben von zwei aussen an den Luftkapseln angebrachten Quecksilberthermometern und berechnet nun, welches Volumen 100 ccm trockenes Gas von 0° —760 mm Druck bei dem beobachteten Druck, der gegebenen Temperatur, mit Wasserdampf gesättigt, einnehmen würden. Das berechnete Volum

sei $100+x$, x beispielsweise $= 8,47$ ¹⁾. Hat man sich bei erneutem Betreten des Zimmers von der Constanz der Temperatur überzeugt, so sperrt man durch Lüften des Hahnes D und Einstellen des Wasserspiegels im Rohr E (vermittels des Niveauohres) auf die Marke $x = 8,47$ und sofortiges Wiedereinsetzen des Hahnes D das oben berechnete Luftvolum $100+x = 108,47$ ccm ab. Das Volumen, das die hier abgesperrten 100,00 ccm „Normalluft“ zu irgend einer Zeit einnehmen unter den jeweiligen im Einzelnen ganz unbekannten Druck-, Temperatur- und Wassergehaltsbedingungen, bildet, wie aus der bisherigen Beschreibung hervorgeht, den Reductionsfactor, durch dessen Division in die von der Gasuhr angezeigte Luftmenge man die letztere auf Normalbedingungen reducirt erhält. Haben z. B. in einem Versuch von 25 Minuten Dauer 174,4 l Luft die Gasuhr passirt und war das Mittel aus 4 Ablesungen an jenem Thermobarometer in diesem Fall gleich 109,64, so entsprechen jene 174,4 l demnach $\frac{174,4 \times 100,00}{109,64} = 159,06$ l trockener Luft von 0° und 760 mm Druck.

Die theoretische Berechtigung dieses Apparates ist evident; berechtigt wäre nur der Einwand, dass ein Theil der abgesperrten Luft, nämlich derjenige in der Röhre E , der je nach den Verhältnissen 4–12 % der genannten Luft ausmachen kann, nicht von der Exspirationsluft umspült wird und somit nicht deren Temperatur, sondern die des Zimmers annimmt. Letztere wich aber unter den von mir innegehaltenen Bedingungen zu allen Zeiten um nicht mehr wie einen Grad von derjenigen in der Gasuhr ab, der Fehler ist somit minimal und beträgt höchstens 0,02–0,04 auf 100,0. Die praktische Brauchbarkeit des Apparates wurde erwiesen durch sehr häufige, monatlich zweimal vorgenommene Controllbestimmungen, bei denen die am Thermobarograph abgelesenen Zahlen verglichen wurden mit denen, die durch Rechnung aus dem gleichzeitig abgelesenen Luftdruck, Temperatur etc. gewonnen wurden. Diese Bestimmungen ergaben eine gute Uebereinstimmung beider Zahlen. So war z. B. zu drei verschiedenen Stunden am 16. II. 1893

1) Diese Berechnung geschieht ausserhalb des Apparatenzimmers, um jede Aenderung der daselbst herrschenden Temperatur zu vermeiden.

der wirkliche Stand des Reductionsapparates	= 108,58	108,95	109,23
der theoretisch berechnete Stand desselben	= 108,64	108,97	109,23
Differenz	—0,06	—0,02	—0,00

Diese Angaben sind während der Benutzung der Gasuhr, d. h. während diese von der Expirationsluft durchströmt wird, gewonnen. Der Reductionsapparat muss natürlich während jeden Versuches mehrfach, zum mindesten aber am Anfang und Schluss desselben abgelesen, und das Mittel aus den verschiedenen Ablesungen gezogen werden. — Leider wurden die Angaben des Apparates nach einigen (3—4) Wochen ungenau, indem sie dann um 0,15—0,25 % zu klein ausfielen; nie war das Umgekehrte der Fall, d. h. es verschwinden in dieser Zeit 1—2 Zehntel ccm Luft, wahrscheinlich Sauerstoff, der die metallenen feuchten Wandungen oxydirt. Der Apparat liefert aber auch dann noch bei sämtlichen an einem Tag angestellten Versuchen genau vergleichbare Angaben, da diese sämtlich um den gleichen Betrag hinter den berechneten zurückbleiben. Der Fehler ist ferner nach 14 Tagen noch sehr klein, und man hat nur nöthig, den Apparat alle 2 Wochen einmal zu controlliren und eventuell neu einzustellen, was mit geringer Mühe geschieht, um dauernd richtige Angaben zu erzielen. — In letzter Zeit ist übrigens die Einstellung des Apparates dauernd richtig geblieben.

Von der ihrem Volum nach genau gemessenen Expirationsluft wird ein Theil, 100 resp. 200 ccm, in einem oder beiden Analysenrohren *1. 1.* (Fig. I) aufgefangen und auf seine Zusammensetzung untersucht. Diese zwei Büretten stehen an ihrem oberen Ende durch abklemmbare, kurze, capillare Gummischläuche mit dem capillaren Glasrohr *K*, durch dieses und ein ebenfalls sehr enges metallenes Rohr *L* mit der die Expirationsluft zur Uhr führenden Leitung *P* in Verbindung. Sie enthalten anfangs bis zur oberen Nullmarke Wasser, füllen sich mit Expirationsluft, wenn man nach Lösung der entsprechenden Klemmen das Wasser aus ihrem unteren Ende ausfliessen lässt. Dies Ausfliessen wird durch einen mit Klemme versehenen Schlauch *H* bewirkt, der zu dem unteren Ende beider Büretten führt und an seinem anderen Ende eine metallene Ausflussspitze *J* trägt. Diese befindet sich beim Beginn einer „Probenahme“ in der Höhe des Wasserspiegels in den Bü-

retten, d. h. in Höhe von deren Nullmarke, sinkt während des Versuches in gleich zu schildernder Weise, und bewirkt so, bei richtiger Einstellung der entsprechenden Klemmen, die Entleerung der Büretten von Wasser und deren Füllung mit der zu untersuchenden Luft. — Dieser zur Analyse dienende Theil muss genau die mittlere Zusammensetzung des ganzen in der Versuchszeit ausgeathmeten Luftquantums haben, von jedem einzelnen Athemzug muss ein gleicher aliquoter Theil gewonnen werden; das geschieht in ähnlicher Weise wie in den Versuchen von Geppert, Zuntz, Loewy dadurch, dass die Gasuhraxe gemäss ihrer Umdrehung die Absaugung der Analysenprobe selbstthätig bewirkt. Die neue Einrichtung, die sich durchaus bewährt hat, ist so beschaffen: Die drehbare Gasuhraxe A (Fig. II) ist nach hinten über die Gasuhrwand heraus verlängert und trägt 4—5 concentrische Scheiben BB von verschiedenem Durchmesser. In dem gekehlten und gerieften Umfang von einer derselben läuft eine Schnur ohne Ende über die an der Gasuhr befestigten Rollen D_1D_2 , E_1E_2 und F nach vorne; durch Reibung an dem Umfang der Scheibe B wird die Schnur bei Umdrehung der Gasuhraxe in eine Bewegung gesetzt, deren Grösse nur von der Schnelligkeit der Axendrehung der Gasuhr abhängt, das heisst mit der jeweiligen Grösse des durch letztere passirenden Luftquantums in constantem Verhältniss variirt. Der vordere Theil dieser Schnur zwischen den Rollen E_1 , F u. E_2 (cf. Fig. I) befindet sich vor der Gasuhr und dicht neben der die Analysenbüretten enthaltenden Wasserwanne; und zwar befinden sich die oberen Rollen E_1E_2 höher, die untere F tiefer als das obere resp. untere Ende der Büretten 1. 1. Der zwischen den Rollen E_1 u. F befindliche Theil der Schnur sinkt bei der Drehung und an ihm ist durch den metallenen Träger m und eine Klemmvorrichtung n die oben erwähnte Auslaufspitze angebracht. Da der Querschnitt des Analysenrohres (mit Ausnahme eines ganz kurzen Stückes am oberen und unteren Ende) überall gleichmässig ist, so erfolgt beim Absinken der Auslaufspitze der Abfluss des Wassers aus den Büretten und deren Füllung mit der Athemluft genau proportional der Menge des durch die Gasuhr streichenden Luftstromes; von jedem einzelnen Athemzug wird, der theoretischen Forderung entsprechend, ein stets gleicher Bruchtheil abgesaugt und so eine genaue Durchschnittsprobe gewonnen. Sobald die Büretten bis zu ihrem unteren Ende mit dem Gas gefüllt sind, werden die entsprechenden Klem-

men angelegt resp. gelüftet, die abgesaugte Luft abgesperrt, die nöthigen Ablesungen gemacht, der Versuch beendigt. Je nachdem ein solcher kürzere oder längere Zeit dauern soll, lässt man die Schnur ohne Ende über eine grössere oder kleinere der an der Gasuhraxe angebrachten Scheiben gehen, wodurch die Schnelligkeit ihres Niedersinkens variirt wird. Man hat es so in der Hand, eine „Probenahme“ über 6—8, 12—15, 20, 35 Minuten auszudehnen; natürlich muss während eines Versuches das Uebersetzungsverhältniss constant bleiben. Auf den Träger *n*, welcher die Ausflussspitze *J* trägt, können cylindrische mit einem Ausschnitt für die Schnur versehene Gewichte aufgelegt werden. Indem diese Gewichte die Bewegung des zwischen den Rollen *E'* u. *F* niedersinkenden Schnurtheils fördern, erleichtern sie die Umdrehung der Gasuhr und vermindern somit den an sich minimalen Widerstand, welchen der Apparat der Expiration entgegensetzt. Legt man etwa 400 gr Gewichte auf, so beginnt die Gasuhr sich wie bei der Athmung zu drehen und so als Aspirator zu wirken. Man kann die Belastung so abstufen, dass die ruhende Uhr durch Zulegen eines geringen Gewichts in Drehung versetzt wird; dann ist der Widerstand für die Expiration fast gleich Null.

Der Analysenapparat besteht im Wesentlichen aus den Büretten, in denen die Messung der Gasvolumina, und den Pipetten, in denen die Absorption der Kohlensäure und des Sauerstoffs stattfindet. Die ersteren, 7 an der Zahl, stehen in einer mit Spiegelscheiben versehenen, mit Wasser gefüllten Wanne (Fig. I). Die mittlere Bürette Nr. 4 dient als thermobarometrischer Controllapparat, die übrigen 6 bilden, zu je dreien symmetrisch angebracht, zwei gleiche Gruppen, zur gleichzeitigen Anstellung von 2 Analysen. In *1. 1* findet die Aufsammlung und Messung des zu untersuchenden Gases statt; ist dieses in der Pipette *I* durch Kalilauge von Kohlensäure befreit, so wird das Volum des restirenden Gasgemenges in den Röhren *2, 2* bestimmt; in Pipette *II* wird hernach der Sauerstoff absorbiert und das restirende Stickstoffgas dann in den Büretten *3, 3* gemessen. Die Büretten sind nur an ihrem unteren verschmälerten Ende calibrirt, und zwar in $\frac{1}{20}$ ccm getheilt; die Röhren *1. 1* tragen eine Theilung von 99,6—101,0 ccm, *2, 2* von 90,0—100,0, und *3, 3* von 75—85 ccm entsprechend dem Umstand, dass für gewöhnlich von 100 ccm Expirationsluft nach Entfernung der Kohlensäure etwa 93—98 ccm, und nach Absorption des Sauerstoffs zwischen

78 und 81 ccm Gas zurückbleiben. Der Unterschied gegen die frühere Vorrichtung (cf. Loewy) besteht zunächst darin, dass, da die dreimalige Messung des Gases in verschiedenen Röhren stattfindet, jede der letzteren nur in einem kleinen Intervall getheilt zu sein braucht, und die Theilung daher gegen früher sehr verfeinert ist. (Eine sorgfältige Calibrirung ist hier natürlich ganz besonders erforderlich.) Der Hauptvorthail der neuen Einrichtung besteht aber darin, dass unmittelbar, nachdem die erste Gasprobe zur Analyse in die Kalipipette übergetrieben ist, im ersten Rohr eine neue Durchschnittsprobe aufgefangen werden kann u. s. f. So kann man bei geübtem Arbeiten, wenn nothwendig, in Bürette 1 schon die 3. und 4. Gasprobe auffangen, wenn die Analyse der ersten gerade zu Ende geht. Die Verdoppelung der drei zusammengehörigen Büretten und der mit ihnen verbundenen Pipetten erlaubt je nach Bedürfniss entweder Doppelanalysen anzustellen, oder durch abwechselnde Benutzung einen Versuch ohne auch nur den Verlust einer Minute an den vorhergehenden anzuschliessen. — Nachdem in der oben geschilderten Weise ein Gasgemenge in der Bürette 1 aufgefangen und zwischen den Klemmen 1, 2, 7 und 10 abgesperrt ist, wird die Klemme 7 geöffnet und das Volum des Gases unter Atmosphärendruck vermittels des Niveaurohres *N* gemessen; dasselbe ist zweischenklig, der engere Schenkel hat genau das Kaliber der unteren getheilten Bürettenenden; das Wasserniveau in ihm wird durch Heben oder Senken des Niveaurohres auf gleiche Höhe mit dem in der Bürette gebracht; der weitere Schenkel dient zur Aufnahme von ca. 200 ccm Wasser, welches zum Herübertreiben des Gases aus den Büretten in die Pipetten gebraucht wird; umgekehrt fliesst beim Zurücksaugen des Gases aus den Pipetten in die nächste Bürette, das in letzteren enthaltene Wasser in dies Niveaurohr ab. Aus der Figur ist deutlich zu ersehen, wie die Büretten durch je zwei Y-förmige capillare Glasröhren und capillare Gummistücke mit den Pipetten verbunden sind. Auch die Bedeutung der dort wie anderwärts angebrachten Klemmen ergibt sich leicht von selbst. An dem zum Niveaurohr führenden Schlauch ist eine stellbare Schraubenklemme 11 angebracht; durch richtiges Anziehen derselben wird, wenn das Gas aus einer Pipette in die entsprechende Bürette angesaugt wird, der Abfluss des Wassers aus letzterer verlangsamt und so regulirt, dass er 3—4 Minuten dauert; es findet dann kein nachträgliches Zusammenlaufen von den Wän-

den der Bürette statt, und die Ablesung des Gasvolums kann sofort vorgenommen werden. Die absorbirenden Reagentien, 30%ige Kalilauge in der mit Glasröhren gefüllten Pipette für die Kohlensäure, dünne sehr zahlreiche Phosphorstangen für den Sauerstoff bieten dem Gasgemenge eine sehr grosse Oberfläche, so dass die Absorption in weniger wie 2 resp. 8 Minuten bei mittlerer Zimmertemperatur vollendet ist. Somit erfordert die ganze Analyse nicht mehr wie etwa 30—40 Minuten. In dieser Zeit ändert sich aber manchmal, besonders beim Anheizen des Zimmers in der Frühe die Temperatur des Wassers in der Wanne und damit auch die des Gases nicht unerheblich, bis zu mehreren Zehntel Graden. Die dadurch, wie auch durch etwaige Barometerschwankungen (beobachtet z. B. während eines Gewitters) bedingten Volumenänderungen der Gase werden durch die entsprechenden Aenderungen eines in Bürette 4 abgesperrten Gasquantums gemessen. Diese Bürette, von ähnlichen Dimensionen wie 1, endigt unten blind, ist nach oben verschmälert und mit einem Glashahn abgeschlossen; unterhalb dieses letzteren trägt sie einen seitlichen Ansatz, der durch ein capillares Gummistück mit einem horizontal befestigten engen Glasrohr in Verbindung steht. Der Inhalt der Bürette beträgt bis zu der an dem engen Seitenrohr angebrachten Nullmarke genau 100,0 ccm, das Rohr ist in 50tel ccm getheilt. Ein in diesem befindlicher Petroleumtropfen geht bei Volumänderungen der in der Bürette befindlichen, durch einen Wassertropfen feucht gehaltenen Luft vor- oder rückwärts; ein Vor- oder Zurückweichen um einen halben Theilstrich bedeutet eine Volumänderung von $\frac{1}{100}$ ccm auf 100 ccm, d. h. um 0,01 %; etwaige seit dem Beginn der Analyse stattgehabte Volumänderungen dieses Luftquantums werden bei der Ablesung und Abmessung des von Kohlensäure resp. Kohlensäure und Sauerstoff befreiten Gasgemenges ebenfalls in $\frac{1}{100}$ tel Procenten des abgemessenen Volums verrechnet, da ja die Gase in allen 7 Büretten unter den gleichen physikalischen Bedingungen stehen.

Die Analyse findet über Wasser statt, das durch Salzsäure ganz leicht angesäuert und durch Rosolsäure schwach gelb gefärbt ist. Die Details der Analyse sowie die Zulässigkeit der Analyse über Wasser brauchen hier nicht erörtert zu werden; ich verweise auf Hempel¹⁾ und Loewy²⁾. Ich erhielt bei sehr zahlreichen,

1) loc. cit.

2) loc. cit.

alle Monate erneuten Controllbestimmungen sehr gute Resultate. Zumeist wurde in diesen Versuchen atmosphärische Luft analysirt, aber auch Athemgase vom Pferde, deren Zusammensetzung bereits in subtilster Weise über Quecksilber nach der Bunsen-Geppert'schen Methode bestimmt worden war. Bei fast allen diesen Versuchen wurde die Kohlensäure um wenige (0—6) hundertstel Volumprocente zu klein gefunden; ebenso blieb der Procentgehalt des untersuchten Gases an Sauerstoff zumeist um 5—10 hundertstel hinter dem wahren Werthe zurück; eine noch grössere Annäherung an die richtigen Werthe wurde in den unten mitgetheilten Controllversuchen von Prof. Zuntz erzielt. Auf jeden Fall sind die Abweichungen ziemlich klein und liegen fast stets nach der gleichen Seite, so dass die gewonnenen Zahlen nahezu absolute Werthe darstellen, und jedenfalls unter sich völlig vergleichbar sind. Der Procentgehalt der Kohlensäure beträgt in der Expirationsluft zumeist 3—5 %, er wird gewöhnlich um 0,00—0,06 % zu klein gefunden, demgemäss fallen die absoluten Werthe um 1—2 % zu klein aus. Der Sauerstoffgehalt der Expirationsluft wird meist um 0,05—0,10 % zu klein, das „Sauerstoffdeficit“ mithin um eben so viel zu hoch gefunden; da seine absolute Grösse gewöhnlich 4—6 % des Gesamtgasen beträgt, so wird dieselbe mittels dieses Apparats um 1—2½ % des wahren Werthes zu hoch gefunden. Da die Kohlensäuremenge zu klein, das verzehrte Sauerstoffquantum zu gross wird, so wird der respiratorische Quotient naturgemäss etwas zu klein gefunden, zumeist um 1—2 Einheiten in der zweiten Decimale, statt 0,750 z. B. = 0,730—0,740. Alle diese ja sehr geringen Abweichungen sind ziemlich constant; eine rechnerische Correctur für dieselben wurde nie angebracht, vielmehr sind alle Zahlen ohne jede berichtigende Zuthat wiedergegeben. — Uebrigens darf nicht verschwiegen werden, dass bei den Controlluntersuchungen die Sauerstoffbestimmung gelegentlich, aber selten, grössere Abweichungen ergab, ohne dass der Grund dafür mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. — Es kommen in der kohlensäurefrei gedachten trockenen Atmosphäre nach Hempel-Kreussler¹⁾ auf 20,93 Volumprocente Sauerstoff 79,07 Theile Stickstoff; ich fand in einem Winter folgende Werthe:

1) Hempel u. Kreussler, Ber. d. chem. Ges. Bd. 20. S. 1864.

Sauerstoff	20,90	20,93	20,89	20,89	20,90	20,88	20,97(?)	20,82	20,73(?)
Stickstoff	79,10	79,07	79,11	79,11	79,10	79,12	79,03	79,18	79,27

Sauerstoff	20,81	20,90	20,90	20,88	20,86	20,90	20,88 %
Stickstoff	79,19	79,10	79,10	79,12	79,14	79,10	79,12 „

Prof. Zuntz fand, als er im letzten Herbst Controllversuche anstellte, in welchen ein Luftstrom untersucht wurde, welcher durch brennende Kerzen ähnlich verändert war, wie die Expirationsluft durch die Athmung, bei gleichzeitig über Quecksilber und in dem von mir benutzten Apparat analysirten Proben folgende procentische Mittelwerthe aus je einer grossen Zahl von Analysen:

Ueber Quecksilber			Ueber Wasser		
Zahl der Analysen	Kohlen-säure	Sauer-stoff	Zahl der Analysen	Kohlen-säure	Sauer-stoff
4	1,548	18,801	6	1,598	18,803 ¹⁾
4	1,641	18,714	6	1,658	18,660
4	2,107	18,090	7	2,099	18,069
Gesamtmittel	1,765	18,535		1,785	18,511

Alle Controllbestimmungen wurden von Zeit zu Zeit wiederholt, um etwaige Fehler oder Unregelmässigkeiten rechtzeitig zu entdecken; das ist nicht überflüssig; geschieht es aber, so kann man sich auf die Angaben des Apparats auch bei schnellem Arbeiten vollkommen verlassen: ich habe in 12—15 Stunden oft ebenso viele und mehr Respirationsversuche mit Doppelanalysen angestellt und die ganzen Rechnungen in der gleichen Zeit bewältigt. Sämmtliche Zahlen wurden meist drei-, seltener nur zweimal gerechnet, und zwar einmal mit, einmal ohne Logarithmen, und obendrein noch die Richtigkeit der Rechnungen durch Stichproben controllirt. — In den weitaus meisten Versuchen wurden zu gleicher Zeit Doppelanalysen des gleichen Gasgemenges in beiden Hälften des Apparates angestellt, deren Uebereinstimmung die Richtigkeit der Analyse bis zu einem gewissen Grade sicherte. Unter ca. 200 ohne Wahl herausgegriffenen Doppelanalysen fanden sich nur ca. 15 %, in denen die Differenz des Prozentgehalts an Kohlensäure resp. Sauerstoff mehr als $\frac{6}{100}$ stel, und nur 2 % resp. 5 %, in denen sie mehr als $\frac{10}{100}$ stel $\frac{0}{100}$ betrug²⁾.

1) Diese Sauerstoffzahl ist das Mittel von nur 4 Analysen.

2) Der ganze vorstehend beschriebene Apparat kann durch die Gas-messerfabrik von S. Elster, Neue Königstr. 69 zu Berlin, bezogen werden.

Die allgemeine Versuchsanordnung.

Der Gaswechsel in nüchternem Zustand.

Die allgemeine Versuchsanordnung ging dahin, dass nach Feststellung des Gaswechsels im nüchternen Zustand eine Mahlzeit von bestimmter Zusammensetzung gereicht und nun Stunde für Stunde der Gaswechsel bestimmt wurde. Die einzelnen Versuche konnten und durften aber nie über die ganze Stunde ausgedehnt werden. Denn ein Mensch ist im wachen Zustand nicht im Stande, länger als 2—3 Stunden durch die Gasuhr zu athmen und dabei ganz ruhig zu liegen, auch ein Hund nur schwer; jede Bewegung muss absolut ausgeschlossen sein. Es gilt ja nicht, den absoluten Betrag der am Tage umgesetzten Kohlenstoff- und Sauerstoffmengen zu erfahren, sondern nur den Antheil zu ermitteln, welchen daran die Speiseaufnahme hat. Das kann nur so geschehen, dass alle Stunde (event. auch in grösseren Zwischenräumen) ein Versuch von 35—40 Minuten Dauer angestellt und zwischen je 2 solcher Versuche eine Pause eingeschaltet wird. Die so gewonnenen Werthe sind zuverlässig genug, um als Mittelwerthe für die in der Stunde umgesetzten Gasmengen angesehen zu werden. In allen diesen Versuchen lag das Versuchsindividuum bei vollständiger Muskelentspannung auf dem Sopha in dem abgesperrten Zimmer, dessen Temperatur sich stets zwischen 16° und 19° C. hielt. Der Probeentnahme der Analysenluft gehen zumeist 5—10 Minuten ruhiges Athmen voran, bis die Athemgrösse annähernd constant geworden ist. Der eigentliche Versuch dauert somit 25—35 Minuten. Zur Feststellung des „Nüchternwerthes“ wurden stets 2—3 solcher Versuche mit Doppelanalysen nach einander angestellt, die Nüchternwerthe somit aus Versuchen von 50—70 Minuten Dauer abgeleitet.

Sämmtliche Angaben sind in cem ausgedrückt, auf 0°, 760 mm Druck und Trockenheit reducirt und auf 1 Minute berechnet. — Das zumeist zu den Versuchen verwendete Individuum W., 57—58 Jahre alt, ist zuverlässig, gesund und seit Jahren an ähnliche Respirationsversuche gewöhnt. Der benutzte Hund ist gut dressirt, liegt absolut ruhig; weder die nun 2½ Jahre getragene Dauer- canüle noch die in den Versuchen benutzte Canüle mit Gummitamponverschluss hat je Unzuträglichkeiten hervorgerufen.

Die richtige Feststellung des „Nüchternwerthes“, d. h. des Gaswechsels im nüchternen Zustand, ist von ganz besonderem Werth, da er, wie schon oben angedeutet, zum Angel- und Ausgangspunkt der ganzen Untersuchung gemacht wird, da er das Material abgibt, mit dem die während der Verdauung erhaltenen Werthe des Gaswechsels verglichen werden. Zwei Fragen drängen sich auf. Innerhalb welcher Breite schwanken die Nüchternwerthe des gleichen Individuums in verschiedenen Abschnitten längerer Zeiträume? Und wie verhält sich der Gaswechsel zu den verschiedenen Tagesstunden bei Enthaltung von jeder Nahrung? Ist derselbe eine annähernd constante Grösse oder nicht? und wenn letzteres der Fall, zeigen die etwaigen Schwankungen einen regelmässigen oder irregulären Charakter? Beide Fragen erfordern eine eingehende Besprechung.

Die Untersuchung der Umsetzungen im Hungerzustand bildet den Ausgangspunkt und die Grundlage für alle Untersuchungen in der Ernährungsphysiologie. Im Hunger sinkt, sofern die Temperatur gleich bleibt und Muskelbewegungen ausgeschlossen sind, der Stoffwechsel, speciell die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bald auf ein Minimum, auf Werthe, die nun bei längerer Carenz, auf die Gewichtseinheit bezogen, nahezu gleich bleiben. Das ist erwiesen u. a. durch Untersuchungen von Bidder und Schmidt an der Katze, D. Finkler am Meerschweinchen, Lehmann und Zuntz am Menschen¹⁾, ferner durch die sehr umfassenden Versuche Rubner's. Die Constanz dieser Ausscheidungen zeigt, dass denselben innere unveränderliche Bedingungen in der Organisation zu Grunde liegen, dass jenes Minimum unbedingt erforderlich ist zur Bestreitung der auch in der Ruhe stattfindenden Bewegungen (Herz- u. Athemmuskulatur), sowie zur Erhaltung der vitalen Labilität des Zellprotoplasma, der Eigenwärme und der normalen Functionen des Körpers. Aber eben so wenig wie diese Werthe in verschiedenen Abschnitten einer längeren Hungerreihe eine absolute Constanz zeigen, vielmehr um mehrere Procente um einen Mittelwerth herum schwanken, eben so wenig sind die Zahlen ganz

1) Hierher gehört auch eine Beobachtung von Hanriot u. Richet (Comptes rendus 106. S. 496), die den Gaswechsel in einer 49stündigen Hungerreihe nur wenig absinken sahen, den O₂-Verbrauch von 17,4 auf 16,9, 16,1 und 16,9 l per Stunde. — Luciani's enorm ungleiche Werthe sind wohl durch Fehler der Methodik bedingt.

constant, die man im „nüchternen Zustand“, d. h. nach dem Abklingen der Wirkung der letzten Speiseaufnahme erhält. Beim Hund, der seine Nahrung zumeist in einer Portion am Tag erhält, ist der Nüchternwerth nach 24 Stunden gewöhnlich erreicht, beim Menschen, der seine Mahlzeiten auf die verschiedenen Tageszeiten vertheilt, zumeist sicher nach 12—14 Stunden (meist schon viel eher); die in der Frühe gefundenen Werthe für den Gaswechsel erleiden bei Enthaltung von Nahrung meist keine weitere Abnahme im Laufe des Tages. Die umstehende Tabelle II (S. 24) enthält die zu verschiedenen Zeiten bei meinem Versuchsmenschen W. erhaltenen Nüchternwerthe. Die Tabelle umfasst einen Zeitraum von 2 Jahren.

In der ganzen Tabelle präsentiren sich bloß zwei Werthe, die, aussergewöhnlich hoch, zur Bildung eines Mittelwerthes wohl kaum herangezogen werden dürfen (Versuch Nr. 32 u. 33). Im Mittel der 41 übrigen Bestimmungen verbrauchte W. in der Ruhe nüchtern pro Minute 220,0 ccm O_2 und schied 168,5 ccm CO_2 aus. Der R. Q. ist = 0,766. Bei einem mittleren Gewicht von 56,5 kg (55,8—57,2 kg) treffen auf das Kilo und die Minute 3,89 ccm O_2 und 2,98 ccm CO_2 . Innerhalb dieser Reihe finden wir Werthe bis herab zu 204, und herauf bis zu 243 (nur einmal) ccm O_2 ; d. h. Schwankungen von -7 bis $+10\frac{1}{2}\%$ des Mittelwerthes. Aehnlich liegen die Verhältnisse für die Kohlensäure. Ein scharfer Nachweis, wodurch der verschieden hohe Verbrauch an den einzelnen Tagen bedingt sei, ist nicht in jedem einzelnen Fall zu erbringen. Doch müssen diese Schwankungen als innerhalb der physiologischen Breite liegend angesehen werden. Zuntz und Lehmann konnten in ihren Versuchen am hungernden Menschen ähnliche Steigerungen des Gaswechsels mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Darmreizungen zurückführen. — Es spielen aber natürlich noch andere bisher nicht aufgeklärte Momente mit.

Die höheren wie niederen Werthe kommen häufig genug, oft mehrere Tage hinter einander vor; es zeigte sich auch, in verschiedenen später zu besprechenden Hungerversuchen, dass diese höheren wie niederen Werthe den ganzen Tag über zur Beobachtung kamen. Differenzen von ähnlicher Höhe fand ja auch Speck in sehr zahlreichen Versuchen für Sauerstoff und Kohlensäure; ebensolche und höhere für die Kohlensäure Vierordt und Smith; auch letzterer sah mehr als einmal eine höhere Kohlensäureausscheidung sich über längere Zeit erstrecken. Solche Differenzen

Tabelle II.

Der Gaswechsel von W. in nüchternem Zustand.

No. des Versuchs	Datum	ccm O ₂ p. Minute	ccm CO ₂ p. Minute	RQ.	Dauer des Versuchs in Min.	Bemerkungen
19	? V. 91	219,1	177,9	831	44	
20	4.	230,8	177,8	769	48	
21	7.	222,4	176,3	779	50	
22	11.	238,5	178,2	747	44	
23	13.	210,0	154,8	737	50	
dito	"	209,8	151,3	720	141	Mittel aus 10 Tagesversuchen
24	4. VI. 91	233,8	169,5	725	43	
25	8.	224,2	177,0	791	44	
28	15.	210,8	162,5	771	55	
29	18.	241,9	176,8	730	95	
32	27.	(268,9)	(184,8)	(700)	50	{ ungewöhnlich hohe Werthe
33	29.	(268,0)	(187,5)	(700)	50	
34	4. VII. 91	240,7	168,1	798	34	
35	13.	226,4	167,7	740	37	
36	15.	217,9	158,4	727	51	
37	27.	243,1	178,0	731	64	
38	5. VIII. 91	208,1	158,8	764	71	
39	10.	214,9	163,5	761	39	
40	11. XI. 91	204,1	155,9	764	36	
41	17.	226,1	174,3	771	53	
dito	"	226,3	168,5	744	194	10 Tagesversuche
42	20.	225,7	173,3	768	35	
43	24.	226,5	175,6	779	48	
50	22. XII. 91	204,3	162,7	797	77	
51	24.	216,7	154,6	714	54	
58	26. I. 92	207,4	165,7	800	59	
76	29. III. 92	229,8	183,2	797	63	
79	5. IV. 92	229,4	167,9	732	44	
81	7.	228,3	179,0	784	57	
88	19.	205,8	156,9	762	68	
dito	"	211,2	161,0	762	—	12 Tagesversuche
93	28.	207,9	154,2	743	72	{ 24 stündiger Versuch mit 3 Mahlzeiten
94	29.	204,3	165,8	812	53	
98	13. X. 92	208,3	157,4	756	69	
104	13. III. 93	204,3	158,7	777	63	
108	18.	207,5	166,5	80	39	{ 24 stündiger Versuch mit 3 Mahlzeiten
dito	"	205,1	182,2	89	20	
110	23.	215,6	177,1	82	64	
dito	"	217,6	163,9	75	496	Mittel aus 15 Tagesversuchen
dito	24.	237,1	171,2	72	37	
114	29.	217,7	164,5	76	63	
116	4. IV. 93	237,1	174,7	74	68	{ 24 stündiger Versuch mit 3 Mahlzeiten
dito	5.	222,5	187,8	84	31	
Mittel		220,0	168,5	0,766		Mittel aus 41 Versuchen.

finden sich übrigens nicht nur in diesen und ähnlichen kurzdauernden Versuchen, sondern auch in Experimenten der Münchener Schule, in denen unter scheinbar gleichen Bedingungen die CO_2 -Ausscheidung eines ganzen Tages im Hunger zur Bestimmung gelangte. So schied ein Hund Rubners¹⁾ am 9. Mai 284,2 gr CO_2 (für 15°C . corrigirt) aus, und 20 Tage später unter „ganz den gleichen Bedingungen“ bei einer Temperatur von $17,3^\circ$ 312,3 gr CO_2 , d. h. genau 10% mehr, während er nach Rubners Angaben infolge der etwas höhere Temperatur 5–6% weniger hätte produciren sollen.

Der respiratorische Quotient hält sich fast stets zwischen 0,72 und 0,82; im Mittel ist er 0,766. In den meisten Normalversuchen von Speck liegt derselbe bedeutend höher²⁾, aber in diesen Reihen sind zahlreiche Versuche nicht nüchtern angestellt worden; die von Speck selbst³⁾ aus seinen besten Experimenten als „Norm“ aufgestellten Zahlen ergeben einen RQ. von 0,821; auch unter Berücksichtigung des Umstandes, dass der RQ. (s. oben) von mir etwas zu niedrig gefunden wird, übersteigt der Werth Specks den meinen um etwas. Es handelt sich wohl sicher um individuelle Unterschiede in der Ernährung und dem Körperzustand. Das Eiweiss theiligt sich bei freigewählter (und nicht etwa durch Dürftigkeit etc. zu sehr beschränkter Kost) bei verschiedenen Menschen in annähernd gleicher Weise am Umsatz; je nachdem der einzelne Mensch nüchtern mehr Kohlenhydrate vom Körper hergeben kann, ist der RQ. höher wie bei Speck, oder niedriger wie bei W., trotzdem in der einfacheren Nahrung des letzteren wohl die Kohlenhydrate eine grössere Rolle spielten als bei jenem Arzt; speciell die Abendmahlzeiten von W. waren reich an Brod etc.; es gelang mir auch nicht, als ich einmal durch sehr reiche Fütterung mit Kohlehydraten (Reis etc.) während zweier Tage versuchte, die Kohlensäureausscheidung in die Höhe zu treiben, am 3. Morgen in nüchternem Zustand einen wesentlich höheren RQ. zu finden.

1) Rubner, Ueb. d. tägl. Variation d. Kohlensäure-Ausscheidg. etc. Ludwig's Festschrift 1887. S. 259 ff. Vergl. auch ähnl. Differenzen bei Hunden Rubner's, Zt. Biol. Bd. 19. S. 540 ff.

2) Speck, loc. cit. S. 211.

3) Speck, loc. cit. S. 215.

Auf einige Zahlen sei hier noch hingewiesen. Unter Nr. 23, 41, 88, und 110 finden sich je die Mittel aus 10—15 einzelnen während des ganzen Hunger-Tages angestellten Versuchen verzeichnet; sie stimmen jedesmal recht gut überein mit dem am gleichen Tage erhaltenen ersten „Nüchternwerth“. Beachtenswerth sind auch Nr. (93 + 94) (108 + 108) (116 + 116). In allen 3 Fällen handelte es sich um 24 stündige Respirationsversuche mit freigewählter Kost. In den beiden ersten dieser Reihen fand sich nach 24 Stunden im nüchternen Zustand fast genau derselbe Sauerstoffverbrauch wie beim Beginn des Versuchs. (204,3 gegen 207,9 ccm; 205,1 gegen 207,5) im Versuche 116 war er am nächsten Morgen etwas geringer (222,5 gegen 237,1). Umgekehrt war in einer 24 stündigen Hungerreihe (Nr. 110) der Sauerstoffverbrauch am Ablauf des Tages, d. h. 36 Stunden nach der letzten Mahlzeit nicht unerheblich (10%) höher, wie 12 Stunden nach derselben, d. h. beim Beginn des Versuchs (237,1 gegen 215,6 ccm).

In welcher Weise betheiligen sich das Eiweiss, das Fett und die Kohlenhydrate (als Stärke berechnet) des Körpers an der Bestreitung der Ausgaben im nüchternen Zustand? Im Mittel zahlreicher nicht zu sehr abweichender Bestimmungen schied W. nüchtern in der Stunde 0,357 gr N im Harn aus (in einer 24 stündigen Hungerreihe (12—36 Stunden einmal 9,186 gr N = 0,383 pro Std.). Der Stundenumsatz betrug also etwa 2,237 gr, der Minutenverbrauch 37,2 mgr Eiweiss¹⁾. Aus dieser Zahl, sowie den bekannten Zahlen, die angeben, wieviel ccm O₂ und CO₂ auf ein mgr Fett und Kohlenhydrate kommen (s. S. 9), lässt sich vermittels einfacher Rechnung finden, dass der Minutenumsatz bei W. etwa in folgender Weise gedeckt sein könnte:

Tabelle III.

	brauchen ccm O ₂	liefern ccm CO ₂	liefern Calorien
37,2 mgr Eiweiss	36,4	28,3	0,156 = 15 %
41,3 mgr K. h. als Stärke berechnet	34,2	34,2	0,170 = 16 „
74,3 mgr Fett	149,4	106,0	0,700 = 69 „
Summa	220,0	168,5	1,026 Calorien

1) Dazu käme allerdings noch ein kleines Plus für die N-Ausscheidung im Koth.

Daraus würde sich berechnen das calorische Aequivalent von

$$1 \text{ l O}_2 \text{ zu } 4,66, 1 \text{ l CO}_2 = 6,09$$

$$1 \text{ gr O}_2 \text{ „ } 3,26, 1 \text{ gr CO}_2 = 3,10$$

Der grösste Theil des Kraftwechsels (etwa $\frac{2}{3}$) würde also von Fett bestritten werden, das letzte Drittel etwa gleichmässig von Eiweiss und Kohlehydraten.

Wenn ich aus diesen Minuten-Zahlen durch Multiplication mit 1440 den 24 stündigen Ruheumsatz des nüchternen Mannes annähernd zu berechnen suche, so handelt es sich in der That eigentlich nur um eine Multiplication mit 24, da ja jene Minutenzahlen aus Versuchen abgeleitet sind, die meist über eine Stunde gedauert hatten. Dass der Umsatz in den verschiedenen Zeiten des Tages dem in der Frühe annähernd gleich ist, wird weiter unten bei Besprechung der Hungerreihen gezeigt werden (cf. auch in Tabelle II die Nr. 23, 41, 88 und 110).

