

functionirt haben. Ebenso ist mir das reichlich vorhandene Pigment in meinem und dem Ratjen'schen Falle ein sicherer Beweis für den extrauterinen Ursprung der Lungenanomalie. Ueberhaupt kann ich gar keine Aehnlichkeit zwischen diesen beiden und den Grawitz'schen Fällen finden, da weder makroskopisch noch mikroskopisch Bildungen in der verkümmerten Lunge sich vorfanden, die etwa als bronchiectatische Cysten zu deuten wären.

VII.

Die Fettbildung aus Kohlehydraten beim Hunde.

Von Dr. Immanuel Munk,
Privatdocenten in Berlin.

Seit nunmehr 3 Jahren habe ich wiederholt die Frage experimentell in Angriff genommen, ob es nicht auch beim Carnivoren gelingt, durch sehr reichliche Fütterung mit Kohlehydraten Fett zum Ansatz zu bringen, dessen Quelle weder auf das verfütterte und zersetzte Eiweiss noch auf das Nahrungsfett zurückzuführen und für dessen Entstehung demnach die Kohlehydrate verantwortlich zu machen wären, derart, dass letztere im Körper des Hundes direct in Fett übergehen. Um jene Zeit gerade war die directe Umbildung von gefütterten Kohlehydraten zu Körperfett für die Omnivoren (Schwein), für welche schon eine Versuchsreihe von Weiske und Wildt¹⁾ diesen Vorgang wahrscheinlich gemacht hatte, durch Fütterungsversuche von Soxhlet²⁾ und für die Vögel (Gans) durch B. Schulze³⁾ bestimmt nachgewiesen; inzwischen ist diese Thatsache für das Schwein von Meissl und Strohmer⁴⁾, sowie von Tschirwinsky⁵⁾ und für die Gans von Chaniewski⁶⁾ überzeugend bestätigt worden.

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie. X. S. 1. 1874.

²⁾ Zeitschr. d. landw. Ver. in Bayern. 1881. August-Heft.

³⁾ Landw. Jahrbuch. 1882. S. 57.

⁴⁾ Wien. akad. Sitzungsber. 1883. III. S. 205.

⁵⁾ Landwirthschaftl. Versuchsstationen. 1883. S. 317.

⁶⁾ Zeitschr. f. Biologie. XX. S. 179. 1884.

Der Nachweis der directen Fettbildung aus Kohlehydraten ist indess für den Carnivoren (und den Menschen) bisher nicht geliefert worden. Noch ganz neuerdings hat sich v. Voit¹⁾ in Bezug darauf, wie folgt, ausgesprochen: „Nimmt man nun die Henneberg'sche Zahl an“ (nach der aus Eiweiss bei dessen Zerfall sich in maximo 51,4 pCt. Fett abspalten kann), „dann ist für den Fleischfresser und den Menschen, wenigstens soweit bis jetzt die Versuche aussagen, das aus der Nahrung resorbirte Fett mit dem bei der Eiweisszersetzung sich abspaltenden hinreichend, um das im Körper abgelagerte Fett zu decken, so dass man dabei die Kohlehydrate nicht heranzuziehen braucht.“

Die Versuche, welche im physiologischen Laboratorium der hiesigen Thierarzneischule ausgeführt worden sind, hatten mit manchen Widerwärtigkeiten zu kämpfen. Ein Hund, der behufs Erzielung von Fettschwund²⁾ bereits 4 Wochen gehungert hatte und alsdann in die Fütterung mit Kohlehydraten eingetreten war, bekam sehr bald Diarrhöen, deren Ursache zunächst auf die durch die Kohlehydrate im Darm angeregten Gährungen geschoben wurde. Die Section des nach 3 Tagen eingegangenen Thieres zeigte die Darmschleimhaut und das Mesenterium mit theils punkt-, theils linsenförmigen Blutungen durchsetzt, was nach den Erfahrungen der Thierärzte für eine infectiöse Form von Darmerkrankung spricht. Nicht viel besser erging es mir, etwa $\frac{1}{2}$ Jahr später, mit einem zweiten Versuchsthier, das, nachdem es die Hungerperiode 21 Tage überstanden hatte, Nasenausfluss und Husten bekam und nach 4 Tagen einging. Die Section ergab auch hier eine infectiöse Form von Erkrankung des gesammten Respirationsapparats (Nasenhöhle, Kehlkopf, Luftröhre, Lungen), die sog. Influenza; die Lungen waren pneumonisch infiltrirt, auf der Schnittfläche quoll aus den Bronchien eine dicke eiterartige Flüssigkeit heraus, die Schleimhaut der Nase, des Kehlkopfs und der Luftröhre war mit einer gelben Eiterschicht überzogen. Solche infectiöse Erkrankungen sind, besonders im Frühjahr und Herbst, an Orten, wo zahlreiche Hunde angehäuft sind, nach unserer Erfahrung nicht selten. In

¹⁾ Ueber die Ursache der Fettablagerung im Thierkörper. Rede. München 1883. S. 7.

²⁾ s. S. 94.

der That sind beide Male ausser meinen Versuchshunden noch andere im Stall gehaltene Hunde unter gleichen Erscheinungen erkrankt; ein Theil von ihnen ist ebenfalls eingegangen.

Auch im dritten Versuch, mit dem sich diese Mittheilung ausführlich beschäftigen wird, kam es, glücklicher Weise erst in der Mitte der 4. Fütterungswoche, wahrscheinlich infolge der fortgesetzten überreichlichen Fütterung mit Kohlehydraten zu einer Darmerkrankung, die den Versuch vorzeitig abubrechen nöthigte. Das bei der sofortigen Tödtung des Hundes erhobene Resultat ist, in Bezug auf die gestellte Frage, beweiskräftig ausgefallen; freilich stand zu erwarten, dass bei ermöglichter Fortführung der Fütterungsreihe über die 5. Woche hinaus das quantitative Ergebniss des Versuches noch erheblich grösser geworden wäre. Von der Hauptfrage ganz abgesehen, sind, da die Versuchsreihe sich über 56 Tage erstreckt hat und während dieser ganzen Zeit fortlaufende Bestimmungen der Wasser-, Stickstoff- und Schwefelausscheidung durch den Harn, sowie des Körpergewichts ausgeführt worden sind, Beobachtungen gesammelt worden, welche zur Lehre vom Stoffverbrauch des Hundes bei relativer Inanition¹⁾ — der Hund bekam Wasser zum Saufen — und bei Fütterung mit sehr reichlichen Mengen von Kohlehydraten bez. Leim einen brauchbaren Beitrag zu liefern vermögen.

Der Versuchsplan ging dahin, zunächst durch länger fortgesetztes Hungern den Hund möglichst von seinem Körperfett zu befreien, und wenn dies erreicht war, ihn mit möglichst wenig Fleisch und möglichst viel Kohlehydraten Wochen lang zu füttern, unter steter Controle des Eiweissumsatzes im Körper, dessen Grösse, worauf später des Näheren eingegangen werden soll, bekannt sein muss, wenn man die Frage entscheiden will, ob das gebildete und angesetzte Fett aus verbrauchtem Eiweiss hervorgegangen ist oder den gefütterten Kohlehydraten seine Entstehung verdankt.

Das erstrebte Ziel, den Hund von seinem Körperfett mög-

¹⁾ Ausser von F. A. Falck (Beiträge zur Physiologie, Hygiene etc. Stuttgart 1875. S. 1), dessen Hund auf absolute Carenz gesetzt war, liegen Bestimmungen über den Stoffverbrauch, die sich über eine so lange Hungerperiode erstrecken, meines Wissens bislang nicht vor.

lichst zu befreien, erreicht man nach dem Vorgange von Fr. Hofmann¹⁾ am schnellsten und zweckmässigsten, wenn man den Hund längere Zeit hindurch, 3—5 Wochen lang, hungern lässt. Ein mässig fetter junger, aber ausgewachsener Hund büsst dabei sein gesamntes Körperfett bis auf Spuren ein, hingegen magert ein sehr fetter und alter Hund, wie auch ich mich schon gelegentlich früherer Versuche überzeugt habe²⁾, dabei nur ab, zeigt aber noch nach 4—5wöchentlichem Hunger, den ausgewachsene Hunde, wofern ihnen nur Wasser gegeben wird, gut vertragen, noch immer ein nicht unbeträchtliches Fettpolster und zuweilen noch mässige Fettablagerungen um die Eingeweide. Es empfiehlt sich deshalb für den Entfettungsversuch, einmal einen ausgewachsenen, aber nicht alten und nur mässig fetten Hund zu wählen und ihn so lange hungern zu lassen, bis er etwa $\frac{1}{3}$ seines ursprünglichen Körpergewichts eingebüsst hat, und dann mit der Fütterung derjenigen Stoffe zu beginnen, durch welche Fettansatz erzielt werden soll.

Versuchsreihe am hungernden Hund.

Zum Versuche diente eine ziemlich junge³⁾, gelbe Hofhündin grosser Rasse von 37 kg Körpergewicht, die darauf angelernt war, den Harn zu halten. Regelmässig nach 24 Stunden wurde die Blase mittelst des Katheters entleert, sodann der Hund gewogen und wieder in seinen Käfig zurückgeführt; dieser war mit Zinkblech ausgeschlagen und mit einem aus verzinkten Eisenstäben bestehenden Durchschlag versehen, der dem etwa in den Käfig gelassenen Harn den Abfluss in eine mit Zink bekleidete Schieblade und durch eine Oeffnung an deren Boden in ein daruntergestelltes Sammelgefäss gestattete. Während der Hungerperiode geschah es niemals, dass der Hund Harn in den Käfig liess und während der darauf folgenden Fütterungsreihe nur an den letzten Tagen, an denen er offenbar krank war. Dem Hunde wurden täglich 300—400 ccm Wasser vorgesetzt; am Ende des Versuchstages wurde das noch restirende Wasser gemessen und so die Menge des aufgenommenen Wassers ermittelt. Nach Feststellung seiner Menge wurde der Harn einer 24stündigen Periode auf ein rundes Volumen, 400 bis

¹⁾ Zeitschr. f. Biolog. VIII. S. 163. 1872.

²⁾ Dieses Arch. Bd. 95. S. 417. 1884.

³⁾ Beim fleischfressenden und knochenzerknagenden Hunde nutzen sich zuerst die Kronen der Schneide- und Backzähne ab, daher man etwa vom 5. Lebensjahr ab bei den meisten Hunden die Schneidezähne bald mehr bald weniger angegriffen und abgeschliffen findet. Unser Versuchshund hatte noch gute, kaum angegriffene Schneidezähne.

500 ccm, verdünnt und darin der Harnstoff, in der Mehrzahl der Tage auch der Gesamtschwefel bestimmt. Zum Zwecke der Harnstoffanalyse wurde 1 Vol. Harn mit 2 Vol. Barytmischung versetzt und je 15 ccm Filtrat, entsprechend 5 ccm des auf ein rundes Volumen verdünnten Harns, mit Quecksilberlösung nach Liebig unter Anwendung der von Pflüger gegebenen Modification titirt; aus dem so gefundenen Harnstoffgehalt wurde die entsprechende Stickstoffmenge durch Multiplication mit dem Reductionsfactor $\frac{7}{15}$ oder 0,467 berechnet. Ferner wurden je 20 ccm Harn in der Platinschale mit Aetzkali und Salpeter eingedampft, scharf getrocknet, vorsichtig über kleiner Flamme geschmolzen, die Schmelze in Wasser gelöst und in einen Kolben gebracht, mit Salzsäure stark angesäuert, zur Entfernung freier Salpetersäure in einer Porzellanschale zweimal zur Trockne gedampft, der Rückstand in Salzsäure aufgenommen und im Filtrat durch Fälln mit Chlorbaryum der Gesamtschwefel als schwefelsaurer Baryt gewichtsanalytisch bestimmt.

Für die Brauchbarkeit der Harnstofftitrirung nach Liebig-Pflüger beim Harn des hungernden Hundes leistet schon die grosse Gleichmässigkeit der an den späteren Hungertagen erhaltenen Werthe, sowie der Parallelismus zwischen N- und S-Ausscheidung genügende Gewähr. Jüngst hat Bohland¹⁾ (in Pflüger's Laboratorium) die Ergebnisse der nach Liebig-Pflüger ausgeführten Harnstofftitration mit denen der directen Stickstoffbestimmung nach Dumas und Will-Varrentrapp verglichen und daraus den Schluss gezogen, dass von der Titration des Harns auch beim Hungerhunde abzurathen sei, weil die Titration in den ersten Hungertagen zu hohe Werthe liefert. Für die von Bohland beliebte Verallgemeinerung seiner Einschränkung auf eine durch längere Zeit sich erstreckende Hungerperiode bietet indess das von ihm selbst gelieferte, in dieser Hinsicht nur zu spärliche Material durchaus keine genügende Unterlage. Vielmehr ergibt Bohland's Versuch 51 und 52 bez. 57 und 58, dass schon vom 2. Tage nach Fleischkost bez. vom 3. Hungertage ab nach gemischter Kost die Differenz zwischen Titration und directer N-Bestimmung mehr und mehr herabgeht; hätte Bohland die Inanition weiter verfolgt, so würde sich unzweifelhaft die Differenz dem geringen Werthe wie bei Fleischkost genähert haben, wo das Plus der Titration gegenüber der directen N-Bestimmung nur $\frac{1}{2}$ —2 pCt. betrug.

¹⁾ Arch. f. d. ges. Physiol. XXXV. S. 199. 1884.

Der leichteren Uebersicht halber sind die während der Hungerperiode erhobenen Werthe tabellarisch geordnet. Es sei noch bemerkt, dass der Hund mehrere Tage zuvor mit je 750 g Fleisch gefüttert worden ist.

Hunger- tag	Wasser gesoffen	Harn- menge	Harnstoff im Ganzen	N + aus U	Gesamt- Schwefel	Körper- gew. in kg
1.	—	391	40,624	18,958	—	36,14
2.	180	202	31,44	14,672	—	35,26
3.	145	219	27,274	12,728	0,609	34,58
4.	250	234	25,92	12,096	—	34,02
5.	—	143	23,798	11,106	0,541	33,62
6.	275	227	23,464	10,95	—	33,16
7.	300	230	18,918	8,828	—	32,67
8.	265	156 ¹⁾	12,852 (?)	5,998	0,271	32,35
9.	160	190	16,56	7,728	0,378	32,05
10.	270	185	13,626	6,358	0,291	31,81
11.	175	212	13,05	6,09	0,324	31,55
12.	300	261	11,88	5,544	0,317	31,2
13.	205	229	12,034	5,616	—	30,95
14.	400	248	11,19	5,222	—	30,61
15.	240	264	10,462	4,882	—	30,26
16.	285	272	10,74	5,012	—	29,68
17.	400	260	9,96	4,648	—	29,4
18.	—	224	11,505	5,369	—	29,19
19.	250	290	11,96	5,581	0,337	28,76
20.	300	279	11,628	5,426	0,315	28,41
21.	300	178	11,396	5,318	—	28,34
22.	300	199	11,672	5,447	0,284	28,16
23.	250	204	11,38	5,31	0,2822	27,98
24.	250	303	12,2	5,693	0,319	27,65
25.	250	290	11,455	5,346	0,308	27,3
26.	300	345	11,87	5,54	0,3425	27,14
27.	300	342	11,205	5,229	0,283	26,83
28.	300	390	11,95	5,577	—	26,52
29.	300	322	11,87	5,54	—	26,2
30.	300	311 ¹⁾	11,247 (?)	5,249	0,325	25,89
31.	300	350	12,9	6,02	0,3485	25,72

Die vorliegende Hungerreihe erscheint in mehrfacher Hinsicht von Interesse.

