

# Über die Anpassungsfähigkeit des tierischen Organismus an überreichliche Nahrungszufuhr. (Nach Versuchen am Hunde.)

Von

Dr. E. Grafe und Dr. D. Graham (Toronto).

Mit einer Tafel.

(Aus der medizinischen Klinik zu Heidelberg.)

(Der Redaktion zugegangen am 4. Mai 1911.)

Die durch die großen stoffwechsel-physiologischen Arbeiten der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts begründete Anschauung, daß die Größe des Umsatzes im tierischen Organismus unter gleichen Außenbedingungen bezogen auf die Einheit des Körpergewichts (Voit und Pettenkofer), der Oberfläche (Rubner) oder des lebendigen Protoplasmas (Pflüger) konstant bleibt, kann in ihrer strengen Allgemeingültigkeit heute wohl nicht mehr aufrecht erhalten werden, denn man hat im Laufe der letzten Jahrzehnte eine große Anzahl von Ausnahmen kennen gelernt. Zunächst zeigte sich, daß im Hunger nicht bei allen Tieren die Verbrennungen in gleichem Maße sanken, wie Protoplasmabestand und Körperoberfläche sich verkleinerten, sondern manchmal viel rascher.

Auf derartige Vorkommnisse beim hungernden Hunde hat vor allem Rubner<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht und auf zahlreiche kompensatorische Einflüsse zurückgeführt, die er unter dem Begriff der Individualität zusammenfaßt.

Beim Menschen, der wegen seiner Größe bei der Wärme-produktion viel günstiger gestellt ist, als die üblichen Laboratoriumstiere, scheinen Ausnahmen von dem Rubnerschen Gesetze, daß der Energieverbrauch des Hungernden proportional dem Körpergewicht absinkt, seltener zu sein. Jedoch findet man auch hier häufig, daß die Kalorienproduktion pro Körperkilo etwas abnimmt, so bei Tigerstedt<sup>2)</sup> und seinen Mit-

<sup>1)</sup> Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung. Leipzig und Wien 1902, S. 291 und 297.

<sup>2)</sup> Skandin. Arch. f. Physiol., Bd. VII, S. 1, 1897.

arbeitern und in den umfassenden Untersuchungen von Benedict<sup>1)</sup> (18 Versuche), bei denen im Durchschnitt im Laufe von 5 Hungertagen die Wärmeproduktion pro 1 kg von 30,7 auf 28,5 Kal. absank. Die Unterschiede sind natürlich lange nicht so groß wie beim Hunde, scheinen aber doch häufig deutlich ausgesprochen zu sein. Besonders zahlreich und beweisend sind Untersuchungen beim kranken, unterernährten Menschen, aus denen hervorzugehen scheint, daß eine erhebliche Anpassung an unzureichende Nahrungszufuhr möglich ist, bzw. daß bereits bei sehr geringer Nahrungszufuhr schon ein Gewichtsansatz sich erzielen läßt. Solche Beobachtungen haben Fr. Müller, A. Nebeltau, von Noorden<sup>2)</sup> und in besonders charakteristischer Weise Magnus-Levy<sup>3)</sup> mitgeteilt. Wenn auch für kürzere Versuchsperioden die Beurteilung aus den Gewichtsverhältnissen allein zu Irrtümern Anlaß geben kann, so ist doch ein Teil der Beobachtungen durch Respirationsversuche, die einen geringen Sauerstoffverbrauch ergeben, festgestellt. Leider handelt es sich allerdings fast immer um ganz kurzdauernde Zuntz-Geppert-Versuche. Auch die vielfach angezweifelte Angabe Svensons,<sup>2)</sup> daß in den ersten fieberfreien Tagen nach schweren Infektionskrankheiten in kurzen Zuntz-Geppert-Versuchen sehr niedrige Sauerstoffzahlen erhalten werden können, hat der eine von uns<sup>4)</sup> in langdauernden Respirationsversuchen bestätigen können.

Somit scheint heute sichergestellt, daß unter gewissen, sicher nicht normalen Verhältnissen auch der menschliche Organismus je nach seiner individuellen Struktur sich einer Beschränkung seiner Nahrungsaufnahme bis zu einem gewissen Grade anpassen kann. Desgleichen machen Beobachtungen von Svenson,<sup>2)</sup> Magnus-Levy<sup>5)</sup> u. a. es bis zu einem gewissen

<sup>1)</sup> The influence of inanition on metabolism. Publish. by the Carnegie Institution of Washington, S. 483, 1907.

<sup>2)</sup> Literatur über diese Frage in v. Noordens Pathologie des Stoffwechsels, Bd. I, S. 484 u. folg., 1906.

<sup>3)</sup> Zeitschrift f. klin. Mediz., Bd. LX, S. 199, 1906.

<sup>4)</sup> Grafe, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. CI, S. 228, 1910.

<sup>5)</sup> l. c.



Grade wahrscheinlich, daß in den ersten Tagen reichlicher Fütterung nach voraufgegangener Anpassung an länger dauernden Hunger oder stärkere Unterernährung die Verbrennungen in einem stärkeren Maße steigen, als dem Körpergewicht oder der Vermehrung des Protoplasmas entspricht.

Somit scheint schon eine gewisse Anpassung des Körpers auch an reichliche Nahrungszufuhr bewiesen. Allerdings handelte es sich in den vorliegenden Untersuchungen nur um vorübergehende, höchstens einige Tage dauernde Steigerungen des Grundumsatzes,<sup>1)</sup> und es ist aus den Angaben der Autoren nicht mit Sicherheit zu ersehen, ob nicht gleichzeitig mit dem Rückgang der Kalorienproduktion die Überernährung geringer geworden ist. Man könnte geneigt sein, anzunehmen, daß mit der Anpassungsfähigkeit an zu geringe Nahrungszufuhr gleichzeitig auch eine solche an abundante bewiesen sei. Jedoch läßt sich dagegen mit Recht einwenden, daß, wenn ein Organismus mit seinen Verbrennungen unter sein Normalniveau gehen kann, damit noch nicht gesagt ist, daß er es auch bei Überernährung überschreiten muß.

Auf Grund zahlloser Beobachtungen an Tieren und Menschen ist man heute wohl fast allgemein der Ansicht, daß nach gewissen Abzügen für Verdauungsarbeit, spezifisch-dynamischer Wirkung, usw. jede den Bedarf des Organismus übersteigende Nahrungszufuhr zum Ansatz kommt, sofern nur diese nicht ganz vorwiegend aus Eiweiß besteht. Der Möglichkeit einer Anpassung an eine verhältnismäßig eiweißarme, sonst aber abundante Nahrungszufuhr oder einer Luxuskonsumption<sup>2)</sup> verhalten sich fast alle Autoren äußerst skeptisch, meist direkt ablehnend gegenüber.

Mit diesen Anschauungen der Wissenschaft sind die zahlreichen Erfahrungen des Lebens und am Krankenbett, die

<sup>1)</sup> Auch könnte man Bedenken gegen die Beweiskraft dieser wenigen kurz dauernden Zuntz-Geppert-Versuche geltend machen.

<sup>2)</sup> Das Wort ist hier im erweiterten Sinne gebraucht. Der Begriff der Luxuskonsumption, wie ihn ursprünglich C. W. Lehmann und Frerichs aufstellten, bezog sich nur auf die Steigerung der Eiweißverbrennung. Literatur darüber bei Voit in Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. VI, S. 269 u. folg., 1881.

Beobachtungen von Kinderärzten und Tierzüchtern, kaum in Einklang zu bringen. Die Differenzen in den Nahrungsmengen, die gewohnheitsgemäß von Leuten gleichen Gewichts, gleichen Berufs und ungefähr gleichen Temperaments ohne irgendwie nennenswerte Gewichtsschwankungen eingenommen werden, sind so groß, daß der Gedanke an individuelle Eigentümlichkeiten des Protoplasmas sich schwer von der Hand weisen läßt. Es ist so schwer vorstellbar, daß der Appetit das einzige unfehlbare Stoffwechselregulativ sein soll, das es ermöglicht, jahrelang unter den allerverschiedensten Verhältnissen beim Erwachsenen so oft vollkommene Gewichtskonstanz zu wahren. Auch eine Anpassung der Resorptionsgröße im Darm an das Nahrungsbedürfnis des Organismus ist recht unwahrscheinlich, wiewohl diese Auffassung sehr häufig vertreten wird. Unerklärt bleibt auch nach der herrschenden Ansicht die schon jedem Laien geläufige Tatsache, daß die Menschen sich gegenüber einer ganz zweifellosen Überernährung ganz verschieden verhalten, daß im Anfang gewöhnlich die Gewichte rasch steigen, dann aber immer langsamer und langsamer, und daß schließlich in der Regel ein Punkt erreicht wird, über den hinaus der Gewichtsansatz bei gleich starker Überernährung nicht mehr weiter zu treiben ist. Gewiß scheitern meist derartige, lange fortgesetzte Maskuren an der eintretenden, unüberwindlichen Appetitunlust oder der Geduld der Kranken. Aber es gibt doch zahlreiche Fälle (wir verfügen auch über mehrere derartige Beobachtungen), wo Appetit und Energie und Ausdauer der Kranken gut bleibt, und wo trotzdem das Gewicht konstant bleibt. Erinnert sei auch an zahlreiche hierhergehörige Beobachtungen der Kinderärzte und Tierzüchter.

Allerdings muß zugegeben werden, daß es sich in den meisten Fällen um allgemeine Eindrücke handelt, und daß fast alle derartige Beobachtungen nicht den Ansprüchen von Exaktheit genügen, die man von derartigen Untersuchungen methodisch verlangen muß.

Wie es scheint, gibt es in der ganzen vorliegenden Literatur über diese Frage nur eine Arbeit, die methodisch in jeder Beziehung vor dem Forum scharfer Kritik standhalten



kann, nämlich der bekannte Selbstversuch von R. O. Neumann.<sup>1)</sup> Dieser dauerte mit kurzen Unterbrechungen über 2 Jahre. Es zeigten sich dabei keinerlei Unterschiede im Gewicht oder im Wohlbefinden, ob er täglich eine Nahrung von 1766, 2199 oder 2403 Nettokalorien aß. Neumann schließt daraus, daß der menschliche Organismus die Fähigkeit hat, mit geringer Nahrungszufuhr auszukommen, daß er sich aber auch mit einer übergenügenden Nahrung ins Gleichgewicht setzen kann, weil «dabei im Organismus eine Luxuskonsumption eintrete».

Gegen diese langdauernden, mühevollen Untersuchungen läßt sich, wie uns scheint, nur der eine Einwand mit Recht erheben und ist auch z. B. von Magnus-Levy<sup>2)</sup> geltend gemacht worden, daß die Nahrungsmengen sich in allen Fällen im Bereich der Breite der Norm halten; auch betragen die Schwankungen um den Mittelwert nach oben und nach unten nur 16%, und es wäre sehr wohl möglich, daß so geringe Differenzen durch Unterschiede im motorischen Verhalten ausgeglichen werden können. Aber ganz abgesehen davon bleibt es auch noch eine offene Frage, wie die Anpassung des Organismus an die veränderte Nahrungszufuhr zustande kommt. Bei diesem Stande der Angelegenheit und der außerordentlich großen theoretischen und praktischen Wichtigkeit der Frage erschienen neue, vor allem auch den Gaswechsel berücksichtigende Untersuchungen dringend erwünscht.

Aus naheliegenden Gründen erschien es uns wünschenswert, zunächst einmal die in Frage stehenden Verhältnisse beim Hunde aufzuklären.

Der Zweck dieser Untersuchungen war also, nachzuweisen, ob eine Anpassung des tierischen Organismus an überreiche, aber an Eiweiß verhältnismäßig arme Nahrung ohne entsprechenden Ansatz möglich ist und im bejahenden Falle, auf welche Weise dieser zustande käme.

Wir wählten zu dieser Versuchsreihe eine junge, gesunde, ausgewachsene Hündin von ca. 20 kg Gewicht. Sie fiel unter allen anderen

<sup>1)</sup> Archiv f. Hygiene, Bd. XLV, S. 1, 1902.

<sup>2)</sup> In v. Noordens Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels, Bd. I, S. 301, 1906.

Hunden dadurch auf, daß sie ganz gewaltige Nahrungsmengen bewältigen konnte und dabei ein auffallend ruhiges Tier war, das also in jeder Beziehung für die Entscheidung der vorliegenden Frage geeignet schien. Dem eigentlichen Versuch ging eine mehrmonatliche Beobachtungsperiode voraus, in der wir uns überzeugten, daß der Hund ohne Schwierigkeiten ca. 4000 Kalorien tagelang fraß und daß dabei sein Gewicht ziemlich konstant blieb. Der eigentliche Versuch dauerte vom 25. Oktober 1910 bis 5. Februar 1911, also 107 Tage. Seit der Zeit steht er weiter unter Kontrolle. Während der ganzen Zeit von ca.  $\frac{3}{4}$  Jahren hat sich das Gewicht des Tieres, abgesehen von den später zu besprechenden Hungerperioden, mit geringen Schwankungen um 20 kg konstant erhalten. Das Tier wurde, soweit es sich nicht im Respirationsapparat befand, während der Versuchsperiode in einem gleichmäßig temperierten Keller mit ca. 15° C. im Stoffwechsellkäfig gehalten. Es verließ diesen nur ein- bis zweimal täglich zum Katheterisieren, Wägen und Messen.

Die Methodik der Untersuchung sei ganz kurz mitgeteilt. Bezüglich aller Einzelheiten der Untersuchungsart und der Berechnung verweisen wir auf den Anhang.

In der Nahrung und im Kot wurde der Gehalt an Wasser, Stickstoff, Fett und Kohlenhydraten fortlaufend nach den üblichen Methoden bestimmt, der Brennwert mit einer genau geeichten Berthelotschen Bombe.<sup>1)</sup>

Als Nahrung diente außer Fleisch kondensierte Milch und Reis, beides wurde in großen Mengen aufbewahrt und zeigte keine nachweisbare Veränderung in seiner Zusammensetzung während der Versuchsperiode. Die Kost enthielt je nach der Versuchsperiode ca. 100—130 g Eiweiß, 25—60 g Fett, 40—480 g Kohlenhydrate täglich.

Der Kot wurde in Perioden von gewöhnlich drei Tagen gesammelt und je nach den Perioden der Ernährung durch Carmin abgegrenzt.

Im Urin wurde täglich außer der Menge nur der Stickstoffgehalt bestimmt, da nach den Rubnerschen Standardzahlen der Kaloriengehalt des Urins ohne nennenswerten Fehler beim gesunden Hund aus dem N-Gehalt berechnet werden kann. Zu der genauen chemischen und kalorischen Analyse der festen und flüssigen Ein- und Ausfuhr, deren Ergebnisse die Tabellen I—IX des Anhangs bringen, traten von Zeit zu Zeit, im Durchschnitt etwa alle 5 Tage, Respirationsversuche von gewöhnlich 24stündiger Dauer.

Sie wurden an einem kleinen Respirationskasten vorgenommen, der durch eine vollkommen luftdichte Metallschlauchverbindung an das Rohr für den Abstrom vom großen Respirationsapparate der Klinik angeschlossen werden konnte.

<sup>1)</sup> Ein großer Teil der Verbrennungen wurde von Herrn Medizinalpraktikanten O. Ornstein ausgeführt, dem wir dafür zu großem Danke verpflichtet sind.



Die Höhe des Kastens beträgt 1,30 m, die Breite 1,00, die Tiefe 0,50 m. In 80 cm Entfernung vom Oberrand findet sich ein gut herausnehmbarer Rost, unterhalb dieser Stelle verengt sich in einer Länge von 35 cm der Kasten mit schräg nach einer Seite gerichteter Achse pyramidenartig nach unten zu, um kurz über dem Boden mit einer kreisrunden Öffnung von ca. 5 cm Durchmesser zu schließen. Diese Öffnung dient der Luftzufuhr, sowie gleichzeitig der Entleerung der Exkremente. Das Rohr für den Abstrom befindet sich an der Seite kurz unterhalb des Kastendeckels. Dieser ist zur Garantierung vollständiger Luftdichtigkeit, auf die hin der Kasten häufig mit gutem Erfolg geprüft wurde, an den Seiten umgebogen und ruht mit diesen Kanten in einer tiefen Blechrinne der Seitenwände, die vor dem Versuch zur Abdichtung mit Wasser oder Paraffin gefüllt wird. Der Kasten besteht aus dickem Holz, das innen luft- und wasserdicht mit feinstem, lakierten Messingblech ausgeschlagen ist. Der Kastendeckel enthält, luftdicht eingekittet, ein Glasfenster von 60 : 36 cm Größe. Die Methodik der Respirationsversuche ist genau die gleiche wie die beim großen Apparat geübte, der mittlere Fehler beträgt ca. 1%; er ist für die Kohlensäure negativ, für den Sauerstoff positiv. Bezüglich aller Einzelheiten der Methodik und Berechnung sei auf die ausführlichen Beschreibungen des großen Apparates durch den einen von uns,<sup>1)</sup> sowie den Anhang verwiesen.

Die Respirationsversuche verfolgten einen doppelten Zweck. Einmal sollten sie Auskunft geben über das Nahrungsbedürfnis des nüchternen, hungernden Organismus in den einzelnen Phasen des Versuchs, zweitens über die Veränderungen der Oxydationen unter dem Einfluße der Nahrungszufuhr.

Die Tabelle I enthält die wichtigsten Angaben über die Veränderungen des Körpergewichts, den Inhalt der Nahrung an Brennwert, die Stickstoff- und die Wasserbilanz während der Versuchsdauer von 107 Tagen. Das Zahlenmaterial ist aufgebaut auf den Analysenwerten, die in den Tabellen I—IX des Anhangs zusammengestellt sind.