Aus obiger Zahlen ergäbe sich so ein Tagesruheverbrauch ohne Nahrungsaufnahme von etwa

$$316,8 \text{ l O}_2, 242,6 \text{ lit. CO}_2$$

$$= 453 \text{ gr O}_2, 477 \text{ gr CO}_2 \text{ und } 1477 \text{ Calorien.}$$

Bei 56,5 kg trafen somit pro Tag und kg 26,1 Calorien ¹⁾; Fr. Voit ²⁾ bezieht den mittleren Verbrauch an Calorien bei mittlerer Kost (und mittlerer Bewegung) zu 33—34 Calorien p. Kilo, Rubner ³⁾ bei recht starker Ernährung (und wohl schon recht erheblicher Arbeit) zu 42,4 Calorien (S. 379), für Hunger findet er (S. 369) 33 Calorien für jedes Kilo eines 70 Kilo wiegenden Mannes. Meine Zahl ist erheblich niedriger; sie würde sich, wie später gezeigt wird, durch Speisezufuhr um 10—15 % erhöhen; die dann noch bestehende Differenz kommt auf Rechnung der willkürlichen Bewegung. Wie gross diese für gewöhnlich bei meinem Mann gewesen, dafür kann ich keine direkten Angaben machen, und will auch dieselben nicht etwa aus einem Vergleich

1) Die Zahl stimmt sehr gut mit der von Lehmann und Zuntz (Virch. Arch. 129. Suppl. S. 210) bei längerem Hungern an dem Versuchsobjecte Breithaupt auf analoge Weise berechneten Grösse des Umsatzes in absoluter Ruhe (26,8 Cal. pr. Kilo im Durchschnitt der 6 tägigen Hungerperiode). Bei Cetti, einem sehr schlanken, beweglichen Menschen, fanden sie höhere Werthe zwischen 28 und 29 Cal. an den Tagen, an welchen der Stoffwechsel nicht durch Darmreizung erhöht wird.

2) Fr. Voit, Ztschr. f. Biologie. Bd. 29. S. 141.

3) Rubner, Ztschr. f. Biologie. Bd. 21.

mit den Münchener Bestimmungen ableiten; es wäre sehr wünschenswerth, durch Combination des Pettenkofer-Voit'schen und des von mir angewandten Verfahrens am gleichen Menschen und zur gleichen Zeit neues Material zu gewinnen, zur direkten, nicht rechnerischen Bestimmung, aus welchen einzelnen Posten sich der Gesamtumsatz am Tage zusammensetzt.

Herr Thierarzt Hecker hat — die ausführliche Publication seiner Arbeit steht bevor — die Oberfläche von W. gemessen und sie zu 1,8198qm gefunden; zur Zeit der Aufnahme betrug das Gewicht 56,2 kg, die Meh'sche Constante $k^1)$ beträgt 12,40 d. h. ist nahezu identisch mit dem von Meh gefundenen Mittelwerth von 12,3; auf den qm Oberfläche trafen somit p. Tag 812 Wärme-einheiten.

Die folgende Tabelle IV gibt eine Zusammenstellung der beim Hund 24 Stunden nach der letzten Nahrung erhaltenen Nüchternwerthe.

Tabelle IV.

Nr. des Versuchs	Datum	Gewicht in kg	cem O ₂	cem CO ₂	RQ.	Bemerkungen
10. VI. 91	27—28		179,2	127,9	0,71	nicht ganz ruhig
13.			163,1	115,1	0,71	ganz ruhig
20.			(231,0)	(172,6)	(0,75)	sehr unruhig; Trachealwunde frisch aufgeschnitten
24.			152,4	107,4	0,70	
11. XII. 91	26,45		172,6	120,9	0,70	
15.			176,3	127,8	0,73	
21.			174,7	129,9	0,74	
6. I. 92	26,60		171,7	122,6	0,72	
11.			185,8	138,9	0,75	
Mittel			172,0	123,8	0,72	Periode I.
14. I. 92	26,8		191,7	141,7	0,74	
15.	26,5		182,7	138,6	0,76	
21.			(252,7)	(198,6)	(0,79)	} durchaus ruhig; hohe Werthe; beim Durchschnitt nicht berücksichtigt
22.			(205,5)	(159,2)	(0,78)	
28.	27,7		(225,3)	(170,4)	(0,75)	
29.	27,9		(235,1)	(181,6)	(0,77)	
3. II. 92	27,0		184,5	142,0	0,77	
5.	27,0		186,6	143,6	0,77	
6.	26,7		182,7	135,5	0,74	Mittel aus 5 Nüchternversuchen Morgens, Mittags u. Abends
8.	27,2		182,7	136,1	0,75	
10.	27,4		187,1	137,7	0,72	dito
Mittel			185,5	139,3	0,748	Periode II.

1) cf. Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 19. S. 539. Bd. 21. S. 397.

No. des Versuchs	Datum	Ge- wicht in kg	ccm O ₂	ccm CO ₂	RQ.	Bemerkungen
	12. II. 92	25,4	155,7	112,5	0,72	Nach 72stündigem Hungern ? { Uebergangsperiode
	16.	26,5	160,0	126,7	0,79	
	18.	27,6	(243,6)	205,9	0,85	
	18.	—	172,0	131,9	0,77	
	21.	26,8	179,6	134,6	0,75	
	23. II. 92	26,8	162,7	127,8	0,79	Mittel aus 13 Tagesversuchen Seit 38 Stunden nüchtern gestern blos 320 gr Speck gefress. Mittel aus 10 Tagesversuchen
	1. III. 92	27,1	156,7	134,9	0,86	
	3.	27,5	158,8	130,0	0,82	
	8.	27,2	162,1	120,0	0,74	
	12.	26,5	158,7	126,1	0,80	
	15.	26,7	168,6	128,1	0,76	
	15.	—	164,2	120,1	0,73	
	15.	26,2	148,5	109,3	0,74	
	18.	26,6	156,6	114,1	0,73	
	26.	27,0	151,9	127,5	0,84	
	30.	26,6	155,2	121,9	0,78	
	3. IV. 92	27,4	158,2	129,4	0,82	
	8.	28,8(?)	152,9	123,0	0,81	
	9.	28,0	152,2	105,5	0,69	
	11.	28,1	160,2	118,4	0,74	
	13.	28,0	149,4	119,7	0,80	
	—	—	157,5	120,4	0,765	
	14.	27,9	155,8	114,0	0,73	
	16.	29,1(?)	166,4	155,8	0,94	
	20.	27,5	153,9	123,0	0,80	
	Mittel	27,5	157,5	123,5	0,784	Periode III.
97	13. X. 92	28,4	148,9	112,9	0,76	Periode IV.
99	14.	28,6	153,4	113,7	0,74	
—	15.	—	140,0	114,2	0,82	
100	17.	28,3	144,3	107,8	0,75	
—	18.	—	138,9	99,6	0,72	
101	19.	28,3	(166,8)	(119,1)	(0,72)	
102	20.	28,2	146,9	105,3	0,72	
—	21.	28,2	147,3	103,4	0,70	
103	22.	28,3	148,7	105,6	0,71	
—	23.	—	140,8	110,7	0,79	
	Mittel		145,5	108,1	0,746	Periode IV.
105	14. III. 93	29,6	146,6	114,1	0,78	?
106	15.	29,7	139,3	113,1	0,81	
—	16.	—	143,9	100,5	0,70	
107	17.	29,7	147,4	115,1	0,78	
108	20.	29,2	149,3	110,8	0,74	
112	25.	—	(173,4)	(143,1)	(0,83)	
113	27.	—	150,4	134,2	0,89	
115	30.	28,7	132,5	99,6	0,75	
	Mittel		144,2	112,5	0,78	Periode V.
	Periode I		172,0	123,8	0,72	
	II		185,5	139,3	0,748	
	III		157,5	123,5	0,784	
	IV		145,5	108,1	0,746	
	V		144,2	112,5	0,780	

Die Zusammenstellung der in 5 verschiedenen Zeit- resp. Fütterungsperioden erhaltenen Werthe zeigt ein ungleiches Verhalten derselben. Die höchsten Werthe (185,5 ccm O_2 , 139,3 ccm CO_2) finden sich in Periode II; hier erhielt der Hund während etwa 30 Tage ein sehr reichliches eiweissreiches Futter, 300 gr Fleischmehl und 700 gr frisches Fleisch entsprechend 59,3 gr N, 66,0 gr Fett = 2150 Calorien. Die relativ hohen Werthe finden ihre Erklärung zum Theil in dem geringeren calorischen Aequivalent des zur Verbrennung von Eiweiss dienenden Sauerstoffs; weniger Eiweiss als hier kam (auch im nüchternen Zustand) in Periode I mit einem eiweiss- und energieärmeren Futter (200 gr Fleischmehl, 200 gr frisches Fleisch, 40 gr Fett = 31 gr N, 76,0 gr Fett = 1510 Calorien) zur Verwerthung, die Sauerstoffzahlen sind entsprechend niedriger. Weiterhin wurde eine sehr kohlehydratreiche Kost verabfolgt, so vom Februar bis März 1892: 500 gr Reis 200 gr fr. Fleisch 25 gr Fett = 11,4 gr N, 31 gr Fett, 400 gr. Stärke und 2100 Calorien. Hier betheiligte sich im nüchternen Zustand neben wenig Eiweiss mehr Fett am Ruheumsatz als in Periode II und I und zudem noch Kohlenhydrate; bei dem diesen beiden letzteren Stoffen zukommenden höheren calorischen Aequivalent des Sauerstoffs, sind die niederen Werthe (157,5 ccm O_2 , 123,5 ccm CO_2 zum Theil verständlich; vielleicht gab der Hund in dieser Zeit auch etwas Eiweiss vom Körper her und ersetzte dies bei nur mässiger Gewichtszunahme durch Fett, ein Umstand, der einen geringeren Umsatz erklären würde; allerdings schien der Hund in dieser ganzen Zeit sehr fettarm zu sein; sämmtliche Knochen lagen scharf unter der Haut. In Periode IV und V, ein halbes resp. ein ganzes Jahr später ist der Gaswechsel wieder geringer: 145,5 ccm O_2 , 108,1 ccm CO_2 , resp. 144,3 ccm O_2 und 112,5 ccm CO_2 . In beiden Reihen wurde nach vorausgegangenem reichlicherem Futter, das das Körpergewicht hatte deutlich steigen lassen (das subcutane Fettpolster hatte sichtlich zugenommen) N. arme kohlenhydratreiche knappe Kost (ca 1100—1200 Calorien) gegeben. In Periode V, deren Mittelwerthe denen von IV nahe liegen, kamen gelegentlich so niedrige Werthe zur Beobachtung, wie früher nicht. — Einen einzigen völlig zureichenden Grund für das allmähliche Absinken der Nüchternwerthe kann ich nicht geben; verschiedene Momente, wie veränderte Nahrung, verschiedener Eiweiss- und Fettbestand spielen hier sicher eine Rolle, deren Wirkung in ihrer Grösse im einzelnen nur in ad hoc ange-

stellten Versuchen zu ermitteln wäre. Auf ein Senilwerden des Hundes scheinen die Veränderungen kaum zurückzuführen zu sein, da der Hund auch jetzt noch einen sehr guten, lebhaften und frischen Eindruck macht.

Die ausserordentlich gleichmässigen Zahlen der Periode III sind in gleicher Weise, wie das oben für den Menschen durchgeführt ist, zur Berechnung des Tagesumsatzes bei Hunger und Ruhe benutzt worden. Auf Grund verschiedener directer Bestimmungen und Ueberlegungen (Versuche von Feder, Rubner u. a.) wurde der Ruheumsatz des Hundes zu 30 mgr Eiweiss pr. Minute angenommen und folgende Rechnung aufgestellt:

Tabelle V.

	brauchen ccm O ₂	liefern ccm CO ₂	liefern Calorien
30,0 mgr Eiweiss	29,4	22,9	0,126 = 17 %
40,28 mgr Kohlehydrate als Stärke berechnet	33,4	33,4	0,166 = 22½ %
47,09 mgr Fett	94,7	67,2	0,443 = 60½ %
	157,5	123,5	0,735

Daraus würden sich die calorischen Aequivalente berechnen

für 1 l O₂ = 4,67, 1 l CO₂ = 5,95

für 1 gr O₂ = 3,27, 1 gr CO₂ = 3,03

Auch hier, bei einer sehr kohlehydratreichen Kost, sind ähnlich wie beim Menschen im nüchternen Zustand der grösste Theil ($\frac{3}{5}$; dort $\frac{2}{3}$) des Ruheumsatzes vom Fett bestritten. Das Eiweiss betheiligt sich nach Rubner¹⁾ beim hungernden Thier mit etwa 14,4 % am Umsatz; mein Hund erhielt in dieser Reihe wenig Eiweiss, ca 70 gr pro Tag und befand sich somit am Ablauf eines Fütterungstages in Bezug auf das Eiweiss in ähnlicher Lage wie Rubner's längere Zeit hungernde Hunde; der Antheil des Protein am Energieumsatz konnte zu ca 17 % berechnet werden.

Der rechnungsmässige Tagesverbrauch ist etwa

226,8 l O₂, 177,8 l CO₂

= 324,3 gr O₂, 349,5 gr CO₂ = 1058 Calorien.

Bei einem mittleren Körpergewicht von 27,5 kg treffen auf das kg 38,5 Calorien. Rubner¹⁾ findet für seine länger hungern-

1) Rubner, Ztschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 551.

den, daher wohl sehr ruhigen Hunde aus directen Bestimmungen einen Calorienumsatz von 35,7 per Kg für einen Hund von 31,2 kg und entsprechend von 40,9 für einen Hund von 24,1 Kilo Gewicht. Meine Zahl fügt sich gut zwischen diejenigen Rubner's ein. Eine zugeführte Nahrung, die dauernd ausreichen soll, muss natürlich einen höheren Energiegehalt haben, um die Verdauungsarbeit und die Muskelarbeit des Thieres zu bestreiten, und ist dann noch nicht „überschüssig“.

Die Oberfläche des Thieres fand Herr Hecker zum Schluss jener eben besprochenen Periode III zu 1,1118 qm, sein Gewicht war zu dieser Zeit 27,095 kg, die Constante $k = 12,32$; bei einer directen Bestimmung hatte Rubner gefunden: das Gewicht eines Hundes zu 29,8 kg, die Oberfläche = 1,189 qm, $k = 12,51$; die Zahlen sind nahezu identisch; die berechnete Wärmeproduktion beträgt pro qm 952 Calorien bei meinem Hund; Rubner hat für den eben citirten Hund die Wärmeproduktion nicht bestimmt.

Auf einige Zahlen der Tabelle IV sei noch hingewiesen. In Periode II mit einer sehr eiweissreichen Nahrung finden sich am 21., 22., 28., 29. Januar enorm hohe, ganz aus der Reihe fallende Nüchternwerthe, die übrigens zur Bildung eines Mittels nicht herangezogen worden sind. Sie sind nicht völlig erklärt: die Wirkung der Nahrungszufuhr ist selbst bei so grossen Fleischgaben meist nach 24 Stunden abgeklungen; der Hund lag ganz ruhig. Wahrscheinlich lagen hier Störungen des Allgemeinbefindens vor; bei der grossen Eiweisszufuhr zeigten sich in dieser Zeit (sonst nie) gelegentlich diarhoische Entleerungen. — Am 9. April 1892 beträgt der R. Q. nur 0,69; der Hund hatte vor 23 Stunden 320 gr reinen Speck erhalten. — Die unter dem 15. März und 13. April 1892 verzeichneten Mittelwerthe aus 13 resp. 10 einzelnen Tagesversuchen stimmen mit dem Ausgangswerth des betreffenden Tages und mit dem Mittelwerth der ganzen Periode recht gut überein.

Der Gaswechsel in den einzelnen Tagesstunden bei Enthaltung von Nahrung.

Ueber dieses Thema liegen, speciell für den Menschen, nur sehr wenig Untersuchungen vor; weder Becher¹⁾, der ein Ansteigen der CO₂-Produktion um die Mittagszeit annimmt, noch Vierordt

1) Becher, Studien über die Respiration. Zürich 1855.

der ein solches verneint, haben ein verwerthbares Material geschafft. Ich habe in der Literatur nur eine Reihe stündlicher Bestimmungen der Kohlensäuremenge am hungernden Menschen gefunden, bei Smith ¹⁾; nach einem Frühstück in der Frühe fand er per Minute aus-
 geschieden

Um	1 (Mittags)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (Abends)
grains CO ₂	7,5	6,9	7,4	7,1	7,0	7,0	7,0	6,7	7,0	7,1	6,5
	7 (früh)	8	9	10 Uhr Morgens							
	7,0	6,6	7,2	6,7							

Für den Hund wies R u b n e r ²⁾ in 3 stündigen Untersuchungs-
 perioden die Gleichmässigkeit der Kohlensäureexhalation im Ver-
 lauf des Tages und auch der Nacht nach. — Ich habe in einer
 grösseren Reihe von Versuchen beim Menschen und beim Hund
 die Sauerstoffabsorption und die Kohlensäureausfuhr während eines
 Tages ziemlich gleichmässig gesehen; beim Menschen finden Ab-
 weichungen der einzelnen Stundenwerthe von dem Nüchternwerth
 oder auch dem Mittel des ganzen Tages kaum statt; nicht ganz
 so gleichmässig verläuft der Sauerstoffverbrauch etc. beim Hund,
 immerhin ist die Curve dieser Zahlen noch genügend gradlinig
 und parallel der Abscisse, dass man eine regelmässige Steigerung
 des Gaswechsels und der Oxydationsprocesse zu gewissen Tages-
 zeiten auch für den Hund mit Bestimmtheit verneinen kann. Tabelle
 6 u. 7 (S. 34) enthalten eine Zusammenstellung der an verschiedenen
 Hungertagen in den einzelnen Tagesstunden gefundenen Sauerstoff-
 mengen für Mensch und Hund. Die Tabellen 8 u. 9 (S. 35 u. 36)
 enthalten je ein ausführliches Protocoll einer solchen Hungerreihe mit
 sämtlichen Angaben über Ventilationsgrösse, Sauerstoff- und CO₂-
 Austausch, Zusammensetzung der expirirten Luft oder vielmehr die
 Angaben über deren CO₂ %-Gehalt und das Sauerstoffdeficit ³⁾ etc.

In Versuch 36 (Tabelle 6), ebenso in Versuch 85 (Tabelle 7)
 finden sich in der 4ten resp. 1ten Nachmittagsstunde etwas höhere Zah-
 len für den Sauerstoffverbrauch; beidemal findet sich in den Proto-

1) loc. cit. S. 697.

2) L u d w i g's Festschrift. S. 259 ff.

3) Eine Aufführung sämtlicher Protokolle wäre unthunlich; jeder
 Generaltabelle sollen jedoch charakteristische Protokolle von dazu gehörigen
 Einzelversuchen beigegeben und so eine detaillirte kritische Beurtheilung der-
 selben ermöglicht werden.

General-Tabelle VI (zu S. 33).

Sauerstoffverbrauch des Menschen in den einzelnen Tagesstunden ohne Nahrungszufuhr (in cem per Minute).

Nr. des Versuchs	Datum	Person	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	4	5	7Uhr
2	12. XI. 90	O.	—	—	249,4	253,4	247,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	17. O.	—	—	—	253,8	246,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	13. V. 91	W.	—	210,0	212,4	209,4	205,1	213,3	247,9	246,1	247,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41	17. XI.	W.	226,1	231,6	224,1	220,3	220,4	235,0	221,9	231,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	15. VII. 91	W.	—	—	217,9	213,5	214,3	—	237,8	207,8	221,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	10. XII. 91	M. L.	227,5	—	—	—	—	230,3	—	—	234,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
88	19. IV. 92	W.	205,8	—	196,5	207,5	212,4	212,1	216,2	218,8	216,6	220,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110	23. III. 93	W.	215,6	212,0	215,8	215,0	221,2	218,3	217,3	214,7	208,1	219,3	221,4	—	212,2	—	209,2	—	225,8	—	237,1

General-Tabelle VII (zu S. 33).

Sauerstoffverbrauch des Hundes in den einzelnen Tagesstunden ohne Nahrungszufuhr (in cem per Minute).

45	4. XII. 91	—	—	195,2	—	—	—	188,6	—	197,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	15. "	—	—	176,3	—	180,2	166,1	169,3	172,9	149,(?)	—	186,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	5. II. 92	—	—	177,6	—	—	185,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	10. "	—	—	185,7	—	183,1	184,7	—	—	191,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	11. "	—	—	190,6	—	—	171,0	—	—	—	—	191,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
85	13. IV. 92	—	—	149,4	—	173,0	159,3	182,87	160,1	158,0	156,1	157,7	151,4	160,5	—	—	—	—	—	—	—
73	15. III. 92	—	—	—	—	177,8	—	—	166,6	149,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
115	30. "	2)	—	132,5	—	131,2	—	—	—	—	134,9	—	—	164,6	—	148,5	—	—	—	—	—
															136,8	128,0	—	—	—	—	120,8

1) Unruhe. 2) ungewöhnlich niedrige Werthe in der ganzen Reihe.

Special-Tabelle VIII (zu S. 33).
Hungerversuch am Menschen (W. Nr. 110) 2. III. 93..

Nr. d. Versuchs	Zeit des Versuchs	Dauer d. Versuchs in Minuten ¹⁾	Athemgrösse ²⁾ in ccm	O ₂ -Deficit in %	CO ₂ -Plus in %	O ₂ -Verbrauch in ccm ²⁾	CO ₂ -Verbrauch in ccm ²⁾	RQ.	Zunahme ³⁾ d. O ₂ -Verbrauchs in %	Zunahme ³⁾ d. CO ₂ -Production in %	Bemerkungen
1	9,3	30	6255	3,44	3,11	215,2	194,5	0,90	—	—	ungewöhnl. hoher sonst bei W. früh nie beobachteter RQ.). Gewicht ca. 57 kg; gestern Abend 8 U.: Brodsuppe, Butterbrot; nüchtern seit 13 Stunden.
2	9,35	34	5346	4,04	2,99	216,0	159,8	0,74	—	—	
Nüchternwerth						215,6	177,1	0,82	—	—	
3	10,9	35	5341	3,97	3,15	212,0	168,2	0,79	— 1 $\frac{1}{2}$	— 5	
4	11,48	22	5708	3,78	2,78	215,8	158,7	0,74	+ 0	— 10	
5	12,46	20	5672	3,79	2,84	215,0	164,8	0,75	+ 0	— 7	
6	1,40	18	6338	3,49	2,68	221,2	169,9	0,77	+ 2 $\frac{1}{2}$	— 4	
7	2,48	21	5569	3,92	3,03	218,3	168,7	0,77	+ 1 $\frac{1}{2}$	— 5	
8	3,49	24	4950	4,39	3,37	217,3	166,8	0,77	+ 1	— 6	
9	4,50	24	4936	4,35	3,23	214,7	159,4	0,74	+ 0	— 10	
10	5,41	26	4416	4,71	3,64	208,1	160,7	0,77	— 3 $\frac{1}{2}$	— 9	
11	6,44	25	4579	4,80	3,70	219,5	169,4	0,77	+ 2	— 5	
12	7,55	19	6306	3,51	2,43	221,4	153,2	0,69	+ 3	— 13	
13	9,45	20	5712	3,84	2,68	219,4	153,1	0,70	—	—	200 ccm Wasser getrunken.
14	10,6	23	4524	4,63	3,08	209,5	139,4	0,67	—	—	schläft; niedrige Athemgrösse u. RQ.
15	10,30	20	4945	4,20	3,01	207,7	148,8	0,72	—	—	
						212,2	147,1	0,69	— 1 $\frac{1}{2}$	— 20	
16	nachts 12,58	19	4960	4,29	3,02	212,8	149,8	0,70	—	—	
17	1,19	20	4987	4,08	2,96	203,5	147,6	0,73	—	—	
18	1,41	17	5114	4,13	3,13	211,2	160,1	0,76	—	—	
						209,2	152,5	0,73	— 3	— 14	
19	4,16	21	5397	4,16	3,16	224,5	170,5	0,76	—	—	
20	4,39	21	5485	4,14	3,14	227,1	172,2	0,76	—	—	
						225,8	171,4	0,76	+ 5	— 3	
21	7,1	18	6666	3,62	2,67	241,3	178,0	0,74	—	—	} zum Theil geschlafen.
22	7,21	19	6295	3,70	2,61	232,9	164,3	0,71	—	—	
						237,1	171,2	0,72	+ 10	— 3	
Mittel aller Versuche . . .						217,6	163,9	0,753			

1) Dauer des eigentlichen Versuches excl. der „Vorathmung“.

2) Sämmtl. Zahlen auf 0°, 760 mm Hg, u. Trockenheit reducirt p. Min.

3) Die Zunahme des Gasaustausches in % des „Nüchternwerthes“ berechnet.

4) In Folge der in Versuch I erfolgten sehr hohen CO₂-Ausscheidung bleiben an diesem Tage die Werthe der CO₂-Production etwas stärker gegen den Anfangswerth zurück, als es sonst der Fall ist.

Harnausscheidung dieses Tages (zu Tab. VIII).

Zeit	Menge	N	N per Stunde	
9—3	390	2,366	0,394	
3—9	280	2,160	0,360	
9—8	370	4,272	0,389	
8—9	34	0,388	0,389	berechnet aus d. vorigen Zeile
9—9	1074	9,186	0,383	
			0,357	mittlere N-Ausscheidung pro Stunde im nüchternen Zustand.

Anm. Bei den Versuchen mit erhöhter Lungenventilation ist der O_2 -Verbrauch regelmässig höher als bei niedriger. Nach einer Berechnung von Prof. Zuntz ergibt das Mittel aus 9 Versuchen mit über 5,5 l Ventilation und dasjenige von 8 Versuchen mit einer Athemgrösse unter 5 l

1. Athemgrösse 6058 ccm; O_2 -Verbrauch 222,3
2. „ 4787 „ „ „ 211,7

Differenz 1271 ccm; O_2 -Verbrauch 10,6

mithin für 1 l Expirationsluft mehr 8,4 ccm O_2 , was mit Speck's Zahl übereinstimmt, diejenige Löwy's etwas übertrifft.

Special-Tabelle IX (zu S. 33).

Hungerversuch am Hund (Nr. 85). 13. IV. 92.

Nr. d. Versuchs	Zeit	Dauer d. Versuchs in Min.	Athemgrösse in ccm	O_2 -Deficit in %	CO_2 -Plus in %	O_2 -Verbrauch in ccm	CO_2 -Production in ccm	RQ.	Zunahme d. O_2 -Verbrauchs in %	Zunahme des CO_2 -Verbrauchs in %	Temp. d. Hundes im Anus	Bemerkungen
1	9,20	28	2949	5,00	3,96	147,5	116,8	0,79	—	—	—	nüchtern seit 25 Stunden.
2	9,51	25	3301	4,58	3,71	151,2	122,5	0,81	—	—	—	Gewicht 28 Kilo.
			Nüchternwerth ¹⁾			149,4	119,7	0,80	—	—	37,5	
3	11,0	30	2841	6,09	4,35	173,0	123,6	0,71	+ 16	+ 3	37,8	
4	12,0	26	2880	5,53	4,19	159,3	120,7	0,76	+ 6 $\frac{1}{2}$	+ 1	38,1	
5	1,0	25	3027	6,04	4,51	182,8	136,5	0,75	+ 22	+ 14	38,3	Unruhe d. Thieres
6	2,0	26	2889	5,54	4,17	160,1	120,5	0,75	+ 7	+ 1 $\frac{1}{2}$	38,1	
7	3,31	28	2837	5,57	4,23	158,0	120,0	0,76	+ 6	+ 0	—	
8	4,2	26	3104	5,03	4,06	156,1	126,0	0,81	+ 4 $\frac{1}{2}$	+ 5	37,8	
9	5,2	26	3122	5,05	3,93	157,7	122,7	0,78	+ 5 $\frac{1}{2}$	+ 2 $\frac{1}{2}$	38,0	
10	6,3	27	2723	5,56	4,10	151,4	111,7	0,74	+ 1 $\frac{1}{2}$	— 7	37,9	
11	7,2	27	2857	5,62	4,17	160,5	119,1	0,74	+ 7 $\frac{1}{2}$	— 1 $\frac{1}{2}$	38,2	
Mittel d. 10 Tagesversuche unter Ausschluss von Nr. 5						157,5	120,4	0,765	—	—	—	

1) In Folge des für diese Periode etwas niederen „Nüchternwerthes“ ist der Sauerstoffverbrauch am Tage etwas höher als in der 9 Stunde; das ist sonst nicht der Fall. cf. Tabelle VII.

kollbüchern „Unruhe“ vermerkt. Für das Absinken des Werthes in der 4. Mittagsstunde in Reihe 48 (Tabelle 7) kann ich keinen zureichenden Grund angeben. Versuch 88 (Tabelle 6) zeigt ein allmähliches Ansteigen des Sauerstoffverbrauches von einem niedrigeren Anfangswerth bis zu dem durchschnittlichen Nüchternwerth jener Zeit. In Reihe 110 (ebendort) ist der Bedarf in allen Tages- und den ersten Nachtstunden fast identisch; über Nacht steigt er und übertrifft am nächsten Morgen denjenigen des vorigen um ca 10 %. Auf eine ausführliche Wiedergabe der entsprechenden Zahlen für die Kohlensäureabgabe glaube ich verzichten zu dürfen, da dieselbe dem O₂-Verbrauch annähernd parallel gehen; der RQ. schwankt kaum, oder sinkt, wie leicht verständlich, im Lauf des Tages langsam ab; ich verweise diesbezüglich auf Tabelle 8 und 9. — In Nr. 110 und 115 kamen auch Nachtstunden zur Beobachtung; dasselbe war gelegentlich der Fall in 3 weiter unten mitzutheilenden Reihen vom Menschen mit voller Ernährung; mehrfach hatte der Hund wie der Mensch während dieser Versuche leicht geschlafen (gelegentlich wohl auch am Tage); in allen diesen Fällen blieb der Sauerstoffverbrauch nur um wenige (ca. 5 beim Menschen, 10 beim Hund) Procente hinter dem Nüchternwerthe des betreffenden Tags zurück; die Differenz erklärt sich zur genüge aus der geringeren Lungenventilation und dem Fortfallen gelegentlicher kleiner, im wachen Zustand vielleicht doch nicht ganz vermiedener Bewegungen. Ob im tiefen Schlaf eine weitere Abnahme der Umsetzungen stattfindet, ist fraglich, aber nach den Erfahrungen Löwy's jedenfalls in erheblicherem Masse unwahrscheinlich. Ich glaube mit Loewy, der kurz die älteren Angaben kritisch bespricht, dass „der Schlaf an sich keinen specifischen Einfluss auf den Ablauf der Oxydationen im Organismus ausübt“²⁾.

Die Kohlensäureabgabe, der Sauerstoffverbrauch, die N-Ausscheidung, die Wärmeproduktion (cf. Rosenthal³⁾) unterliegen beim hungernden Menschen und Hund keinen wesentlichen Tagesschwan-

1) A. Loewy, Schlafmittel etc. Berl. klin. Wochenschr. 1891. No. 18.

2) Die einzigen davon abweichenden Beobachtungen finden sich bei Smith loc. cit. S. 692; er findet unter, wie es scheint, ganz gleichen Bedingungen die CO₂-Production im Schlaf erheblich geringer als im Wachen; die Angaben dieses sorgfältigen Forschers würden eine eingehendere Nachprüfung wohl verlangen.

3) Rosenthal, Calor. Untersuch. du Bois' Archiv. 1889. S. 160.

kungen; dies Factum erlaubt in den nun folgenden Respirationsversuchen mit Aufnahme von Nahrung, die nach derselben vorhandenen Werthe des Umsatzes direct mit denen vorher zu vergleichen. — Für die Katze liegt eine Untersuchungsreihe von Tannert¹⁾ vor, der an je 3 Tagen am hungernden Thier die CO₂-Ausfuhr in 2 stündlichen Perioden über den Tag verfolgte; seine 3 Tagesreihen stimmen gut mit einander überein; er findet eine „dem Ablauf der Tageszeiten parallel gehende, physiologische Tagessteigerung und Tagesabnahme der Kohlensäureausscheidung“; die Differenzen in den einzelnen Stunden sind sehr erheblich. Es verhalten sich die in 2stündigen Perioden ausgeschiedenen Kohlensäuremengen zu einander wie folgende Zahlen:

Zeit	6-8	8-10	10-12	12-2	2-4	4-6	6-8 Uhr
Relative Zahlen d. CO ₂	125	165	180	159	145	115	100.

Eine Differenz von 1,08 bis 0,60 gr CO₂ per Stundenkilo, d. h. eine Abnahme um ca. 44 % von der Mittagszeit bis zur 8ten Stunde hätte andern Autoren kaum entgehen können, wenn sie die Regel wäre. B i d d e r und S c h m i d t²⁾ haben in ihren klassischen Versuchen an der Katze am hungernden Thier die CO₂ Ausscheidung zu verschiedenen Stunden des gleichen Tages an einer Reihe von Tagen bestimmt; sehr häufig liegen Bestimmungen grade aus der 12ten und 20ten Stunde³⁾ des gleichen Tages vor; mit Ausnahme der zwei letzten Tage kommen Stunden-Differenzen in der CO₂-Ausscheidung am Tage, die 10% übersteigen, kaum vor, in Versuchen, die alle Tageszeiten, Mitternacht, Morgen, Mittags und Abends umfassen. Auch für die wirklich ruhige Katze scheint das Gesetz von der Gleichmässigkeit des Umsatzes am Tage zu gelten; die Zahlen Tannert's sind zum mindestens nicht allgemeingültig; es ist mir wahrscheinlich, dass die Lebhaftigkeit der Bewegungen von Tannert's Katze mit dem Ablauf der Tagesstunden in regelmässiger Weise ab und zunahm, und so eine regelmässige stark gekrümmte Curve der CO₂-Produktion hervorrief.

1) Tannert, Ueber d. Aenderung der Kohlensäureausscheidung etc. Dr.-Dissert. Erlangen 1890.

2) B i d d e r u. S c h m i d t, Die Verdauungssäfte. Mitau 1852. S. 296 ff. u. S. 341 Anm.

3) Also grade denjenigen Stunden, für die Tannert die grösste Differenz gefunden hat.

Der Gaswechsel bei Aufnahme von Fett.

Für Fütterung mit Fett wurde beim Hund ausschliesslich ganz fleischfreier, sehr fetter Speck verwandt, der in Würfel geschnitten roh mit Gier gefressen wurde (93,7—94,4 % Fett, 1,63—1,94 % Eiweiss¹⁾). Dieses ausschliessliche Fettfutter wurde jeweils nur einen Tag gereicht, um jede Störung der Darmthätigkeit zu vermeiden. 5 mal wurden sehr grosse Mengen Speck (310—378 gr, entsprechend 290—350 gr Fett, gleich 2700—3300 Calorien) gereicht, einmal (Nr. 100) 140 gr Speck (= 130 Fett = 1200 Calorien). Unzuträglichkeiten, wie Diarrhoen, traten nie ein. — Dem zur Verbrennung von Leibessubstanz des „nüchternen Hundes“ dienenden Sauerstoff kommt pro Gramm ein calorisches Aequivalent von ca. 3,27 Calorien zu (s. S. 9); ebenso gross ist dasselbe für reines Fett (3,27); es ändert sich also, wenn nach der Fütterung allmählich Fett in immer stärkerem Mass zur Verbrennung gelangt, das calorische Aequivalent des verbrauchten Sauerstoffs nur sehr wenig, da ja bei Fettfütterung auch noch etwas Eiweiss zersetzt wird, ein Steigen oder eine Verminderung des Sauerstoffverzehrs bedeutet eine nahezu ebenso grosse Zu- resp. Abnahme der Wärmeproduktion. Die folgende Tabelle 10 (S. 40) enthält den in diesen Versuchen am Hund beobachteten stündlichen Sauerstoffverbrauch in absoluten wie relativen Zahlen (Zu- resp. Abnahme desselben in % des Nüchternwerthes, sowie die entsprechenden respiratorischen Quotienten). Tabelle 11—13 (S. 42 u. 43) sind 3 ausführliche Protokolle über Fettversuche.

Bei einer den Bedarf²⁾ nicht überschreitenden Zufuhr (1200 Calorien, Versuch Nr. 100) ist die Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs sehr gering und nur in der 5—9. Stunde in Höhe von ca. 10 %

1) Der von König angegebene viel niedrigere Fett- und höhere Eiweissgehalt kommt wohl dem noch ziemlich stark mit Muskelfasern durchwachsenen Speck zu; für rein ausgeschnittenen Speck finde ich den obigen ähnliche Zahlen bei Meissl, Hofmann, Schulze u. Reinken, Henneberg u. a. mehr.

2) Wenn ich auch den wirklichen Bedarf bei Nahrungszufuhr beider bei Stärke und Eiweissnahrung etwas höher schätze, als die oben (S. 31) berechneten 1050 Calorien, so bin ich doch bei Versuchen, die über die Wirkung „zureichender“ Nahrung entscheiden sollten, über dies „Ruhe-Nüchternbedürfniss“ nicht oder nur wenig herausgegangen, um in solchen Versuchen möglichst ähnlich wie Rubner zu arbeiten.

General-Ta-
Der Gaswechsel beim Hund
I. Die absolute Grösse des

Versuchs Nr.	Datum.	Gewicht des Hundes in kg	Verzehrer Speck in gr.	Nüchternwerth. ⁴	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	21. XII. 91	—	375	174,7	183,9	196,2	187,6	183,9	186,6	—	187,0	187,9	—
64 ¹⁾	12. II. 92	25,4 ¹⁾	325	155,2	—	166,9	169,2	185,9	171,7	172,6	185,8	217,5 ²⁾	165,1
77	30. III. 92	26,6	320	155,2	—	—	—	—	—	—	—	—	182,2
78 ²⁾	3. IV. 92	27,4	325	158,2	—	—	—	—	—	—	—	—	169,4
82 ²⁾	8. IV. 92	28,8	310	152,9	162,1	162,3	157,6	174,5	179,1	174,8	173,6	178,4	168,9
100	17. X. 92	28,3	140	144,3	144,7	151,8	—	141,3	160,1	—	161,5	156,0	—

Die %tische Steigerung des

49	—	—	—	—	+ 5	+12	+ 7 ¹ / ₂	+ 5	+ 7	—	+ 7	+ 7 ¹ / ₂	—
64	—	—	—	—	—	+ 7	+ 8 ¹ / ₂	+19 ¹ / ₂	+10	+11	+19 ¹ / ₂	+40?	+ 6
77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+17 ¹ / ₂
78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 7
82	—	—	—	—	+ 6	+ 6	+ 3	+14	+17	+14	+13 ¹ / ₂	+17	+ 9
100	—	—	—	—	+ 0	+ 5	—	- 2	+ 11	—	+12	—	+ 8

Der Respiratorische

49	—	—	—	0,74	0,72	0,73	0,72	0,70	0,70	—	0,70	0,75	—
64	—	—	—	0,72 ¹⁾	—	0,70	0,75	0,70	0,69	0,72	0,70	0,68	0,67
77	—	—	—	0,78	—	—	—	—	—	—	—	—	0,70
78	—	—	—	0,82	—	—	—	—	—	—	—	—	0,69
82	—	—	—	0,81	0,76	0,78	0,77	0,76	0,75	0,71	0,72	0,73	0,73
100	—	—	—	0,75	0,77	0,71	—	0,71	0,73	—	0,69	0,69	—

1) 72 Stunden nach einer sehr reichen Fleischfütterung.

2) Nüchternwerth Abends ca. 10 Uhr nach 24 stündigem Hungern bestimmt, dann ge-

belle X (zu S. 39).

nach Aufnahme von Fett.

Sauerstoffverbrauchs (in cem).

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	24	Stunden nach Nahrungs- auf- nahme.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
178,1	176,1	171,2	178,4	181,5	—	—	—	—	—	—	—	
175,3	165,4	170,5	171,8	—	—	—	167,9	167,8	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	152,2	
149,6	135,4		147,2	—	143,6	—	—	137,0		138,9	—	

Sauerstoffverbrauchs beträgt:

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+ 15	+13 $\frac{1}{2}$	+ 10	+15	+17	—	—	—	—	—	—	—	
+ 11	+ 4 $\frac{1}{2}$	+ 8	+8 $\frac{1}{2}$	—	—	—	+ 6	+ 6	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 0	
+ 3	— 6		+2	—	— $\frac{1}{2}$	—	—	—	— 5		— 4	—

Quotient beträgt:

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,72	0,74	0,71	0,73	0,72	—	—	—	—	—	—	—	
0,71	0,72	0,73	0,72	—	—	—	0,69	0,70	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,69	
0,72	0,70		0,69	—	0,67	—	—	—	0,72		0,72	—

füttert; die Bestimmungen der 9ten—18ten Stunden fallen also in die Tagesstunden.