Der Hund wog anfänglich, vor dem ersten Hungertage 37,2 kg, am 31. Hungertage nur 25,72 kg, folglich beträgt der

¹⁾ Ein kleiner Theil des Harns verschüttet.

Gesamtverlust an Körpersubstanz 11,48 kg oder 31 pCt. des Anfangsgewichts und der mittlere Verlust an Körpersubstanz pro Tag circa 370 g = 1 pCt. des Anfangsgewichts. Und zwar betrug der absolute Gewichtsverlust an den einzelnen Hungertagen:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	Tag
3	2,8	1,8	1,6	1	1,3	1,1	1,1	0,8	0,6	0,7	pCt.

Für den 12.—31. Tag berechnet sich ein mittlerer Gewichtsverlust von 0,88 pCt. Es ist bemerkenswerth, dass entsprechend der mit der Dauer der Inanition erfolgenden Abnahme des Körpergewichts auch der absolute tägliche Verlust immer kleiner und kleiner wird, wie sich dies besonders schön zu erkennen giebt, wenn wir eine je 6tägige Reihe mit einander vergleichen; so betrug der Gewichtsverlust vom 14.—19. Tage 2190 g, an den folgenden 6 Tagen (20.—25. Tag) nur noch 1460 g. Diesem Absinken entsprechend wäre für die nächstfolgenden 6 Tage ein Verlust von nur circa 1000 g zu erwarten gewesen. Statt dessen behielt der Gewichtsverlust nicht nur die frühere Höhe, sondern überstieg letztere noch um 160 g, indem für diese letzte 6tägige Periode 1620 g zu Verlust gingen. Diese Erscheinung hängt, worauf alsbald näher eingegangen werden soll, in erster Linie mit dem rapiden Fettschwund und mit der Zunahme des Fleischverbrauchs im Körper des Hundes zusammen.

Die Harnstoff- bez. N-Ausscheidung ist am grössten am 1. Tage, der offenbar noch unter dem Einfluss der vorausgegangenen Fütterung (750 g Fleisch pro Tag) steht, sinkt dann ziemlich schnell und beträgt am 7. Tage nur 8,83 g N und hält sich am 10. und 11. Tage auf 6,36—6,09 g. Von nun an beginnt eine Periode der scheinbar ziemlich gleichmässigen N-Ausscheidung, am 12. ist sie 5,544, am 28. noch 5,577, am 31. 6,02 g und schwankt überhaupt an 17 dieser 20 Tage nur zwischen 5,2 und 5,7 N; nur am 18. und 17. sind die niedrigsten: 4,88 bez. 4,65 N und am 31. der höchste Werth mit 6,02 g erhoben worden. Nun hat aber zwischen dem 12. und 31. Tag das Körpergewicht um 5,5 kg oder um 17,6 pCt., also um mehr als $\frac{1}{6}$ abgenommen, und doch ist die N-Ausscheidung nicht nur gleich hoch geblieben, sondern zuletzt noch angestiegen. Im Allgemeinen sieht man *ceteris paribus* beim Hunger die N-Aus-

scheidung dem zur Zeit bestehenden Körpergewicht oder besser dem jeweiligen Eiweiss- und Fettbestande parallel laufen, daher ist sie in den ersten Hungertagen (vom ersten abgesehen, der unter dem Einfluss der vorhergehenden Fütterung steht) hoch und fällt in dem Maasse ab, als der absolute Gewichtsverlust sich der geringen Grösse nähert, die sich im weiteren Verlauf der protrahirten Inanition einstellt, und sinkt im Ganzen langsam bis zum Hungertode ab; kurz vor dem Hungertod erfolgt noch eine rasche Steigerung. Entsprechend der N-Ausscheidung von 5,544 g am 12. Tage bei 31,2 kg Körpergewicht wäre so für den 31. Tag bei nur 25,7 kg Gewicht eine Entleerung von 4,57 N zu erwarten; statt dessen betrug sie thatsächlich 6,02 g, mithin ist die N-Ausscheidung am 31. Tage relativ, d. h. gegenüber dem 12. Tage um 32 pCt. zu hoch gewesen. Dass die N-Entleerung annähernd gleichmässig und hoch geblieben ist, kann nur darin seinen Grund haben, dass während dieser Zeit der Körper verhältnissmässig viel Fett eingebüsst hat, also sehr fettarm geworden ist. So lange der Fettstand am Körper noch mässig ist und nicht unter eine gewisse Grösse sinkt, geht die N-Ausscheidung hungernder Thiere dem jeweiligen Körpergewicht oder besser dem jeweiligen Eiweissbestande parallel, sinkt daher, nachdem sie eine Zeit lang ziemlich constant geblieben ist, allmählich langsam ab. Sehr schön wird dieses allmähliche und bis zum Hungertode langsam stattfindende Absinken der N-Ausscheidung, die der Körpergewichtsabnahme annähernd parallel läuft, durch die Versuchsreihe von F. A. Falck¹⁾ an einem alten und fettreichen Hunde von 21 kg illustriert. Hier betrug die Harnstoffausscheidung am 2. Hungertage 11,27, am 10. Tage 8,4, am 20. Tage 7,92, am 30. Tage 6,47, am 40. Tage 5 g, am 46. Tage 4,01 g; das Körpergewicht betrug an den resp. Tagen 20,6, 18,6, 16,7, 15,1, 13,7, 12,85 kg. Ganz anders verhält sich die N-Ausscheidung in unserer Hungerreihe. Hier betrug das absolute Körpergewicht am 12. Tag noch 31,2 kg, am 31. Tage nur 25,72 kg, und doch ist die N-Ausscheidung am 31. Tage noch 9 pCt. höher als am 12. Tage, ja die höchste in dieser 20tägigen Periode, während bei dem Hungerhunde von Falck am 31. Tage die Harnstoffmenge um 39 pCt. geringer ist,

¹⁾ Beiträge zur Physiologie, Hygiene etc. Stuttgart 1875. S. 39 u. 69.

als am 12. Tage. Diese beträchtliche relative und auch absolute Zunahme der N-Ausscheidung, welche Hand in Hand mit der schon berührten Steigerung des absoluten Verlustes an Körpersubstanz (S. 97) geht, kann wohl nicht anders als auf rapider Abnahme des Fettbestandes am Körper beruhen, da, wie bekannt, letzterer von wesentlichem Einfluss auf die Eiweisszersetzung ist, insofern wie bei der Fütterung das Nahrungsfett, so beim Hungern das am Körper vorhandene Fett den Eiweissumsatz beschränkt. Sobald daher der Fettbestand erheblich absinkt, nimmt der Eiweisszerfall zu, sodass er erheblich grösser, bald absolut, bald nur relativ grösser wird als vorher. Es ist also die Zunahme des Eiweisszerfalls in der späteren Hungerperiode ein werthvolles Zeichen für die hochgradige Fettarmuth des Versuchsthieres¹⁾; sie tritt jedesmal ein, wenn kein Fett am Körper schützend auf die Eiweisszersetzung wirkt und führt in wenigen Tagen zum Hungertod. Hand in Hand damit ging ein sichtbarer Kräfteverfall. Der Hund, der noch am 21. Hungertage, wenn auch mit Anstrengung, so doch ohne Unterstützung aus dem 1,1 m hohen Käfig herausklettern konnte, war bald zu schwach dazu und musste aus dem Käfig herausgehoben werden, knickte beim Gehen ein und drohte auf die Seite zu fallen; er hielt sich so schlecht auf den Beinen, dass er beim Katheterisiren gestützt werden musste, wenn er nicht umfallen sollte. Die Temperatur, im Mastdarm gemessen, die am 22. Tage 38,3° C., am 24. nur mehr 37,4° betrug, war am 31. Tage bis zu 35° gesunken. Da nunmehr Gefahr im Verzug erschien, da zu befürchten war, dass das Versuchsthier an Inanition zu Grunde gehen möchte, wurde die Hungerperiode abgebrochen.

Insgesamt waren durch den Harn an 31 Tagen 222,9 N entleert worden; daraus berechnet sich ein Verlust von Körperfleisch (im Sinne von Voit, d. h. an einer dem Muskelfleisch entsprechenden Substanz mit 3,4 pCt. N) von 6556 g oder von 1393,8 g (trockenem) Eiweiss, also im Mittel pro Tag von 211 g Fleisch = 42 g (trockenem) Eiweiss.

Die Gesamtschwefelausscheidung ging der Grösse der N-Entleerung parallel. Aus den 11 Bestimmungen, welche auf

¹⁾ Voit, Zeitschr. f. Biologie. II. S. 307; Fr. Hofmann, ebenda VIII. S. 163.

die Periode der ziemlich gleichmässigen, absoluten N-Ausscheidung treffen (12.—31. Tag), ergibt sich eine Gesamtabgabe an 11 Tagen von 3,4612 g oder pro Tag von 0,315 S. Da der Stickstoff des Eiweiss als Harnstoff, der Schwefel theils in Form von Schwefelsäure, theils von schwefelhaltigen organischen Substanzen (nicht oxydirter Schwefel nach Voit, neutraler Schwefel nach Salkowski) in den Harn übertritt, so muss, wofern beim Hunger Körpereiwiss zersetzt wird, sich der Schwefel zum Stickstoff im Harn annähernd in dem Verhältniss finden, in welchem er im Eiweiss des Fleisches vorkommt. Nun verhält sich im Eiweiss $S:N = 1:16$, für den Harn der zweiten Hungerperiode (12.—31. Tag) berechnet sich $S:N = 0,315:5,369$ oder wie 1:17,1. Den in den 20 letzten Tagen insgesamt ausgeschiedenen 107,37 N würde eine Entleerung von 6,711 S entsprechen. Thatsächlich sind an den 11 Tagen, an welchen die S-Bestimmung ausgeführt wurde, 3,461 S ausgeschieden worden, woraus sich für 20 Tage 6,293 S berechnen würde. Folglich sind 0,418 S oder 6,2 pCt. des Eiweisschwefels nicht im Harn wiedererschienen. Dieses Schwefeldeficit ist zumeist darauf zurückzuführen, dass ein kleiner Antheil von Schwefel durch den Koth¹⁾ den Körper verlässt.

Von Interesse sind ferner die Verhältnisse der Wasseraufnahme und Wasserausscheidung durch den Harn bei diesem hungernden Hunde. Vom 1., 5., 18. Tage abgesehen, an denen das vorgesetzte Wasser verschmäht wurde, nahm das Thier von dem ihm dargebotenen Wasser, das Anfangs 400, später, als sich herausstellte, dass der Hund fast immer weniger soff, nur 300 ccm betrug, wechselnde Mengen (s. Tabelle) auf, insgesamt

¹⁾ Voit hat für den Fleischfresser (Hund und Katze) gezeigt (Zeitschr. f. Biologie. II. S. 308), dass auch bei völligem Hunger ein schwarzer pechartiger Koth von Zeit zu Zeit abgesetzt wird, der wohl ausschliesslich aus den Residuen der Verdauungssäfte, abgestossenen Darmepithelien, Schleim etc. besteht. Bei einem 30 kg schweren Hunde betrug die Menge des Hungerkoths, durch Knochen abgegrenzt, im Tag etwa 1,88 g trocken mit 0,15 N; in der Trockensubstanz war 18,9 pCt. Asche und von letzterer 1,3 pCt. Schwefel. Daraus berechnet sich eine S-Ausscheidung durch den Koth pro Hungertag von 0,025 S. Es beträgt danach die S-Abgabe durch den Koth etwa 7 pCt. derjenigen durch den Harn. Vergl. auch Fr. Müller (ebenda, XX. S. 336).

während der 31tägigen Periode 7550 ccm. [Es ist diese Erscheinung deshalb bemerkenswerth, weil hungernde Thiere das vorgesetzte Wasser zumeist unberührt stehen lassen oder doch nur wenig davon aufnehmen¹⁾.] Dem gegenüber betrug die Wasserausscheidung durch den Harn am 2.—23. Tage 143—272 ccm; diese Grenzwerte wurden nur je einmal erreicht. Während der gleichmässigen N-Ausscheidung vom 12.—23. Tage betrug das tägliche mittlere Harnvolumen 242 ccm (Maximum 279, Minimum 178). An den letzten 8 Hungertagen (24.—31. Tag), auf welche, ungeachtet des Absinkens des Körpergewichts, ebenso hohe, ja noch höhere Werte für die N-Ausscheidung treffen, als für den 12.—23. Tag, steigt die Harnmenge constant bis auf 390 ccm; im Ganzen wurden an den letzten 8 Tagen 2658 ccm, also im Mittel pro Tag 332 ccm Harn entleert. Demnach ist die tägliche Harnmenge an den letzten 8 Tagen um 37 pCt. höher als an den vorausgegangenen 12 Tagen. Es ist diese Erscheinung der erheblich gesteigerten Harnausscheidung, die nicht mit einer reichlicheren Wasseraufnahme einherging (der Hund bekam nach wie vor nur 300 ccm Wasser), in der späteren Hungerperiode, also zu einer Zeit, wo der Gewichtsverlust des Thieres schon ein sehr erheblicher geworden ist, wohl nur so zu verstehen, dass der Körper des Thieres in den ersten 23 Hungertagen an Eiweiss und Fett mehr eingebüsst hat, als an Wasser, dessen Verlust durch Aufnahme von Trinkwasser zum Theil compensirt wurde, dass also der Körper des hungernden Hundes relativ wasserreicher geworden ist, wie dies in der Regel schon bei schlechter Ernährung der Fall ist und bei der hungernden Katze von Voit²⁾ durch den procentarisch höheren Wassergehalt der Organe des getödteten Thieres direct dargethan worden ist. Der Hund behielt zumeist eine gewisse Menge vom Wasser der beim Hungern zersetzten Gewebe (Fleisch und Fett) oder vom aufgenommenen Wasser zurück, und als so im Laufe der Inanition der relative Wasserreichthum der Organe eine bestimmte Höhe erlangt hatte, wurde ein Theil dieses relativen Ueberschusses an Wasser durch den Harn ausgeschieden. Dass nicht

¹⁾ Vergl. Voit, Physiologie des Allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung im Handbuch der Physiologie. VI. Th. 1, S. 99. 1881.

²⁾ Zeitschr. f. Biologie. II. S. 351. 1866.

etwa durch den vermehrten Harnwasserstrom aus den Organen etwa dort zurückgebliebene N-haltige Zersetzungsproducte nur ausgeschwemmt worden sind und darauf die hohe N-Ausscheidung der letzten 8 Hungertage zurückzuführen ist, geht überzeugend daraus hervor, dass auch die S-Ausscheidung an diesen Tagen sich proportional der N-Menge im Harn verhält.

Im Ganzen wurden während des Hungerns

aufgenommen an Wasser . . 7550 ccm
und ausgeschieden durch den Harn 7955 -

Der Ueberschuss des durch den Harn entleerten über das aufgenommene Wasser beträgt circa 400 ccm. Nun beziffert sich der gesammte Verlust an Körperfleisch, nach Maassgabe der N-Ausscheidung durch den Harn, auf 6556 g¹⁾; in letzteren sind — der Wassergehalt des Fleisches beträgt circa 75 pCt. — rund 4920 g Wasser enthalten, sodass bei der Zersetzung von 6556 g Körperfleisch 4920 g Wasser frei werden müssen. Es bleiben also allein aus dem zersetzten Körperfleisch nach Abzug jener 400 ccm noch 4520 g Wasser, welche für die Abgabe durch Haut und Lungen verfügbar sind.

