

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Physiologische Chemie

[in 4 Theilen]

Die Organe des Thierkörpers und ihre Functionen, der Gesamtstoffwechsel
der Thiere

Hoppe-Seyler, Felix

Berlin, 1879

Der Gesamtstoffwechsel der Thiere

[urn:nbn:at:at-ubi:2-5362](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:at:at-ubi:2-5362)

leerte ihre Harnblase vollständig durch einen Katheter, den er durch Einschnitt in die Urethra eingeführt hatte, brachte dann eine gemessene Menge von Harn wieder in die Blase, liess sie darin einige Zeit, entleerte dann die Blase wieder vollständig und verglich die Volumina und den Harnstoffgehalt des Harns vor und nach seinem Verweilen in der Blase. Er fand, dass während des Verweilens in der Harnblase das Volumen des Harns zugenommen, der Harnstoffgehalt desselben aber noch etwas mehr abgenommen hatte, als der Vergrösserung des Volumens durch hinzugekommenes Wasser entsprach. Die Wandungen der Blase waren in *Treskin's* Versuchen nicht sehr gespannt.

Nach diesen Versuchen würde in geringem Grade eine Osmose zwischen Harn in der Harnblase und dem Blute stattfinden, da jedoch die bei den Versuchen angewendeten Operationen sehr eingreifende sind, das Thier längere Zeit gefesselt bleibt und eine Reizung der Blasenwand kaum vermieden werden kann, scheint eine weitere Untersuchung des Verhaltens vom Harn in der Blase auch auf andern Wegen zur sichern Entscheidung der Frage nothwendig.

Der Gesamtstoffwechsel der Thiere.

§ 443. Die chemischen Umsätze und Thätigkeiten der einzelnen Organe mit ihrer Wandelbarkeit nach äusseren Einflüssen und mit ihren innigen causal-Verkettungen ergeben das Leben der Organismen mit seinen periodischen Schwankungen in der Intensität des Stoffwechsels und der Leistungen. Der hohe practische Werth, welchen die Kenntniss der für ein Individuum zur Erhaltung des Lebens und zur Ausführung bestimmter Leistungen erforderliche Stoffaufnahme sowie der Wirkung der einzelnen Nährstoffe und äusseren Einflüsse in dieser Beziehung für die sichere Auswahl zweckmässiger Ernährung von Menschen und Nutzthieren besitzen, auch die Hoffnung durch die Grösse der Ausgaben, der Arbeitsleistungen und der Veränderungen des Organismus selbst über die inneren chemischen Vorgänge Aufschlüsse zu erhalten, haben bereits ein ziemlich reiches Beobachtungsmaterial entstehen lassen, welches die wesentlichsten Factoren des summarischen Stoffwechsels unter dem Einflusse der verschiedenen Ernährungsregeln und Arbeitsleistungen gelehrt hat. Die Hoffnung,

durch diese Untersuchungen auch über die inneren chemischen Vorgänge in den Organen Aufschlüsse zu erhalten, ist nicht in Erfüllung gegangen; die Resultate derselben ergeben keine bestimmten Nachweise über die Vertheilung und Verwendung der eingeführten Nährstoffe in den einzelnen Organen, sie haben aber den Beweis geliefert, dass im warmblütigen Thiere eine Regulation thätig ist, welche unter allen verschiedenen noch normalen Verhältnissen, bei sehr wechselnden äusseren Einwirkungen, verschiedenen Ernährungen und Leistungen doch die Bluttemperatur, wie es offenbar das gesunde Leben des Warmblüters erfordert, nahezu constant erhalten wird.

Bei oberflächlicher Betrachtung scheint nichts einfacher zu sein, als Untersuchungen über den Stoffwechsel von Menschen und Thieren anzustellen; je eingehender man aber die Aufgaben prüft, um so höher thürmen sich Schwierigkeiten auf und um so weniger zuverlässig erscheinen die Fundamente, auf denen die ganze Untersuchung und Berechnung sich stützen. Es sind nicht allein die Anforderungen an die Arbeitskraft des Experimentators sehr hohe, auch die Genauigkeit der Methoden lässt überall zu wünschen übrig, der Zweifel und Bedenken ist kein Ende und nur unter Zugrundelegung gewisser Hypothesen und Schätzung von Verhältnissen, deren genaue Untersuchung zu weit führen würde, ist überhaupt bis jetzt eine Stoffwechseluntersuchung und ihre Berechnung ausführbar.

Methoden der Untersuchung und Berechnung des Stoffwechsels.

§ 444. Bei jeder Stoffwechseluntersuchung sind zu ermitteln:

- 1) das Gewicht des Thiers beim Beginn und am Ende des Versuchs, am Besten auch häufig wiederholt während der Dauer des Versuchs;
- 2) die Quantität und Zusammensetzung der Nahrung und die Quantität des durch die Respiration aufgenommenen Sauerstoffs;
- 3) die Quantität und Zusammensetzung der im Harn, Koth, Respiration ausgeschiedenen Stoffe;
- 4) Arbeitsleistungen, mechanische Muskelarbeit und Wärmeentwicklung.

Die Methoden der Untersuchung der Respiration, der Bestimmung der ausgeathmeten Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffs sind bereits oben in Thl. III, S. 520 bis 539 beschrieben, es kann daher hier von ihnen abgesehen werden. Eine besondere Besprechung verdienen hier die Nahrungsmittel, wenn auch nicht auf die Zusammensetzung der gebräuchlicheren pflanzlichen Nahrungsmittel hier eingegangen werden soll — es würde dies zu weit in der Physiologie

nicht zugehörige Einzelheiten führen. Alle Versuche, Thiere mit einem reinen stickstoffhaltigen Nährstoffe allein längere Zeit zu ernähren, haben ergeben, dass ihre Gesundheit darunter leidet; weder mit Fibrin noch mit Eieralbumin hat man günstige Resultate erhalten, dagegen hat man fleischfressende Säugethiere und Vögel lange Zeit bei guter Gesundheit und gutem Ernährungszustande erhalten, während ihnen als Nahrung ausschliesslich ausgesuchtes Muskelfleisch gereicht wurde. Es sind deshalb sehr zahlreiche Stoffwechselversuchsreihen an Hunden und andern Thieren in der Weise ausgeführt, dass ihnen auspräparirtes Fleisch vom Pferd, Rind u. s. w. in verschiedenen Quantitäten gereicht und dabei angenommen wurde, dass das Muskelfleisch bis auf zu vernachlässigende Differenzen die gleiche Zusammensetzung habe. Diese Annahme ist auch nicht ganz unrichtig, insofern die Verschiedenheiten im Gehalte des Fleisches an Wasser, Fett, anorganischen Stoffen, Stickstoff meist gering sind. Dennoch sind die Verschiedenheiten der Zusammensetzung bei genauen Versuchen durchaus zu berücksichtigen. Die Untersuchungen von *Voit*¹ ergaben eine Verschiedenheit des Wassergehaltes in den Muskeln vom Rinde von 73,85 bis 77,15 pCt. Wasser, die von *Nowak*² in den Muskeln vom Menschen von 74,2 bis 79,6 pCt., vom Hunde von 71,55 bis 73,76, beim Pferd 73,54 bis 74,6, beim Rinde 74,8 bis 77,3 pCt. In einem und demselben Individuum fand *Nowak* Verschiedenheit im Wassergehalte verschiedener Muskeln vom Menschen von 75,3 bis 76,5 pCt., beim Hunde die oben angegebenen Differenzen, bei einem Pferde 74,04 und 74,06, bei anderen 73,54 und 74,6 pCt., bei einem Rinde 75,0 und 76,8, bei einem andern 77,1 und 77,3 pCt.

Den Fettgehalt des Fleisches giebt *Moleschott* zu 3,715 pCt. für Säugethiere, 1,946 pCt. bei Vögeln und 4,597 pCt. bei Fischen an. *Schenk*³ findet in gut auspräparirtem Muskelfleisch 0,7 bis 1,3 pCt. Fett, in solchem, wo dies sorgfältige Auspräpariren unterlassen war, 3,32 bis 5,06 pCt. Fett. Der Gehalt an Aschenbestandtheilen wird von *Voit*⁴ zu 1,05 bis 1,13 pCt. angegeben.

Der Stickstoffgehalt des Rindfleisches ist von *Playfair* und von *Boeckmann*⁵ zu 3,78 im frischen und zu 15,03 pCt. im getrockneten

¹ C. Voit, Physiol. chem. Untersuchungen. Augsburg 1857. S. 16.

² Wien. acad. Sitzungsber. Bd. LXIV, Abthl. II. Octbr. 1871.

³ Wien. acad. Sitzungsber. Bd. LXI, Abthl. II. Januar 1870.

⁴ Zeitschr. f. Biologie. Bd. I, S. 100.

⁵ *Liebig*, Thierchemie. 2. Aufl. 1843. S. 290.

Fleische, von *C. Schmidt*¹ zu 3,68 bis 3,15 im frischen, 12,38 bis 12,45 im getrockneten Fleische, von *Voit*² zu 13,29 bis 16,15 im trocknen und zu 3,53 bis 3,73 im frischen Fleische, von *Schenk*³ zu 3,30 bis 3,84 pCt. im frischen und 10,68 bis 14,01 pCt. im getrockneten Fleische gefunden; etwas niedrigere Werthe sind von *Petersen*⁴, *Huppert*⁵ und besonders von *Nowak*⁶ nach der bis dahin gewöhnlich angewendeten *Will-Varrentrapp*'schen Bestimmungsmethode gewonnen. Wesentlich genauere und höhere Werthe erhielt *Nowak* für den Stickstoffgehalt des Fleisches bei Anwendung der volumetrischen Bestimmungsmethode, nämlich im Fleisch von einem Rinde 3,60 bis 3,776, bei einem andern 3,445 bis 3,628, in verschiedenen Muskeln variirend von 15,0 bis 15,92 im trocknen und 3,44 bis 3,78 pCt. im frischen Muskel. Im getrockneten Fleische vom Menschen fand *Nowak* 14,61 bis 16,09, im frischen 3,60 bis 3,80 pCt., im trocknen Pferdefleisch 13,48 bis 15,01 pCt., im frischen 3,506 bis 4,02 pCt., bei einem und demselben Pferde in verschiedenen Muskeln Stickstoffgehalt von 3,78 bis 3,97, bei einem andern 3,63 bis 3,76, bei einem Hunde von 3,53 bis 4,31 pCt. variirend.

Die Differenzen im Stickstoffgehalte dieser Fleischarten können unbedeutend erscheinen, sie sind aber gross genug, um sehr bedeutende Fehler in der Berechnung zu bewirken, wenn grosse Fleischmengen in Stoffwechselversuchen gefüttert sind, wie dies auch *Nowak* an Beispielen nachgewiesen hat: Proben der gefütterten Fleischportionen müssen also analysirt werden, wenn man genaue Berechnung erhalten will.

§ 445. Es ist ausserdem zu beachten, dass der Stickstoffgehalt des Fleisches die Summe der darin enthaltenen Eiweissstoffe, des leimgebenden Gewebes und der unlöslichen Membranen der Blutgefässe und des Sarcolemms darstellt. Je grösser der Bindegewebsgehalt, desto höher steigt der Gehalt an Stickstoff, je höher der Gehalt an Glycogen, Fett, Milchsäure, desto niedriger fällt er aus. Für recht genaue Versuche sind alle diese Bestandtheile zu bestimmen; der geringe

¹ *Bidder und Schmidt*, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, Mitau und Leipzig 1852. S. 314.

² A. a. O., S. 17.

³ A. a. O.

⁴ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, S. 166.

⁵ Ebendas. Bd. VII, S. 354.

⁶ Wien. acad. Sitzungsber. Bd. LXIV, Abth. II. Octbr. 1871.

Kreatingehalt kann geschätzt, und der Gehalt an Hypoxanthin, Xanthin und andern Extractstoffen vernachlässigt werden.

Den Verschiedenheiten im Stickstoffgehalte der Fleischarten werden noch höhere Differenzen im Kohlenstoffgehalte zur Seite stehn; wie weit dies der Fall ist, scheint noch nicht untersucht zu sein.

Unter den übrigen zu Stoffwechselversuchen viel verwendeten Nährmaterialien haben besondere Bedeutung die Samen der Getreidearten und Leguminosen, in denen der Stickstoffgehalt ebenso wie in den Eiweissstoffen, die sie enthalten, früher oft zu gering gefunden war¹. In ihnen sowie in andern pflanzlichen Nahrungsmitteln sind Rohrzucker, Stärkemehl, in den ölhaltigen Samen wie bei der Fleischnahrung hauptsächlich die Fette von grossem Werth für die Ernährung. Im Zucker, ebenso im Stärkemehl sind das hygroskopische Wasser und Spuren von Ammoniak in Anschlag zu bringen und in den Fetten, welche trotz sehr verschiedenem Gehalte an Olein, Palmitin und Stearin doch ziemlich gleichen Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff haben, ist der wohl immer vorhandene, aber sehr verschiedene Gehalt an Lecithin und Cholesterin zu berücksichtigen, was, so viel ich weiss, in den 15 Jahren, die seit dem Nachweis des allgemeinen Vorkommens des Lecithin und Cholesterin in Thieren und Pflanzen vergangen sind, in keiner Stoffwechseluntersuchung Beachtung gefunden hat.

Der Gehalt an Nucleinkörpern im Eidotter, Getreidekörnern, Brod und verschiedenen Samen ist leider nur annähernd bestimmbar, aber wohl zu beachten, weil diese Stoffe schwer verdaulich die Menge der Fäces sehr vergrössern und mitbestimmend für ihre Zusammensetzung wirken.

Die Untersuchung des Harns wurde bei Stoffwechseluntersuchungen früher gewöhnlich auf die Titrirung des Harnstoffs nach dem *Liebig'schen* Verfahren beschränkt. So hohen Werth diese Methode hat — sie ist neuerdings mehrfach unterschätzt — ist doch der Harn oft so reich an andern stickstoffhaltigen Körpern, dass diese Bestimmung nicht ausreicht. Auch die von *Voit* und von *Seegen* benutzte Methode des Abdampfens und Erhitzen des Harnes mit Natronkalk und Bestimmung des gebildeten Ammoniak ist wieder verworfen².

¹ *Seegen* u. *Nowak*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 284. — *Ritthausen*, ebendas. Bd. XVI, S. 293; Bd. XVIII, S. 236.

² Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. III, S. 70.

Bei allen genauen Untersuchungen wird die Elementaranalyse nicht zu umgehen sein; daneben kann auch die Bestimmung von Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin, Ammoniak, gepaarter Schwefelsäure und besonders bei Pflanzenfressern die in keiner neueren Untersuchung vernachlässigte Bestimmung der Hippursäure zu wichtigen Aufklärungen führen. Die Bestimmung der Menge des secernirten Harns bietet oft Schwierigkeit. Verluste werden bei Hunden schwer vermieden, wenn der Harn nicht, wie es von *Voit*¹ zuerst ausgeführt ist, regelmässig im Glase aufgefangen wird. Bei Pflanzenfressern hat man zu diesem Zweck, besonders auch zur Trennung von Harn und Koth complicirte Apparate ersonnen², die immerhin das Missliche haben, dass in ihnen leicht und schnell Zersetzung von Hippursäure zu Glycocoll und Benzoessäure stattfindet.