Special-Tabelle XI (zu S. 39).

Versuch mit Fettfütterung beim Hund (Nr. 82) (grosse Ration).

8. IV. 92.

Nr. des Vers.	Zeit desselben	Dauer in Min.	Athemgrösse cem	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Verbrauch cem	CO ₂ -Production cem	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Verbrauchs %	d. CO ₂ -Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,32	25	3304	4,76	3,82	157,3	126,2	0,80	—	—	—	—	nücht. seit 25 St.
2	10,00	26	3292	4,51	3,64	148,5	119,8	0,81	—	—	—	37,8	Gewicht 28,0
			Nüchternwerth			152,9	123,0	0,81	—	—	—	—	10 ⁴⁵ 220gr Speck
3	11,19	26	3268	4,96	3,78	162,1	123,5	0,76	+6	+ $\frac{1}{2}$	1—	37,9	12 ⁰ weitere 90gr Speck
4	12,36	26	3366	4,82	3,78	162,3	127,2	0,78	+6	+3 $\frac{1}{2}$	2—	37,6	
5	1,26	24	3512	4,49	3,46	157,6	121,5	0,77	+3	—1	3—	37,6	
6	2,39	24	3598	4,85	3,68	174,5	132,4	0,76	+14	+8	4—	38,1	
7	3,44	20	4652	3,85	2,87	179,1	133,5	0,75	+17	+8 $\frac{1}{2}$	5—	38,2	etwas erhöhte Athemgrösse
8	4,29	23	3768	4,64	3,31	174,8	124,7	0,71	+14	+1	6—	38,1	
9	5,30	24	3694	4,70	3,37	173,6	124,5	0,72	+13 $\frac{1}{2}$	+1	7—	37,7	
10	6,24	24	3310	5,39	3,91	178,4	129,4	0,73	+17	+5	8—	37,6	
11	7,15	26	3280	5,15	3,78	168,9	124,0	0,73	+9	+1	9—	37,5	

Special-Tabelle XII (zu S. 39).

Versuch mit Fettfütterung beim Hund (Nr. 77) (grosse Ration).

30. III. 92.

Nr. des Vers.	Zeit desselben	Dauer in Min.	Athemgrösse cem	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Verbrauch cem	CO ₂ -Production cem	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Verbrauchs %	d. CO ₂ -Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	11,24	20	2687	5,60	4,28	150,5	115,0	0,76	—	—	—	—	nücht. seit 25 St.
2	11,46	18	2950	5,33	4,24	157,2	125,1	0,80	—	—	—	—	Gewicht 26,60
3	12,06	18	3009	5,25	4,17	158,0	125,5	0,79	—	—	—	38,25	
	31. III. früh		Nüchternwerth			155,2	121,9	0,78	—	—	—	—	12 ³⁰ Nachts: 320 gr sehr fett. fleisch- und schwartefreien Speck
4	9,36	28	2967	6,14	4,29	182,2	127,3	0,70	+17 $\frac{1}{2}$	+4 $\frac{1}{2}$	9	38,35	
5	10,36	26	3250	5,48	3,94	178,1	128,1	0,72	+15	+5	10	38,25	
6	11,39	26	3266	5,39	3,96	176,1	129,3	0,74	+13 $\frac{1}{2}$	+6	11	38,30	
7	12,43	27	3079	5,56	3,94	171,2	121,3	0,71	+10	— $\frac{1}{2}$	12	38,30	
8	2,02	25	3354	5,32	3,86	178,4	129,5	0,73	+15	+6	13	38,25	
9	3,02	28	3217	5,64	4,03	181,5	129,2	0,72	+17	+6	14	38,20	

Special-Tabelle XIII (zu S. 39).

Versuch mit Fettfütterung beim Hund (Nr. 100) (kleine Ration)
17. X. 92.

Nr. des Vers.	Zeit desselben	Dauer in Min.	Athengrösse ccm	O ₂ -Deficit ‰	CO ₂ -Plus ‰	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Pro- duction ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs ‰	d. CO ₂ - Prod. ‰	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,45	32	2567	5,46	4,10	140,2	105,3	0,75	—	—	—	—	nücht. seit 25 St.
2	9,17	30	2793	5,31	3,95	148,3	110,3	0,74	—	—	—	38,3	Gewicht 28,3
			Nüchtern- werth			144,3	107,8	0,75	—	—	—	—	9 ⁵⁰ 140 gr sehr fetter Speck
3	10,33	30	2710	5,34	4,09	144,7	110,8	0,77	+0	+3	1	—	
4	12,05	30	2701	5,62	4,00	151,8	108,0	0,71	+5	+0	2 $\frac{1}{2}$	38,1	Der Hund hat
5	1,28	33	2434	5,80	4,14	141,3	100,8	0,71	-2	-6 $\frac{1}{2}$	4	—	währ. sämmtl.
6	3,00	29	2859	5,60	4,06	160,1	116,1	0,73	+11	+8	5 $\frac{1}{2}$	38,1	Versuche ausser-
7	4,37	34	2516	6,42	4,40	161,5	110,7	0,69	+12	+3	7	—	ordentlich ruhig
8	6,19	31	2431	6,42	4,43	156,0	107,7	0,69	+8	+0	8 $\frac{1}{2}$	38,2	gelegentlich; auch
9	7,33	32	2521	5,91	4,27	149,0	107,6	0,72	+3	+0	10	—	ausserhalb der
10	9,07	36	2306	5,87	4,09	135,4	94,3	0,70	-6	-12 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$	38,1	Versuchszeiten
11	10,30	33	2386	6,17	4,27	147,2	101,9	0,69	+2	-5 $\frac{1}{2}$	13	—	blieb er tags-
12	12,48	30	2426	5,92	3,99	143,6	96,8	0,67	- $\frac{1}{2}$	-10	15	37,9	über fast
13	4,04	30	2416	5,67	4,10	137,0	99,1	0,72	-5	-8	18 $\frac{1}{2}$	37,6	dauernd auf dem
14	7,44	34	2472	5,62	4,03	138,9	99,6	0,72	-4	-8	22	—	Sopha

deutlich sichtbar. In den andern fünf Reihen überstieg die Zufuhr den Bedarf (im Sinne Rubners) um ca 150—200‰. Die Steigerung der Oxydation aber bleibt sehr gering, geht nie über 20‰ heraus¹⁾; auch hier ist die Wirkung in den ersten drei Stunden ziemlich klein, um von der 4ten an sich längere Zeit auf etwas grösserer Höhe zu halten, in der 13ten u. 14ten Stunde ist die Wirkung noch nicht abgeklungen, in der 17ten u. 18ten Stunde aber nicht mehr erheblich; bei so grossen Fettmengen dauert ja auch nach Zawilski die Resorption sehr lange, ist selbst nach 24 Stunden noch nicht beendet; einmal beobachtete ich 24 Stunden nach dem Beginn eines Versuchs (Nr. 82) genau den Anfangswerth des Sauerstoffverbrauchs wieder (152,2 und 152,9 ccm O₂). Im Durchschnitt aller 18 Stunden übersteigt die Zunahme der Wärmeproduktion nicht 10‰ und ist jedenfalls für 24 Stunden noch geringer. In sämmtlichen Reihen sinkt der RQ. von einer etwas grösseren Höhe

1) Der eine ganz aus der Reihe fallende Werth von 217,5 ccm O₂ in der 8. Stunde der Reihe Nr. 64 ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass der Hund kurz vor diesem Versuch bei strenger Winterkälte heruntergeführt worden war, und dann viel (600 ccm) sehr kaltes Wasser getrunken hatte.

im nüchternen Zustand auf Werthe, wie sie einer fast ausschliesslichen Verbrennung von Fett (0,708) zukommen (0,68—0,73).

Das Resultat dieser Versuche stimmt ziemlich scharf mit denen R u b n e r s überein. R. fand¹⁾ zweimal, als er einen Hund mit einer nicht ganz zureichenden Menge Butterfett fütterte, die CO₂ Produktion (und, wie aus den Bedingungen dieser Experimente hervorgeht, annähernd auch den Wärmeumsatz) in den ersten 9 Stunden nach der Aufnahme um 5 resp 6% erhöht, verglichen mit derjenigen Menge, die in den letzten 6, der Fütterung vorausgegangenen Stunden producirt worden war; das Maximum der Steigerung lag in der 4. bis 6. Stunde. Bei abundanter Kost, die das Bedürfniss um ca. 55% überstieg²⁾, stieg der Wärmeumsatz um 6,8%; bei sehr hoher Zufuhr³⁾ (200 gr Speck für einen Hund von 11 kg) um 19%; um 9% bei einem mit 100 gr Speck gefütterten Hund von 7 kg⁴⁾: derselbe Hund zeigte keinen vermehrten Umsatz, als er nur genügende Mengen von Fett erhielt.

Ebenso klar und eindeutig sind die Versuche am Menschen; in allen 3 Fällen wurden grosse Mengen von Fett gegeben, in Nr. 21: 210 gr Speck, dazu 30 gr Weissbrod und 8 cem Alkohol; in 39: 210 gr Butter, in 81: 100 gr Speck ohne jede Zuthat; nur in dem ersten Versuch trat keine Störung ein, nach Beendigung des zweiten und dritten kam es zu Diarrhoen.

G e n e r a l - T a b e l l e X I V .

Der Gaswechsel beim Menschen nach Aufnahme von Fett.

I. Die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs (in cem).

Nr.	Datum	Zufuhr	Nüchtern- werth	Stunden nach Nahrungsaufnahme							
				1	2	3	4	5	6	7	8
21	7.V.91	210 gr Speck ⁵⁾	226,4	228,9	236,1		238,0	240,0		246,5	248,1
39	10.XI.91	210 gr Butter ⁶⁾	214,9	233,9	229,2	242,6	213,4	270,3	234,9	245,7	—
81	7.IV.92	100 gr Speck ⁷⁾	228,3	236,4	242,6	235,2		228,3	—	—	—

1) L u d w i g ' s Festschrift. 1887. S. 259 ff.

2) Sitzber. d. Münchener Akad. 1885. S. 542 ff.

3) Ztschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 329.

4) Ztschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 335.

5) Zum Schluss 30 gr Weissbrod, 8 gr Alkohol in 20 gr Wasser; keinerlei Störung vor und nach dem Versuch. Der Speck hatte 93% Fett.

6) Ohne jede Zuthat; von der 4. Stunde an flau und unbehaglich. Abends nach Schluss des Versuches Diarrhoe.

7) Ohne jede Zuthat; nach Schluss des Versuches Diarrhoe.

II. Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in ‰

Nr.	Datum	Zufuhr	Nüchtern- werth	Stunden nach Nahrungsaufnahme							
				1	2	3	4	5	6	7	8
21	—	—	—	+ 1	+ 4½	+ 5½	+ 6	+ 9	+ 9½	—	—
39	—	—	—	+ 9	+ 7	+ 13	+ 1	+ 26?	+ 9½	+ 14½	—
81	—	—	—	+ 3½	+ 6	+ 3	+ 0	—	—	—	—

III. Der respiratorische Quotient beträgt

21	—	—	0,78	0,72	0,75	0,72	0,74	0,73	0,70		
39	—	—	0,76	0,79	0,77	0,74	0,76	0,75	0,74	0,78	—
81	—	—	0,78	0,75	0,76	0,78	0,75	—	—	—	—

Special-Tabelle XV (zu S. 44).

Versuch mit Aufnahme von Fett beim Menschen W. 1) Nr. 21

7. V. 91.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse in ccm	O ₂ -Deficit ‰	CO ₂ -Plus ‰	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Pro- duction ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs ‰	CO ₂ -Pro- duction ‰	Zeit nach d. Essen	Bemerkungen
1	9,22	16	5529	4,05	3,19	223,9	176,4	0,79	—	—	—	letzte Mahlzeit vor 13 Std.: Kartoffeln u. Wurst. ½ 11—11 Uhr: 200 gr sehr fetter (93% Fett) gebratener Speck; zum Schluss 30 gr Weissbrod, 8 gr Alkoholi. 25 gr Wass.; kein Unbehag., kein Ekelgefühl, sonst nichts getrunken.
2	9,38	17	5379	4,32	3,24	232,3	174,3	0,75	—	—	—	
3	9,55	17	5104	4,37	3,49	223,0	178,1	0,80	—	—	—	
			Nüchtern- werth			226,4	176,3	0,78	—	—	—	sehr behaglich, weder Hunger noch Durst.
4	11,12	17	5084	4,59	3,33	233,4	169,3	0,73	—	—	—	
5	11,29	18	4879	4,54	3,18	221,5	155,2	0,70	—	—	—	
6	11,47	18	4930	4,70	3,47	231,7	171,1	0,74	—	—	—	
						228,9	165,2	0,72	+ 1	- 6	1—	
7	12,46	15	5775	4,13	3,24	238,6	187,1	0,79	—	—	—	
8	1,01	16	5447	4,30	3,09	234,2	168,3	0,72	—	—	—	
9	1,17	17	5040	4,67	3,50	235,4	176,4	0,75	—	—	—	
						236,1	177,3	0,75	+ 4½	+ ½	2½	
10	2,31	14	5989	4,11	3,04	246,1	182,1	0,74	—	—	—	
11	2,45	17	5287	4,39	3,07	232,1	162,3	0,70	—	—	—	
12	3,02	15	5552	4,28	3,14	237,6	174,3	0,73	—	—	—	
						238,6	172,9	0,72	+ 5½	- 2	4—	150 ccm Wasser. [Wasser. beginnendes Hungergefühl 350 ccm Aufstossen; Hunger deutlich, aber nicht quälend.
13	4,27	35	5783	4,15	3,07	240,0	177,5	0,74	+ 6	+ ½	5½	
14	5,41	34	5680	4,34	3,16	246,5	179,5	0,73	+ 9	+ 2	7—	
15	6,51	16	5851	4,24	2,95	248,1	172,6	0,70	+ 9½	- 2	8—	

1) Tadelloser Versuch.

Die Wirkung wurde nie bis zu Ende verfolgt, sie ist bei diesen grossen nicht mehr normalen Fettmengen mit der 8ten Stunde jedenfalls nicht beendet; der Sauerstoffverbrauch hat auch wie aus der Tabelle ersichtlich, deutlich die Tendenz, noch um diese Zeit zu wachsen; aber wie beim Hund ist die Steigerung sehr gering, und wird voraussichtlich bei kleinen Fettmengen noch viel geringer sein; Smith, der solche zu sich nahm (30—32 gr Butter, Olivenöl, Leberthran), fand, allerdings nur in den ersten zwei Stunden, auf die sich seine Untersuchung beschränkte, kaum eine Aenderung der Kohlensäureausscheidung. Ein Grund zu der Annahme, dass das Fett zugleich mit anderen Nahrungsmitteln gegeben an der Erhöhung der Oxydation stärker als in diesen Versuchen teilnehme, liegt jedenfalls nicht oder nur in geringem Masse vor; weder ist in diesem Fall die Darmarbeit zur Aufnahme des Fettes vermehrt noch auch etwa die Verbrennung von Fett gesteigert, da ja bei gleichzeitiger Aufnahme Eiweiss wie Stärke stets vor dem Fett zerlegt werden. Eher wäre es schon möglich, dass die gleichzeitige Darreichung von Fett die durch Eiweiss oder Kohlenhydrate sonst zu Stande kommende Steigerung verminderte, da sie deren Verdauung und Resorption wohl etwas verlangsamt und eventuell auch den mechanischen Reiz auf die Darmwandungen vermindert. Jedenfalls halte ich es für erlaubt, bei Berechnung der Einwirkung einer Nahrung auf die Oxydation geringe Mengen von Fett (z. B. 30—50 gr in 1000—1500 gr Fleisch) zu vernachlässigen und für geboten, bei den betreffenden Erwägungen eine Zufuhr erst dann für „abundant“ zu erklären, wenn die in derselben enthaltene Menge von Kohlehydraten und Eiweiss allein den Bedarf überschreitet.

Der Gaswechsel bei Aufnahme von Kohlehydraten.

Von den Experimenten am Hund, bei denen Kohlehydrate (Reis und Zucker) allein, oder doch vorwiegend verfüttert wurden, will ich (in Tab. 16 S. 48) eine Reihe von 6 Versuchen vorwegnehmen, die innerhalb eines Monates unter nahezu identischen Bedingungen stattfanden und ausserordentlich gleichmässige Resultate ergaben. Während des ganzen Zeitraums hatte der Hund das gleiche Futter erhalten, das auch in diesen Versuchen selbst gegeben worden war, nämlich

500 gr Reis, 200 gr Hackfleisch und 25 gr Fett¹⁾, worin ca. 400 gr Stärke, 31 gr Fett und 11,4 gr N, entsprechend ca. 2100 Calorien enthalten waren. Das Körpergewicht stieg innerhalb 40 Tagen langsam an um etwa ein Kilo. (Tab. 16. 17. 18 S. 48 u. 49.)

Bei der in die Augen springenden grossen Gleichmässigkeit der Resultate ist es wohl zulässig, Durchschnittswerthe aus allen 6 Reihen zu bilden. Schon in den beiden ersten Stunden ist, wie die Tabelle 16 zeigt, die Zunahme der Verbrennungsprocesse sehr erheblich (32 und 26 ‰), um dann langsam und stetig weiterzuwachsen bis zu einem Maximum von 39 ‰, das in der 6.—8. Stunde erreicht wird. Bis zur 11. Stunde sinkt der Sauerstoffverbrauch wieder sehr langsam ab, und fällt dann schneller, so dass von der 14. und 15. Stunde ab die erhaltenen Werthe nur um wenige Procente die „Nüchternwerthe“ übertreffen. Sehr lehrreich ist die Uebersicht über die in der gleichen Zeit beobachteten respiratorischen Quotienten (siehe die Tabelle 16).

Von 0,78 geht der RQ. bereits in der ersten Stunde nach der Futteraufnahme auf 0,90 in die Höhe, d. h. schon in aller kürzester Zeit beginnt die Verdauung und die Resorption der Kohlenhydrate. Das steht in bester Uebereinstimmung mit dem Befund von Ellenberger-Hofmeister²⁾, die bei einem kleinen Hund (5,8 kg) nach Aufnahme von 115 gr Reis (mit 86 gr Stärke) nach einer Stunde bereits 6,4 und nach 2 Stunden bei einem ebenso gefütterten Hund von 6,1 kg 22,9 ‰ der Stärke resorbirt fanden. Meine Zahlen zeigen, dass die Kohlenhydrate, einmal resorbirt, auch sofort am Stoffwechsel theilnehmen, und dass sie, genügend reichlich zugeführt, das Körperfett ganz und jedenfalls auch zum Theil das Eiweiss aus demselben zurückdrängen. Von der 4.—12. Stunde hält sich der RQ. fast durchweg auf der Höhe von 1,00, um dann langsam und allmählich ganz regelmässig bis zu einem Werth von 0,83 zu fallen. Dass letzterer höher ist als der RQ. im Beginn der Versuche, ist leicht verständlich. Denn wenn der Hund auch in dieser Fütterungsperiode das sehr reichliche Futter wie es scheint fast ganz umsetzte, da er im Stall gehalten sich frei bewegen durfte, so war

1) Dieses Futter wurde dauernd gern genommen und vorzüglich vertragen; nur an wenigen Tagen wurde zu bestimmten Versuchszwecken anderes Futter, aber von ähnlich hohem Energiegehalt gegeben.

2) Ellenberger-Hofmeister, du Bois' Archiv. 1889. S. 221.

General-Ta-

Der Sauerstoffverbrauch des Hundes bei Reisfütterung

Nr. d. Vers.	Datum	Gewicht des Hundes	Sauerstoff-verzehr nüchtern	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
68	23. II. 92	26,8	162,7	215,7	185,8	195,1	209,3	202,2	222,8	209,1	214,7	204,8	212,8
70	3. III. 92	27,5	158,8	188,0	204,9	203,8	212,1	215,0	210,7	207,8	219,3	211,3	206,0
71	8. " "	27,2	162,1	217,0	200,2	203,0	206,9	220,0	215,7	232,5	220,1	211,3	207,3
73	15/16. " "	26,2	148,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	18/19. " "	26,6	156,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	27/28. " "	27,0	151,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	197,8
Mittel der 6 Versuche . . .		26,9	156,8	206,9	197,0	200,6	209,4	212,4	216,4	216,5	218,0	209,1	206,0
p. Ct. Zunahme		—	—	32	26	28	33½	35½	38	38	39	33	31

Respiratorischer Quotient

68	—	—	0,79	0,91	0,86	0,95	0,93	0,97	0,99	0,95	0,97	0,94	0,97
70	—	—	0,82	0,88	0,96	0,95	1,00	1,00	1,00	1,02	1,03	1,00	1,01
71	—	—	0,74	0,90	0,99	0,99	0,99	1,01	1,02	1,03	1,02	1,01	1,02
73	—	—	0,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	—	—	0,73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	—	—	0,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,01
Mittel der 6 Versuche . . .		—	0,776	0,90	0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,00	1,01	0,98	1,00

Tabelle

Der Gaswechsel des Hundes bei Aufnahme kleiner

Nr.	Datum	Verzehr	Nüchternwerth	1	2	3	4
83	9. IV. 92	400 gr frisches Fleisch	152,2	161,8	180,8	184,4	183,0
89	20. IV. 92	" " " "	153,8	186,9	201,5	195,6	181,2
Mittel			153,0	174,4	191,2	190,0	185,1
Mittel der obigen Reisversuche			156,8	206,9	197,0	200,6	209,4

belle XVI (S. 47).

(500 gr Reis, 200 gr Hackfleisch, 25 gr Fett).

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Stundennach- Nahrungs- aufnahme
201,8	210,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
188,5	176,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
185,7	179,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
208,0	194,6	172,6	174,8	180,3	157,3	163,7	151,7	157,0	155,5	153,6	154,5	151,6	—	
216,4	175,2	161,8	180,6	186,5	169,6	171,6	173,2	167,7		158,3	162,3	161,4	—	
197,4	176,9	151,1	156,2	155,0	153,6	160,6	154,4	165,0	166,0	158,2	149,9	157,1	—	
199,6	185,4	161,8	170,5	173,9	160,2	165,3	159,8	163,2	163,1	156,7	155,6	156,7	—	
271/2	25	3	9	11	2	5 1/2	2	4	4	0	—1	0	—	

bei Reisfütterung.

1,03	0,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1,00	0,97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,99	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1,03	0,98	0,98	0,92	0,93	0,96	0,93	0,95	0,92	0,89	0,88	0,85	0,82	—	
1,04	1,00	0,96	0,94	0,95	0,95	0,92	0,91	0,85	0,85	0,89	0,80	0,83	—	
1,03	1,06	0,96	1,00	0,99	0,95	0,97	0,96	0,96	0,89	0,88	0,88	0,84	—	
1,02	0,99	0,97	0,95	0,96	0,95	0,94	0,94	0,91	0,88	0,88	0,84	0,83	—	

XVIa (S. 52).

Mengen Fleisch. Der Sauerstoffverbrauch in cem.

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Stundennach- Nahrungs- aufnahme
196,1	184,8	195,7	194,1	191,1	184,7	177,1	171,5	159,2	160,4	
186,0		177,2	181,4	173,0	172,0	155,7	163,3	160,9	—	
191,1	185,4	186,5	187,7	182,1	178,4	166,8	167,4	160,0	160,4	
212,4	216,4	216,5	218,0	209,1	206,0	199,6	185,4	161,8	170,5	

Special-Tabelle XVII (zu S. 47).

Versuch mit Reisfütterung beim Hund (Nr. 70) grosse Ration.
3. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit des- selben	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Pro- duction ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauch %	d. CO ₂ - Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,11	17	3208	5,09	4,06	163,3	130,2	0,80	—	—	—	—	Gewicht 27,50; nüchtern seit 24 Stunden.
2	9,20	18	3308	4,69	3,95	155,1	130,6	0,84	—	—	—	—	
3	9,47	17	3276	4,82	3,94	157,9	129,1	0,82	—	—	—	38,3	
Nüchtern- werthe													
4	10,10	20	4312	4,36	3,84	188,0	165,6	0,88	+18	+27	1	—	10 ²⁰⁻⁴⁰ 500 gr Reis, 25 gr Fett, 200 gr Fleisch.
5	12,12	22	5110	4,01	3,85	204,9	196,7	0,96	+29	+51	2	38,1	
6	1,11	22	4717	4,32	4,09	203,8	192,9	0,95	+28	+48½	3	—	
7	2,05	15	5026	4,22	4,21	212,1	211,6	1,00	+33½	+63	4	38,1	
8	3,23	22	4684	4,59	4,57	215,0	213,6	1,00	+35	+64	5	—	
9	4,25	20	5136	4,09	4,10	210,7	210,6	1,00	+33	+62	6	—	
10	5,26	18	5045	4,12	4,19	207,8	211,4	1,02	+31	+63	7	38,1	
11	6,17	18	5335	4,11	4,23	219,3	225,7	1,03	+38½	+74	8	—	
12	7,22	22	5230	4,04	4,02	211,3	210,2	1,00	+33½	+61½	9	—	
13	8,20	21	5598	3,68	3,71	206,0	207,7	1,01	+30	+60	10	38,1	
14	9,19	24	4809	3,92	3,93	188,5	189,0	1,00	+18½	+45	11	—	
15	10,11	21	4219	4,19	4,08	176,8	172,2	0,97	+11½	+32½	12	—	

Special-Tabelle XVIII (zu S. 47).

Versuch mit Reisfütterung beim Hund (Nr. 74) grosse Ration.
18/19. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit des- selben	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Pro- duction ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauch %	d. CO ₂ - Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
	Abds.												
1	10,45	20	2741	5,68	4,08	155,7	111,8	0,72	—	—	—	—	nüchtern seit 24 Stunden. Gewicht 26,600 kg.
2	11,6	20	2854	5,33	4,02	152,1	114,7	0,75	—	—	—	—	
3	11,28	20	2886	5,61	4,01	161,9	115,7	0,72	—	—	—	38,0	
Nüchtern- werthe													
4	10,23	21	5636	3,84	3,99	216,4	224,9	1,04	+38	+97	11	38,6	1141-12 ⁰ Uhr Nachts. 500 gr Reis, 25 gr Fett, 200 gr frisches Fleisch. (Nachts über i. d. Stube.)
5	11,23	24	4880	3,60	3,59	175,7	175,2	1,00	+12	+53	12	38,5	
6	12,23	29	4086	3,96	3,78	161,3	154,5	0,96	+3	+35½	13	38,0	
7	1,37	22	3858	4,68	4,41	180,6	170,1	0,94	+15½	+49½	14	37,9	
8	2,30	22	3854	4,84	4,58	186,5	176,5	0,95	+19	+55	15	37,9	
9	3,29	25	3384	5,01	4,74	169,6	160,4	0,95	+8	+40½	16	37,9	
10	4,39	24	3509	4,89	4,48	171,6	157,2	0,92	+9	+38	17	38,1	
11	5,55	16	3608	4,80	4,36	173,2	157,3	0,91	+10½	+38	18	38,0	
12	7,07	26	3333	5,03	4,27	167,7	142,3	0,85	+7	+25	19½	38,1	
13	8,37	22	3823	4,14	3,68	158,3	140,2	0,89	+1	+23½	21	38,4	
14	9,30	23	3739	4,34	3,49	162,3	130,5	0,80	+3½	+14½	22	38,35	
15	10,24	18	3275	4,93	4,07	161,4	133,3	0,83	+3	+17	23	38,25	

er in diesen sechs Versuchstagen im Versuch selbst, wie in den einzelnen Pausen fast ganz ohne Bewegung, und daher nicht im Stande neben mindestens 60 gr resorbirten und sicher zerfallenen Eiweiss auch nur die 400 gr Stärke ganz umzusetzen. Denn letztere bedürfen zu vollständiger Verbrennung $400 \times 0,829 = 331,6$, erstere $60 \times 0,979 = 58,7$, zusammen ca. 390 Liter O_2 , während der Hund, wie sich aus obiger Tabelle berechnen lässt, in den 24 Stunden bei Verdauung und Ruhe nur 265,3 Liter Sauerstoff consumirt hätte. — Inwieweit man aus obigen Zahlen auf eine Fettablagerung aus Kohlenhydrate in einzelnen Stunden schliessen darf, soll weiter unten erörtert werden. In der Gesamttagesbilanz tritt eine solche jedenfalls nicht deutlich hervor. Denn es beträgt der Ruheumsatz in 24 Stunden dieser Fütterungsreihe

265,3 Liter O_2 , 250,2 Liter CO_2 , der RQ. 0,943.

Daran nehmen Theil

71,3 gr Eiweiss ¹⁾ mit 69,8 Liter O_2 und 54,3 Liter CO_2 .

Es bleiben somit 195,5 „ „ „ 195,9 „ „ aus der Verbrennung von stickstofffreiem Material zu decken, d. h. offenbar durch Kohlenhydrate. Wie aus der Gleichheit der Restzahlen für den Sauerstoff und die Kohlensäure hervorgeht, wurde weder das Nahrungsfett zu den Verbrennungen herangezogen, noch erhebliche Mengen von Fett aus dem Ueberschuss der Kohlenhydrate gebildet, der Ueberschuss an letzteren wohl als Glykogen abgelagert; der Körper des Hundes, der bei freier Bewegung im Stall sein Futter wohl wirklich umsetzte und sich deshalb nicht mit Glykogen sättigte, suchte diese Sättigung bei der erzwungenen Ruhe zu erreichen. — Waren wirklich, wie ich weiter unten wahrscheinlich zu machen versuchen werde, in der 5ten—11ten Stunde kleine Mengen Fett aus Kohlehydraten gebildet, so wurde doch in den späteren Stunden (von der 18ten u. 19ten an), trotzdem sicher noch Kohlenhydrate vom Futter dieses Tages zur Verfügung standen, der Umsatz nicht von diesen allein bestritten, sondern auch etwas Fett verbrannt, während das deponirte Glykogen fester gehalten wurde.

1) Diese Rechnung ist natürlich nur approximativ, da der N-Umsatz nicht genau bekannt ist und auch für das zum Theil pflanzliche Eiweiss Rubner's Zahlen, die für fettfreies Muskelfleisch berechnet sind, nicht ohne Weiteres gültig sind; die vollkommene Gleichheit der obigen Sauerstoff- und Kohlensäurezahlen ist ein Zufall.

Wie gross ist der Sauerstoffmehrerverbrauch und der Ueberschuss der Wärmeproduktion in dieser Fütterungsreihe, gegenüber dem Verbrauch in der Ruhe bei Enthaltung von jeder Nahrung? Letzterer gleich dem 1440 fachen des Minutenwerthes gesetzt beträgt etwa

$$1440 \times 156,8 = 225,8 \text{ Liter O}_2, \text{ die CO}_2 = 225,8 \\ \times 0,776 \text{ RQ.} \\ \hline = 175,2 \text{ Liter CO}_2$$

mit einer Wärmeerzeugung von 1040 Cal.

Aus der obigen Tabelle berechnet sich als mittlerer Minutenwerth des Sauerstoffverbrauchs für die ersten 12 Stunden die Zahl 206,5 ccm, für die zweiten 162,0, und als Durchschnittwerth des ganzen Tages $\frac{206,5 + 162,0}{2} = 184,25$ ccm O₂ und ein RQ. von 0,943. Das sind für 24 Stunden

$$265,3 \text{ Liter O}_2 \qquad 250,2 \text{ Liter CO}_2 \qquad 1271 \text{ Cal.}$$

Der Sauerstoffmehrerverbrauch beträgt somit $265,3 - 225,8 = 39,5$ Liter

$$= \frac{39,5 \cdot 100}{225,8} = 17,5 \text{ } \%, \text{ das Plus an Wärmeproduktion } 1271 - 1040$$

$$= 231 \text{ Cal.}, = \frac{231 \cdot 100}{1040} = 22,2 \text{ } \% \text{ des Nüchternwerthes}^1).$$

In dieser vorwiegend Kohlehydrate bietenden Kost sind aber zugleich Fett und etwas Eiweiss enthalten. Letzteres entspricht im Reis ca. 5 gr N, im Hackfleisch 6,4 gr N. Das Fett hat, in so geringer Menge gegeben (ca. 31 gr), wie oben gezeigt worden ist, kaum Einfluss auf die Steigerung der Umsetzungen. Nach Fick's Hypothese aber müssten jene 11,4 gr N = 71,3 gr Eiweiss die Steigerung bewirkt haben.

Um diese Ansicht zu controlliren, erhielt der Hund zweimal je 400 gr Fleisch mit ca. 13,2 gr N, d. h. eine absolut grössere N-Menge, als jene in der vorhergehenden Fütterung; zudem wird ja auch von dem N des Fleisches mehr resorbirt als von dem des

1) Rubner findet bei einer den „Bedarf“ um 55 % übersteigenden Zufuhr von Kohlehydraten (1549 Calorien in der Zufuhr bei einem Bedarf von 944 Cal.) eine um 10,2 % vermehrte Wärmeproduktion (Sitzber. d. Münchener Akad. 1885. S. 452 ff.). — Das Maximum des Sauerstoffmehrerverbrauchs mit 39 % in der 8ten Stunde meiner Versuche entspricht einer Wärmeproduktion von ca. 48—50 %.

Reises; die Resorption dieses allein gegebenen Fleischeiweisses geschieht überdies wohl erheblich schneller, als desjenigen in obigem Reisfutter; es musste die Wirkung also hier gewiss deutlich hervortreten.

Wie aus der folgenden Uebersicht hervorgeht, erreicht der Sauerstoffverbrauch in diesen Versuchen zu keiner Stunde den in den obigen Reihen, die Wirkung ist mit der 12.—13. Stunde fast ganz abgeklungen (s. Tabelle 16 a S. 48).

In den ersten 12 Stunden dieser Fütterung ist der mittlere Sauerstoffverbrauch per Minute 182,2, in der vorigen (Reis-) Reihe dagegen 206,5 ccm O₂; die Differenz erhöht sich noch dadurch erheblich zu Gunsten der Reisreihe, dass in ihr der fast ausschliesslich zur Verbrennung von Stärke dienende Sauerstoff per Liter ein calor. Aequivalent von 4,97, in der Fleischreihe, wo neben Eiweiss (cal. Aeq. = 4,29) wohl noch etwas Fett (cal. Aeq. = 4,68) verbrannte, dagegen ein solches von nur 4,4—4,5 Cal. hatte. Jene 206,5 ccm Sauerstoff entsprechen somit einer Produktion von $206,5 \times 4,97 = 1,026$ Cal. per Minute (die Produktion vor der Nahrungsaufnahme = 0,722 Cal.), die 182,2 ccm O₂ nur einer solchen von $182,2 \times 4,45 = 0,801$ Cal. (vor dem Futter ca. 0,704 Cal. per Min.). In jenem Fall also eine etwa 40 %ige Zunahme der Wärmeproduktion während der ersten 12 Stunden, in letzterem nur eine ca. 12 %ige (eine 5 %ige für den ganzen Tag berechnet). Somit ist sicher, dass die nach der Aufnahme der obigen Nahrung eingetretene Vermehrung der Oxydation nicht ihren einzigen Grund in der Zufuhr des Eiweiss hat ¹⁾. Auf das Eiweiss kamen vielleicht 5 %, auf die Stärke 17,5 % der Mehrproduktion von 22 1/2 %. Diese Steigerung blieb denn auch zum grössten Theil bestehen, als in 2 weiteren Reihen aus jenem Nahrungsgemisch das Fleisch fortgelassen wurde, und dasselbe nur noch 5,0 gr N in Form von vegetabilischem Eiweiss enthielt. Um die Wirkung der Kohlehydrate auf die Erhöhung des RQ. noch weiter zu studiren, wurde in diesen Reihen der Nahrung verschiedene Mengen von leicht resorbirbarem Rohrzucker beigegeben. (Tab. 19 S. 54 u. Tab. 20 S. 55.)

1) Das Gleiche geht übrigens ja auch aus dem S. 52 in der Anmerkung citirten Versuch Rubner's mit voller Sicherheit hervor. Rubner hat derartige Versuche meines Wissens fast immer mit reiner Stärke ausgeführt.

General-Tab elle XIX (zu S. 53).
Der Gaswechsel des Hundes bei Aufnahme von Reis (überschlüssige Ration).
I. Die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs in cem.

Nr. des Versuchs	Datum	Gewicht d. Hundes	Verzehr	Nüchternwerth	Stunde nach Nahrungsaufnahme											
					1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
84	11. IV. 92	28,1	500 gr Reis, 100 gr Rohrzucker, 25 gr Fett	169,2	209,3	187,3	210,5	?	200,5	194,0	195,4	—	192,5	—	—	—
87	16.	29,1	400 " 140 " 25 "	167,4	206,2	213,6	203,8	202,9	198,0	207,3	207,3	207,1	—	191,0	190,0	—
84				0,74	0,96	0,90	0,98	—	1,01	1,00	0,99	—	1,03	—	—	—
87				0,93	0,97	0,93	0,98	1,02	0,96	1,06	1,04	—	0,96	1,03	—	—

II. Verhalten des respiratorischen Quotienten.

General-Tab elle XXI (zu S. 55).

Der Gaswechsel des Hundes bei Aufnahme von Reis und Zucker (zureichende Ration).

I. Die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs in cem.

Nr. des Versuchs	Datum	Gewicht d. Hundes	Verzehr	Nüchternwerth	Stunde nach Nahrungsaufnahme																	
					1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	23.
99	14. X. 92	28,6	300 gr Reis	153,4	166,1	163,6	169,8	166,5	169,0	168,0	171,0	162,1	155,2	134,2	133,7	131,6	131,3	—	143,6	—	140,0	—
103	22.	28,3	300 gr Reis	148,7	—	—	167,0	—	—	161,8	—	146,3	—	162,7	—	—	—	—	—	—	—	—
107	13.III.93	29,7	300 gr Reis	147,4	159,0	169,7	163,6	160,8	164,2	178,5	178,0	178,7	149,9	148,4	—	—	—	—	—	—	—	—
II. Verhalten des respiratorischen Quotienten.																						
99				0,74	0,90	0,89	0,97	0,99	0,95	0,99	0,99	0,97	0,90	0,93	0,92	0,85	0,85	—	0,80	—	0,81	—
103				0,71	—	—	0,87	—	—	0,83	—	0,96	—	0,87	—	—	—	—	—	—	—	—
107				0,78	0,75	0,88	0,92	0,93	0,91	0,96	0,99	0,95	0,92	0,87	—	—	—	0,83	—	—	—	—

II. Verhalten des respiratorischen Quotienten.

Special-Tabelle XX (zu S. 53).

Versuche mit Reis- und Zuckerfütterung beim Hund (Nr. 87)

(grosse Ration). 16. IV. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit.	Dauer i. Min.	Athemsgrösse ccm	O ₂ Deficit %	CO ₂ Plus %	O ₂ Verbrand ccm	CO ₂ Produc- tion ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ Ver- brauchs %	d. CO ₂ Pro- duction %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,47	11	3805	4,41	4,11	167,8	156,4	0,93	—	—	—	—	Nüchtern seit
2	10,1	21	4085	4,13	3,96	168,7	161,8	0,96	—	—	—	—	24 Stunden
3	10,26	22	4943	3,35	3,02	165,6	149,3	0,90	—	—	—	38,4	Gew. 29,1 Kilo
			Nüchtern- werth 1)			167,4	155,8	0,93	—	—	—	—	11 ¹⁵ —45
4	12,7	24	4819	4,28	4,16	206,2	200,5	0,97	+23	+29	1	38,2	140 gr Rohr- zucker
5	1,27	23	4800	4,45	4,12	213,6	197,7	0,93	+28	+27	2½	38,6	400 gr Reis
6	2,45	18	6101	3,34	3,28	203,8	200,1	0,98	+22	+29	3½	—	25 gr Fett.
7	3,15	18	6587	3,08	3,15	202,9	207,5	1,02	+21	+33	4	38,4	
8	4,14	22	5324	3,72	3,56	198,0	189,5	0,96	+18	+21½	5	38,3	
9	5,39	18	6152	3,37	3,58	207,3	220,3	1,06	+24	+41½	6¼	38,4	
10	7,23	29	6109	3,39	3,54	207,1	216,2	1,04	+24	+39	8	38,4	
11	9,5	21	6918	2,77	2,66	191,6	184,0	0,96	+14½	+18	10	38,6	
12	10,40	19	5961	3,19	3,27	190,1	194,9	1,03	+13½	+25	11½	—	

Die Steigerung ist — nur die ersten 12 Stunden kamen zur Untersuchung — in beiden Reihen nicht so stark wie in den früheren, da die Ausgangswerthe höher und die erreichten Sauerstoffzahlen niedriger liegen. Jedenfalls scheint somit das Eiweiss des Fleisches zu dem Mehrverbrauch beizutragen, der grösste Theil der Steigerung des Umsatzes aber kommt sicher auf Rechnung der eingeführten Kohlehydrate.