Auf 1 g Stickstoff im Harn des hungernden Hundes trifft 0,746 g Kohlenstoff²⁾; folglich treffen auf die Gesamtausscheidung von 223 g N während der 31tägigen Periode 166,4 g C im Harn. Nun enthalten aber die zersetzten 6556 g Körperfleisch oder 1393,8 g trockenes Eiweiss — im Eiweiss findet sich mindestens 50 pCt. C — rund 697 g C; davon ab jene durch den Harn ausgeschiedenen 166 g, blieben 531 g C aus dem zersetzten Eiweiss für die Re- und Perspiration verfügbar. Daraus können sich 1947 g CO₂ bilden.

Die Bilanz und Vertheilung der Ausgaben über die einzelnen Ausscheidungswege ergibt sich, wie folgt. Durch den Harn hat der Hund mit 7955 ccm (bei einem mittleren spec. Gew. von 1,030) abgegeben 8194 g.
Aufgenommen hat er an Trinkwasser 7550 g,
also vom Körper verloren 644 g.

Diese von dem Gesamtverlust des Körpers, welcher
beträgt 11480 g
abgezogen, bleiben 10836 g,

¹⁾ s. S. 99.

²⁾ Pettenkofer u. Voit, Zeitschr. f. Biologie. V. S. 371. 1869.

als durch Lungen und Haut ausgeschieden. Von den Gesamtausgaben des hungernden Hundes entfallen also 43 pCt. auf den Harn und 57 pCt. auf die Athmung. Es erscheint dies deshalb bemerkenswerth, weil bei dem von Pettenkofer und Voit¹⁾ untersuchten, annähernd so schweren Hund (33 kg), der nur wenig Wasser aufnahm (33—125 ccm pro Tag) und dessen Harnmenge dem entsprechend 106—241 ccm betrug, im Mittel nur 28 pCt. der Verluste auf den Harn und 72 pCt. auf Lungen und Haut entfallen. Es scheinen also in dieser Hinsicht zwischen den einzelnen Individuen derselben Species und desselben Körpergewichtes beträchtliche Differenzen zu bestehen, die offenbar nur durch die wechselnde chemische Zusammensetzung der resp. Organismen, d. h. den Gehalt derselben an den Hauptbestandtheilen: Wasser, Eiweiss und Fett bedingt sein können.

Die 10,48 kg, welche durch Haut und Lungen zu Verlust gegangen sind, bestehen aus Wasser und Kohlensäure oder richtiger nur Kohlenstoff, denn da bei der Bilanz der durch die Athmung aufgenommene Sauerstoff nicht in Rechnung gestellt ist, kann er hier auch nicht als ausgegeben verrechnet werden. Welcher Antheil davon auf das Wasser und welcher auf die Kohlensäure entfällt, lässt sich nur durch Bestimmung der vom Hunde exhalirten CO_2 und H_2O ermitteln. In Ermangelung direct vorliegender Respirationsversuche habe ich, mit Zugrundelegung der von Pettenkofer und Voit vorliegenden Bestimmungen am Hungerhund, eine diesbezügliche Berechnung ausgeführt, welche ergibt, dass die 10,48 kg Abgaben durch die Athmung sich zusammensetzen aus etwa 8300 g Wasser und 2187 g Kohlenstoff. Von den in Form von CO_2 ausgegebenen

2187 g C

sind als Ueberschuss vom C des zersetzten Eiweiss,

der nicht im Harn erschienen ist, verfügbar (S. 102) 531 - -

bleiben also 1658 g C,

welche durch Zersetzung von Fett zu decken sind. Dazu sind 2166 g Fett erforderlich. Nun ist aber im Fettgewebe des Körpers neben 70 pCt. Fett noch 30 pCt. Wasser vorhanden, folglich sind die 2166 g Fett im Körper mit 928 g Wasser verbunden gewesen, die bei der Zersetzung des Körperfettes frei und für

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie. V. S. 371 u. 376. 1869.

die Wasserausgabe verfügbar werden. Der Wasserstoffgehalt des Fettes beträgt 11,9 pCt.; indem nun der Wasserstoff bei der Zerstörung des Fettes in Wasser übergeht, bilden sich, da sich $H_2 : H_2O = 2 : 18$ oder $1 : 9$ verhält, $11,9 \times 9$ pCt. = rund 100 pCt. oder das gleiche Gewicht an Wasser; folglich entstehen so durch die Oxydation von 2166 g Fett rund 2166 g Wasser; insgesamt also aus dem zerstörten Gewebefett rund 3100 g Wasser. Ausserdem bleiben vom zersetzten Körperfleisch (S. 102) 4520 g Wasser verfügbar; aus beiden Quellen (zersetztem Fleisch und Fett) also insgesamt 7620 g Wasser, sodass nur noch 680 g Wasser anderweitig zu decken bleiben. Danach berechnet sich der tägliche Verlust unseres hungernden Hundes im Mittel zu 268 g Wasser, 70 g Fett und (211 g Fleisch oder) 42 g trockenem Eiweiss.

Nach dieser Berechnung wären also während der ganzen Hungerperiode rund 2170 g Fett zu Verlust gegangen. Da indessen bestimmte ziffernmässige Belege für die Grösse der Fettzersetzung nicht vorliegen, müssen wir zur Discussion der wichtigen Frage, in wie weit durch die 31tägige Hungerperiode das Fett am Körper des Versuchsthieres zum Schwund gelangt ist, auf andere Momente recurriren, welche sich aus den in obiger Tabelle (S. 96) erhobenen Werthen ableiten lassen. Zunächst ist bereits angeführt worden, dass unser Hund verhältnissmässig jung und mehr fleisch- als fettreich war. Für letzteren Umstand spricht auch auf das Bestimmteste die Grösse des, nach Maassgabe der Harnstoff- bez. Stickstoffausscheidung durch den Harn sich berechnenden Fleischverlustes. Es ist sehr lehrreich, den Fleischverlust und das jeweilige Körpergewicht unseres Hundes zu vergleichen mit den von Voit¹⁾ und F. A. Falck²⁾ an ihren hungernden Hunden erhobenen bezüglichen Werthen. Voit's Beobachtungen erstrecken sich nur über die ersten 10 Hungertage. Der 1. Hungertag ist als noch unter dem Einfluss der vorausgegangenen Fütterung stehend hierbei nicht berücksichtigt.

¹⁾ Voit, Zeitschr. f. Biologie. II. S. 311. No. 15; Pettenkofer u. Voit, ebenda V. S. 370. — Voit's Hund nahm täglich im Mittel 258 cem Wasser auf.

²⁾ F. A. Falck, a. a. O. S. 81. — Falck's Hund war auf absolute Carenz gesetzt.

Hunger- tag	Hungerhund von					
	Voit.		Falck.		Munk.	
	Körper- gewicht in kg	Fleisch- verbrauch in g	Körper- gewicht in kg	Fleisch- verbrauch in g	Körper- gewicht in kg	Fleisch- verbrauch in g
2.	32,17	254	20,64	147	35,26	432
3.	32,1	215	20,26	126	34,58	374
4.	31,77	204	19,99	125	34,02	356
5.	31,32	202	19,73	124	33,62	325
6.	31,32	175	19,44	142	33,16	322
7.	30,71	176	19,23	129	32,67	260
8.	30,63	165	19,03	119	32,35	176(?)
9.	30,36	163	18,82	118	32,05	227
10.	30,05	156	18,63	109	31,81	187
11.	—	—	18,42	107	31,55	180
12.	—	—	18,23	136	31,2	163
13.	—	—	18,03	116	30,95	165
14.	—	—	17,87	117	30,61	154
15.	—	—	17,67	127	30,26	144
16.	—	—	17,49	116	29,68	147
17.	—	—	17,31	121	29,4	137
18.	—	—	17,14	110	29,19	158
19.	—	—	16,93	114	28,76	164
20.	—	—	16,75	103	28,41	160
21.	—	—	16,58	95	28,34	156
22.	—	—	16,41	98	28,16	160
23.	—	—	16,23	96	27,98	156
24.	—	—	16,07	92	27,65	167
25.	—	—	15,89	103	27,3	157
26.	—	—	15,73	95	27,14	163
27.	—	—	15,56	94	26,83	154
28.	—	—	15,41	83	26,52	164
29.	—	—	15,25	85	26,2	163
30.	—	—	15,11	84	25,89	154(?)
31.	—	—	14,98	83	25,72	176

Bei Voit's Hund beträgt in 9 Hungertagen der Fleischumsatz 1710 g, bei unserem Hunde 2659 g, also 56 pCt. mehr, während das Körpergewicht unseres Hundes nur um 12 pCt. das von Voit's Hund überstieg. Falck's Hund hat in denselben 9 Hungertagen (2.—10. Tag) nur 1139 g Körperfleisch zersetzt, also unser Hund um 130 pCt. mehr, während das Plus seines Körpergewichtes gegenüber dem Versuchsthier von Falck nur 70 pCt. betrug. Dieser beträchtlich grössere Fleischverbrauch

unseres Hundes kann nur darin seinen Grund haben, dass er relativ mehr Fleisch und weniger Fett am Körper hatte als die Thiere von Voit und Falck; Letzterer bezeichnet auch seinen Hund als alt und fettreich. Noch überzeugender illustriert den geringeren Fettbestand und den mit der Dauer der Inanition mehr und mehr ansteigenden Schwund des Körperfettes bei unserem Hunde das Verhalten des Fleischverbrauchs im weiteren Verlauf der Inanition. Bei Falck's Hungerhund geht vom 12.—31. Tag der Fleischverbrauch langsam und allmählich, fast proportional dem Absinken des absoluten Körpergewichtes herunter, sodass der Fleischumsatz pro Kilogramm Körpergewicht der einzelnen Tage nur wenig um 6 g schwankt, offenbar Dank dem schützenden Einfluss des Körperfettes auf den Eiweissumsatz, und diesem erheblichen Fettbestande war es auch zu verdanken, dass Falck's Hund erst am 61. Hungertage erlag. Bei unserem Hunde dagegen betrug der Fleischverbrauch am 12. Tage 5 g, am 17. Tage nur noch 4,67 g pro Kilogramm Körpergewicht, weiterhin steigt er wieder an, am 22. Tage zu 5,7, am 24. Tage zu 6,3, am 31. Tage sogar zu 6,6 g pro Kilogramm Körper, sodass die relative und absolute Zunahme des Fleischumsatzes oder Eiweisszerfalles damit über jeden Zweifel sicher gestellt wird, zumal wenn wir erwägen, dass nach allen vorliegenden Erfahrungen kleinere Thiere für die Körpergewichtseinheit mehr Eiweiss verbrauchen als grössere¹⁾. In den letzten 14 Hungertagen steigt der Fleischverlust pro Kilogramm Körper in maximo um 43 pCt. über den vorher behaupteten Werth. Die Zunahme des Fleischverlustes, also des Eiweisszerfalls im späteren Stadium der Inanition, etwa vom 18. Tage ab und zwar bis zum 31. Tage in steigendem Grade, ist ein werthvolles Zeichen für den stetig zunehmenden Schwund des Körperfettes. Dies im Verein mit dem bereits erwähnten Ansteigen des täglichen absoluten Gewichtsverlustes in den letzten 6 Tagen, ferner die oben geschilderten Erscheinungen des Kräfteverfalls, die am 24. Tage zuerst auftraten und sich schnell zu bedrohlicher Höhe entwickelten, endlich das Absinken der Körpertemperatur bis auf 35° C. ge-

¹⁾ Vergl. Voit, Physiologie des Allg. Stoffwechsels im ¹Handbuch d. Physiol. VI. 1. Th. S. 88 u. 102; Rubner, Zeitschr. f. Biologie. XIX. S. 561. 1883.

statten mit Sicherheit den Schluss, dass der ziemlich junge und schon vor Beginn der Hungerperiode nur wenig fettreiche Hund sein Körperfett jedenfalls bis auf einen ganz geringen Bruchtheil eingebüsst hat. Und dem entsprach auch das Aussehen des auf's Aeusserste abgemagerten und kraftlosen Hundes, dessen glanzloses struppiges dünnes, leicht in Falten abzuhebendes Fell für den infolge des Fett- und Muskelschwundes reducirten Rumpf gleichsam zu weit geworden war.

Fütterungsreihe mit Fleisch, Leim und Kohlehydraten.

Nunmehr, nachdem der Hund durch die protrahirte Inanition sein Körperfett bis auf höchstens geringe Bruchtheile verloren, wurde mit der Fütterung begonnen. Der Versuchsplan ging dahin, dem Hund möglichst wenig Fleisch und daneben so viel Kohlehydrate zu geben, als er ohne Verminderung der Fresslust und ohne Beeinträchtigung der Darmfunctionen aufnehmen konnte. Die möglichste Herabsetzung der Eiweisszufuhr ist deshalb vortheilhaft, weil, je grösser die Eiweisszufuhr, desto grösser der Eiweisszerfall wird, also auch um so mehr Fett als stickstoffreies Spaltungsproduct des zerstörten Eiweiss entsteht und dieses aus dem Eiweiss hervorgehende Fett im Körper zurückbleiben, angesetzt werden kann, insofern die reichlichen Kohlehydrate der Nahrung leichter und eher unter die Bedingungen der Zersetzung gerathen und dadurch das aus dem Eiweiss abgespaltene Fett vor der Zerstörung schützen. Indem die Kohlehydrate selbst in erheblichen Mengen vollständig zu Kohlensäure und Wasser zersetzt und oxydirt werden, sind sie als Sparmittel für den Eiweissverbrauch im Körper von ausserordentlicher Bedeutung, sodass bei genügender Darreichung derselben schon geringe Mengen von Eiweiss den Eiweissbestand am Körper zu erhalten vermögen; ausserdem beschränken sie auch den Fettverbrauch¹⁾. Nun hat aber die Erfahrung gelehrt, dass Mästung, d. h. Fettansatz leichter im eiweissreichen als im eiweissarmen Körper erzielt werden kann. Und da unser Hund durch die vorausgegangene Hungerperiode ausser seinem Körperfett nicht unbeträchtliche Mengen von Eiweiss, fast 1400 g (trockenes) Eiweiss eingebüsst hat, so galt es, einen Theil dieses zu Verlust gegangenen Eiweiss, wenn möglich, wieder zum Ansatz zu bringen. Von diesem Gesichtspunkt geleitet, habe ich in der ersten Fütterungsperiode, nachdem sich gezeigt, dass bei der geringen Fleisch- und beträchtlichen Kohlehydratgabe der Körper noch von seinem Eiweiss zusetzen musste, neben den Kohlehydraten ein anderes, noch wirksameres Sparmittel für den Eiweissumsatz gegeben, nemlich Leim und zwar 10 Tage lang je 100 g. Der Leim wird ausserordentlich leicht und vollständig zersetzt²⁾, sein stickstoffhaltiger Antheil wird auch bei sehr

¹⁾ Pettenkofer u. Voit, Zeitschr. f. Biologie. IX. S. 469. 1873.