Die aufgesammelten Harnportionen sind entweder sogleich in Arbeit zu nehmen oder vor Zersetzung durch starkes Ansäuern, Erhitzen oder antiseptische Substanzen zu bewahren.

Bei der Untersuchung der in einer Versuchsreihe im Kothe ausgeführten Substanzen bietet sich zunächst die Schwierigkeit zu er-messen, wie viel beim Anfang und am Ende des Versuchs sich davon im Darne des Versuchsthiers befindet. Hat vor dem Versuchsanfang mehrere Tage Hungerzustand bestanden, so ist der Darm von Fleischfressern nahezu leer bis auf Reste von Galle, Schleim und Darmepithel. Wird die Versuchsreihe mehrere Wochen fortgesetzt (und dies sollte wenn irgend möglich zur Erzielung genauer Resultate stets geschehen), so wird die Einwirkung des Gewichts der Kothreste im Darne auf die Resultate verschwindend gering sein. *Voit* hat durch die verschiedene Färbung u. s. w. vom Fleischkoth, Brodkoth, Knochenkoth bei Hunden zu bestimmen versucht, ob die gelieferten Kothmassen der einen oder andern Ernährungsweise zugehören. Diese Abgrenzung kann höchstens eine annähernde sein, da die Massen durch die Bewegung des Darmes gemischt werden.

Die Zusammensetzung der Fäces ist in den Schilderungen von Stoffwechselversuchen, wie mir scheint, stets unrichtig aufgefasst. Die

¹ *C. Voit*, *Physiol. chem. Untersuchungen*. Augsburg 1857. S. 18.

² *W. Henneberg* u. *F. Stohmann*, *Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer*. Braunschweig 1860. S. 19. — *H. Grouven*, *Zweiter Bericht über d. Arbeiten der agriculturchem. Versuchsstation etc. zu Salzmünde*. Berlin 1864. S. 53. — *W. Henneberg*, *Neue Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer*. Heft 1. Göttingen 1870. S. 8.

stickstoffhaltigen Substanzen derselben sind im normalen Zustande nicht unverdautes Eiweiss und die Stoffe des Aetherauszugs sind bei Weitem nicht Fett allein. Im Aetherauszug finden sich bei Fleischnahrung Cholesterin (aus der Galle oder Nahrung des Thiers), fette Säuren frei und als Kalkseifen, Cholalsäure, vielleicht auch Ammoniakverbindungen. Fette fehlen oft ganz in Fäces, die nicht wenig Aetherauszug geben. Im Kothe der Pflanzenfresser finden sich im Aetherauszug Harze, Chlorophyllan, Kalkseifen, Cholesterin u. s. w. Einen recht bedeutenden Theil der stickstoffhaltigen Substanzen der Fäces bilden Schleim und Reste von Epithelien, die bei der Berechnung also nicht als Reste der Nahrung aufzufassen sind; im Uebrigen enthalten die Fäces der Fleischfresser Reste von elastischem Gewebe, besonders von Blutgefässen und Hämatin, bei Pflanzenfressern Cellulose, Kork- und Cuticularsubstanz der Pflanzen, Gummiarten als stickstofffreie und Nuclein als stickstoffhaltige Reste der Nahrung. Die elementaranalytische Bestimmung des gesamten Gehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff ist unerlässlich.

Die Einwirkung des Wärmeverlustes und der Muskelarbeit auf den Stoffwechsel ist bereits oben S. 559—572 besprochen. Es ist wegen dieser Einwirkung erforderlich, bei Stoffwechselversuchen diese Leistungen des Thierkörpers so constant als möglich zu erhalten oder ihre Variationen zu messen.

Berechnung der Resultate der Stoffwechseluntersuchungen.

§ 446. Die Berechnung des Stoffwechsels geschieht zunächst durch Aufstellung der Bilanz zwischen den Einnahmen in fester Nahrung, Getränk und Respiration und den Ausgaben in Respiration, Harn, Koth, indem dabei in beiden die Summen der Gewichte des C, H, N, O u. s. w. berechnet und die Summe des Anfangsgewichts vom Thier mit der Nahrungseinnahme der Summe des Endgewichts vom Körper des Thiers und der Ausscheidungen gegenüber gestellt werden.

In bei Weitem den meisten Versuchsreihen ist die Quantität des täglich aufgenommenen Sauerstoffs nicht direct, und die in der Respiration ausgeschiedene Stickstoffmenge in einer Stoffwechseluntersuchung überhaupt noch nie bestimmt worden; dieselben müssen dann indirect mit den Differenzen berechnet werden, welche sich zwischen Anfangs- und Endgewicht des Thiers und Einnahmen in der Nahrung und Ausscheidungen ergeben. Eine Frage von grösster Wichtigkeit ist bei dieser Berechnung, ob ausser im Harn und Koth und den spärlichen

Verlusten durch Hautabschuppung, Haare, Hauttalg und Schweiss auch noch eine directe Ausscheidung von Stickstoff durch die Respiration stattfindet. *Regnault* und *Reiset* haben in ihren offenbar sehr sorgfältigen Respiationsversuchen bei gesunden und wohlgenährten warmblütigen Thieren stets eine solche Stickstoffausscheidung gefunden, eine eben solche erhielt, wenn auch zum Theil in wenig übereinstimmenden Werthen *Reiset* bei Versuchen mit grösseren Thieren.

Seegen und *Nowak*¹ haben durch zahlreiche Versuche über diesen wichtigen Gegenstand Aufklärung zu gewinnen sich bestrebt. Für ihre neueren Untersuchungen in dieser Richtung haben sie Apparate verwendet, deren zweckmässige und zuverlässige Einrichtung nicht leicht angefochten werden kann, und sind zu dem Resultate in allen Versuchen gelangt, dass von den Thieren Stickstoff als freier N_2 ausgeschieden wurde. In 32 Versuchen fanden sie für 1 Kilo Versuchsthier und 1 Stunde in Grammen Stickstoff ausgeschieden von:

Kaninchen . . .	0,004	bis	0,0064
Hund . . .	0,0063	„	0,009
Hühner . . .	0,007	„	0,009
Tauben . . .	0,007	„	0,009

Diese Werthe sind unbedingt zu hoch, ohne dass sich die Ursache des Fehlers aus der geschilderten Versuchsanordnung deutlich ersehen lässt. Gestützt zum Theil auf eine 17 Tage lang durchgeführte Versuchsreihe am Hunde von *Gruber*², in welcher in Harn und Koth genau so viel Stickstoff erhalten ist als in der Nahrung eingeführt war, zum andern Theil auf kritische Untersuchungen des Verfahrens von *Seegen* und *Nowak* haben *Pettenkofer* und *Voit*³ in neuester Zeit die Angaben des letzteren als unrichtig darzulegen sich bemüht. Die kritischen Einwände scheinen theilweise berechtigt zu sein.

Wie die Bildung des freien N_2 im Organismus zu Stande kommt, ist ebenso wenig jetzt bekannt, als die Bildung von Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, da jedoch in den Organismen die stärksten Oxydationsprocesse nachweisbar verlaufen, so kann es nicht wunderbar erscheinen, freien N_2 auftreten zu sehen, da dieser Körper bei vielen Oxydationen stickstoffhaltiger Substanzen gebildet wird.

Weitere Untersuchungen über das Vorhandensein und etwaige

¹ Vergl. oben S. 536. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XIX, S. 347.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. XVI, S. 367. 1880.

³ Ebendas. Bd. XVI, S. 508.

Änderungen der Stickstoffausscheidung bei verschiedenen Ernährungsweisen u. s. w. sind durchaus nothwendig. Mit Ausnahme von *Bidder* und *Schmidt*, von *Voit* und von *Gruber*² haben ältere wie neuere Experimentatoren fast in allen Versuchsreihen in den Ausscheidungen der Thiere weniger Stickstoff, als in der eingeführten Nahrung enthalten war, gefunden. Das Deficit war jedoch ein sehr verschiedenes, zahlreiche Versuchsergebnisse waren gar nicht zu verwerthen. Die Entscheidung kann ohne allen Zweifel nur nach der Methode von *Regnault* geführt werden.

Bleiben das Gewicht des Thieres und sein Wassergehalt constant in einer Versuchsreihe und ist die Menge des Stickstoffs in Harn und Koth nicht weit verschieden von der in der Nahrung eingenommenen Stickstoffquantität, so wird auch die Bilanz des Kohlenstoffs Gleichheit der aufgenommenen und der ausgeschiedenen Quantitäten ergeben müssen und die Berechnung des aufgenommenen Sauerstoffquantums kann mit einiger Zuverlässigkeit ausgeführt werden. Eine solche Constanz der Lebensprocesse ist jedoch offenbar sehr selten, die Schwankungen in den täglichen Ausscheidungen von CO_2 in der Respiration, an Harnstoff im Harn sind aus unbekannten Ursachen zuweilen nicht geringe und nur längere Versuchsreihen können die Sicherheit geben, dass das zunächst gefundene Gleichgewicht in Aufnahme und Ausscheidung nicht etwa eine zufällige Schwankung war. Versuchsreihen von wenigen Tagen sind deshalb unzuverlässig in ihren Resultaten.

Tritt bei den Versuchsreihen, wie es bei einer neuen Ernährungsweise eines Thieres zunächst immer der Fall ist, Gewichtsabnahme oder Zunahme ein, so ist es bei unserer geringen Kenntniss der in den einzelnen Organen umgesetzten Quantitäten von Eiweissstoffen, Fetten, Kohlehydraten u. s. w. nicht möglich zu bestimmen, wie viel von der Zunahme oder dem Verluste auf das eine oder andere Organ kommt; auch die Berechnung der Quantitäten gebildeter oder zersetzter Stoffe ist nur unter Zugrundelegung sehr unsicherer Hypothesen ausführbar, und sie wird ganz unsicher, wenn die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs nicht bestimmt ist.

Durch die Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens sowie durch Versuche an hungernden und an reichlich gefütterten Thieren ist bekannt, dass die Menge des Fettes im Unterhautgewebe u. s. w. ziemlich schnell und bedeutend steigen und sinken kann; ebenso ist fest-

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. IV, S. 297; hier auch die betreffende Literatur.

² A. a. O.

gestellt, dass die Muskeln, deren Masse einen so bedeutenden Theil vom Gewicht des Thiers ausmacht, zu- und abnehmen können. Es liegt deshalb der Gedanke nahe, dass wenn das Gewicht des Thiers in der Versuchsreihe steigt, und die Aufnahme an Kohlenstoff grösser ist als seine Ausscheidung, während die Stickstoffquantitäten in Einnahme und Ausscheidung gleich sind, eine Ablagerung von Fett im Thiere sich ausgebildet hat, dass ferner, wenn auch die Stickstoffausscheidung geringer ist als die Aufnahme, eine Neubildung von Muskelfleisch stattgefunden hat. Man kann auch sagen, dass, wenn die Stickstoffausgabe grösser ist als die Einnahme bei gleichbleibendem oder vermehrtem Kohlenstoffgehalt des Organismus, Verminderung des Fleisches gleichzeitig mit Fettablagerung sich eingestellt habe. Stützt sich die Berechnung auf eine Versuchsreihe von nur wenigen Tagen, so ist ihr Resultat wegen der täglichen Schwankungen in den ausgeschiedenen Mengen sehr unsicher und in allen Fällen erfordern Fettablagerung und Bildung von Muskelfleisch Zeit; da ferner jede eigentliche Controle fehlt, ob die berechneten Aenderungen im Gehalte des Organismus an Fett und Muskelfleisch in der That eingetreten sind, so behalten die berechneten Aenderungen einen sehr zweifelhaften Werth.

Die Sauerstoffaufnahme ist fast in allen Versuchen nicht bestimmt, auch der Wasserverlust durch die Respiration in sehr vielen Versuchen unbeachtet geblieben oder die Bestimmung nicht fehlerfrei¹, in gleichfalls nicht wenigen Versuchsreihen sind nur Nahrungseinnahme, Harn, Koth untersucht und das Körpergewicht am Anfang und am Ende der Versuchsreihe ermittelt. Je weniger Elemente und Verbindungen, die aufgenommen und abgeschieden werden, direct bestimmt sind, um so ungenauer werden die Schlussfolgerungen und nur unter der Annahme, dass Stickstoff durch die Lunge nicht oder in constanter Quantität ausgeschieden wird, für die Beurtheilung der Eiweisszersetzung im Thierkörper zu verwerthen. Wenn man bei solchen im Princip mangelhaften Versuchen auch den bestausgeführten von Gesetzen des Ansatzes und der Abgabe von Fleisch reden will, so geschieht dies von einem Standpunkt, der dem Naturgesetz nicht die erforderliche ernste Achtung zollt. Meiner Ansicht nach geben die bisherigen allerdings mühevollen und recht dankenswerthen Versuchsreihen nur in

¹ Wie leicht die Wasserbestimmung fehlerhaft werden kann durch Wechsel der Temperatur der Wandung des Apparates bei Respirationsuntersuchungen und der Feuchtigkeit der Luft, wurde von *Stohmann* sehr bestimmt nachgewiesen (Landwirthsch. Versuchsstationen. Bd. XIX, S. 81. 1876).

ganz groben und unsicheren Umrissen die Verhältnisse des Stoffwechsels und es würde sogar zu weit führen, alle die Einwände zu bezeichnen, die sich gegen die Resultate geltend machen lassen.

Die unzweideutigsten Einblicke in die chemischen Processe der einzelnen Organe und den aus ihnen sich zusammensetzenden Stoffwechsel des Gesamtorganismus gewähren Versuche an Thieren, die sich in dauerndem Hungerzustande befinden. Ihre Resultate sind der ganzen folgenden Betrachtung des Stoffwechsels zu Grunde zu legen.

Hungerzustand.

§ 447. Nachdem zuerst von *Collard de Martigny*¹ hauptsächlich am Hunde die Veränderungen, welche durch den Hungerzustand leicht anatomisch und functionell erkennbar herbeigeführt werden, beobachtet waren, wurde von *Chossat*² in zahlreichen, musterhaft gewählten und durchgeführten Versuchsreihen hauptsächlich an Tauben der täglich erfolgende Körpergewichtsverlust, die Quantität der Ausscheidungen, die Schwankungen der Körpertemperatur und schliesslich nach dem Tode die Gewichte der einzelnen Organe im Vergleich mit ihren normalen Gewichten bei guter Ernährung, sowie der Gehalt derselben an Wasser untersucht. Auf diese ergebnissreichen Arbeiten folgte eine gleichfalls ausgezeichnete, bis in alle Einzelheiten durchgeführte Untersuchung der chemischen Verhältnisse des hungernden Körpers und seiner Ausscheidungen, ausgeführt an einer hungernden Katze bis zu ihrem Tode von *C. Schmidt*³. Den Arbeiten von *Chossat* folgten wurden von *Schuchardt*⁴ Versuchsreihen an Tauben ausgeführt. Die Veränderungen der Ausscheidungen durch den Hunger sind von *Frerichs*⁵, später von *Bischoff*⁶ und von *Voit*⁷ und in neuester Zeit von

¹ Journ. de physiologie expériment. et patholog. T. VIII, p. 152. 1828.

² *Ch. Chossat*, Recherches expériment. sur l'inanition etc. Extrait des mémoires de l'académie roy. des sciences. T. VIII. des savants étrangers. Paris 1843. (Die Arbeiten waren in den zwanziger Jahren begonnen und 1838 der Academie vorgelegt).