Wie die Tabelle I zeigt, zerfällt die ganze Versuchsreihe, die am 25. X. 1910 begann und am 5. II. 1911 endigte, in VII Perioden:

In Periode I (Dauer 21 Tage) hungerte das Tier vollkommen, bekam nur soviel Wasser, wie es Lust hatte, zu saufen. In der Zeit nahm das Körpergewicht um 5 kg ab, der tägliche Stickstoffzerfall betrug im Durchschnitt 3,975 g.

<sup>1)</sup> Grafe, Diese Zeitschrift, Bd. LXV, S. 1, 1910.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zeitraum und Art der Ernährung	Dauer der Periode 1910/11	Anfangs- gewicht der Periode kg	End- gewicht der Periode kg	Ge- wichts- ver- änderung kg	Nah- rungs- auf- nahme (Brutto) Kal.	Nah- rungs- auf- nahme (Netto) Kal.	Netto- Ka- lorien pro 1 kg Gewicht	Über- schuß über den Minim- bedarf Kal.	Überschuß über den Minimal- bedarf (= 100%) in 0,0	N- Zufuhr in g	N- Retention im Körper in g	H <sub>2</sub> O- Bilanz taxiert in g
I. Periode Hunger	21. Tage: 25. X. bis 14. XI. pro die:	20,150	15,000	-5,15	0	0	0	0	—	—	83,470	230
II. Überernährung bis zum Erreichen des Anfangs- normalgewichtes. Periode: II—IV	7 Tage: 14.—20. XI. pro die:	15,000	20,000	+5,00	16 694,4	15 707,8	—	—	—	119,930	88,207	2528,6
III. Starke, weiter fortgesetzte Überernährung. Periode: V—XI	29 Tage: 21. XI. bis 20. XII. pro die:	20,000	20,300	+0,300	79 747,4	74 638,8	—	—	—	570,728	221,124	4810,3
IV. Mittelstarke Überernährung. Periode: XII—XIV	11 Tage: 20. XII. bis 30. XII. pro die:	20,300	20,170	-0,130	20 035,2	18 257,3	—	—	—	167,388	40,016	440
V. Geringe Überernährung. Periode: XV—XVIII	19 Tage: 31. XII. bis 18. I. pro die:	20,170	20,070	-0,100	22 982,0	21 296,9	—	—	—	268,751	36,987	2319
VI. Geringe Unterernährung. Periode: XIX	10 Tage: 19.—28. I. pro die:	20,000	19,000	-1,000	9 992,5	8 824,1	—	—	—	156,788	26,515	1578
VII. Abschließende Hungerperiode XX.	7 Tage: 29. I.—5. II. pro die:	19,000	17,500	-1,500	999,3	882,4	44	60,0	ca. 100	15,679	2,652	158
		—	—	-0,213	—	—	—	—	—	—	36,165	4545
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,169	363



Periode II dauerte nur 7 Tage. Während dieser kurzen Zeit wurde bei einer Nahrungszufuhr von täglich 2243,9 Nettokalorien das Anfangsgewicht wieder erreicht. Die tägliche Stickstoffzufuhr betrug 17,177 g, davon wurden angesetzt 12,601 g ( $\frac{1}{3}$ ), sodaß in den 7 Tagen der ganze Stickstoffverlust des Körpers während der 3fach längeren Hungerperiode wieder wettgemacht war.

In Periode III (Dauer 29 Tage) wurde die Überernährung in stärkster Weise fortgesetzt. Die Nettonahrungsaufnahme betrug im Durchschnitt täglich 2580 Kalorien. Das ist, wie aus den später noch zu besprechenden Respirationsversuchen hervorgeht, etwa 3mal soviel, als das Tier minimal nötig hat. Die tägliche Stickstoffeinfuhr nach Abzügen für den Kot betrug 19,68 g. Davon wurden 7,625 g im Körper zurückgehalten, sodaß während der ganzen Periode III die gewaltige Menge von 221 g N = 1547,5 g Eiweiß im Körper zurückblieb. Gleichwohl betrug die Zunahme des Körpergewichts während der ganzen Zeit nur 300 g.

In Periode IV (Dauer 11 Tage) wurde die Überernährung in etwas geringerem Grade fortgesetzt, sodaß der Hund täglich 1659,8 Nettokalorien, entsprechend etwa der doppelten, notwendigen Menge erhielt. Die Nahrung enthielt 15,217 g N täglich, wovon 3,637 g im Körper zurückblieben. Statt der erwarteten Zunahme des Körpergewichts trat eine geringe Abnahme von 130 g ein.

In Tabelle V (Dauer 19 Tage) betrug die tägliche Überernährung nur noch 130% des Minimalbedarfs = 1120 Nettokalorien pro die mit 14,15 g N. Auch davon wurden noch 1,946 g retiniert. Das Körpergewicht ging um weitere 100 g zurück.

In Periode VI (Dauer 10 Tage) wurde soviel Nahrung gereicht, als nach Abzug von ca. 10% für spezifisch-dynamische Wirkung dem Minimalbedarf des Tieres entsprach. Von den 15,679 g N der Einfuhr täglich verblieben 2,652 g im Körper. Das Gewicht fiel dabei um 1 kg.

Eine Hungerperiode (VII) von 7 Tagen Dauer schloß den Versuch. In der Zeit sank das Körpergewicht auf 17,5 kg, die Stickstoffeinbuße betrug im Durchschnitt 5,169 g täglich.

Vergleicht man die Bruttokalorien der Nahrung mit den Nettokalorien, so fällt auf, wie ausgezeichnet die teilweise ganz enormen Nahrungsmengen vom Körper ausgenutzt wurden.

Die Stäbe 8 der Tabelle IVb bis VIIIb des Anhangs ergeben, daß 95—98% der Nahrungskalorien vom Darm ausgenutzt wurde. Es entspricht das den Angaben, die Rubner und andere Autoren<sup>1)</sup> für die Ausnutzung im Darm gemacht haben. Die Werte befinden sich sogar eher an der oberen Grenze der Norm. Vielleicht ist das bedingt durch die häufige Obstipation des Hundes. Für die habituelle Obstipation des Menschen hat wenigstens Lorsch<sup>2)</sup> die Angabe gemacht, daß der Verlust der Nahrung in den Faeces  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  mal so groß sei, wie in der Norm. Die Feststellung von der ausgezeichneten Ausnutzung so großer dauernd gereicherter Nahrungsmengen (maximal 4701,9 Kal. am 10. I. 1911, s. Tab. VIIb des Anhangs) ist darum wichtig, weil vielfach, vor allen Dingen in Laienkreisen die Ansicht besteht, als ob bei abundanter Nahrungsaufnahme eine Art Kompensation durch den Darm infolge erheblich schlechterer Resorption einträte.

Etwas derartiges ist für unseren Hund völlig auszuschließen.

Die Betrachtung der Stickstoffbilanz während der Zeit der Überernährung vom 15. XI. 1910 bis 18. I. 1911 ergibt, daß von der Stickstoffeinfuhr von 11267,97 g fast der 3. Teil 386,324 g im Körper zurückgeblieben ist. Dabei bewegte sich der tägliche Stickstoffgehalt der Nahrung gegenüber den Mastversuchen von Rubner, Magnus-Levy, Lüthje u. a.<sup>3)</sup> in den sehr bescheidenen Grenzen von 15—20 g. Zu Beginn der Überernährung bestand zweifellos ein erhebliches Ansatzbedürfnis für Eiweiß. In den ersten 7 Tagen wurde bereits der ganze Eiweißverlust im Hunger wieder eingeholt.

Aber auch späterhin betrug noch der tägliche N-Ansatz

<sup>1)</sup> Literatur bei Tigerstedt in Nagels Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. I. 1., S. 346 u. ff., 1905.

<sup>2)</sup> Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. LXXIX. S. 383. 1904.

<sup>3)</sup> Literatur s. bei Magnus-Levy in v. Noordens Pathol. des Stoffwechsels, II. Aufl., Bd. I, S. 337 u. ff., 1906.



in den 59 Tagen der Überernährung nach Erreichen des Normalgewichts 5,053 pro die, was eine Retention von trockenem Eiweiß in der Höhe von 1863 g in den 2 Monaten bedeutet. Die Intensität des Eiweißzusatzes nimmt, wie es scheint, im Laufe der Überernährung etwas ab, jedoch ist dabei in Betracht zu ziehen, daß auch der Stickstoff- und Kaloriengehalt der Nahrung sank.

Der starke Eiweißansatz wurde begünstigt einmal durch das starke Ansatzbedürfnis und dann vor allem durch den abnorm hohen Gehalt der Nahrung an stickstofffreien Nahrungsmitteln, insbesondere von Kohlenhydraten. Seit den klassischen Untersuchungen von Voit ist die eiweißsparende Wirkung von stickstofffreiem Material immer wieder beobachtet worden.

Das auffallendste Ergebnis der langen Überernährungsperiode von 59 Tagen ist zweifellos die Tatsache, daß trotz der enormen Überernährung, die täglich im Durchschnitt ca. 210% des Minimalbedarfs betrug, und trotz der gewaltigen Stickstoffretention von 298,127 g das Körpergewicht des Tieres mit ganz geringen vorübergehenden Schwankungen nach oben konstant blieb. Es war am 21. XI. 1915 gerade so 20,0 kg, wie am Morgen des 19. I. 1911.

Für die Erklärung dieses seltsamen Verhaltens kommen unserer Ansicht nach 3 Möglichkeiten in Betracht:

1. Das Tier ist während der Überernährung außerordentlich viel unruhiger gewesen als während der anderen Versuchsperioden, oder

2. gewaltige Wasserabgaben von seiten des Körpers haben die erhebliche, normale Zunahme an Trockensubstanz durch Fett- und Eiweißansatz im Einfluß auf das Körpergewicht vollkommen kompensiert und dadurch verdeckt, oder

3. der tatsächliche Ansatz im Organismus ist weit hinter dem nach den herrschenden Vorstellungen zu erwartenden zurückgeblieben, weil der Organismus mit seiner Oxydationsenergie sich der abundanten Nahrungszufuhr anzupassen sucht.

Was den ersten Punkt betrifft, so haben wir trotz häufiger Beobachtung keinerlei Anhaltspunkte für eine größere motorische

Regsamkeit des Tieres während der Überernährung gewinnen können. Im Gegenteil, es erschien unter dem Einfluß der überreichen Nahrungsmengen nur noch träger und ruhiger wie sonst. Diese Erklärung können wir mit voller Sicherheit ausschließen.

Auf Schwankungen im Wasserhaushalt hat man immer rekurriert, wenn die erwarteten und tatsächlichen Gewichtsverhältnisse nicht miteinander in Einklang zu bringen waren, in vielen Fällen sicher mit Recht, denn bei dem überwiegenden Gehalt des Körpers an Wasser ist das Gewicht oft ein schlechter Indikator für Veränderungen in der Trockensubstanz des Organismus.

Um den Einfluß der Schwankungen des Wasserhaushaltes auf die Gewichtsverhältnisse wenigstens ungefähr beurteilen zu können, haben wir die Wasserbilanz für die festen und flüssigen Einnahmen und Ausgaben des Körpers bestimmt auf Grund des Wassergehalts (vgl. Stab 15—20 der Tabelle IVb bis VIIIb des Anhanges).

Wegen der unvermeidlichen kleinen Fehlerquellen durch Verdunstung und andere Faktoren ist eine derartige Bilanz natürlich nie ganz exakt. Aber immerhin gibt sie doch gewisse Anhaltspunkte. Um auch für die nicht bestimmte Perspiratio insensibilis einen orientierenden Faktor in die Rechnung einzustellen, haben wir aus Rubners<sup>1)</sup> Tabellen über die Wasserdampf-abgabe des Hundes im Hunger und bei verschiedenartiger Nahrung für den Hunger die Mittelzahl von 15 g Wasserdampf-abgabe pro Kilogramm und 24 Stunden genommen, für die Fütterungsperiode die Zahl 20 g.

Diese Zahlen sind auch bei Berechnung des Stabes 13 der Tabelle I benutzt.

Danach würde, wie zu erwarten war, während der Periode II eine gewaltige Wasserretention von täglich 361,2 g im Körper stattfinden, in der III. Periode beträgt sie noch 166 g, um in der V. Periode bereits stark negativ zu werden. In den folgenden Perioden nimmt dann der Wasserverlust des Körpers

<sup>1)</sup> Archiv f. Hygiene, Bd. XI, 1890, S. 137 u. ff.



noch weiter zu. Berechnet man mit Hilfe der im Stab 13 verzeichneten Zahlen für die Zeit vom 15. XI. bis 18. I. = 59 Tage, während der das Gewicht trotz starker Überernährung konstant blieb, die Wasserbilanz, so würde eine tägliche Zunahme von 49,2 g daraus resultieren. Das ist aber unmöglich, weil während der Zeit bei gleichbleibendem Gewicht infolge Eiweißretention schon allein die Trockensubstanz des Körpers um 1863 g zugenommen hat, oder pro die um 31,59 g. Dadurch ist bewiesen, daß die Perspiratio insensibilis bedeutend höher lag, als dem Mittelwerte der Rubnerschen Zahlen bei starker Fütterung entsprach, sie mußte mindestens 24—25 g pro Kilo und 24 Stunden betragen. Die Möglichkeit, daß die Wasserdampfabgabe durch Lungen und Haut noch größer gewesen ist, muß ohne weiteres zugestanden werden und ist sogar bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich. Man käme dann allerdings zu Werten, die höher liegen, als die höchsten Vergleichszahlen, die Rubner<sup>1)</sup> bei absoluter Trockenheit und 15° Umgebungstemperatur bei reichlicher Eiweißfütterung erhielt.

Aber immerhin stößt die Annahme von der alles ausgleichenden Macht der Wasserdampfabgabe auf unüberwindliche Schwierigkeiten, wie aus folgender Erwägung hervorgeht:

Wenn man von der weitverbreiteten Ansicht ausgeht, daß im Organismus jeder Überschuß über die Erhaltungsdiät nach gewissen, gleich zu besprechenden Abzügen zum Ansatz kommt, so läßt sich leicht zeigen, daß in der Überernährungsperiode von 59 Tagen die tägliche Zunahme des Körpers an Trockensubstanz etwa 100 g betragen müßte. Im Durchschnitt wurde während der Zeit vom 21. XI. 1910 bis 18. I. 1911 pro die 1937 g Nettokalorien vom Hunde verzehrt, nach Abzug von 10 % für Verdauungsarbeit und spezifisch-dynamische Wirkung der Nahrung verbleiben 1743 Kal. Davon ist mit 823 Kal. der berechnete Mindestbedarf (s. w. unten) des Organismus abzuziehen, sodaß für den Ansatz noch 920 Kal. übrigbleiben. Aus der N-Bilanz der 59 Tage der Überernährung berechnet sich ein täglicher Ansatz von 5,053 g N = 31,6 g Eiweiß mit 129,5 Kal. Somit blieben noch 780 Kal. für Fett-

<sup>1)</sup> l. c., S. 12.

ansatz übrig. Unter der Annahme, daß dieser Überschuß nur aus Fett besteht, wie es für die Periode III am wahrscheinlichsten ist, da die großen leichtverbrennlichen Mengen Stärke wohl in erster Linie für die energetischen Leistungen herangezogen werden, würde der tägliche Fettansatz 82,12 g betragen. Setzt man aber den ungünstigeren Fall, daß das Fett lediglich durch Umwandlung aus Stärke entsteht, und daß infolge Wärmeverlustes bei dieser Umwandlung aus 100 g Stärke statt, wie theoretisch zu erwarten ist, 40 g<sup>1)</sup> nur 35 g Fett entstehen können, so wäre der Fettansatz täglich 68,2 g. Die berechnete Zunahme an Trockensubstanz würde also für die Überernährungsperiode von 59 Tagen ca. 5900 g betragen. Unter der Annahme, daß der Ausgleich durch Wasserabgabe vor sich geht, wäre man gezwungen, eine gleichgroße Wasserabgabe zu vermuten. Das eine ist aber gerade so unmöglich wie das andere, es hieße das nämlich nichts anderes, als annehmen zu wollen, daß in den 2 Monaten die Trockensubstanz des Tieres um etwa 100% zugenommen hat, der Wassergehalt aber um 30% sich verringerte. Unter Zugrundelegung der Rubnerschen Zahlen für die Zusammensetzung des Hundekörpers<sup>2)</sup> hätte dann der Hund am 15. XI. 1910 zu 30% aus Trockensubstanz und zu 70% aus Wasser bestanden. Dagegen am 19. I. 1911 zu 60% aus Trockensubstanz und zu 40% aus Wasser.

Ein derartiges Verhalten liegt aber außerhalb des Bereichs aller Möglichkeit.

Wenn also auch angenommen werden muß, daß vermehrte Wasserabgabe einen Teil des Ansatzes maskiert, so reicht sie als alleinige Erklärung keinesfalls aus.

Mithin ist man zu der Annahme gezwungen, daß der tatsächliche Ansatz von Fett im Organismus weit hinter dem nach den bisherigen Anschauungen zu erwartenden zurückblieb. Das ist aber nur möglich, wenn eine Luxuskonsumption im Körper eintritt.

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Zuntz-Loewy, Lehrbuch der Physiologie. S. 693, Leipzig 1909.

<sup>2)</sup> Archiv f. Hygiene, Bd. XI. S. 231. 1890.