²⁾ Voit, ebenda VIII. S. 297. 1872.

grossen Gaben vollständig als Harnstoff ausgeschieden, während der im Harn nicht wiedererscheinende Kohlenstoff in Form von Kohlensäure durch die Athmung austritt. Durch die Zerstörung des Leims wird die zersetzende Fähigkeit der Zellen im Organismus und damit der Eiweissumsatz so herabgesetzt, dass ein erheblicher Theil vom Nahrungseiweiss im Körper als Organeiweiss abgelagert werden kann, auch der Fettverbrauch wird durch Leim ein wenig herabgesetzt¹⁾. Der Leim wurde in Form der käuflichen feinen französischen Gelatine gereicht; das verfütterte Präparat enthielt, lufttrocken, 14,348 pCt. N und 0,562 pCt. S²⁾.

Was die Menge der gereichten Kohlehydrate anlangt, so wurde am 1. Tage mit einer Gabe von 250 g Stärkemehl begonnen, dann an den nächstfolgenden Tagen auf 300 g, vom 9. Tage ab auf 400 g und vom 13. bis 24. Tage auf 500 g gestiegen, und zwar wurde jedesmal Stärkemehl und Rohrzucker zu gleichen Theilen gegeben. Die Fleischmenge blieb constant auf 200 g, und wie aus der Fütterungsreihe hervorgeht, genügt diese kleine Fleischgabe neben grösseren Mengen von Kohlehydraten und Leim bez. von sehr grossen Quantitäten von Kohlehydraten nicht allein zur Erhaltung des Eiweissstandes, vielmehr erfolgt unter dem Einfluss der eiweisschützenden Stoffe: Leim und Kohlehydrate sogar noch ein mässiger Ansatz vom Fleisch am Körper. Da bei ausschliesslicher Fütterung mit selbst mittleren Mengen von Fleisch Hunde von ihrem Körper Kalk einbüssen³⁾ und sich zudem nach meinen früheren Erfahrungen⁴⁾ gegen die bei übermässigem Fettgenuss auftretenden Diarrhöen kohlenaurer Kalk als vorthailhaft erwiesen hat und zu erwarten stand, dass durch den Kalk die bei etwaiger Gährung der Kohlehydrate im Darm entstehenden Säuren neutralisirte werden möchten, so wurde jedesmal circa 2 g (präcipitirter) kohlenaurer Kalk dem Futter hinzugefügt.

Das Futter wurde also zubereitet: 300—400 cem Wasser wurden erwärmt, darin der Zucker und der Leim gelöst, sowie die Stärke zum Quellen gebracht, in anderen 200 cem das gut zerschnittene Fleisch aufgekocht und alsdann die Fleischabkochung mit dem Stärkebrei vereinigt und lauwarm dem Hunde vorgesetzt. In dieser Form nahm der Hund das Futter ausserordentlich gierig zu sich und vertrug es auch über Erwarten gut. Der Koth, der alle 2—3 Tage abgesetzt wurde, war dunkelbraun, fast von der Consistenz des

¹⁾ Pettenkofer u. Voit, Zeitschr. f. Biologie. VIII. S. 371. 1872.

²⁾ 2,145 g lufttrockener Leim verlor, bei 105° C. getrocknet, 0,49 g, also enthielt das Präparat nur 79,71 pCt. feste Theile. 3,76 g Trockensubstanz gab beim Schmelzen mit Kali und Salpeter 0,1927 g schwefelsauren Baryt = 0,0265 S, also enthielt die wasserfreie Substanz 0,705 pCt. S. 1,592 wasserfreier Leim gab, mit Natronkalk verbrannt, Ammoniak entsprechend 20,65 cem Normallauge = 0,2889 N oder 18,13 pCt. N.

³⁾ Forster, Zeitschr. f. Biologie. XII. S. 473. 1876; Perl, dieses Arch. Bd. 74. S. 65. 1878.

⁴⁾ Dieses Arch. Bd. 95. S. 419.

Fleischkothes, reagirte nur schwach sauer und war, frisch entleert, nicht merklich von Gasblasen durchsetzt, sodass demnach durch die Kohlehydrate jedenfalls keine erhebliche saure Gährung im Darmrohr hervorgerufen wurde. Unter dieser Fütterung hob sich sehr schnell das Allgemeinbefinden und der Kräftezustand des Thieres, am 2. Tage war die Temperatur im Mastdarm wieder auf $37,8^{\circ}\text{C}$. angestiegen, vom 3. Tage ab konnte der Hund wieder besser stehen und gehen und am 6. Tage bereits ohne Unterstützung aus dem Käfig herausklettern. Zugleich stieg unter der Fütterung das Körpergewicht innerhalb 23 Tagen von 25,72 auf 29,06 kg, also um 3,34 kg oder fast 12 pCt. Am 24. Tage entleerte der Hund zuerst circa 35 g dünnen schwarzen Koth in den Käfig, weshalb ihm nunmehr nur 300 g Stärke (ohne Zucker) und 200 g Fleisch in Abkochung, sowie zur Bekämpfung der vermuthlich durch die saure Gährung der Kohlehydrate im Darm hervorgerufenen Diarrhöe noch 10 g kohlensaurer Kalk gegeben wurde; wenn auch langsam, so wurde doch das Futter vollständig verzehrt. Als indess auch innerhalb der nächsten 24 Stunden diarrhoische Entleerungen erfolgten und der Eiweisszerfall einmal infolge schlechterer Resorption der Nahrung, sodann infolge der Affection des Darmtractus an beiden Tagen in die Höhe ging, das Körpergewicht, das bis dahin stetig zugenommen hatte, absank, somit an eine Fortsetzung des Versuches in der angestrebten Form nicht zu denken war, wurde der Versuch abgebrochen, der Hund getödtet und auf seinen Fettgehalt untersucht.

Die einzelnen in dieser Fütterungsreihe erhobenen Werthe folgen ebenfalls in tabellarischer Anordnung. Es ist nur noch zu bemerken, dass in dieser Reihe die N-Bestimmungen nach Schneider-Seegen ausgeführt worden sind. Als nemlich am 3. Fütterungstage unter dem Einfluss des verabreichten Leims und der Kohlehydrate die Harnstoffausscheidung nach Liebig-Pflüger einen so niedrigen Werth ergab, dass nur der Leim zersetzt sein konnte, also danach das ganze Nahrungseiweiss hätte zum Ansatz gekommen sein müssen, misstraute ich diesem Resultate und begann nunmehr den Harnstickstoff durch Glühen des Harns mit Natronkalk nach Schneider-Seegen zu bestimmen. Leider bin ich erst nach Beendigung und bei Berechnung der Analysen dieses Tages darauf aufmerksam geworden, zu einer Zeit, wo der übrige Harn bereits fortgeschüttet war, sodass ich für diesen Tag die Harnstofftitrirung nicht durch die N-Bestimmung habe controliren können. Indess spricht die an diesem Tage ausgeführte Schwefelbestimmung im Harn dafür, dass das Resultat der Harnstofftitrirung nicht erheblich falsch sein kann; in der That ist die Schwefelausscheidung nur

so hoch, dass das Verhältniss von S:N im Harn sehr nahe demjenigen steht, in welchem sich S und N im Leim finden¹⁾, demnach die Ergebnisse der Schwefelausscheidung wohl dafür sprechen, dass an diesem Tage nur der Leim und daneben weder Nahrungs- noch Körpereiwiss zersetzt worden ist. Inzwischen hat neuerdings Bohland²⁾ gezeigt, dass im Hundeharn bei gemischter Kost, die zugleich Kohlehydrate enthält, die Titration ein Plus gegenüber der directen N-Bestimmung ergibt, das nur selten weniger als 5 pCt. betrug und sich häufiger noch höher stellte.

Tag	Wasser aufge- nommen	Verfüttert neben 200 g Fleisch	Harn- menge in ccm	N im Harn	Fleisch zer- setzt ³⁾	Änderung im Körper- fleisch	Ge- wicht in kg
1.	500 ccm	250 g Stärke	439	8,956	263	— 63	25,85
2.	-	150 g Stärke	352	7,87	223	— 23	25,91
3.	-	150 g Zucker	539	14,317	0	+200	26,06
4.	600 ccm	je	460	15,609	37	+163	26,28
5.	-	100 g Leim	580	20,72	187	+ 13	26,39
6.	-	150 g Stärke	645	19,74	159	+ 41	26,46
7.	-	150 g Zucker	660	21,672	215	— 15	26,51
8.	-	je	581	18,896	126	+ 74	26,55
9.	-	100 g Leim	462 ⁴⁾	16,784 (?)	70	+130	26,61
10.	-	200 g Stärke	568	20,216	173	+ 27	26,76
11.	-	200 g Zucker	517	19,04	138	+ 62	26,83
12.	-	je	542	20,244	173	+ 27	27,04
13.	500 ccm	250 g Stärke	389	6,832	201	— 1	27,29
14.	-	250 g Zucker	396	5,857	172	+ 28	27,44
15.	-	je	421	4,48	132	+ 68	27,66
16.	-	250 g Stärke	508	5,734	168	+ 32	27,85
17.	-	250 g Zucker	421	4,133	122	+ 78	27,9
18.	-	je	416	5,207	153	+ 47	28,09
19.	-	250 g Stärke	379	5,376	158	+ 42	28,28

¹⁾ Auf 14,317 N fand sich im Harn 0,548 S, also S:N = 1:26,1, während im Leim (S. 108) sich S:N = 1:25,72 verhält.

²⁾ Arch. f. d. ges. Physiol. XXXV. S. 199. 1884.

³⁾ Die von Voit angeführte Reduction des zersetzten Stickstoffs auf eine dem Muskelfleisch ähnliche Substanz mit dem N-Gehalt derselben: 3,4 pCt. — An den Leimtagen (3.—12. Tag) ist von der N-Ausscheidung der N-Gehalt der verabreichten 100 g (lufttrocknen) Leims mit 14,348 N in Abzug gebracht und der verbleibende Rest auf zersetztes Fleisch berechnet.

⁴⁾ Beim Catheterisiren ging eine kleine Menge Harn, etwa 15 ccm verloren.

Tag	Wasser aufge- nommen	Verfüttert neben 200 g Fleisch	Harn- menge in ccm	N im Harn	Fleisch zer- setzt	Änderung im Körper- fleisch	Ge- wicht in kg
20.	-	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 5px;"> je 250 g Stärke 250 g Zucker </div> </div>	395	6,384	188	+ 12	28,64
21.	-		364	4,939	145	+ 55	28,83
22.	-		458	5,628	165	+ 35	28,9
23.	-		476	6,787	200	0	29,06
24.	-		618	8,12 ¹⁾	239	- 39	29,02
25.	-	300 g Stärke	614	7,812	230	- 30	28,99

Diese Versuchsreihe erscheint in mancher Hinsicht bemerkenswerth. Zunächst zeigt sich ausnehmend deutlich der ersparende Einfluss der Kohlehydrate auf den Eiweissumsatz und die Zunahme dieser Wirkung mit steigender Gabe der Kohlehydrate. Während ein Hund von 26 kg bei ausschliesslicher Fleischnahrung mindestens 1000 g Fleisch zur Erhaltung seines Eiweissbestandes braucht, sieht man hier bei einer Tagesration von 200 g Fleisch und 250 g Kohlehydrate (1. Tag) nur 263 g Fleisch zersetzt werden, bei derselben Fleischmenge im Futter von 300 g Kohlehydrate (2. und 25. Tag) nur 223—230 g Fleisch der Zerstörung anheimfallen. Giebt man zu demselben Fleischquantum noch mehr, 500 g Kohlehydrate (13.—25. Tag), so wird nicht nur der Eiweissbestand des Körpers erhalten, also nur das Nahrungseiweiss zersetzt, sondern sogar noch weniger, sodass dabei nicht nur N-Gleichgewicht, vielmehr noch ein N-Ansatz d. h. Ansatz von Körperfleisch eintritt, der sich günstigsten Falls zu 78 g Fleisch pro Tag beziffert und im Mittel dieser Reihe 36 g beträgt²⁾. In den entsprechenden Versuchsreihen von Voit³⁾ an einem 33 kg schweren Hunde findet man ähnliche Verhältnisse, nur dass der Eiweissverbrauch bei gleichen Gaben von Kohlehydraten höher ist, was wohl nur durch das grössere

¹⁾ Am 24. Tage erkrankte, wie erwähnt, der Hund unter Auftreten diarrhoischer Entleerung; daher an diesem und dem folgenden Tage der Eiweisszerfall zu-, das Gewicht abnahm. Bemerkenswerth ist die Zunahme der Diurese ungeachtet der vermehrten Wasserausscheidung mit den diarrhoischen Entleerungen.

²⁾ Dass am 24. Tage bei dem nehmlichen Futter anstatt des Fleischansatzes noch ein geringer Fleischverlust stattfand, hängt offenbar mit der infolge des Darmkatarrhs unvollständigen Ausnutzung des Futters zusammen.

³⁾ Zeitschr. f. Biologie. V. S. 431. 1869.

Gewicht und den besseren Ernährungszustand seines Versuchstieres bedingt sein dürfte. So fand Voit bei jenem Hunde zu verschiedenen Zeiten, als derselbe infolge der vorausgegangenen Fütterungsreihe reicher an Fleisch geworden war, bei 150 g Fleisch und 350—430 g Kohlehydraten einen Fleischverbrauch von 316 g; ein anderes Mal, als der Hund fleischärmer geworden war, bei 150 g Fleisch und 350 g Kohlehydraten einen Fleischumsatz von nur 224 g, ziemlich ebenso viel als unser Hund bei 200 g Fleisch und 300 g Kohlehydrate (2. Tag) verbrauchte; ferner bei 200 g Fleisch und 300 g Zucker einen Fleischumsatz von 269 g, einen Werth, den wir bei 200 g Fleisch und nur 250 g Kohlehydrate erhoben haben. Leider liegen in Voit's sonst so zahlreichen Versuchsreihen keine Beobachtungen über so kleine Fleisch- (200 g) und so grosse Kohlehydratgaben (500 g) im Futter vor. Jedenfalls erscheint es bemerkenswerth, dass bei Zusatz so grosser Mengen von Kohlehydraten zu einer kleinen Fleischration der Fleischverbrauch eines fast 28 kg schweren Hundes bis auf 122 g herabgesetzt werden kann, sodass also pro kg Körper nur 4,4 g Fleisch oder 0,9 g Eiweiss zerstört werden; es ist dies der niedrigste Werth, der meines Wissens bisher bei einem mit Fleisch¹⁾ gefütterten grossen Hunde beobachtet worden ist. Und was ebenfalls von Interesse erscheint, ist, dass infolge dieser eiweissparenden Wirkung grosser Kohlehydratgaben der Fleischverbrauch des Thieres sich erheblich niedriger stellt, als er bei demselben Individuum in der späteren Hungerzeit gewesen, wo immer noch c. 160 g Fleisch täglich umgesetzt worden sind (s. Tabelle S. 105).

Ferner illustriert die vorliegende Fütterungsreihe ebenfalls die ersparende Wirkung des Leims auf den Eiweissverbrauch und zeigt in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Voit²⁾, dass in dieser Hinsicht der Leim die Kohlehydrate weit hinter sich zurücklässt, und zwar erscheint diese Wirkung am beträchtlichsten in den ersten Tagen der Fütterung, ist aber

¹⁾ Bei einem kleinen Hunde von 6,5 kg, der vorher gehungert hatte, konnte Rubner (Zeitschr. f. Biologie. XIX. S. 357) durch alleinige Zufuhr von 80—100 g Rohrzucker (ohne Fleisch) den Fleischverbrauch auf 4,8 g Fleisch oder 0,95 g Eiweiss pro kg Körper herabdrücken.