³ *F. Bidder* u. *C. Schmidt*. Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau und Leipzig 1852. S. 292.

⁴ *B. Schuchardt*, Quaedam de effectu, quem privatio singular. part. nutrimentum constituentium exereet etc. Diss. Marburg 1847.

⁵ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848. S. 469.

⁶ *Th. L. W. Bischoff* u. *C. Voit*, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers etc. Leipzig und Heidelberg 1860. S. 42.

⁷ Zeitschr. f. Biologie Bd. II, S. 307; Bd. V, S. 369.

*Falck*¹ am Hunde untersucht. An Menschen sind Untersuchungen über die Ausscheidungen u. s. w. während des Hungerns nur an einem bis zwei Hungertagen von *Pettenkofer* und *Voit*² und von *J. Ranke*³ ausgeführt, ausserdem liegen vor: Beobachtungen an einem 19jährigen Mädchen, welches wegen Stricture der Speiseröhre nach Schwefelsäurevergiftung durch Inanition zu Grunde ging, von *Schultzen*⁴ beobachtet und ein weniger entschiedener Fall beschrieben von *Seegen*⁵. Endlich sind von *F. A. Falck*⁶ alle bisherigen Versuche über die Veränderungen des Körpergewichtes, des Gewichtes der einzelnen Organe, der Harnstoffausscheidung u. s. w. in der Inanition sehr umfassend und ausführlich zusammengefasst und mit zahlreichen eignen Untersuchungen in Vergleich gestellt. Die Veränderungen des Körpergewichtes, der Körpertemperatur, der Ausscheidung von Harnsäure, Harnstoff, Stickstoff, Ammoniak im Koth bei Hühnern im Hungerzustande wurden von *Schimanski*⁷ untersucht.

§ 448. Der Organismus verbraucht während des Hungerzustandes von seiner Substanz fortdauernd bis zum Tode, nimmt Sauerstoff auf, scheidet CO₂ und die Bestandtheile des Urins aus und bildet fortwährend Galle; die Menge des Kothes wird bald auf ein Minimum reducirt. Entsprechend den chemischen Umsetzungen, die er ausführt, und der Ausscheidung gebildeter Zersetzungsproducte nimmt sein Gewicht dauernd ab, während die Temperatur seines Innern bis in die Nähe des Todes ziemlich normal erhalten bleibt⁸. Bei allen Thieren von lebhaftem Temperament, zumal Hunden ist im Hungerzustande zunächst eine Exaltation deutlich zu erkennen, später folgt Depression, Mattigkeit, die schliesslich zum Tode führt, indem auf die normalen Reize von Seiten des Nervensystems die Muskeln und andern Organe nicht mehr Genügendes zu leisten vermögen, um die eintretende Abkühlung des Innern abzuhalten. Mit der Temperatur sinkt bald die

¹ *F. A. Falck*, Welches Gesetz beherrscht die Harnstoffausscheidung des auf absolute Carenz gesetzten Hundes. Habilitationsschr. Marburg 1874.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 369.

³ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862. S. 311.

⁴ Arch. f. wiss. Heilk. Bd. VI. — Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 31.

⁵ Wien. Acad. Sitzungsber. 1871. 16. März.

⁶ *C. Ph. Falck* u. *F. A. Falck*, Beiträge zur Physiologie, Hygiene, Pharmacologie und Toxicologie. Bd. I. Stuttgart 1875. S. 1. Hier auch die Literatur sehr vollständig.

⁷ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. III, S. 396.

⁸ *Falck*, a. a. O., S. 37.

Leistungsfähigkeit der Organe noch tiefer und dies Sinken führt im Zustande höchster Mattigkeit zum Stillstand der Circulation und Respiration. Die Progression der Abnahme der einzelnen Functionen des Organismus zeigt bestimmte Gesetzmässigkeit. Stets sinkt das Körpergewicht im Anfang der Inanition schnell, allmählig langsamer, beschleunigt sich später abermals bis in die Nähe des Todes, wo unter Abnahme der Temperatur abermals eine kurze Verlangsamung des Gewichtsverlustes eintreten scheint. Das tägliche Verlustminimum fand *Chossat* bei hungernden Tauben meist in der Mitte der tödtlichen Inanitionsdauer. Als gesammten Gewichtsverlust bis zum Tode erhielt *Chossat* für 1 Gewichtstheil des Thiers:

bei Turteltauben	0,379
„ Tauben	0,416 ¹
„ Hühnern	0,527
„ Krähen	0,311
„ Meerschweinchen . . .	0,330
„ Kaninchen	0,374

Der Gewichtsverlust ist im Ganzen um so grösser, je voluminöser das Thier ist, aber es kommt hierbei auch die Eigenthümlichkeit der Thierspecies in Betracht und die Menge des vorhandenen Fettes, welches während des Hungerns völlig schwindet. Der relative Körpergewichtsverlust von hungernden Turteltauben war ungefähr ebenso gross bei 149,3 Grm. Körpergewicht als der von Kaninchen bei einem mittleren Gewicht von 1440,6 Grm. Die fetten Hühner verloren über die Hälfte ihres Körpergewichts. Im Durchschnitt fand *Chossat* den relativen Gewichtsverlust in der Inanition bei Vögeln zu 0,044, bei Säugethieren zu 0,040 p. M. täglich.

Die Angabe von *Hippokrates*², dass alte Individuen das Hungern länger ertragen, als junge, fanden *Collard de Martigny* und *Chossat* bestätigt. Junge Thiere nehmen schneller an Gewicht ab und sterben bereits nach geringerem Gewichtsverlust als ältere. Die Lebensdauer fand *Chossat* beim Hungern um so grösser, je bedeutender der gesammte Körpergewichtsverlust bei der Inanition war. Der tägliche proportionale Gewichtsverlust wurde von *Chossat* bei sehr langer Lebensdauer zu 0,025, bei kurzer Lebensdauer zu 0,112 gefunden. Die ge-

¹ *Schuchardt* fand diesen Werth für Tauben zu 0,342.

² Aphoris. I. 13.

ringste relative tägliche Gewichtsabnahme zeigen die Winterschläfer, grössere die nicht winterschlafenden Säugethiere, die grösste die Vögel. Grössere Thiere haben geringere Abnahme als kleinere und ertragen deshalb die Inanition länger als diese¹. *C. Schmidt* fand den Gewichtsverlust der verhungerten Katze zu 0,584 der Einheit des Thiergewichtes am Anfang der Inanition und berechnet den Verlust des ganzen Thieres an trocknen, festen Stoffen zu 37,2 pCt. Der Körpergewichtsverlust des Thiers fiel während der ganzen Dauer stetig und regelmässig; er war dabei stets am Tage bedeutender als in der Nacht, ein Unterschied, der erst geringer wurde, als das Thier wenige Tage vor dem Tode erblindet war. In den Untersuchungen von *Falck* an einer wohlgenährten Hündin, welche in 24,2 Tagen durch Inanition getödtet wurde, ergiebt sich eine sehr regelmässige Abnahme des Körpergewichts, zuerst schnelleres, dann ziemlich gleichbleibendes, zuletzt etwas langsames Fallen des Körpergewichts. Das Thier verlor von 8,880 Kilo 4,270 Kilo oder 48,08 pCt. seines Gewichts, bis der Tod eintrat. *Falck*² beobachtete gleichfalls selbst nach eingetretener hochgradiger Schwäche stärkeres Absinken des Körpergewichts bei Tage als bei Nacht.

§ 449. Die Ausscheidung von Stickstoff durch den Harn fällt gleich mit Beginn der Inanition um so steiler ab, je höher dieselbe vorher gewesen war. Dies wird durch die Beobachtungen von *Voit*³ ganz entschieden erwiesen. Sie erreicht dann ein Minimum, welches sich mehrere Tage lang ziemlich constant erhält und relativ um so niedriger ist, je voluminöser der Körper des Thiers; sie steigt später, wenn das Fett des Thieres geschwunden ist, und fällt erst in der Nähe des Todes schnell, wie dies die Beobachtungen von *Schmidt*, und anschaulich die Curven von *Falck* ergeben. Auch die Bestimmungen von *Schimanski* an hungernden Hühnern gaben diesen Verlauf zu erkennen.

Die Ausscheidungen von Schwefelsäure und von Phosphorsäure durch den Harn zeigen zunächst gleichfalls einen steilen Abfall, sinken dann allmählig in ziemlich gleichem Verhältniss zum Körpergewicht und fallen am Ende sehr tief⁴.

Die Quantität der ausgeschiedenen Kohlensäure sinkt allmählig

¹ *Falck*, a. a. O., S. 50.

² A. a. O., S. 41.

³ Zeitsch. f. Biologie. Bd. II, S. 311.

⁴ *Bidder* u. *Schmidt*, a. a. O., S. 313.

aber nicht im Verhältniss, in welchem das Körpergewicht abnimmt, vielmehr zeigt sich relativ zum letzteren eine entschiedene Steigerung, wie dies die Bestimmungen von *Schmidt* unzweifelhaft lehren; erst ganz gegen das Ende ist die Ausscheidung der CO_2 auch relativ zur Gewichtseinheit des Körpers gering.

Die Quantität des aufgenommenen Sauerstoffs zeigt nach *Schmidt's* Berechnungen im täglichen Verlaufe denselben Gang wie die ausgeschiedene CO_2 ; sie ist direct nur an einem Hungertage von *Regnault* und *Reiset* gemessen¹.

Die Menge der ausgeschiedenen Fäces ist während des Hungerzustandes, sobald einmal die letzten Reste der vorher eingenommenen Nahrung entfernt ist, ausserordentlich gering. *Voit*² weist nach, dass die von *Schmidt* gefundenen Werthe noch ungewöhnlich hoch sind, er erhielt bei einem 30 Kilo schweren Hunde nur 2,41 Grm., bei einer 3 Kilo schweren Katze fand sich im Darne nach dem Verhungern 1,9 Grm. bei 100° trockner Koth. Hunde und Katzen scheiden meist während des Hungerns überhaupt keinen Koth mehr aus.

Die Gallensecretion geht bis zum Tode nach dem allgemeinen Befunde immer vor sich; es findet sich Galle bei der Section der verhungerten Thiere in der Gallenblase sowie im Darne.

Sehr wichtige Unterschiede haben die Wägungen der einzelnen Organe verhungelter Thiere verglichen mit denen gesunder von gleicher Grösse und vor dem Hungern auch gleichem Gewichte ergeben. Schon von *Chossat* wurden in dieser Richtung umfangreiche Untersuchungen aufgeführt, später von *Schuchardt*, *Schmidt*, *Voit* dieselbe wiederholt, die Resultate von *Chossat* im Wesentlichen bestätigt, zum Theil corrigirt. Folgende Tabellen, aus allen diesen Untersuchungen zusammengestellt, giebt die Gewichtsverluste, welche die Organe beim Hungern erleiden, in Procenten ihres muthmasslichen Gewichts vor Beginn des Hungerns:

O r g a n e.	Tauben			Katzen			
	<i>Chossat</i>		<i>Schuchardt</i>	<i>Schmidt</i>		<i>Voit</i>	
	feucht	trocken	feucht	feucht	trocken	feucht	trocken
Knochen	16,7	—	6,9	14,3	—	13,9	—
Muskeln {Pectoralmuskeln	53,1	55,0	47,6	66,9	65,0	30,5	30,2
übrige Scelettmuskeln	35,6	35,9	—				

¹ Vergl. oben S. 531.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. II, S. 308.

Organe.	Tauben			Katzen			
	Chossat		Schuchardt	Schmidt		Voit	
	feucht	trocken		feucht	trocken	feucht	trocken
Leber.....	52,0	—	41,0	59,6	64,7	53,7	56,6
Nieren.....	31,9	—	24,8	6,2	—	25,9	21,3
Milz.....	71,4	—	—	72,0	70,2	66,7	63,1
Pankreas.....	64,1	—	56,3	85,4	84,5	17,0	—
Hoden.....	—	—	—	—	—	40,0	—
Lungen.....	—	—	12,7	25,9	10,5	17,7	18,8
Herz.....	44,5	46,9	35,7	—	—	2,6	—
Darm.....	42,4	—	55,8	30,9*	27,8*	18,0	—
Hirn und Rückenmark.....	1,9	—	5,8	37,6	32,9	3,2	0,0
Haut und Haare oder Federn.	33,3	—	38,1	30,7	5,7	20,6	—
Fettgewebe.....	93,3	—	84,5	80,7	91,3	97,0	—
Blut.....	61,7	—	78,9	93,7	90,4	27,0	17,6
Augen.....	0,0	—	4,3	—	—	—	—
Speicheldrüsen.....	—	—	—	65,2	58,2	—	—

* Speiseröhre, Magen und Darm zusammen.

Voit hat ferner berechnet, wie viel jedes Organ zum Gesamtverlust des ganzen Körpers beiträgt, den letzteren zu 100 angenommen. Er erhielt bei dieser Berechnung aus seinen Bestimmungen an einer verhungerten Katze:

Knochen	5,4	Pankreas	0,1	Hirn und Rückenmark	0,1
Muskeln	42,2	Hoden	0,1	Haut und Haare . .	8,8
Leber	4,8	Lunge	0,3	Fett	26,2
Nieren	0,6	Herz	0,0	Blut	3,7
Milz	0,6	Darm	2,0	Rest	5,0

In der obigen Tabelle ist hinsichtlich mehrerer Organe die Uebereinstimmung sehr gering; dies ist besonders der Fall für Herz, Hirn und Rückenmark, Pankreas, Blut, Darm. Bessere Uebereinstimmung zeigen die Gewichtsverluste der Knochen, Muskeln, Lungen; am Besten stimmen sie bei Leber, Milz, Fett überein. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass diese drei ausserordentlich an Gewicht verlieren, ja dass das Fett in den meisten Fällen vollständig verschwindet. Es geht ferner aus der Zusammenstellung hervor, dass die Muskeln, die einen sehr erheblichen Theil der Masse des Körpers ausmachen, auch sehr bedeutenden Gewichtsverlust erleiden und den grössten Antheil haben am gesammten Gewichtsverlust des Körpers, der beim Hungern eintritt. Knochen, Hirn und Rückenmark erleiden offenbar einen gerin-

gen Gewichtsverlust und die geringe Veränderung der Nervencentralorgane ist gewiss sehr auffallend im Vergleich zu den beim Hungern so sehr abnehmenden Muskeln. Man erkennt hieraus deutlich, dass die Nerven und ihre Centralorgane am Gesamtstoffwechsel quantitativ wenig betheiligt sind; ihre Function ist offenbar nicht an quantitativ bedeutende chemische Umsetzungen gebunden. Die hohen von *Chossat*, *Schuchardt*, *Schmidt* gefundenen Verlustwerthe des Blutes beruhen auf Mängeln in den Bestimmungsmethoden, die von *Voit* gefundenen Werthe entsprechen andern speciell für das Blut ausgeführten Bestimmungen von *Heidenhain*¹ und von *Panum*². Dieselben fanden, dass das Blut proportional dem Körpergewicht und der Muskelmasse abnimmt und das Verhältniss seiner hauptsächlichen Bestandtheile zu einander nicht wesentlich sich ändert. Recht interessant ist der Befund von *Chossat*, dass die grossen Pectoralmuskeln den stärksten Gewichtsverlust erleiden. *Demant*³ fand bei hungernden Tauben Vermehrung des Kreatin-, starke Verminderung des Milchsäure-Gehaltes in den Muskeln.