Ehe wir den direkten Beweis hierfür erbringen, muß noch der Art des Eiweißansatzes kurz gedacht werden. Nachdem Th. Pfeiffer und Henneberg<sup>1)</sup> schon früher beim Hammel das auffallende Mißverhältnis zwischen berechneter und gefundener Gewichtsvermehrung bei Fütterung mit reichlichen Eiweißmengen festgestellt hatten, hat Lüthje<sup>2)</sup> aus ähnlichen Beobachtungen beim Menschen die Theorie entwickelt, daß ein Teil des Masteiweißes mit wenig oder gar keinem Wasser als «nicht organisiertes Vorratseiweiß (Zelleinschlußeiweiß)» in der Zelle gestapelt würde. Magnus-Levy<sup>3)</sup> hat die Beweisführung in den Versuchen von Lüthje und ähnlichen anderer Autoren einer scharfen Kritik unterzogen und ist der Überzeugung, daß es bisher noch nicht bewiesen ist, daß größere Mengen von Masteiweiß in der von Lüthje vermuteten Form im Körper gestapelt werden. Uns scheint, daß in unserem Falle trotz der außerordentlich viel geringeren Mengen verfütterten Eiweißes ein ganz einwandfreier Beweis für die Richtigkeit der Lüthjeschen Anschauungsweise vorliegt, denn auf Grund des oben Auseinandergesetzten ist es ganz ausgeschlossen, daß unser Hund bei der Länge der Versuchsdauer und bei dem gleichbleibenden Gewicht auch nur entfernt soviel Wasser retiniert hat, wie dem Verhältnis von Eiweiß und Wasser im Muskelgewebe entspricht. Vielmehr spricht alles für eine erhebliche Wasserabgabe.

Ganz anders verhielt sich der Eiweißansatz in Periode II, in der der Organismus offenbar das im Hunger zugrunde gegangene Protoplasmaeiweiß wieder ergänzte und dabei 2528,6 g Wasser retinierte, wovon wohl wahrscheinlich  $\frac{4}{5}$  auf das Eiweiß entfallen.

### Resultate der Respirationsversuche.

Die direkte Entscheidung der Frage, ob eine Luxuskonsumption vorliegt und in welcher Weise sie vor sich geht,

<sup>1)</sup> Journ. d. Landw., Bd. XXXVIII, S. 218, 1890.

<sup>2)</sup> Zeitschrift f. klin. Med., Bd. XLIV, S. 22, 1902, und Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. LXXXI, S. 248, 1904.

<sup>3)</sup> In v. Noordens Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels, Bd. I. S. 354, 1906.

konnte natürlich nur durch Respirationsversuche erbracht werden. Drei Wege waren denkbar, auf denen der Organismus mit seinen Verbrennungen sich der Überernährung anpassen konnte: 1. sein Nahrungsbedürfnis steigt, 2. die Steigerungen der Verbrennung nach Nahrungszufuhr werden größer wie normal, 3. beides findet zusammen statt.

Durch Versuche im Hungerzustande und nach Nahrungsaufnahme können diese Fragen entschieden werden.

Für die Feststellung des Nahrungsbedürfnisses bei unserem Hunde mußte jeder direkte Einfluß der vorhergehenden Nahrung ausgeschlossen werden. Obwohl man im allgemeinen annimmt, daß in der Regel<sup>1)</sup> die Steigerung der Oxydationen im Organismus selbst nach reichlicher Nahrungszufuhr bereits nach 12—16 Stunden abgeklungen ist, stellten wir doch, um ganz sicher zu gehen, die Nüchternversuche fast immer erst 30 bis 36 Stunden nach Beendigung des Fressens an.

Es wurden im ganzen 25 derartige Hungerversuche angestellt: 9 während der ersten Hungerperiode, 12 während der Überernährung, 3 während der letzten Hungerperiode, 1 2 Monate nach Beendigung des Stoffwechselversuchs, als der Hund bei selbst gewähltem Futter und freier Bewegung sich befand.

Die Resultate dieser Versuche sind in Tabelle II zusammengestellt. Zugrunde liegen die in Tabelle X des Anhanges kurz mitgeteilten Versuchsprotokolle.

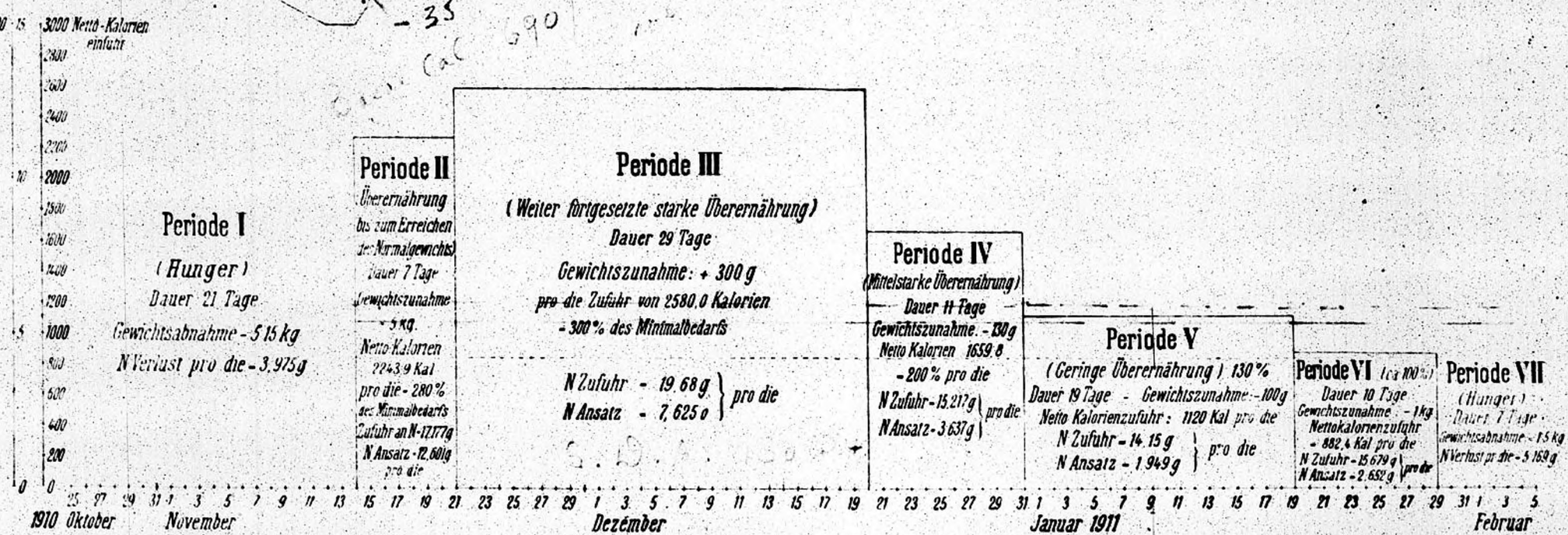
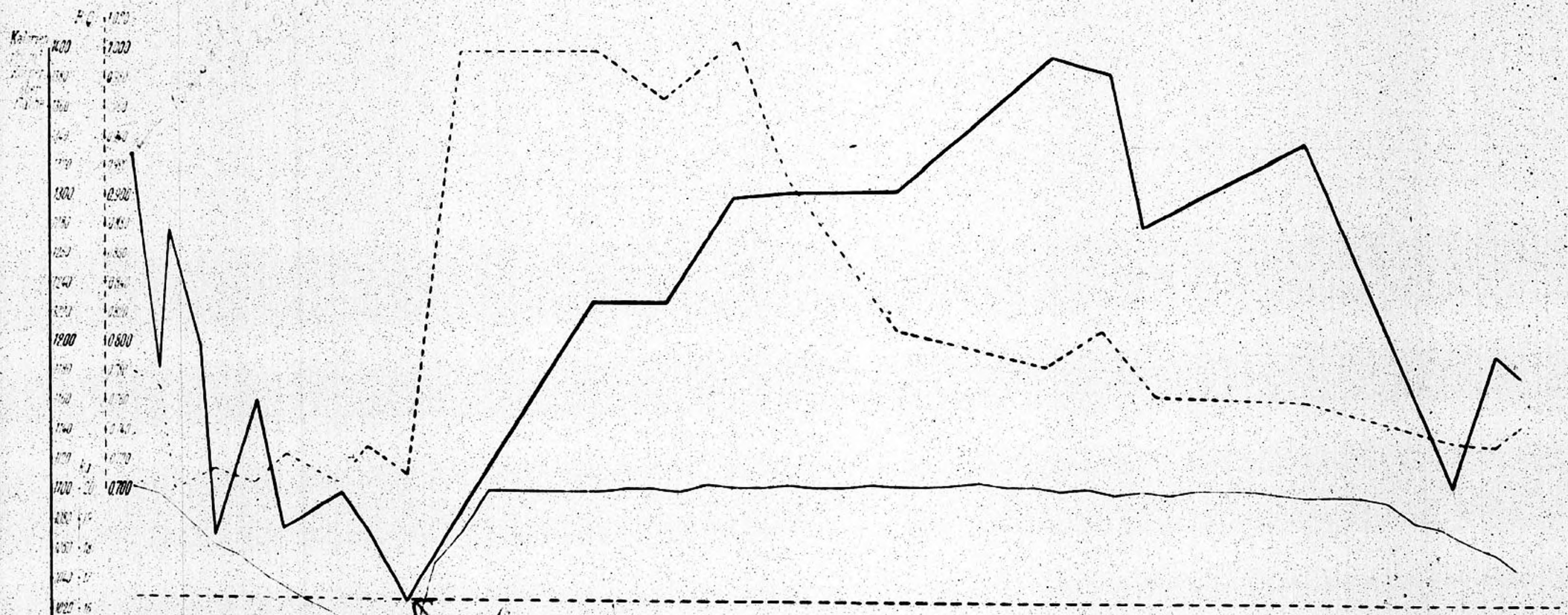
Die Dauer der Versuche schwankte zwischen 7 und 24 Stunden.

Um Vergleichsresultate zu bekommen, sind sämtliche Werte für 24 Stunden berechnet. Wir sind uns dabei wohl bewußt, daß diese Umrechnung für die Zeit der Überernährung nur ein orientierendes Bild gibt, da, wie später noch gezeigt wird, die Wärmeproduktion in den späteren Hungerstunden noch weiter absinken kann. Der Harn entsprach stets einem Zeitraum von 24 Stunden.

Die im Stab 10 verzeichneten Gesamtkalorienproduktion pro 24 Stunden ist in Tabelle 13, nach Rubners Mittelwert

<sup>1)</sup> Ausnahmen finden wohl nur bei Darreichung ganz gewaltiger Eiweißmengen statt.







für die Oberfläche des Hundes<sup>1)</sup> auf die Einheit der Körperoberfläche umgerechnet.

Der Mittelwert der Norm nach den zahlreichen Untersuchungen von Rubner, E. Voit u. a. ist 1039 Kalorien pro 1 qm Oberfläche für einen Hund von 15 kg.<sup>2)</sup> Um die erheblichen Schwankungen in der auf die Oberflächeneinheit reduzierten Wärmebildung während der Versuchszeit und ihre Abhängigkeit von der Nahrungszufuhr deutlicher zu illustrieren, haben wir die wichtigsten in Frage kommenden Faktoren in der beigehefteten Zeichnung graphisch dargestellt.

Die Abszisse gibt die Zeit an, die dünn gezeichneten Ordinaten in Quadratform die Nettokalorieneinfuhr, die dünn gezeichnete Kurve die Schwankungen des Körpergewichts. In breiterer Strichführung sind die Schwankungen der Wärmeproduktion pro 1 qm Körperoberfläche markiert.

Verfolgt man die letztere Kurve, so fällt zunächst ihr rascher Abfall in der 1. Hungerperiode auf. Dabei ist in Betracht zu ziehen, daß der Hund in der Vorperiode vor dem eigentlichen Versuch absichtlich überreichlich ernährt worden war, um zu erproben, ob er für den Versuch geeignet sei.

Der Anfangspunkt der Kurve bei 1326 Kalorien pro Quadratmeter ist darum so hoch, weil das Tier erst 12 Stunden nüchtern war, sodaß diese Zahl für einen exakten Vergleich mit den anderen Werten nicht brauchbar ist. Erst in den letzten Hungertagen erreicht der Hund den Durchschnittswert der Norm, unter den er noch etwas heruntergeht. Dieser Punkt, der vielleicht bei weiter fortgesetztem Hunger noch unterschritten worden wäre, stellt also den gefundenen Minimalbedarf des Tieres dar. Er ist daher als Basis für die weiteren Versuche und die Berechnung des Nahrungsbedürfnisses genommen. Bei strenger Gültigkeit des Oberflächengesetzes müßten die Werte für die Kalorienproduktion sämtlich in einer geraden Linie liegen, wie aus der Zeichnung hervorgeht (gestrichelte gerade Linie durch den Fußpunkt der Kurve).

<sup>1)</sup>  $O = 10,75 \sqrt[3]{\text{Gew}^2}$ ; vgl. Rubner, Gesetze des Energieverbrauchs, S. 280.

<sup>2)</sup> Ebenda, S. 282.



## Haupttabelle II (Respirations-

1	2	3	4	5	6	7	8
Ver- such Nr.	Ver- suchs- proto- koll Nr.	Datum 1910/11	Kör- per- ge- wicht kg	Gewichts- differenz in % gegenüber dem niedrigsten Hungerwert	Perioden der Ernährung	g N im Urin pro 24 Std.	Kalorien aus Eiweiß- zer- setzung
1	53	25. X.	20,15	+ 33	1. Hungertag	4,366	120,7
2	55	27.	20,00	+ 33	3. „	4,841	133,9
3	56	28.	19,90	+ 33	4. „	2,155	59,6
4	58	31.	18,20	+ 17,8	7. „	2,922	80,8
5	60	3. XI.	17,50	+ 16,7	10. „	4,918	35,9
6	61	5.	17,00	+ 13,3	12. „	3,066	81,8
7	63	9.	15,90	+ 6	15. „	4,347	120,1
8	64	11.	15,05	± 0	18. „	2,954	81,7
9	66	14.	15,00	± 0	21. „	3,092	85,9
10	68	18.	18,50	+ 23,3	Periode II (Über- ernährung mit Ansatz)	5,834	161,4
11	70 a	22.	20,00	+ 33	Periode III: Starke Überernährung	9,458	261,4
12	75 a	28.	20,05	+ 33	desgl.	6,620	183,0
13	78 a	3. XII.	20,01	+ 33	„	9,397	259,8
14	79 a	8.	20,20	+ 34,7	„	10,616	293,5
15	80 a	12.	20,25	+ 35	„	9,757	269,8
16	82 a	20.	20,25	+ 35	„	8,475	234,3
17	83 a	31.	20,17	+ 33	Periode IV: Mittel- starke Überernährung	8,007	221,4
18	84 a	4. I.	20,10	+ 33	Periode V: Geringe Überernährung	7,066	195,4
19	85	7.	20,07	+ 33	desgl.	11,917	412,4
20	86 a	8.	20,07	+ 33	„	14,917	412,4
21	87 a	19.	20,00	+ 33	„	15,23	420,9
22	91	30.	18,50	+ 23,3	2. Hungertag	4,804	132,8
23	92	2. II.	18,05	+ 20,3	5. „	5,139	178,8
24	94	4.	17,50	+ 16,7	7. „	4,435	122,6
25	95	6. IV.	21,00	+ 40	gewöhnliches, selbst gewähltes Futter	5,855	161,9

Versuche im Hungerzustande).

9	10	11	12	13	14	15
Kalorien s Fett und ohlen- hydrat- bren- nung	Gesamt- kalorien- produktion des Körpers berechnet pro 24 Std.	Differenz der Kalorien- produkte in % gegenüber dem niedrigsten Hungerwert	Kalorien pro 1 kg Körper- gewicht	Kalorien pro 1 m <sup>2</sup> Körper- ober- fläche	CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Bemerkungen
935,0	1055,7	+ 54	52,5	1326	0,783	Letzte Nahrungsauf- nahme vor 12 Stunden.
801,1	935,0	+ 37	46,8	1180	0,770	
948,2	1008,0	+ 50	56,6	1277	0,700	
742,7	793,5	+ 15,5	43,6	1065	0,712	
704,1	840,1	+ 22,5	48,0	1160	0,706	
677,5	762,2	+ 11,1	44,8	1073	0,723	
626,1	746,2	+ 8,7	46,9	1097	0,704	
619,5	701,2	± 0	46,6	1070	0,727	
586,9	672,4	± 0	45	1528	0,712	
655,1	816,5	+ 19	44	1086	0,993	
819,4	ca. 1080,8	+ 57,8	54	1364	1,141	ca. 10 „ „
790,2	973,2	+ 42	48,7	1227	0,998	36 „ „
710,1	969,9	+ 42	48,5	1227	0,976	36 „ „
733,2	ca. 1036,7	+ 51,3	51,3	1299	1,016	ca. 30 „ „
773,2	1043,0	+ 52,2	51,5	1305	0,890	36 „ „
813,0	1047,0	+ 52,9	51,7	1311	0,816	36 „ „
890,8	1112,2	+ 62,4	55,1	1396	0,787	36 „ „
904,0	1099,4	+ 61,0	54,7	1384	0,812	30 „ „
606,4	1018,8	+ 48,8	50,8	1282	0,851	18 „ „
503,9	916,3	+ 33,7	45,7	1149	0,764	36 „ „
650,0	1060,9	+ 54,9	53	1340	0,761	14 „ „
706,5	839,3	+ 22,4	45,4	1116	0,738	36 „ „
704,4	883,2	+ 28,8	48,9	1193	0,735	
733,6	856,2	+ 24,8	48,9	1181	0,750	
841,8	1004,7	+ 48	47,8	1227	0,773	36 „ „



Als Minimalbedarf des Hundes bei einem Gewicht von 20 kg konnte also der Wert von 1028—1039 Kalorien (genau entsprechend dem obenerwähnten Mittelwert zahlreicher anderer Versuche) betrachtet werden, es entspricht das einer Kalorienproduktion von 822,8 Kalorien oder 41,4 Kalorien pro Kilogramm im Tag.