²⁾ Zeitschr. f. Biologie. VIII. S. 297. 1872.

auch noch später deutlich zu erkennen. Während bei 200 g Fleisch und 300 g Kohlehydraten im Futter noch 23 g Körperfleisch abgegeben wurden, sinkt bei Zusatz von 100 g Leim der Fleischverbrauch¹⁾ am 4. Tage auf 37 g und beträgt noch am 8. Tage nur 126 g, sodass, mit einer einzigen Ausnahme (7. Tag), durch die Leimgabe Eiweissansatz erzielt wird, der sich mindestens auf 13 g, höchstens auf 163 g und im Mittel auf 37 g Körperfleisch beziffert. Es gelangt also bei 100 g Leim, 200 g Fleisch und 300 g Kohlehydraten ebensoviel Körperfleisch zum Ansatz als bei 200 g Fleisch und 500 g Kohlehydrate (13.—23. Tag); mithin leisten in Hinsicht der Eiweissersparniss 100 g Leim ziemlich eben so viel als 200 g Kohlehydrate.

Steigt man beim Leim- und Fleischfutter mit der Kohlehydratgabe auf 400 g (9.—12. Tag), so nimmt auch der Fleischansatz zu, und während bei 300 g Kohlehydrate im Mittel täglich 37 g Körperfleisch angesetzt wurden, steigt bei 400 g Kohlehydraten der Fleischansatz auf 60 g pro Tag, sodass demnach ein Plus an Kohlehydraten im Futter um 100 g eine Zunahme des Fleischansatzes um 23 g bewirkt. Bei einem 44 kg schweren Hunde erzielte Voit bei 300 g Fleisch, 200 g Leim und 200 g Kohlehydraten einen Ansatz von 32 g Körperfleisch. Offenbar bot unser Hund infolge seines durch die lange Inanition ausserordentlich verminderten Eiweissbestandes im Körper so günstige Verhältnisse für den Eiweissansatz dar, dass schon bei 100 g Leim und 300 g Kohlehydraten $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{5}$, und bei 400 g Kohlehydraten sogar mehr als $\frac{1}{3}$ ($\frac{2}{10}$) vom Fleisch im Futter der Zerstörung entzogen und am Körper angesetzt wurde.

Die Grösse der Wasserausscheidung durch den Harn während dieser Fütterungsreihe verdient noch Erwähnung. An den ersten beiden Tagen betrug das mittlere Harnvolumen 396 ccm, in der späteren Periode der Fleisch- und Kohlehydratfütterung (13. bis 23. Tag) im Mittel 415 ccm, dagegen beläuft sich während der 10 Tage, wo daneben noch Leim gegeben wurde, die Harnmenge im Durchschnitt auf 555 ccm, ist also um ein volles

¹⁾ Vom ersten Leimtage (3. Tag) ist hier abgesehen, obwohl auch der an diesem Tage für die N-Ausscheidung gefundene Werth richtig sein dürfte (S. 110), um das Resultat durch einen als zweifelsmöglich erscheinenden Werth nicht im günstigen Sinne zu beeinflussen.

Drittel höher als in der darauf folgenden Periode, in welcher der Leim wieder fortgelassen wurde. Man könnte nun denken, diese Steigerung um 140 ccm pro Tag wäre dadurch bedingt, dass während der Leimperiode 100 ccm Wasser¹⁾ mehr gegeben worden sind als vorher und nachher. Indess steigt bekanntlich bei Mehraufnahme von 100 ccm Wasser die Harnmenge zu- meist gar nicht oder nur um einen ganz geringen Bruchtheil des mehr aufgenommenen Wasserquantum. Vielmehr ist die Steigerung der Diurese um $\frac{1}{3}$ der ohne Beigabe von Leim beobachteten Grösse darauf zurückzuführen, dass der Leim vollständig zu Harnstoff zersetzt wird und als solcher austritt; infolge dessen steigt die Grösse der N-Ausscheidung, welche (für den 13. bis 22. Tag) im Mittel $5,26 \text{ N} = 11,27 \text{ g}$ Harnstoff beträgt, an den Leimtagen (3.—12. Tag) im Mittel auf $18,72 \text{ N} = 40,1 \text{ g}$ Harnstoff, ist also $3\frac{1}{2}$ mal so gross als sonst. Nun hat jeder Stoff, der mit dem Harn aus dem Körper entfernt wird, die Eigenschaft mehr Wasser in den Harn überzuführen so z. B. Salze, Harnstoff, Zucker; solche Stoffe wirken also diuretisch. Daher hat der Leim, der in Harnstoff übergeht und als solcher durch den Harn austritt, indirect diuretische Wirkung. Ganz dasselbe lässt sich, wie ich finde, aus Versuchsreihen von Bischoff und Voit²⁾ ableiten. Ein Hund schied bei Aufnahme von 176 g Fleisch, 230 g Stärke, 17 g Fett und 194 g Wasser 15 g Harnstoff in 229 ccm Harn aus, ein anderer bei 260 g Fleisch, 250 g Stärke, 20 g Fett und 138 g Wasser, 36 g Harnstoff in 376 ccm Harn. Hingegen betrug bei ausschliesslicher Aufnahme von 200 g Leim und 800 g Wasser die Harnstoffmenge 66 g und die Harnmenge 690 ccm., ferner bei 200 g Fleisch, 200 g Leim und 780 g Wasser die Harnstoffmenge 91 g, die Harnmenge 1147 ccm, endlich bei 200 g Fleisch, 300 g Leim und 1250 g Wasser die Harnstoffmenge 108 g, die Harnmenge sogar 1425 ccm. In dem Maasse also, als durch Zersetzung

¹⁾ Beiläufig rein aus äusseren Gründen, weil sich nelmlich mit weniger Wasser die Abkochung des voluminösen gemischten Futters nicht gut herstellen liess.

²⁾ Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig und Heidelberg • 1860. S. 182, 189, 232, 220, 223.

des Leims die Harnstoffausscheidung steigt, nimmt auch ziemlich proportional das Harnvolumen zu.

Der Gesamtansatz an Körperfleisch während der Fütterungsperiode beläuft sich (laut Tabelle) auf 962 g; indess dürfte sich thatsächlich der Fleischansatz niedriger stellen. Die Berechnung der Aenderung des Körperfleisches geschieht einfach in der Weise, dass man die gefundene Menge des zersetzten Fleisches von der mit dem Futter gegebenen abzieht. Dabei ist aber vorausgesetzt, dass das verfütterte Fleisch im Darmkanal auch vollständig zur Resorption gelangt. Nun trifft dies erfahrungsgemäss bei so kleinen Fleischmengen zu, wenn sie allein oder neben Fett gereicht werden. Wenn aber Kohlehydrate in beträchtlicher Menge zur Verfütterung gelangen, ist die Ausnutzung des Fleisches im Darmrohr ein wenig schlechter. Um diesen Antheil von Fleisch, der sich der Resorption entzieht, kennen zu lernen, bedarf es der N-Bestimmung der Faeces. Ich habe nun während der ganzen Reihe nur einmal den auf 3 Tage (9.—11. Tag) entfallenden Koth, nach dem von mir angegebenen Verfahren durch Korkstückchen abgegrenzt¹⁾, untersucht. Derselbe wog feucht 115,1 g und trocken 36,66 g, enthielt also 31,85 pCt. Trockensubstanz; letztere gab 4,17 pCt. N, sodass demnach an 3 Tagen 1,529 N oder täglich 0,51 N mit dem Koth ausgestossen wurde. Im Tagesmittel beträgt also die Kothausscheidung 38,4 g feucht und 12,22 g trocken mit 0,51 g N. Indess darf nicht die ganze Menge des mit dem Koth ausgeschiedenen Stickstoffs auf das aus dem Futter nicht resorbierte Eiweiss bezogen werden. Denn einmal setzt auch der Hungerhund Koth und darin Stickstoff ab [und zwar betrug bei Voit's²⁾ Hund von 30 kg die tägliche Menge des durch den Hungerkoth ausgeschiedenen N 0,15 g] und dieser Stickstoff kann doch nur seitens des Darms ausgeschieden sein, also aus den Residuen der in den Darm ergossenen Verdauungssäfte bestehen; sodann steigt auch bei ausschliesslicher Einführung von N-freien Nährstoffen (Stärke, Zucker) die Menge des mit dem Koth ausgestossenen Stickstoffs³⁾ gegenüber dem Hungerkoth; es nehmen

¹⁾ Dieses Arch. Bd. 80. S. 45. 1880.

²⁾ Zeitschr. f. Biolog. II. S. 308. 1866.

³⁾ Rieder, ebenda, XX. S. 378. 1884.

also infolge der durch die Verdauung angeregten gesteigerten Thätigkeit des Darms auch die Se- und Excretionsproducte des letzteren an Menge entsprechend zu. Ein kleiner Hund von 7 kg, der in einer 2tägigen Hungerperiode täglich im Mittel 0,094 N durch den Darm ausschied, gab, bei ausschliesslicher Fütterung mit 70 g Stärke 0,11 N und bei 140 g Stärke sogar 0,22 N mit dem Koth ab; es stieg also bei Verdoppelung der Stärkegabe auch die N-Ausscheidung durch den Koth auf das Doppelte an. Leider liegen Versuche mit noch grösseren Stärkengaben, wie solche von unserem Hunde aufgenommen wurden (300—500 g), nicht vor; voraussichtlich würde bei noch weiterer Steigerung der gereichten Kohlehydrate entsprechend mehr N mit dem Koth ausgeschieden worden sein. Wir dürften daher eher zu niedrig greifen, wenn wir bei einer Aufnahme von 300 bis 500 g Kohlehydraten die von den Ausscheidungsproducten des Darmrohrs herrührende N-Menge im Koth zu 0,3 g veranschlagen. Es blieben dann von den 0,51 N im Koth nur 0,21 N, die auf das nicht resorbierte Eiweiss zu beziehen sind. Demnach hätten sich täglich 0,21 N = 6,2 g Fleisch und für 25 Tage insgesamt 155 g Fleisch, 3,1 pCt. von der verfütterten Menge, der Resorption entzogen, sodass von dem als am Körper angesetzt berechneten Fleischquantum diese 155 g in Abzug zu bringen sind. Demnach sind während der Fütterungsreihe nur 807 oder rund 800 g Fleisch zum Ansatz gelangt.

Zu bemerkenswerthen Schlüssen führt die Aufstellung der Bilanz zwischen Einnahmen und Ausgaben. Während der ganzen Fütterungsreihe nahm der Hund auf:

13,4	kg Wasser
5	„ Fleisch
10,25	„ Kohlehydrate
1	„ Leim
<hr/>	
im Ganzen	29,65 kg.

Nun hat aber während der Fütterung das Körpergewicht nur um 3,27 kg zugenommen, folglich müssen 26,38 kg wieder ausgegeben sein. Wie vertheilen sich diese Ausgaben? Mit dem Harn sind entleert worden 12200 ccm, die bei einem mittleren specifischen Gewicht von 1,020 rund 12,45 kg geben, mit dem Koth $25 \times 38,4 \text{ g} = 0,96 \text{ kg}$, bleiben also 12,97 kg für die

Ausscheidungen durch Lunge und Haut. Es entfallen demnach 47,2 pCt. der Ausgaben auf den Harn, 3,6 pCt. auf den Koth und 49,2 pCt. auf Lunge und Haut. Demnach ist die Vertheilung der Ausscheidungen bei reichlichen Kohlehydraten bez. Leim und wenig Fleisch im Futter nicht viel anders, als bei mittleren Fleisch- und grossen Kohlehydratmengen. Bei dem von Pettenkofer und Voit¹⁾ untersuchten Hunde von 32 kg trafen bei Fütterung mit 400 g Fleisch und 400 g Stärke (und 380 ccm Wasser) 43,5 pCt. auf den Harn, 4,5 pCt. auf den Koth und 52 pCt. auf Lungen und Haut.

Die Wasserbilanz stellt sich, wie folgt:

Aufgenommen wurde an (reinem) Wasser	13,4 kg
in 5000 g Fleisch (75 pCt.) Wasser . .	3,75 "
in 1000 g Leim (S. 108) Wasser . . .	0,2 "
in 5400 g lufttrockner Stärke ²⁾ (15 pCt.)	
Wasser	0,81 "
<hr/>	
im Ganzen	18,16 kg

oder pro Tag 720 g. Von diesem aufgenommenen Wasser traten

12,2 kg, rund 67 pCt., durch den Harn,

0,65 " „ 3,5 " „ „ Koth

heraus. Da die Analyse der Organe des getödteten Thieres (s. S. 123) nur einen der Norm entsprechenden Wassergehalt ergeben hat, so muss also der Rest mit 5,31 kg oder 30 pCt. der Wassereinnahmen den Körper durch Lunge und Haut verlassen haben.

Da die Gesamteinnahmen 29,65 kg betragen und von diesen 18,16 kg aus Wasser bestehen, so bleiben 11,49 kg für die festen Stoffe der Nahrung (im Mittel pro Tag 460 g feste Stoffe), und davon entfallen auf

5000 g Fleisch . . 1250 g Trockensubstanz.

1000 g Leim . . . 797 g "

10250 g Kohlehydrate 9440 g "

Da ferner von den 25 pCt. der Trockensubstanz des Fleisches nur 20 pCt. aus Eiweissstoffen bestehen, so beläuft sich die im Fleisch eingeführte Eiweissmenge auf rund 1000 g. Es verhalten

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie. IX. S. 444. 1873.

²⁾ Lufttrockenes Stärkemehl enthält nach Voit und J. König im Mittel 14—15 pCt. Wasser.

sich demnach im Gesamtmittel die N-haltigen Stoffe (Eiweiss und Leim) zu den N-freien (Kohlehydraten) wie 1800 : 9400 = 1 : 5,2.

Die mittlere tägliche Aufnahme von Nährstoffen beziffert sich auf 72 g (trocknes) Eiweiss + Leim, 378 g (trockne) Kohlehydrate und 726 g Wasser, insgesamt 1176 g; es erscheint höchst bemerkenswerth, dass der Hund diese grosse Menge von Nährstoffen, besonders von Kohlehydraten durch 23 Tage gut vertragen und bis auf einen kleinen Bruchtheil auch wirklich resorbiert hat.