Ueber die Wirkungen einer dem nothwendigsten Bedarf grade entsprechenden Menge von Kohlehydraten (300 gr Reis = 3 gr N und 225 gr Stärke) liegen einige, leider zu anderer Zeit angestellte, Reihen vor. Sie zeigen deutlich eine geringere Steigerung der verschiedenen Prozesse als jene Reihen, in denen überschüssiges Futter gegeben war. Eine sehr erhebliche Steigerung scheint in der That erst bei überschüssigem Futter zu Stande zu kommen; nach Rubner's früheren Anschauungen kommt sie nur bei einem solchen vor; das ist in dieser Fassung nicht richtig, da eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs in den ersten 10–12 Stunden von

1) Die Nüchternwerthe und der RQ. höher als sonst in dieser Periode.

8—10 % und eine dem hohen calorischen Aequivalent der Kohlehydrate entsprechend grössere an producirtir Wärme in allen 3 Versuchen ganz unverkennbar sind. (Tab. 21 S. 54; Tab. 22 S. 56.)

Special-Tabelle XXII.

Versuch mit Reisfütterung beim Hund (Nr. 107) (kleine Ration)
17. III. 93.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse con	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Verbrauch con	CO ₂ -Production con	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Verbrauchs %	d. O ₂ -Prod. %	St. n. d. Fütt.	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,4	29	3110	4,85	3,76	150,3	116,9	0,78	—	—	—	—	nüchtern seit 24
2	8,35	28	3076	4,69	3,56	144,3	109,5	0,76	—	—	—	—	Stunden, Gewicht
3	9,5	22	3629	4,05	3,28	147,0	119,0	0,81	—	—	—	3,80	29,70 (?)
			Nüchternwerth			147,4	115,1	0,78	—	—	—	—	10 ³⁰⁻⁴⁰ 300 gr
4	10,0	26	3155	5,06	3,79	159,6	119,6	0,75	+ 8	+ 4	1	—	Reis mit etwas
5	11,0	29	3754	4,52	3,97	169,7	149,0	0,88	+15	+30	2	37,75	Fleischasche und
6	12,2	29	3971	4,12	3,76	163,6	149,3	0,91	+11	+30	3	—	u. ca. 1 gr Fleisch-
7	1,4	25	4418	3,64	3,39	160,8	149,8	0,93	+ 9	+30	4	37, 9	extract gekocht.
8	1,59	28	3966	4,14	3,78	164,2	149,9	0,91	+11½	+30	5	—	
9	3,5	26	4439	4,02	3,84	178,5	170,5	0,96	+21	+48	6	38, 2	
10	4,3	24	4784	3,72	3,69	178,0	176,5	0,99	+21½	+53	7	—	
11	5,3	26	4347	4,11	3,90	178,7	169,5	0,95	+21	+47	8	38,3	
12	6,5	29	3691	4,06	3,73	149,9	137,7	0,92	+ 1½	+20	9	—	
13	6,57	25	3501	4,24	3,70	148,4	129,5	0,87	+ 1	+13	10	—	

Wie in den Versuchen mit grösseren Reismengen tritt eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs bereits in der 1ten Stunde der Verdauung ein; ein Maximum von 12—20 % wird in der 6ten—8ten Stunde erreicht, dann geht der Consum rasch zurück, die Anfangswerthe sind in der 10.—12. Stunde schon erreicht; in den weiter folgenden Stunden wurden in zweien dieser Versuche niedrigere Werthe beobachtet als in der Frühe nüchtern; hier kamen als „zweite zwölf Stunden“ die Nachtstunden zur Untersuchung, während die „zweiten zwölf Stunden“ der in Tabelle 16 u. 18 berichteten Versuche nach am späten Abend (10—12 Uhr Nachts) vorgenommener Fütterung am Tage zur Beobachtung gelangten. In einer früher mitgetheilten Hungerreihe sank der Umsatz in der Nacht gleichfalls wie hier in einzelnen Stunden um ca. 8—10 %; wenn auch leider, da die Arbeit aus äusseren Gründen zum Abschluss gebracht werden musste, nur eine derartige Hungerreihe vorliegt, so darf doch wohl sicher angenommen werden, dass die Reisfütterung in den zweiten zwölf Stunden nicht an sich eine Erniedrigung des Umsatzes bedingt.

Letztere ist übrigens geringer, als die Abnahme des Sauerstoff-
 verbrauchs, da der RQ., wie die Tabelle zeigt, in der Nacht noch
 erheblich höher ist, als am Morgen. — Ueber die Kohlensäure-
 produktion brauche ich nicht viel zu sagen; die Steigerung der-
 selben ist hier wie in allen Fällen der Zufuhr von Kohlehydraten
 erheblicher als diejenige des Sauerstoffs; die beigegebene Special-
 tabelle 22 sowie die Anführung der respiratorischen Quotienten in
 Tabelle 21 erlaubt einen ungefähren Einblick in diese Verhältnisse.
 Der RQ. wächst sehr bald nach der Aufnahme des Futters und
 erreicht in der 5.—8. Stunde fast die Einheit; er überschritt sie
 in diesen Versuchen nie.

Für die Wirkung der Kohlehydrate auf den Menschen liegen
 eine Reihe Versuche vor, solche mit Brod (das mit kleineren Mengen
 Butter und etwas Wasser genossen wurde), und andere, in denen
 Rohr- und Traubenzucker gegeben wurde. Vier Experimente der
 ersten Art wurden an W. angestellt, je eines an O., eines an Prof.
 Zuntz, eins an dem Verfasser; bei dem letzteren übernahm Prof.
 Zuntz freundlichst die Leitung des Versuchs; die Analyse führte
 ich selbst aus. Die Tabelle 23 (S. 58) enthält die Brodversuche.
 Tab. 24 (S. 57) und 25 (S. 59) sind Protokolle einzelner Versuche.

Special-Tabelle XXIV.

Versuch mit Weissbrod (85 gr) beim Menschen (Nr. 51).

24. XII. 91.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs %	d. CO ₂ - Prod %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	9,38	19	4413	5,00	3,21	220,6	141,6	0,64?	—	—	—	nüchtern seit 14 St.
2	9,57	18	4836	4,31	3,27	208,5	158,2	0,76	—	—	—	
3	10,15	17	4783	4,62	3,43	224,0	164,1	0,74	—	—	—	10 ⁴⁰ –50 85 gr Weissbrod 2 Schrippe“ m. 4 gr Butter 200 ccm H ₂ O
			Nüchtern- werth			216,7	154,6	0,71				Mittlere Stundenwerthe
4	11,15	15	5643	4,38	3,39	247,2	191,3	0,77	+14	+23½	1	0,79 RQ. +12% O ₂ +23% CO ₂
5	11,30	18	4597	4,92	3,74	226,2	171,9	0,76	+4½	+11		
5	11,18	16	5288	4,80	3,97	253,8	209,9	0,83	+17	+36		
7	12,4	16	5284	4,86	4,05	256,8	214,0	0,83	+19	+38	2	0,84 „ +11 „ +30 „
8	12,20	16	5088	4,77	3,97	242,7	202,0	0,83	+12	+30½		
9	12,36	17	4811	4,61	3,94	221,8	189,6	0,86	+2½	+22½		
0	12,53	20	4220	4,93	4,15	208,1	175,1	0,84	-4	+13	3	0,86 „ +4 „ +16 „
11	1,20	19	4589	4,54	4,07	208,3	186,8	0,90	-4	+21		
12	1,39	17	4643	4,43	3,76	205,7	174,6	0,85	-5	+13		
13	2,28	17	4761	4,77	3,56	227,1	169,6	0,75	+5	+10	4	0,75 „ +2 „ +6½ „
14	2,45	18	4319	4,98	3,70	215,1	159,8	0,74	-1	+3		

General-Tabelle XIII (S. 57).
Der Gaswechsel beim Menschen nach Aufnahme von Brod.
I. Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in %.

Person	Nr.	Datum	A u f n a h m e	Nüch- tern- werth cem. O ₂	Stunden nach der Nahrungsaufnahme.									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prof. Z.	14	19. III. 91	295 gr Weissbrod 50 gr Butter 300 cem Wasser	214,1	+16	—	+5	—2	—	+8½	+7½	—	—	—
A. M.-L.	15	20. III. 91	255 " " 90 " " 325 " "	227,0	+17	+11	+10½	—	+0	+5½	—	—	—	—
W.	19	— V. 91	280 " 10 " " 750 " "	219,1	+33	—	+32	—	+4	+3½	+12½	+11½	—	—
W.	25	8. VI. 91	345 " Pumpernickel 750 " "	219,7	+22½	+17½	+8	—	+0	+5	+6½	+5	+6	+4½
W.	50	22. XII. 91	85 " Weissbrod 4 gr Butter 200 " "	204,3	+12	+16	+4	+3	—	—	—	—	—	—
W.	51	24. XII. 91	85 " 4 " " 200 " "	216,7	+12	+11	—4	+2	—	—	—	—	—	—
O.	12	11. XII. 91	198 " 250 " Kaffee (sehr dünn)	257,6(?)	+2	+5	+1	—	—3	+4	+3	—	—	—

II. Der respiratorische Quotient beträgt.

14	0,72	0,82	—	0,86	0,90	—	0,90	0,87	—	—	—	—	—	—
15	0,78	0,82	0,77	0,86	—	0,82	0,81	—	—	—	—	—	—	—
19	0,81	0,84	—	0,90	—	0,85	0,79	0,72	—	—	—	—	—	—
25	0,77	0,88	0,91	0,89	0,89	0,81	0,79	0,80	0,78	0,81	—	—	—	—
50	0,80	0,80	0,87	0,86	0,79	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	0,71	0,79	0,84	0,86	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0,72	0,84	0,91	0,88	—	0,82	0,75	0,73	—	—	—	—	—	—

Ad Magnus Levy:

Special-Tabelle XXV (zu S. 57).

Versuch mit Pumpernickel (345 gr) beim Menschen (Nr. 25).

8. II. 91.

Nr. des Vers	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit o/o	CO ₂ -Plus o/o	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs o/o	d. CO ₂ - Prod. o/o	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	9,6	18	4973	4,30	3,32	213,8	165,1	0,77	—	—	—	950 — 1040 345 gr frischer Pumper- nickel, 750 ccm Wasser; starkes Sättigungsgefühl
2	9,24	16	5369	4,20	—	225,5	—	—	—	—	—	
			Nüchtern- werth				219,7	165,1 ?	0,75 ?	—	—	
3	10,57	9	6870	4,01	3,58	275,5	246,0	0,89	+22½	+44	1	
4	11,6	14	6494	4,05	3,54	263,0	229,9	0,87				
5	11,20	13	6551	3,95	3,55	269,3	238,0	0,88	+17½	+42	2	
6	11,30	13	6719	3,83	3,51	257,3	235,8	0,92				
7	12,40	15	5883	4,04	3,57	258,1	234,2	0,91	+8	+28	3	
8	12,55	15	5929	3,99	3,55	237,2	210,0	0,88				
9	1,51	15	5911	3,87	3,55	236,6	212,9	0,90	+0	+19	4	
10	2,6	16	5408	3,91	3,39	237,2	211,5	0,89				
						228,8	209,8	0,92	+6½	+12	6	
						211,4	183,3	0,87				
11	3,24	14	5999	3,82	3,17	220,1	196,6	0,89	+5	+13½	5	
12	3,38	16	5765	4,04	3,20	229,2	190,2	0,83				
13	4,25	15	6098	3,87	3,17	232,9	184,5	0,79	+5	+11½	7	
14	4,40	17	5747	4,05	3,07	231,1	187,4	0,81				
15	5,25	16	5545	4,18	3,32	236,0	193,3	0,82	+6	+10½	8	
16	5,41	16	5519	4,17	3,34	232,8	176,4	0,76				
						234,4	184,9	0,79	+4½	+12½	9	
						231,8	184,1	0,79				
17	6,25	16	5323	4,42	3,45	230,1	184,3	0,80	+6	+10½	8	
18	6,41	16	5216	4,25	3,47	231,0	184,2	0,80				
						235,3	183,6	0,78	+4½	+12½	9	
						230,5	181,0	0,79				
19	7,55	17	5407	4,25	3,44	232,9	182,3	0,78	+6	+10½	8	
						229,8	186,0	0,81				

Die beiden Reihen Nr. 50 u. 51 zeigen nach Aufnahme einer kleinen Ration (85 gr Weissbrod, 4 gr Butter, 200 ccm Wasser), etwa von der Grösse eines sehr kleinen ersten Frühstückes, übereinstimmend während zweier Stunden eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs um 11—16%, die in der 3. und 4. Stunde kaum mehr sichtbar ist. — Von den 5 anderen Reihen, in denen 198—345 gr Brod verzehrt wurden, fällt eine (Nr. 12) ganz heraus; sie zeigt kaum eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, eine geringe der Wärmeproduktion, die betreffende Curve verläuft ähnlich, nur wenig

höher wie eine Hungercurve; einen sicheren Grund für diese einzelnte Abweichung kann ich nicht angeben; über O., an dem dieser Versuch angestellt war, liegen nur wenig Erfahrungen vor und zwar aus dem Beginn meiner Arbeiten auf diesem Gebiete: für die Richtigkeit der Nüchternwerthe kann ich nicht mit Sicherheit bei ihm eintreten, obwohl der niedrige Werth des RQ. (0,72) in diesem Versuch für die Nüchternheit des Mannes an diesem Tage spricht.

Die anderen vier Reihen zeigen den Sauerstoffverbrauch¹⁾ bei einem Verzehr von etwa 140–160 gr Stärke, ca. 14–20 gr Eiweiss und wechselnden Mengen Butter in den ersten 3 Stunden beträchtlich, bis um 33% erhöht; in der 3ten Stunde sinkt die Curve meist schon ab, um in der 4ten und 5ten ziemlich die ursprüngliche Höhe zu erreichen; dann aber beginnt ein neuer Anstieg während mehrerer Stunden, der zwar nur klein ist, aber doch regelmässig wiederkehrt; einen ganz ähnlichen Verlauf zeigt die Curve eines weiter unten (S. 62) aufgeführten Versuchs Nr 28, in dem W. 140 gr Rohrzucker und 115 gr eines lockeren Napfkuchens (ca. 220 gr K. h.) erhielt. Wenn dieser zweite Anstieg nicht auf zufällige Umstände zurückzuführen ist, so könnte man ihn auf die erst in späteren Stunden nach der Aufnahme eintretende Darmverdauung beziehen. — Viel erheblicher als der Sauerstoffverbrauch wächst ja natürlich die Kohlensäureabgabe; das Verhalten derselben ist aus den beigegebenen Specialtabellen 24. 25, sowie aus der Uebersicht der respiratorischen Quotienten (Tab. 23) ersichtlich; letztere geben am schnellsten einen Einblick, in welcher Weise die Kohlehydrate in den einzelnen Stunden der Verdauung am Umsatz theilnehmen. Das zu erwartende Anwachsen des RQ. ist in allen Versuchen, und zwar bereits in der ersten Stunde, deutlich, verhältnissmässig am wenigsten in Nr 15; über den Werth von 0,90–0,91 geht er aber keinmal heraus; unter den eingehaltenen Bedingungen findet die Umwandlung und Resorption der Stärke nicht so schnell und energisch statt, um eine Ueberschwemmung des ganzen Körpers

1) Die Steigerung der Wärmeproduktion ist nach den früheren Auseinandersetzungen etwas grösser.

2) Aehnliche Curven finden sich in den unten mitgetheilten Versuchen über den Gaswechsel bei freigewählter Kost nach dem ersten (aus Kaffee und viel Butterbrod bestehenden) Frühstück.

mit Kohlehydraten und einen fast völligen Ausschluss der anderen Nahrungs- oder Körperbestandtheile von der Oxydation zu ermöglichen, wie das beim mit Reis gefütterten Hund der Fall gewesen. — Resorption aber hat, das ist unverkennbar, schon in der ersten Stunde stattgehabt; in der 4ten und 5ten Stunde kreisen, das geht ebenfalls aus der Tabelle hervor, noch reichlich Kohlehydrate im Körper; zu dieser Zeit sind aber die Oxydationsprozesse (siehe oben) nicht oder nur unwesentlich erhöht: ein Beweis dafür, dass nicht das Kreisen mit der Nahrung zugeführter verbrennlicher Moleküle an sich unbedingt den Umsatz im Körper steigern müsse. —

Hanriot und Richet¹⁾ sahen nach einer Kartoffelmahlzeit den respirator. Quotienten und den Gaswechsel steigen, ihre 2 Reihen ergaben aber bezüglich des Ablaufs der Erscheinungen entgegengesetzte Resultate.

Smith²⁾ findet bei Kohlehydraten, die in beliebiger Form (Brod, Reis, Kartoffeln etc.; nur reine Stärke wirkte nicht) in kleinen Dosen gegeben wurden, die Kohlensäureausfuhr stets beträchtlich gesteigert, und bei nicht zu kleinen Gaben (125 gr) Reis, Brod, Hafermehl eine lang (d. h. über die zwei Stunden, die er der Untersuchung widmete) anhaltende Wirkung; Zucker trieb auch bei ihm die Athemthätigkeit in die Höhe, aber die Wirkung klang schneller ab, als bei Stärkezufuhr.

Eine Reihe von Versuchen mit Zucker am Menschen war bereits gemacht, als die weiter unten zu besprechende Publication Hanriot's erschien, der in ähnlichen Experimenten zu etwas anderen Resultaten gekommen war; um die Angaben dieses Autors zu prüfen, wurden die Reihen 76. 79. 94. 104. 114 unter den von Hanriot vorgeschriebenen Bedingungen, ausgestellt (Tab. 26—28 S. 62. 63).

In den drei Versuchen (Nr. 28, 29, 42), in denen grössere Mengen Rohrzucker aufgenommen worden sind, ist der Sauerstoffverzehr, ähnlich wie bei der Ernährung mit Brod, in den ersten Stunden deutlich gesteigert, freilich etwas weniger als in den entsprechenden Brodexperimenten. Legt der Rohrzucker dem Körper wohl auch weniger chemische Verdauungsarbeit auf, als die Stärke des Brodes, so kommt doch andererseits in Betracht, dass Rohrzucker in dieser Menge und Concentration zugeführt einen recht

1) Hanriot-Richet, Comptes rendus. Bd. 106. S. 496 ff.

2) Smith, Philosophical Transactions. 1859. S. 715.

General-Tab elle XXVI (zu S. 61).
Der Gaswechsel beim Menschen nach Aufnahme von Zucker.
I. Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in %.

Nr.	Datum	Aufnahme	Nüchtern- werth cem O ₂	Stunden nach Nahrungsaufnahme								Bemerkungen
				1	2	3	4	5	6	7	8	
28	15. VI. 91	100 gr Rohrzucker, 115 gr Kuchen	210,8	+16	+24	+21	+9½	+5	+9½	+12½	100 cem sehr dünner kalter Kaffee	
29	18. " "	150 " " 300 cem Wasser	237,9	+9	+6	—	—	—	—	—		
42	20. XI.	155 " " 500 "	225,7	+12	+8	+8	+12½	+0	+2	—	D. zweiten 30 gr Zucker nach 1 St.	
76	29. III. 92	55 " " 750 "	229,8	-12½	-22(?)	—	—	—	—	—		
79	5. IV.	65 " " 750 "	229,4	+6	-2½	-5½	-10	—	—	—	D. zweiten 30 gr Zucker nach 1 St.	
94	29. " "	50+30 gr Traubenz., 1½ l	204,3	+2	+5	-2½	-11½	—	—	—		
104	13. III. 93	60 gr Traubenz., 750 cem	204,5	+2½	-5	-1	-2	—	—	—	D. zweiten 30 gr Zucker nach 2 St.	
114	29. " "	55+30 gr. " 1 l	217,7	+7	-2	-3	-4	—	—	—		

II. Der respiratorische Quotient beträgt

28	0,77	1,01	0,89	0,89	0,92	0,82	0,79	0,76
29	0,73	0,83	0,89	—	—	—	—	—
42	0,77	0,91	0,91	0,91	0,92	0,78	0,82	—
76	0,80	0,84	0,88	—	—	—	—	—
79	0,73	0,87	0,82	0,90	0,74	—	—	—
84	0,81	0,90	0,92	0,93	0,90	—	—	—
104	0,78	0,88	0,87	0,86	0,75	—	—	—
114	0,76	0,76	0,84	0,82	0,85	—	—	—

Special-Tabelle XXVII (zu S. 61).

Versuch mit Rohrzucker (155 gr) beim Menschen (Nr. 42).

26. XI. 91.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Pro- duction ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauch %	d. CO ₂ - Prod. %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	9,10	18	4804	4,53	3,45	217,6 ¹⁾	165,8	0,76	—	—	—	
2	9,31	17	4954	4,72	3,65	233,8 ¹⁾	180,8	0,77	—	—	—	
			Nüchtern- werth			225,7	173,3	0,77	—	—	—	10 ⁵ —20 155 gr Rohrzucker $\frac{1}{2}$ Lit. Wasser.
3	10,40	8	6803	3,89	3,70	264,6	251,7	0,95	—	—	—	
4	10,48	15	5840	4,17	3,84	243,5	224,3	0,92	—	—	—	
5	11,04	15	5484	4,54	3,90	249,0	213,9	0,86	—	—	—	Versuch 3—10 sind in ununter- brochener Rei- henfolge ange- stellt; in der Mitte dieser Zeit einmal Unruhe im Leib; am Ende bitterer Geschmack im Munde.
						252,4	230,0	0,91	+12	+33	1	
6	11,19	15	5702	4,18	3,80	238,4	216,7	0,91	—	—	—	
7	11,36	14	6189	4,14	3,95	256,3	244,5	0,95	—	—	—	
8	11,50	15	5562	4,32	3,77	240,3	209,7	0,87	—	—	—	
						245,0	223,6	0,91	+8	+29	2	
9	12,05	15	5451	4,41	3,94	240,4	214,8	0,99	—	—	—	
10	12,20	15	5892	4,22	3,91	248,6	230,4	0,93	—	—	—	
						244,5	222,6	0,91	+8	+29 $\frac{1}{2}$	3	
11	1,35	13	6300	4,02	3,71	253,3	233,7	0,92	+12 $\frac{1}{2}$	+35	4	
12	2,38	15	5602	4,04	3,16	226,3	177,0	0,78	+0	+2	5	
13	3,30	13	6437	3,58	2,93	230,4	188,6	0,82	+2	+9	6	

Sämmtliche Versuche tadellos; kein Unbehagen. Hunger am Schluss des Versuchs deutlich.

Special-Tabelle XXVIII (zu S. 61).

Versuch mit Traubenzucker (50 + 30 gr) beim Menschen (Nr. 94).

29. IV. 92.

1	7,17	26	6126	3,36	2,72	205,9	166,6	0,81	—	—	—	
2	7,45	27	5910	3,43	2,79	202,7	164,9	0,81	—	—	—	
			Nüchtern- werth			204,3	165,8	0,81	—	—	—	840 50 gr Trau- benzucker in 1 Lit. Wasser.
3	9,04	23	6806	3,13	3,77	213,0	188,5	0,89	—	—	—	
4	9,30	31	5869	3,46	3,11	203,1	182,5	0,90	—	—	—	
						208,1	185,5	0,90	+2	+12	1	10,15 noch 30 gr Traubenzucker in $\frac{1}{2}$ Lit. Wasser.
5	10,30	28	6581	3,27	3,00	215,2	197,4	0,92	+5	+19	2	
6	10,48	29	6400	3,24	3,09	207,3	197,7	0,95	—	—	—	
7	11,30	30	5974	3,20	2,88	191,2	172,0	0,90	—	—	—	
						199,6	185,0	0,93	-2 $\frac{1}{2}$	+11	3	Versuch 5—8 in ununterbroche- ner Reihenfolge ausgeführt.
8	12,00	34	5452	3,32	2,97	181,0	161,9	0,90	-11 $\frac{1}{2}$	-2 $\frac{1}{2}$	4	

1) Hier eine Differenz von 8% zwischen dem Sauerstoffverbrauch zweier aufeinanderfolgender Nüchternversuche; die Differenz ist meist viel kleiner.

lebhaften Flüssigkeits- und Säftestrom im ganzen Körper erzeugt, und auch die Darmperistaltik stark anregt. Ein Steigen des RQ. ist auch hier nach Zuckeraufnahme die Regel, und zwar bis zu einer Höhe von 0,92 (mit Ausnahme eines Versuches); als diese 3 Reihen bereits vorlagen, erschien H a n r i o t's Arbeit¹⁾, der in Versuchen am Menschen ganz andere Werthe für den RQ. bis zu 1,25 und 1,30 beobachtet und auf diese Befunde eine neue Lehre aufgebaut hatte. Nach ihm wird eingeführter Traubenzucker weder zu Kohlensäure verbrannt noch als Glycogen, vielmehr quantitativ als Fett abgelagert. Seine Ausführungen sind etwa folgende. Bei der Umwandlung von Traubenzucker in Fett wird Kohlensäure (und Wasser) abgespalten und zwar nach folgender Formel²⁾:

$13C_6H_{12}O_6 = C_{55}H_{104}O_6$ („oleo stearopalmitine“) + $23CO_2 + 26H_2O$,
d. h. 100 gr Traubenzucker liefern bei quantitativer Ablagerung als Fett 21,8 Liter CO_2 , für die kein Sauerstoff aus der Luft aufgenommen wird. Der Autor bestimmte die respiratorischen Grössen, d. h. den Sauerstoffverbrauch, die Kohlensäureabgabe und den respiratorischen Quotienten zuerst im nüchternen Zustand, dann nach Aufnahme von Zucker so lange, bis der RQ. den Anfangswerth wieder erreicht hatte; letzteres ist nach ihm in ca. 4 Stunden „allemaal der Fall bei Gaben von 23—350 gr (!) Glucose“. Der Ueberschuss der in diesem Zeitraum producirten Kohlensäuremenge über diejenige Menge, die er nach dem in der gleichen Zeit verzehrten Sauerstoff hätte bei Beibehaltung des nüchternen RQ. liefern müssen, beweist nach H a n r i o t eine quantitative Abspaltung von Fett aus Zucker; denn er findet diesen Ueberschuss genau so gross, wie er hätte sein müssen, wenn der gereichte Traubenzucker unter Abspaltung von Kohlensäure (und Wasser) als Fett deponirt worden wäre. So findet er:

1) H a n r i o t, Sur l'assimilation des hydrates de carbone. Comptes rendus etc. 1892. S. 371.

2) Aehnliche damit im Wesentlichen identische Berechnungen dieser Umsetzungen liegen mehrfach vor, so u. a. von M e i s s l, Ztschr. für Biologie. Bd. 22. S. 142 Anm.

Tabelle von Hanriot.

RQ. nüchtern	Menge d. verzehrt. Trauben- zuckers in gr	Dauer des Ver- suchs	Sauer- stoffver- brauch in l	CO ₂ -Pro- duction in l	Kohlensäure- Ueberschuss in l	
					gefunden	berechnet
0,82	48	4h 3m	60,05	58,85	9,65	10,46
0,86	73	4h 40m	74,25	79,90	16,15	15,94
0,83	23	4h 10m	59,40	54,95	5,65	5,01

Der respiratorische Quotient berechnet sich für die ganze Dauer des Versuches 1 zu 0,96, 2 zu 1,08; d. h. im Durchschnitt von über 4 Stunden. Während des Versuches steigt er nach H. bis auf 1,25 bei Darreichung von 50 gr Traubenzucker (in 1 l Wasser), bis 1,30 bei 350 gr Traubenzucker¹⁾; ferner auf 1,08 nach Verzehr von 1,3 kg Kartoffeln; überhaupt findet H. den RQ. jedesmal grösser als 1,0, wenn man „ein Kohlehydrat“ (ganz allgemein) in grossen Mengen Wasser giebt.

Dass Kohlenhydrate im Körper zu Fetten umgewandelt werden, ist nach den Untersuchungen der letzten 10—15 Jahre eine feststehende Thatsache; sicher nachgewiesen ist das aber nur für sehr grosse „Mast“-dosen von Kohlehydraten; kleinere Mengen werden nach der in Deutschland herrschenden Ansicht direct verbrannt, und zum Theil, wenigstens nach der Lehre vieler Forscher, als Glykogen deponirt. Die Ansicht, dass Beides nicht der Fall sei, begründet H. rechnerisch auf der von ihm gefundenen enormen Höhe der respiratorischen Quotienten. Weder in der Literatur noch in meinen bei Erscheinen von Hanriot's Arbeit bereits gemachten Reihen Nr. 28, 29, 42 (s. Tab. 26 S. 62) hatte ich, mit Ausnahme eines 20 Minuten dauernden Versuches, in dem wahrscheinlich forcirtes Athmen stattgefunden hatte, je einen Quotienten über 1,0 gefunden. Die Versuche Nr. 76, 79, 94, 104, 114 (s. Tab. 26 S. 62) wurden nun genau nach Hanriot's Vorschrift angestellt, d. h. kleine Mengen (50—80 gr) Rohr- (2×) und Trau-

1) Eine kurze Kritik dieser Versuche s. auch Naturwissenschaftl. Rundschau. 1892. Nr. 28.

benzucker ($3\times$) in sehr grossen Flüssigkeitsmengen ($\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ l Wasser) gegeben. Auch jetzt stieg der RQ. nie über 0,93. In den drei letzten Reihen mit Traubenzucker wurden die Versuche continuirlich über mehrere Stunden ausgedehnt, um den Einwand auszuschliessen, dass in den sonst von mir zwischen 2 Versuchen eingeschobenen Pausen eine andere Respiration stattgefunden hätte, als im Experiment selber. Auch in keinem dieser Experimente wurden Zahlen beobachtet, die denen H a n r i o t's gleichen; der RQ. blieb sogar niedriger, als ich es erwartet hätte; denn bereits 50 gr Traubenzucker hätten bei sofortiger völliger Verbrennung den respiratorischen Gaswechsel des Mannes in der Ruhe für etwa 4 Stunden völlig gedeckt, und dabei einen RQ. von nahe 1,0 hervorbringen müssen; die Verbrennung auf 8 Stunden vertheilt gedacht, hätte man während dieses Zeitraumes im Durchschnitt einen RQ. von 0,88—0,90 erwarten müssen; dagegen finden wir in Nr. 104 nach 4 Stunden denselben bereits wieder zu 0,75. Dass ein Theil des eingeführten Zuckers sofort zur Verwendung kommt, geht ja deutlich aus dem regelmässigen Anwachsen des RQ. hervor; ein anderer Theil wird, wie ich glaube, zunächst der Verbrennung entzogen, und bei der völligen Ruhe des Mannes wohl als Glykogen deponirt. Wir wissen ja, dass der thierische Organismus das Bestreben hat, sich in der Ruhe, selbst bei absoluter Carenz ¹⁾ (in diesem Fall aus den Zerfallsprodukten des Eiweisses) an Glykogen anzureichern, ein Material anzuhäufen, das bei der Arbeit wieder verbraucht wird. Dies Bestreben ist wohl je nach dem verschiedenen Ernährungszustand und je nach abweichenden Bedingungen verschieden, und wie es scheint, bei meinem Versuchsmann ziemlich gross, bei anderen geringer: so fand S p e c k ²⁾, als er eine Reihe von Tagen vorwiegend Kohlehydrate genoss, in 4 Versuchen (von je 7 Minuten Dauer) eine Stunde nach Aufnahme von 6 gehäuften Esslöffeln Zuckers einen RQ. von 0,94, 0,96, 0,97, 1,0, und nach 3 Stunden noch 0,97. Zahlen über 1,0 finden sich aber auch hier nicht; und auch nur selten in den Versuchen von Z u n t z und v. M e r i n g ³⁾ sowie denen von W o l f e r s ⁴⁾ nach Einbringung von

1) cf. u. a. V o g e l i u s, Verhandlungen der Berliner physiolog. Gesellschaft. 3. III. 1893. Vortrag von Prof. Z u n t z.

2) S p e c k, Physiol. des menschlichen Athmens. Leipzig 1892. S. 32.

3) Z. u. M., P f l ü g e r's Archiv. Bd. 32. S. 173 ff.

4) W o l f e r s, P f l ü g e r's Archiv. Bd. 32. S. 222 ff.

Zucker in den Magen oder das Blut; nur in einer Reihe (Tab. XV, S. 193) finden sich „bei nicht dauernder Bestimmung der Kohlensäure“ sehr hohe Werthe für den Quotienten (bis 1,20; der Sauerstoffverbrauch in dieser Viertelstunde scheint zweifelhaft) in Abwechslung mit verhältnissmässig niedrigeren.

Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass der respiratorische Quotient nicht über 1,0 steigen könne (dass keine Fettbildung aus Kohlenhydraten stattfände; letzteres steht ja vollkommen fest), nur soviel, dass es in den meisten Fällen nicht in dem Masse und für so lange Zeit stattfindet wie H a n r i o t angiebt; eine quantitative Umlagerung „Dédoublement des hydrates de carbone“ in Fett und Kohlensäure (und Wasser) mit H a n r i o t ¹⁾ anzunehmen, liegt nach den bisherigen Erfahrungen kein zwingender Grund vor.

Ein höheres Ansteigen der RQ. als beim Menschen habe ich beim Hunde gesehen, dem man ja weit erheblichere Mengen Stärke und Zucker auf einmal beibringen kann. Bereits bei einer kaum als Erhaltungsfutter dienenden Ration von 300 gr Reis = 225 gr Stärke stieg der RQ. bis 1,0. In den Versuchen, in denen der Hund neben etwa 70 gr Eiweiss 400 oder gar 500 gr Kohlenhydrate erhielt, war der RQ. von der 5ten bis 12ten Stunde fast dauernd auf der Höhe zwischen 1,00—1,06. Würden in der Stunde um diese Zeit 30 resp. neben ca. 1 resp. 2 gr Eiweiss (die Tagesnahrung enthielt 70 gr Eiweiss) etwa 13—14 gr Stärke ²⁾ vollständig verbrennen, ohne dass Kohlensäure aus weiterem Stärkematerial unter Fettablagerung frei würde, so betrüge der RQ. etwa 0,985 resp. 0,970. Da er in fast allen Versuchen stundenlang nicht unerheblich höher gefunden wurde, nach einer Methode, die (cf. Seite 19) eher etwas zu kleine Werthe für ihn ergibt, so darf das unbedenklich, wie dies auch H a n r i o t ja mit Recht, nur in zu weitem Umfang thut, als eine weitere directe Bestätigung der Fettbildung aus Kohlenhydraten unter Kohlensäureabspaltung gedeutet werden. — Die aus diesen Zahlen etwa zu berechnende Menge von Fett, die aus Kohlenhydraten zur Ablagerung gekommen wäre, würde freilich nicht sehr

1) Wenn H a n r i o t auch in jener Abhandlung seine Auffassung streng nur für den Traubenzucker durchführt, so sagt er doch in einer zweiten Note (C. R. 1892. S. 432): J'ai montré, que les hydrates de carbone ingérés à l'état d'amidon ou de glucose sont convertis dans l'organisme en graisse avec dégagement d'acide carbonique“.

2) Aus dem Gaswechsel um diese Zeit berechnet.

gross ausfallen, weniger gross, als man bei den erheblichen Mengen von Kohlehydraten erwarten sollte; wahrscheinlich wird auch beim Hund in der Ruhe, ähnlich wie das oben für den Menschen angeführt ist, ein grosser Theil des Zuckers als Glykogen deponirt¹⁾; ich glaube ziemlich sicher, dass man noch höhere Werthe für den RQ. bei ähnlicher Nahrung erhalten würde, wenn man den Hund erst durch erzwungene Ruhe (enger Käfig, Chloralschlaf; mein Hund wurde gewöhnlich in einem geräumigen Stall gehalten) mit Kohlenhydraten sättigen und seine Respiration dann nach Zufuhr von viel Stärke und Zucker untersuchen würde. — Respiratorische Quotienten von enormer Höhe müssen in Mastversuchen mit Kohlenhydraten zur Beobachtung kommen. Wenn bei Meissl²⁾ ein „Reisschwein“ (Nr. 2) bei kolossaler Zufuhr pro Tag mindestens 364 gr Fett aus ca. 900 gr Stärke bildete, so werden dabei etwa 420 gr CO₂ frei, für die kein O₂ aus der Luft aufgenommen wird. Die Tagesproduction betrug 1522 gr CO₂, nach Abzug jener 420 gr also ca. 1100 gr, die nach den von Meissl eingehaltenen Bedingungen (einziges Futter = 2 kg Reis täglich) fast ausschliesslich aus der Verbrennung von Stärke herrühren; aus diesen Zahlen würde sich für den ganzen Tag ein Quotient von 1,3—1,35 (!) berechnen lassen.

Auf einen Punkt ist noch aufmerksam zu machen. Die Tabelle 26 zeigt in allen 5 Versuchen, in denen kleinere Mengen Zucker verzehrt waren, von der 2ten—4ten Stunde einen niedrigeren Sauerstoffverzehr, als im nüchternen Zustand; dies Factum ist in keiner einzigen meiner ca. 100 Serien umfassenden Arbeit je eingetreten, hier regelmässig; der geringe Abfall (nur in Reihe 76 ist eine Verminderung von 22 % wohl fraglich und möglicherweise durch einen Fehler bedingt) ist leicht verständlich, da der Sauerstoff in diesen Reihen ein grösseres calorisches Aequivalent besitzt, die Wärmeproduction ist nicht oder nur minimal gesunken; die Resorption und die „Verdauungsarbeit“ findet wohl hauptsächlich in der 1ten Stunde statt, und hier ist auch eine kleine Steigerung des Umsatzes deutlich; in der 2ten—4ten nicht mehr, trotzdem hier noch

1) Auch war der in den Kohlehydraten und dem Eiweiss dieser Fütterungsreihe enthaltene Energieüberschuss lange nicht so gross, wie in den Mastversuchen von Meissl, Rubner u. a.

2) Meissl, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 22. S. 63 ff.

reichliche Mengen von verbrennlichen Molecülen im Körper kreisen; eine ähnliche Beobachtung findet sich bei Speck ¹⁾: $\frac{1}{2}$ —1 Stunde nach Verzehr von 6 Löffeln Rohrzucker eine Steigerung von durchschnittlich 14 % des Sauerstoffverzehrs, 3 Stunden später (allerdings liegt nur ein Versuch vor) eine Abnahme von 6—7 % (RQ. = 0,97); auch bei Speck ist dieser Versuch mit Zucker der einzige, bei dem der Sauerstoffverzehr unter den Nüchternwerth herabsinkt.

Der Gaswechsel bei Aufnahme von Eiweiss beim Hund.