§ 450. Von hohem Interesse sind ferner die bedeutenden Temperaturschwankungen, welche *Chossat* zuerst an Tauben zwischen Tag und Nacht, Wachen und Schlafen nachgewiesen hat. Die Temperatur schwankt auch bei wohlgenährten Thieren und ergab sich bei gut gefütterten Tauben im Schlafe um Mitternacht um 0,09 im Sommer und 0,07 im Winter tiefer als um Mittag. Während der Inanition fand *Chossat*

	Im Mittel Körpertemperatur		Tägliche Schwankung
	Mittags	Mitternacht	
Bei guter Ernährung	42°,22	41°,48	0°,74
Im ersten Drittel der Inanitionsdauer	42°,11	39°,8	2°,3
„ zweiten „ „ „	41°,87	38°,7	3°,2
„ dritten „ „ „	41°,37	37°,3	4°,1

Die Oscillationsamplitude der Temperatur des Körpers zwischen Schlafen und Wachen vergrössert sich im Verlaufe des Hungerzustandes; je weiter die Thiere durch den Hunger bereits herabgekommen sind, desto mehr verbreitet sich die nächtliche Abkühlung des Körpers auf

¹ *Heidenhain*, Disquisitiones critic. et experim. de sanguinis quantitate etc. Diss. Halle 1857.

² Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXIX, S. 241. 1864.

³ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. III, S. 381.

den Abend und den Morgen. In den letzten Stunden sinkt die Temperatur schnell und der Tod tritt nach *Chossat* bei Tauben ein, wenn ihre Körpertemperatur 30° bis 18° beträgt; die meisten Tauben starben bei 24° bis 30° . Die verstärkte nächtliche Abkühlung, sagt *Chossat*, ist der Beginn des Todes, wieder aufgehalten durch die Reaction des Tages; erst wenn die Kräfte zu dieser Reaction ganz erschöpft sind, kann der nächtliche Einfluss die Oberhand gewinnen, die Abkühlung vergrößern und damit den Tod herbeiführen.

Die Respirationsfrequenz und die Ausscheidung der Kohlensäure bei Tag und bei Nacht während der Inanition entsprechen in ihrem Gange den Schwankungen der Körpertemperatur. Die Abnahme der Kohlensäureausscheidung in der Nacht wurde schon von *Prout* erkannt, von *Schmidt*, wie oben erwähnt, regelmässig an der verhungerten Katze gefunden.

Aus den Versuchen von *Regnault* und *Reiset*¹ in neuerer Zeit von *Finkler*² geht hervor, dass im Hungerzustande bei Pflanzenfressern das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure zum aufgenommenen Sauerstoff sich ändert, indem dasselbe vom Werth 0,9 herabgeht auf 0,7, da nicht mehr Kohlehydrat, sondern Eiweissstoff und Fett des Körpers die Kohlensäure liefern. In der ersten Zeit des Hungerns sinken CO_2 und O_2 schneller als in späterer Zeit; das Sinken geht im weitem Verlaufe langsamer als die Abnahme des Körpergewichts.

Die Beobachtungen von *Falck* am Hunde entsprechen den von *Chossat* an Tauben erhaltenen, die von ihm gezeichnete Temperaturcurve zeigt aber die Zunahme der Schwankungen gegen das Ende hin nicht so deutlich und regelmässig, wie es *Chossat* bei Tauben fand.

Wenn der Tod durch Inanition unmittelbar bevorsteht, kann nach den Versuchen von *Chossat* durch künstliche Erwärmung das Thier wieder zum Aufleben und zum Gebrauch seiner Glieder gebracht werden. Bei dieser künstlichen Erwärmung verliert das Thier aber in derselben Zeit mehr von seinem Gewicht, als wenn es nicht künstlich erwärmt ist. Giebt man ihm bei der künstlichen Erwärmung Nahrung, so kann es, wenn die Erwärmung lange fortgesetzt wird, gerettet werden, tritt aber die Verdauung nur unvollkommen ein, so stirbt es

¹ Vergl. oben S. 531.

² Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXIII, S. 175.

doch. Eine dem Hungertode nahe, aber künstlich erwärmte Taube verliert ihre hohe Körpertemperatur sogleich wieder, wenn sie aus dem Erwärmungsapparat herausgebracht wird. Hat gute Verdauung beigebrachter Nahrung stattgefunden, so erhält sie ihre Temperatur von selbst und ist dann gerettet.

Wenn bei künstlich erwärmten Tauben der Tod eintrat, so geschah dies fast immer unter Convulsionen, zwischen deren Anfällen allgemeiner Collapsus bestand. Eine Abnahme der Sensibilität und der Muskelthätigkeit war schon vorher erkennbar. Bei verhungerten Thieren, die nicht künstlich erwärmt waren, wurden nur selten Convulsionen vor dem Tode beobachtet. Muskel- und Nerventhätigkeit hörten auf, noch ehe das Herz stillstand, während bei künstlich erwärmten das Herz stillstand, noch ehe das Aufhören der Muskelthätigkeit constatirt werden konnte.

§ 451. Unter der Annahme, dass in der Inanition Bindegewebe und Knochen keine wesentliche Gewichtsänderung erleiden, dass ferner der Stickstoff zersetzter Eiweissstoffe lediglich im Harne ausgeschieden werde, dass die übrigen Zersetzungsproducte der dem Stoffwechsel verfallenden Eiweissstoffe als CO_2 und Wasser ausgeschieden werden, dass ausser den Eiweissstoffen im Wesentlichen Fett zersetzt und vollständig als CO_2 und Wasser zur Ausscheidung gelangt, haben *C. Schmidt* und später *Pettenkofer* und *Voit* berechnet, wie die Zersetzung der Eiweissstoffe und des Fettes während der Inanition fortschreiten.

Schmidt findet, dass die Zersetzung von täglich ungefähr gleicher Quantität Eiweissstoff (bei seiner Versuchskatze im Mittel 6,11 Grm.) für 1 Kilo Körpergewicht stattfindet und ebenso eine ziemlich constante Quantität Fett (4,22 Grm. für 1 Kilo Körpergewicht der Katze). Es ist dies sehr auffallend hinsichtlich der Berechnung des Fettes, für dessen Zerfall sogar in den letzten Lebenstagen eine Steigerung auf 5,4 Grm. auf 1 Kilo Körpergewicht verzeichnet ist, während doch anzunehmen war, dass gar kein Fett im Thier mehr vorhanden war.

Nach den Bestimmungen von *Pettenkofer* und *Voit*, die übrigens nicht zahlreich sind, ist das berechnete Verhältniss zwischen täglich zersetztem Albuminstoff und Fett nicht so constant, aber immer ein ähnliches; es variirt im Verhältniss von 6 : 3,23 bis 6 : 4,3. In zwei Hungerversuchsreihen mit demselben Hunde erhielten sie folgende Werthe:

	1. Versuchsreihe		2. Versuchsreihe		
	Hungertag		Hungertag		
	6.	10.	2.	5.	8.
Körpergewicht	31,21 Kilo	30,05 Kilo	32,87 Kilo	31,67 Kilo	30,54 Kilo
Körpergewichtsverlust .	500 Grm.	355 Grm.	436 Grm.	450 Grm.	320 Grm.
Fleischverbrauch	175 „	154 „	341 „	167 „	138 „
Fett zersetzt	107 „	83 „	86 „	103 „	99 „
Wasserabgabe durch Re- spiration	400 „	351 „	281 „	324 „	184 „
Sauerstoffaufnahme . .	358 „	302 „	371 „	358 „	335 „
Kohlensäureausscheidg.	366 „	289 „	380 „	358 „	334 „

Es beruhen diese Berechnungen auf einer Anzahl Hypothesen, gegen deren Zulässigkeit erhebliche Einwendungen nicht gemacht werden können, denn die Quantitäten des in den Muskeln und in der Leber bei Beginn der Inanition vorhandenen Glycogens und der Milchsäure sind sehr gering im Verhältniss zu den Eiweissstoffen und Fett, auch ist die Zersetzung von Bindegewebe, soweit man es nach dem Verhalten der Sehnen, Bänder und Fascien beurtheilen kann, augenscheinlich gering; soweit sie aber stattfindet, verändert sie den für die Eiweisszerlegung berechneten Werth.

Ernährung mit Fleisch.

§ 452. Es sind zahlreiche Versuche gemacht, Thiere in Versuchsreihen längere Zeit lediglich mit ausgewaschenem Blutfibrin, coagulirtem Eiweiss vom Hühnerei u. s. w. als Nahrung zu erhalten, ihre Durchführung ist in den meisten Fällen ganz missglückt, in den andern waren viel Schwierigkeiten zu überwinden und deshalb die Resultate nicht so rein und einfach wie es zu wünschen ist; diese Versuche haben deshalb nicht die Bedeutung erlangt, wie die Versuchsreihen mit auspräparirtem Muskelfleisch, welches die Thiere auf lange Zeit gut vertragen, in ziemlicher Gleichmässigkeit beschafft werden kann, allerdings aber einen geringen Gehalt an Fett, Bindegewebe, elastischem Gewebe der Blutgefässe und der Bestandtheile von Nervengewebe besitzt. Die bei Weitem umfassendsten Untersuchungen sind mit dieser Ernährung von *Voit*¹ ausgeführt, zunächst zum Theil im Vereine mit *Bischoff*², später mit *Pettenkofer*³, und durch dieselben

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. III, S. 1.

² *Bischoff* u. *Voit*, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig u. Heidelberg 1860.

³ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, S. 433.

die Veränderungen im Stoffwechsel, welche durch diese Ernährung gegenüber dem Hungerzustande herbeigeführt werden, entscheidend nach verschiedenen Richtungen hin festgestellt. Die folgende Tabelle giebt die bei der verschiedenen Fleischfütterung an einem 30 Kilo schweren Hunde erhaltenen Mittelwerthe für 1 Tag der Fütterungsreihen¹.

I	II	III	IV	V	VI
Fleisch verzehrt	Fleisch zersetzt	Fleisch am Körper	Fett am Körper	Sauerstoff aufgenommen	Sauerstoff zur Zersetzung nöthig
0	165	— 165	— 95	330	329
500	599	— 99	— 47	341	332
1000	1079	— 79	— 19	453	398
1500	1500	0	+ 4	487	477
1800	1757	+ 43	+ 1	—	592
2000	2044	— 44	+ 58	517	524
2500	2512	— 12	+ 27	—	688

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass mit Steigerung der als Nahrung zugeführten Fleischquantität in ungefähr gleichem Grade die Zersetzung steigt, soweit als überhaupt die Verdauung die eingeführten Fleischmassen in der gegebenen Zeit zu bewältigen vermag. Die Werthe in der zweiten Columne sind berechnet aus der Quantität des in Harn und Koth ausgeschiedenen Stickstoffs. Die dritte Columne giebt, wie leicht ersichtlich, den Unterschied der Werthe der ersten und zweiten Columne. Die vierte Columne giebt den Verlust oder Gewinn des Thierkörpers an Kohlenstoff, der nach der Berechnung aus der gefundenen Stickstoffausscheidung nicht dem zersetzten oder angesetzten Fleisch zugehört, und zwar ist dieser Kohlenstoff als Fett berechnet². Es ist von *Voit* selbst betont, dass mit dieser Berechnung der Columnen 3 und 4 nicht behauptet wird, dass auch wirklich so viel Muskelfleisch und so viel Fett im Thierkörper zerstört oder gebildet sei; es können auch erhebliche Aenderungen im Gehalt an Eiweissstoffen in Lymphe, Drüsen u. s. w. eintreten und werden Aenderungen im Glycogengehalte der Leber und Muskeln die Fettmenge verändern.

Für die Sauerstoffaufnahme, auf zwei verschiedene Arten berechnet,

¹ *Pettenkofer* u. *Voit*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, S. 489.

² Vergl. die Zusammensetzung der Fette oben S. 630.

ergibt sich nur in den Versuchen mit 1 Kilo Fleisch bedeutende Verschiedenheit der berechneten Werthe.

Die Werthe der Columnne V sind gefunden als Unterschiede zwischen der Summe des Anfangskörpergewichts + der Nahrung des Thiers und der Summe des Körpergewichts am Ende des Versuches + den Gewichten der ausgeschiedenen CO_2 , des Harns, Kothes und ausgeschiedenen Wasserdampfes. Die Werthe der Columnne VI dagegen sind aus den Werthen der Columnne II und IV berechnet. Die Menge des in 24 Stunden aufgenommenen Sauerstoffs steigt, wie die Tabelle ergibt, mit der Erhöhung der Fleischquantitäten, aber je höher die Fleischfütterung ansteigt, desto kleiner ist relativ dazu die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs. Steigert man die Nahrung von 1 Pfund Fleisch auf 4 Pfund Fleisch, so nimmt die Sauerstoffaufnahme von 332 bis 524 zu, also im Verhältniss von 1:1,58. Bei reichlicher Fleischnahrung wird demgemäss wohl dem Stickstoffgehalte derselben nahezu entsprechend Harnstoff ausgeschieden, aber von dem Kohlenstoffgehalt des Fleisches bleibt ein grösserer Theil unausgeschieden (als Fett berechnet) im Thierkörper zurück.

Wie es zuerst von C. G. Lehmann in Versuchen am Menschen gefunden, dann von Voit und von C. Ph. Falck¹ vollkommen bestätigt ist, steigt nach Einführung von Fleisch oder anderer eiweissreicher Nahrung die stündliche Harnstoffausscheidung stark, und wenn nicht ganz besonders grosse Fleischmengen gegeben sind, wird innerhalb 16 bis 24 Stunden eine dem eingeführten Eiweiss entsprechende Harnstoffmenge durch den Urin ausgeschieden.

Aus Versuchen von Panum² ergibt sich, dass bei Hunden nach Fütterung mit Fleisch die Harnstoffausscheidung in der zweiten bis dritten Stunde nach der Einnahme stark steigt und 3 bis 6 Stunden nach der Mahlzeit ihr Maximum erreicht. In 7 bis 7½ Stunden nach der Mahlzeit ist bereits die Hälfte der in 24 Stunden nach der Mahlzeit sich ergebenden Harnstoffmenge im Urine ausgeschieden. Zugabe von Fett verlangsamte, Zugabe von Brod dagegen beschleunigte die Steigerung der stündlichen Ausscheidung bis zu ihrem Maximum.

¹ Falck, a. a. O., S. 227.

² Jahresber. d. Thierchemie. 1874. S. 366.

Ernährung mit Fett allein und mit Fleisch und Fett.