Das Körpergewicht stieg in den 23 Tagen der Fütterung langsam und stetig, doch nicht gleichmässig an. An den 10 Leimtagen (3.—12. Tag) beträgt die absolute Gewichtszunahme 1,38 kg, an den 10 folgenden Tagen (13.—22. Tag), wo neben Fleisch je 500 g Kohlehydrate gegeben wurden, dagegen 1,98 kg, somit ist in der letzteren Periode die Gewichtszunahme um 43,5 pCt. grösser als in der Leimperiode. In Hinsicht der Zunahme an Körpersubstanz leisten demnach 500 g Kohlenhydrate beträchtlich mehr als 100 g Leim und 300—400 g Kohlehydrate. Da nun die Gewichtszunahme sich im Wesentlichen nur auf drei Körperbestandtheile: Eiweiss, Fett und Wasser vertheilt und der Eiweissverbrauch bez. der Ansatz von Körperfleisch, wie schon erörtert, in der Leim- und in der nachfolgenden Periode nur geringe Differenzen aufweist, so muss offenbar der Ueberschuss der Gewichtszunahme einem vermehrten Ansatz von Fett und Wasser zugeschrieben werden. Wenn nun, wie gleich vorausgenommen werden mag, die Analyse des getödteten Thieres keinen Unterschied im Wassergehalt der Organe gegen die Norm ergeben hat, so muss das Plus der Gewichtszunahme der letzten Periode gegen die Leimtage hauptsächlich auf Ansatz von Fett geschoben werden. Somit würden hinsichtlich des Fettverbrauchs und Fettansatzes 500 g Kohlehydrate mehr leisten als 100 g Leim und 300—400 g Kohlehydrate, obschon beide in Hinsicht des Eiweissverbrauches ziemlich das Gleiche leisten¹⁾.

Wir kommen damit zur letzten wichtigsten Frage, die dem Sectionsergebniss und den gewonnenen analytischen Resultaten des getödteten Thieres vorausgenommen zu werden verdient,

¹⁾ S. 113.

nehmlich in welcher Weise vertheilt sich der während der Fütterungsreihe beobachtete Ansatz von 3,27 kg Körpersubstanz über die wesentlichsten, hier in Frage kommenden Körperconstituentien: Eiweiss (Fleisch), Fett und Wasser? Der Eiweissansatz beläuft sich nach den obigen Darlegungen¹⁾ auf rund 800 g Körperfleisch, sodass für den etwaigen Wasser- und Fettansatz 2,47 kg übrig bleiben. Nun könnte man meinen, dass dieser Ansatz von rund 2½ kg am Körper im Wesentlichen in Form von Wasser erfolgt ist. Allein es liegt bislang keine Erfahrung vor, die auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit zeigte, dass bei einem für den Bedarf ausreichenden oder gar den Bedarf übersteigenden und einen geringen Eiweissansatz bewirkenden Futter der Körper wasserreicher würde, im Gegentheil sieht man bei guter Ernährung die Trockensubstanz des Körpers zu- und den Wassergehalt der Organe abnehmen; umgekehrt wird bei schlechter, für den Bedarf nicht ausreichender Ernährung, bei welcher Eiweiss oder Fett oder beide vom Körper zu Verlust gehen, der ganze Körper wässriger²⁾, sodass er ungeachtet der Abnahme an Eiweiss und Fett allein durch Wasseransatz erheblich weniger, als dem Eiweiss- und Fettschwund entspricht, an Gewicht abnehmen oder unter günstigen Umständen sogar daran zunehmen kann. Den stärksten Einfluss auf den Wassergehalt des Körpers übt bekanntlich der Fettgehalt desselben, derart dass, je mehr Fett abgelagert wird, um so wasserärmer die Organe werden³⁾, was wohl daher rührt, dass infolge der Ablagerung des Fettes in Form des nur wenig (30 pCt.) wasserhaltigen Fettgewebes der procentarische Wassergehalt des Körpers abnehmen muss. Sprechen schon allein diese Erfahrungen dafür, dass der Wasseransatz jedenfalls gegen die Ablagerung von anderen Stoffen (Fett) in den Hintergrund tritt, so ist noch

¹⁾ S. 116.

²⁾ Bischoff und Voit (Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860. S. 214) fanden bei zwei längere Zeit nur mit Brod gefütterten Katzen, die dabei an Eiweiss und Fett zugesetzt hatten, in den Muskeln und im Gehirn einen um 3—4 pCt. höheren Wassergehalt als in den entsprechenden Theilen normal genährter Katzen.

³⁾ Lawes und Gilbert, Phil. Transact. of Roy. Society. 1859. II. p. 493; vergl. auch dieses Arch. Bd. 95. S. 420.

darán zu erinnern, dass durch die vorausgegangene Inanition der Wassergehalt des Körpers unzweifelhaft zugenommen, die Organe relativ wasserreicher geworden waren, wie u. A. daraus hervorgeht, dass vom 24. Hungertage ab, obwohl der Hund nur ebenso viel Wasser erhalten hat, als vorher und auch die Harnstoffausscheidung nur unwesentlich angestiegen ist, sich die Harnmenge stetig bis zum 31. Hungertage in Werthen bewegte, die um 37 pCt. das Harnvolumen der vorausgegangenen 12 Hungertage überstiegen¹⁾ Es ist danach unzweifelhaft, dass in der letzten Periode des Hungerzustandes ein relativer Ueberschuss an Wasser in den Organen gegenüber der Norm bestanden hat. Dass ein Organismus, der durch vorausgegangenen Hunger wasserreicher geworden, bei einer sogar Fleischansatz bewirkenden Nahrung noch erhebliche Mengen ($2\frac{1}{2}$ kg) Wasser in seinen Organen und Geweben ablagern soll, ist vollends undenkbar. Im Gegentheil sieht man überall mit Eintritt besserer Ernährung den vorher erlangten Wasserüberschuss in den Geweben zu Verlust gehen, sodass in den ersten Tagen der Fütterung entweder keine erhebliche Aenderung des Körpergewichts oder statt des erwarteten Zuwachses an letzterem sogar eine Gewichtsabnahme zu beobachten ist. Auch in unserer Fütterungsreihe betrug die Gewichtszunahme in den ersten beiden Fütterungstagen zusammen nur 190 g, weiterhin pro Tag 138 und vom 13. Tage ab sogar 198 g. Eine etwaige Zunahme im Wassergehalt des Körpers lässt sich bei der Untersuchung der Organe des getödteten Thieres direct nachweisen und zwar am einfachsten an den Muskeln. Das Gesamtgewicht der Muskeln beim Hunde beträgt rund 45 pCt. des Körpergewichts²⁾, und dem entsprechend schliessen auch die wasserreichen Muskeln³⁾ die grössere Hälfte des im Gesamtkörper vorhandenen Wassers ein, nach E. Bischoff⁴⁾ rund 55 pCt. des gesammten Körperwassers.

¹⁾ S. 96 und S. 101.

²⁾ Nach F. A. Falck (Das Fleisch. Marburg 1881) beträgt die Muskelmasse des Hundes sogar 46,4 pCt. des Körpergewichtes.

³⁾ In der Norm enthält mageres Muskelfleisch circa 75 pCt. Wasser, und diesem Wassergehalt nähern sich die übrigen Organe und Gewebe mehr oder weniger, die Knochen und das Fettgewebe ausgenommen, die nur 22 bez. 30 pCt. Wasser enthalten.

⁴⁾ Zeitschr. f. rationelle Med. XX. S. 75. 1863.

Wenn also jene $2\frac{1}{2}$ kg in Form von Wasser am Körper des Hundes angesetzt worden wären, so hätte auf die Muskeln ein Wasseransatz von $55 \times 25 = 1375$ g treffen müssen. Nun beträgt aber die Gesamtmuskelmasse des 29 kg schweren Hundes (am Ende der Fütterungsreihe) etwa $29 \times 0,45 = 13,05$ kg, und von diesen würden in der Norm 75 pCt. = 9,888 kg in Form von Wasser enthalten sein. Wenn aber in jenen 13,05 kg Muskeln über den normalen Wassergehalt noch 1375 g Wasser angesetzt wären, so würden sich $9888 + 1375 = 11263$ g Wasser in den Muskeln finden und demnach die Muskeln, anstatt wie in der Norm rund 75 pCt., nicht weniger als 86,3 pCt. Wasser und nur 13,7 pCt. Trockensubstanz enthalten müssen. Ein solcher Wasserreichthum der Muskeln ist bisher niemals weder unter physiologischen noch pathologischen Verhältnissen beobachtet worden, ja ein so hoher Wassergehalt müsste zweifellos die Functionsfähigkeit der Muskeln beeinträchtigen, wenn nicht gar unmöglich machen, andererseits würde sicherlich wenigstens ein Theil dieses Wasserüberschusses durch die Lymphe und das Venenblut aus den Muskeln abgeführt werden, in den allgemeinen Kreislauf übertreten und durch Harn, Haut und Lungen ausgeschieden werden. Eine analoge Betrachtung für das Blut, dessen Gesamtmenge beim Hunde $\frac{1}{13}$ des Körpergewichts, also hier rund 2230 g beträgt, würde $\frac{1}{13}$ des präsumptiven Wasseransatzes von 2,5 kg = rund 200 g Wasser im Blute aufgehäuft verlangen; dadurch müsste der sich in der Norm auf 78,5 pCt. beziffernde Wassergehalt des Blutes auf etwa 87 pCt. ansteigen; einen so enormen Wassergehalt des Blutes beobachtet man wohl kaum je in den höchsten Graden hydrämischer Zustände. Es sei gleich vorweg genommen, dass die Analyse der Muskeln und des Blutes des getödteten Hundes nur einen der Norm entsprechenden Wassergehalt ergeben hat¹⁾. Nach all' diesen Erfahrungen und Erwägungen war mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass ein beträchtlicher Theil der Gewichtszunahme auf Ansatz von Fett zu beziehen ist.

¹⁾ Nämlich 74,67 resp. 78,26 pCt. (S. 123). Ebenso wenig war die Leber wasserhaltiger als in der Norm.

Menge und Vertheilung des abgelagerten Fettes.

Am Ende des 25. Fütterungstages, als wegen der noch stärkeren Diarrhöe und der infolge davon schlechteren Ausnutzung der Nahrung im Darm der Eiweisszerfall grösser wurde und damit das Körpergewicht, anstatt wie vorher pro Tag im Mittel um 198 g anzusteigen, sogar um 30—40 g zu sinken begann und nunmehr auf eine gedeihliche Fortführung der Versuchsreihe kaum zu hoffen, vielmehr zu befürchten war, dass bei ungenügender Aufnahme von Nahrung der Hund von seinem Bestand an Körperfleisch und -Fett zusetzen und dadurch der bisher erzielte Fütterungseffect bei noch längerem Zuwarten nur gefährdet werden würde, schien es gerathen, den Versuch abubrechen und zuzusehen, welches Ergebniss die bisherige, 25 Tage hindurch fortgesetzte Fütterung geliefert hat. Es wurde nunmehr der Hund mittelst Chloroform getödtet¹⁾. Da nach früheren Untersuchungen²⁾ etwaiges abgelagertes Fett hauptsächlich im Unterhautbindegewebe, in der Bauchhöhle (Mesenterium, Omentum, um die Nieren), in den Muskeln und der Leber zu finden ist, so wurde zunächst nur auf diese Theile die Untersuchung ausgedehnt, dagegen die anderen Organe bei Seite gestellt.

Beim Abziehen der Haut zeigte sich fast überall ein mässiges Fettpolster, das am Halse, am Gesäss und in der Schenkelbeuge stärker entwickelt war; auch die Muskeln an der Bauchfläche des Thorax und Abdomen waren mit einer dünnen Fettschicht überzogen. In der Bauchhöhle fand sich nur wenig Fett im Mesenterium und am Omentum, dagegen ziemlich reichlich um die Nieren und im kleinen Becken um Blase und Mastdarm herum, auch in der Brusthöhle war etwas Fett abgelagert. Als besonders bemerkenswerth ist hervorzuheben, dass sich an manchen Stellen, so am Oberarm, an der Vorder- und Hinterfläche des Oberschenkels beträchtliche Fettablagerungen zwischen den oberflächlichen Muskeln und zwischen den Fascien fanden. Mit Messer und Scheere wurde das sichtbare Fettgewebe, aus dem Panniculus, aus der Bauch- und Brusthöhle abgetrennt und zwischen den Muskeln, so gut es ging, herauspräparirt. Durch Auslassen der so abgetrennten Fettgewebsstücke wurden 397,4 g eines Fettes gewonnen, das sich wie Hundefett verhielt. Es will mir scheinen, als ob die Vertheilung des abgelagerten Fettes für die Entstehung des Körperfettes aus resorbirtem Nahrungsfett geradezu charakteristisch ist; im letzteren Falle, mag nun die Mästung durch reichliche Einführung von Fett oder von festen

¹⁾ Die Section des Darms ergab die Zeichen eines acut entzündlichen Zustandes: starke Injection und Röthung der Darmschleimhaut, besonders im Jejunum und Ileum mit capillären Hämorrhagien auf der Höhe der Schleimhautfalten, Anfüllung des sonst leeren Jejunum und des Ileum mit einem breiig-gallig gefärbten Inhalt, im Dickdarm dünne, stark sauer reagirende Fäces.

²⁾ Dieses Arch. Bd. 95. S. 420 u. 438.

Fettsäuren bewirkt worden sein, trifft man das Fett in stärkster Anhäufung in der Nähe der Resorptionsstätte, des Darms an, insbesondere in Mesenterium und Omentum¹⁾. Hier dagegen fand sich das Fett zumeist im Panniculus und zwischen den Muskeln abgelagert.

Die Leber wog frisch 1013,6 g = $\frac{1}{28,6}$ des Körpergewichts, während sie sonst $\frac{1}{30} - \frac{1}{29}$ vom Körpergewicht beträgt. Die feuchte Leber enthielt 30,76 pCt. Trockensubstanz²⁾, und von letzterer trafen 3,9 pCt. auf Fett. Im Ganzen schloss also die Leber 39,85 g Fett ein. Da die Leber in der Norm 70–71 pCt. Wasser enthält, so ist die Leber unseres Hundes mit nur 69,24 pCt. Wasser eher ein wenig wasserärmer.

Die Muskeln waren nicht von so gesättigt rother Farbe, als in der Norm und zeigten zwischen den Muskelfasern vereinzelte Fetttropfchen, dagegen waren die Primitivbündel, soweit man aus einigen Präparaten ein Urtheil zu fällen berechtigt ist, frei von Fetttropfen. Es wurden nun aus Muskeln verschiedener Gegenden: Hals, Schulter, Rücken, Brust, Oberschenkel und zwar möglichst von Stellen aus dem Muskelinnern Proben entnommen, diese gut zerkleinert und durchgemischt; die Analyse ergab 25,33 pCt. festen Rückstand und davon 3,83 pCt. Fett³⁾. Es enthielten also die Muskeln 74,67 pCt. Wasser, also ebenfalls eher etwas weniger als in der Norm. Jedenfalls geht daraus evident hervor, dass weder die Leber noch die Muskeln wasserreicher geworden sind. Da nun die Gesamtmuskelmasse des 29 kg schweren Hundes rund 13,05 kg beträgt⁴⁾, so würden darin $130,5 \times 3,83 = 499,8$ g Fett eingeschlossen sein.

¹⁾ Dieses Arch. Bd. 95. S. 420 u. 438. — Ich glaube dies besonders hervorheben zu sollen, weil J. Forster (Zeitschr. f. Biologie. XII. S. 463), bei der Taube wenigstens, keinen bemerkenswerthen Unterschied bezüglich des Ortes des Fettansatzes zwischen dem, dem Körper von aussen zugeführten und dem in ihm selbst (wie Forster aus seinem Versuche erschliesst) aus Eiweiss gebildeten Fett gefunden hat; „beide Fettarten lagern sich, wenigstens im Anfange einer Mastfütterung, gleichmässig und bei der Taube vorzüglich in dem Unterhautzellgewebe ab“.

²⁾ 7,83 g feuchte Leber gaben, bei 105° C. getrocknet, 2,409 g feste Stoffe und 0,308 g Aetherextract.