Dieses Absinken der Kalorienproduktion, das sowohl auf die Gewichts- als die Oberflächeneinheit bezogen ein stärkeres Tempo einschlägt wie die Gewichtsabnahme, ist wieder ein deutliches Beispiel für die erwähnten <sup>1)</sup> Rubnerschen Beobachtungen von den individuellen Abweichungen von der Norm. Man könnte versucht sein, für den vorliegenden Fall die Erklärung darin zu suchen, daß der Hund bei der vorausgehenden überreichlichen Ernährung seine Verbrennungen abnorm gesteigert hatte, und daß diese nun nach völliger Nahrungsentziehung zur Norm wieder zurückkehren. Es wäre diese Anpassung dann natürlich etwas ganz anderes, als wenn der tierische oder menschliche Organismus sich unter dem Einfluß langer Unterernährung an eine Nahrung akkommodiert, die weit unter dem Normalen liegt.

Von besonderem Interesse ist zweifellos das Verhalten der Wärmeproduktion im nüchternen Zustande oder, was damit immer als identisch betrachtet wird, das Nahrungsbedürfnis während der langen Periode der Überernährung vom 14. XI. 1910 bis 19. I. 1911. Während des starken Gewichtsansatzes, also zur Zeit der starken Regeneration des Organismus, ist es noch zu einer Zeit, in der der Körper schon fast wieder das Normalgewicht erreicht hat, relativ sehr niedrig (1086 am 18. XI.), dann aber verläuft bei ungefähr konstantem Körpergewicht die Kurve für die Kalorienproduktion erst rasch, später langsam, aber konstant nach oben und erreicht am 31. XII. mit 1396 ihren Höhepunkt. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß während der gewaltigen Überernährung bei annähernd konstant bleibendem Körpergewicht das Nahrungsbedürfnis des Organismus um ca. 40% steigt. Der Gipfelpunkt der Kurve fällt dabei nicht etwa in die Periode III,

<sup>1)</sup> Vgl. S. 1

in der die Überernährung am stärksten war (300%), sondern ans Ende der Periode IV, in der nur noch das Doppelte des Minimalbedarfs verfüttert wurde. Diese Tatsache beweist wohl am besten, daß wir zur Erklärung dieses merkwürdigen Verhältnisses seitens des Organismus nicht einen direkten Einfluß der Nahrung annehmen dürfen.

Zu Beginn der Periode V halten sich dann noch die Oxydationen ungefähr auf der gleichen Höhe, um dann bei Reduktion der Nahrung mit einer Remission rasch und tief zu sinken, sodaß zu Anfang der abschließenden Hungerperiode die Steigerung gegenüber dem Minimum nur noch 10% beträgt. Während der Hungerperiode selbst findet nochmal wieder eine kleine Steigerung statt, während das Gewicht des Körpers langsam abnimmt.

Wir glauben nicht fehlzugehen mit der Annahme, daß die gewaltige Steigerung des Nahrungsbedürfnisses bei nahezu konstantem Gewicht eine indirekte Folge der Überernährung bzw. eine Art Anpassungsbestreben an diese darstellt.

Es würde also eine Ausnahme vorliegen von Pflügers berühmtem Grundgesetze der Oxydation, nämlich, daß die Verbrennung lediglich abhängt von der Zelle und in weitem Maße unabhängig ist von der Nahrung.

Allerdings könnte man von Pflügers Standpunkt aus einen Einwand gegen unsere Auffassung geltend machen.

Im Hinblick auf die großen Eiweißretentionen, die auch noch nach Ersatz des im Hunger verlorenen Protoplasmas weiter fort dauern, könnte man zu der Ansicht gelangen, daß die Vermehrung der lebendigen Substanz die Ursache der vermehrten Oxydationen sei.

Hiergegen spricht aber, daß eine so gewaltige Vermehrung des organisierten Protoplasmas um 40% beim ruhenden Tier ein vollkommenes Novum wäre, das ungefähr allen bisherigen Anschauungen über die Eiweißmast widersprechen würde.

Das wichtigste Argument gegen diesen Einwand ist aber zweifellos die Tatsache, daß trotz des gleichbleibenden, ja sogar noch weiter zunehmenden Eiweißbestandes im Körper



die Wärmeproduktion im nüchternen Zustand während der Perioden V und VI wieder ganz erheblich absinkt. Möglich, ja bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich ist immerhin, daß auch noch nach Ersatz der verlorenen Zellsubstanz neues Protoplasma in geringem Grade aufgebaut wurde, aber diese geringe Vermehrung spielt unseres Erachtens nur eine untergeordnete Rolle für das Zustandekommen der großen Oxydationssteigerung.

Man könnte auf Grund unserer Resultate über die Steigerung des Nahrungsbedürfnisses sich vorstellen, daß die Anforderungen, welche die Bewältigung der übergroßen Nahrungsmengen dauernd an die Leistungsfähigkeit der Zellen stellen, diese zu einer stark erhöhten Tätigkeit bringen, die noch viele Stunden und Tage fort dauert, nachdem die Nahrung bereits bewältigt ist. Welche Zellgruppen das sind, läßt sich schwer sicher entscheiden, aber am zutreffendsten erscheint doch die Annahme, daß es nicht nur die Zellen der Verdauungsorgane sind, sondern der gesamte Zellenstaat des Organismus. Es liegt hier zweifellos eine echte spezifisch-dynamische Wirkung im Sinne Rubners vor. Die Annahme einer Verdauungsarbeit allein kann diese Nachwirkung der Nahrung gewiß nicht genügend erklären.

Unsere Beobachtungen besitzen ein entferntes Analogon in einer Versuchsreihe, die Rubner<sup>1)</sup> beim Hunde mit starker Überernährung mit Fleisch anstellte. Unter dem Einfluß einer reinen Fleischkost, die das Nahrungsbedürfnis bei weitem überstieg, fand er in 24stündigen Versuchen eine deutliche (maximal 19,5% betragende) Steigerung der Wärmeproduktion an den Fütterungstagen. Auch Pflüger<sup>2)</sup> wies in seinen bekannten Versuchen über Eiweißmästung nach, daß Eiweißzufuhr über den Bedarf hinaus die Umsetzungen im Organismus gewaltig steigert. Magnus-Levy<sup>3)</sup> hat in kurzen Respirationsversuchen am Hunde diese Angaben bestätigt.

<sup>1)</sup> Vgl. Gesetze des Energieverbrauchs, S. 306 u. fg. (Versuche von 1883 bis 1888).

<sup>2)</sup> Pflügers Archiv, Bd. LII, S. 77, 1892.

<sup>3)</sup> Ebenda, Bd. LV, S. 69 u. ff., 1893.

Die Unterschiede zwischen diesen Versuchen, welche die Grundlage für Rubners spezifisch-dynamische Wirkung der Eiweißkörper bilden, und unseren Beobachtungen sind jedoch sehr erheblich und wesentlich. Die Voraussetzung für das Zustandekommen der erheblichen Steigerung des Stoffwechsels ist in allen Versuchen, daß Eiweißmengen dargereicht werden, die schon allein das Nahrungsbedürfnis ganz erheblich übersteigen. Diese Bedingung ist aber niemals in unseren Versuchen erfüllt worden, im Höchstfalle betrug der Eiweißgehalt der Nahrung 80% des Kalorienbedürfnisses, und von diesen Mengen entfiel durchschnittlich noch  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  auf den Ansatz, nahm also nicht an den Verbrennungen teil. Ein weiterer, wie uns scheint, sehr wesentlicher Unterschied besteht darin, daß die Kalorienproduktion wenigstens in Rubners<sup>1)</sup> Versuchen schon am ersten Hungertag nach überreicher Nahrungszufuhr wieder auf das ursprüngliche Niveau vor abundanter Eiweißfütterung abgesunken war. Magnus-Levy,<sup>2)</sup> der allerdings zum Teil außerordentlich viel größere Eiweißmengen (bis 118 g N pro die) verfütterte wie Rubner, fand häufig noch nach 24 Stunden in kurzdauernden Respirationsversuchen deutlich erhöhte Nüchternwerte. Es ist aber wohl sehr wahrscheinlich, daß in einem 24stündigen Versuch diese Erhöhung nicht mehr deutlich zum Ausdruck gekommen wäre.

Die von uns registrierten Zahlen gelten jedoch für die 30.—40. Stunde nach beendigter Nahrungsaufnahme. Daß übrigens für die weiteren Stunden (40.—60.) die Kalorienproduktion weiter etwas sinken kann, geht aus den nachher zu besprechenden Respirationsversuchen hervor, in denen der Hund nur  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  der seinem Nahrungsbedürfnis entsprechenden Nahrungsmenge fraß (Versuch 7 und 8).

### Versuche nach Nahrungsaufnahme.

Nachdem somit bewiesen war, daß das Nahrungsbedürfnis, bemessen nach dem Nüchternbedarf, während der Überernährung

<sup>1)</sup> Gesetze des Energieverbrauchs, S. 310.

<sup>2)</sup> l. c.



gewachsen war, mußten die zur Erhaltung der Konstanz des Organismus dienenden Nahrungsmengen auch größer sein, als dem Minimalbedarf entsprach. Auf der Höhe der Überernährung war mithin erst eine Nahrung ausreichend, deren Kaloriengehalt mindestens 140% des Minimalbedarfs betrug.

Eine weitere Frage war die, ob unter dem Einfluß der Überernährung die Steigerung der Wärmeproduktion größer wurde, wie zur Zeit des Gewichtsansatzes, und wie sie der Norm entsprach. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß sowohl beim Tier wie vor allen Dingen beim Menschen die Breite der Norm, auch hier, wie es scheint, abhängig von individuellen Faktoren, außerordentlich groß ist.

Auch diese Frage konnte nur durch Respirationsversuche in Angriff genommen werden. Leider stellten sich hier sowohl der Methodik wie vor allem der Beurteilung der Resultate sehr erhebliche Schwierigkeiten in den Weg.

Im ganzen wurden 10 Respirationsversuche von durchschnittlich 20stündiger Dauer beim Hunde vorgenommen, und zwar vor allem während der Periode der stärksten Überernährung (Nr. III). Den in der Haupttabelle III zusammengestellten Resultaten liegen die Daten der Tabelle XI des Anhangs zugrunde, welche die wichtigsten Angaben der Versuchsprotokolle enthält.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, sind sämtliche Werte auf 24 Stunden umgerechnet, was bei der Gleichartigkeit der Versuchsanordnung und der meist gleichen Dauer der Versuche von 20 Stunden wohl ohne Bedenken vorgenommen werden konnte. Stab 7 enthält die so gefundene Wärmemenge pro 24 Stunden. Stab 8 gibt an, wie groß in Prozenten die Steigerung der Oxydationen nach Nahrung war gegenüber dem vorangehenden (s. Tab. II die entsprechenden Versuche 70a bis 87a) mehrstündigen Nüchternversuch. In Stab 10 ist als Basis für den Vergleich der Minimalbedarf des Tieres, wie er oben berechnet wurde, genommen. Bei der Berechnung des Teils des Kaloriengehaltes, welcher von der Nahrung für Steigerung der Oxydationen verbraucht wurde, sind die Nüchternwerte der Tabelle II, 70a—87a, wie bei Stab 8 zugrunde gelegt.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ver- such Nr.	Ver- suchs- protokoll Nr.	Datum	Versuchs- periode	Ka- lorien- gehalt der Nahrung Kal.	N- Gehalt der Nah- rung g	Ka- lorien- produk- tion pro 24 St. Kal.	Steige- rung gegen- über dem Nüch- terwert in %	Steigerung in % des Kalorien- gehaltes der Nahrung	Steigerung gegenüber dem Mini- malbedarf des Tieres (822,8 Kal.) %	Berechnung, wie- viel %, jeweils von einer Nahrung verbrannt wird, welche 150% des Minimalbedarfs enthält (1233,2 Kal.)	Bemerkungen
1	70b	22.—23. XI.	Periode III. Nettoeinfuhr 300% des Minimal- bedarfs	3185,1	26,762	1366,2	+ 26,5	+ 8,2	+ 45	+ 123,4	Der für den Vergleich zugrunde gelegte Nüchternversuch lag nur 12 Stunden nach der Nahrungs- aufnahme.
2	75b	28.—29.	Desgl.	2653	20,073	1223,0	+ 25,7	+ 9,4	+ 48	+ 122,6	
3	78b	3.—4.	"	1545	11,04	1080,8	+ 11,4	+ 7,2	+ 21,4	+ 125	
4	79b	8.—9.	"	908,8	6,674	1030,4	+ 0	+ 0	+ 25	+ 134,3	
5	80b	12.—13.	"	770,7	5,577	1080,4	+ 4	+ 5	+ 21	+ 150,2	
6	82b	20.—21.	"	890,7	7,630	1072,4	+ 2	+ 3	+ 20	+ 142,1	
7	83b	31. XII. bis 1. I.	Periode IV. Nettoeinfuhr 200% des Minimalbed.	255,4	3,086	985,1	— 11,4	—	—	—	
8	84b	4.—5. I.	Periode V. Nettoeinfuhr 130% des Minimalbed.	386,9	4,522	932,3	— 15,2	—	—	—	
9	86b	8.—9.	Desgl.	381,0	4,145	994,6	+ 8,5	—	—	—	Der zum Vergleich zugrunde gelegte Nüchternversuch lag nur 14 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme.
10	87b	19.—20.	"	935,7	14,517	1025,8	— 3,5	—	+ 16,4	+ 132,6	



Da, wie aus dem Stab 5 hervorgeht, die jedesmal gereichten Nahrungsmengen sehr verschieden waren, ist, um trotzdem einen Vergleich zu ermöglichen, in Stab 11 die Berechnung in folgender Weise durchgeführt. Es wurde für jeden einzelnen Fall<sup>1)</sup> berechnet, um wieviel Kalorien die Wärmeproduktion nach Nahrungsaufnahme die Basis des Minimalbedarfs (822,8 Kal.) überschritt, und daraus geschlossen, wie groß jedesmal die Wärmeproduktion sein würde, wenn man den Minimalbedarf des Tieres als Nüchternbasis nähme und eine Nahrung darreichte, die 150% des Minimalbedarfs enthielte.

Natürlich gaben die so gewonnenen Zahlen nur Nahrungswerte an.

Leider sind die Versuche nicht ganz so ausgefallen, wie sie geplant waren. Das Tier sollte in jedem Versuche die gesamte Tagesmenge verzehren, leider aber war es, je länger die Überernährung dauerte, um so schwerer dazu zu bewegen, genügend zu fressen. Die Ursache war offenbar die für die Freßlust etwas zu hohe Temperatur des Respirationsapparates mit 20—22° C., denn im Stoffwechsellkäfig im Keller bei 15° C. aß der Hund stets anstandslos die gewaltigsten Nahrungsmengen. Da aber alle früheren Versuche bei diesem Tiere bei dieser Temperatur vorgenommen waren, durfte nicht davon abgegangen werden, weil infolge der Veränderungen der chemischen Wärmeregulation nach Rubner dann exakte Vergleiche nicht mehr möglich gewesen wären. So ließ sich dann nicht ändern, daß die vom Hunde gefressenen Nahrungsmengen schließlich den Minimalbedarf nur wenig überschritten bzw. sogar, wie in den Versuchen 7—9, sehr erheblich unter diesen heruntergingen. In Versuch 10 wurde nur dadurch die ausreichende Nahrungsaufnahme für den Versuch erzielt, daß der Hund vor dem Versuche die Nahrung (300 g Fleisch + 100 g kondensierte Milch + 1 l Wasser) in den Schlund gegossen bzw. gestopft bekam.

Wenn wir gleichwohl die Versuche 7—9 in die Tabelle

<sup>1)</sup> Wegen der geringen Nahrungsmengen, die in den Versuchen 7 bis 9 gefressen wurden, mußten diese für die meisten Berechnungen ausscheiden.

aufgenommen haben, so geschah es, um zu zeigen, daß noch 40—60 Stunden nach Beendigung der Nahrungsaufnahme die Wärmeproduktion noch immer weiter sinken kann (Versuch 7 bis 8). Das Gleiche geht auch aus Tabelle II (Versuch 85 und 86 a) hervor. Sie läßt ersehen, daß in der 12.—18. Hungerstunde die Wärmeproduktion pro 1 qm 1282 Kalorien beträgt, in der 36.—43. jedoch nur noch 1149, die geringe Nahrungszufuhr von nur 381 Kalorien steigert sie dann allerdings wieder bis gegen 1270. Dieses langsame weitere Absinken der Oxydationen gibt es nach allen bisher vorliegenden Beobachtungen beim normalen, gleichmäßig ausreichend ernährten Hunde nicht und muß deshalb auch wohl als eine Folgeerscheinung der langdauernden Überernährung aufgefaßt werden. Dies eigentümliche Fehlen eines konstanten Nüchternwertes erschwert die Beurteilung des Einflusses der Nahrungszufuhr auf die Wärmeproduktion ganz ungeheuer, indem die exakte Vergleichsbasis fehlt. Die in Tabelle II registrierten Nüchternwerte gelten nur für die 30.—40. Hungerstunde, während für die folgenden 20 Stunden der Nahrungsaufnahme die Nüchternwerte, wie aus den Versuchen 83b—84b, 85, 86 a und 86b hervorgeht, höchstwahrscheinlich etwas niedriger gelegen hätten. Somit gaben die Werte in Stab 8 und 9 nur Minimalwerte an, und es läßt sich im einzelnen Falle nicht entscheiden, um wie viel höher die richtigen Zahlen liegen, weil man das Tier nicht gleichzeitig nüchtern und nach Nahrungsaufnahme untersuchen kann.