§ 453. Von *Bischoff* und *Voit*¹, *Voit*², und *Voit* und *Pettenkofer*³ sind zahlreiche Untersuchungen an einem grossen Hunde über den Stoffwechsel bei Fütterung mit Fett allein oder mit Fleisch und Fett angestellt. Der Hund erhielt in einer 10 bis 11 tägigen Versuchsreihe keine andere Nahrung als täglich 100 Grm. Fett, daneben Wasser nach Belieben (täglich 93 bis 347 Grm.). Täglich wurde die Harnmenge und der darin enthaltene Harnstoff und am 8. und 10. Hungertage die Kohlensäure- und Wasser-Ausscheidung im Respirationsapparate bestimmt. Eine zweite beschriebene Versuchsreihe währte nur zwei Tage; es wurden in ihr täglich allein 350 Grm. Fett gegeben. Diese Versuche ergaben die in folgender Tabelle zusammengestellten Resultate für 24 Stunden in Grammen:

	Erste Versuchsreihe mit 100 Grm. Fett		Zweite Versuchsreihe mit 350 Grm. Fett
	8.	10. Tag dieser Fütterung	2. Tag dieser Fütterung
Fleisch zersetzt . . .	159	131	227
Fett zersetzt	94	101	164
Sauerstoff aufgenommen	262	226	522
Wasser durch Respiration abgegeben	223	216	378
CO ₂ ausgeschieden . .	302	312	519

Während der ersten Versuchsreihe war das Körpergewicht des vorher mit 1,5 Kilo Fleisch täglich gefütterten Hundes von 31,39 auf 29,02 Kilo gesunken. Vergleicht man mit diesen Resultaten diejenigen, welche an demselben Hunde bei vollständiger Inanition erhalten wurden (vergl. oben S. 930), so ergibt sich, dass am 8. Tage reiner Fettfütterung mehr Fleisch zersetzt gefunden wurde als bei völligem Hunger, während am zweiten Tage in der zweiten Versuchsreihe und am 10. in der ersten Reihe bei Fettfütterung weniger Harnstoff ausgeschieden wurde als bei völligem Hunger. Die Fettzersetzung war bei beiden Versuchsreihen ungefähr gleich. In der zweiten Fütterungsreihe mit reinem Fett schien über der Hälfte des Fettes

¹ *Bischoff* u. *Voit*, a. a. O., S. 97.

² *Zeitschr. f. Biologie*. Bd. V, S. 329.

³ *Ebendas*. Bd. V, S. 383; Bd. IX, S. 1.

im Körper zurückgeblieben zu sein. Die Sauerstoffaufnahme wurde in der ersten Versuchsreihe mit Fett erheblich niedriger gefunden, als beim Hungerzustande, dagegen war bei der reichlichen Fettfütterung der zweiten Reihe Steigerung der Sauerstoffaufnahme eingetreten.

Die Fütterung des Hundes mit Fleisch und Fett wurde mit vielfacher Veränderung der Quantitäten beider Nahrungsbestandtheile ausgeführt. Die folgende Tabelle¹ giebt die Mittel der bei den verschiedenen Fütterungen erhaltenen Werthe:

I Nahrung		II	III	IV	V	VI	VII
Fleisch	Fett	Fleisch zersetzt	Fleisch am Körper	Fett zersetzt	Fett am Körper	Sauerstoff auf- genommen	Sauerstoff erforderlich
400	200	450	— 50	159	+ 41	—	586
500	100	491	+ 9	66	+ 34	375	323
500	200	517	— 17	109	+ 91	317	394
800	350	635	+ 165	136	+ 214	—	584
1500	30	1457	+ 43	0	+ 32	438	480
1500	60	1501	— 1	21	+ 39	503	486
1500	100	1402	+ 98	9	+ 91	456	479
1500	100	1451	+ 49	0	+ 109	397	442
1500	150	1455	+ 45	14	+ 136	521	493

Die Verhältnisse zeigen in dieser Tabelle manche kaum erklärliche Wechsel und Unregelmässigkeiten, so dass man Bedenken tragen muss, aus ihnen bestimmte Schlüsse herzuleiten. Im Allgemeinen ergibt sich, dass auch bei Fütterung mit Fleisch und Fett die Zersetzung der Albuminstoffe und die Ausscheidung des Harnstoffs ziemlich genau entspricht der Quantität der täglich aufgenommenen Albuminstoffe. Bei reichlicher Fütterung scheint der Ansatz von Fett wenig niedriger zu sein, als die Menge des täglich einverleibten Fettes. Die Fettzersetzung wird bei reichlicher Fleischnahrung auf ein Minimum hinabgedrückt, während bei geringen oder mässigen täglichen Fleischportionen die Zersetzung von Fett viel bedeutender ist. Die beiden verschiedenen Berechnungsweisen für die Mengen des vom Thier aufgenommenen Sauerstoffs haben leider so wenig übereinstimmende Werthe ergeben, dass aus ihnen directe Schlüsse nicht hergeleitet

¹ Entnommen aus *Pettenkofer u. Voit, Zeitschr. f. Biologie. Bd. IX, S. 30.*

werden können und besonders die Grössen des Fettansatzes und der Fettzersetzung sehr unsicher erscheinen müssen.

Um eine Entscheidung über die directe Aufnahme von Fett in das Fettgewebe zu erhalten, hat *F. Hofmann*¹ Untersuchungen in der Weise angestellt, dass er einen Hund, der vorher mit eiweissreichem und fettarmen Futter ernährt war, hungern liess, bis man annehmen konnte, dass sein Fett verbraucht sei und die constant gewordene Harnstoffausscheidung wieder anstieg, ihn dann mit wenig Fleisch und viel Fett fütterte, darauf tödtete und das Fett in seinem Körper bestimmte. Von dem im Thiere vorgefundenen Fett konnte nur ein kleiner Theil aus Albuminstoff entstanden sein, die Hauptmenge musste aus dem Fett der Nahrung aufgenommen und abgelagert sein.

Ernährung mit Kohlehydrat allein oder mit Kohlehydrat und Fleisch.

§ 454. Ueber den Stoffumsatz bei Fütterung mit Kohlehydrat allein sind von *Voit*² dann von *Pettenkofer* und *Voit*³ Untersuchungen ausgeführt. Dieselben haben auch über die Verhältnisse bei der Fütterung mit Fleisch und Amylum oder Zucker sehr ausgedehnte Versuchsreihen angestellt⁴. In einigen Versuchen an Hunden, von denen eine Reihe 1856 publicirt ist, hatte ich mich überzeugt, dass wenn bei fortgesetzter reiner Fleischfütterung einem Hunde 50 bis 150 Grm. Rohrzucker täglich zur Kost hinzugefügt werden, das Körpergewicht schnell steigt und die Harnstoffausscheidung sinkt⁵. Das Ansteigen des Körpergewichtes beruhte nachweisbar zunächst auf Zurückhaltung von Wasser und Eiweiss im Körper, so dass man berechtigt ist, auf eine bedeutende Zunahme der Lymphmenge oder höheren Eiweiss- und Wassergehalt der Organe zu schliessen. Die folgende Tabelle giebt die von *Pettenkofer* und *Voit* erhaltenen Mittelwerthe; zu ihren Versuchen diente auch hier ein 30 Kilo schwerer Hund.

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VIII, S. 153.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 431.

³ Ebendas. Bd. IX, S. 435.

⁴ A. a. O. — *Bischoff* u. *Voit*, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig und Heidelberg 1860. S. 153.

⁵ Arch. f. pathol. Anat. Bd. X, S. 144.

Nahrung				Aenderungen im Körper			Fett			Sauerstoff	
Fleisch	Amylum	Zucker	Fett	Fleisch zersetzt	Fleisch im Körper	Amylum oder Zucker zersetzt	aus Nah- rung	vom Körper ab-	aus Eiweiss an- gesetzt	aufge- nommen	erfor- derlich
0	379	—	17	211	— 211	379	+ 17	—	24	—	430
0	608	—	22	193	— 193	608	+ 22	—	22	—	—
400	210	—	10	436	— 36	210	+ 10	8	—	—	440
400	—	227	—	393	+ 7	227	—	25	—	—	435
400	344	—	6	413	— 13	344	+ 6	—	39	467	382
500	167	—	6	530	— 30	167	+ 6	—	8	268	269
500	—	182	—	537	— 37	182	—	—	16	255	350
800	379	—	14	608	+ 192	379	+ 14	—	55	—	472
1500	172	—	4	1475	+ 25	172	+ 4	—	43	561	487
1800	379	—	10	1469	+ 331	379	+ 10	—	112	—	611

Die Berechnung dieser Tabelle ist der im vorigen Paragraphen geschilderten entsprechend. Amylum und Zucker sind als ganz wasserfrei berechnet, das Fleisch als frisches, nicht getrocknetes Fleisch.

Das Fett, welches der Hund nach der Berechnung angesetzt hat, wird von *Voit* als vom gefütterten Eiweissstoff des Fleisches herührend angesehen, und zwar in der Weise berechnet, dass bei Zersetzung von 100 Gewichtstheilen trockenem Eiweissstoff 51,4 Gewichtstheile Fett oder aus 100 Theilen frischem Fleisch 11,22 Fett entstehend angenommen sind¹. Es ist aber leicht ersichtlich, dass bei dieser Berechnung jeder Fehler in der Bestimmung der Stickstoffausscheidung die Menge des angesetzten oder zerstörten Fettes alterirt. Dass die ausgeführten Bestimmungen keine grosse Genauigkeit haben, ergeben sehr entschieden die Differenzen der Mengen des aufgenommenen Sauerstoffs nach der einen oder anderen Weise berechnet, da diese Werthe nur in einem Versuche übereinstimmen, in den drei anderen Versuchen um 74, 85 und 95 Grm. Sauerstoff für 24 Stunden verschieden sind. Die Versuche, aus welchen die in der Tabelle gegebenen Werthe resultiren, sind sicherlich mit grosser Sorgfalt angestellt, und wenn man sich bei der Prüfung der Resultate nicht berechtigt findet, andere Schlüsse aus ihnen abzuleiten, als etwa dass mit der Einfuhr der Kohlehydrate, wie beim Fleisch, auch die Zersetzung derselben in nahezu gleichem Grade steigt, so liegt die Ursache des geringen Ergebnisses in den grossen, schwer zu überwin-

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 116.

denden Schwierigkeiten einer genauen Untersuchung des Stoffwechsels und Mängeln der angewendeten Methoden, nicht in Versäumnissen und Ungenauigkeit bei Anstellung der Versuche. Die Fütterung der Thiere mit Eiweissstoffen und Kohlehydraten hat eine sehr grosse praktische Wichtigkeit, insofern sie allein im Stande ist, eine starke Fettproduction in den Thieren herbeizuführen; es wird deshalb unten bei der Besprechung der Fettbildung im Thierkörper auch auf die Ernährung mit Eiweiss und Kohlehydrat und die Wirkung dieser beiden Gattungen von Nährstoffen näher einzugehen sein.

Die Ernährung mit Leim allein oder mit Leim und Eiweiss.

§ 455. Ueber den Werth des Leims in der Nahrung sind zahlreiche Untersuchungen zuerst hauptsächlich von französischen Forschern angestellt. Seiner Ueberschätzung als Nährstoff im Anfange unseres Jahrhunderts folgte eine Zeit der Geringschätzung, bis *Mulder* das Ungenügende der bis dahin ausgeführten Versuche nachgewiesen, von *Frerichs* an Hunden und von *Boussingault* an Enten ermittelt wurde, dass die Harnstoff- resp. Harnsäure-Ausscheidung bei Verabreichung von Leim bedeutend vermehrt werde¹. Die späteren Untersuchungen von *Bischoff* und von *Bischoff* und *Voit* bestätigten die von *Frerichs* erhaltenen Resultate und zeigten, dass ein Hund mit weniger Fleisch als tägliche Nahrung sein Körpergewicht erhalte, wenn ihm Leim daneben gereicht werde, als ohne letztere Beigabe. *Voit* hat später in mehreren auf das Mannigfaltigste variirten Versuchsreihen die Einwirkung des Leims in der Nahrung auf den Stoffwechsel des Hundes zu ermitteln gesucht und wenn auch eine längere Dauer der einzelnen Versuchsreihen die Resultate viel zuverlässiger gemacht haben würde, ist durch die Arbeiten von *Voit* doch höchst wahrscheinlich gemacht, dass die Verabreichung von Leim neben Fleisch allein, oder neben Fleisch und Fett eine so erhebliche Verminderung der zur Erhaltung des Körpergewichts und des Stickstoffgehaltes im Thiere erforderlichen täglichen Eiweissnahrung herbeiführt, wie sie durch keinen anderen Nährstoff erreicht wird.

Die folgenden Tabellen aus *Voit's* Beschreibung seiner Stoffwechselversuche mit Leim entnommen, geben die Resultate seiner Untersuchungen kurz zusammengestellt².

¹ Die Geschichte der Kenntniss des Leims als Nährstoff ist eingehend geschildert von *Voit*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. VIII, S. 297.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. VIII, S. 330 u. S. 347.

No.	Datum	Körpergewicht in Kilo a anfangs e am Ende	Nahrung			Fleisch am Körper	Fleisch- ver- brauch
			Fleisch	Leim	Fett		
11	4.—7. Mai 1859	a 37,060 e 36,490	0	200	0	— 83	83
12	9.—11. „ 1861	a 34,450 e 33,700	0	200	0	— 94	94
13	14.—16. „ „	a 33,810 e 33,120	0	200	0	— 118	118
14	23.—26. Juli 1865	a 35,370 e 34,070	0	200	0	— 51	51
15	12.—15. Mai 1859	a 36,490 e 35,570	0	50	200	— 198	198
16	15.—18. „ „	a 35,570 e 34,650	0	100	200	— 103	103
17	7.—10. „ „	a 36,490 e 36,250	0	200	200	— 53	53
18	16.—18. Mai 1861	a 33,120 e 32,910	0	200	200	— 69	69
8	13.—16. Decbr. 1858	a 33,040 e 31,750	200	200	0	— 118	318
9	16.—18. „ „	a 31,750 e 31,330	200	300	0	— 84	284
10	18.—20. Mai 1861	a 32,910 e 32,400	200	200	0	+ 25	175
6	4.—6. „ 1858	a 40,380 e 40,000	400	300	0	+ 103	297
7	3.—6. „ 1861	a 32,550 e 32,200	400	200	0	+ 44	356
5	1.—4. „ 1859	a 36,770 e 37,060	500	200	0	+ 54	446
4	3. Mai 1858	a 40,430 e 40,380	800	200	0	+ 65	735
3	{ 1. „ „	40,500	1100	100	0	— 20	1120
3	{ 2. „ „	40,430	1200	100	0	+ 59	1141
2	20.—22. Mai 1861	a 32,400 e 32,300	1800	200	0	+ 272	1528
1	10.—13. Decbr. 1858	a 32,470 e 33,040	2000	200	0	+ 214	1786

Später sind von *Voit* und *F. Hofmann*¹ noch folgende Resultate bei der Leimfütterung eines 40 bis 50 Kilo schweren Hundes erhalten.

¹ *Voit*, a. a. O., S. 347. Die Gewichte des Thieres bei den einzelnen Versuchen sind nicht angegeben.