³⁾ 8,24 g feuchte Muskelsubstanz wog, um 105° getrocknet, 2,087 g und gab 0,316 g Aetherextract. — In meiner Arbeit, dieses Arch. Bd. 95. S. 420, Anm. 2, ist bei der Analyse einer Muskelprobe das Gewicht des darin enthaltenen Wassers irrthümlich anstatt desjenigen der Trockensubstanz angegeben; es muss heissen „Muskelsubstanz, bei 110° getrocknet, wog 1,256 g“. Im Text ist dementsprechend der Gehalt des trockenen Muskels an Fett mit „27,35 pCt.“ (statt 13,27 pCt.) zu verbessern. An dem Gesamtfettgehalt der (feuchten) Muskeln wird, wie ersichtlich, dadurch nichts geändert.

⁴⁾ S. 121.

Eine Probe vom defibrinirten Blut ergab 21,74 pCt. feste Stoffe und darin 0,106 pCt. Aetherextract¹⁾; also zeigt auch das Blut normalen Wassergehalt²⁾. Da die Gesamtblutmenge $\frac{1}{3}$ des Körpergewichtes = 2230 g beträgt, so enthält das Gesamtblut nur 2,36 g Fett. Bei einem stark gemästeten Hunde von 13 kg habe ich früher³⁾ im Gesamtblut, dessen Menge sich allerdings nur auf 1000 g bezifferte, auch nur 2,32 g Fett gefunden.

Es ist sonach gefunden worden:

im Panniculus, in den Körperhöhlen, zwischen den Fascien u. A.	397,4 g Fett
in den Muskeln	499,8 - -
in der Leber	39,9 - -
	<hr/>
insgesamt	937,1 g Fett.

Nachdem so aus den grob abpräparirbaren Körpertheilen erhebliche Mengen von Fett gewonnen waren, glaubte ich von der ausserordentlich umständlichen Analyse der übrigen Organe: Herz, Lungen, Nieren, Milz, Knochen, Fell etc. auf Fett Abstand nehmen zu dürfen. Bekanntlich enthalten bei einem nicht zu fettarmen Thiere die Knochen insbesondere das Knochenmark noch reichlich Fett; so fand Fr. Hofmann⁴⁾ bei einem Gesamtfettgehalt eines Hundes von 1358 g allein in den Knochen volle 242 g, also 18 pCt. Diese Bestimmung zu Grunde gelegt, dürften wir in den Knochen 200 g Fett angehäuft erwarten; der Fettgehalt der gesammten übrigen Organe: Herz, Lungen, Nieren, Milz sei ganz niedrig, nur auf 60 g veranschlagt. Indess wollen wir, um möglichst niedrig zu greifen, annehmen, dass in allen übrigen Organen, die Knochen mitinbegriffen, statt der veranschlagten 260 g nur die Hälfte, 130 g Fett vorhanden waren. Selbst unter dieser, das thatsächliche Verhältniss wohl kaum erreichenden und für das Versuchsergebniss höchst ungünstigen Annahme schliesst der Körper des Versuchsthieres 1067 oder rund 1070 g Fett ein. Da der Hund durch die vorausgegangene 31tägige Inanition nicht nur fettarm, sondern nach den Erfahrungen anderer Beobachter und von mir selbst sowie nach der oben⁵⁾ gegebenen Darlegung sicherlich möglichst vom Fett be-

¹⁾ 7,42 g Blut feucht wog trocken 1,613 g und gab 0,008 g Aetherextract.

²⁾ Hundeblood enthält nach Hoppe-Seyler und Fudakowski (Centralbl. f. d. med. Wiss. 1866. S. 705) berechnet, 21,53 pCt. feste Stoffe.

³⁾ Dieses Arch. Bd. 95. S. 421.

⁴⁾ Zeitschr. f. Biologie. VIII. S. 176. 1872.

⁵⁾ S. 104—106.

freit war, so dürfen wir ziemlich das gesammte, mindestens aber $\frac{9}{10}$ des angetroffenen Fettes, also 960 g als während der 25 tätigen Fütterung neugebildet und abgelagert ansehen.

Aus welchen Nährstoffen hat sich das abgelagerte Fett gebildet?

Es galt nunmehr die Quellen für das gebildete und abgelagerte Fett zu ermitteln. Einmal entsteht Fett bei der Zersetzung des Eiweiss aus den, nach Abspaltung des gesammten Stickstoffs als Harnstoff, Harnsäure etc. übrig bleibenden N-freien Zerfallsproducten der Albuminate, und zwar bilden sich nach Pettenkofer und Voit aus dem zerstörten Eiweiss zumeist 12 pCt. Fett. Ferner kann das resorbierte Nahrungsfett direct in die Zellen des Thierkörpers übertreten und dort zur Ablagerung kommen. Da nun, nach Maassgabe der N-Ausscheidung durch den Harn¹⁾, während der Fütterungsreihe 4038 g Fleisch zersetzt worden sind und diese 20 pCt. an Eiweiss, also 808 g (trocknes) Eiweiss enthalten, so würden aus dem zerstörten Eiweiss $8,08 \times 12 = 97$ g Fett hervorgehen können. Ferner sind mit den verfütterten 5000 g Fleisch, da der Fettgehalt mageren Pferdefleisches 1—1,5 pCt. beträgt, 75 g Fett als solches dem Thier zugeführt worden. Angenommen nun, die Kohlehydrate im Futter hätten durch ihre Zersetzung jenes aus dem Eiweiss abgespaltene Fett und das mit dem Fleisch präformirt eingeführte Fett vor dem Verbrauch bewahrt, so konnten aus dem Eiweiss und aus dem Nahrungsfett insgesamt nur 172 g Fett hervorgehen und sich im Körper anhäufen. Nun betrug aber die Menge des neugebildeten und am Körper des Hundes abgelagerten Fettes, in runder Zahl 960 g; folglich bleiben noch 788 g Fett übrig, für deren Entstehung keine andere Quelle als die Kohlehydrate des Futters denkbar ist. Es wären so aus den verfütterten 9440 g (wasserfreien) Kohlehydraten 788 g Fett hervorgegangen, d. h. die Kohlehydrate hätten in diesem Falle 8,3 pCt. Fett gebildet.

Nun hat aber Henneberg²⁾, allerdings nur auf theoretische Erwägungen, nicht auf den Thierversuch gestützt, berechnet,

¹⁾ Vergl. Tabelle S. 110.

²⁾ Landwirthsch. Versuchsstation. X. S. 437. 1867.

dass aus dem zersetzten Eiweiss im maximo 51,4 pCt. Fett hervorgehen könne, und Voit¹⁾ hat sich, wenn auch mit einiger Reserve, dieser Annahme angeschlossen. Obschon manche Forscher, z. B. Hoppe-Seyler, Zuntz u. A. es für unmöglich halten, dass sich solch' erhebliche Mengen von Fett aus Eiweiss bilden, so wollen wir zunächst auch mit diesem Factor rechnen.

Unter der Annahme, dass 51,4 pCt. in maximo aus den zersetzten 808 g Eiweiss hervorgehen können, würde die Berechnung sich folgendermaassen gestalten: $808 \times 0,514 =$

415,3 g Fett, aus zerstörtem Eiweiss gebildet,

75 g „ mit dem Fleisch eingeführt

490,3 g Fett. Es würden also, selbst unter der undenkbaren Annahme einer so reichlichen Fettbildung aus dem Eiweiss, noch 470 g Fett aus anderen Quellen als aus dem Nahrungsfett und dem zersetzten Eiweiss zu decken sein, und für diese ist keine andere Quelle als die Kohlehydrate der Nahrung ausfindig zu machen. Unter obiger Annahme hätten die Kohlehydrate 4,9 pCt. Fett gebildet.

Es erscheint hier am Platze, die innere Berechtigung der eben berührten Ableitung von Henneberg bezüglich der Bildung von Fett aus Eiweiss näher zu betrachten.

Henneberg giebt folgendes Schema: es enthalten

	C	H	N	O
100 g Eiweiss	53,53	7,06	15,61	23,8
ab 33,45 g Harnstoff mit	6,69	2,23	15,61	8,92
	bleiben 46,84	4,83	—	14,88.
Den 46,84 C entsprechen 61,15 g				
Fett mit	46,84	7,37		6,94
Wasserstoffdeficit = 2,54 O-Ueberschuss = 7,94				
Zur Deckung desselben erforderlich	22,86			
H ₂ O mit		2,54		20,32
aus dem Eiweiss blieb ein O-Ueberschuss von				<u>7,94</u>
Gesamt-O-Ueberschuss				28,26.

Bei der Unzulässigkeit der Annahme, dass der überschüssige Sauerstoff sich im freien Zustande absplattet, sind zu 100 Theilen Eiweiss, von denen ausgegangen wurde, noch so viel hinzuzunehmen, als erforderlich, um 28,26 Theile O in die Endproducte: CO₂, H₂O, Harnstoff überzuführen, nemlich 19,01 g Eiweiss, welche mit 28,26 O geben: 6,36 Harnstoff, 8,28,

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie. V. S. 117. 1869.

Wasser und 32,63 CO₂. Demnach können äussersten Falls 119,01 g Eiweiss 61,15 g Fett liefern, d. h. 100 g Eiweiss 51,4 g Fett.

Die Möglichkeit einer solchen Grösse der Fettbildung aus Eiweiss hat Zuntz¹⁾ durch Berechnung der dabei in Frage kommenden Kraftmengen, d. h. der bei der Verbrennung sich entwickelnden Wärmemengen controlirt; in seiner Berechnung mögen nur die Zahlenwerthe auf Grund der inzwischen in den exacten Untersuchungen von Stohmann²⁾ mittelst des verbesserten Calorimeters gewonnenen Ergebnisse eine Aenderung erfahren. Danach beträgt die Verbrennungswärme von 1 g (thierischem) Eiweiss nach Abzug des davon sich absplittenden $\frac{1}{3}$ g Harnstoff: 4720 (kleine) Calorien, die von 1 g Fett: 9372 ca. Es ergibt sich danach

119,01 g Eiweiss können liefern	561680 ca,
ab zur Spaltung von 22,86 g H ₂ O ³⁾	87533 -
	<hr/>
	bleiben 474147 ca;
hieraus zu bildende 51,4 pCt. Fett = 61,15 g Fett geben	573098 -
	<hr/>
	also zu viel 98951 ca.

Daraus berechnet sich nach dem Ansatz

$$51,4 : x = 573098 : 474147$$

$x = 42,5$, d. h. ohne Energiezufuhr von aussen können nach Henneberg's Schema höchstens 42,5 pCt. Fett aus Eiweiss entstehen. Hierbei ist aber, wie Zuntz bemerkt, die chemische Unwahrscheinlichkeit, um nicht zu sagen, Unmöglichkeit der von Henneberg supponirten Wasserzersetzung noch ausser Acht gelassen. Ebenso führt Zuntz mit Recht an, „dass die Umwandlung von Albuminaten in Fett in so grosser Menge nach obiger Hypothese nur möglich sein würde, wenn die ganze Spannkraft des Eiweissmolecüls unversehrt in das daraus entstehende Fett überginge. Dies ist aber ein Vorgang, der ganz ohne alle Analogie im thierischen Körper wäre, denn wir sehen dort alle Spaltungsprozesse unter Freiwerden erheblicher Wärmemengen ablaufen.“

Nach den eben veröffentlichten calorimetrischen Bestimmungen von Rubner⁴⁾ liefert 1 g trockenes Eiweiss 5754 ca und nach Abzug von $\frac{1}{3}$ g Harnstoff (dessen Verbrennungswärme 2523 ca beträgt) 4913 ca. Bei Einführung dieser Werthe in obige Berechnung ergibt sich als Maximum der Fettbildung aus Eiweiss: 45 pCt.; indessen treffen selbstverständlich die von Zuntz erhobenen Einwände und Bedenken auch diese Berechnung.

Es geht daraus hervor, dass, so hoch gegriffen als nur möglich, sich aus dem Eiweiss in maximo 42,5—45 pCt. Fett bilden können, und dass selbst diese theoretischen Werthe aus den an-

¹⁾ Landwirthsch. Jahrbücher. VIII. S. 96. 1879.

²⁾ Journ. f. pract. Chem. N. F. Bd. 31. S. 273.

³⁾ In 22,86 H₂O sind 2,54 H; 1 g H, zu H₂O verbrennend, liefert 34462 ca, also 2,54 H: 87533 ca.

⁴⁾ Zeitschr. f. Biologie. Bd. 21. S. 250. 1885.

geführten Gründen, weil noch mit manchen Bedenken behaftet, sicherlich die daraus factisch sich bildende Fettmenge weit über-
treffen. Unter Benutzung dieser Werthe für unsere Fettbilanz
würden bei grösstmöglicher Fettbildung aus Eiweiss sogar 542
bzw. 521 g Fett aus anderen Quellen als aus Nahrungsfett und
aus zersetztem Eiweiss zu decken bleiben.

Es erübrigt noch zu erörtern, ob nicht der Leim als Fett-
bildner in Betracht zu ziehen ist¹⁾. Durch die Untersuchungen
von Voit²⁾, sowie von Pettenkofer und Voit³⁾ ist die Rolle
des Leims dahin aufgeklärt worden, dass der Leim zumeist schon
innerhalb der nächsten 24 Stunden vollständig, also erheblich
leichter als Eiweiss zersetzt wird und durch seinen Zerfall stets
Eiweiss erspart, und zwar bei kleinen Mengen des daneben ge-
reichten Eiweiss in viel höherem Maasse als Kohlehydrate und
Fette, dagegen ist der Leim nicht im Stande, das Eiweiss ganz
vor der Zerstörung zu bewahren oder gar Organeiweiss zum An-
satz zu bringen; es muss daher zur Erhaltung des Bestandes an Ei-
weiss neben dem Leim immer etwas Eiweiss gegeben werden⁴⁾.
Ferner wird durch den Leim ausser dem Eiweiss auch etwas Fett vor
der Zerstörung geschützt, jedoch steht die Wirkung des Leims auf
die Ersparniss in der Fettzersetzung weit gegen die der Fette und
Kohlehydrate zurück, ferner bringt der Zusatz von Leim zu
grossen Gaben von Fleisch ausser viel Eiweiss auch Fett „wohl
nur aus dem zersetzten Eiweiss abgespalten“ zum Ansatz. Demnach
bestehen bezüglich ihrer stofflichen Wirkungen ausserordentlich
beträchtliche Differenzen zwischen dem Eiweiss und dem ihm
in chemischer Hinsicht nahestehenden Leim. Pettenkofer und
Voit scheinen eine directe Fettbildung aus Leim auszuschliessen,
nehmen vielmehr nur eine indirecte an, insofern der Leim nicht nur
die Grösse der Eiweisszersetzung beschränkt, sondern auch das

1) Die Erörterung dieser Frage ist durch eine, an die Besprechung vor-
stehender Untersuchung in der hiesigen physiologischen Gesellschaft
sich anknüpfende Discussion hervorgerufen worden.

2) Zeitschr. f. Biologie. VIII. S. 297. 1872.

3) Ebenda S. 371.