Ueber Fütterung mit Eiweiss liegen mir eine ganze Reihe von Versuchen am Hund, einige am Menschen vor. Da es zunächst nicht auf genaue Stickstoffbilanzen ankam, so wurde das verfütterte Pferde-Fleisch zumeist nicht analysirt, sein N-Gehalt zu 3,2 sein Fettgehalt zu 3,0% geschätzt, das daneben zur Verwendung gelangende Fleischmehl enthielt nach eigenen Analysen 12,3% N, und 14,93% Fett, somit entsprachen 100 gr Fleischmehl etwa 385 gr frischem Fleisch von obigem N- und (annähernd einer ebenso grossen Menge von obigem) Fettgehalt. Es kamen bei grösseren Fleischmengen schon aus dem Fleisch allein nicht ganz unerhebliche Mengen von Fett gleichzeitig mit dem Eiweiss zur Aufnahme; in einigen Versuchen wurde sogar noch freies Fett dem Futter zugesetzt; nach den obigen Auseinandersetzungen über die geringe Wirkung des Fettes auf die Veränderungen im Athemprozess, geht man kaum fehl, wenn man die wirklich eintretenden fast ausschliesslich auf Rechnung des Eiweisses setzt. Und dieselben sind erheblich und auffällig genug. Ein Blick auf die Generaltabelle (29^I Anhang u. Tab. 29^{II} S. 72/73) zeigt auf den ersten Blick, dass die Steigerungen des Sauerstoffconsums weitaus grösser sind als bei den Kohlehydraten und Fetten; gleichzeitig aber auch, dass in dem Ablauf dieser Function durchaus nicht überall die in den anderen Reihen beobachtete Gleichmässigkeit zu finden ist, die dort Mittelwerthe zu construiren erlaubte. Ferner ist die Beurtheilung einzelner Versuche dadurch etwas erschwert, dass häufig beim Fleischfutter, und nur bei diesem, der Athemtypus entschieden verändert war. Bei sehr grossem Eiweissconsum und meist auf der Höhe der Verdauung, in der 4ten—10ten Stunde, begann der Hund häufig ganz plötzlich, oder auch all-

1) Speck, D. menschl. Athmen. S. 32.

mächlich an zu „hacheln“, d. h. die Athmung wurde äusserst frequent, sehr oberflächlich, die Zunge wurde weit aus dem Maul hervorgestreckt und während der Hund im übrigen in vollster Ruhe auf dem Sopha lag, war das Spiel der Athemmuskulatur höchst intensiv. Der Hund machte vollkommen den Eindruck eines Thieres, das sich in Wärmepolypnoe¹⁾ befindet; in den extremsten Fällen wurden bis über 100 „Athemzüge“ in der Minute gezählt, bei denen bis zu 10 und 11 l Luft die Lungen des Hundes passirten: in der Ruhe betrug die Athemgrösse des Thieres 2500—3500 ccm, die Athemfrequenz 8—15, auf der Höhe der Verdauung sonst bis 6000 resp. etwa 25. Aber diese vermehrte Luftzufuhr war durchaus nicht die hauptsächliche, geschweige die alleinige Ursache der zu gleicher Zeit erfolgenden rapiden Steigerung der Oxydationen, was ja nach unseren Kenntnissen über die Wirkung der gesteigerten Ventilation auch kaum sein kann; oft genug wurden bei ganz ruhigem Athmen ähnlich hohe Werthe für den Sauerstoffverbrauch gefunden (300 ccm und mehr), wobei die Athemgrösse sich zwischen 5000 und 6000 ccm, die Frequenz unter 25 ja selbst um 15 herum hielt, das Sauerstoffdeficit 5% und mehr betrug. In diesen Fällen war die Athmung sehr vertieft. Diese Wirkung kam ausschliesslich proteinhaltigem Futter zu und war um so grösser, je mehr Eiweiss dasselbe enthielt. — Die beiden Tab. Nr. 29 I u. II²⁾ geben die absoluten wie die relativen Zahlen des Sauerstoffverbrauchs bei vorherrschender Eiweissfütterung; die Tabelle zeigt die Versuche angeordnet nach der Grösse der Proteinzufuhr in aufsteigender Reihe; sie enthält ausser den mit Fleisch und Fleischmehl durchgeführten Versuchen einen (Nr. 109), in dem Aleuronat gegeben wurde; diejenigen Stunden, in denen Unruhe oder starkes Hacheln die Reinheit des Versuchs beeinträchtigte, sind fortgelassen oder aber bezeichnet.

Mit der Grösse der Zufuhr wächst ganz unverkennbar auch der Sauerstoffverbrauch; je mehr Eiweiss das Futter enthält, um so grösser ist die Steigerung und um so länger hält sie an, wie u. a. die Reihen 95 und 96 zeigen gegenüber denjenigen Nr. 83, 89, 102, 106. Die Steigerung setzt in der ersten Stunde sofort ein, und erreicht schon in der zweiten recht erhebliche Werthe (Plus von 20—50 und sogar 70% d. Anfangswerthe). In der 3ten—4ten

1) Ohne dass eine erhebliche Temperaturerhöhung vorhanden war.

2) Tab. 29 I im Anhang, 29 II S. 72/73.

General-Tabelle XXIX¹.

[illegible]

1) Diese Zahlen wegen geringer Unruhe oder wegen intensiven „Hachins“ etwas zu hoch. Eiweißmenge gegeben wurde. 86–96 sind zwischen andere Versuche mit geringer Eiweißfütterung zweimal binnen 9 Stunden.

e) Fleisch analysirt.

) Vergleiche über diese hohen Nüchternwerthe vorn S. 32. 96 ging schon ein Tag mit hohen Eiweissfütterung voran.

4 u. 5) Versuch 53—63 gehört in eine Periode in der dauernd diese grosse Fütterung = ca. 1800—1850 frisches Fleisch. 7) Der Hund erhielt dies Futter

Calorien. 31,0 gr N entsprechen 806 Calorien. 36,8 gr N entsprechen 957 Calorien.

59,3 gr N entsprechen 1542 Calorien.

59,3 gr N entsprechen 1542 Calorien.

Stunde ist die Höhe zumeist erreicht, auf der der Verbrauch sich dann während einer ganzen Reihe von Stunden hält; bis zur 7ten u. 8ten schon bei ganz kleinen Mahlzeiten, bei mittleren bis zur 10ten und noch länger bis zur 12ten—15ten Stunde in den Reihen 92, 95, 96. Nach 24 Stunden scheint die Wirkung meist abgeklungen zu sein. Eine maximale Zunahme des Sauerstoffverzehrs um 40—50% wird schon bei einer Zufuhr von 37 gr Stickstoff, die allein noch dem nothwendigsten Bedarf des Hundes nicht genügt, erreicht; bei kleinen Mengen Fleisch (400 gr) beträgt die grösste Steigerung schon 30%, während sie auf 60—70% ja selbst noch höher in tadellosen Versuchen bei Zufuhr von ca. 60 gr N. steigt. — Die grössten Werthe für den Sauerstoffverbrauch (300—390 ccm O₂) wurden in 3 zeitlich nahe gelegenen Reihen Nr. 56, 60, 63, beobachtet, wo gewissermassen eine Superposition stattgefunden hat. In diesem letzten Versuch (63) hatte der Hund, nach Feststellung seines Nüchternwerthes von 9—11 Uhr Abends um 11 Uhr Nachts seine grosse Fleischration gefressen, durch ein Versehen des Dieners erhielt er dieselbe am nächsten Morgen noch einmal. Die so innerhalb von 9 Stunden erfolgte Einverleibung von 600 gr Fleischmehl und 1400 gr Fleisch (entsprechend 118, 6 gr N., 132 gr Fett, ca. 4250 Calorien) steigerte denn auch den Sauerstoffverbrauch für eine ganze Reihe von Stunden um 80—90%, führte aber freilich hinterher zu Diarrhoe (cf. Tab. 34 S. 76). Einen ähnlich hohen Verbrauch finden wir auch in Nr. 56 und 60, wo zwar nur das gewöhnliche Futter einmal gegeben wurde, aber ganz enorm hohe Nüchternwerthe vorlagen, deren Richtigkeit übrigens durch mehrere scharf stimmende Einzelversuche sicher gestellt war. Trotz der hohen Anfangswerthe (250 ccm O₂) steigt die Curve des Verbrauchs noch rapid an, erreicht eine bedeutende Höhe (390 ccm) verläuft aber doch ähnlich wie andere Reihen mit niederem Ausgangswerth. — Von den 10 Reihen mit überschüssiger Eiweisszufuhr gehören die ersten 6 einer Periode dauernder Ernährung mit jener Fleischration an, die 4 letzten sind in eine Reisfütterungsperiode eingeschoben, so dass Nr. 86, 92, 95 je den ersten und einzigen Tag mit grosser Fleischnahrung darstellen; Nr. 96 ist der zweite Tag einer solchen; (Nr. 53 ist ebenfalls der erste Tag jener längeren soeben erwähnten Fütterungsreihe). Die procentische Zunahme des Verbrauchs ist in jenen ersten 6 Reihen etwas grösser als in den späteren eintägigen Versuchen; da aber in jener Periode stets höhere zum Theil sehr viel

General-Ta-
Der Gaswechsel des Hundes bei
Die prozentuale Zunahme

Nr.	gr N in der Nahrung	absol. Grösse d. Sauerstoffverbrauchs i. nüchternen Zust. cem O ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
83	13,2	152,2	6 $\frac{1}{2}$	19	21	20	29	21 $\frac{1}{2}$	29	27 $\frac{1}{2}$	25 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	17	13
89	—	153,8	21 $\frac{1}{2}$	31	27	22	21	—	15	18	12 $\frac{1}{2}$	12	1	6
26	24,6	179,2	6 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	—	163,5	20	30 $\frac{1}{2}$	34	—	48	—	—	—	—	—	—	—
31	—	152,4	18	29	37 $\frac{1}{2}$	50	52	—	—	—	—	—	—	—
47	31,0	172,6	24	38 $\frac{1}{2}$	50	45 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{2}$	35 $\frac{1}{2}$	37 $\frac{1}{2}$	—	—	—	—
52	—	173,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13 $\frac{1}{2}$
102	36,8	146,9	16 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$	27	37	37	28 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$	40	43	35 $\frac{1}{2}$	—	30
106	—	139,3	22	46	51	47	51	39	40	41	50	—	44	—
109	36,6 ²⁾	149,3	15	43	45	35 $\frac{1}{2}$	35	21 $\frac{1}{2}$	17	15 $\frac{1}{2}$	—	5	—	—
53	59,3	185,5	27 $\frac{1}{2}$	51 $\frac{1}{2}$	—	56	57 $\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	—
55	—	182,7	46	70	78	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	—	252,7	20	36	44 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{1}{2}$	28	40	33	39	—	—	—	—
60	—	253,1	—	—	—	43	26 $\frac{1}{2}$	39	56	39 $\frac{1}{2}$	26	—	—	—
62	—	186,6	—	—	—	—	—	—	93	59	53 $\frac{1}{2}$	—	—	—
63	—	182,7	—	71	—	88 $\frac{1}{2}$	92	89	85 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{2}$	—	—	—	40
86	—	155,8	35 $\frac{1}{2}$	40 $\frac{1}{2}$	36 $\frac{1}{2}$	25 $\frac{1}{2}$	43	52	71	—	—	—	—	—
92	—	146,1	28	48	47 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{1}{2}$	50	32 $\frac{1}{2}$	—	32	44	68	—	—
95	—	145,2	36 $\frac{1}{2}$	47	52	60 $\frac{1}{2}$	—	61	48	52 $\frac{1}{2}$	—	38	63 $\frac{1}{2}$	60
96	—	169,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42 $\frac{1}{2}$	57	29 $\frac{1}{2}$

1) Tab. 29 I enthaltend die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs s. im Anhang.

belle XXIX^H 1) (S. 70).

Fütterung mit Eiweiss (Fleisch).

des Sauerstoffverbrauchs.

[illegible]

2) Aleuronatfutter.

Special-Tabelle XXX (S. 70).

Versuch mit kleiner Ration Fleisch (400 gr) beim Hund (Nr. 83).

9. IV. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit o/o	CO ₂ -Plus o/o	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs o/o	d. CO ₂ - Prod. o/o	Stand. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,30	27	3071	4,99	3,45	153,3	106,00	0,69	—	—	—	—	vor 25 St. 315 gr rein. Speck, daher niedriger Quotient. Gewicht 28,0 kg
2	9,59	26	3269	4,62	3,21	151,0	104,90	0,70	—	—	—	—	
			Nüchtern- werth			152,2	105,5	0,69	—	—	—	37,7	1030-45 400 gr mag. Fleisch
3	11,19	29	2921	5,54	3,80	161,8	111,00	0,69	+6½	+5	1	37,7	währ. 2 Min. leichte Beweg.
4	12,16	26	3205	5,64	4,08	180,8	130,80	0,72	+19	+24	2	37,6	
5	1,33	25	3525	5,23	3,86	184,4	136,10	0,74	+20	+29	3	37,5	
6	2,31	25	3304	5,54	4,02	183,0	132,80	0,73	+20	+26	4	37,6	
7	3,37	24	3599	5,45	3,90	196,1	140,30	0,72	+29	+33	5	37,7	
8	4,29	26	3294	5,61	4,10	184,8	135,10	0,73	+21½	+28	6	37,8	
9	5,21	24	3604	5,43	3,97	195,7	143,10	0,73	+29	+36	7	37,6	
10	6,29	25	3447	5,63	4,21	194,1	145,10	0,75	+27½	+38	8	38,0	
11	7,26	22	3964	4,82	3,58	191,1	141,90	0,74	+25½	+35	9	38,1	
12	8,40	25	3389	5,45	3,93	184,7	133,20	0,72	+21½	+26	10	38,1	
13	9,26	26	3326	5,35	3,92	177,9	130,40	0,73	+17	+23½	11	38,0	
14	10,21	26	3135	5,47	3,93	171,5	123,20	0,72	+13	+17	12	37,9	
15	11,21	30	2797	5,69	4,07	159,2	113,80	0,72	+4½	+8	13	37,9	
16	12,18	19	2879	5,57	4,00	160,4	115,20	0,72	+5½	+9	14	?	

Special-Tabelle XXXI (S. 70).

Versuch mit mittlerer Ration Fleisch (1050 gr) beim Hund (Nr. 106).

15. III. 93.

1	8,53	30	2947	4,68	3,75	137,9	110,50	0,80	—	—	—	—	nüchtern seit 25 Stunden Gewicht 29,7 kg (?)
2	9,25	27	3169	4,44	3,65	140,7	115,70	0,82	—	—	—	—	
			Nüchtern- werth			139,3	113,1	0,81	—	—	—	37,9	1015-25 1050 gr frisches Hackfleisch
3	10,34	29	3249	5,25	4,07	170,6	132,20	0,78	+22	+17	1	38,1	etwas frequente Athmung schläft schläft
4	11,35	30	3852	5,28	4,17	203,4	160,60	0,79	+46	+42	2	38,1	
5	12,36	24	4811	4,38	3,57	210,7	171,80	0,82	+51	+52	3	38,1	
6	1,34	25	4563	4,51	3,59	205,8	163,80	0,80	+47½	+45	4	38,0	
7	2,41	24	4589	4,59	3,66	210,6	168,00	0,80	+51	+49	5	38,3	
8	3,51	20	4291	4,52	3,60	193,9	154,50	0,80	+39	+37	6	38,2	
9	4,35	21	4139	4,72	3,61	195,4	149,40	0,77	+40	+32	7	38,2	
10	5,35	21	4166	4,72	3,63	196,6	151,20	0,77	+41	+34	8	38,2	
11	6,35	21	4058	5,14	3,88	208,6	157,50	0,76	+50	+39	9	38,4	
12	8,48	22	3928	5,12	3,94	201,1	154,80	0,77	+44	+37	11	38,2	
13	10,12	17	5174	3,46	2,61	179,0	135,00	0,75	+28	+20	13	38,2	
14	12,28	23	3654	4,27	3,39	156,0	123,90	0,79	+12	+10	15	37,8	
15	2,19	27	3202	4,48	3,36	143,4	107,60	0,75	+3	-5	17	37,8	
16	5,47	31	2558	5,38	3,82	137,6	97,70	0,71	-1	-14	20	—	
17	7,34	31	2783	5,17	3,61	143,9	100,50	0,70	+3	-11	22	38,0	

Special-Tabelle XXXII (S. 70).

Versuch mit grosser Ration Fleisch beim Hund (Nr. 95). 30. IV. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit o/o	CO ₂ -Plus o/o	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs o/o	d. CO ₂ - Prod. o/o	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,19	30	2869	5,06	3,90	145,2	111,90	0,77	—	—	—	—	nücht. seit 24 St.; gest. Reis-
2	8,50	28	2976	4,88	3,86	145,2	114,90	0,79	—	—	—	37,8	nahrung. Gewicht 28,20
			Nüchtern- werth				145,2	113,40	0,78	—	—	—	9,30-45 1250 gr frisch. Hackfleisch u. 165 gr Fleischmehl
3	10,09	29	3981	4,97	4,12	197,9	164,00	0,83	+36½	+44½	1	37,8	ge- kocht
4	11,08	25	4594	4,64	3,86	213,2	177,30	0,83	+47	+56½	2	—	
5	12,06	23	5053	4,37	3,57	220,8	180,40	0,82	+52	+59	3	38,2	
6	1,10	20	5961	3,91	3,08	233,1	183,60	0,79	+60½	+62	4	—	
7	2,40	21	8724	2,68	2,07	233,8	180,60	0,77	+61	+59	5½	38,6	sehr frequente flache Athm.; kein eigentl. „Hacheln“; Zunge hängt nicht a. d. Maul
8	4,05	24	7681	2,79	2,15	214,3	165,10	0,77	+48	+45½	7	38,6	dito
9	5,34	30	6029	3,67	2,73	221,3	164,60	0,74	+52½	+45	8½	38,35	etwas ruhigere Athmung
10	7,15	26	6413	3,13	2,44	200,7	156,50	0,78	+38	+38	10	38,4	
11	8,09	14	9110	2,61	2,01	237,8	183,10	0,77	+63½	+61½	11	—	sehr frequ. jagende Athm. (säuft etwas Wasser)
12	9,32	27	6834	3,40	2,56	232,4	174,90	0,75	+60	+54	12½	38,1	Athm. etwas ruhiger, fre- quent aber nicht forcirt
13	11,01	27	6689	3,28	2,30	219,4	153,90	0,70	+51	+36	14	—	

Special-Tabelle XXXIII (S. 70).

Versuch mit grosser Ration Fleisch beim Hund (Nr. 96). 1./2. V. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit o/o	CO ₂ -Plus o/o	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs o/o	d. CO ₂ - Prod. o/o	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,31	40	3044	5,54	3,98	168,6	121,10	0,72	—	—	—	—	etw. höhere Nüchternw. als sonst i. d. Reihe; Gew. 27,40
2	10,13	32	3135	5,44	3,88	170,6	121,60	0,71	—	—	—	38,4	
			Nüchtern- werth				169,6	121,40	0,72	—	—	—	11 Uhr Ab. 1250 gr Fleisch, 165 gr Fleischmehl, gekocht
3	8,34	24	4872	4,96	3,55	241,7	173,00	0,72	+42½	+43	10	38,5	sehr ruhig (säuft n. Schluss)
4	9,41	18	6779	3,93	3,28	266,4	222,20	0,83	+57	+83	11	38,4	zum Schluss d. Versuchs et- was frequentere Athmung
5	11,07	23	4948	4,44	3,33	219,7	164,80	0,75	+29½	+36	12½	—	sehr ruhig (säuft n. Schluss)
6	12,31	24	7801	3,17	2,38	247,3	185,70	0,75	+46	+53	14	—	sehr frequente Athmung
7	1,31	19	1027	2,51	1,96	258,1	201,40	0,78	+52	+76	15	38,5	jagende Athmung
8	3,04	22	5446	3,61	2,81	196,6	153,00	0,78	+16	+28½	16½	—	ganz ruh. Athm. (Verlust?)
9	4,39	25	4570	4,44	3,45	202,9	157,60	0,78	+19½	+30	18	38,1	absolut ruhig
10	6,04	26	4248	4,22	3,30	179,3	140,20	0,78	+6	+15	19½	—	dito
11	7,30	26	4444	4,55	3,58	202,0	159,10	0,79	+19	+32	21	38,2	dito
12	9,09	31	3585	4,46	3,25	159,9	116,50	0,73	—6	—4	22½	—	
13	10,23	30	3672	4,59	3,15	168,3	115,70	0,69	—1	—4½	24	—	

Special-Tab elle XXXIV (S. 70).

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs %	Zunahme d. CO ₂ - Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
8. II. 92 früh	9,42	18	2962	6,60	5,06	195,5	149,9	0,77	—	—	—	—	seit 25 Stunden nüchtern
1 2	1,50	17	3174	5,75	4,42	182,5	140,3	0,77	—	—	—	—	
3	2,09	18	3084	5,78	4,36	175,4	132,3	0,75	—	—	—	—	
4	Abends	20	2763	6,54	4,70	180,7	129,8	0,72	—	—	—	—	
5	9,53	20	2692	6,66	4,77	179,3	128,4	0,72	—	—	—	—	
6	10,17	20	2692	6,66	4,77	179,3	128,4	0,72	—	—	—	—	
7	9,54	17	5068	6,04	4,82	306,1	244,3	0,80	—	—	—	—	
9. II. 92 früh	9,54	17	5068	6,04	4,82	306,1	244,3	0,80	—	—	—	—	
10	10,11	16	5592	5,71	4,60	319,4	257,1	0,81	—	—	—	—	
11	12,36	15	5813	5,92	4,58	344,1	266,2	0,77	+71	+84	2	—	
12	12,64	15	6781	5,16	4,10	319,9	278,0	0,80	+92	+104	5	—	
13	2,01	16	5281	5,55	4,94	345,9	260,9	0,75	+89	+92	6	38,7	
14	3,02	13	6451	5,25	4,07	338,7	262,6	0,78	+85	+93	7	—	
15	4,08	13	6802	4,60	3,43	312,9	233,3	0,75	+71	+71	8	—	
16	7,34	17	5074	5,04	4,07	255,8	206,5	0,81	+40	+51	11	38,1	
17	10,05	21	4254	5,45	4,40	231,8	187,2	0,81	+27	+38	14	—	
10. II. 92 früh	9,49	17	3171	5,91	4,26	187,4	135,1	0,72	—	—	—	—	der Hund bleibt nüchtern
15	9,49	17	3256	5,65	4,28	184,0	139,4	0,76	—	—	—	—	
16	10,06	17	3256	5,65	4,28	184,0	139,4	0,76	—	—	—	—	
17	12,32	18	2986	6,13	4,54	183,1	135,6	0,74	+2	+1	26	—	
18	12,50	17	3485	5,30	4,96	184,7	148,4	0,80	—	—	—	—	
19	4,32	21	2680	7,15	5,01	191,6	134,2	0,70	+1	+4	29	—	
20	7,29	21	2642	7,24	5,05	191,3	133,4	0,70	+4	+1	33	—	
21	7,29	21	2642	7,24	5,05	191,3	133,4	0,70	+4	+1	35	—	
22	7,29	21	2642	7,24	5,05	191,3	133,4	0,70	+4	+1	35	—	
23	7,29	21	2642	7,24	5,05	191,3	133,4	0,70	+4	+1	35	—	
Mittel dieses Tages: 187,1 ccm O ₂ 137,7 ccm CO ₂ 0,720													

Special-Tabelle XXXV (S. 70 u. 83).

Versuch mit Aleuronat beim Hund (Nr. 109). 20. III. 93.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem- grösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Prod. ccm	RQ.	d. O ₂ -Ver- brauchs %	Zunahme d. CO ₂ - Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,01	30	3091	4,84	3,55	149,6	109,7	0,73	—	—	—	—	nüchtern seit 24 Stunden
2	9,33	27	3340	4,86	3,35	149,0	111,9	0,75	—	—	—	—	
			Nüchtern- werth			149,3	110,8	0,74	—	—	—	—	100–15 270 gr Aleuronat ¹⁾ (Hundhausen) m. 20 gr Fett z. Kuch.geback.=36,6 gr N
3	10,44	27	3328	5,16	3,59	171,7	119,5	0,70	+15	+18	1	—	
4	11,44	22	5084	4,19	3,25	213,0	165,2	0,78	+43	+54½	2	—	
5	12,45	15	7644	2,82	1,97	215,6	150,6	0,70					
6	1,00	7	9013	2,44	1,81	219,9	163,1	0,74					
						217,0	156,8	0,72	+45	+41½	3	38,6	vor d. Versuch Hacheln; im Vers. sehr frequente Ath- mung (bis 60 Athemzüge) mit geschloss. Maul, genau wie bei Fleischnahrung
7	1,48	25	4553	4,45	3,38	202,6	154,1	0,76	+35½	+39	4	—	
8	2,48	26	4551	4,44	3,41	202,0	155,2	0,77	+35	+40	5	38,5	
9	3,54	19	6010	3,02	2,23	181,5	134,0	0,74	+21½	+21	6	—	
10	4,51	33	3631	4,81	3,73	174,7	135,5	0,78	+17	+22	7	—	
11	5,49	32	3665	4,71	3,60	172,6	131,9	0,76	+15½	+19	8	38,3	
12	7,16	34	3364	4,67	3,48	157,1	117,1	0,75	+5	+6½	10	—	

erheblichere Nüchternwerthe vorlagen, als in den späteren Versuchen, so ist die absolute Zunahme auch beträchtlich grösser; die gleiche Zufuhr bewirkte in diesen eine maximale Zunahme der Sauerstoffaufnahme um 80—100 ccm, in jenen um 120—150 ccm; einem Maximalwerth von 267 in diesen, stehn in jenen Werthe von 350, 360, 390 ccm O₂ gegenüber. — Je höher durch längere günstige Ernährung der Bestand an „Organ- und circulirendem Eiweiss“ ist, um so mehr zerfällt bekanntlich nach Voits Feststellungen von dem zugeführten Eiweiss, um so mehr N findet sich in den Ausscheidungen; es war zu erwarten und wird durch meine Zahlen bestätigt, dass unter denselben Bedingungen auch der Gaswechsel steigt, was auch schon von Rubner angegeben und mit einem Beispiel belegt ist; ich komme hierauf noch später zurück.

Für drei verschiedene Fütterungsreihen, diejenigen mit 400²⁾, mit 1050 gr²⁾ Fleisch und die mit 1200 Fleisch und 165 Fleischmehl = ca. 1850 gr²⁾ fr. Fleisch, will ich versuchen, aus den Durch-

1) Das Aleuronat hat 13,56 % N.

2) s. Tabelle 29 I u. II.

schnittswerthen der einzelnen Stunden einen ungefähren Anhalt über die Gesamttagessteigerung des Sauerstoffverbrauchs und auch der Wärmeproduction zu ermitteln; ein Versuch, der freilich bei dem nicht sehr grossen und nicht ganz gleichmässigen Zahlenmaterial und bei dem Mangel einer genauen Stickstoffbilanz, nicht absolut zuverlässige Resultate ergiebt, aber doch zusammenfassend halber nothwendig ist und einen gewissen Vergleichswerth besitzt. Aus der obigen Tabelle Nr. 29 II. S. 73 lassen sich durch Rechnung, die hier nicht im Détail wiedergegeben werden kann, etwa folgende Zahlen gewinnen: Gegenüber dem „Nüchternwerthe“ beträgt die Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in % für den Durchschnitt der ersten 12, der zweiten 12, sowie von 24 Stunden:

%-Zunahme des Sauerstoffverbrauchs.

Nach Aufnahme von	Im Durch- schnitt der 1.-12ten St.	Im Durch- schnitt der 13.-24ten St.	Im Durch- schnitt von 24 St.
13,2 gr N	ca. 19 %	? (0?)	ca. 10 %
36,8 „	ca. 37 $\frac{1}{2}$ „	ca. 5 %	ca. 21 „
59,3 „	ca. 47 „	ca. 18 „	ca. 32 $\frac{1}{2}$ „

Umgekehrt wie bei der Ernährung mit Reis ist hier die Steigerung der Wärmeproduction geringer als die des Verbrauchs an Sauerstoff. Das calorische Aequivalent des letzteren beträgt für die Verbrennung von Leibessubstanz im nüchternen Zustand nach den Auseinandersetzungen auf S. 9 etwa 3,27, für das Eiweiss des Fleisches um 3,0 d. h. ist etwa 8% kleiner. In dem Fall der „überschüssigen“ Eiweisszufuhr wird sicher der ganze Ruheumsatz vom Eiweiss gedeckt, zum grössten Theil auch bei der „zureichenden“. Der Wärmeüberschuss würde sich somit auf etwa 23% für die grosse resp. 12% für die mittlere Eiweisszufuhr berechnen, während auf die kleine noch eine Wärmesteigerung von etwa 5—6% entfallen würde. Diese Zahlen sind zum Theil, aber nur wenig grösser als die Rubners. Rubner¹⁾ fand eine Wärmesteigerung von 19,7%, als die Eiweisszufuhr (1549 Calorien zu vermindern um den Verlust durch den Koth) den

1) Sitzber. d. Münch. Akad. 1885. S. 452 ff.

Bedarf (944 Calorien) um 55% überstieg, eine Steigerung von 44% in 2 Fällen, als er 230 resp. 257% des Bedarfs in Form von Eiweiss reichte. Bei meinem Hund standen einem Bedarf von ca. 1050¹⁾ Calorien (siehe oben) eine Zufuhr von 1542 Calorien im Eiweiss, d. h. ein Plus von etwa 40—45% (nach Abzug von Abfall im Koth) gegenüber. Die neben Eiweiss in jenem Futter enthaltenen 66 gr Fett (= ca. 600 Cal.) bedingen nur eine sehr geringe Wärmesteigerung von höchstens wenigen Prozenten, so dass die Differenz zwischen meinen rechnerisch gewonnenen Zahlen und der direct beobachteten Rubner's fast verschwindet, wenigstens für die abundante Kost. — Für nicht zureichende und gerade zureichende Eiweisszufuhr (Syntonin) fand Rubner²⁾ (bei einer mittleren Temperatur von ca. 15° C.) eine Steigerung von nur 3%; Bedeutend höhere Zahlen lassen sich jedoch aus einem späteren Versuch desselben Autors³⁾ berechnen. Ein Hund producirte im Hunger bei 19° C. 243,5 gr CO² pro Tag, die zu etwa 15% vom Eiweiss und zu 85% vom Fett herkommen mochten⁴⁾ und somit ca. 800 Calorien lieferten. Dem entsprechend betrug somit das nicht angegebene Gewicht wohl gegen 20 kg. Das Thier erhielt nach 2 tägigem Hunger 3 Tage lang je 460 gr „völlig ausgelaugtes Fleisch“; (zu wieviel % N? Das Thier schied am 1. und 3. Tag 18,6 resp. 22,5 gr N. im Harn aus, die wohl kaum allein (?) aus der Nahrung stammten, und auch den Wärmeumsatz dieser Tage nur zum Theil [zu 46 resp. 55%] deckten). Das Futter war sicher nicht „zureichend“ in Rubner's Sinn. Das Thier producirte, wie sich aus Rubner's Zahlen berechnen lässt⁵⁾, in den vier je sechsständigen Perioden des ersten resp. dritten Tages folgende Wärmemengen:

1) Das Mittel des Nüchternwerthes in jenen 4 Versuchen, die zur Berechnung herangezogen wurden, liegt mit 154 ccm O₂ jenem von 157,5 ccm O₂ sehr nahe, aus dem oben der Tagesbedarf des ruhenden nüchternen Thieres hergeleitet wurde.

2) Ztschr. f. Biol. Bd. 22. S. 40 ff.

3) Ludwigs's Festschrift. 1887. S. 267.

4) Nach Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 19 S. 551.

5) Diese Rechnung ist streng nach Rubner's Verfahren mit Rubner's Zahlen folgendermassen durchgeführt: Es erscheinen (Z. f. Biol. 21. S. 364) von 50,5 gr Kohlenstoff aus Eiweiss 39,2 gr in der Kohlensäure der Expirationsluft, von 16,0 gr N 15,4 gr N im Harn; also auf jedes gr N, das

1ter Fütterungstag.				3ter Fütterungstag.		
Periode	Calorien		In Summa	Calorien		In Summa
	aus Eiweiss	aus Fett		aus Eiweiss	aus Fett	
I.	131,6	151,0	282,6	144,8	141,5	286,3
II.	158,9	94,8	253,3	232,4	41,2	273,6
III.	120,6	114,8	235,4	138,3	92,5	230,8
IV.	71,8	175,2	247,0	69,2	168,0	237,2
Summa	482,9	535,4	1018,3	584,7	443,2	1027,9
Hungerbedarf nach Rubner . .	ca. 800		—	—	—	ca. 800
Mittlerer Umsatz in Periode III u. IV	241,2		—	—	—	234,0
Daraus berechneter Umsatz für einen ganzen Tag	964,8		—	—	—	936,0
Der wirkliche Umsatz übertrifft diesen von mir berechneten Normalumsatz um	6 %		—	—	—	10 %
Dagegen den nach Rubner berechneten um	27 %		—	—	—	28 %

Aus der Tabelle geht mit grösster Sicherheit hervor, dass selbst eine nicht „zureichende“ Menge Eiweiss die Wärmeproduction in diesem Versuch gesteigert hat, so beträchtlich, dass mir der von Rubner angegebene Hungerumsatz kaum zum Vergleich geeignet erscheint; unter der, Rubner's Anschauungen günstigeren, der meinen aber ungünstigen Annahme, die aber nach meinen Erfahrungen ziemlich gerechtfertigt ist, dass in der 3ten und 4ten Tagesperiode bei diesem Futter kaum noch eine erhebliche Wirkung der Nahrungsaufnahme vorhanden ist, will ich den Tagesruhebedarf aus dem mittleren Umsatz in diesen beiden Perioden durch Multiplication mit 4 herleiten. Verglichen mit diesem Werth zeigt der Umsatz des ganzen Tages noch immer eine deutliche Steigerung, um 6 resp. 10 %, und das bei sicher nicht zureichender Nahrung. Somit dürfte die von

im Harn erscheint, kommen $\frac{39,2}{15,4} = 2,59$ gr C = 9,50 gr CO₂ in der Respiration; daraus ist der Eiweiss- und Fettumsatz berechnet; für 1 gr N wurden gesetzt 26 Calorien (Biol. 19. S. 333), für 1 gr Kohlenstoff aus Fett = 12,37 Calorien (Biol. 19. S. 361).

mir gefundene Steigerung der Wärmeproduction um etwa 12% bei „zureichender Nahrung“ nicht ohne Analogie dastehen und eine solche Steigerung als wirklich bestehend anerkannt werden müssen. — Unter der gleichen Annahme würde das Wärmeplus der ersten 12 Tagesstunden über die als Norm zu Grunde gelegten zweiten 12 Stunden in Rubner's Versuch 11 resp. 19 1/2% betragen. Hier sei noch gleich erwähnt, da ich weiter unten darauf zurückkommen muss, dass eine in den Reihen mit 59,3 gr N in einzelnen Stunden gefundene Steigerung der Sauerstoffaufnahme von 60—80% einer Erhöhung der Wärmeproduction von ca. 48—70% entspricht.

Es muss auffallen, dass die von mir berechnete Steigerung des Umsatzes bei Zufuhr von 1540 Eiweisscalorien mit 23% kaum grösser ist, als die für 1600 Stärkecalorien gefundene von 22%; die Differenz aber wird jedenfalls grösser, da in jener Stärkenahrung ja noch ca. 12 gr N vorhanden waren, die zur Steigerung sicher ca. 5—6% beitrugen. Während zudem jene Reisfütterung den Körper dauernd mit Kohlehydraten überschwemmte, sind die Zahlen für die Wirkung des Eiweisses aus ersten Fütterungstagen gewonnen; in den weiteren Tagen einer abundanten Eiweisskost aber werden, wie stets von Rubner betont ist, und wie das auch aus meiner Tabelle hervorgeht, die Steigerungen des Umsatzes erheblicher.

Versuche mit Knochenfütterung beim Hund.

In 2 Reihen wurden grössere Mengen von Knochen verfüttert, um zu entscheiden, ob mechanische Reizung des Darmes, die von Knochen am ehesten zu erwarten war, eine Steigerung des Umsatzes bewirke. Rubner konnte in seinen Tagesversuchen von sehr kleinen Knochenmengen eine erhebliche Wirkung nicht sehen; ich habe zu sehr grossen Mengen — die über das zulässige Maass wohl hinausgehen — gegriffen, 900 und 1000 gr fleischfreier Knochen gegeben, die der Hund übrigens gierig aufnahm. In einem Versuch trat nach einer Reihe von Stunden Diarrhoe ein, im andern erfolgten am nächsten Tag schmerzlose, etwas blutige Entleerungen von reichlichem Knochenkoth (übrigens kommt mit Blutstreifen besetzter Koth auch beim fleischgefütterten Hund öfters vor). Es handelt sich bei Knochenfütterung nicht ausschliesslich um mechanische Darmreizung: es werden die organischen Bestandtheile des Knochens zum Theil resorbirt; nach Etzinger's¹⁾, freilich nicht

1) Etzinger, Ztschr. f. Biol. Bd. 10. S. 84 ff.

ganz einwandfreier, Berechnung ca. 50 % der organischen Substanz aus geraspelter Substanz; aus den compacten, von mir gegebenen Knochen jedenfalls eher weniger wie mehr (wenigstens in kurzer Zeit): somit kamen aus 100 gr Knochen mit einem Osseingehalt von ca. 12,5 %, einem N-Gehalt von ca. 2,0—2,3 %, wohl nicht mehr wie etwa 60 gr Ossein und ca. 10 gr N zur Resorption, und diese wohl jedenfalls langsamer, als eine gleiche Menge Stickstoff aus frischem Fleisch; so dass, wenn bei der Aufnahme von Knochen das Ossein nur durch seine Circulation im Säftestrom die Verbrennung anregen würde, die Steigerung wohl kaum erheblicher sein dürfte, als wenn statt dessen ebensoviel Eiweiss aufgenommen würde. Die nachfolgende Tabelle 36 (S. 84; s. auch Tabelle 37 S. 86) vergleicht die nach Knochenfütterung eintretende Steigerung, mit der auf Fütterung von 400 gr Fleisch (ca. 13,2 gr N) erfolgenden. Bei der Knochenfütterung, bei der weniger N (ca. 10 gr) verarbeitet wurde, und dieser auch nicht, wie derjenige aus 400 gr Fleisch in 12 Stunden in den Kreislauf übertrat, ist die Steigerung der Sauerstoffaufnahme und der Wärmeproduktion erheblicher, als in den 2 Fleischreihen; somit scheint mechanische Darmreizung in der That einen vermehrten Umsatz zu bedingen; den gegen diese Versuche möglichen Einwand, dass die gesteigerte Oxydation nicht in den gereizten Organen ihren Sitz habe, sondern durch Schmerz-Reflection in andern Organen (reflectorisch erhöhter Tonus der Muskulatur) zu Standekäme, hat Loewy¹⁾ in seinen Versuchen über Darmreizung dadurch zu entkräften versucht, dass er Mediciner zu seinen Experimenten heranzog; diese konnten — wenigstens nach ihrem subjectiven Ermessen, — eine derartige Wirkung ausschliessen²⁾. — —

Die öfters beobachtete eigenthümliche Form der Athmung, das „Hacheln“ — gesteigerte Frequenz der Athemzüge, vermehrte Lungenventilation mit Herabgehen des procentischen Kohlesäuregehalts der Expirationsluft und des Sauerstoffdeficits — konnte möglicherweise bezogen werden auf den Gehalt des Fleisches an

1) Loewy, Pflüger's Archiv. Bd. 43. S. 515 ff.