Die in Stab 9 angegebenen Minimalzahlen entsprechen durchaus der Breite der Norm, liegen sogar, wenn man den erheblichen Eiweißgehalt der Nahrung betrachtet, der unteren Grenze nahe. Also auch, wenn man auf Grund der Versuche 7 und 8 annimmt, daß die Vergleichsbasis für den Nüchternwert in der 40.—60. Stunde nach der letzten Nahrungsaufnahme um ca. 12% niedriger liegt, würde man zu Zahlen kommen, die noch in die Breite der Norm gehören. Somit läßt sich aus unseren bisherigen Versuchen nach Nahrungsaufnahme nicht schließen, daß die Verbrennungen der Nahrung gegenüber dem Nüchternwert irgendwie mehr gesteigert sind, als der Norm entspricht. Dabei ist allerdings zu bedenken,



daß allen Nahrungsversuchen mit Ausnahme des letzten eine Hungerperiode von durchschnittlich 40 Stunden vorausging, daß somit also der Körper durch Substanzverlust wieder ein erhebliches Ansatzbedürfnis hatte. Versuche, mehrere Tage hintereinander die Überernährung im Respirationsapparat fortzusetzen, scheiterten an dem Widerstreben des Hundes, dort die nötigen Nahrungsmengen zu fressen. Somit müssen wir die Frage, ob unter dem direkten Einflusse einer abundanten, nur zum geringeren Teil aus Eiweiß bestehenden Überernährung die Umsetzungen gegenüber der Norm erheblich steigen, vorläufig noch unentschieden lassen.

Für eine das Nahrungsbedürfnis erheblich übersteigende vorwiegende Eiweißnahrung ist es durch Rubners klassische Untersuchungen<sup>1)</sup> erwiesen, daß zu der primären Wärmesteigerung bei längerer Darreichung eine sehr erhebliche sekundäre Wärmesteigerung hinzukommen kann, die weit größer ist, als der Mehrung der Körpermasse entspricht.<sup>1)</sup>

Bei Überfütterung mit Fett, die allerdings nie lange fortgesetzt werden konnte, vermißte Rubner diese sekundäre Wärmesteigerung. Für die Kohlenhydrate vermutet Rubner das gleiche Verhalten wie beim Fett, hat aber in der Richtung keine Versuche angestellt.

Da der Hauptteil der Nahrung bei unserem Hunde aus Kohlenhydraten bestand und da die Steigerung der Wärmebildung nach Zufuhr von Stärke bedeutend größer ist wie nach Darreichung von Fett und Zucker,<sup>2)</sup> ist die Möglichkeit, daß bei einem Nahrungsgemisch, wie wir es verfüttert haben, auf die Länge der Zeit auch eine sekundäre Wärmebildung auftreten kann, nicht von der Hand zu weisen, zumal es zu so gewaltigen Stickstoffansätzen im Körper gekommen ist, die vielleicht im Effekt auf den Kraftwechsel sich ganz ähnlich verhalten wie die abundanten Eiweißfütterungen von Rubner und Magnus-Levy. Wir möchten eine sekundäre Wärme-

<sup>1)</sup> Rubner, Gesetze des Energieverbrauchs, Kap. XV, S. 242 u. ffg. Das beste Beispiel für diese Erscheinung bildet der auf S. 246 mitgeteilte Versuch.

<sup>2)</sup> Zuntz und Loewy, l. c., S. 678, 1909.

bildung sogar für wahrscheinlich halten, und zwar aus folgenden Gründen. Einmal ist das Mißverhältnis zwischen Nahrungszufuhr und Gewichtsansatz so groß, daß es nicht allein durch die Steigerung der Nüchternwerte um 40% erklärt werden kann.

Ferner zeigt der respiratorische Quotient während der Nüchternversuche ein sehr auffallendes Verhalten (vgl. die feingestrichelte Kurve der Zeichnung auf S. 17). In der 1. Periode der Überernährung ist er sehr hoch um 1,0 herum, fällt dann aber schon in der 2. Hälfte der Periode III stark und kontinuierlich ab. Da alle Versuche unter gleichen Verhältnissen angestellt sind, muß aus diesem Verlauf der Kurve geschlossen werden, daß mit zunehmender Überernährung die Fettbildung aus Zucker bzw. die Zuckerverbrennung in der 30.—40. Hungerstunde erheblich abnimmt. Dieses Absinken des Respirationsquotienten ist so stark, daß zur Erklärung die Steigerungen der Nüchternwerte wohl kaum ausreichen. Mithin muß man annehmen, daß die großen Zuckermengen, welche zu Anfang der Überernährung in den gleichen Nüchternstunden noch für die Verbrennung bzw. die Fettbildung zur Verfügung standen, in den späteren Stadien schon vorher oxydiert waren. Da indirekte Schlüsse jedoch, am wenigsten bei Stoffwechselfragen, keine entscheidende Stimme haben, kann die vorliegende Frage nur durch neue weitere Versuche mit Sicherheit entschieden werden.

Vergleicht man an der Hand von Stab 11 der Tabelle III die aus den anderen Daten berechnete Wärmebildung bei einer Nahrungszufuhr von 150% des Minimalbedarfs, so zeigt sich, daß zu Anfang der Überernährung davon 123% verbrannt werden. Die Werte steigen dann, um am Ende der Periode III ihre höchsten Werte mit 140—150% zu erreichen. Am Ende von Periode V, in der die Nahrungszufuhr nur 130% des Minimalbedarfs betrug, ist der Betrag dann wieder auf 133% zurückgegangen.

Kehren wir nun zu der Fragestellung zurück, die den Ausgangspunkt dieser Arbeit bildete, so ergibt sich, daß die vorliegenden Untersuchungen, wie es scheint, zum erstenmal die Existenz einer Luxuskonsumption, also die Möglichkeit einer Anpassung des tierischen Körpers an überreiche Nahrungszufuhr, bewiesen haben. Der Beweis konnte indirekt geführt werden



durch das auffallende Mißverhältnis zwischen Nahrungsaufnahme und Gewichtsverhalten während einer Überernährungsperiode von fast 2 Monaten Dauer. Vielstündige Respirationsversuche zeigten, daß die abundante Nahrungszufuhr das Nahrungsbedürfnis gewaltig in die Höhe treibt, daß infolgedessen die Nahrungsmenge zur Aufrechterhaltung des Körperbestandes mit zunehmender Dauer und Intensität der Überernährung immer größer werden muß. Ferner konnte bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich gemacht werden, daß auch gegenüber der Norm die Nahrung in zunehmend stärkerem Maße verbrannt wird.

Trotz des Gewichtsstillstandes war es aber noch immer nicht zu einem vollständigen Gleichgewicht am Ende der Überernährung gekommen, da die N-Bilanz noch immer positiv war. Höchstwahrscheinlich wäre aber dies Gleichgewicht bei weiterer Fortsetzung der Überernährung schließlich erreicht worden. Statt von einer Luxuskonsumption könnte man auch ebenso gut von einer nachhaltigen spezifisch-dynamischen Wärmewirkung im erweiterten Sinne des Rubnerschen Wortes sprechen.

Wenn wir diese Tendenz des Organismus nach der Gleichgewichtseinstellung mit der Ernährung Anpassung genannt haben, so liegt uns hierbei jeder teleologische Erklärungsversuch fern. Der Mechanismus für das Zustandekommen der Luxuskonsumption muß durch weitere von uns geplante Untersuchungen kausal aufgeklärt werden. Der Gedanke an die Mobilisierung von Hormonen liegt nahe. Speziell könnte man an eine stärkere Mobilisierung des Schilddrüsenhormons denken, dessen Wirksamkeit ja bei den meisten der bisherigen Anomalien des Stoffwechsels in quantitativer Richtung als auslösendes Moment betrachtet wird. So unentschieden diese Frage auch vorläufig noch ist, so klar liegen die günstigen Folgeerscheinungen der Luxuskonsumption für den Organismus. Sie verhindert die Anhäufung von Fettballast im Organismus und damit eine Erschwerung für den Ablauf der Lebensfunktionen.

Die Luxuskonsumption verhindert oder erschwert das Zustandekommen der Fettsucht.

Gewiß ist der Beweis einer Luxuskonsumption nur für

---

<sup>1)</sup> Mit derartigen Versuchen sind wir beschäftigt.

den von uns untersuchten Hund erbracht. Aber ein Unikum stellt er gewiß nicht dar, wenn auch zweifellos die Erscheinungen nicht überall so ausgeprägt sich zeigen werden wie hier und vielleicht hin und wieder ganz fehlen. Ist aber einmal die Frage im Prinzip gelöst, so hat man ein gewisses Recht, Luxuskonsumption auch in vielen anderen Fällen, in denen ähnliche Erscheinungen vorliegen, anzunehmen. Sie ist vermutlich recht häufig, sowohl beim Tiere, wie beim Menschen. Ja es scheint fast, als ob jeder normale Organismus bis zu einem gewissen Grade die Anpassungsfähigkeit an abundante Nahrungszufuhr besitzt. Je nach Individualität tritt sie das eine Mal rascher und vollkommener, das andere Mal langsamer und unvollkommener. Es ist von vornherein auch höchstwahrscheinlich, daß der Mensch sich nicht anders verhält wie der Hund. Jedoch wird es bei den mancherlei Unterschieden im Stoffwechsel zwischen Hund und Mensch besonders bezüglich der Wärmeregulation und des Eiweißstoffwechsels notwendig sein, dies erst noch zu beweisen.

#### Zusammenfassung.

An einem 2—3jährigen Hunde von 20 kg Normalgewicht wurde ein Stoffwechselfersuch von 107 Tagen Dauer vorgenommen. Die ganze Bilanz des Körpers wurde fortlaufend nach den Methoden der Chemie und Kalorimetrie bestimmt, hinzu kamen alle 4—5 Tage Respirationsversuche von vielstündiger Dauer.

Nach einer längeren Hungerperiode und einem kurzen Zeitraum, während dessen der Substanzverlust des Körpers im Hunger wieder ausgeglichen wurde, folgte eine Überernährungsperiode von ca. 2 Monaten, in der im Durchschnitt täglich 210% des Minimalbedarfs als Nettokalorien dargereicht wurden. Während dieser Zeit blieb das Körpergewicht mit ganz geringen Schwankungen konstant. Da veränderte Motilität oder kompensatorische Wasserabgabe des Körpers zur Erklärung des auffallenden Mißverständnisses zwischen Nahrungszufuhr und Gewichtsverhalten nicht herangezogen werden können, müssen die Verbrennungen im Körper weit über den Minimalbedarf,



wie er am Ende der Hungerperiode festgestellt wurde, gestiegen sein. Durch vielstündige Respirationsversuche konnte gezeigt werden, daß im Laufe der Überernährung die Kalorienproduktion (30—36 Stunden nach letzter Nahrungsaufnahme) im Nüchternzustand um 40% stieg. Damit ist die Existenz einer Luxuskonsumption direkt bewiesen. Es übt die Nahrung einen indirekten Einfluß auf das Nahrungsbedürfnis aus. Durch Respirationsversuche nach Nahrungsaufnahme konnte bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich gemacht werden, daß mit fortschreitender Intensität der Überernährung die Verbrennung der Nahrung eine zunehmend intensivere wird. So kommt auch hier, wie es scheint, die Anpassungsfähigkeit des Organismus zum Ausdruck. Ein vollkommenes Gleichgewicht zwischen Nahrungszufuhr und Wärmeproduktion bestand noch nicht, da noch ein geringer Eiweißansatz am Ende der Überernährung vorhanden war.

Der vorliegende Fall stellt höchstwahrscheinlich kein Unikum dar, wahrscheinlich spielt Luxuskonsumption je nach Individualität bei Tier und Mensch häufig eine verschieden große Rolle und ist die Ursache für die großen Unterschiede in der Mastfähigkeit sowohl beim wachsenden wie beim ausgewachsenen Organismus.

#### **Anhang:**

Einzelheiten der Versuchsanordnung und der Berechnungsweise. Tabellen über die chemische und kalorische Zusammensetzung von Nahrung, Kot und Urin.

#### **Protokolle der Respirationsversuche:**

Der Gehalt der dargereichten Nahrung an Wasser, Stickstoff, Fett und Kohlenhydraten, sowie an Kalorien findet sich in Tabelle I des Anhanges aufgeführt.

Der Wassergehalt wurde durch Gewichtsabnahme im Trockenschrank bei 96—98° Temperatur bestimmt, der Stickstoff nach Kjeldahl. Zur Ermittlung des Fettgehaltes der Nahrung wurde die Trockensubstanz der einzelnen Nahrungsmittel 3 bis 4 Tage im Soxhletischen Apparat mit chemisch reinem Äther extrahiert. Der nach Verjagen des bis zur Gewichtskonstanz

## Anhang: Tabelle I.

Chemische Zusammensetzung der Nahrung, g pro 100 g Substanz.

Art der Nahrung	Zeit der Darreichung 1910/11	N-Gehalt g	Fettgehalt g	Kohlenhydratgehalt g	Wassergehalt g	Kaloriengehalt
Kondens. Milch (Nestle)	während des ganzen Versuches	1,429	10,4	42,0	39,8	359,9
Reis	desgl.	1,284	2,34	76,1	11,5	369,4
Fleisch I (stets gebraten)	15.—21. XI.	4,536	3,35	0,2	67,8	176,6
desgl. II	22.—28.	5,302	5,31	2,0	59,3	243,7
» III	29. XI.— 5. XII.	4,660	3,09	2,5	65,5	203,4
» IV	5.—12.	5,102	7,31	1,0	58,2	251,3
» V	13.—19.	5,136	—	—	57,9	247,7
» VI	20.—27.	4,576	—	—	62,5	233
» VII	28.—31.	5,030	—	—	60,0	215,1
» VIII	1.— 5. I.	4,899	—	—	62,8	212,4
» IX	6.— 9.	5,024	—	—	57,1	263,5
» X	10.—12.	5,024	—	—	55,9	272,8
» XI	13.—15.	5,585	—	—	58,2	252,8
» XII	16.—20.	4,366	—	—	66,1	199
» XIII	21.—25.	4,784	—	—	64,4	204,7
» XIV	26.	4,183	—	—	60,8	278,9
» XV	27.—28.	5,433	—	—	58,2	248,4

getrockneten Rückstands ist als Fettgehalt bezeichnet, obwohl er ja außer den Neutralfetten noch Fettsäuren, Lecithin und Lipoide sonstiger Art enthält. Für die biologische Wirksamkeit sind jedoch diese Beimengungen nur von ganz untergeordneter Bedeutung. Der Gehalt an Kohlenhydraten wurde auf dreierlei Weise bestimmt:

1. Als Differenz zwischen Gesamttrockensubstanz und Summe von Eiweiß und Fettgehalt.
2. Als Differenz zwischen Gesamtkaloriengehalt und Summe der auf Eiweiß und Fettgehalt entfallenden Kalorien.



3. Als Differenz zwischen Gesamtkohlenstoff und Summe der auf Eiweiß und Fett entfallenden Mengen von Kohlenstoff.

Die Kohlenstoffbestimmungen wurden dabei mit der Bertholetschen Bombe im Anschluß an die Veraschung<sup>1)</sup> vorgenommen.

Die angewandten Methoden ergaben im allgemeinen befriedigende Übereinstimmungen. Da, wo die Differenzen größer waren, wurden die Mittelwerte genommen. Die kalorimetrischen Bestimmungen wurden sämtlich in der Bertholet-Mahlerschen Bombe vorgenommen. Die Bombe wurde in dem tierphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin, unter liebenswürdiger Beihilfe von Herrn Geheimrat Zuntz und seiner Assistenten, genau geeicht. Der Mittelwert von 16 Verbrennungen mit chemisch-reiner Benzoesäure betrug bei einem Gewicht des Kalorimetergefäßes mit destilliertem Wasser bei ca. 15° von 2500 g = 2255 Kalorien. Bezüglich der technischen Einzelheiten sei auf die ausführlichen Schilderungen von Strigel<sup>2)</sup> und Hari und Weiser<sup>3)</sup> verwiesen.

Als Korrektionswert der Temperatur wurde nach Hari die etwas kompliziertere, aber anscheinend genauere Formel von

$$\Delta\tau = \frac{v - v_1}{\tau_1 - \tau} \left( \sum_{n=1}^1 \vartheta + \frac{\vartheta_0 + \vartheta_n}{2} + \frac{\vartheta_1 - \vartheta_0}{9} - n\tau \right) - n v$$

gewählt:

Sowohl bei der chemischen wie kalorischen Analyse wurden Doppelbestimmungen gemacht, nur bei den letzten Fleischarten und einigen Koten der letzten Perioden wurde in Anbetracht der ausgezeichneten Übereinstimmungen, welche die Verbrennungswerte in Doppelbestimmungen ergaben, davon abgesehen.

Wie die Tabelle I des Anhangs zeigt, ist die chemische Analyse nur bei den ersten 4 Fleischportionen eine vollständige. Von Fett- und Kohlenhydratbestimmungen haben wir später abgesehen, da für die biologische Beurteilung die Kenntnis von Wasser- und Stickstoffgehalt, sowie vor allem des Brennwertes

<sup>1)</sup> Grafe, Biochem. Zeitschrift, Bd. XXIV, S. 277 u. ff., 1910.

<sup>2)</sup> Allgemeine Methodik der Analyse organischer Stoffe, Oppenheimers Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere, Bd. I, 1908.

<sup>3)</sup> In Abderhaldens Handbuch, Bd. I, S. 658 u. ff., 1910.

völlig ausreichen. Da die Kohlenhydrate beim Fleisch kaum in Betracht kommen, läßt sich der Fettgehalt indirekt über den Kaloriengehalt und die Trockensubstanz jederzeit mit genügender Genauigkeit leicht berechnen.

Der Kaloriengehalt des Fleisches unterliegt je nach Wasser, Eiweiß und Fettgehalt recht erheblichen Schwankungen, obwohl mit Ausnahme von Fleisch I stets Rindfleisch genommen wurde.

Die Analysen wurden stets am gebratenen Fleisch, so wie der Hund es zu fressen bekam, vorgenommen. Der wechselnde Gehalt an Fett und Kohlenhydraten ist wohl auch mit bedingt durch die verschieden großen Mengen von Fett und Mehl, die jedesmal zum Braten benutzt wurden. Vom Fleisch wurde stets eine größere Menge, in der Regel für 3—5 Tage reichend, zubereitet. Nach dem Braten wurde es gleich fein zerhackt und gleichmäßig fein verteilt. Nach der Abkühlung wurde es sofort in mehrere Portionen geteilt zu je 300 g. Während ein Teil sofort zur Analyse verwandt wurde, kamen die anderen Portionen in luftdicht schließende Pulvergläser aus Glas und wurden bis zum Gebrauch auf Eis bzw. im Eisschrank aufbewahrt.