No.	Datum	Nahrung			Fleisch am Körper	Fleisch- verbrauch
		Fleisch	Speck	Leim		
1	12.—18. October 1871	500	200	0	— 136	636
2	22.—25. „ „	300	200	100	— 84	384
3	25.—30. „ „	300	200	200	+ 32	268
4	30. Octbr. bis 1. Nov. 1871	200	200	250	— 47	247
5	1.—5. November 1871	0	200	0	— 246	246
6	13.—16. „ „	0	0	0	— 338	338
7	16.—19. „ „	0	200	200	— 105	105
8	24.—26. Januar 1872	0	0	0	— 423	423
9	26.—30. „ „	500	200	0	— 123	623
10	30. Jan. bis 3. Febr. 1872.	300	200	200	— 27	327
11	3.—6. Februar 1872.	300	200	0	— 266	560
12	6.—9. „ „	200	200	200	— 124	324
13	9.—12. „ „	200	200	0	— 334	534
14	12.—15. „ „	500	200	0	— 141	641
15	15.—18. „ „	650	200	0	+ 12	638
16	28. Febr. bis 1. März 1872	0	200	300	— 59	59

Später hat *Voit*¹ noch eine Versuchsreihe mit dreitägiger Fütterung eines Hundes mit feuchtem Ossein (1032,3 bis 1136,5 Grm. täglich bei 33,01 pCt. Gehalt an trockenen Substanzen und darunter 11,45 pCt. Fett) angestellt. Es wurden bei dieser Ernährung 169,6 Grm. Stickstoff aufgenommen und an denselben Tagen 159,58 Grm. Stickstoff ausgeschieden, auch am folgenden Tage noch erheblich mehr ausgeschieden bei Hungerzustand, als bei demselben in mehreren Tagen vor der Osseinfütterung. *Voit* schliesst aus dieser Nachwirkung auf langsamere Verdauung des Ossein, als die des Leims. Das Ossein wurde auch vom Darmcanal viel besser ertragen, als der Leim, der in grösseren Quantitäten eingeführt, stets Diarrhoe verursacht.

Ernährung mit Pepton.

§ 456. Dass Eiweisspepton im Stande ist, Thiere in der Weise zu ernähren, wie andere Eiweissstoffe, geht aus Versuchen hervor, welche von *Plosz* angestellt sind. *Plosz*² fütterte einen Hund von 1355 Grm. Körpergewicht längere Zeit täglich mit 360 bis 450 Cc. einer Mischung, welche in 100 Cc. 5 Grm. Pepton, ebensoviel Trauben-

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. X, S. 202.

² Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. IX, S. 323.

zucker, 3 Grm. Fett und 1,2 bis 1,5 Grm. Salze enthielt. Das Gewicht des Thieres stieg hierbei auf 1836 Grm. und seine Gesundheit blieb ungestört. Auch *Maly*¹ hat in der Nahrung einer Taube den grössten Theil der nothwendigen Eiweissnahrung durch Pepton ersetzen und einige Tage das Thier ganz ohne Eiweiss und an Stelle desselben mit Pepton füttern können, ohne Körpergewichtsabnahme. Peptone sind sonach den anderen Eiweissstoffen hinsichtlich der Ernährung an die Seite zu stellen, wahrscheinlich ihnen ganz gleichwerthig. Hierauf fusst die in neuerer Zeit vielfach versuchte Ernährung von Kranken mit Peptonpräparaten.

Zusammengesetzte Nahrungsmittel.

§ 457. Der Gehalt ausgesuchten Muskelfleisches an Bindegewebe, Fett und besonders an Glycogen, Zucker, Milchsäure ist so gering, dass man der üblichen Vorstellung, Fleisch sei mit Eiweiss gleichzusetzen, eine gewisse Berechtigung nicht absprechen kann. Je mehr leimgebendes Gewebe und Fett im Fleische enthalten ist, desto mehr ist es ein zusammengesetztes Nahrungsmittel, dessen Einwirkung auf den Stoffwechsel sich aus den oben erörterten Versuchsergebnissen einigermaßen ersuchen lässt, wenn der Gehalt an diesen Substanzen im Fleische ermittelt ist.

Die Verdauung des Fleisches und Resorption der gelösten Bestandtheile geht bei gesunden Menschen und Hunden, wenn die eingeführten Quantitäten nicht übermässig sind, sehr vollständig und schnell von Statten, während dies mit vielen anderen Nahrungsmitteln, Eiern, Brod, Hülsenfrüchten nicht in dem gleichen Grade geschieht, hier ausser der Quantität der eingeführten Nahrungsmittel auch die Art der Zubereitung und der Grad der Zerkleinerung sehr in Betracht kommen.

Die Verhältnisse des Stoffwechsels und der Ausnutzung im Darmcanale bei Brodnahrung sind an Hunden und Menschen in nicht wenigen Versuchsreihen untersucht worden, besonders zu erwähnen sind die unter *Voit's* Leitung von *E. Bischoff*² am Hunde und die von *G. Meyer*³ am Hunde und am Menschen ausgeführten Versuche. Es ergibt sich aus ihnen, dass eine sehr bedeutende Quantität sowohl der stickstoffhaltigen Bestandtheile, als auch der Kohlehydrate in die

¹ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. IX, S. 585.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 452.

³ Ebendas. Bd. VII, S. 1.

Fäces übergeht und dass auch die Fütterung mit Fleisch neben Brod diesen Verlust in den Fäces nicht verringert, wenn auch, wie es schon *Boussingault* aus der alltäglichen Erfahrung für den Menschen vermuthet hatte, erwiesen wurde, dass eine relativ geringe Menge beigefügten Fleisches neben Brod genügt, das Körpergewicht und die Gleichheit der Stickstoffeinnahme und -Ausgabe zu erhalten. *Meyer* erhielt bei Fütterung eines 30 Kilo schweren Hundes mit 1 Kilo Brod täglich, 12 bis 13 pCt. der trockenen Nahrung als Fäces und darin 10 bis 19 pCt. des in der Nahrung enthaltenen Stickstoffs. *Voit* und *Bischoff* fanden bei der Fütterung eines 28 bis 34 Kilo schweren Hundes mit 686 bis 978 Grm. Brod täglich 20 bis 24,5 pCt. der festen Stoffe des gefütterten Brodes im Koth. In Versuchen an einem kräftigen Manne erhielt *Meyer*, als nur gegen 800 Grm. Brod, etwas Butter und 2 Liter Bier täglich 4 Tage lang als Nahrung dienten, folgende Resultate.

Brodsorte	Verzehrt			Im Kothe ausgeschieden		
	feste Stoffe	Stickstoff	Asche	feste Stoffe	Stickstoff	Asche
Horsford-Liebig'sches Brod	436,8	8,66	24,68	50,5	2,81	9,41
Münchener Roggenbrod . . .	438,1	10,47	18,05	44,2	2,33	5,50
Semmel	439,5	8,83	10,02	25,0	1,76	3,03
Pumpernickel	422,7	9,38	8,16	81,8	3,97	7,89

Für 100 Gewichtstheile in der Nahrung fanden sich in den Fäces:

	Feste Stoffe	Stickstoff	Asche
von Horsford-Liebig'schem Brod . . .	11,5	32,4	38,1
„ Münchener Roggenbrod . . .	10,1	22,2	30,5
„ Semmel	5,6	19,9	30,2
„ Pumpernickel	19,3	42,3	96,6

Es ist aus diesen Resultaten ersichtlich, dass die Verdaulichkeit dieser Brodsorten sehr verschieden, der Stickstoffverlust gleichfalls sehr verschieden und zum Theil sehr hoch ist.

Dass man dennoch sogar Hunde mit Getreidesamen unter Zusatz von Fett und Salz erhalten kann, geht hervor aus Versuchen von *Panum* und *Buntzen*¹, in denen ein Hund mehrere Monate allein mit Gerstengraupen, Butter und Kochsalz bei unverändertem Körpergewicht und Wohlbefinden erhalten wurde.

¹ Jahresber. f. Thierchemie 1874. S. 364.

In einer mehrere Wochen lang durchgeführten vergleichenden Untersuchung der Ernährung mit Erbsen gegenüber einer solchen mit Fleisch, auf welche weiter unten noch näher einzugehen ist, hat *Woroschiloff*¹ den Verlust an Stickstoff im Koth bei Einführung von 125 Grm. trockenen Fleisches, 400 Grm. Brod, 100 Grm. Zucker und 3 Grm. Kochsalz zu 3,6 bis 10 pCt. des in der Nahrung eingeführten Stickstoffs erhalten und dann bei Ernährung mit 300 Grm. Erbsen, 400 Grm. Brod und 100 Grm. Zucker und 10 Grm. Kochsalz zu 10 bis 17 pCt. des in der Nahrung eingeführten Stickstoffs im Kothe gefunden.

Von *Rubner*² sind Versuche in grosser Anzahl, leider jeder nur auf 2 bis 3 Tage sich erstreckend, angestellt, um die Ausnutzung bestimmter Nahrungsmittel zu messen. *Rubner* giebt schliesslich folgende Zusammenstellung der Verluste an Kohlehydrat und an Stickstoff in den Fäces als Procente des Gehaltes davon in der eingenommenen Nahrung.

	Kohlehydrat in der Kost	pCt.-Verlust im Koth
Weissbrod	391 bis 670	1,4 bis 0,8
Reis	493	0,9
Maccaroni	418 bis 462	1,2 bis 2,3
Mais	563	3,2
Kartoffeln	718	7,6
Schwarzbrod	659	10,9
Wirsingkohl	247	15,4
Gelbe Rüben	282	18,2

	Stickstoff in der Nahrung	pCt.-Verlust an Stickstoff im Kothe
Fleisch	40,0 bis 48,8	2,5 bis 2,7
Eier	22,8	2,6
Milch	12,9 „ 25,8	6,5 „ 12,0
Milch und Käse	23,4 „ 38,9	2,9 „ 4,9
Maccaroni	11,2 „ 22,7	11,2 „ 17,1
Wirsingkohl	13,2	18,5

¹ Berlin. klin. Wochenschr. 1873. No. 8. Die ausführliche Abhandlung ist in der russischen medicinischen Zeitung herausgegeben von *Botkin* 1872 enthalten.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. XV, S. 115.

	Stickstoff in der Nahrung	pCt.-Verlust an Stickstoff im Kothe
Weissbrod	7,7 bis 13,0	18,7 bis 25,7
Mais	14,7	19,1
Reis	8,4	25,1
Schwarzbrod	13,3	32,0
Kartoffeln	11,4	32,2
Gelbe Rüben . . .	6,5	39,0

Die Schlüsse, welche aus diesen Beobachtungen gezogen werden können, werden, abgesehen von den sehr kurzen Versuchszeiten und der grossen Verschiedenheit in den täglich in der Nahrung enthaltenen Stickstoffquantitäten, sehr getrübt durch den Umstand, dass eine gewisse Quantität von Stickstoff der Oberfläche des Darmes im Schleime entnommen wird. So variierte in diesen Versuchen die täglich im Kothe gefundene Stickstoffmenge zwischen 4,3 Grm. Stickstoff (Schwarzbrod) und 0,6 Grm. (Eier); nur in wenigen Versuchen überstieg sie 2,3 Grm. im Tage. Der Stickstoffverlust auf die Nahrung bezogen, scheint für viele dieser Nahrungsmittel so hoch, weil dieselben sehr wenig davon enthalten; absolut genommen, ist der Verlust mit wenigen Ausnahmen sehr gering. Mag aber der Verlust an Stickstoff im Kothe aus unverdauter Nahrung oder aus Schleim u. s. w. stammen, jedenfalls muss er durch die Ernährung gedeckt werden, wenn der Ernährungszustand des Thieres unverändert erhalten bleiben soll.

Verschiedenheit des Stoffwechsels im kindlichen Alter von dem des Erwachsenen.

§ 458. Im kindlichen Alter ist eine relativ reichlichere Aufnahme von Nahrung erforderlich, als nach Beendigung des Wachstums, weil 1. ein Theil derselben fortdauernd zum Wachsthum der Organe verbraucht wird und 2. der Wärmeverlust des kleinen Kindes ein relativ viel grösserer ist, als der des Erwachsenen unter gleichen Verhältnissen. Nach den Untersuchungen von *Scherer*, *Mosler*, *Bischoff*¹ und *Ranke*² ist die Stickstoffausscheidung von Kindern sehr hoch. Die Ausscheidung eines 3jährigen Mädchens fand *Ranke* im Mittel von

¹ *Th. L. Bischoff*, Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels. Giessen 1853.

² *J. Ranke*, Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe. Leipzig 1871. S. 135.

4 Tagen für 24 Stunden zu 12,7 Grm. bei einem Körpergewicht von 13,72 Kilo. Auf 1 Kilo Körpergewicht kommen hiernach täglich 0,926 Grm. Harnstoff, während *Ranke* für einen erwachsenen Mann für diese Zeit und Gewichtseinheit nur 0,550 Grm. Harnstoff berechnete.

Eine sorgfältig und lange durchgeführte Stoffwechseluntersuchung eines Kindes im ersten Lebensjahr, welches bis zum 163. Tage nur von Muttermilch sich nährte, hat *Camerer*¹ ausgeführt.

Änderungen des Stoffwechsels entsprechend den physikalischen Leistungen der Thiere.

Muskelthätigkeit.

§ 459. Von der Einwirkung der Muskelthätigkeit auf die chemischen Processe des Organismus ist bezüglich der Respiration bereits oben Thl. III. S. 569, hinsichtlich der Processe in den Muskeln selbst S. 657 bis 664 die Rede gewesen. Die Abnahme des Kohlehydrats im Muskel und die Annäherung des Verhältnisses im Volumen der ausgeschiedenen CO₂ zu dem des aufgenommenen Sauerstoffs sprechen sehr entschieden dafür, dass ausser der Zersetzung von Kohlehydrat, welche mit der Arbeit des Muskels verläuft, keine wesentliche Änderung im Stoffwechsel des Muskels während der Contraction gegenüber dem Ruhezustand eintritt.

Da man durch Vergiftung mit Curare im Stande ist, die willkürlichen Muskeln des Körpers in vollständiger Ruhe zu erhalten, hat man versucht, durch Vergleichung der Sauerstoffaufnahme und CO₂-Ausscheidung des gesunden Thieres mit den Ausscheidungen desselben nach Curarevergiftung Aufschluss über die Einwirkung der Muskelthätigkeit auf den Stoffwechsel zu erhalten. Die Arbeiten von *Röhrig* und *Zuntz*², von *Senator*³, von *Zuntz*⁴ und von *Pflüger*⁵ haben Aufklärung über die Veränderungen dieser respiratorischen Functionen durch Curarevergiftung gebracht. Nach *Pflüger*'s Versuchen nimmt für 38 bis 39,3° Körpertemperatur durch das Curarisiren die Sauerstoffaufnahme von Kaninchen um 35,2 pCt., die CO₂-Ausscheidung um 37,4 pCt. ab. Für 1 Kilo Körpergewicht und 1 Stunde gaben Kaninchen ohne Curarisiren unter Aufnahme von 673,21 Cc. Sauer-

¹ Zeitsch. f. Biologie. Bd. XIV, S. 383.

² Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. IV, S. 57.

³ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872. S. 1.

⁴ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XII, S. 522.

⁵ Ebendas. Bd. XVIII, S. 302.

stoff 570,41 Cc. CO_2 aus, während 1 Kilo curarisirtes Thier in gleicher Zeit 436,20 Cc. Sauerstoff aufnahm und 356,9 Cc. CO_2 ausschied. Das Verhältniss des Volumens des aufgenommenen Sauerstoffs zum Volumen der ausgeschiedenen CO_2 blieb unverändert 0,84 und 0,82. Durch das Curarisiren müsste, wenn allein Kohlehydrat weniger oxydirt würde, dieser Quotient kleiner werden.