2) Vgl. übrigens die im Anhang S. 123 mitgetheilten Daten über Ausnützung der Knochen, durch die die obigen Zahlenangaben zwar etwas modificirt werden, aber der Antheil der mechanischen Reizung des Darmes an der Steigerung der Oxydation nach Knochenfutter noch klarer erwiesen wird.

stickstoffhaltigen Extractivstoffen und als toxische Wirkung dieser Substanzen auf das Nervencentrum gedeutet werden. Diese Auffassung wurde schon dadurch unwahrscheinlich, dass jene Erscheinungen ungleich intensiver auftraten, wenn der Hund neben 700 gr Fleisch noch 300 gr Fleischmehl erhielt, als in jenen Versuchen, in denen er 1050 gr Fleisch allein frass. Die Auffassung, dass somit jene Wirkung vom Eiweiss herrühren müsse, wurde bestätigt durch einen Versuch (109, s. Tabelle 35), in dem der Hund eine mässig grosse Menge pflanzlichen Eiweisses erhielt. (270 gr Aleuronat von Hundhausen mit 13,56% N = 84,75% „Eiweiss“, 7,4% Wasser, mit ca. 15–20 gr Fett zu Kuchen gebacken; die ganze verzehrte Menge enthielt 36,6 gr N, annähernd ebensoviel wie in 1050 Fleisch enthalten waren.) Die vor und während eines Versuches etwa auf der Höhe der Verdauung beobachteten Aenderungen des Athemtypus waren ganz ähnlich denen, die bei Fütterung mit 1,05 kg Fleisch aufgetreten waren. Der Verlauf und die Höhe der in dieser Reihe erhaltenen Curve des Sauerstoffverbrauchs entspricht in Art und Höhe des Anstieges während 6 Stunden vollkommen dem bei Zuführung gleicher in thierischer Kost enthaltenen Stickstoffmengen, dann aber klingt die Wirkung erheblich schneller ab (cf. die Reihen 102, 106, 109 Tab. 29 I u. II S. 27 und Anhang).

Die „aufregende Wirkung“ der Fleischnahrung, die die Vegetarianer¹⁾ so sehr betonen (wobei sie sich u. a. auf Pavy und Liebig berufen), welche sich in meinen Versuchen in der eigenthümlichen Aenderung des Athemtypus zeigte, scheint sonach auf Rechnung des Eiweisses überhaupt, nicht speciell des animalischen zu setzen zu sein. Es wäre recht wünschenswerth zu wissen, ob bei Menschen, bei denen grössere Fleischmengen jene „berauschende“ Wirkung hervorbringen, das gleiche bei Genuss grösserer Aleuronatmengen auch eintritt. — Jedenfalls aber geht diese Wirkung vom Nervensystem aus; fraglich ist, ob etwa eine „Wärmepolypnoe“ vorliegt, oder ob es sich vielleicht um toxische Wirkung von vermehrt auftretenden Zersetzungsprodukten des Eiweisses handelt. Die Temperatur des Hundes wurde nüchtern in der Frühe zumeist zu 37,8–38,3° im Anus gefunden; sie stieg auf der Höhe der Fleischverdauung um einige $\frac{1}{10}$ Grade, wurde aber auch zu den Zeiten

1) Kingsdorf, Die Pflanzennahrung beim Menschen. Uebersetzt von Aderholdt. Leipzig 1891. S. 52.

General-Ta-
Der Gaswechsel des Hundes
I. Die absolute Grösse des

Nr. d. Serie	Datum	Gewicht des Hundes	Verzehr	gr N	Nüchtern- werth
72	12. III. 92	?	1000 gr möglichst fleischfreier Knochen	ca.23 ¹⁾	158,7
90	22. IV. 92	27,4	900 gr fleischfreier Knochen	ca.20 ¹⁾	151,2
I. Die prozentuale Zunahme					
72					
90					
72+90			Mittel	—	—
83+89 ²⁾			Mittel aus 2 Versuchen m. 400 gr Fleisch	13,4	—

1) Davon im ganzen höchstens die Hälfte resorbirt.

2) s. Tab. 29 II S. 72.

General-Ta-
Der Gaswechsel beim Menschen
I. Die absolute Grösse des

Nr. d. Ver- suchs	Datum	Verzehr	Nüchtern- werth
22	4. V. 91	310 gr gebratenes Rindfleisch	230,8
35	13. VII. 91	300 " " "	226,4
40	13. XI. 91	250 " " "	204,1
43	24. "	300 " " "	226,0
58	26. I. 92	120 " " "	207,4

II. Die prozentuale Zunahme

22	
35	
40	
43	
58	

III. Verhalten des respi-

22	0,77
35	0,74
40	0,76
43	0,78
58	0,80

belle XXXVI (S. 82).

bei Fütterung mit Knochen.

Sauerstoffverbrauchs (in cem).

Stunden nach Nahrungsaufnahme									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
218,1 168,6	219,1 184,3	207,6 184,5	200,6 198,7	202,5 210,2	— 189,5	— —	181,3 209,5	— —	— 195,7
des Sauerstoffverbrauchs.									
+37 +11 $\frac{1}{2}$	+38 +22	+31 +22	+26 $\frac{1}{2}$ +31 $\frac{1}{2}$	+27 $\frac{1}{2}$ +39	— +25 $\frac{1}{2}$	— —	+14 +39	— —	— +29 $\frac{1}{2}$
24	30	27	29	33	25	—	26	—	30
14	25	24	21	25	21	—	22	—	15

belle XXXVIII (S. 87).

nach Aufnahme von Eiweiss (Fleisch).

Sauerstoffverbrauchs (in cem).

Stunden nach Nahrungsaufnahme								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
259,0	260,7	265,6	277,9	278,4	262,3		278,1	—
234,0	239,9	241,6	—	237,5	—	241,7		233,2
219,3	216,1	249,2	269,1	253,5	273,8	257,9	—	—
229,6	229,4	278,5	279,4	275,0	283,5	281,4	—	—
221,0	251,9	237,5	243,0	252,2	—	—	—	—

des Sauerstoffverbrauchs.

12	13	15	20 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{1}{2}$	14		20 $\frac{1}{2}$	3
3	6	7	—	5	—	7		—
8	6	22 $\frac{1}{2}$	32	24 $\frac{1}{2}$	34	26	—	—
1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	23	23	22	25 $\frac{1}{2}$	24 $\frac{1}{2}$	—	—
6 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{2}$	14	17	21 $\frac{1}{2}$	—	—	—	—

ratorischen Quotienten.

0,78	0,67(?)	0,73	0,72	0,70	0,71	0,72	—	—
0,75	0,77	0,76	—	0,76	—	0,73		0,75
0,76	0,77	0,79	0,78	0,73	0,77	0,74	—	—
0,82	0,82	0,77	0,77	0,76	0,76	0,77	—	—
0,77	0,77	0,81	0,79	0,77	—	—	—	—

Special-Tabelle XXXVII (S. 82).

Versuch mit Fütterung von Knochen beim Hund (Nr. 72). 12. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse in cem	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- branch cem	CO ₂ -Pro- duction cem	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- branchs %	d. CO ₂ - Prod. %	Stand. nach Nahrungs- aufnahme	Bemerkungen
1	9,46	11	2938	5,36	4,27	157,5	125,4	0,80	—	—	—	
2	10,06	18	2899	5,40	4,36	156,5	126,4	0,81	—	—	—	
3	12,26	18	2983	5,43	4,24	162,0	126,5	0,78	—	—	—	
			Nüchtern- werth				158,7	126,1	0,80	—	—	11 ³⁰ —12 ⁰ 1000 gr fast fleischfreie Knochen
4	12,23	22	3675	5,97	4,51	219,4	165,7	0,76	—	—	—	
5	12,48	25	3496	6,20	4,69	216,8	164,0	0,76	—	—	—	
						218,1	164,8	0,76	+37	+31	1	
6	1,20	25	3337	6,67	4,77	222,6	159,2	0,72	—	—	—	
7	1,45	26	3382	6,37	4,63	215,5	156,6	0,73	—	—	—	
						219,1	157,9	0,72	+38	+25	2	
8	2,10	26	3274	6,19	4,62	202,7	151,3	0,75	—	—	—	
9	2,36	25	3379	6,36	4,71	212,4	157,3	0,74	—	—	—	
						207,6	154,3	0,74	+31	+22	3	
10	4,08	27	3053	6,57	5,02	200,6	153,3	0,76	+26½	+21½	4	
11	4,35	29	3036	6,67	4,96	202,5	150,6	0,74	+27½	+19½	5	
12	7,21	15	2709	6,70	5,09	181,5	137,9	0,76	—	—	—	
13	7,36	13	2965	6,11	4,89	181,1	145,0	0,80	—	—	—	
						181,3	141,5	0,78	+14	+12	8	

wo intensivstes „Hacheln“ stattfand, nie höher als 38,7°, einmal zu 38,8° gefunden. Gab man dem Hunde, statt ihn, wie gewöhnlich, auch zwischen den Pausen auf dem Sopha zu behalten, Gelegenheit sich zu bewegen, wobei er sich lebhaft und energisch streckte und dehnte, so kehrte die Athmung bald zur Norm zurück und blieb auch häufig in den dann folgenden Versuchen normal. Das erweckt manchmal fast den Eindruck, als ob es sich um einen durch die Eiweissnahrung hervorgebrachten, auf die Centralorgane wirkenden Reiz zu stärkerer Bewegung handelte; das an unbedingtes Stillliegen gut gewöhnte Thier muss letzteren unterdrücken und setzt nun die gesammte der Athmung dienende Muskulatur in stärkere Bewegung; es wäre das nicht gleichwerthig mit der rein willkürlich forcirten Athmung des Menschen, die ja bekanntlich nur kurze Zeit hervorgebracht werden kann; es würde sich, wenn diese mit aller Reserve ausgesprochene Vermuthung richtig wäre, nicht um eine vom freien Willen abhängige „forcirte Athmung“, sondern um eine toxische Reizung der die Bewegung beherrschenden Centralorgane handeln, welcher Reiz dann in stärkerer Bewegung einzelner Muskelgruppen zum Ausdruck kommt.

Versuche mit Fleischaufnahme beim Menschen.

Am Menschen habe ich einige Versuche angestellt mit gebratenem mageren Rindfleisch (viermal mit 250—310 gr entsprechend ca. 75—90 gr Eiweiss, einmal mit 120 gr gleich etwa 36 gr Eiweiss mit etwas Wasser und Salz). Sämmtliche Versuche sind in den Protocollen als tadellos verlaufen bezeichnet. (Tab. 38 S. 84 u. Tab. 39.)

Special-Tabelle XXXIX.

Versuch mit Fleisch beim Menschen (Nr. 40). 13. XI. 91.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athengrösse in cm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- branch cm	CO ₂ -Pro- duction cm	RQ.	d. O ₂ -Ver- brauchs %	d. CO ₂ - Prod %	Stund. nach Nahrungs- aufnahme	Bemerkungen
1	9,32	17	4962	4,22	3,14	209,4	155,8	0,74	—	—	—	10 ³⁰ –45 250 gr fettfreies gebrat. Rindfleisch (ca. 75 gr Eiweiss). 150 cm Wasser m. Appetit verzehrt.
2	9,56	19	4168	4,77	3,74	198,8	155,9	0,78	—	—	—	
Nüchtern- werth												
3	11,04	16	5338	4,21	3,24	224,7	173,0	0,77	+8	—	—	
4	11,25	18	4640	4,61	3,44	213,9	159,6	0,75	—	—	—	
						219,3	166,3	0,76	+8	+7	1	
5	11,38	19	4504	4,80	3,63	216,2	163,5	0,76	—	—	—	
6	11,57	18	4662	4,63	3,59	215,9	167,4	0,78	—	—	—	
						216,1	165,5	0,77	+6	+6	2	
7	12,59	16	5227	4,75	3,77	248,3	197,1	0,79	—	—	—	
8	1,15	16	5221	4,79	3,76	250,2	196,3	0,79	—	—	—	
						249,2	196,7	0,79	+22½	+27	3	
9	2,11	13	6215	4,40	3,47	273,4	215,7	0,79	—	—	—	
10	2,24	14	6033	4,39	3,39	264,8	204,5	0,77	—	—	—	
						269,1	210,1	0,78	+32	+35	4	
11	3,17	17	4831	5,31	3,75	256,5	181,2	0,71	—	—	—	
12	3,31	18	4809	5,21	3,88	250,5	186,6	0,75	—	—	—	
						253,4	183,9	0,73	+24½	+18	5	
13	4,19	14	5758	4,76	3,68	274,1	211,9	0,77	—	—	—	
14	4,33	15	6037	4,53	3,48	273,5	210,1	0,77	—	—	—	
						274,8	211,0	0,77	+34	+36	6	
15	5,27	13	6530	3,95	2,92	257,9	190,7	0,74	+26	+22	7	

Die Reihe Nr. 35 zeigt eine Abweichung von dem Verhalten der übrigen, nämlich eine fast nicht in Betracht kommende Steigerung des Sauerstoffverbrauchs; die übrigen zeigen dieselbe erheblicher und zwar ziemlich gleichmässig; der Versuch Nr. 58 merkwürdigerweise in fast eben so hohem Maass als die 3 anderen

Reihen, in denen viel mehr Eiweiss gegeben war. Eine deutliche, beträchtliche Zunahme des Sauerstoffconsums findet sich meist erst in der 2ten oder 3ten Stunde, in der das Plus etwa 20% beträgt; auf dieser Höhe (von +20—25%) hält sich der Verbrauch denn auch durch eine Reihe von Stunden; in der 7ten Stunde nach der Aufnahme sind die Ausgangswerthe noch nicht wieder erreicht. — Ueber das Verhalten der gleichzeitig ausgeschiedenen Kohlensäure resp. der respiratorischen Quotienten seien einige Worte erlaubt. Derselbe betrug in der Ruhe am Morgen bei W. (s. Tab. 38) zwischen 7,4 u. 0,80; der Werth für die Verbrennung von reinem Eiweiss beträgt 0,78: Zufuhr dieses Nährmaterials wird somit den respiratorischen Quotienten, der bei „nüchternem Zustand“ etwa die gleiche Höhe hat, ziemlich unbeeinflusst lassen; in der That zeigt, mit Ausnahme der Reihe Nr. 22, der RQ. überall Werthe zwischen 0,76 u. 0,82.

Ein Vergleich mit den Reihen, in denen W. und andere Brod erhielten, zeigt gewisse deutliche Unterschiede. Dort war die Steigerung am ausgesprochensten in den ersten 3 Stunden, hier ist hauptsächlich nach dieser Zeit der Consum gesteigert: es scheint, als ob eine Eiweissmenge von kleinerem Energiegehalt in toto (90 gr E. = ca. 360 Cal.) ebenso grosse Effecte bewirkt, wie Kohlehydrate von erheblich grösserem (150—160 gr Stärke = 600—640 Cal.) (natürlich unter Berücksichtigung der verschiedenen calorischen Aequivalente des Sauerstoffs bei Aufnahme von Eiweiss und Stärke). Die Sauerstoffaufnahme ist in den ganzen 8—9 Stunden nach Fleischnahrung mehr gesteigert wie bei Brodverzehr.

H a n r i o t und R i c h e t¹⁾, deren Zahlenmaterial mangels genauerer Angaben und wegen verschiedener berechtigter Einwände nur zum Theil verwerthbar ist, fanden, wie aus ihren Ziffern zu berechnen ist, eine halbe Stunde nach Aufnahme von 300 gr Fleisch (die Ration, ist da es sich wohl um frisches handelte, kleiner als die von mir gegebene) keine Steigerung des Gaswechsels, für den Durchschnitt der 4ten—6ten Stunde ein Sauerstoffplus von ca. 10%. — Sie verneinen im allgemeinen eine Steigerung des Gaswechsels nach Genuss von Fleisch resp. Eiweiss. Bei S m i t h²⁾ wurde die Kohlensäureproduction durch verschiedenes N-haltiges Material immer etwas gesteigert, aber nur sehr gering, da er kleine Mengen

1) Comptes rendus. Bd. 106. S. 496.

2) loc. cit.

verzehrte und die Untersuchung kurz dauerte. — Auch Speck¹⁾ fand die Grösse der verschiedenen Factoren der Respiration nach Aufnahme mehrerer Eier gesteigert (O_2 um 14% in der 1ten Stunde) doch setzt er auch hier das Maximum in die 1ten Stunde und hält die Wirkung mit der 4ten Stunde für abgeklungen.

Der Gaswechsel des Menschen bei freigewählter Kost.

• Die Tagesschwankungen des Gaswechsels unter dem Einfluss freigewählter, dem subjectiven Bedürfniss genügender Kost, das heisst unter den physiologischen Bedingungen des täglichen Lebens zu studiren, sind die Reihen 93, 108, 116 bestimmt. Sie erstrecken sich über je 24 Stunden. Um 9—10 Uhr nahm W. ein starkes Frühstück auf, bestehend aus Milchkaffee mit Zucker und einer grossen Ration Butterbrod. Die Mittagsmahlzeit um 2 Uhr bestand aus Suppe, 1—2 Fleischspeisen mit Gemüse, Brod, $\frac{1}{2}$ Liter Münchener Bier; Abends erhielt W. mit Wurst belegtes Butterbrod und 3—500 ccm Bier. Die Zufuhr betrug in den 3 Reihen ca.:

Nr. des Versuchs	Kohle- hydrate gr	Fett gr	Eiweiss gr	Alkohol gr	Calorien ca	Calorien nach Abzug von Verlust im Koth ca ²⁾
93	359	115	84,5	25	3000	2800
108	256	81	82,0	20	2200	2000
116	254	68	81,0	20	2100	1900

Es sind bei einem Gewicht von 56 kg und einem „Normalumsatz“ (bei Verdauung und mittlerer Thätigkeit) von ca. 34 Calorien pro kg ca. 1900 Calorien erforderlich gewesen, welche Ration auch in 108 und 116 ungefähr getroffen war, während der Verzehr in 93 den Bedarf erheblich überschreitet. Die Tab. 40 (S. 90) giebt die absoluten und relativen Beträge des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureabgabe, sowie die Zahlen für die respiratori-

1) loc. cit.

2) Abzug von ca. 8% des Wärmewerthes der Zufuhr für Verlust durch den Koth (nach Rubner).

General-Tabelle XL (S. 89).

Der Gaswechsel des Menschen bei freigewählter Kost.

Der Sauerstoffverbrauch in cem.

Nr.	Datum	Zufuhr in Calorien	Nüchtern- werth	Stunden nach der Nahrungsaufnahme											
				nach dem Frühstück				nach der Mittagsmahlzeit				nach der Abendmahlzeit			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
93	28. IV. 92	3060	207,6	272,1	257,9	240,4	222,4	309,8	300,8	301,7	257,5	239,8	220,8	265,8	244,4
108	18. III. 93	2280	207,5	250,3	283,5	252,7	227,0	283,3	269,3	249,0	244,5	245,0	—	275,9	271,7
116	5. IV. 93	2150	237,1	306,4	287,9	260,5	240,0	318,5	306,4	278,2	275,1	279,9	264,3	326,2	283,8
														250,2	—
														224,5	—
														222,5	—
														205,1	—

Die % ige Steigerung des Sauerstoffverbrauchs beträgt:

93	31	24	16	7	49	45	45	24	15½	6	28	17½	+5	—	—1
108	21	37	22	10	36½	30	20	18	18	—	33	31	18	—2	—6½
116	20	21	10	1	34	30	17	26	18	12	38	20	—	—5	—4
														+6	—6
														—1	—1
														—1	—1

Mittel der 14 Stunden = 21 %.

Die Kohlensäureproduction in cem.

93	154,2	222,7	206,9	197,4	178,6	250,4	230,3	245,5	207,8	211,9	191,8	199,0	178,0	167,8	—
108	166,5	211,7	240,1	210,6	194,3	234,6	224,7	208,6	195,3	190,1	—	203,8	217,4	192,4	—
116	174,7	250,8	229,0	220,6	192,1	237,7	223,8	219,3	227,5	213,6	195,8	242,2	222,1	—	—
														200,8	—
														181,3	—
														187,8	—

Die % ige Steigerung der Kohlensäureproduction beträgt:

93	44½	34	28	16	62½	49½	59	35	37½	24½	29	15½	9	+6	+7
108	27	44	26½	17	41	35	25	17	14	—	22	30½	15	—7½	—2
116	44	31	26	10	36	35	26	30	22	12	38	27	—	+4	+7
														—	—
														—1	+6
														+6	—2
														—2	+7
														+9	—

Mittel der 14 Stunden = 28 %.

Verhalten des respiratorischen Quotienten.

93	0,74	0,82	0,80	0,82	0,80	0,81	0,77	0,81	0,81	0,88	0,87	0,75	0,73	0,77	—
108	0,80	0,85	0,85	0,83	0,85	0,83	0,83	0,83	0,84	0,80	0,78	—	0,74	0,80	0,79
116	0,737	0,82	0,80	0,85	0,80	0,75	0,77	0,79	0,83	0,76	0,74	0,74	0,78	—	—
														0,80	—
														0,81	—
														0,82	—
														0,84	—
														0,89	—

Tabelle XLa.

Der Verzehr des Menschen in den Reihen mit freigewählter Kost.

Nr. 93.	Kohle- hydrate gr	Fett gr	Eiweiss gr	Alkohol ccm	Calorien
1 Frühstück: 210 gr Schwarzbrot, 44 gr Butter, 15 gr Zucker, 500 gr Infus. (aus 3 gr Kaffee)	120	37	13	—	—
Mittagbrot: 176,5 gr frisches Hackfleisch, 140,0 gr (!) Reis, 42,5 gr Butter (zum Fleisch u. Reis), 49 gr Brod, 0,400 l Bier	157	38	50,4	14	—
Abendbrot: 110 gr Schwarzbrot, 26 gr Butter, 55 gr Wurst, 0,5 l Bier	82	40	21,0	17	—
Summa.....	359	115	84,5	31 = 25 gr	3060
Betheiligung der Nahrungsstoffe an der Zufuhr)	48 %	35 %	11½ %	5½ %	—
Nr. 108.					
1 Frühstück: 400 ccm Kaffee, 20 ccm Milch, 20 gr Zucker, 140 gr Weissbrot, 38 gr Butter	93	32,7	9,8	—	—
Mittagbrot: 1 Teller Bouillon, ca. 120 gr Rind- u. Kalbfleisch, ca. 80 gr Bouillon-Kartoffeln, ca. 50 gr Preisselbeeren, 40 gr Schwarzbrot, 0,4 l Bier	62,5	13,0	45,4	14,0	—
Abendbrot: 170 gr Schwarzbrot, 20 gr Butter, 60 gr Wurst, 0,3 l Bier	101,0	35,0	27,0	11	—
Summa.....	256,5	81,0	82,2	25 = 20 gr	2280
Betheiligung der Nahrungsstoffe an der Zufuhr	46 %	33 %	15 %	6 %	—
Nr. 116					
Frühstück: 160 gr Schwarzbrot, 25 gr Butter, 20 gr Zucker, 400 ccm Kaffee, 25 gr Milch	101,0	22,0	10,4	—	—
Mittagbrot: 1 Teller Linsensuppe, ca. 120 gr Hammel- und Rindfleisch, ca. 50 gr Kartoffeln, Spinat, 50 gr Brod, 0,4 l Bier	67,0	14,0	50,4	14	—
Abendbrot: 140 gr Schwarzbrot, 20 gr Butter, 40 gr Schlackwurst, 0,3 l Bier	86,0	32	20,2	11	—
Summa.....	254,0	68,0	81,0	25 = 20 gr	2150
Betheiligung der Nahrungsstoffe an der Zufuhr	49 %	30 %	15½ %	6 %	—

Special-Tabelle XLI (S. 89).

Versuch beim Menschen mit freigewählter Kost (Nr. 108).

18. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O ₂ -Deficit %	CO ₂ -Plus %	O ₂ -Ver- brauch ccm	CO ₂ -Pro- duction ccm	RQ.	Zunahme d. O ₂ -Ver- brauchs %	d. CO ₂ - Prod. %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	8,47	19	5994	3,46	2,85	207,4	170,8	0,82	—	—	—	100-20 Frühstück s. Tab. 40 a
2	9,07	20	5748	3,61	2,83	207,5	162,1	0,78	—	—	—	
			Nüchtern- werth			207,5	166,5	0,80	—	—	—	
3	10,32	25	7010	3,57	3,02	250,3	211,7	0,85	+21	+27	1	155.235 Mittagbrod s. Tab. 40 a
4	11,38	26	7344	3,86	3,27	283,5	240,1	0,85	+37	+44	2	
5	12,37	27	7138	3,52	2,95	251,3	210,6	0,84	+22	+26½	3	
6	1,35	28	6655	3,42	2,92	227,6	194,3	0,85	+10	+17	4	
7	3,07	24	7871	3,60	2,98	283,3	234,6	0,83	+36½	+41	1	
8	4,03	25	7439	3,62	3,02	269,3	224,7	0,83	+30	+35	2	80-30 Abendbrod s. Tab. 40 a
9	5,03	27	6728	3,71	3,10	249,6	208,6	0,84	+20	+25	3	
10	6,03	30	6220	3,93	3,14	244,5	195,3	0,80	+18	+17	4	
11	7,08	26	7424	3,30	2,56	245,0	190,1	0,78	+18	+14	5	
12	8,53	27	7278	3,77	2,80	275,9	203,8	0,74	+33	+22	1	
13	9,53	24	7654	3,55	2,84	271,7	217,4	0,80	+31	+30½	2	nachts
14	10,54	26	7098	3,45	2,71	244,9	192,4	0,79	+18	+15	3	
15	1,10	33	5629	3,61	2,73	203,2	153,7	0,76	-2	-7½	5½	
16	4,32	33	5474	3,64	2,98	199,2	163,1	0,82	-4	-2	9	früh
17	7,45	16	6928	2,96	2,63	205,1	182,2	0,89	-1	+9	12	

schen Quotienten. In den zwei ersten Reihen sind die Nüchternwerthe ziemlich niedrig, in der dritten hoch, aber in allen 3 Versuchen liegen sie innerhalb der physiologischen Breite und sind genügend sicher gestellt; in allen 3 Reihen sind trotz der verschiedenen Ausgangswerthe die Curven für den Gaswechsel einander überaus ähnlich. Dem ersten Frühstück, das wesentlich aus Butterbrod bestand (dazu 400 ccm eines sehr dünnen Kaffeeaufgusses mit wenig Milch und Zucker) folgt eine durchschnittlich 27 %ige Steigerung des Sauerstoffverbrauchs während zweier Stunden, die Curve sinkt dann ab, das Plus des Verbrauchs beträgt nach 4 Stunden nur noch 6 %. Aehnlich verhält sich die Kohlensäureproduction, nur ist hier der Zuwachs bei Ansteigen des respiratorischen Quotienten etwas erheblicher; der Umsatz verhält sich, der Erwartung gemäss, sehr ähnlich dem in den Reihen mit

Brodverzehr (S. 57 ff.). Die Mittagsmahlzeit enthielt neben ca. 50 gr Eiweiss wechselnde Mengen von Fett (18–38 gr) und Kohlehydraten (157, 63 und 67 gr). Der Umsatz ist darnach erheblicher gesteigert als nach dem Frühstück. Es beträgt in den 6 Stunden nach dem Essen der Zuwachs für den Sauerstoff im Durchschnitt der 3 Reihen 40, 35, 27, 19, 17, 9 %, für die Kohlensäure 46½, 40, 37, 27, 24½ 18 %. Die Steigerung ist am grössten im Versuch 93 mit seiner beträchtlich höheren Zufuhr. Das Maximum des Umsatzes liegt jedesmal in der ersten Stunde, der Abfall ist ein ganz regelmässiger; die Werthe vor dem Abendbrod nähern sich den Nüchternwerthen, ohne sie ganz zu erreichen. Das Maximum der Steigerung des Gaswechsels sahen wir in den Fleischreihen (bei stärkerer N-Zufuhr s. S. 86) in der 3ten und 4ten Stunde erreicht; da aber hier neben kleineren Mengen Fleisch als dort nicht unerhebliche Mengen Stärke eingeführt wurden, so kann die Verlegung des Maximums in die 1te und 2te Stunde nicht so sehr überraschen, um so mehr, als die Wirkung der Zufuhr hier sich auf die ja nicht ganz abgeklungene der 1ten Mahlzeit aufsetzte; das sehr viel längere Anhalten der Umsatzsteigerung ist dann wohl auf Rechnung des Eiweisses zu setzen. Die Abendmahlzeit enthielt wiederum vorwiegend Brod, daneben in Wurst und Butter etwas Eiweiss und Fett. Die Curven sind denen nach dem 1ten Frühstück wiederum sehr ähnlich. Die %ischen Zuwachse des Sauerstoffverbrauchs betragen in den 5 folgenden Stunden 33, 23, 12, 6, —1 %. Der Kohlensäurezuwachs ist hier nicht wesentlich grösser, wohl um deswillen, weil aus den zwei vorausgegangenen Mahlzeiten nicht unerhebliche Mengen von Fett und vom Mittag her auch wohl noch Eiweiss im Körper circulirte und an der Oxydation theilnahm. Das Maximum des Umsatzes fällt auch hier wiederum in die 1te Stunde, der Nüchternwerth ist nach 5 Stunden erreicht. Die einzelnen Versuche, die in der Nacht, um 12, 4, 6 und 7 Uhr angestellt sind (während einzelner derselben schlief der Mann) ergeben einen kleinen Abfall für den Sauerstoff, ein geringes Plus für die Kohlensäure gegenüber den Nüchternwerthen. Der respiratorische Quotient steht in der Mitte der Nacht und am nächsten Morgen etwas höher, als zu Beginn der Versuche; vielleicht um deswillen, weil der Mann bei fast vollkommener Ruhe die resorbirten Stoffe nicht ganz umgesetzt und sich so an Glykogen angereichert hatte. — Ich habe mit diesen Versuchen einige ältere zu vergleichen: Vierordt,

Speck, Frédéricq combinirten die in einzelnen Stunden verschiedener Tage erhaltenen Werthe, nur Smith, dessen Versuche in Deutschland wenig Beachtung gefunden zu haben scheinen, bestimmte den Gaswechsel der verschiedenen Zeiten stets am gleichen Tag und zwar in nicht weniger als acht vollständigen Tagesreihen; leider jedoch, wie auch Vierordt, nur die Kohlensäure; Frédéricq macht nur Angaben über den Sauerstoffverbrauch; und nur Speck zog sämtliche Factoren des Gaswechsels in Untersuchung, ohne freilich, da er andere Ziele im Auge hatte, die verschiedenen Zeiten gleichmässig zu berücksichtigen. Trotz dieser Einschränkungen sind die genannten Autoren vielfach zu richtigen Resultaten und Deutungen derselben gekommen, die ich bestätigen kann, vor allem Speck und Smith, die sich auch über die Gründe der Aenderungen des Gaswechsels mit grosser Klarheit aussprechen. So findet Speck die Wirkung eines mässigen Frühstücks stets nach 4—5 Stunden abgeklungen; das Maximum nach einer Mittagsmahlzeit ($+24\%$ O_2 $+26\%$ CO_2) findet er in der 1ten Stunde. Frédéricq, dessen Zahlen den meinen sehr ähnlich sind, findet den Sauerstoffverbrauch $1\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Frühstück ($+33\%$) und $1\frac{1}{2}$ Stunden nach Tisch ($+43\%$) am stärksten gesteigert, seine Curve auf S. 731 seiner Arbeit zeigt den Sauerstoffverzehr von jenem Maximum continuirlich herabsinken und speciell vor Tisch fast den Nüchternwerth wiederum erreichen (ein Plus von $5-12\%$). Für die Kohlensäure fand Smith ein stärkeres Ansteigen 1—2 Stunden nach jeder Mahlzeit, am stärksten nach dem (englischen, sehr reichlichen) Breakfast und Tea-meals $\{+33, 40, 50, 80 (?), 66, 40, 50, 60\%$, was sich wohl bei der ausschliesslichen Bestimmung der Kohlensäure aus dem reichen Gehalt dieser Mahlzeiten an Kohlehydraten, und für den Nachmittagskaffee, der dem Mittag bald folgte, aus Superposition erklärt; auch er betont das successive Abfallen seiner Curven von jenem Gipfel und das Vorhandensein eines Minimums vor jedem meal. Am kleinsten fallen die in ähnlicher Curve verlaufenden Steigerungen bei Vierordt aus, der als erster jener Autoren noch mit recht einfachen Apparaten arbeitete; wenn er freilich zwischen dem Maximum und Minimum der Kohlensäure in den Tagesstunden von 9 Uhr früh bis 7 Uhr Abends eine Differenz von nur 23% fand, so liegt der Grund wohl darin, dass er, soviel ich sehe, fast nie die Production in nüchternem Zustand bestimmte.

Hanriot und Richet¹⁾ sahen in einer über nur 2 Stunden sich erstreckenden Reihe nach einer reichlichen gemischten Mahlzeit den Gaswechsel continuirlich, aber nicht sehr stark steigen. (+22% O₂; +31% CO₂ in der 4ten halben Stunde nach dem Essen.) Zuntz und Lehmann²⁾ fanden in ad hoc angestellten Versuchen den Sauerstoffverbrauch nach einem reichlichen Frühstück um 25 und 34 %, um 28 % in der 1. Stunde nach einem reichlichen Mittag gesteigert; bei Breithaupt betrug die Zunahme $\frac{3}{4}$ resp. $\frac{1}{2}$ Stunde nach einem Frühstück 13 resp. 21 %, 1 Stunde nach einer von den Autoren (S. 194) als „fast überreichlich“ bezeichneten Mittagsmahlzeit 62 % (!).

Aus meinen 3 Reihen lässt sich der Zuwachs der Verbrennungen unter dem Einfluss freigewählter Kost annähernd berechnen; für 14 Tagesstunden ist er direkt beobachtet: für diese Zeit ($\frac{1}{2}9 - \frac{1}{2}1$) beträgt er für den Sauerstoff $\frac{297}{14} = \text{ca. } 21\%$ im Durch-

schnitt für jede Stunde, für die Kohlensäure ebenso $\frac{390,5}{14} = 28\%$;

für 8 Nachtstunden setzte ich aus meinen Zahlen ein Minus von 3% O₂ und ein Plus von 4% CO₂ an; der Abzug für den Sauerstoff ist allerdings wohl kaum nothwendig, da er bei Hunger zum mindesten in gleich hohem Maasse stattfindet und das Absinken des Verbrauchs ja nicht durch die Nahrungsaufnahme, sondern nur durch die grössere Ruhe bedingt ist; die zwei in der Rechnung noch fehlenden Stunden sind durch die Nahrungsaufnahme ausgefüllt; ich glaube nicht sehr fehlzugehen, wenn ich für diese Zeit das Mittel aus dem Umsatz der der Mahlzeit vorausgehenden und ihr folgenden Stunden einsetze, und somit ein Plus von 20% O₂ und 25% CO₂ berechne; der wahre Umsatz ist ja hier noch grösser, da die mechanische Arbeit des Kauens und Schlingens, die ja doch nach gewisser Richtung hin zu der „Arbeit“ der Nahrungsaufnahme zuzurechnen ist, und, wenigstens für das pflanzenfressende Pferd, nach Zuntz gar nicht unerheblich ist, um diese Zeit stattfindet; doch soll diese hier ausser Betracht gelassen werden. Die Rechnung gestaltet sich demnach folgendermassen:

1) Hanriot-Richet, Comptes rendus. Bd. 106. S. 419.

2) Zuntz u. Lehmann, Virchow's Archiv. Bd. 131. Suppl. S. 50 f. u. 90 ff.

	O ₂	CO ₂
14 Tagesstunden mit einem Zuwachs von durchschnittlich 21,2 % O ₂ " ca. 28 % CO ₂	+297 —	— +390,5
8 Nacht- und Frühstunden mit einem Zuwachs von durchschnittlich —3 % O ₂ " +4 % CO ₂	—24 —	— +32
2 Stunden für Nahrungsaufnahme mit einem Zuwachs von durchschnittlich +20 % O ₂ " +25 % CO ₂	+40 —	— +50
Summa.....	+313	472,5
Durchschnittlicher Stundenzuwachs für den ganzen Tag	+13 %	+19 ³ / ₄ %

Etwas erheblicher, als der Zuwachs an Sauerstoff, ist, bei der stärkeren Betheiligung der Kohlehydrate an den Oxydationsprocessen, dem Anwachsen des RQ, die Zunahme der Wärme-production, die demnach für meinen Fall auf etwa 15 % geschätzt werden könnte. — Der Einwand, dass die Steigerung des Gaswechsels wie der Wärmeproduction in meinem Fall etwas gross ausgefallen sei, weil, wenigstens in einem Versuch, die Zufuhr den Bedarf auch des mässig arbeitenden Menschen erheblich überschritt, wird dadurch ausgeglichen, dass in allen 3 Reihen ein recht grosser Theil der Zufuhr (35, 33, 30 % der Calorien, s. S. 91) in Form von Fett enthalten war, das ja bekanntlich eine erheblich geringere Steigerung des Umsatzes bewirkt als Eiweiss und Kohlehydrate, welche letztere bei mir nur 48, 46, 55 % der Zufuhr ausmachten, bei der grossen Mehrzahl der arbeitenden Menschen sich jedoch stärker, bis zu 70 % an der Gesamtnahrung betheiligen.

Smith findet das Verhältniss zwischen der Kohlensäureausscheidung bei Hunger und bei gewöhnlicher Nahrung = $\frac{75}{100}$

d. h. bei letzterer findet er einen Zuwachs von 33 % der Hungerwerthe; allerdings steht seinen 8 Reihen mit Mahlzeiten an 4 Individuen nur eine einzige Hungerreihe gegenüber, und war auch wohl die Nahrung der Engländer eine recht reiche. — Hösslin¹⁾ berechnet, freilich mit den älteren nicht ganz richtigen Danilew-

1) Hösslin, Virchow's Archiv. Bd. 89. S. 333 ff.

sky'schen Zahlen (dieselben sind sämmtlich um etwas grösser als die von Rubner und Stohmann), aus den Pettenkofer-Voit'schen Versuchen eine Erhöhung des „Kraftwechsels“ von + 9 bis + 17%. (Das Resultat ist freilich nicht ganz rein, da eine Gleichmässigkeit der willkürlichen Bewegungen in den zu vergleichenden Reihen nicht garantirt ist.) — In Scharlings¹⁾ Versuchen tritt eine Steigerung der CO₂-Ausscheidung nach den Mahlzeiten jederzeit deutlich hervor.

Zwei Reihen sind noch zu erwähnen, in denen meinem zweiten Versuchsindividuum O., der bis 12 Uhr Mittags nüchtern geblieben, eine freigewählte Mittagsmahlzeit gegeben wurde. Die Steigerung des Gaswechsels war erheblich geringer als bei W. und über die einzelnen Stunden gleichmässiger vertheilt. Es betrug nämlich in 7 der übrigens mässigen Nahrungsaufnahme folgenden Stunden der Zuwachs des Sauerstoffverbrauchs:

+ 18	25	12	18	26	25	—	%
+ 12	21	10	10	12 $\frac{1}{2}$	11	6	%
im Mittel 15	23	11	14	19	18	6	%

Der gegen die obigen Versuche geringere Ausschlag kann zwei Gründe haben: zunächst reagiren verschiedene Personen verschieden. O. bot in den wenigen Versuchen, die von ihm vorliegen, geringere Werthe als W. Auch von Smith's 4 Männern waren die Steigerungen der Kohlensäureproduction bei dem einen sehr viel kleiner als bei den drei andern. Weiterhin kommt in Betracht, dass bei W. Superposition stattfand; er hatte ein reichliches Frühstück genossen, dessen Wirkung noch nicht abgeklungen war; ist die Rubner'sche, allerdings bloss vom Hund hergeleitete Anschauung richtig, derzufolge (bei gewöhnlicher Temperatur) ein Theil der Verdauungsarbeit dadurch latent wird, dass der Muskelumsatz beschränkt wird, so kann eine Mittagsmahlzeit, die dem nüchternen Mann gegeben wird, eine kleinere sichtbare Wirkung hervorbringen, als eine, die einem reichlichen Frühstück folgt; bei ersterer könnten die „Muskeln noch ausgeschaltet“ werden, bei letzterer wären sie es bereits, da ja der Kraftwechsel 4 Stunden nach dem ersten Essen noch grösser ist als im nüchternen Zustand.

1) Scharling, Liebig's Annalen. Bd. 45. S. 214.

E. Pfäfer, Archiv f. Physiologie Bd. 55.

Von der Mittheilung verschiedener anderer Versuche (Bier, Alkohol, Milch, Kaffee etc.) will ich vorläufig Abstand nehmen, da das Material nicht reich genug ist. Bei Genuss grösserer Mengen Milch, $\frac{3}{4}$ L. und mehr, traten, wie das mit Sicherheit zu erwarten war, stets erhebliche Steigerungen des Umsatzes auf.

Kritische Besprechung der Ergebnisse.