4) So ging ein 50 kg schwerer Hund bei einer täglichen Nahrungszufuhr
von 200 g Leim, 250 g Stärke, 100 g Fett und 12 g Fleischextract
schon am 30. Tage zu Grunde.

bei letzterer sich abspaltende Fett durch seinen Zerfall vor der Zerstörung bewahrt und so das aus dem Eiweiss gebildete Fett zum Ansatz bringt. Aber selbst wenn der Leim, obwohl des Ansatzes in Form von Eiweiss unfähig, doch als directer Fettbildner fungiren sollte, derart, dass die, nach Abspaltung seines N-haltigen Anthells in Form von Harnstoff, restirende N-freie C, H, O-Gruppe in Fett überginge, so dürfte er in Hinsicht der Fettbildung unter keinen Umständen dem Eiweiss gleichzusetzen sein. Es fehlt bislang an einem hierüber entscheidenden Thierversuch, sodass auch noch nicht der Schatten eines Beweises für die directe Fettbildung aus Leim vorhanden ist. Bezüglich der indirecten Fettbildung hat die obige Aufstellung über die Quellen des Fettansatzes bereits der einschlägigen Wirkung des Leims voll und ganz Rechnung getragen, indem sie das gesammte, bei der Eiweisszersetzung freiwerdende Fett und das Nahrungsfett als vor der Zerstörung bewahrt und am Körper angesetzt ansieht. Um indess auch diesem, obwohl durch die bisherigen Untersuchungen wenig begründeten Einwand zu begegnen, wollen wir annehmen, dass der Leim nicht nur ein Fettschützer ist, sondern, obwohl er Organeiweiss nicht zum Ansatz bringt, doch direct Fett bildet und hinsichtlich der Fettbildung sogar dasselbe leistet, wie Eiweiss, eine sicherlich zu weit gehende Concession.

Unter der Annahme, dass sich aus dem Leim, wie aus dem Eiweiss, für gewöhnlich nur 12 pCt. Fett abspalten, würden 797 g trockener Leim bilden können: 95,6 g Fett, dazu 75 g Nahrungsfett und 97 g Fett aus Eiweiss, giebt zusammen 267,6 g Fett, sodass noch 692 g Fett von den Kohlehydraten zu decken bleiben.

Nehmen wir die für das Eiweiss theoretisch grösstmögliche Fettbildung mit 42,5—45 pCt. auch für den Leim an, so würden sich aus 797 g Leim bilden können: 338,7 bezw. 358,7 g Fett; es bleiben dann von den 542 bezw. 521 g noch immer 203 bezw. 162 g Körperfett übrig, deren Quelle in den Kohlehydraten des Futters zu suchen ist. Es ist oben ausgeführt worden, dass selbst die Werthe 42,5—45 pCt. für die Fettbildung aus Eiweiss chemisch unmöglich, also zu gross sind, vollends der von Henneberg auf 51 pCt. fehlerhaft berechnete Werth.

Nach der vorstehenden Beleuchtung, welche die absolute Unmöglichkeit einer Fettbildung von 51 pCt. aus dem Eiweiss darthut (S. 127), ist der Henneberg'sche Factor für die Fettbilanz nicht zu verwerthen; immerhin ist es bemerkenswerth, dass, selbst diesen übermässig hohen Werth auch für die Fettbildung aus Leim angenommen, sich die Summe aus Nahrungs-, Eiweiss- und Leimfett nur zu knapp 900 g ergibt; somit erreicht, selbst bei dieser undenkbaren Aufstellung, das vorhandene Körperfett nicht nur das aus diesen Quellen gebildete, sondern es bleibt noch ein Ueberschuss von über 60 g Fett.

Es ergibt sich danach zweifellos, dass aus den reichlich verfütterten Kohlehydraten im allerungünstigsten Falle noch 162 bez. 203 g, in einem günstigeren sogar 692 g Fett gebildet und am Körper des Hundes abgelagert worden sind. Höchst wahrscheinlich übertrifft die thatsächlich erfolgte Fettbildung aus den Kohlehydraten noch erheblich die angeführten Werthe, da wir bei der Berechnung angenommen haben, dass nicht nur das gesammte aus dem Eiweiss abgespaltene Fett sowie das Nahrungsfett, sondern auch das gesammte aus dem Leim (hypothetisch) sich bildende Fett als solches zum Ansatz gelangt ist.

Hiermit ist der Nachweis der directen Fettbildung aus Kohlehydraten beim Hunde zum ersten Male geliefert worden. Die von Voit¹⁾ beiläufig gemachte Bemerkung: „Auch eine in meinem Laboratorium durch Rubner am Hunde gemachte Erfahrung spricht für eine Betheiligung der Kohlehydrate an der Fetterzeugung bei Fütterung mit enorm grossen Mengen von Stärkemehl“ kann als Beweis füglich nicht angezogen werden, zumal die ausführliche Mittheilung dieser Erfahrung meines Wissens noch aussteht und auch die gewählte Form der Darstellung: „spricht für eine Betheiligung der Kohlehydrate an der Fetterzeugung“ den bestimmten Nachweis für diese Angabe um so dringlicher erscheinen lässt.

Die directe Fettbildung aus Kohlehydraten tritt erst bei sehr grossen Gaben derselben neben relativ wenig Fleisch in grob nachweisbarer Menge ein. Bei dem gereichten Futter verhielten sich, im Mittel der ganzen Versuchsreihe, die N-haltigen Stoffe (Eiweiss, Leim) zu den N-freien (Kohlehydrate) wie 1:5,2 und in der letzten Periode, wo der Hund täglich 200 g Fleisch und

¹⁾ Ueber die Ursache der Fettablagerung im Thierkörper. Rede. 1883. S. 8.

je 250 g Stärke und Zucker erhielt, sogar nur wie 1:11. In unserem Falle waren zur Erzeugung von Fett täglich 500 g Kohlehydrate oder 300—400 g Kohlehydrate neben 100 g Leim erforderlich und daraus wurden günstigen Falls 692 g oder pro Tag 28 g Fett gebildet. Nimmt man mit Pettenkofer und Voit¹⁾ an, die ganze Menge der verfütterten Kohlehydrate werde stets vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt, so würde allein aus 462 g (wasserfreier) Kohlehydrate (= 500 g lufttrocken) 806,6 g CO₂ gebildet sein, dazu noch die CO₂, welche von dem nicht im Harn wiedererschienenen Kohlenstoff des zersetzten Fleisches²⁾ herrührt, mit 48,5 g, giebt zusammen 855 g CO₂ als regelmässige tägliche Ausscheidung. Aehnlichen hohen Werthen der CO₂-Aushauchung (841 bez. 867 g) sind Pettenkofer und Voit³⁾ bei ihrem 33 kg schweren Hunde unter 27 Versuchsreihen nur zweimal begegnet, einmal bei Fütterung mit der enormen Menge von 1800 g Fleisch und 450 g Stärke, sodann bei 1500 g Fleisch und 200 g Stärke; in jenem Versuch wurden 331 g Fleisch und 122 g Fett, in diesem 34 g Fleisch angesetzt und 21 g Fett vom Körper abgegeben. Ist es an sich schon wenig wahrscheinlich, dass mehrere Wochen hindurch eine solche Höhe der CO₂-Ausscheidung bestanden hat, dass also regelmässig die gesammten verfütterten Kohlehydrate, wie Voit meint, zu CO₂ und H₂O oxydirt worden sind, so wird, auch ohne dass mir directe Bestimmungen der ausgeschiedenen CO₂ vorliegen, dies dadurch widerlegt, dass das Gewicht des Hundes im Verlauf der Fütterung um 3½ kg angestiegen ist, während nachweislich nur 800 g Fleisch, und Wasser kaum in erheblicher Menge zum Ansatz kam, wie aus dem Wassergehalt des Blutes und der Organe des getödteten Thieres hervorgeht. Dies im Verein mit dem Nachweis von beträchtlichen, am Körper des Thieres abgelagerten Fettmengen, von denen nur ein Bruch-

¹⁾ Zeitschr. f. Biologie. IX. S. 511. 1873.

²⁾ Im Mittel der letzten Periode wurden 164 g Fleisch, also 32,8 g Eiweiss täglich zersetzt. Eiweiss enthält rund 50 pCt. C = 16,4 C. Nun trifft im Harn bei gemischter Kost auf 1 N nur 0,603 C, folglich auf 5,26 N (Mittel vom 13.—23. Tage) 3,17 C, es bleiben also 13,23 C für die Abgabe durch Haut und Lungen verfügbar.

³⁾ Zeitschr. f. Biologie. IX. S. 438, 473, 481.

theil bis höchstens 79 pCt. aus anderen Quellen stammen kann, beweist zweifellos, dass ein Theil der Kohlehydrate nicht bis zu Kohlensäure und Wasser oxydirt worden ist, sondern dass aus Zwischenproducten ihres Zerfalls Fett hervorgegangen ist.

Allerdings ist die Grösse des in Fett übergehenden Antheils der Kohlehydrate verhältnissmässig gering. Während vom Nahrungsfett günstigen Falls 55 pCt. in Körperfett übergehen können¹⁾, wird aus überreichlich gegebenen Kohlehydraten nur 2—6 pCt. Fett am Körper abgelagert. Danach würden im günstigsten Fall die Kohlehydrate hinsichtlich der Fettbildung etwa 9mal weniger leisten als das Nahrungsfett.

So viel geht aus der vorliegenden Versuchsreihe hervor, dass behufs Erzielung eines directen Fettansatzes aus Kohlehydraten neben einem Uebermaass von Kohlehydraten (500 g im Tag) nur wenig über das kleinste Fleischquantum gegeben werden darf, das unter den gegebenen Bedingungen zerstört wird, sodass noch ein Bruchtheil vom Fleisch am Körper angesetzt wird. Freilich liegt bei diesem Kostmaass die Gefahr vor, dass die enormen Kohlehydratgaben nicht vertragen werden und Darmkatarrhe hervorrufen, die zum vorzeitigen Abbrechen des Versuches zwingen. Nach meinen Erfahrungen dürfte sich möglicher Weise diese Gefahr dadurch herabmindern lassen, dass man neben etwas kleineren Kohlehydratgaben noch Leim verfüttert. Auch möchte ich das von mir befolgte Verfahren, dem Hunde das Futtergemisch im abgekochten, die Stärke in gut gequollenem Zustande darzubieten, empfehlen, weil in dieser Form das Gemisch gern, sogar gierig genommen wird und, wie es scheint, auch längere Zeit hindurch, in unserer Versuchsreihe 23 Tage lang, gut vertragen wird.

Es erübrigt noch zu erörtern, in welcher Weise wohl die Umbildung der Kohlehydrate zu Fett erfolgt. In dieser Hinsicht liegen thatsächliche Erfahrungen nicht vor, welche die Art und Weise, wie diese Umbildung vor sich geht, aufklären könnten. Bei dieser Sachlage dürfte es gestattet sein, eine Hypothese aufzustellen, welche das Verständniss jenes Vorgangs

¹⁾ Nach Fütterung eines Hundes mit 2200 g Rüböl fand ich 2 kg Fettöl abgelagert, das zu $\frac{2}{3}$ aus Rüböl bestand, also 1200 g Rüböl enthielt (dieses Arch. Bd. 95. S. 423).

fördern kann. Die neuere Forschung hat gezeigt, dass gleichwie im Darmrohr, so wahrscheinlich auch in den Geweben und Organen fermentative Prozesse stetig ablaufen, in denen unter der Einwirkung des Wassers organische Stoffe verändert und gespalten werden in analoger Weise wie bei der Fäulniss¹⁾. Diese Anschauung wird von Hoppe-Seyler nachdrücklichst vertreten. Nun treten nach Letzterem bei der fäulnissartigen Zersetzung der Kohlehydrate, neben flüchtigen fetten Säuren (Ameisen-, Essig-, Propion-, Butter-, Capronsäure) auch höher constituirte feste Fettsäuren auf, welch' letztere, während die flüchtigen Säuren mehr oder weniger leicht in Kohlensäure, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff (Grubengas) zerfallen, sich längere Zeit unzersetzt erhalten. Man kann sich nun vorstellen, dass derjenige Bruchtheil von reichlich eingeführten Kohlehydraten, welcher nicht unter die Bedingungen der Zerstörung geräth, der fermentativen Spaltung in den Geweben anheimfällt unter Auftreten von flüchtigen Fettsäuren, die weiter zerfallen, und von festen Fettsäuren, die der Zersetzung entgehen. Aus diesen festen Fettsäuren entstehen durch Synthese, durch Paarung mit Glycerin die entsprechenden Neutralfette, gleichwie nach meinen Versuchen²⁾ in den Darm eingeführte feste Fettsäuren im Organismus unter Paarung mit Glycerin zu Neutralfetten werden, und zwar auch ohne dass mit den Fettsäuren gleichzeitig Glycerin gereicht wird, indem der Körper wie bei der Hippursäurebildung das Glycocoll, hier das Glycerin selbst hergiebt. Den entscheidenden Beweis für diese synthetische Bildung konnte ich dadurch führen, dass ich zeigte, wie nach reichlicher Fütterung mit den festen Fettsäuren des Hammeltalgs das entsprechende stearinreiche Neutralfett, Hammeltalg (und nicht das oleinreiche Hundefett) im Organismus des Hundes gebildet und im Körper abgelagert wird.

Für die Bildung und Ablagerung von Fett im Körper des Fleischfressers sind nunmehr vier Quellen als sicher festgestellt anzusehen. Erstens wird beim Zerfall des Eiweiss Fett abge-

¹⁾ F. Hoppe-Seyler, Arch. f. d. ges. Physiol. X. S. 1. 1875. — Vergl. auch I. Munk, Zeitschr. f. physiol. Chemie. II. S. 357. 1878.

²⁾ Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1883. S. 273; dieses Arch. Bd. 95. S. 437. 1884.

spalten¹⁾), das unter günstigen Bedingungen am Körper abgelagert werden kann, sodann kann das resorbierte Nahrungsfett direct in Körperfett übergehen²⁾, ferner kann Fett aus den festen Fettsäuren synthetisch gebildet und angesetzt werden³⁾, endlich kann sich Fett aus Kohlehydraten bilden und ablagern, eine Thatsache, für welche die vorliegende Untersuchung den Nachweis liefert. Bei der Uebereinstimmung, die in vielen Beziehungen hinsichtlich des Ablaufes der chemischen Prozesse zwischen den Carnivoren und dem Menschen besteht, dürften die genannten vier Quellen der Fettbildung wohl auch für den Organismus des Menschen zutreffen.

¹⁾ Durch die Beobachtungen von Virchow (dieses Arch. I. S. 94. 1847; IV. S. 281. 1851) wahrscheinlich gemacht, durch Stoffwechselversuche von Pettenkofer und Voit (Zeitschr. f. Biologie. V. S. 106. 1869, VI. S. 371. 1870) sicher dargethan.

²⁾ Für das Nahrungsfett durch Fr. Hofmann (Zeitschr. f. Biologie. VIII. S. 156. 1872), für heterogene Fette durch Lebedeff (Centralbl. f. d. med. Wiss. 1882. No. 8) und von I. Munk (dieses Arch. Bd. 95. S. 418) bewiesen.

³⁾ I. Munk, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1883. S. 273; dieses Arch. Bd. 95. S. 437.

In der Tabelle auf S. 110 sind die beiden oberen Klammern der dritten Spalte falsch gestellt; die 150 g Stärke und 150 g Zucker umfassende Klammer soll nur dem 2. Tag angehören, während die darauf folgende Klammer nach oben zu verlängern ist, so dass sie bereits beim 3. Tag beginnt.