Nach Beobachtungen von *Jolyet* und *Regnard*¹ setzt die Curarevergiftung die Sauerstoffaufnahme und CO_2 -Ausscheidung stärker herab, als die Durchschneidung des Rückenmarks. *Voit*² untersuchte die CO_2 -Ausscheidung eines Mannes von 65,5 Kilo Körpergewicht mit Lähmung der unteren Extremitäten durch Fractur des 8. Brustwirbels. Es wurden in 4 Stunden 83,21 Grm. CO_2 ausgeschieden, während ein gesunder Mann bei geringfügigen Bewegungen 134,3 Grm. CO_2 in 4 Tagesstunden und 104,7 Grm. CO_2 in 4 Nachtstunden im Hungerzustande ausschied.

Da die Muskeln vom Körper jedes Wirbelthieres einen sehr bedeutenden, sogar von allen Organen den bedeutendsten Theil ausmachen und zum sehr grossen Theil aus Eiweissstoffen bestehen, beim Hungern gerade die Muskeln sehr bedeutende Abnahme erleiden, lag der Gedanke nahe, dass die Hauptbestandtheile der Muskeln bei der Arbeit derselben zerlegt würden und während der Ruhe bei guter Ernährung die Wiederherstellung des Eiweissgehaltes erfolge. *Liebig* ging demgemäss von der Ansicht aus, dass bei der Muskelarbeit eine der Leistung entsprechende Menge von Eiweissstoffen zersetzt werde und für die Erhaltung des arbeitsfähigen Körpers ein äquivalenter Ersatz von Eiweiss durch die Nahrung erforderlich sei. Diese Ansicht hat sich nach sehr zahlreichen Untersuchungen als nicht zutreffend erwiesen, wenn man auch noch weit davon entfernt ist, ein endgültig abschliessendes Urtheil aussprechen zu können, hauptsächlich weil uns eine Messung des Theils vom Gesamtstoffwechsel, welcher den Muskeln oder einem andern Organe in bestimmter Zeit zugehört, noch unmöglich ist.

Sieht man von der Stickstoffausscheidung durch Schweiss und Respiration ab und nimmt vielmehr an, dass sie bei Ruhe und Arbeit gleich sei, so muss die Untersuchung der Nahrung, des Harns und Kothes innerhalb der durch die möglichen Bestimmungsfehler gesteck-

¹ Gaz. méd. de Paris. 1877. p. 179 u. 190.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. XIV, S. 57.

ten Grenzen erkennen lassen, ob bei Muskularbeit der Körper eines Thieres wirklich im Ganzen mehr stickstoffhaltige Bestandtheile zer- setzt und zur Ausscheidung bringt, und wenn die geleistete Arbeit gemessen ist, lässt sich ein Vergleich anstellen, ob die Aenderungen der Ausscheidungen eine Aequivalenz in Beziehung zur geleisteten Arbeit erkennen lassen.

§ 460. Untersuchungen über die bei Ruhe und Arbeit von einem Individuum ausgeschiedenen Quantitäten Harnstoff oder Stickstoff im Harne sind in nicht geringer Zahl ausgeführt. *C. G. Lehmann*¹ fand bei gleicher Ernährung täglich im Harne 32 Grm. Harnstoff in der Ruhe und 36 bis 37 Grm. davon bei starker Muskelanstrengung. *Mosler*² erhielt bei Arbeit und bei Ruhe gleiche Harnstoffquantitäten. *Beigel*³ fand bei 6 Personen in der Ruhe bei karger Nahrung 31,86 Grm. Harnstoff täglich im Harne, bei denselben Personen, wenn sie ihre Muskeln anstrebten, bei gleicher Kost 33,32 Grm. Harnstoff. Bei reichlicher Kost wurden 46,10 Grm. Harnstoff in der Ruhe und 52,26 Grm. Harnstoff bei starker Bewegung ausgeschieden. *H. Ranke*⁴ sah keine Vermehrung der Harnstoffausscheidung bei Muskelthätigkeit, ebenso fand *L. Lehmann*⁵ bei 2 Personen keine Aenderung, bei 3 anderen eine Steigerung um wenige Gramm bei der Arbeit. *Speck*⁶ erhielt bei reichlicher Kost durch Arbeit eine Steigerung der Harnstoffausscheidung um 8 Grm., bei stickstoffarmer Kost nur um 4 Grm. Die Zuverlässigkeit der beiden letztgenannten Arbeiten wurde von *Voit* wegen Ungleichheit der Kost und Mängeln in der Bestimmung des Stickstoffs angefochten. *Voit*⁷ stellte vergleichende Untersuchungen an einem grossen Hunde im Hungerzustande und bei reichlicher Fleisch- nahrung an über die Ausscheidung von Harnstoff in der Ruhe und beim Laufen im Tretrade, dessen Umdrehungen gezählt waren und deren Arbeitsäquivalent bestimmt wurde. Er erhielt folgende Werthe bei einem Körpergewicht des Versuchstieres gegen 32 Kilo.

¹ *R. Wagner*, Handwörterbuch d. Physiologie. Bd. II, S. 21.

² *Mosler*, Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung etc. Diss. Giessen 1853.

³ Verhandl. d. Carol. Leopold. Acad. d. Naturf. Bd. XXV, Abth. 1, S. 477. 1855.

⁴ *C. Voit*, Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel. München 1860. S. 152.

⁵ Arch. f. wiss. Heilk. Bd. IV, 1860.

⁶ *Voit*, a. a. O.

⁷ A. a. O., S. 182.

	Änderung im Körper- gewicht	Fleisch- verbrauch	Wasser- gesoffen	Harn- menge	Harnstoff- menge	Tägliche Nahrung Fleisch
Versuchsreihe I						
ohne Laufen ..	— 423	196	258	186	14,3	0
mit „ ..	— 452	227	872	518	16,6	0
Versuchsreihe II						
ohne Laufen ..	— 515	164	123	145	11,9	0
mit „ ..	— 320	167	527	186	12,3	0
ohne „ ..	— 340	149	125	143	10,9	0
Versuchsreihe III						
ohne Laufen ..	— 41	1522	182	1060	109,8	1500
mit „ ..	— 139	1625	657	1330	117,2	1500
ohne „ ..	+ 11	1526	140	1081	109,9	1500
Versuchsreihe IV						
mit Laufen ..	— 62	1583	412	1164	114,1	1500
ohne „ ..	+ 12	1535	63	1040	110,6	1500

Der Hund lief in diesen Versuchen an den Arbeitstagen 6 mal 10 Minuten lang und leistete nach *Voit's* Berechnung eine Arbeit von ungefähr 150,000 Kilogrammometer.

Später sind diese Versuche wesentlich erweitert mit Benutzung des *Pettenkofer'schen* Respirationsapparates fortgesetzt von *Pettenkofer* und *Voit*¹ am Menschen und die bereits oben Thl. III. S. 534 tabellarisch zusammengestellten Resultate erhalten, aus denen hervorgeht, dass bei Arbeit ebensoviel Harnstoff ausgeschieden wurde, als bei Ruhe, während die Sauerstoffaufnahme und die CO₂-Ausscheidung bei der Arbeit erheblich gesteigert waren.

Die Veränderungen des Stoffwechsels mit der Muskelthätigkeit sind in der mannigfaltigsten Weise weiterhin untersucht von *Playfair*², *Fick* und *Wislicenus*³, *Parkes*⁴, *Haughton*⁵, *Weigelin*⁶, *Woroschiloff*⁷,

¹ Sitzungsber. d. Bayer. Acad. d. Wiss. Math. phys. Cl. 9. Febr. 1867.

² *L. Playfair*, On the food of man in relation to his useful work. Edinburgh 1865. — Med. Times and Gaz. 1866. II p. 325.

³ Vierteljahrsschr. d. Zürich. naturf. Gesellsch. Bd. X, S. 317.

⁴ Proceed. of the roy. Soc. 1867. No. 89 u. No. 94. 1871. No. 127.

⁵ Lancet 1868. August 15. 22. 29.

⁶ *J. Weigelin*, Versuche über d. Einfluss d. Tageszeiten u. d. Muskelanstrengung etc. Tübingen 1869.

⁷ Berlin. klin. Wochenschr. 1873. No. 8.

*Speck*¹, *Noyes*², *Schenk*³, *Kellner*⁴, *Pavy*⁵, *Flint*⁶, *Oppenheim*⁷. Diese sämtlichen Arbeiten liefern den Beweis, dass, wenn überhaupt eine Erhöhung der Stickstoffausscheidung stattfindet, dieselbe nicht hinreicht, um die geleistete Arbeit aus der Zersetzung von Eiweissstoffen zu erklären. *Traube*⁸ hatte zuerst entsprechend den Resultaten von *Voit* auf die Nothwendigkeit der Annahme hingewiesen, dass bei der Muskelthätigkeit Kohlehydrat zersetzt und hierdurch die beobachtete mechanische Bewegung und freie Wärme gewonnen würden. Die von den genannten Experimentatoren erhaltenen Resultate sind nun allerdings in manchen Beziehungen verschieden. Die meisten fanden, so wie *Voit*, eine geringe Erhöhung der Stickstoffausscheidung im Harne bei mässiger, grössere bei sehr anstrengender Arbeit, und Einige (*Parkes*, *Weigelin*) erhielten eine solche Erhöhung erst während der auf die Arbeitszeit folgenden Ruhe. *Speck* allein hat die Einwirkung der Arbeit auf die Quantität des aufgenommenen Sauerstoffs neben der ausgeschiedenen CO₂ am Menschen untersucht. Ein sehr reiches Beobachtungsmaterial bieten die Versuchsreihen von *Kellner*, in denen neben dem Stickstoffgehalt des Harns und des Kothes auch die täglich am Bremsgöpelwerk vom Pferde geleistete Arbeit bestimmt ist. Es ergeben diese mannigfaltigen Versuchsreihen, von denen jede mehrere Wochen andauert, dass mit der Erhöhung der täglichen Arbeitsleistung eine Erhöhung der Stickstoffausscheidung im Harne eintritt und eine nachherige Erniedrigung der Arbeit auch die Stickstoffausscheidung im Harne ermässigt. Es gilt dies Verhältniss für Ernährung mit eiweissreichem, sowie eiweissärmerem Futter. Wird eine gewisse Höhe der täglichen Arbeitsleistung überschritten, so sinkt das Körpergewicht des Thieres, erhält sich dagegen vor und nach starker Arbeit bei mässiger Arbeit constant.

Die letzten Versuchsreihen *Kellner's* zeigen, dass ein Pferd, wel-

¹ Vergl. oben Thl. III, S. 570.

² American. journ. of med. science. 1867. Octbr.

³ *F. Schenk*, Ueber d. Einfluss d. Muskelbewegung auf d. Eiweisszersetzung. Diss. Bern 1873.

⁴ Landwirthsch. Jahrbücher. 1879. Bd. VIII, S. 701; 1880. S. 1.

⁵ Lancet 1876. I. No. 9—13, II. p. 741.

⁶ Journ. of Anat. and Physiol. Vol. XI, p. 109. 1876; Vol. XII, p. 91. 1877.

⁷ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXIII, S. 484. 1880.

⁸ Vergl. oben Thl. III, S. 570.

ches bei guter Ernährung mit eiweissreichem Futter eine bestimmte mässige Arbeit leistet, bei gleicher Stickstoffausscheidung eine viel grössere Arbeit leisten kann, wenn ihm während derselben eine reichliche Zugabe von Stärkemehl oder Leinöl täglich gereicht wird. *Kellner* glaubt aus diesen Versuchen unter Zugrundelegung der Verbrennungswärmen von Stärkemehl nach *Stohmann* und von Oel nach *Zuntz* schliessen zu dürfen, dass von den bei der Oxydation dieser Nährstoffe im Thierkörper frei werdenden Spannkraften 46 bis 49 pCt. als nutzbare mechanische Kraft in der Arbeit des Thieres gewonnen werden können. Für einen solchen Schluss scheinen mir die Versuchsergebnisse kaum ausreichend zu sein. Es wirken hier offenbar zwei Momente einander entgegen, die Zuthat von Amylum oder Fett würde unter sonst gleichen Verhältnissen die Stickstoffausscheidung erniedrigen, die stärkere Arbeit sie erhöhen; beide müssen sich mehr oder weniger in ihrer Wirkung aufheben.

Die Untersuchungen von *Flint* und *Pavy* am Schnellläufer *Weston* lassen keinen Zweifel, dass sehr anstrengende Arbeit die Stickstoffausscheidung vergrössert.

§ 461. Seitdem *Fränkel*¹ gefunden hat, dass bei stark verminderter Sauerstoffzufuhr die Stickstoffausscheidung im Harne steigt, haben *Fränkel* selbst und in neuester Zeit besonders *Oppenheim*² die bei starker Muskelarbeit gefundene Erhöhung der Stickstoffausscheidung auf die ungenügende Sauerstoffzufuhr, die sich in Dyspnoe ausdrückt, zurückzuführen gesucht. Die von *Oppenheim* an sich selbst angestellten Versuche sind dieser Ansicht sehr günstig, da jedoch die Respirationsbewegungen bei Dyspnoe selbst eine schwere Arbeit der Muskeln ausmachen, sind die Leistungen in den verglichenen Versuchen nicht gleich, wenn in einem Versuche Dyspnoe stattfand, im andern nicht. Es wird in den Rückblicken am Ende dieses Buches auf diese Verhältnisse noch näher einzugehen sein; eine Erklärung ist hiermit noch nicht ermöglicht und man kann fragen, wo die Dyspnoe anfängt, denn mit jeder, auch leichter Arbeit steigert sich die Respirationsfrequenz. Es ist jedenfalls zu beachten, dass in den Ernährungsverhältnissen des Thieres mit der Thätigkeit der Muskeln eine Aenderung eintritt und die Ernährung nur dann bei Thätigkeit und Ruhe gleich sein würde, wenn bei Arbeit der Muskeln das hierbei zersetzte Gly-

¹ Arch. f. pathol. Anat. Bd. 67. 1876.

² A. a. O.

cogen ersetzt wird durch eine Zuthat von Kohlehydrat zur übrigen Nahrung. Geschieht dies nicht, so treten dieselben Verhältnisse im Körper bei der Thätigkeit der Muskeln ein, als wenn der Nahrung die dieser Thätigkeit entsprechende Menge von Nährstoff gefehlt hätte. Da nun Zugabe von Kohlehydrat zu der Nahrung die Harnstoffausscheidung vermindert, wird man auch schliessen müssen, dass Entziehung von Kohlehydrat Steigerung der Harnstoffausscheidung bewirkt, eine Steigerung, die aber erst in's Auge fallen kann, wenn die Kohlehydratentziehung bedeutend wird. Es ist ausserdem in Betracht zu ziehen, dass das verbrauchte Glycogen ersetzt werden muss und, wenn nur Fleisch gefüttert ist, dieser Ersatz aus Eiweiss und Leim geschehen wird; auch hierbei dürfte eine Steigerung der Harnstoffausscheidung erklärlich werden, wenn sie der Thätigkeit der Muskeln folgt, wie es von mehreren Beobachtern gefunden ist.