Milch und Reis wurde von dem gleichen großen Vorrat während der ganzen Versuchszeit entnommen. Die kondensierte Milch wurde in 2 großen Blechdosen à 10 kg von Nestle in der Schweiz bezogen. Die Veränderungen, welche die Standardnahrung im Laufe der Versuchsmonate erfuhr, lagen völlig im Bereich der Fehlerquellen, sodaß die Zusammensetzung dieser Nahrungsmittel als ganz konstant angesehen werden kann. Der Reis wurde mit Milch zusammen ca. 1 bis 1 $\frac{1}{4}$  Stunde gekocht und dann nach der Abkühlung das Fleisch darunter gemischt und das Ganze gewogen. Zog man von diesem Gewicht die Trockensubstanz der einzelnen Nahrungsmittel ab, so hatte man die Gesamtwassereinfuhr pro die, da der Hund außerdem kein Wasser zu trinken bekam. Die Nahrung wurde dem Hunde gewöhnlich in 2, seltener in 3 Perioden gereicht, mittags kurz nach 12 Uhr und abends gegen 6 Uhr.

Während der ganzen Versuchsdauer befand sich der Hund in einem Stoffwechsellkäfig, der im Keller untergebracht war,



dessen Temperatur auch im Winter ziemlich konstant 14—15° betrug, da die großen Warmwasserheizungsrohren durch den Keller liefen.

Der Hund verließ den Käfig nur zum Wiegen, Messen, Katheterisieren und zum Transport in den Respirationsapparat.

Messung, Wägung und Katheterismus wurden morgens um 8 Uhr vorgenommen. Die Urinreste im Käfig wurden jedesmal durch gründliches Durchspülen desselben gewonnen und das Spülwasser nach vorheriger Feststellung der Urinmenge zur N-Analyse mit dem Harn vereinigt.

In der 2. Hungerwoche stellte sich eine Cystitis ein, so daß der Harn alkalisch wurde. Wenn auch die Cystitis glücklicherweise sehr rasch wieder heilte, so wurde doch zur Vorsicht während des ganzen Versuches morgens früh nach dem Katheterisieren in das Uringlas verdünnte Schwefelsäure und Thymol getan, um eine eventuelle Zersetzung des Urins und ein Entweichen von Ammoniak zu verhindern. Gemessen wurde der Hund gewöhnlich nur einmal morgens, nur, als im Januar ohne nachweisbare Veranlassung zweimal leichte Temperaturen über 39° auftraten (39,1° und 39,4°), wurde er von da an bis zum Schluß des Versuchs auch abends gemessen. Die Abendtemperatur betrug nur einmal 39,0°, sonst lagen die Werte immer tiefer.

Der abgesehen von der vorübergehenden Cystitis vollkommen gesunde Hund gewöhnte sich außerordentlich rasch an den Aufenthalt im Stoffwechselkäfig wie im Respirationsapparat.

Neben der ungewöhnlich großen Freßlust fiel an dem Hunde sein gleichmäßig ruhiges Verhalten auf. So oft er beobachtet wurde, lag er stets ganz ruhig im Kasten und machte, auch wenn man an seinen Kasten trat, keinerlei Anstalten, sich aufzustellen.

Über den Kot enthält Tabelle II die notwendigen Angaben.

Der Kot wurde feucht gewogen und nach Zusatz von kleinen Mengen von verdünnter Schwefelsäure auf dem gering angeheizten Wasserbade getrocknet. Die Trocknung wurde durch Umrühren und mehrfaches Zugießen kleiner Mengen von absolutem Alkohol beschleunigt.

Anhang: Tabelle II.  
Zusammensetzung des Kotes.

Kot Nr.	Entspricht der Nahrung vom ... bis ... 1910/11	Menge feucht g	Trockenkot g	g N pro 100	Fett g	Kohlenhydrate g	Kaloriengehalt
I	14.—15. XI.	71,5	16,32	1,647	0,3	5,0	79,9
II	16.—18.	212	58,86	3,744	3,6	26,0	270
III	19.—20.	216	46,10	3,044	1,1	22,0	202,6
IV	21.—23.	273	70,25	3,436	4,6	43,0	325,6
V	24.—25.	209	53,81	3,629	2,1	27,0	229,5
VI	26.—28.	177	55,95	3,181	2,1	32,5	219,2
VII	29.—30.	237	51,11	3,674	1,8	27,0	238,6
VIII	1.—3. XII.	200	63,96	3,734	3,1	35,0	250,8
IX	4.—7.	551	107,2	8,480	3,4	49,0	519,9
X	8.—11.	309	99	5,437	—	—	325,1
XI	12.—15.	165	39,4	2,887	—	—	171,9
XII	16.—19.	238	52	3,672	—	—	200
XIII	20.—23.	405	84,2	3,800	—	—	353,8
XIV	24.—27.	255	71,3	3,909	—	—	358,0
XV	28.—30.	110	39,6	2,945	—	—	196,5
XVI	31. XII.—7. I.	130	38,7	3,073	—	—	136,9
XVII	8.—12.	127	33,0	2,295	—	—	119,3
XVIII	13.—18.	200	68,2	3,770	—	—	282,1
XIX	19.—28.	162	47,1	3,067	—	—	222,8

Der so getrocknete Kot wurde gewogen, im Mörser fein zerkleinert und in der Kaffeemühle gemahlen. Bei der Bestimmung von Wasser, Fett, Kohlenhydraten und Brennwert wurde dann wie oben verfahren.

Die Stuhlentleerung war bei dem Hunde ziemlich unregelmäßig, da er stark zu Verstopfung neigte und oft erst in Perioden von 2 Tagen Stuhl absetzte.

Im Interesse der Nahrungsausnutzung war dies Verhalten sehr angenehm. Wie aus Tabelle II hervorgeht, wurde der Kot nicht täglich analysiert, sondern die Mengen von mehreren, gewöhnlich 4 Tagen zusammen. Die einzelne Kotperiode, die



stets der zugehörigen Nahrungsperiode entsprach, wurde stets durch ein Karminpulver (1,0) abgegrenzt. Dieses bekam der Hund mit der ersten Nahrung der neuen Periode gereicht. Wenn das Rot in der Mitte einer Kotsäule sich befand, war es nicht immer leicht zu entscheiden, welches Ende der alten und welches der neuen Periode zugehörte. Gewöhnlich waren jedoch deutliche Farbendifferenzen vorhanden.

Soweit der Kot, wie es meist der Fall war, nicht sofort verarbeitet wurde, wurde er mit einigen Kubikzentimetern verdünnter Schwefelsäure übergossen und in den Eisschrank gestellt.

Im Urin wurde außer der Menge nur der Stickstoff bestimmt. Von einer täglichen kalorimetrischen Bestimmung konnte Abstand genommen werden, da, ohne einen irgendwie in Betracht kommenden Fehler zu begehen, die N-Menge im Urin mit der von Rubner<sup>1)</sup> angegebenen und auch von Pflüger<sup>2)</sup> benutzten Standartzahl 7,45 multipliziert werden konnte, um den Brennwert des Harns beim Hunde zu erhalten. Die Rubnersche Zahl wurde ja auch gerade bei Versuchen mit Fütterung von Rindfleisch, aus dem auch in unseren Versuchen der größte Teil des Harnstickstoffs herrührt, abgeleitet.

Anhang: Tabelle III (Hungerperiode I).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Datum	Ver- suchs- tag Nr.	Ge- wicht in kg	Tem- pera- tur in ° C.	Nah- rungs- auf- nahme	Flüssig- keits- auf- nahme in ccm	Urin- menge in ccm + Per- spiratio sensi- bilis	Flüssig- keits- bilanz ccm	g N pro die im Urin	Bemer- kungen
1910									
25. X.	1	20,15	38,8	Hunger	250	460 (+ 300)	- 510	4,366	
26.	2	20,00	38,7	„	100	150 (+ 300)	- 350	4,738	
27.	3	19,90	38,6	„	500	150 (+ 300)	+ 50	4,841	
28.	4	19,85	38,9	„	320	150 (+ 300)	- 130	2,155	

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. Biol., Bd. XXI, S. 296, 1885.

<sup>2)</sup> Pflügers Archiv, Bd. LII, S. 14, 1892, und Bd. LXXVIII, S. 542, 1900.

Anhang: Tabelle III.

Fortsetzung.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Datum	Ver- suchs- tag	Ge- wicht	Tem- pera- tur	Nah- rungs- auf- nahme	Flüssig- keits- auf- nahme	Urin- menge in ccm (+ Per- spiratio sensi- bilis)	Flüssig- keits- bilanz	g N pro die im Urin	Bemer- kungen
1910	Nr.	in kg	° C.		in ccm		ccm		
29. X.	5	19,00	38,5	Hunger	500	295 (+ 285)	- 80	5,778	
30.	6	18,50	38,6	„	250	280 (+ 280)	- 250	5,259	
31.	7	18,20	38,6	„	400	235 (+ 280)	- 210	2,922	
1. XI.	8	18,00	38,7	„	520	400 (+ 270)	- 150	6,301	Auftreten
2.	9	17,80	38,8	„	800	250 (+ 270)	+ 280	3,915	einer
3.	10	17,50	38,7	„	600	375 (+ 260)	- 40	4,918	leichten
4.	11	17,00	38,6	„	500	280 (+ 255)	- 30	3,813	Cystitis.
5.	12	17,00	38,8	„	620	260 (+ 255)	+ 100	3,066	N nach
6.	13	16,50	38,9	„	500	320 (+ 250)	+ 30	3,253	Koagu- lation
7.	14	16,05	38,6	„	650	140 (+ 240)	+ 170	1,860	im Filtrat
8.	15	16,05	38,6	„	800	320 (+ 240)	+ 240	4,105	bestimmt.
9.	16	15,90	38,9	„	600	410 (+ 240)	- 50	4,347	
10.	17	15,50	38,6	„	400	295 (+ 230)	+ 130	3,806	
11.	18	15,05	38,7	„	700	220 (+ 230)	+ 250	2,954	
12.	19	15,05	38,5	„	800	490 (+ 230)	+ 80	4,457	Cystitis kaum mehr vorhanden.
13.	20	15,05	38,2	„	500	330 (+ 230)	- 60	3,534	
14.	21	15,00	38,5	„	500	300 (+ 230)	- 30	3,092	Nach- mittagsnach der Hunger- periode.



1 Datum 1910	2 Ver- suchs- tag	3 Ver- suchs- periode Nr.	4 Ge- wicht kg	5 Flüssig- keits- einfuhr ccm	Fleisch				Kondensierte	
					6 Ein- fuhr in g	7 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	8 N- Gehalt in g	9 Ka- lorien- gehalt Kal.	10 Ein- fuhr in g	11 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %
14. XI.	21	II	15,00	500	—	—	—	—	125	39,8
15.	22	II	15,50	700	300	67,8	13,608	529,9	200	39,8
16.	23	III	17,50	1700	300	67,8	13,608	529,9	400	39,8
17.	24	III	18,05	1700	300	67,8	13,608	529,9	400	39,8
18.	25	III	18,50	ca. 300	Hungertag		—	—	—	—
19.	26	IV	18,55	1700	300	67,8	13,608	529,9	400	39,8
20.	27	IV	20,00	1700	300	67,8	13,608	529,9	400	39,8
21.	28	V	20,00	1700	300	67,8	13,608	529,9	400	39,8
22.	29	V	20,00	1700	300	59,3	15,906	731,1	400	39,8
23.	30	V	20,00	ca. 250	Hungertag		—	—	—	—
24.	31	VI	20,00	1700	300	59,3	15,906	731,1	400	39,8
25.	32	VI	20,05	1700	300	59,3	15,906	731,1	400	39,8
26.	33	V	20,05	1700	300	59,3	15,906	731,1	400	39,8
27.	34	V	20,05	ca. 400	Hungertag		—	—	—	—
28.	35	V	20,05	1700	300	59,3	15,906	731,1	400	39,8
29.	36	VI	20,01	1700	300	65,5	13,980	610,1	400	39,8
30.	37	VI	20,120	1700	300	65,5	13,980	610,1	400	39,8

Tabelle IVa.

12	13	14	15	16	17	18	19	20
Milch		Reis				Kotmenge feucht in g	Trocken- kot in g	Be- merkungen
N- Gehalt in g	Ka- lorien- gehalt Kal.	Ein- fuhr in g	H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	N- Gehalt in g	Ka- lorien- gehalt Kal.			
1,776	449,9	—	—	—	—	Kot: 71,50	16,32	Ein Teil der Nahrung wurde erst am 23. vor- mittags ge- fressen.  ca. 1/3 davon erst am folgenden Tage gefressen.
2,858	719,6	200	11,5	2,568	738,8			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	Kot: 212	58,86	
5,716	1439,2	500	11,5	6,420	1847,0			
—	—	—	—	—	—	Kot: 216	46,10	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	Kot: 273	70,25	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
—	—	—	—	—	—	Kot: 209	53,81	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	Kot: 177	55,95	
—	—	—	—	—	—			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	Kot: 273	51,11	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			





Tabelle IVb.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																																						
N- Ein- uhr in g	N- Gehalt des Urins in g	N- Gehalt des Kotes in g	N-Bilanz für den Körper in g	Wasser- einfuhr (Gesamt- wasser- gehalt der Nahrung) in g	Urin- menge ccm	Wasser- gehalt der Faeces in g	Wasser- abgabe durch Haut und Lungen (be- rechnet) in g	Gesamt- wasser- abgabe des Körpers in g	Wasser- bilanz des Körpers in g																																																																																																						
1.776	3.092	1,647	+ 10,579	549,8	300	55,2	631	1406,2	+ 143,6																																																																																																						
9.034	7.139			1006,0	420					4.46	9.468	3,744	+ 24,328	2107	740	153,1	1081	3674,1	+ 850,9	5.74	6.877	2118	990	0	5.783	3,044	+ 33,40	300	710	169,9	771	2700,9	+ 1534,1	4.46	6,169	2107	1020	4.46	6,31	10,351		2107	740	202,8	1200	4095	+ 345	4.46	10,351	2107	1120	6.762	18,917	3,436	+ 18,518	2083	1775	155,2	800	3495,2	+ 670,8	0	250	2083	1070	6.762	7,008	3,629	+ 32,277	2083	1270	121,0	1200	4051	+ 525	6.762	10,610	2083	1115	6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	0	6,620	400	775	6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790		
4.46	9.468	3,744	+ 24,328	2107	740	153,1	1081	3674,1	+ 850,9																																																																																																						
5.74	6.877			2118	990					0	5.783	3,044	+ 33,40	300	710	169,9	771	2700,9	+ 1534,1	4.46	6,169	2107	1020	4.46	6,31	10,351		2107	740	202,8	1200	4095	+ 345	4.46	10,351	2107	1120	6.762	18,917	3,436	+ 18,518	2083	1775	155,2	800	3495,2	+ 670,8	0	250	2083	1070	6.762	7,008	3,629	+ 32,277	2083	1270	121,0	1200	4051	+ 525	6.762	10,610	2083	1115	6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	0	6,620	400	775	6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790			2102	1275												
0	5.783	3,044	+ 33,40	300	710	169,9	771	2700,9	+ 1534,1																																																																																																						
4.46	6,169			2107	1020					4.46	6,31	10,351		2107	740	202,8	1200	4095	+ 345	4.46	10,351	2107	1120	6.762	18,917	3,436	+ 18,518	2083	1775	155,2	800	3495,2	+ 670,8	0	250	2083	1070	6.762	7,008	3,629	+ 32,277	2083	1270	121,0	1200	4051	+ 525	6.762	10,610	2083	1115	6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	0	6,620	400	775	6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790			2102	1275																										
4.46	6,31	10,351		2107	740	202,8	1200	4095	+ 345																																																																																																						
4.46	10,351			2107	1120					6.762	18,917	3,436	+ 18,518	2083	1775	155,2	800	3495,2	+ 670,8	0	250	2083	1070	6.762	7,008	3,629	+ 32,277	2083	1270	121,0	1200	4051	+ 525	6.762	10,610	2083	1115	6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	0	6,620	400	775	6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790			2102	1275																																								
6.762	18,917	3,436	+ 18,518	2083	1775	155,2	800	3495,2	+ 670,8																																																																																																						
0				250						2083	1070	6.762	7,008	3,629	+ 32,277	2083	1270	121,0	1200	4051	+ 525	6.762	10,610	2083	1115	6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	0	6,620	400	775	6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790			2102	1275																																																				
6.762	7,008	3,629	+ 32,277	2083	1270	121,0	1200	4051	+ 525																																																																																																						
6.762	10,610			2083	1115					6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	0	6,620	400	775	6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790			2102	1275																																																																				
6.762	9,354	3,181	+ 24,075	2083	840	185,9	800	3125,9	+ 1078,1																																																																																																						
0	6,620			400	775					6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1	4.842	10,700	2102	1275	4.842	10,790			2102	1275																																																																																		
6.762	9,294	3,674	+ 24,520	2083	865	185,9	800	3125,9	+ 1078,1																																																																																																						
4.842	10,700			2102	1275					4.842	10,790			2102	1275																																																																																																
4.842	10,790			2102	1275																																																																																																										



1 Datum 1910	2 Ver- suchs- tag	3 Ver- suchs- periode Nr.	4 Ge- wicht kg	5 Flüssig- keits- einfuhr ccm	Fleisch				10 Kondensiert	
					6 Ein- fuhr in g	7 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	8 N- Gehalt in g	9 Kalorien- gehalt Kal.	Ein- fuhr in g	H <sub>2</sub> O- Gehalt in %
1. XII.	38	VII	20,150	1710	300	65,5	13,980	610,1	400	39,8
2.	39	VII	20,120	300	Hungertag		—	—	—	—
3.	40	VII	20,110	1700	300	65,5	13,98	610,1	400	39,8
4.	41	VIII	20,110	1780	300	65,5	13,98	610,1	400	39,8
5.	42	VIII	20,070	1880	300	58,2	15,306	753,9	400	39,8
6.	43	VIII	20,270	1625	300	58,2	15,306	753,9	400	39,8
7.	44	VIII	20,270	250	Hungertag		—	—	—	—
8.	45	IX	20,200	1680	300	58,2	15,306	753,9	400	39,8
9.	46	IX	20,100	1680	300	58,2	15,306	753,9	400	39,8
10.	47	IX	20,200	1710	300	58,2	15,306	753,9	400	39,8
11.	48	IX	20,220	300	Hungertag		—	—	—	—
12.	49	X	20,250	1760	300	58,2	15,306	753,9	400	39,8
13.	50	X	20,280	1730	300	57,9	15,408	743,2	400	39,8
14.	51	X	20,180	1850	300	57,9	15,408	743,2	400	39,8
15.	52	X	20,300	350	Hungertag		—	—	—	—

Tabelle Va.