In der Besprechung der Versuchsergebnisse und in den aus denselben gezogenen Schlüssen wurde von der Ansicht ausgegangen, dass der respiratorische Gaswechsel auch in kürzeren Zeiträumen ein wenigstens annähernd genaues Bild von den zur gleichen Zeit stattfindenden Oxydationsprocessen und der im Körper gebildeten Wärme gäbe. Die Zulässigkeit dieser Annahme ist in den letzten Jahren von neuem, und zwar auf Grund experimentellen Materials von R o s e n t h a l ¹⁾ lebhaft bekämpft worden. Bestreitet auch R o s e n t h a l zunächst nur die Möglichkeit, aus der Kohlensäureausfuhr die Wärmeproduction zu berechnen (innerhalb der Genauigkeitsgrenzen, die in dieser Arbeit deutlich angegeben sind), so würden doch, die Richtigkeit seiner Anschauungen und Zahlen vorausgesetzt, seine Einwendungen zum grossen Theil auch gegen die hier geübte Berechnung des Kraftumsatzes aus S a u e r s t o f f - und Kohlensäurebilanz am Platze sein (wenn auch in geringerem Grade). Es ist daher nöthig, an dieser Stelle die Zulässigkeit jener Berechnungsweise des Genaueren zu erörtern.

Dass innerhalb eines grösseren Zeitraumes die gesammte Wärme, welche dem im thierischen Körper verbrannten organischen Material entspricht, in Form von nach aussen abgegebener Wärme (durch Leitung und Strahlung, Verdunstung, Erwärmung der Inspirationsluft, der aufgenommenen Speise und Getränke) und in Form von mechanischer äusserer Arbeitsleistung wieder zum Vorschein kommen müsse, gilt allgemein als der Grundpfeiler der modernen Lehre vom thierischen Haushalt; der Satz bedeutet ja nur die Uebertragung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie auf die belebte Welt. So-

1) R o s e n t h a l, Calorimetr. Untersuchungen. du Bois' Archiv. 1889. S. 1 ff. Sitzber. der Berl. Akad. 1888. S. 1309. 1889. S. 245. 1892. S. 263. Cf. auch H e r m a n n's Handb. d. Physiol. Bd. 4². S. 365.

mit kann und muss, sofern entweder die mechanische Arbeitsleistung ausgeschlossen wird, oder sie in einem annähernd gleichbleibenden Verhältniss zur Gesamtenergieproduction steht, von den Oxydationsprozessen auf die Wärmeproduction geschlossen werden. Das zahlenmässige Verhältniss beider Grössen muss bei einem wirklich im Ernährungsgleichgewicht befindlichen Thier (das die resorbierte 24 stündige Nahrungsmenge auch wirklich in 24 Stunden umsetzt), im Zeitraum eines Tages bei gleicher Nahrung stets das gleiche sein, bei verschiedener Nahrung, wie das im Anfang dieser Arbeit auseinandergesetzt wurde, innerhalb enger Grenzen schwanken. Welches Nahrungsgemisch, welche Körperbestandtheile zur Verbrennung gelangen und in welcher Menge sie das thun, darüber giebt die Bestimmung des ausgeschiedenen Stickstoffs und der Kohlensäure, sowie die des verbrauchten Sauerstoffs Aufklärung. Diese Proportionalität der im Körper umgesetzten chemischen Spannkraft und der Energieabgabe nach aussen innerhalb 24 Stunden wird allseitig angenommen; sie wird von manchen Seiten bestritten für kurzdauernde Versuche, wie sie auch in vorliegender Arbeit, dem Zweck derselben entsprechend, zur Anwendung kommen mussten. Die Zersetzungen sollen eben nicht zu allen Zeiten innerhalb kürzerer Fristen gleichmässig statthaben, sondern einmal sollen mehr — so ungefähr glaube ich diese Anschauung verstehen zu sollen — die im Anfang der Oxydation eines oder mehrerer Stoffe statthabenden Zersetzungsprozesse vorwiegen, dann im Ausgleich zu einer anderen Zeit die bereits der Kohlensäure, dem Harnstoff nahestehenden Producte zerfallen; somit könnte und sollte entweder bei gleichbleibendem Energieumsatz die Menge der der Bestimmung unterliegenden Ausscheidungsproducte (des N, der CO_2 , wie ferner des Sauerstoffs) grösseren Schwankungen unterliegen, oder aber andererseits das Gleichbleiben der betreffenden Grössen durchaus kein Gleichbleiben des wirklichen Energieumsatzes anzeigen.

Nach den oben S. 9 gegebenen Berechnungen und Annahmen würde 1 gr Kohlensäure der Expirationsluft je nach dem Nährstoff, welchem sie entstammt, folgende Wärmemengen repräsentiren:

Aus „Muskelfleisch“ ¹⁾	. 2,78 Cal.
„ Fett ¹⁾ 3,35 „
„ Rohrzucker. 2,59 „

Diese „calorischen Aequivalente“ sind nichts anders als der Quotient $\frac{\text{Calorien}}{\text{Kohlensäuremenge}}$ die von einer verbrennenden Substanz geliefert werden, d. h. dasselbe, was R o s e n t h a l als „Kohlensäurefactor“ bezeichnet, den er und früher schon S e n a t o r in directen Versuchen bestimmt hat; die beiden Grössen sind direct miteinander vergleichbar; und das um so mehr, als in den calorimetrischen Versuchen dieser Autoren der Energieumsatz ausschliesslich in Form von Wärme nach aussen abgegeben wird, da die geleistete mechanische Arbeit im Apparat selbst gänzlich in Wärme umgewandelt wird.

R o s e n t h a l findet nun in seinen eigenen Versuchen diesen Kohlensäurefactor $\frac{n}{c}$ innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken, und zwar in 3stündigen Versuchen beim fleisch- und fettgefütterten Hund (Berl. Akad. Ber. 1892. 356) innerhalb der Grenzen 2,3—6,4; in der durch Mittelung aus nicht weniger als 142 Bestimmungen entstandenen, daher „von Zufälligkeiten gereinigten“ die „Idealwerthe“ darstellenden Curve S. 368 liegt $\frac{n}{c}$ noch zwischen 2,5—5,3!

Bei dem von R o s e n t h a l in einem früheren Falle (1888 S. 316) gegebenen Erhaltungsfutter würde sich, wenn das Futter wirklich Erhaltungsfutter gewesen und es der Hund normal umgesetzt hätte, bei einem Gehalt von 28 gr Fett und 40 gr Eiweiss (mit Zugrundelegung der von R o s e n t h a l selbst benutzten Verbrennungswärmen) ein calorisches Aequivalent von 3,11 berechnen, während R o s e n t h a l seinen Kohlensäurefactor im Durchschnitt von 24 Stunden — innerhalb welchen Zeitraums ja auch nach seiner Annahme die gesammte aus der Verbrennung hervorgehende Wärme- und Kohlensäuremenge nach aussen abgegeben sein muss, also ein Ausgleich der in kleineren Zeitabschnitten stattgehabten Schwankungen stattfinden muss — zu 4,01 findet; dieser Wärmewerth wird bei

1) R o s e n t h a l, Ber. d. Berl. Akad. 1889. S. 249 bedient sich [speciell für das Eiweiss (2,496)] abweichender Zahlen; indess scheint R u b n e r's Bestimmung einwandfrei zu sein.

Verbrennung keines Nahrungsbestandtheils erreicht¹⁾. — Würde diese Differenz etwa durch eine andere Bestimmung der Constanten des Calorimeters verschwinden, so blieben noch immer die auffallend grossen Schwankungen des Kohlensäurefactors in den verschiedenen Zeiten dieser Versuche. — Diese Schwankungen sind bei Senator's Versuchen, auf die sich Rosenthal früher berufen²⁾ hat, entschieden geringer, trotzdem er verschiedene Hunde, in verschiedenen Zuständen, in Versuchen von nur einer Stunde Dauer untersuchte; $\frac{n}{c}$ betrug im Minimum bei Senator 3,24 und im Maximum bei einem andern Hund 5,90, in Rosenthal's Einzelversuchen finden sich, soviel ich sehe, bei demselben Hund zu verschiedenen Zeiten Werthe von 2,3—6,4; die Schwankungen

1) Rosenthal führt einen seiner calorimetrischen Tagesversuche (Sitzber. d. Berl. Akad. 1888. S. 1316) bei Erhaltungsfutter als Beweis für die Zuverlässigkeit der Methodik an; R. findet calorimetrisch 431,3 Calorien am Tag von einem Hund abgegeben, dessen „Erhaltungsfutter“ fast genau so viel, nämlich 433,6 Cal. bot, und zwar in 205 gr Fleisch und 20 gr Fett nach R.'s eigenen Angaben (Berl. Akad. Sitzber. 1888. S. 1316 ff.) 40 gr Eiweiss à 4,26 = 170,4 Cal. und 28 gr Fett à 9,4 = 263,2 Cal.; in Summa 433,6 Cal. Es lässt sich leicht zeigen, dass das „Erhaltungsfutter“ kein Erhaltungsfutter in diesem Fall war, oder jedenfalls nicht normal verwerthet wurde. In der Nahrung befanden sich nach R. selbst:

im Fleisch	24	gr Kohlenstoff
im Fett	17,6	gr „

41,6 gr Kohlenstoff.

Es finden sich davon wieder in der Expirationsluft 28,42 gr C

im Harn und Koth	12,50 „ „ !!
------------------	--------------

40,92 gr C,

d. h. ziemlich aller Kohlenstoff. Nun würden sich von etwa 6,4 gr N, die in 200 gr Fleisch enthalten sind, wenn das Futter Erhaltungsfutter war, 6,2 gr N im Harn wiederfinden, verbunden mit $6,2 \times 0,67 = \text{ca. } 4,2$ gr Kohlenstoff (nach Rubner); mithin wären im Koth 8,3 gr Kohlenstoff enthalten, d. h. $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ des Fettes wäre unresorbirt geblieben, dessen Wärmewerth doch in der Zufuhr resp. im wirklichen Umsatz nicht gerechnet werden dürfte. — Aus der C-Ausscheidung in der Expirationsluft von 28,42 gr = 104 gr CO₂ und der gefundenen Wärmeproduction von 431,2 Cal. würde sich ein (24stündiger) Kohlensäurefactor von 4,13 berechnen, der um 33 % höher ist als der auf Grund der, doch auch von R. anerkannten, Verbrennungswärmen aus der Nahrung zu berechnende.

2) Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. IV². S 365.

betragen bei den einzelnen Thieren Senator's nur 3,24—4,35, resp. 3,63—4,00 und 4,76—5,9, gleich 34, 10' und 24% bei Berücksichtigung aller Einzelversuche; R.'s Zahlen 2,3—6,4 bedeuten eine Schwankung um 180% des Minimumwerthes. Auch die aus Senator's Zahlen gewonnenen Werthe für den Kohlensäurefactor sind ja durchweg, und speciell für seinen dritten Hund (mit 4,76—5,90) bedeutend höher als die theoretisch hergeleiteten calorischen Aequivalente der Kohlensäure (Minimum 2,78, Max. 3,35 für Eiweiss und Fett = 100:120; Kohlehydrate kamen bei R. und meines Wissens auch bei S. nicht zur Verwendung); immerhin sind die relativen Schwankungen bei seinen einzelnen Thieren so sehr viel kleiner als bei R., dass des letzteren Zahlen jedenfalls Allgemeingültigkeit nicht zugesprochen werden kann. — Wären R.'s Anschauungen und Zahlen richtig, so würden sie zu Folgerungen und Schlüssen nöthigen, denen die Erfahrung und rechnerische Ueberlegung widerspricht. Das enorme Schwanken des „Kohlensäurefactors“ wäre auf zweierlei Weise zu erklären: Entweder werden zu den verschiedenen Zeiten bei gleicher Wärmeproduction des Thieres wesentlich verschiedene Kohlensäuremengen ausgeathmet, bald mehr, bald weniger als im Durchschnitt, oder das Thier athmet gleiche Kohlensäurequantitäten aus und producirt wesentlich ungleiche Mengen von Wärme. (In Wirklichkeit würden beide Vorgänge, die hier einzeln analysirt werden, durcheinander greifen.) Diese Eventualitäten würden fordern, dass entweder die Verbrennung der Nährstoffe bis zu den physiologischen Endprodukten stattfinde, dass die gebildete Kohlensäure aber nicht zur Ausscheidung gelange, sondern im Körper irgendwie aufgestapelt und später in grosser Menge ausgeschieden werde; das ist aber in nur irgendwie längeren Versuchen, solchen von $\frac{1}{2}$ —1 Stunde nie in erheblichem Maasse der Fall, geschweige denn in 3stündigen; — wer Technik und Theorie der Respiration kennt, kann jene etwa durch forcirte resp. sparsame Athmung entstehenden Fehler auch in noch kürzeren Versuchen vermeiden; — oder aber die Verbrennung schreitet nicht bis zu den Endprodukten fort, bleibt bei intermediären Produkten stehen, die im Körper sich anhäufen. So wären sauerstoffreichere Körper gebildet, deren Verbrennungswärme geringer wäre als die der Nahrungsstoffe, die bei ihrer partiellen Oxydation zwar Wärme, aber entweder keine oder nur geringe Mengen Kohlensäure geliefert hätten und später weiter zerlegt

würden. So könnte z. B. bei der Zersetzung des Eiweiss ein Theil des Kohlenstoffs als Glykogen festgehalten werden¹⁾, der stickstoffhaltige Theil seine Abfallsprodukte als kohlenstoffhaltigen Harnstoff etc. in den Harn liefern, Wärme erzeugen und dabei relativ wenig Kohlensäure in der Expirationsluft erscheinen, der dann natürlich ein grosser „Kohlensäurefactor“ zukäme. Ebenso ist das Umgekehrte möglich, dass viel CO_2 in der Athmungsluft zum Vorschein kommt, ohne dass viel Wärme producirt wäre. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn bei der Bildung von Fetten aus Kohlehydraten ohne Zutritt von Sauerstoff von aussen das Molecül des Kohlehydrates sich in einen sauerstoffärmeren Körper (Fett) von höherem und einen daran reicheren Körper von geringerem resp. keinem Energiegehalt mehr spaltet (CO_2). Nach *H a n r i o t*'s obiger (S. 64) Formel könnte Traubenzucker intramolecular so zerfallen:

100 gr Tr.-Z. = 36,75 gr Fett + 20 gr Wasser + 43,25 gr Kohlensäure.

100 gr Tr.-Z. liefern nach *S t o h m a n n* $100 \times 3,672 = 367,2$ Cal.

36,75 gr Fett liefern nach *R u b n e r*

und *S t o h m a n n*

$36,75 \times 9,42 = 346,2$ Cal.

Differenz = 21 Calorien.

Bei jener Spaltung (und ganz ähnliche Ziffern würden sich ergeben, wenn man Stärke in Fett sich umwandeln liesse) würde demnach Wärme frei, nämlich 21 Calorien, aber gleichzeitig

1) Die Wahrscheinlichkeit und Möglichkeit dieses Vorgangs haben *Zuntz* und *Lehmann* (*Virch. Arch.* Bd. 131. Suppl. S. 182 ff.) erörtert; sie hatten bei langdauerndem Hunger den respiratorischen Quotienten öfters unter 0,71 (Werth für Verbrennung von Fett) gefunden, und zur Erklärung dieses Factums eine mögliche Abspaltung von Glykogen aus Eiweiss mit herangezogen (nicht als einzige Ursache dieses Verhaltens betrachtet). Auch ich habe bei längerem Hunger und bei Verzehr von sehr viel Fett einigemal $\text{RQ.} = 0,68 - 0,71$ beobachtet und dies in Versuchen, die länger dauerten, als jene von *Z.* und *L.* — Diese wenigen Versuche sind vielleicht die einzigen, in denen die von mir geübte Art der Berechnung des Wärmeumsatzes aus dem Gaswechsel nicht mehr ganz zutreffend ist, da hier nach Quantität und Qualität nicht genau bekannte Zersetzungs Vorgänge verlaufen. Aber auch hier würde man keinesfalls zu Zahlen kommen, wie die *Rosenthal's* es sind. — Abgesehen von diesen wenigen Versuchen finden sich in meiner Arbeit m. E. keine, die zur Annahme irgendwie unbekannter Zersetzungsprocesses zwingen würden.

auch 43 gr CO_2 ; dieser so entstandenen Kohlensäure würde nur ein sehr kleiner „Kohlensäurefactor“ zukommen, nämlich ca. 0,5 Cal. pro gr CO_2 , das ja sonst ein calorisches Aequivalent von 2,5–3,35 besitzt. Etwas Aehnliches würde eintreffen, wenn aus Eiweiss Fett sich abspaltete. — Diese 3 Möglichkeiten sind ¹⁾ die einzigen bisher bekannten Processe, bei denen die Zersetzung von Brennstoffen bei intermediären Produkten stehn bleibt. Können diese Rosenthal's Zahlen erklären? Können sie seine Ansicht stützen, dass der Gaswechsel, speciell die Kohlensäureausfuhr, nicht, auch nicht innerhalb gewisser Grenzen, wie sie vor allem Zuntz und seine Mitarbeiter vertreten, ein annähernder Maassstab für den Energieumsatz darstelle? — Fütterung mit Kohlehydraten hat bei Rosenthal's Hund nicht stattgefunden; eine Abspaltung von Fetten aus Kohlehydraten kommt nach meinen Versuchen überhaupt erst bei sehr grossen Stärkegaben zur Erscheinung; auch nach Hanriot's Versuchen jedenfalls erst unter ganz besonderen Bedingungen, die für gewöhnlich nicht statthaben. — Eine Fettbildung aus Eiweiss, die ja Pflüger kürzlich für die dafür gewöhnlich citirten Pettenkofer-Voit'schen Versuche unwahrscheinlich gemacht hat, findet, wenn überhaupt, dann doch nur bei ganz enormer ausschliesslicher Eiweisszufuhr, und selbst dann nur in beschränktem Maasse statt, sofern man das Facit des ganzen Tages zieht; ob etwa eine temporäre Ablagerung stattfindet, in dem Sinne, dass in den ersten 6 oder 12 Stunden nach der Fütterung mehr vom N als vom C des Eiweisses ausgeschieden wird, ist zwar aus bisher angestellten Versuchen nicht sicher zu entscheiden; die Möglichkeit, aber auch wohl erst bei ausschliesslicher Eiweisszufuhr in hohen Gaben, wird durch die von Feder ²⁾ ermittelte Curve der täglichen Stickstoffausscheidung nahe gelegt; eine derartige Eiweisszufuhr hatte bei R. nicht statt. — Eine wenigstens temporäre Abspaltung eines kohlehydratähnlichen Körpers aus Eiweiss haben Zuntz und Lehmann jüngst im Hunger als wahrscheinlich vorhanden hingestellt; dieses Factum könnte aber immer die Kohlensäureexhalation (bei gleichbleibender Sauerstoffaufnahme und

1) Neben der Gährung von Kohlehydraten, die beim Fleischfresser keine grosse Rolle spielt.

2) Feder, Zeitl. Ablauf d. Zersetzungen im Thierkörper. Z. f. Biol. Bd. 12. S. 402.

Wärmeproduktion) nur um wenige Procente herabdrücken¹⁾; zudem tritt dieses Moment nur im Hunger sichtbar in Erscheinung, in welchem nach R. selbst der Kohlensäurefactor eine gewisse Constanz zeigt. — Kommen nun neben diesen Prozessen noch andere, bisher unbekannte vor, die entgegen den Vorstellungen der meisten Forscher Kohlensäureausfuhr und Wärmeproduction in so weiten Grenzen von einander unabhängig erscheinen lassen²⁾? Beim Pflanzenfresser, speciell beim Wiederkäuer spielen ja gewisse mit Kohlen säureabspaltung verlaufende Gährungen eine beachtenswerthe Rolle. Beim Omni- und Carnivoren sind — abgesehen von der oben erwähnten Bildung von Fett aus Kohlehydraten — keine Processe bekannt, bei denen erhebliche Mengen von Kohlensäure aus einer Spaltung unvollständiger Verbrennung von Nährstoffen frei werden, ebenso wenig, wie man bisher in irgend grösserem Maassstab eine Aufspeicherung von sauerstoffreicherem Material, überhaupt von inter-

1) Cf. die Versuche von Lehmann u. Zuntz loc. cit.

2) Wenn Rosenthal (Sitzber. 1888. S. 1309) meint, die Oxydation der Nahrungsstoffe sei oft eine ungenügende; wie beim Ofen mit der Asche Kohlepartikelchen, ferner Russ und Kohlenoxyd unverbrannt verloren gehen, so fiele auch physiologischer Weise hier bei der Verbrennung „etwas unter den Rost“, und wenn er zum Theil daraus die Verschiedenheit des Kohlensäurefactors erklärt, so muss dem widersprochen werden. Auf etwaige anormale Resorption im Darm kann sich R.'s Gleichniss nicht beziehen, denn alle Forscher berücksichtigen in ihren Wärmebilanzen in der „Einnahme“ nur die Menge der resorbirten Stoffe, die Differenz der Zufuhr und des Kothes. Einzig die oben erwähnten, beim fleischfressenden Hunde aber verschwindend geringen Verluste durch die Gährungen im Darmcanale entgehen der Controlle beim Vergleich des Kothes mit den Einnahmen. Von dem wirklich resorbirten Material aber könnte, da die Lunge nur Kohlensäure, keine anderen Oxydationsproducte des Kohlenstoffs ausscheidet, nur im Harn etwas Kohlenstoff ungenützt „unter den Rost“ fallen. Da das Verhältniss $\frac{n}{c}$ im Harn in recht engen Grenzen schwankt (cf. Voit, Rubner, Pflüger, Munk, Zuntz u. Lehmann), so beweist das, dass Kohlehydrate und Fett überhaupt kaum Abfallsproducte in den Harn liefern; vom Eiweisskohlenstoff begiebt sich ein recht gleichbleibender $\frac{0}{10}$ -Satz stets und gleichmässig in den Harn, und wenn dieser, wie z. B. in der Harnsäure, nicht vollständig oxydirt ist, so kann man, da dies Factum offenbar in der Organisation und Function des Körpers begründet, also physiologisch und constant ist, nicht von einem „unter den Rost fallen“ sprechen. In pathologischen Zuständen allerdings findet ein solches statt, so im Diabetes.

mediären Zersetzungsprodukten hat auffinden können. — Dass ein solcher Gang der Zersetzungen auch wirklich nicht stattfindet, dafür sprechen mit der grössten Wahrscheinlichkeit die Ergebnisse aller derjenigen Untersuchungen über den Gaswechsel, die gleichzeitig die CO_2 - und die O_2 -Bilanz ziehen. Schon S p e e k sprach auf Grund eines kleinen Materials die Vermuthung aus, dass die Oxydation im Körper meist von den gerade zugeführten Körpern bestritten werde; er fand den respiratorischen Quotienten in sehr kurzdauernden Versuchen meist so, als wenn in den untersuchten Zeiträumen die vorher genossenen Substanzen in normaler Weise zerfallen wären. Z u n t z und seine Mitarbeiter fanden das gleiche bestätigt an einem ungleich grösseren Material. Den umfangreichsten Nachweis hat die vorliegende Arbeit erbracht. Der respiratorische Quotient verhält sich stets so, wie man es erwarten muss; im nüchternen Organismus, in dem ganz sicher noch Kohlehydrate aus den letzten Mahlzeiten neben Körperfett und Eiweiss zur Verfügung stehn, zeigt er sich zu 0,76—0,82; bleibt nahezu ungeändert bei reicher Eiweisszufuhr (theoret. Werth 0,78), bei längerem Hungern, bei reichlicher Fettzufuhr sinkt er auf 0,70, und nähert sich stets deutlich der Einheit bei Ernährung mit Kohlehydraten. Diese Grösse variirt natürlich mit der Grösse der Zufuhr, mit der seit dem Verzehr verflossenen Zeit, in aus der Arbeit klar ersichtlichen Weise. — Die Ablagerung von Fett aus Kohlehydraten unter Freiwerden von Kohlensäure ist aus dem Anwachsen des RQ. über die Einheit hinaus deutlich ersichtlich, und kann in ihrer Bedeutung für den Wärmehaushalt gut abgeschätzt werden. — In den sehr zahlreichen Versuchen, die alle Nahrungsstoffe, alle Tages-, Nachts- und Verdauungszeiten bei reichlichem, wie bei knappem Futter berücksichtigten, wurden nie¹⁾ Werthe beobachtet, die von den theoretisch zu erwartenden stärker abwichen. Ueber die Art und Weise der Zersetzung der Nährstoffe, über die einzelnen Stufen, die die Zersetzung durchläuft, über die Zeitdauer, die ein einmal angegriffenes Molecül bis zu seinem Zerfall in die Endprodukte braucht, giebt uns natürlich das Verhalten des respirator. Quotienten keine Auskunft. Wenn z. B. bei Reisfütterung der RQ. zu 0,98, bei Eiweissnahrung zu 0,78 in einem halbstündi-

1) Abgesehen von den in Anm. 1 auf S. 103 erwähnten RQ. von 0,68—0,71 bei Hunger und Fettfütterung.

gen Versuch oder in noch kürzeren Zeiten gefunden wurde, so braucht das keineswegs zu bedeuten, dass etwa in dieser Zeit, für die ich beispielsweise im ersten Fall einen Umsatz von 12–14 gr Stärke neben ca. 2 gr Eiweiss in der Stunde berechne, diese Mengen wirklich, wie im Calorimeter, von ihrer ursprünglichen Molecularstructur bis zu ihren Endprodukten oxydirt worden sind. Man kann sich sehr wohl auch den Verlauf so vorstellen, dass, wenn zwischen dem unversehrten Molecül der Stärke resp. des im Körper vorhandenen Traubenzuckers und dem Endstadium der Verbrennung, der Kohlensäure, 3, 6, x Zwischenstadien vorhanden wären, in gleicher Zeit stets annähernd ebensoviel Molecüle aus dem ersten ins zweite, aus diesem in das dritte, aus dem $(x-1)$ ten ins xte, und aus diesem in das letzte Stadium übertreten; das würde für den Sauerstoffverbrauch, die Kohlensäureausfuhr, den RQ., für den Energieumsatz dann auf dasselbe hinauskommen, als wenn die gleiche Anzahl Molecüle eine totale Oxydation erlitten habe. — Wollte man sich diese Vorstellung unter einem Bilde vergegenwärtigen, ähnlich wie das Hösslin einmal für die Verhältnisse der Eiweisszersetzung gethan hat, so könnte man von einem Wassersturz sprechen, zu dem man oben Wasser von höherem Energiegehalt (infolge der grösseren Entfernung vom Erdboden) zufließen sieht, während unten eine entsprechende Menge Wasser mit geringerem Energiegehalt fortgeht. Wie das Wasser bei seinem Fall Energie abgibt, so die Brennstoffe bei ihrer Verbrennung. Die einzelnen Stufen der Cascade, in denen das Wasser mehr oder minder Energie bereits abgegeben hat, und weniger oder mehr noch abzugeben im Stande ist, wären zu vergleichen mit den verschiedenen Zwischenstadien, die bei der Oxydation die Nahrungsbestandtheile durchlaufen. Die Anzahl dieser Cascaden ist uns unbekannt, wir kennen auch nicht den Abstand resp. die Höhe derselben (d. h. die Energiedifferenz des in je zweien befindlichen Wassers, zweier verschiedener Oxydationsstufen), wir kennen auch nicht die Geräumigkeit der verschiedenen über einander gelegenen Wasserbecken, die eine ganz verschiedene Capacität haben können (d. h. es könnten möglicherweise von den verschiedenen Oxydationsprodukten zu gleicher Zeit verschieden grosse Quantitäten im Körper vorhanden sein); wir nehmen aber an, dass stets in der gleichen Zeit aus einem Wasserbecken ebensoviel Wasser nach unten abflüsse, wie von einem höher gelegenen zu-

strömt, wir nehmen an, dass ein dynamisches Gleichgewicht herrsche, oder doch in aller kürzester Frist sich einstelle. Dann können wir, wenn wir nur die Höhe des Falles und die Menge des unten abfliessenden Wassers kennen, aus diesen beiden Factoren die abgegebene Energie leichtlich berechnen.

Der ausserordentlichen Gleichmässigkeit des Gaswechsels des nüchternen oder hungernden Organismus im Ablauf der einzelnen Tagesstunden (R u b n e r : CO_2 beim Hund; Verf. O_2 und CO_2 beim Menschen und Hund), muss, und das giebt auch R o s e n t h a l zu, da alle übrigen Bedingungen gleich bleiben, auch eine gleiche Wärmeproduktion entsprechen; das Verhältniss beider Grössen schwankt bei Nahrungsaufnahme je nach Art und Menge der genossenen Stoffe, und nach der Art, in der diese nach einander zur Resorption und zur Verbrennung kommen (welch letzterer Punkt R o s e n t h a l [Sitz. Ber. 1889. S. 245 ff. u. 1888 S. 1309 ff.] hervorhebt)¹⁾, in verhältnissmässig engen, ziemlich genau zu überschehenden Grenzen.

Die genaue Darlegung dieses Verhaltens der qualitativ so gleichmässigen Zersetzung involvirt zugleich eine Rechtfertigung der von vielen, speciell auch im Z u n t z'schen Laboratorium geübten Untersuchungen des Gaswechsels und des Energieumsatzes mittels kürzer dauernder Experimente. Diese werden von Autoren der Münchener Schule öfters, zuletzt von Fritz Voit, als zur Entscheidung vieler Fragen unbrauchbar oder doch nur bedingt zulässig gegenüber vollen Tagesversuchen hingestellt, so dass es gerechtfertigt erscheinen muss, auf diesen Gegensatz der Anschauungen und Untersuchungsmethoden mit ein paar Worten einzugehen. Der Gesamtumsatz eines Thieres, eines Menschen in grösseren Zeiträumen, seine Kohlensäureausscheidung (N-Bilanz), der Verbrauch an Fett, Kohlehydraten, Eiweiss, der Energieumsatz, und manche

1) Aus dem Nahrungsgemisch von Fleisch und Fett kommen Peptone früher zur Resorption und zur Verbrennung wie das Fett; würden selbst, was nach zahlreichen Erfahrungen nicht der Fall ist, in der ersten Hälfte des Tages ausschliesslich Eiweiss, späterhin ausschliesslich Fette zur Zersetzung gelangen, so würde doch die Verschiedenheit der calorischen Aequivalente in diesem Fall nicht ausreichen, um R o s e n t h a l's Zahlen zu erklären; auch nicht die ja am wenigsten schwankenden, die er (Akad. Ber. 1889. S. 245 ff.) angiebt, da R. auch hier noch für den Kohlensäurefactor Werthe von 3,7, 4,0 und 4,18 findet.

andere Fragen können direct nur im Pettenkofer'schen, resp. im Regnault-Reiset'schen Apparat bestimmt werden. Für die quantitative Erforschung des thierischen Gesammthaushaltes ist die Einführung jener beiden Apparate der bedeutendste Fortschritt gewesen. Für die so überaus wichtige Aufstellung 24stündiger Bilanzen (Bestimmung der Isodynamie der Nährstoffe, Fettablagerung aus Eiweiss etc. etc.) ist die Pettenkofer-Voit'sche Methode, wenn auch auf anderem Wege controllirbar und einer Controlle nicht absolut überhoben, so doch unbestritten souverain. — Aber jener Gesammtumsatz setzt sich aus verschiedenen Einzelposten zusammen, und die Vertheilung desselben auf die einzelnen Ursachen ist nach der Münchener Methode nicht stets ersichtlich. Jene Hauptfactoren sind, sofern die übrigen Bedingungen (äussere Temperatur, Körpergewicht und Zustand) gleichgehalten sind: 1. derjenige Verbrauch, der bei vollkommener Ruhe im nüchternen Zustand stattfindet: der Minimalverbrauch, der zur Erhaltung der Eigenwärme, zur Erhaltung der Functionen des Körpers nothwendig ist: 2. der Umsatz, der durch die Zufuhr von Nahrung bedingt ist, und 3. derjenige der auf Rechnung von willkürlicher Muskelarbeit kommt. In welcher Weise jene 3 Factoren an der Summe theilnehmen, ist nicht a priori ersichtlich. Specieell für das Verhältniss zwischen der (in mechanischem Maass auszudrückenden) Muskelarbeit und dem durch diese bedingten Gaswechsel konnten aus nabeliegenden Gründen jene Tagesversuche keinen Aufschluss bringen; sie hatten sogar zu durchaus irrigen Auffassungen geführt, während Speck auf Grund seiner zahlreichen, nur sehr kurze Zeiträume umfassenden Versuche mit verhältnissmässig einfachen Mitteln zu richtigen Erfahrungen kam¹⁾; gerade die Feststellung der hierher gehörigen Verhältnisse kann fast nur oder doch am leichtesten und sichersten mittels kurzer Versuche entschieden werden, wie denn auch auf diesem Wege bereits ein reiches Material gewonnen ist. Aber auch abgesehen von diesem Umstand, dass die Feststellung eines mechanischen Gaswechsel-Aequivalents in Tagesversuchen unmöglich gewonnen werden könnte, sind es auch die Muskelbewegungen, die uncontrolirte Tagesarbeit, die in den Tagesverbrauch des Organismus eine Variable einführt, die nicht bekannt ist; die be-

1) Wie er auch sehr bald die Lehre von einer Sauerstoffaufspeicherung im Körper unter Nachts bestritt.

wirkt, dass die Bruttowerthe des Umsatzes der verschiedenen Versuche nicht ohne weiteres und unbedingt mit einander vergleichbar sind; wären wirklich — was für das Thier unter Innehaltung möglichst gleicher Bedingungen annähernd der Fall zu sein scheint — für das gleiche menschliche Individuum die Grösse der (nicht vorgeschriebenen, nicht gemessenen) Muskularbeit an verschiedenen Tagen gleich, — was bei der grossen Bedeutung psychischer und anderer Einflüsse keineswegs sicher ist, — so ist eine derartige Annahme für verschiedene Menschen, deren Stoffwechsel verglichen werden soll, speciell dann, wenn es sich um Vergleich gesunder und kranker Individuen handelt, ganz unwahrscheinlich und unbewiesen¹⁾. — Das Unbekanntsein dieser Grösse, des durch Muskularbeit bedingten Stoffumsatzes, erschwert denn auch häufig die Schlüsse, die aus dem Vergleich verschiedener Tagesuntersuchungen gezogen werden sollen; wird z. B. an einem Tage Nahrung gereicht, am nächsten nicht, so könnte die Differenz des Stoffumsatzes nicht ohne weiteres auf Rechnung der Nahrungszufuhr gesetzt werden; so lange nicht, bis nicht ausser der Gleichheit aller anderen Factoren auch die der Bewegung constatirt ist. — Eine solche zu erreichen, in einem wie es scheint recht hohen Grade, — das muss man aus der grossen, aber auch nicht stets erzielten Gleichmässigkeit seiner Resultate schliessen — ist offenbar Rubner gelungen, — dessen Hunde nach seinen Angaben wohl gleichmässig nur ein Minimum von Bewegungen leisteten.

Der grosse Vortheil dieser kurzdauernden Versuche, die sich ja im Wesentlichen durch die direkte Sauerstoffbestimmung von den Untersuchungen im Pettenkofer'schen Apparat unterscheiden, besteht darin, dass die Kenntniss des respiratorischen Quotienten zu verschiedenen Zeiten einen guten Einblick gibt in die Betheiligung der einzelnen Nährstoffe am Umsatz, dass qualitative Aen-

1) Es liegen zwar noch keine directen Bestimmungen vor, aber ich glaube, dass die willkürlichen Bewegungen den Ruheumsatz um wenigstens 5—10, aber auch um 20—25—30% steigern können, ohne dass bei letzterem Maass schon eine sehr erhebliche, stark in die Augen springende Arbeit geleistet zu werden brauchte. Mit Fritz Voit einen Ausgleich der 24stündigen, activen Bewegungen bei Menschen von verschiedenem Temperament, verschiedenem Ernährungszustand, verschiedener Beschäftigung, verschiedenem Gesundheitszustand im Apparat anzunehmen, scheint mir nicht zulässig.

derungen des Gaswechsels, wie sie beispielsweise bei Muskularbeit eintreten können, sich kenntlich machen u. s. w.

Die Möglichkeit, denjenigen Faktor, der die Grösse des Gaswechsels am stärksten beeinflusst, die willkürlichen Bewegungen stets gleich gross, nämlich gleich null zu machen, lässt die kurzdauernden Versuche sehr geeignet erscheinen, um den Gaswechsel verschiedener Personen in vollkommen vergleichbarer Weise festzustellen. So hat sich schon durch die Untersuchungen mehrerer Autoren, u. a. Speck's, Loewy's, deutlich gezeigt, dass der Gas- und Kraftwechsel verschiedener Personen, auf die Gewichtseinheit bezogen, recht erheblich von einander differiren kann; ebenso geht aus den Zahlen von Smith, Speck und mir hervor, dass er auch bei dem gleichen Individuum innerhalb nicht ganz enger Grenzen physiologischerweise schwankt. Diese Schwankungen unter möglichst gleich gehaltenen äusseren Bedingungen zeigen offenbar eine verschiedene Thätigkeit des Lebensprocesses an, sie sind sicher nicht durch Fehler der Methodik (im weitesten Sinn) bedingt. Dass derartige Schwankungen bei den Tagesuntersuchungen am Menschen nicht so sehr hervortreten, liegt wohl hauptsächlich daran, dass von diesen höchst wichtigen Reihen leider nur eine kleine Anzahl vorliegt, sehr viel weniger als vom Hunde. Dass hier bei dem gleichen Thier innerhalb kurzer Zeiträume recht erhebliche Unterschiede auch in der Gesamttageszersetzung vorkommen, darauf habe ich oben (S. 25) hingewiesen. — Der wesentlichste und nicht ganz unberechtigte Einwurf, den man der Methode der kurzdauernden Versuche machen kann, wie dies Fritz Voit¹⁾ gegenüber Leo's²⁾ Untersuchungen gethan hat, ist der, dass 2 kurz nacheinander angestellte Untersuchungen am gleichen Tage recht verschiedene Werthe ergeben können. Fr. Voit berechnet³⁾ solche von 10—24% für den Sauerstoffverbrauch in Leo's Versuchen. Leo's Experimente waren allerdings — wenn auch für seinen Zweck ausreichend und zum Beweis seiner Anschauung genügend⁴⁾, — etwas kurz.

1) Fr. Voit, Ztschr. f. Biol. Bd. 29. S. 125.

2) Leo, Ztschr. f. klin. Medicin. Bd. 19. Suppl. S. 1.

3) l. c. S. 143; die eine auffällig grosse Differenz von 24% beruht sicher, wie auch Leo schon angab (l. c. S. 12), auf einem Versuchsfehler.

4) Im Verein mit der richtigen Deutung der alten Voit'schen Versuche durch Leo.

Ich selber habe — dank der inzwischen verbesserten Methode, bei mehreren einander folgenden etwas längeren Versuchen (von je 15—30 Minuten Dauer) — viel kleinere Differenzen ¹⁾ gefunden; und halte es auch, wo es sich um scharfe quantitative Ermittlungen handelt, um Erforschung kleiner Differenzen, für nothwendig, Zeitdauer und Zahl solcher Versuche nicht zu sehr zu beschränken. — Unter diesen Umständen aber und bei genauer Kenntniss der einschlägigen Verhältnisse ist die Methode, deren Gleichberechtigung neben der von der Münchener Schule geübt, ich in diesen Zeilen hervorheben zu müssen glaubte, durchaus geeignet, ein sehr grosses tadelloses Material zur Kenntniss des Stoffwechsels in verschiedenen physiologischen und pathologischen Zuständen zu gewinnen.