12	13	14	15	16	17	18	19	20
Leh		Reis				Kot- menge feucht	Trocken- kot	Bemerkungen
N- gehalt	Kalorien- gehalt	Ein- fuhr	H <sub>2</sub> O- Gehalt	N- Gehalt	Kalorien- gehalt			
in g	Kal.	in g	in %	in g	Kal.	in g	in g	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	} 200	63,96	Ein Teil erst am anderen Tage gefressen.
—	—	—	—	—	—			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	} 551	107,2	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
—	—	—	—	—	—	} 309	99,0	Ein großer Teil erst am anderen Tage gefressen.
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	} 165	39,4	
5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6			
—	—	—	—	—	—			





Tabelle Vb.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N- Ein- fuhr in g	N- Gehalt des Urins in g	N- Gehalt des Kotes in g	N- Bilanz für den Körper in g	Wasser- einfuhr (Ge- samt- wasser- gehalt der Nah- rung) in g	Urin- menge in ccm	Wasser- abgabe durch Faeces in g	Wasser- abgabe durch Haut und Lungen (berech- net) in g	Gesamt- wasser- abgabe des Körpers in g	Wasser- bilanz des Körpers in g
24.842	11,010	} 3,734	+ 14,743	2112	1090	} 134	402	} 3906	+ 608
0	9,397			300	875		403		
24.842	10,800			2102	800		402		
24.842	11,940	} 8,480	+ 19,863	2182	1040	} 442,8	402	} 6516	+ 203
26.158	13,130			2282	1380		401		
26.158	13,129			2005	1240		405		
0	10,616			250	800		405		
26.158	6,528			2082	470		?		
26.158	14,10	} 5,437	+ 29,334	2082	1020	} 210	402	} 5178?	+ 1398
26.158	13,39			2112	1075		404		
0	9,685			300	785		404		
26.158	10,436			2140	1220		405		
26.260	12,86	} 2,887	+ 32,431	2109	1850	} 125,6	406	} 6915,6	- 117,6
26.260	13,09			2229	1300		403		
0	6,974			350	800		406		



1 Datum 1910	2 Ver- suchs- tag Nr.	3 Ver- suchs- periode Nr.	4 Ge- wicht kg	5 Flüssig- keits- einfuhr ccm	Fleisch			
					6 Ein- fuhr in g	7 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	8 N- Gehalt in g	9 Kalorien- gehalt Kal
17.	54	XI	20,250	1590	300	57,9	15,408	743,2
18.	55	XI	20,300	1645	300	57,9	15,408	743,2
19.	56	XI	20,350	350	Hungertag		—	—
20.	57	XII	20,250	1440	300	62,5	13,728	699
21.	58	XII	20,350	1510	300	62,5	13,728	699
22.	59	XII	20,280	1090	300	62,5	13,728	699
23.	60	XII	20,250	400	Hungertag		—	—
24.	61	XIII	20,280	1500	300	62,5	13,728	699
25.	62	XIII	20,250	1560	300	62,5	13,728	699
26.	63	XIII	20,350	1550	300	62,5	13,728	699
27.	64	XIII	20,300	350	Hungertag		—	—
28.	65	XIV	20,200	1550	300	60,0	15,090	645,4
29.	66	XIV	20,250	1387	300	60,0	15,090	645,4
30.	67	XIV	20,250	350	Hungertag		—	—

Tabelle VIa.

Kondensierte Milch				Reis				Kot- menge feucht	Trocken- kot
Ein- fuhr in g	H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	N- Gehalt in g	Kalorien- gehalt Kal.	Ein- fuhr in g	H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	N- Gehalt in g	Kalorien- gehalt Kal.		
400	39,8	5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6	238	52
400	39,8	5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6		
400	39,8	5,716	1439,2	400	11,5	5,136	1477,6		
—	—	—	—	—	—	—	—	405	84,2
200	39,8	4,287	1080	200	11,5	2,568	738,8		
300	39,8	4,287	1080	200	11,5	2,568	738,8		
—	—	—	—	—	—	—	—	255	71,3
200	39,8	4,287	1080	200	11,5	2,568	738,8		
300	39,8	4,287	1080	200	11,5	2,568	738,8		
—	—	—	—	—	—	—	—	110	39,6
200	39,8	4,287	1080	200	11,5	2,568	738,8		
300	39,8	4,287	1080	200	11,5	2,568	738,8		
—	—	—	—	—	—	—	—		





Tabelle VIb.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N- Ein- fuhr in g	N- Gehalt des Urins in g	N- Gehalt des Kotes in g	N-Bilanz für den Körper in g	Wasser- einfuhr (Gesamt- wasser- gehalt der Nahrung) in g	Urin- menge ccm	Wasser- gehalt der Faeces in g	Wasser- abgabe durch Haut und Lungen be- rechnet in g	Gesamt- wasser- abgabe des Körpers in g	Wasser- bilanz des Körpers in g
26,260	11,92	3,672	+ 25,363	1883,9	1020	186	404	6148	+ 100
26,260	15,20			1978,9	1250		405		
26,260	14,15			2033,9	1400		406		
0	8,475			350	670		407		
20,583	11,138	3,800	+ 18,419	1770	650	321	406	5048	+ 382
20,583	11,51			1840	995		405		
20,583	10,52			1420	1050		406		
0	6,362			400	400		405		
20,583	11,80	3,909	+ 16,119	1830	840	184	406	5758	+ 192
20,583	9,694			1890	1070		405		
20,583	14,21			1880	1540		407		
0	6,017			350	500		406		
21,945	13,92	2,945	+ 5,478	1872	1100	70	405	4065	- 134
21,945	13,54			1709	1130		405		
0	8,007			350	620		405		



1 Da- tum 1910/11	2 Ver- suchs- tag Nr.	3 Ver- suchs- periode Nr.	4 Kör- per- ge- wicht kg	5 Flüssig- keits- einfuhr ccm	Fleisch				Kondensierte	
					6 Ein- fuhr in g	7 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	8 N- Gehalt in g	9 Kalorien- gehalt Kal.	10 Ein- fuhr in g	11 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %
31. XII. 1910	68	XV	20,170	1610	300	60,0	15,090	645,4	150	39,8
1. I. 1911	69	XV	20,100	980	300	62,8	14,697	637,1	150	39,8
2.	70	XV	20,100	1670	300	62,8	14,697	637,1	150	39,8
3.	71	XV	20,150	200	Hungertag		—	—	—	39,8
4.	72	XVI	20,100	300	75	62,8	3,667	159,3	37,5	39,8
5.	73	XVI	20,000	270	50	62,8	2,449	106,2	25	39,8
6.	74	XVI	20,000	1520	300	57,1	15,072	790,5	150	39,8
7.	75	XVI	20,070	0	Hungertag		—	—	—	39,8
8.	76	XVII	20,000	330	67,2	57,1	3,378	177,2	33,6	39,8
9.	77	XVII	20,050	500	Nahrungsaufnahme verweigert, da.					
10.	78	XVII	20,000	1660	800	55,9	42,224	2183	700	39,8
11.	79	XVII	20,200	1930	300	55,9	15,072	818,5	250	39,8
12.	80	XVII	20,170	1940	300	55,9	15,072	818,5	250	39,8

Tabelle VIIa.

12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Milch		Reis				Kot- menge feucht in g	Trocken- kot in g	Bemerkungen		
N- Gehalt in g	Ka- lorien- gehalt Kal.	Ein- fuhr in g	H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	N- Gehalt in g	Ka- lorien- gehalt					
2,139	540	100	11,5	1,284	369,4	130	38,7	Da der Kot der Periode XV u. XVI nicht sicher abzugrenzen war, ist er gemeinsam aufgeführt.		
2,139	540	100	11,5	1,284	369,4					
2,139	540	100	11,5	1,284	369,4					
—	—	—	—	—	—					
0,534	135	25	11,5	0,321	92,6			An diesem und folgenden Tage wurde nur ein kleiner Teil der zugewiesenen Nahrung gefressen. Ursache: Fleisch nicht mehr frisch.		
0,357	90	15	11,5	0,216	61,6					
2,139	540	100	11,5	1,284	369,4					
—	—	—	—	—	—					
0,479	121	22,4	11,5	0,288	82,8			127	33,0	Ein Teil erst am folgenden Tage gefressen
Wie es scheint, der Reis widersteht										
10,003	2518,9	—	—	—	—					
3,565	899,7	—	—	—	—					
3,565	899,7	—	—	—	—					



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Datum	Ver- suchs- tag	Kör- per- ge- wicht	Kör- per- tem- pera- tur	Kalorien- gehalt der Nahrung (Brutto)	Ka- lorien pro 1 kg Ge- wicht	Kalorien- gehalt des Kotes	Kalorien- gehalt des Kotes in % der Nah- rungs- kalorien	Kalorien- gehalt des Urins (berech- net)	Für den Körper- nutzbare Kalorien der Nahrung (Netto)			
1910/11	Nr.	kg	° C.	Kal.	Kal.	Kal.		N × 7,45	Kal.			
31. XII. 1910	68	20,170	38,8	1554,8	78	136,9	3,9	59,3	6221,4			
1. I. 1911	69	20,100	39,3	1546,5	78			101,2				
2.	70	20,100	39,1	1546,5	78			120,4				
3.	71	20,150	38,7	Hungertag				52,5				
4.	72	20,100	38,9	386,9	19			41,6				
5.	73	20,000	38,6	257,8	13			22,0				
6.	74	20,000	38,9	1699,9	85			126,4				
7.	75	20,070	38,9	Hungertag				111,1				
8.	76	20,000	38,7	3810	19			59,3				
9.	77	20,050	38,9	keine Nahrungs- aufnahme				33,4				
10.	78	20,000	38,8	4701,9	235			119,3		1,4	103,4	7963,0
11.	79	20,200	38,4	1718,2	85			136,1				
12.	80	20,170	38,7	1718,2	85	104,8						

Tabelle VIIb.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
N- Ein- fuhr in g	N- Gehalt des Urins in g	N- Gehalt des Kotes in g	N- Bilanz für den Körper in g	Wasser- einfuhr (Ge- samt- wasser- gehalt der Nahr- ung in g	Urin- menge in ccm	Wasser- abgabe durch Faeces in g	Wasser- abgabe durch Haut und Lungen in g	Gesamt- wasser- abgabe des Körpers in g	Wasser- bilanz des Körpers in g
8,513	7,960	3,073	- 7,848	1861	350	91	403	8379,0	- 780
18,120	13,581			1160	850		402		
18,120	16,54			1930	1520		402		
0	7,066			200	520		403		
4,522	5,588			365	310		402		
3,022	2,955			320	170		400		
8,495	16,96			1763	730		400		
0	14,917			0	625		401		
4,145	7,954			380	250		400		
0	4,486			500	310		401		
2,227	13,871	2,295	+ 32,701	2386	770	94	400	6737,0	+ 953
8,637	18,27			2207	1600		404		
8,637	14,07			2217	1705		403		

Wahrscheinlich ein Teil des Urins verloren gegangen.



1 Datum 1911	2 Ver- suchs- tag Nr.	3 Ver- suchs- periode Nr.	4 Kör- per- ge- wicht kg	5 Flüssig- keits- einfuhr ccm	Fleisch				Kondensiert-	
					6 Ein- fuhr in g	7 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %	8 N- Gehalt in g	9 Kalorien- gehalt Kal.	10 Ein- fuhr in g	11 H <sub>2</sub> O- Gehalt in %
13. I.	81	XVIII	20,15	1500	300	58,2	16,764	758,6	250	39,8
14.	82	XVIII	20,15	1500	300	58,2	16,764	758,6	250	39,8
15.	83	XVIII	20,15	1500	300	58,2	16,764	758,6	250	39,8
16.	84	XVIII	20,10	2000	600	66,1	26,196	1196	500	39,8
17.	85	XVIII	20,05							
18.	86	XVIII	20,07	0	Hungertag			—	—	—
19.	87	XIX	20,00	1000	300	66,1	13,098	598	100	39,8
20.	88	XIX	20,00	1000	300	66,1	13,098	598	100	39,8
21.	89	XIX	20,00	1000	300	64,4	14,151	614,1	100	39,8
22.	90	XIX	19,97	1000	300	64,4	14,151	614,1	100	39,8
23.	91	XIX	20,00	1000	300	64,4	14,151	614,1	100	39,8
24.	92	XIX	20,00	1000	300	64,4	14,151	614,1	100	39,8
25.	93	XIX	19,80	1000	300	64,4	14,151	614,1	100	39,8
26.	94	XIX	19,20	1000	300	60,8	12,549	836,6	100	39,8
27.	95	XIX	19,15	1000	300	58,2	16,299	745,2	100	39,8
28.	96	XIX	19,00	1000	300	58,2	16,299	745,2	100	39,8





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Datum	Ver- suchs- tag	Kör- per- ge- wicht	Kör- per- tem- pera- tur	Kalorien- gehalt der Nahrung (Brutto)	Ka- lorien pro 1 kg Ge- wicht	Kalorien- gehalt des Kotes	Kalorien- gehalt des Kotes in % der Nah- rungs- kalorien	Kalorien- gehalt des Urins (berech- net)	Für den Körper- nutzbare Kalorien der Nahrung (Netto)
1911	Nr.	kg	° C.	Kal.	Kal.	Kal.		N × 7,45	Kal.
13. I.	81	20,15	38,4	1658,3	82	282,1	2,8	57,9	7112,5
14.	82	20,15	38,8	1658,3	82			177,4	
15.	83	20,15	38,7	1658,3	82			74,5	
16.	84	20,10	38,9	2995,4	149			53,0	
17.	85	20,05	38,6					109,5	
18.	86	20,07	38,6	Hungertag				113,4	
19.	87	20,00	38,4	957,9	47,9			98,5	
20.	88	20,00	38,4	957,9	47,9			93,9	
21.	89	19,97	38,7	974	48,7			115,1	
22.	90	20,00	38,6	974	48,7			68,0	
23.	91	20,00	38,5	974	48,7	222,8	2,2	90,4	8824,1
24.	92	20,00	38,8	974	48,7			100,2	
25.	93	19,800	38,5	974	48			71,8	
26.	94	19,200	38,9	1196,5	58			123,5	
27.	95	19,150	38,8	1005,1	52			102,4	
28.	96	19,00	38,6	1005,1	53			81,8	

Tabelle VIIIb.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
N- Ein- fuhr in g	N- Gehalt des Urins in g	N- Gehalt des Kotes in g	N- Bilanz für den Körper in g	Wasser- einfuhr (Ge- samt- wasser- menge der Nah- rung) in g	Urin- menge in ccm	Wasser- abgabe durch Faeces in g	Wasser- abgabe durch Haut und Lungen in g	Gesamt- wasser- abgabe des Körpers in g	Wasser- bilanz des Körpers in g					
20,329	7,654	3,770	+ 12,034	1774	1670	132	403	10440	- 2522					
20,329	23,81			1774	2225		403							
20,329	10,00			1774	945		403							
33,326	7,115			} 2596	720		402							
	14,70				1405		401							
0	15,23			0	930		401							
14,517	13,216			3,067	+ 26,515		1238			1005	115	400	13868	- 1578
14,517	12,60						1238			910		400		
15,67	15,45						1233			1080		400		
15,67	9,131						1233			870		400		
15,67	12,13	1233	1010			400								
15,67	13,74	1233	1030			400								
15,67	9,629	1233	640			396								
13,968	16,58	1222	1010			384								
17,718	13,75	1214	1215			383								
17,718	10,98	1214	1040			380								



## Anhang: Tabelle IX (Hungerperiode II). Nr. XX.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datum	Versuchstag	Gewicht	Temperatur	Nahrungsaufnahme	Flüssigkeitsaufnahme	Urinmenge (+ Per- spiratio insensibilis geschätzt)	Flüssigkeitsbilanz	g N pro die im Urin
1911	Nr.	in kg	° C.		ccm	ccm	in g	in g
29. I.	97	18,800	38,8	Hunger	0	165 (+ 280)	— 445	4,592
30.	98	18,800	38,6	»	100	350 (+ 280)	— 530	7,567
31.	99	18,500	38,7	»	120	200 (+ 280)	— 360	4,804
1. II.	100	18,500	38,6	»	450	475 (+ 280)	— 305	5,580
2.	101	18,050	38,8	»	100	180 (+ 270)	— 350	5,139
3.	102	17,700	38,7	»	200	250 (+ 270)	— 320	4,048
4.	103	17,500	38,4	»	225	200 (+ 260)	— 235	4,435
5.	104	17,500	38,8	»	—	—	—	—

Die Tabellen III—IX geben fortlaufend die wichtigsten Daten der Ein- und Ausfuhr wieder, ferner die notwendigen Angaben über Gewicht und Temperatur des Tieres.

Auf Grund dieser Einzelangaben ist die Haupttabelle I angefertigt worden.