Seit Speck sowie Zuntz und v. Mering als Ursache der Gaswechselsteigerung nach Nahrungsaufnahme die Verdauungsarbeit hingestellt haben, ist diese Ansicht, wie es scheint, von den meisten Autoren acceptirt worden ²⁾. Nur Fick ³⁾ hält noch die Möglichkeit aufrecht, dass die Cirkulation von verbrennungsfähigem Material den Verbrennungsprocess anrege; er gab dieser Anschauung die neue Fassung, dass es das Eiweiss allein sei, dem die Wirkung zukomme, die Oxydation und die Kohlensäureausfuhr zu steigern. Die von Fick selbst gewünschte Versuchsanordnung zur Entscheidung der Richtigkeit seiner Anschauungen ist in vorliegender Arbeit geübt worden. Es hat sich mit Sicherheit ergeben — ebenso wie das aus Rubner's Versuchen bereits zweifellos hervorging — dass auch nach dem Verzehr kleiner und grosser Mengen von Fett und Kohlehydraten beim Hund wie beim Menschen, Kohlensäureausfuhr, Sauerstoffverzehr, Energieumsatz

1) An 31 Tagen, unter denen 5mal je 2, zumeist 3, aber auch 4, 5, 6 und 7 Versuche in nüchternem Zustand hinter einander angestellt wurden, fanden sich folgende prozentische Differenzen zwischen dem grössten und kleinsten Sauerstoffverbrauch des gleichen Tages: 6, 4, $2\frac{1}{2}$, 2, 4, 4, $8\frac{1}{2}$, 3, 6, 8, 6, $2\frac{1}{2}$, $4\frac{1}{2}$, 5, 9, 2, 5, 3, 7, 7, $4\frac{1}{2}$, 10, 6, 9, 9, 2, $4\frac{1}{2}$, 6, 4, $1\frac{1}{2}$ %.

2) V o i t's Einwände (H e r m a n n's Handbuch. Bd. IV². 1881. S. 209) richten sich, wenigstens theilweise, gegen Annahmen, die jenè Autoren, deren ausführliche Publication damals noch nicht vorlag, nicht im Sinne gehabt haben.

3) F i c k, Die Zersetzungen des Nahrungseiweisses im Thierkörper. Sitzber. d. Würzburger phys.-med. Gesellschaft. 1890. (21. XII. 89).

mehr oder minder stark anstiegen, jedenfalls sehr viel stärker, als dass — wie das Controllversuche für die Reisfütterung beim Hund zeigten — die Steigerung durch die kleinen in der Nahrung enthaltenen Mengen Protein hätte zu Stande kommen können. Fick hatte in seinem kleinen Aufsatz versucht, rechnerisch nachzuweisen, dass die bei der Verdauung statthabende Secretion nur einen kleinen Theilbetrag der wirklich vorhandenen Kohlensäuresteigerung bedingen könne. Er nahm — wohl absichtlich — die Menge der sechsständigen Secretions-Produkte nach einer Hauptmahlzeit beim Menschen mit 6 kg etwas hoch an; er berechnete dann den Wärmemehrumsatz bei der Secretion aus Ludwig's Experimenten ¹⁾ an der Submaxillardrüse, deren Temperatur um 1° bei Reizung stiege. Bei einem Gewicht der Drüse von etwa 20 gr erforderte die (NB. nur einmalige!) Anwärmung um 1°, also 20 gr Calorien (20000 Mikrocalorien); für die Zeit, während derer die Drüse 10 gr Secret liefert, lässt er, schätzungsweise, die Drüse durch den Blutstrom und durch Wärmeleitung 20 Calorien nach aussen abgeben, also ausser jenen ersten 20 weitere 20 Calorien durch die Thätigkeit gebildet sein. Somit schätzt er, dass günstigsten Falles für 10 gr Secret 40 Calorien, für 5 Kilo Secret 20000 Cal. oder 20 grosse Calorien producirt werden, die aus der Verbrennung von 25 gr Kohlenstoff mehr als gedeckt würden; diese entsprächen etwa 4,5 Lit. CO₂ (unter Normalbedingungen), während nach dieser Hauptmahlzeit sehr wohl 11 l. CO₂ in 6 Stunden mehr ausgeschieden werden können. — Fick's Rechnung ist wahrscheinlich in einem wesentlichen Punkte zu modificiren. F. schätzt die Wärmeabgabe der Drüse (durch den Blutstrom und Wärmeleitung), während sie 10 gr Secret liefert, auf 20 Calorien. Das ist viel zu gering. Aus Angaben von Heidenhain ²⁾ und

1) Wiener Sitzber. 1857. S. 584. Wiener med. Wochenschr. 1860. S. 449.

2) Heidenhain, Pflüger's Archiv. Bd. 17. S. 8 findet eine maximale Secretion von 3,2 ccm pro Minute; meist bleibt das Speichelvolum unter 2 ccm pro Minute. In Ludwig's Versuchen beträgt (Wiener med. Wochenschr. 1860. S. 459 ff.) die mittlere Secretion pro Minute ca. 0,9, 1,1, 1,5, 1,9 und 1,7 ccm in Versuchen von 4–6 Minuten Dauer. Nach Cl. Bernard (Cannstatt. Jahresber. 1858. S. 61) passiren bei Chordareizung 5 ccm Blut die Submaxillardrüse in 15 Secunden, also in einer Minute 20 ccm, während welcher Zeit zumeist weniger als 2 ccm Speichel abgesondert werden; wahrscheinlich ist übrigens, dass Cl. Bernard nicht das gesammte Venenblut aufzufangen.

Claude Bernard folgt, dass in minimo bei Absonderung von 10 gr Speichel 60 ccm venöses Blut aus der Drüse tritt; diese Zahl, die unter den ungünstigsten Bedingungen aus den Versuchen der Autoren berechnet, also ein Minimum ist, ist sicher viel zu klein, da 70 ccm arterielles Blut nicht wohl 10 gr (Speichel) Secret liefern und sich so bis auf 60 ccm eindicken, d. h. etwa ein Fünftel ihres Wasservorrathes verlieren können. Setzen wir so etwa auch, noch zu niedrig, 90 ccm venöses Blut an, die bei Abgabe von 10 gr Secret die Drüse passiren, so würden sowohl diese 90 ccm Blut wie die 10 gr Speichel, also ca. 100 gr Flüssigkeit um $1-1\frac{1}{2}^{\circ}$, in minimo um einen Grad über die Temperatur des Carotisblutes nach Ludwig erwärmt werden müssen. Sehen wir also von der, ja nur einmal, zu Beginn der physiologischerweise langdauernden Secretion stattfindenden Temperaturerhöhung der Drüsenmasse, sowie von dem Wärmeverlust durch Leitung ab, so würden bei der Secretion von 10 gr Speichel nach obigem $100 \times 1,00 = 100$ Calorien frei geworden sein. Für 5 Kilo Secret¹⁾ wären das 50 grosse Calorien, als Minimalwerth, für 6 Kilo 60. Im Mittel der 3 Versuche mit Mittag Mahlzeiten (s. S. 90 Tab. 40) betrug die durchschnittliche Minutenzunahme des Sauerstoffverbrauchs während 6 Stunden nach dem Hauptmahl gegenüber dem Nüchternwerth 53 ccm, der Gesamtmehrverbrauch $53 \cdot 360 = 19,1$ l. O_2 ; 1 l. O_2 Verbrauch bedeutet unter diesen Verhältnissen nach S. 9 eine Wärmeproduktion von ca. 4,7 Cal., 19,1 l. demnach ca. 89,6 Cal. Von diesen wären nach Fick's Rechnungsweise 50 oder 60 Calorien in minimo ohne jeden Zwang aus der Drüsen-thätigkeit herzuleiten. Dazu kömmt die Arbeit der glatten Magen-Darm-Muskulatur, die etwas weniger wie 2% des Körpergewichts ausmacht und auch wohl dementsprechend etwas Arbeit leistet, für die ein Maass allerdings vollkommen fehlt. Liesse man diese aber den Gaswechsel auch nur um wenige Prozente (2—3% während 6 Stunden) in die Höhe treiben, so wäre der grosse Unterschied gegen die Leistungen der Skelettmuskulatur, den Fick betont, durchaus gewahrt, da willkürliche Arbeit den Umsatz während 6 Stunden um ca. 150²⁾ (in kürzeren Versuchen um 3—500%)

1) Fick rechnet in seinem Aufsatz, trotzdem er 6 kg Secret annimmt, späterhin nur mit 5 kg.

2) Beim Bergsteigen sowie beim Marschiren auf der Landstrasse kann

steigern kann; und es würden bei dieser Annahme weitere 6—10 Calorien des Mehrumsatzes gedeckt sein. Dazu käme die nicht geringe Mehrarbeit des Herzens, ferner der durch die vermehrte Lungenventilation (infolge erhöhter Kohlensäureproduction) bedingte Mehrverbrauch an Brennmaterial.

Diese ganze Rechnung, deren unsichere Grundlagen nicht verkannt werden ¹⁾, soll uns zeigen, dass der Versuch, den Mehrverbrauch ganz oder zum weitaus grössten Theil auf die „Verdaunungsarbeit“ zurückzuführen, keineswegs unmöglich ist. — Wie gross der wirkliche Antheil der Verdauungsarbeit an dem von mir gefundenen Mehrverbrauch ist, kann nicht genau festgestellt werden, da ja eine Mitbetheiligung anderer Momente wie die der Anregung der Oxydation durch die Circulation von oxydationsfähigem Material bei meinen Versuchen nicht mit Bestimmtheit ausgeschlossen werden kann. Die Verdauungsarbeit kann bei Annahme dieser Möglichkeit vielleicht nur einen Theil (jedenfalls wohl den grössten) der Erhöhung des Energieumsatzes bedingen, aber ihre Leistung kann umgekehrt auch grösser sein, als die in die Augen springende, die sich in der Zunahme des Gaswechsels ausdrückt. Nach Rubner ²⁾ wird beim (Meerschweinchen und beim) gefütterten Hund, so lange die Lufttemperatur unter 20° bleibt, ein Theil der bei und durch die Ver-

bei einem rüstigen Mann die Zunahme während 6 Stunden bequiem 250% betragen; und dabei ist hier höchstens $\frac{2}{3}$ der Skelettmuskulatur theilhaft.

1) Ludwig selber hat eine derartige Berechnung anzustellen nicht für erlaubt erachtet. Doch soll obige Berechnung ja nur Minimalwerthe geben. Der wesentlichste Einwand gegen diese Rechnung wäre der, dass das Venenblut in Ludwig's Versuchen verschiedene Temperaturen gezeigt hätte; aber meist ist in jenen Versuchen das venöse Blut nur wenig kühler wie der abgesonderte Speichel; für letzteren aber sind, wie Ludwig ausdrücklich hervorhebt und auch Heidenhain bestätigt, die höchsten beobachteten Temperaturüberschüsse von 1,3—1,5° C. über der Wärme des Carotisblutes Minimalwerthe. — Temperatursteigerung im Intestinaltractus während der Verdauung sahen Kronecker und Meyer (du Bois' Archiv 1879. S. 567) (um 0,5—1,3° C. im Magen). — Nach Cl. Bernard (citirt bei Frédéricq, Arch. de Biol. 1882. S. 696) beträgt die Temperatur

	in der vena portae	der Lebervene	im rechten Herz
beim nüchternen Hund	37,8	38,4	38,8
b. Beginn d. Verdauung	39,9	39,5	—
auf d. Höhd. Verdauung	39,7	41,3	39,2.

2) Ausführliche Darlegung in „Biologische Gesetze“. Marburg 1887.

dauung gebildeten Wärme latent, indem diese Mehrproduktion ausgeglichen wird durch eine Minderproduktion von Wärme in den Muskeln ¹⁾. (In verschieden hohem Maasse je nach der Höhe der Temperatur, von welcher die „chemische Regulation“ abhängt.) Somit wäre die Wärmebildung bei der Verdauung noch grösser, als sie aus der Zunahme des Gaswechsels zu berechnen ist. — Für den Menschen scheint übrigens bei mittlerer Zimmertemperatur (15—19° C.) eine derartige Regulation nicht zu gelten. Aus den Untersuchungen Voit's ²⁾ scheint hervorzugehen, dass bei einer Temperatur von ca. 15° der minimalste Stoffwechsel bereits erreicht ist (für das nüchterne Meerschweinchen erst bei 30°), und Loewy ³⁾ hat gezeigt, dass unter normalen Verhältnissen die Muskulatur des Menschen für die Wärmeregulation überhaupt nicht in Anspruch genommen wird, so dass hier eine chemische Regulation durch „Ausschaltung der Muskeln“ im Sinne Rubner's nicht mehr stattfinden kann.

Kann auch die von mir in der vorliegenden Arbeit benutzte Versuchsanordnung kein definitiv ausschlagendes Material beibringen zum Beweis der Anschauung, dass der während der Verdauung gefundene grössere Stoffumsatz durch die Verdauungsarbeit bedingt sei, so sprechen doch einige Erfahrungen zu Gunsten dieser Ansicht. So die erhebliche Steigerung des Gaswechsels nach Knochenfütterung (s. S. 81 ff.), die verhältnissmässig geringe bei einer Ueberladung des Körpers mit Fett, ferner das Fehlen einer Umsatzvermehrung in der 2ten Stunde nach Zufuhr von Zucker oder Stärkemengen, zu einer Zeit, wo dieselben noch reichlich im Körper circulirten und verbrannten (der RQ. war erheblich gestiegen); das schnelle Eintreten des vermehrten Sauerstoffverbrauchs nach Speiseaufnahme, auf welches Speck seine Ansichten stützte, ist in zahlreichen meiner Versuche deutlich sicht-

1) In Folge dieser Compensation findet eine Steigerung der Wärme-production nach Rubner bei Tagesversuchen „im Allgemeinen“ erst dann statt, wenn die Zufuhr den Bedarf überschreitet. — In Stundenversuchen tritt die Steigerung auch bei zureichender Zufuhr stets hervor.

2) Voit, Ztschr. f. Biologie. Bd. 14. S. 80.

3) Loewy, Pflüger's Archiv. 1890. Bd. 46. S. 189 ff.

bar. — Zu Gunsten der Anschauung von Speck und Zuntz lassen sich übrigens Leo's Erfahrungen am Diabetiker verwerthen, wenngleich der Autor selbst es nicht ausdrücklich in diesem Sinn thut. Leo fand bei seinen sämmtlichen Patienten nach Nahrungsaufnahme erhebliche Steigerung des Gaswechsels (auf die absoluten Grössen der Steigerung [30—40 % des Sauerstoffverbrauchs] lege ich kein Gewicht, da zu ihrer sicheren Ermittlung Leo's Versuche zu kurz waren; eine erhebliche Steigerung des Athemprocesses aber ist sicher). Diese Zunahme trat auch ein in 2 Fällen von „schwerem“ und „sehr schwerem“ Diabetes, in denen eine fast nur Kohlehydrate enthaltende Kost verabfolgt wurde (bei Kraus: 171 gr Brod und 250 gr Bier gleich ca. 100 gr Kohlehydrate und 14 gr Eiweiss [die beigegebene Butter kann vernachlässigt werden], bei Dräg 156 gr Reis, 30 gr Zucker = ca. 147 gr Kohlehydrate und 12 gr Eiweiss); in beiden Fällen konnten die Kohlehydrate jedenfalls nur zu einem kleinen Theil verwerthet werden¹⁾, und so kann die zweifellos vorhandene Steigerung der Oxydation hier sicher nicht durch die Annahme erklärt werden, dass die Zellen des Körpers bei reichlicherer Durchtränkung mit oxydationsfähigem Material ihre Verbrennungsprocesse steigern; für den hochgradigen Diabetiker sind eben die Kohlehydrate ein nur schwer resp. in sehr beschränktem Maass oxydationsfähiges Material; hier liegt nur die Annahme im Bereich der Möglichkeit, dass die „Verdaungsarbeit“ die Steigerung des Umsatzes bewirke.

Bezüglich der verschieden starken Anregung des Stoffumsatzes durch die verschiedenen Nahrungsstoffe sind Rubner's experimentelle Ergebnisse und Ansichten vollkommen zu bestätigen; ich war fast überall auf einem von dem seinigen verschiedenen Wege zu Zahlen gelangt, die den seinigen so nahe stehen, wie man das bei heterogenen Untersuchungen nur erwarten kann. Demnach wird durch Zufuhr von Fett der Gaswechsel und der Kraftumsatz am wenigsten, durch Eiweiss am stärksten gesteigert²⁾. Die

1) Der RQ. stieg nach der Mahlzeit nicht; der 2. Patient konnte jedenfalls nur sehr geringe Mengen von Zucker umsetzen, da er bei gemischter Kost über 500 gr, bei möglichster Enthaltung von Kohlehydraten 150—250 gr Zucker im Harn ausschied (s. Leo's Arbeit S. 14).

2) Für eine genaue quantitative Vergleichung der Tagessteigerungen haben Rubner's Zahlen (Sitzber. d. Münchener Akad. 1885. S. 452) grösseren Werth als die meinen.

Kohlehydrate stehen in der Mitte. Für sie wie für die Fette etwa eine specifische Wirkung anzunehmen, derart, dass ihre Zufuhr zu den Zellen deren Thätigkeit anregen sollte, liegt kein Grund vor. Die grössere Wirkung der Kohlehydrate könnte wohl, wenigstens zum Theil, darauf zurückzuführen sein, dass sie als krystalloide lösliche Substanzen eine ziemlich erhebliche Steigerung des Säftestromes bedingen, während die Fettpartikelchen zum grössten Theil als solche blos mechanisch suspendirt mitgeführt und wohl bald in bestimmten Reservoiren deponirt werden. Gegenüber den mehrfachen Umwandlungen, die das Stärkemolecül durchzumachen hat, bis es in löslicher Form resorbirt und als Traubenzucker, Glykogen oder Fett seine Verwendung finden kann, wird wohl der grösste oder doch ein sehr grosser Theil des verzehrten Fettes als solches resorbirt, der Rest erleidet eine einmalige hydrolytische Spaltung, der alsbald eine Synthese des ursprünglichen Körpers folgt: Das Fett der Nahrung wird fast ohne Veränderung aufgenommen und verwerthet, nicht so die Kohlehydrate ¹⁾.

Ob man jedoch die nach Aufnahme von Eiweiss eintretende Steigerung des Umsatzes stets ausschliesslich auf Verdauungsarbeit zurückführen könne, scheint mir zweifelhaft; einige Umstände sprechen dafür, hier noch ausserdem eine specifische Wirkung des Eiweisses anzunehmen, derart, dass das Eiweiss, ähnlich wie Fick es will (nur nicht ausschliesslich, wie er meint, und auch vielleicht auf anderem Wege), die Zellen des Körpers direct zu einem erhöhten Umsatz veranlasst ²⁾. Nicht als ob das Eiweiss nun eine ganz andere Rolle spielte, wie die Fette und Kohlehydrate: die Zeiten, wo man den Stoffwechsel allein nach dem Eiweissumsatz maass und ihn auf das Zehnfache gesteigert glaubte, wenn im Urin zehnmal so viel Stickstoff erschien, liegen schon lange hinter uns, in erster Reihe dank Vo it's Untersuchungen. S p e c k ³⁾ sprach

1) Worauf übrigens, wie ich nachträglich sehe, schon Hösslin deutlich hingewiesen hat.

2) Die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, welche v. Mering und Zuntz, sowie Potthast (Pflüger's Archiv. 32. S. 173 u. 180) nach intravenöser Zufuhr des nicht weiter gereinigten Productes der peptischen Verdauung von Eiweiss constatirten, spricht auch dafür, dass gewisse Derivate der Eiweisskörper auch nach der Aufnahme in's Blut noch steigernd auf den Stoffwechsel wirken, was die anderen löslichen Nährstoffe nicht thun.

3) S p e c k, Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmak. Bd. II. S. 419.

aus, dass eine an Stickstoff reichere Nahrung beim Menschen (bei dem allerdings der Eiweissconsum immer nur, und auch in Speck's diesbezüglichen Versuchen [ca. 52,6 gr Harnstoff im Harn] beschränkt bleibt) den Normalumsatz (bei Ruhe) im nüchternen Zustand kaum beeinflusse; Hösslin¹⁾ zog aus den Pettenkofer-Voit'schen Reihen den Schluss, dass das Eiweiss bei stärkerer Zufuhr für andere Stoffe nach seinem Wärmewerthe eintrete; das Gleiche erklärte Rubner, der auf Grund zahlreicher eigener Untersuchungen die isodynamen Werthe für die verschiedenen Nährstoffe, so auch für das Eiweiss feststellte, und scharf nachwies, dass das Eiweiss die anderen Nahrungsstoffe nach den isodynamen Vertretungswerthen ersetze, also den Umsatz nicht in spezifischer Weise anrege. — Für den Fall, dass der Eiweissgehalt der Nahrung allein die für die Deckung des gesammten Stoffbedarfs nöthige Menge überschreitet, hat Pflüger auf Grund seiner Versuche am Hunde sehr bestimmt den Satz ausgesprochen, dass jedes Plus an Eiweiss den Stoffumsatz und die Wärmeproduction erheblich steigert, da von dem überschüssig zerfallenden Eiweiss kein Rest (etwa in Form von Fett) im Körper zurückbleibe. — Wenn ich nun auch eine spezifische Anregung des Umsatzes durch das Eiweiss als möglich hinstelle, so geschieht das auch nicht für „zureichende“ Mengen von Eiweiss in der Nahrung, und selbst für überschüssige nicht bei einmaliger Darreichung, wenigstens nicht in erheblichem Maasse. In der That ist der Unterschied der Umsatzsteigerungen bei etwa gleich grosser überschüssiger Zufuhr von Eiweiss resp. Kohlehydraten am ganzen Tag nicht so gross, um für beide Arten von Stoffen eine principiell verschiedene Wirkung annehmen zu müssen (23 resp. 18 %); selbst nicht in Rubner's besser und directer vergleichbaren Tagesuntersuchungen, wo die Differenz grösser ist (19,7 u. 10,2 %). Auch ein Vergleich der in stündlichen Versuchen erreichten maximalen Steigerungen des Gas- und Kraftwechsels zwingt nicht nothwendig zu einer solchen Annahme. In jenen „Reisreihen“ war eine maximale Steigerung des Sauerstoffverbrauchs um 39 % (in der 8ten Stunde) vorhanden, ihr entsprach eine Wärmemehrproduction von ca. 48—50 % (die Steigerungen sind freilich nicht allein von den Kohlehydraten der Nahrung herzuleiten, vielmehr ein nicht unerheblicher Theil auf die Rechnung des Ei-

1) Hösslin, Virchow's Archiv. 1889. S. 333 ff.

weisses zu setzen, cf. S. 53); die entsprechenden Maxima betragen in den 3 Eiweissreihen Nr. 86, 92, 95, 60—70 % für den Sauerstoffconsum, 50—60 % für den Wärmeumsatz. — Aber die hier zur Berechnung gelangenden Zahlenwerthe sind aus Versuchen abgeleitet, die am ersten Tag einer Eiweissfütterung stattfanden. Die procentualen wie die absoluten Steigerungen des Gas- und Kraftwechsels erreichen viel höhere Werthe, wenn eine starke Eiweisskost **dauernd** gegeben wird.

In diesen Reihen wird ein Verbrauch von 350, 360 und noch mehr cem Sauerstoff erreicht, auch in tadellosen Versuchen, auch da, wo ein normaler Nüchternwerth (öfter allerdings bei Versuchen, in denen bereits der Nüchternwerth sehr hoch ist) von ca. 185 cem O₂ beobachtet wurde. Das bedeutet eine Zunahme des Sauerstoffverbrauchs um fast 100 %. In der Reisreihe betrug die Wärmeerzeugung des ruhenden nüchternen Thieres 0,72—0,73, in der Fleischreihe etwa 0,83 Calorien pro Minute (berechnet aus den Zahlen S. 9). In einzelnen Stunden auf der Höhe der Verdauung liess sich eine Production von 1,5—1,6 Cal. pro Minute berechnen.

Eine so erhebliche Steigerung des Umsatzes ist wohl kaum aus der Verdauungsarbeit allein zu erklären, um so weniger, als auch die Nüchternwerthe gelegentlich in dieser Reihe auffallend hoch sind. Auch die Zunahme des Eiweissstandes am Körper genügt nicht zur Erklärung. Es scheint fast nöthig, eine specifische Wirkung des Eiweiss auf den Umsatz anzunehmen. Dass längere Zeit gegebene höher bemessene Fleischnahrung nicht nur den Eiweiss-, sondern auch den Gesamtumsatz anrege und erhöhe, sagt R u b n e r ¹⁾; auch aus einzelnen Reihen V o i t 's scheint das Gleiche hervorzugehen. In letzter Zeit verfielt, wie schon erwähnt, vor allem P f l ü g e r die dominirende Bedeutung des Eiweiss; er giebt in seinen vorbereitenden Mittheilungen zu seiner noch ausstehenden grossen Arbeit (Pflüger's Archiv. Bd. 52. S. 68 ff.) an, dass von allen Stoffen nur das Eiweiss die Fähigkeit besitze, den Stoffwechsel weit über das Bedürfniss zu steigern. Diese Erhöhung des Gesammttagesumsatzes kann zurückgehen sowohl auf eine Steigerung des Ruheverbrauchs wie auf eine directe Anregung, einen Reiz zu stärkerer activer Bewegung, zu grösserer Lebhaftigkeit;

1) L u d w i g 's Festschrift. S. 268.

letzteres ist aus manchen Erfahrungen wahrscheinlich; ersteres glaube ich aus meinen Versuchen entnehmen zu können.

Meine bisherigen, ja zunächst zu anderen Zwecken angestellten Untersuchungen, sind bei Weitem nicht zahlreich genug, um diese Anschauung lückenlos zu beweisen; dazu gehören eigene neue Reihen, in denen N-Bestand und Ausscheidung etc. zu controliren ist, die ich vielleicht demnächst unternehmen kann.

Die hier angenommene verschiedene Wirkungsweise des Eiweisses und der Kohlehydrate und Fette ist wenigstens in ihrer Wirkungsweise leicht verständlich. Werden letztere beide Stoffe im Ueberschuss zugeführt, so wird nur ein kleinerer oder grösserer Bruchtheil der Zufuhr zur Ueberführung des Materials in den Körper verbraucht; der grösste Theil des Ueberschusses als Reservematerial, als Fett aufgespeichert, das nur wenig Volum einnimmt; die Körpermasse nur wenig vermehrt, die Organisation derselben kaum verändert. Ganz anders beim Eiweiss: dieses kann — abgesehen von gewissen embryonalen Verhältnissen — nicht oder doch nur in geringem Maasse amorph oder krystallinisch, d. h. als nicht organisirte Masse am Körper abgelagert werden, und so ein bequemes Reservematerial abgeben (abgesehen von einer etwaigen, aber beim Hund, wenn überhaupt, nur in geringem Maassstab vorkommenden Fettbildung aus Eiweiss). Wird Protein in Mengen, die den Bedarf decken, zugeführt, so verdrängt es zunächst die anderen Nährstoffe aus dem Umsatz; eine specifische Wirkung in erheblichem Maasse liegt hier jedenfalls nicht vor. Bei einem beträchtlichen Ueberschuss wird ein Theil desselben für die Verdauungsarbeit verbraucht, ein Theil vermehrt die Menge des „circulirenden Eiweisses“, für das wohl übrigens das Maximum schnell erreicht wird. Von dem unter Umständen noch recht erheblichen Rest kommt blos ein Theil als Körperfleisch zum Ansatz. Warum das geschieht, oder doch wahrscheinlich geschehen muss, hat — meines Wissens zuerst und allein — in einer geistvollen und m. E. viel zu wenig gewürdigten Schrift Hösslin ¹⁾ ausgesprochen. Der Körper sucht nach H. die für ihn normale Menge von Organeiwiss in möglichst engen Grenzen zu erhalten, weil mit dem Wachsthum der Zelle ein (unverhältnissmässig) viel grösserer Verbrauch verbunden ist, und damit denn auch eine vermehrte Leistungsfähigkeit, wie auch mit

1) Virchow's Archiv. Bd. 89. S. 333 ff.

einer Abnahme des Organeiwisses eine sehr verminderte. Eine mittlere und sich annähernd gleichbleibende Leistungsfähigkeit erhält sich der Körper durch die annähernde Constanz seiner functionirenden Massen. Das Gegentheil, eine weitgehende Abhängigkeit des Organismus und seines Bestandes an functionirendem Eiweiss von den Zufälligkeiten der Nahrungszufuhr, eine rapide Ab- und Zunahme des Körperfleisches wäre — nach unseren heutigen Anschauungen — nicht zweckentsprechend, „dysteleologisch“ weniger vortheilhaft, wie die wirkliche Einrichtung. Darum zerstört der Körper den grössten Theil des überschüssig zugeführten Eiweisses. In der Verwerthung des zeitweisen Nahrungsüberschusses an stickstofffreiem Material verfährt der Organismus ganz anders; hier speichert er den Ueberschuss — den er übrigens in viel höherem Maass auf die Dauer verträgt, als einen solchen von N-haltigem Futter — auf, ohne sich durch diesen Zuwachs an Körpermasse eine grosse Veränderung seiner Leistungen aufzuerlegen. Ein Hund von 30 kg kann bequem und ohne Mühe sich nur 1 kg Fett anmästen, ohne in seinem Nahrungsbedürfniss, seinem Umsatz, seinen Leistungen sich sichtlich zu verändern; aber auch nur ein Kilo Eiweiss (von kaum dem halben Brennwerth des Fettes) als Körperfleisch (ca. 4—5 kg Muskel- oder Drüsensubstanz) zum Ansatz zu bringen, erfordert eine besondere Mühe, Zeit und Art der Fütterung, und das Thier würde am Schluss eines solchen Versuchs wesentlich anders sich verhalten wie am Anfang.

So würde dann bei anhaltendem starken Ueberschuss von Eiweiss in der Nahrung ein Theil desselben über das gewöhnliche Maass hinaus zur Verbrennung gelangen. Wo und wie ist nicht sicher. Diesen Ueberschuss etwa als nicht verwendbar, als nutzlos und ohne Effect „im Blut“ oder sonstwie zu Grunde gehen zu lassen, lediglich den Körper etwas stärker „angeheizt“ werden zu lassen, und ihn etwas mehr Wärme ausstrahlen zu lassen, wäre wenig plausibel. Zur Annahme einer derartigen „Luxusconsumption“ liegt wohl kein zwingender Grund vor. -- Dagegen wäre es wohl möglich, dass durch eine derartige Kost die animalischen Functionen gesteigert würden, dass die Eiweisskost einen stärkeren Reiz zu activer Bewegung ausübe, wie eine stickstoffarme, und dass diese Bewegungen energischer wären, die einzelnen Muskeln grösserer mechanischer Leistungen fähig seien (auch in der Ruhe könnte der Muskeltonus grösser sein). Liebig betont die enorme Unruhe und

Beweglichkeit der grossen Fleischfresser; der fleischgefütterte Hund soll viel lebhafter sein als einer bei gemischter Kost; die einmaligen oder kurzdauernden Kraftleistungen der grossen Fleischfresser übertreffen diejenigen der Pflanzenfresser, obgleich ihre nutzbare Gesamtleistung wohl gegen die der letzteren zurücksteht. Beim Trainiren der Engländer zu irgendwelchen körperlichen Wettkämpfen spielt die animalische Kost eine grosse Rolle; und wenn mir auch keine physiologische Analyse der bei diesem Regime wirksamen Momente bekannt ist, so kommt doch wahrscheinlich der stärkeren Eiweisszufuhr ein gewisser Antheil an dem erzielten Effect zu.

Sind diese Anschauungen richtig, so würde das überschüssig verbrennende Eiweiss doch nicht umsonst verpuffen, es würde die momentane Leistungsfähigkeit des Körpers erhöhen, und in der That die dominirende Stellung einnehmen, die Pflüger ihm neuerdings wieder zuweist.

Herrn Prof. Zuntz an dieser Stelle meinen Dank aussprechen zu können, gereicht mir zu lebhafter Freude; seiner Anregung folgend, übernahm ich die Bearbeitung des vorliegenden Themas; während der ganzen Dauer der Arbeit habe ich mich des Interesses und der Unterstützung in Rath und That seitens meines verehrten Lehrers stets und in der weitgehendsten Weise zu erfreuen gehabt.

Nachtrag zu den Versuchen über Knochenfütterung (S. 81 ff.).

Der Nachweis, dass die Steigerung des respiratorischen Stoffwechsels nach der Knochenfütterung nicht aus einer Wirkung des resorbirten N-haltigen Materials stammen kann, wird durch folgenden, inzwischen von Herrn Prof. Zuntz angestellten Versuch gesichert, den zu publiciren mir Herr Prof. Z. gütigst gestattet hat.

Eine dem tracheotomirten Hund an Grösse und Gestalt ähnliche Hündin, die bisher mit Fleisch und Fleischmehl gefüttert worden war, hungert 3 Tage, frisst dann 955 gr Knochen (meist Rippen und einige Theile von Wirbeln vom Pferd), hungert dann wieder 3 Tage, erhält hierauf 300 gr gehacktes Fleisch und hungert hinterher noch einen Tag. Der Stickstoffgehalt der verfütter-

ten Knochen wird in einer grösseren Durchschnittsprobe bestimmt, ebenso derjenige des verfütterten Fleisches, der des Knochenkothes, und des Harns, welch letzterer in 24- oder 12stündigen Perioden mit dem Katheter (unter Ausspülung der Blase) scharf abgegrenzt worden war. — Der erste Knochenkoth erschien bereits nach 12 Stunden, der letzte erst am achten Tag.

So ergaben sich für die Ausnutzung des Kothes folgende Zahlen:

	Trocken- Substanz	Asche	Organ. Substanz	Fett	Stickstoff
	gr	gr	gr	gr	gr
Einnahme 955 gr Knochen	779 ¹⁾	—	—	112,5	32,98 ¹⁾
Ausgabe 1015 „ Koth	445	324	121	17,8	9,72
Resorbirt	334	—	—	94,7	23,26

Die Bestimmung des Aschengehalts der Knochen ist leider missglückt.

Die Entleerung des Knochenkothes zog sich 8 Tage lang hin; während dieser Zeit hätte der Hund nach den Angaben Fr. M ü l l e r's²⁾ bei leerem Darm etwa 25 gr Hungerkoth mit etwa 5—8 gr Aetherextract und ca. 1,5 gr N gebildet. Die aus den Verdauungssäften herrührende Menge von N ist jedenfalls noch grösser, da ja nach R i e d e r's³⁾ Versuchen bereits eine nicht darmreizende Stärkezufuhr die N-Abgabe vom Darm beträchtlich vermehrt. Man kommt so zu dem Schluss, dass der Hund die ihm in Form von Knochen gebotenen Nährstoffe vorzüglich ausnützt. — Die Stickstoffausscheidung im Harn lehrt aber, dass diese Ausnützung sehr langsam erfolgt und wenigstens 3 Tage beansprucht. Die Stickstoffbestimmung in dem täglich resp. halbtägig scharf abgegrenzten Harn ergab folgende Werthe:

1) Die Knochen besaßen also einen Wassergehalt von 18,4 % und einen N-Gehalt von 3,45 %, d. h. höher als er oben (S. 82, je um 2,3 % N) auf Grund der Angaben von Volkmann (Vierordt's Tabellen. Jena 1893. 2. Aufl. S. 251) und Voit (ebenda S. 253) berechnet worden war. Etzinger's (Ztschr. f. Biologie. Bd. X. S. 100) (vorher getrocknete?) „lufttrockene Knochensubstanz“ enthielt 9,6 % Wasser, 90,4 % feste Theile; in letzteren 72,04 % Asche und 27,96 % organ. Substanz.

2) Fr. M ü l l e r, Ztschr. f. Biol. Bd. 20 S. 327 ff.

3) R i e d e r, Ztschr. f. Biol. Bd. 20 S. 378 ff.

Datum	Futter	Zeit	gr N		Bemerkungen
			halb- tägig	ganztägig	
30./31. V.	1ter Hungertag	9 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	—	7,88	
31.V./1.VI.	2ter „	9 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	—	5,75	
1./2. VI.	3ter „	9 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	—	5,55	
2./3. VI.	955 gr Knochen 400 ccm Wasser	9 $\frac{1}{2}$ —10 $\frac{1}{4}$ 10 $\frac{1}{4}$ —9 $\frac{1}{2}$	6,05 6,91	12,96	d. Knochen um 100—30 früh [verzehrt] an 3 Tag. 36,75 gr N im Urin
3./4. VI.	1ter Hungertag	9 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	—	12,28	
4./5. VI.	2ter „	9 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	—	11,51	bis zum 5. VI. früh 9 $\frac{1}{2}$ 940 gr Knochenkoth entleert; kein Koth bis z. 10. VI.; an dies. Tag noch 75 gr Knochenkoth früh 10 Uhr 300 gr Hackfleisch (analysirt) = 9,92 gr N
5./6. VI.	300 gr Hack- fleisch	9 $\frac{1}{2}$ —8 $\frac{1}{2}$ 8 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	8,56 3,39	11,95	
6./7. VI.	Hunger	9 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$	—	3,95	

Von diesen Daten ist für die Beurtheilung der Wirkung der Knochen auf den respiratorischen Gaswechsel bedeutungsvoll, dass in den ersten 12 Stunden nach der Knochenfütterung nur 6,05, dagegen schon in 10 $\frac{1}{2}$ Stunden nach 300 gr Fleisch 8,56 gr N im Urin erscheinen. Wenn in den Seite 82 mitgetheilten Versuchen die Wirkung einer ähnlichen Knochenmenge auf den respiratorischen Gaswechsel selbst die von 400 gr Fleisch bedeutend übertraf, so ist jede Möglichkeit ausgeschlossen, diese Wirkung aus dem vermehrten Umsatz von N-haltiger Substanz abzuleiten.

Neben dem Nachweis der vorzüglichen Ausnutzung so harter in keiner Weise mechanisch präparirter Knochen hat der Versuch noch das interessante Ergebniss geliefert, dass die Regel, es werde innerhalb 24 Stunden die genossene Nahrung vom Hund verdaut für so grosse Knochenmengen nicht gilt, die Resorption vielmehr 3 Tage lang in sehr gleichmässiger Weise andauert, wie der Harnstickstoff lehrt. Die am 4ten Tag (bei Fleischezufuhr) entleerte Stickstoffmenge von 11,95 gr N entspricht dem, was man nach Zufuhr von 9,92 gr N im Fleisch beim Hungerhund erwarten musste und demgemäss haben wir in der zweiten Hälfte des Tages nur noch wenig mehr N, als wir bei vollständigem Hunger zu erwarten hätten. Es war also in der That die Wirkung des Knochenstickstoffs vor Beginn der Fleischfütterung zu Ende. Sie hatte so lange gedauert, bis der grösste Theil des Knochenkoths entleert war. Die Hündin hatte bis zum 4. VI. Vm. 516 gr, bis zum 5. VI. Vm. weitere 424 gr frischen Knochenkoth entleert.

Wie bei der absolut unzureichenden Nahrungsmenge nicht anders zu erwarten war, haben die Knochen nur wenig Körpereiwiss vor dem Zerfall geschützt. Wir dürfen wohl annehmen, dass ohne Fütterung der Eiweisszerfall bis zum 7. VI. noch etwas niedriger geworden wäre, also noch weniger als 3,95 gr N ausgeschieden worden wären, und dass der Abfall von 5,55 gr N am 2. VI. bis auf $< 3,95$ gr N am 7. VI. ein stetiger gewesen wäre. Die Wirkung der Knochenzufuhr tritt dann in folgenden Zahlen hervor:

3. VI.	12,96	gr N	statt	5,23	gr N
4. VI.	12,28	"	"	4,91	"
5. VI.	11,51	"	"	4,59	"
<hr/>					
	36,75	gr N	statt	14,73	gr N

Wir haben ein Mehr von 22 gr N im Urin, während 23,26 gr N aus den Knochen resorbirt wurden.

Register.

	Seite
Einleitung	1
Die Methodik	9
Die allgemeine Versuchsanordnung. Der Gaswechsel im nüchternen Zustand	21
Der Gaswechsel bei Aufnahme von Fett	39
Der Gaswechsel bei Aufnahme von Kohlehydraten	46
Der Gaswechsel nach Aufnahme von Eiweiss beim Hund	69
Der Gaswechsel nach Knochenfütterung beim Hund	81
Der Gaswechsel nach Fleischaufnahme beim Menschen	86
Der Gaswechsel des Menschen bei freigewählter Kost	89
Kritische Besprechung der Ergebnisse	98
Nachtrag zu den Versuchen mit Knochenfütterung	123