Wie aus den Stäben Nr. 3 der a-Tabellen hervorgeht, sind die Hauptperioden des Versuchs nochmal in 20 kleine Perioden eingeteilt, die stets durch ein Karminpulver im Kot getrennt wurden. In der Regel umfassen die Einzelperioden 4 Tage, im Anfange sind sie kleiner, gegen Schluß des Versuchs erheblich größer. Gewöhnlich beginnen sie mit einem Hungertag.

Für die Zeit der Nahrungszufuhr sind Doppeltabellen angelegt. Die a-Tabellen entsprechen zeitlich stets den b-Tabellen. Während die a-Tabellen die wichtigsten Angaben über

die Mengenverhältnisse der Nahrung und des Kotes bringen, ist in den b-Tabellen die Bilanz der Kalorien, des Stickstoffs und des Wasserhaushaltes verzeichnet.

Es sind diese Bilanzen, wie aus den Tabellen hervorgeht, um unnötige Arbeit zu sparen, nicht für jeden einzelnen Tag, sondern für jede einzelne Unterperiode aufgestellt. Stab 5 der b-Tabellen gibt die Bruttoeinfuhr in Kalorien an, Stab 10 die Nettoeinfuhr nach den Abzügen für Kot (Stab 7) und Urin (Stab 9). Die Stäbe 11—14 geben das Zahlenmaterial für die Stickstoffbilanz des Körpers, die Stäbe 15—20 enthalten die Berechnung der Wasserbilanz. Diese kann natürlich nur approximativen Wert haben, da, abgesehen von anderen unvermeidlichen kleinen Verlusten, auch die Menge des von Nahrung und Urin verdunsteten Wassers unbekannt ist. Die Wasserabgabe durch Haut und Lungen (Stab 7 der Tabellen I und IX und 18 der b-Tabellen) ist nur berechnet, und zwar haben wir als ungefähren Durchschnittswert aus den Tabellen von Rubner<sup>1)</sup> für den Hungerzustand 15 g Wasserdampf-abgabe pro Kilo und 24 Stunden, für die Fütterungsperioden 20 g. Wir sind uns dabei wohl bewußt, daß diese Zahlen nur einen ungefähren Anhaltspunkt bieten.

### Respirationsversuche.

Die Methodik und Berechnung der Respirationsversuche war prinzipiell die gleiche wie bei den Versuchen mit der großen Respirationskammer der Klinik für Menschen.<sup>2)</sup>

Bei der Kleinheit des Tierkastens war es nicht nötig, zu Ende des Versuchs eine Probe der Kastenluft zu entnehmen, wenn man bei stets gleich starker Ventilation des Apparates den Versuch erst anstellte, nachdem der Hund 1 Stunde sich im gleichmäßig ventilierten Kasten befand. Ventiliert wurde wie auch früher in allen Versuchen mit der Luft des dauernd elektrisch ventilierten Zimmers, die Absaugung der Luft geschah

<sup>1)</sup> Archiv f. Hygiene, Bd. XI, 1890, S. 137 u. ff.

<sup>2)</sup> Vgl. darüber Grafe, Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. XCV, S. 529, 1909, und Diese Zeitschrift, Bd. LXV, S. 1, 1910.



nahe dem Fenster, dessen Ventilationsklappen geöffnet waren. Es wurde früher schon darauf hingewiesen, daß unter diesen Verhältnissen die Ventilationsluft stets die konstante Zusammensetzung der atmosphärischen Luft hatte. Die Stärke der Ventilation betrug in allen Nüchternversuchen ca. 18—20 l, bei den Versuchen nach Nahrungsaufnahme 22—24 l pro Minute. Die Nüchternversuche zerfielen in Unterperioden von 5—7 Stunden, nach denen die Teilstromgefäße gewechselt wurden. Bei den Versuchen nach Nahrungsaufnahme wurde der Gefäßwechsel alle 3—5 Stunden vorgenommen. Bei dem außerordentlich konstanten Verhalten der Temperatur von Respirationsapparat, Gasuhr und bei den meist nur minimalen Schwankungen des Barometers konnten die Zeitperioden ohne Bedenken so lange ausgedehnt werden.

Die wichtigsten Daten aus den Protokollen der Nüchternversuche sind in Tabelle X zusammengestellt, deren Stäbe im einzelnen wohl nicht mehr der Erklärung bedürfen, die Zahlen für den Durchschnittswert der Temperaturen (Stab 5—7) stellen das Mittel der Einzelablesungen dar.

Bezüglich des motorischen Verhaltens des Hundes während aller Versuche sei nochmals betont, daß er sich völlig ruhig verhielt und stets im Kasten lag, auch nicht beim Annähern an den Kasten oder beim Beobachten durch das Fenster des Deckels sich erhob. Der Hund eignete sich für derartige Versuche somit sehr gut.

Tabelle XI enthält die wichtigsten Angaben über die Versuche nach Nahrungsaufnahme, die im Durchschnitt zirka 20 Stunden dauerten. Die Nettokalorien der Nahrung bringt Stab 9. Da der Hund meist nur einen Teil der Gesamttagesnahrung im Respirationsversuch fraß, wurde der Gewichtsverlust der Schüssel mit Nahrung während des Versuchs bestimmt und da das Gesamtgewicht, der Gesamtkalorien- und Stickstoffgehalt der Nahrung täglich bekannt waren, aus den 4 Daten die Werte für die Stäbe 9 und 10 berechnet. Infolge geringer Verdunstung von Wasser entstehen dabei auch unwesentliche Fehler, die aber außer acht gelassen werden konnten.

Die Rechnung für die chemische Zusammensetzung der

Nahrung ist nicht durchgeführt, läßt sich aber ohne weiteres mit Hilfe der Daten der Tabellen I, IIIa—VIIIa anstellen.

Von den Bruttokalorien der Nahrung sind die Kalorien im Kot abgezogen und zwar in der Weise, daß der Kaloriengehalt des Kotes dividiert wurde durch die Zahl der Tage, an denen der Hund (die stets gleichmäßig zusammengesetzte) Nahrung erhielt. Diese Zahl wurde dann vom Gesamtkaloriengehalt der täglichen Nahrungsmenge subtrahiert. Für den Stickstoffgehalt der Nahrung sind die Abzüge durch Verlust im Kot so geringfügig, daß sie bei den Zahlen des Stabes 10 gar nicht in Abrechnung gebracht worden sind.

Sämtliche Versuche mit Nahrungsaufnahme schlossen sich an die mehrstündigen Nüchternversuche an, und zwar die Versuche 1—4 unmittelbar, indem rasch der Deckel des Respirationkastens nur soweit gelüftet wurde, daß die Emailleschüssel mit dem Fressen in den Apparat gestellt werden konnte. Dann wurde der Versuch sofort wieder von neuem in Gang gebracht. Da der Hund jedoch von Mal zu Mal weniger im Kasten fraß, wurde die Methodik etwas abgeändert, leider ohne den erhofften Erfolg. Nach Abschluß des Nüchternversuchs wurde der Hund in seinen gewohnten Stoffwechsellkäfig in den Keller gebracht und bekam dort das Fressen, das er hier lieber in Angriff nahm. Um jedoch keinen nennenswerten Verlust an Steigerung der Oxydationen für den Respirationversuch zu bekommen, wurde der Hund eine Stunde, nachdem er zu fressen begonnen hatte, samt Schüssel in den Apparat gebracht, und der Versuch dann sofort angestellt.

In den späteren Perioden der Überernährung aß der Hund mit sichtlich geringerem Appetit, aber vertilgte doch mit ganz geringen Ausnahmen (Anfang Januar, s. Tab. VIIa und b) stets langsam sein ganzes Tagesquantum auf. Nur in der um 5—7° wärmeren Temperatur des Respirationkastens war er dazu nicht zu bewegen. Derartiges hat Rubner mehrfach beobachtet und mit der chemischen Wärmeregulation in Zusammenhang gebracht.

Die Kalorienproduktion pro 24 Stunden, wie sie sich in den Tabellen II und III verzeichnet findet, wurde in der Weise



Tabelle X

1	2	3	4	5	6	7	8
Ver- such Nr.	Ver- suchs- proto- koll Nr.	Datum  1910/11	Körper- gewicht  in kg	Durch- schnitt- liche Körper- tempe- ratur  ° C.	Durch- schnitt- liche Tempera- tur des Respira- tions- apparates  ° C.	Tempe- ratur der Gasuhr  ° C.	Auf 0° 760 mm Hg und Trocken- heit redu- ziertes Volumen der Ventilations- luft  in l
1	53	25. X.	20,15	38,85	20,6	15,1	7 089
2	55	27.	20,00	38,55	20,8	15,5	7 134
3	56	28.	19,90	38,6	21,2	16,25	6 012
4	58	31.	18,20	38,65	21,8	17,6	11 100
5	60	3. XI.	17,50	38,8	22,2	18,2	6 785
6	61	5.	17,00	38,75	20,9	16,4	10 776
7	63	9.	15,90	38,6	20,9	15,9	7 993
8	64	11.	15,05	38,75	20,8	15,4	7 087
9	66	14.	15,00	38,5	20,9	15,9	5 556
10	68	18.	18,50	38,7	20,8	15,65	5 171
11	70 a	22.	20,00	38,6	21,0	16,00	7 536
12	75 a	28.	20,05	38,6	21,0	15,9	6 761
13	78 a	3. XII.	20,01	38,8	21,0	16,15	6 814
14	79 a	8.	20,20	38,8	21,9	17,0	7 429
15	80 a	12.	20,25	38,9	21,8	16,8	6 767
16	82 a	20.	20,25	38,8	22	17,5	6 691
17	83 a	31.	20,17	39	22	17,0	6 489
18	84 a	4. I.	20,10	38,8	20	14,0	6 604
19	85	7.	20,07	38,95	20,9	15,6	6 674
20	86 a	8.	20,07	38,85	22,1	16,0	6 589
21	87 a	19.	20,00	38,6	22	17,3	6 677
22	91	30.	18,50	38,8	21,8	16,5	19 558
23	92	2. II.	18,05	38,45	22,2	17,4	19 325
24	94	4.	17,50	38,8	22	17,0	19 342
25	95	6.—7. IV.	21,00	38,5	21	16,0	23 455

es Anhanges.

9	10	11	12	13	14	15
Dauer des Versuches	Produzierte CO <sub>2</sub> während des Ver- suches in l	CO <sub>2</sub> pro Stunde in l	O <sub>2</sub> -Ver- brauch während des Ver- suches in l	O <sub>2</sub> - Ver- brauch pro Stunde in l	R.Q.	Be- merkungen
10 <sup>12</sup> —6 <sup>00</sup>	55,56	7,125	71,0	9,105	0,782	12 Stunden nach letzter Nahrungs- aufnahme. Hund ruhig.
8 <sup>15</sup> —4 <sup>52</sup>	51,62	6,231	67,1	8,089	0,770	Hund sehr ruhig.
12 <sup>25</sup> —6 <sup>58</sup>	39,9	6,139	56,98	8,770	0,700	Desgl.
7 <sup>1</sup> —10 <sup>15</sup>	73,84	5,054	103,7	6,585	0,712	„
10 <sup>0</sup> —6 <sup>42</sup>	42,74	5,140	61,0	7,330	0,701	„
5 <sup>0</sup> —10 <sup>24</sup>	81,67	4,826	113,0	6,67	0,723	„
10 <sup>6</sup> —6 <sup>51</sup>	40,10	4,582	57,0	6,515	0,704	„
8 <sup>22</sup> —6 <sup>11</sup>	43,64	4,446	60,0	6,113	0,727	„
8 <sup>6</sup> —4 <sup>27</sup>	32,76	4,175	46,0	5,861	0,712	Desgl. Letzte Hungerstunden.
10 <sup>0</sup> —6 <sup>15</sup>	58,61	6,790	59,0	6,836	0,993	Seit ca. 12 Std. nüchtern, sehr ruhig.
8 <sup>0</sup> —3 <sup>18</sup>	71,86	10,36	63,0	9,082	1,141	Seit ca. 10 Std. nüchtern, ruhig.
8 <sup>54</sup> —3 <sup>10</sup>	50,89	8,123	51	8,139	0,998	Seit 36 Std. nüchtern, sehr ruhig.
8 <sup>55</sup> —3 <sup>25</sup>	50,75	7,971	52,01	8,168	0,976	Desgl.
8 <sup>12</sup> —2 <sup>50</sup>	58,96	8,89	58,0	8,744	1,016	Seit ca. 30 Std. nüchtern, sehr ruhig.
9 <sup>1</sup> —3 <sup>18</sup>	48,97	7,814	55,1	8,778	0,890	„ „ 36 „ „ „
8 <sup>1</sup> —3 <sup>05</sup>	47,35	7,498	58,0	9,183	0,816	„ „ 36 „ „ „
8 <sup>55</sup> —3 <sup>11</sup>	46,44	7,573	59,0	9,623	0,787	„ „ 36 „ „ „
9 <sup>5</sup> —3 <sup>27</sup>	48,72	7,674	60	9,452	0,812	„ „ 30 „ „ „
2 <sup>1</sup> —6 <sup>21</sup>	45,96	7,474	54	8,782	0,851	„ „ 12 „ „ „
8 <sup>0</sup> —3 <sup>10</sup>	42,02	6,165	55	8,071	0,764	„ „ 36 „ „ „
9 <sup>12</sup> —3 <sup>35</sup>	44,92	7,039	59	9,245	0,762	„ „ 14 „ „ „
9 <sup>1</sup> —9 <sup>11</sup>	132,28	5,512	179	7,458	0,738	„ „ 36 „ „ „
9 <sup>0</sup> —9 <sup>32</sup>	130,18	5,424	177	7,375	0,735	Hungerperiode.
9 <sup>12</sup> —9 <sup>16</sup>	131,38	5,474	175	7,291	0,750	„
9 <sup>0</sup> —8 <sup>31</sup>	154,62	6,723	200	8,696	0,773	Seit 36 Std. nüchtern.



Tabelle XI des Anhangs.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Versuchs-Nr.	Ver-suchs-protokoll-Nr.	Datum	Körper-gewicht kg	Durchschnittliche Körpertemperatur ° C.	Durchschnittliche Temperatur des Respirationsapparates ° C.	Auf 0°, 760 mm Hg und Trockenheit reduziertes Volumen der Ventilationsluft l	Dauer des Versuchs	Zusammensetzung der Nahrung (Nettokalorien) Kal.	N-Gehalt der Nahrung g	Während des Versuchs gebildete Kohlen-säure l	Während des Versuchs verbrauchter Sauerstoff l	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	N-Abgabe im Urin pro 24 Std. g
1	70b	1910 22.—23.XI.	Anf.: 19,57 Ende: 20	38,4	20,6	23 041	<sup>35'</sup> bis 40'	3485,1	26,762	292,88	274,9	1,065	10,68
2	75b	28.—29.	Anf.: 20,050 Ende: 20,100	38,75	21	19 998	<sup>320</sup> bis 8 <sup>00</sup>	2653	20,073	166,34	169,1	0,993	9,294
3	78b	3.—4. XII.	Anf.: 20,01 Ende: 20,10	38,8	20,8	22 719	<sup>330</sup> bis 11 <sup>30</sup>	1545	11,04	171,58	182,2	0,932	10,80
4	79b	8.—9.	Anf.: 20,20 Ende: 20,10	38,9	21,8	30 490	<sup>305</sup> bis 9 <sup>15</sup>	908,8	6,674	232,83	274,4	0,849	6,528
5	80b	12.—13.	Anf.: 20,25 Ende: 20,28	39	22	24 617	<sup>41'</sup> bis 12 <sup>21</sup>	770,7	5,577	166,06	183,0	0,907	9,685
6	82b	20.—21.	Anf.: 20,25 Ende: 20,25	38,85	22	21 587	<sup>450</sup> bis 12 <sup>54</sup>	890,7	7,630	159,7	183,26	0,871	11,138
7	83b	31. XII. bis 1. I. 1911	Anf.: 20,17 Ende: 20	39,05	21,6	21 268	<sup>438</sup> bis 11 <sup>02</sup>	255,4	3,086	127,44	156,7	0,813	7,960
8	84b	4.—5. I.	Anf.: 20,100 Ende: 20	38,75	20,8	20 319	<sup>5<sup>38</sup></sup> bis 12 <sup>28</sup>	386,9	4,522	114,9	154,2	0,745	5,588
9	86b	8.—9.	Anf.: 20 Ende: 20,05	38,9	20,8	20 728	<sup>45</sup> bis 12 <sup>15</sup>	381,0	4,145	131,45	173,1	0,760	7,954
10	87b	19.—20	Anf.: 20 Ende: 20	38,6	21,8	22 140	<sup>530</sup> bis 12 <sup>00</sup>	935,7	14,517	134,35	164,3	0,818	13,216

berechnet, daß von der Gesamtkohlensäurebildung und dem Gesamtsauerstoffverbrauch pro 24 Stunden die auf die Eiweißverbrennung entfallenden Mengen von  $\text{CO}_2$  (pro 1 g N im Harn 4,754 l  $\text{CO}_2$ ) und  $\text{O}_2$  (pro 1 g N 5,923 l  $\text{O}_2$ ) in Abzug gebracht wurden. Dann wurde für den sich so ergebenden respiratorischen Quotienten nach der Tabelle von Zuntz in seinem mit Loewy zusammen herausgegebenen Lehrbuch (S. 662) der kalorische Wert eines Liters Sauerstoff berechnet und durch Multiplikation mit der gesamten Sauerstoffmenge, die zur Oxydation von Fett und Kohlenhydraten nötig war, die Wärmemenge, die durch die Verbrennung des N-freien Materials entsteht. Die Kalorienproduktion aus Eiweiß berechnet sich durch Multiplikation der Menge N im Harn mit  $6,25 \times 4,4423$ .<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Ein Beispiel der Berechnung findet sich bei Grafe, Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. CI, S. 249, 1910.