Von *J. Ranke*¹ ist meines Wissens zuerst darauf hingewiesen, dass im lebenden Thierkörper die Thätigkeit der Organe einem Wechsel unterworfen ist in der Weise, dass zu den Zeiten lebhafter Thätigkeit der einen Art von Organen, z. B. der Verdauungsorgane, die Thätigkeit anderer, z. B. der Muskeln, sich sehr verringere. So viel sich auch gegen die Beweiskraft der von *Ranke* angestellten Messungen sagen lässt, ist doch seine Idee unzweifelhaft eine ganz richtige, die durch sehr zahlreiche und verschiedenartige Beobachtungen unterstützt wird. Die Gesamtstickstoffausscheidung giebt im günstigen Falle nur den Ausdruck für die Gesamteiweisszersetzung, von welcher bei Thätigkeit der Muskeln ein grosser Theil auf diese zu rechnen sein mag, während bei ihrer Ruhe die Ernährung anderer Organe eine stärkere und damit die Eiweisszersetzung in letzteren eine grössere, in den ruhenden Muskeln eine geringere sein wird. Ueber alle solche innere Dispositionen der Thätigkeiten des lebenden Organismus können Messungen des Gesamtstoffwechsels natürlich nie einen Aufschluss geben.

Die Zunahme der Muskeln bei ihrer mässigen Thätigkeit, bedeutende Steigerung des Lymphstroms im arbeitenden Muskel gegenüber dem ruhenden, Abnahme bei verlängerter Ruhe, Abnahme des Fettes, wenn vorher ruhende Menschen oder Thiere zu anhaltender Muskelthätigkeit gebracht werden, Abnahme der Milchquantität bei arbeiten-

¹ *J. Ranke*, Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe. Leipzig 1871.

den Kühen, vor allen die höchst interessanten Beobachtungen von *Miescher-Rüsch*¹ über die sehr starke Abnahme der Rumpfmuskeln des Lachs während des Reifens der Eier und des Samens bei völligem Hungerzustande des Thieres zeigen ganz entschieden, wie schwankend die chemische Thätigkeit der Muskeln bei Arbeit und bei Ruhe ist.

*Engelmann*², *Pavy* und *Flint* finden übereinstimmend bei Arbeit im Harne mehr Schwefelsäure und mehr Phosphorsäure, als bei Ruhe. *Klüpfel*³, ebenso *Pavy*, erhielten auch eine Steigerung der sauren Beschaffenheit des Harns bei der Arbeit der Muskeln.

Änderungen des Stoffwechsels durch den Wärmeverlust und die Einwirkung des Lichtes.

§ 462. Die in Thl. III. S. 559 bis 565 beschriebenen Einflüsse des Wärmeverlustes auf die Respirationsthätigkeit und Harnstoffausscheidung lassen erkennen, dass der gesammte Stoffwechsel des Warmblüters in bestimmter Abhängigkeit von dem Wärmeverluste steht, der selbst nur dadurch seine den Stoffwechsel steigernde Wirkung entfalten kann, dass Abkühlung der Endapparate sensibler Hautnerven als ein Reiz wirkt, dessen Reflex die Steigerung des Stoffwechsels herbeiführt. Entsprechend dieser Betrachtungsweise schliessen sich die den Stoffwechsel steigernden Reizungen der Hautnerven auf das Nächste den Einwirkungen an, welche die Reizungen der anderen Sinnesorgane auf den Stoffwechsel erkennen lassen⁴. Eine interessante Bestätigung der Steigerung des Stoffumsatzes durch Abkühlung liefern die Beobachtungen von *Weiske*⁵ über die Einwirkung des Scheerens der Wolle auf den Stickstoffumsatz bei Schafen. Nach dem Scheeren schieden die Schafe reichlich ein Gramm Harnstoff täglich mehr aus, als vor dem Scheeren. Die Aufnahme von Wasser und seine Ausscheidung durch Respiration und Perspiration war nach dem Scheeren geringer als vorher, die Ausnutzung des Futters wurde durch das Scheeren nicht verändert.

Dass auch bei der Lichteinwirkung auf die Augen eine Steigerung

¹ *F. Miescher-Rüsch*, Statistische und biologische Beiträge zur Kenntniss vom Leben des Rheinlachs. 1880. Separatabdr. aus d. Schweizer. Literatursammlung zur international. Fischerei-Ausstellung in Berlin.

² Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. S. 14.

³ Med. chem. Untersuch., herausgeg. v. *Hoppe-Seyler*. Heft III, S. 412. 1868.

⁴ Vergl. oben S. 573. — Vergl. auch *Finkler*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXIII, S. 175. 1880.

⁵ Journ. f. Landwirthschaft. Bd. XXIII, S. 306.

des Gesamtstoffwechsels nicht blos der CO_2 -Ausscheidung und der Sauerstoffaufnahme¹ vorhanden sei, darf wohl bestimmt angenommen werden. Die von *Chossat* zuerst beschriebene, dann mehrfach bestätigte Beobachtung, dass die Thiere im Schlafe ihre Temperatur im Hungerzustande allmähig mehr und mehr erniedrigen, während des wachen Zustandes sie täglich wieder erheben², lässt erkennen, dass der Stoffwechsel im wachen Zustande eine höherer ist, ohne dass die bisherigen Untersuchungen ein Urtheil darüber zulassen, in wie weit die Muskeln und die übrigen Organe sich an dieser Aenderung des chemischen Umsatzes betheiligen³. *Speck*⁴ fand bei der Vergleichung der CO_2 -Ausscheidung und der Sauerstoffaufnahme im Lichte und im Dunkeln so geringe Unterschiede, dass sie sich von der Fehlergrenze kaum entfernten, während geringe Muskelthätigkeit sofort die CO_2 -Ausscheidung, als auch die Sauerstoffaufnahme deutlich vergrösserten. Wie oben bei Besprechung der Nervenfunctionen gesagt ist, kann dies nicht wohl anders sein.

Aenderungen des Stoffwechsels durch Veränderung der Körpertemperatur.

§ 463. Die Regulation der chemischen Umsetzungen nach dem Wärmeverluste ist ein nothwendiges Erforderniss für das Leben warmblütiger Thiere; den Kaltblütern scheint sie zu fehlen, dagegen stimmen, soweit es bisher untersucht ist, warmblütige und kaltblütige, auch wirbellose Thiere darin überein, dass mit der Erhöhung der Körpertemperatur eine Steigerung des Stoffwechsels eintritt, mit der Abnahme der Bluttemperatur ein Sinken des Stoffwechsels. Die Untersuchungen von *Regnault* und *Reiset* über die Respiration von Kaltblütern und Winterschläfern⁵ liefern hierfür Beweise. Für die Warmblüter beruht die Regulation der Bluttemperatur auf der grossen Reizbarkeit der Hautnerven, welche bei mässigen Wärmeverlusten den Stoffwechsel in dem Grade steigert, dass das Blut eine Temperaturerhöhung erfährt. Bei stärkerem Wärmeverlust durch die Haut sinkt die Bluttemperatur und hiermit der Gesamtstoffwechsel.

¹ Vergl. oben S. 573.

² Vergl. oben S. 927.

³ Vergl. *Bidder* u. *Schmidt*, siehe oben S. 573. — *Pettenkofer* u. *Voit*, Ber. d. Bayer. Acad. d. Wiss. 10. Novbr. 1866 u. 9. Febr. 1867. — v. *Henneberg*, Landwirthsch. Versuchsstationen. Bd. VIII, S. 443. 1866.

⁴ Arch. f. exper. Pathol. Bd. XII, S. 1.

⁵ Vergl. oben Thl. III, S. 532.

Bei Einwirkung höherer Temperatur auf die Hautfläche wird eine Steigerung des Stoffwechsels bewirkt, da in den erhitzten Hautpartien offenbar die sensiblen Nerven Reizung empfangen. *Bartels*¹, *Naunyn*² und besonders *Schleich*³ erhielten Steigerung der Harnstoffausscheidung bei Steigerung der Eigenwärme durch Dampfbäder oder in anderer Weise; über die Einflüsse auf die Respiration sind bereits oben S. 568 die vorliegenden Untersuchungsergebnisse besprochen. Wird die Körpertemperatur künstlich höher gesteigert, so steigt auch die Sauerstoffaufnahme und die CO₂-Ausscheidung über die Norm. *Pflüger*⁴ erhielt von Kaninchen von 38,6° Bluttemperatur für 1 Kilo Thier in der Stunde Aufnahme von 676,9 Cc. O₂ und Ausscheidung von 641,3 Cc. CO₂, während bei 40,6° Bluttemperatur 754,8 Cc. O₂ aufgenommen und 728,2 Cc. CO₂ ausgeschieden wurden. Für 1° Temperaturerhöhung waren 5,7 pCt. O₂ mehr aufgenommen und 6,8 CO₂ mehr ausgeschieden. Nach *Litten*'s⁵ Versuchen degeneriren bei andauernder Temperaturerhöhung Leber, Herz, Nieren, Muskeln fettig; die CO₂-Ausscheidung durch die Respiration nahm dann ab. *Velten*⁶ erhielt in zahlreichen Versuchen Verminderung der in bestimmter Zeit von Kaninchen ausgeschiedenen CO₂ und des aufgenommenen Sauerstoffs bei Erniedrigung der Körpertemperatur. Bei Untersuchungen zwischen 38° und 23° Bluttemperatur sanken CO₂-Ausscheidung und Sauerstoffaufnahme um so mehr, je tiefer die Eigentemperatur gefallen war.

Einwirkung von Luftverdünnung, Compression derselben, sowie verminderter Sauerstoffzufuhr auf den Stoffwechsel.

§ 464. Es liegen mehrere Untersuchungen über die Einwirkung der comprimierten und der verdünnten Luft auf die tägliche Harnstoffausscheidung vor⁷. *Bert* und ebenso *Hadra* schliessen aus ihren Versuchen auf eine Erhöhung der täglichen Harnstoffausscheidung beim Athmen von Menschen und Thieren in comprimierter Luft; *Fränkel* hat

¹ *Bartels*, Patholog. Untersuchungen. 1864.

² Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870.

³ Arch. f. exper. Pathol. Bd. IV, S. 82.

⁴ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XVIII, S. 356.

⁵ Verhandl. d. physiol. Gesellsch. in Berlin. 1876. 24. Novbr.

⁶ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXI, S. 361.

⁷ *P. Bert*, La pression barométrique, recherches de physiologie expérimentale. Paris 1878. p. 823 u. 828. — *S. Hadra*, Ueber d. Einwirkung der comprimierten Luft auf d. Harnstoffausscheidung beim Menschen. Diss. Strassburg-Berlin 1879. — *A. Fränkel*, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. II, Heft 1. S. 1.

dagegen bei oft wiederholten Versuchen am Hunde keine Zunahme gefunden. In verdünnter Luft schied der Versuchshund von *Fränkel* zuerst etwas mehr Harnstoff als bei gewöhnlichem Luftdruck aus, bei Wiederholung der Versuche zeigte sich keine Vermehrung. Es ist nicht der geringste Grund ersichtlich, eine Verstärkung der Harnstoffausscheidung und irgend eine wesentliche Aenderung des Stoffwechsels während des Athmens in comprimierter Luft anzunehmen, während ein geringerer Luftdruck eine kleine Steigerung des Stoffwechsels veranlassen muss, weil durch erhöhte Wasserverdunstung der Wärmeverlust steigt, auch wenn die umgebende Luft die gleiche Temperatur hat, als bei höherem Luftdruck. Es ist über die hier in Betracht kommenden Verhältnisse schon bei Besprechung der Respiration das Nöthige angegeben.

Ueber die Einwirkung der behinderten Respiration auf die Harnstoffausscheidung sind Versuche von *Fränkel*¹ ausgeführt und die Einwirkung derselben auf Sauerstoffaufnahme und CO₂-Ausscheidung von *Regnard*² untersucht. *Herter*³ hat die Verhältnisse der Sauerstoffaufnahme und der CO₂-Ausscheidung bei allmähig vermindertem Sauerstoffgehalt der geathmeten Luft bis zum Eintritt des Todes durch zu geringe Sauerstoffzufuhr geprüft. *Fränkel* untersuchte tracheotomirte Thiere, deren Respiration durch ein in die Luftwege eingeführtes Hinderniss sehr erschwert war, so dass die Thiere bis zur beginnenden Asphyxie gebracht wurden. Er fand Vermehrung der Harnstoff- oder Stickstoffausscheidung, einige Gramm für den Tag, die sich auch noch auf den folgenden Tag erheblich fortsetzte. So wie es *Regnard* an einigen dyspnoischen Kranken gefunden hatte, constatirte *Herter* an Hunden, die den Sauerstoff eines Luftvolumen allmähig aufbrauchten, während die ausgeathmete CO₂ stets beseitigt wurde, dass relativ zum aufgenommenen Sauerstoff sehr viel CO₂ ausgeathmet wird, so dass der Quotient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ stets grösser als 1 wird. Es wird am Schlusse dieses Buches in den Rückblicken näher auf die Ursachen dieser Stoffwechseländerungen einzugehen sein.

¹ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. No. 44. — Arch. f. patholog. Anat. Bd. LXVII, S. 1.

² *P. Regnard*, Recherches experimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires. Paris 1879.

³ Noch nicht publicirt.

Einwirkung von Blutentziehungen auf den Stoffwechsel.

§ 465. Es ist oben Thl. III, S. 473 angegeben, welche Einwirkung grössere Blutverluste auf die Zusammensetzung des Blutes haben und dass bei gesunden Menschen und Thieren nicht zu sehr erschöpfende Blutverluste schnell unter Neubildung von rothen Blutkörperchen und Plasma ersetzt werden. Die Versuche von *Tolmatscheff* haben am Hunde weitere Beweise hierfür geliefert. Zum Ersatz der Blutkörperchen ist eine erhöhte Zellenproduction erforderlich, deren Ursache die Entziehung des Blutes sein muss, ohne dass man bis jetzt einen Einblick gewinnen kann in den Zusammenhang der Entziehung und der Neubildung der Blutkörperchen. Die Untersuchungen, welche *Bauer*¹ an Hunden bei Hungerzustand oder bestimmter Ernährung über die durch Blutentziehungen bewirkten Aenderungen der Ausscheidung von CO₂, Wasser und Harnstoff angestellt hat, lehrten, dass unmittelbar nach mässigen Blutentziehungen sowohl im Hungerzustande als bei guter Ernährung eine reichlichere Ausscheidung von Harnstoff erfolgt, die dann, wie es wenigstens nach seinen Angaben scheint, auch noch an den folgenden ein bis zwei Tagen nach der Blutentziehung hoch bleibt. Ferner tritt nach *Bauer's* und ebenso nach *Jolyet* und *Regnard's*² Versuchen nach den Blutentziehungen eine Abnahme der CO₂-Ausscheidung und der Aufnahme von Sauerstoff ein. *Bauer* schliesst aus seinen Versuchsergebnissen, dass in Folge des Aderlasses die Fettverbrennung gehemmt sei und zwar in der ersten Zeit nur im Verhältniss zur grösseren Eiweisszersetzung, dass aber später absolut weniger Fett zersetzt werde.

Dass ein hungernder oder durch Krankheit in fortschreitender Abnahme befindlicher Organismus durch Blutentziehungen weiter geschwächt und sein Tod früher herbeigeführt wird, dafür liefern die Versuche von *Bauer* nähere Beweise, dass aber für die Behandlung acuter Krankheiten oder aus andern Gründen bei kräftigen Personen vorgenommene Blutentziehungen wesentliche und dauernde Nachtheile herbeiführen, darf nicht behauptet werden, da mit Leichtigkeit der Blutverlust und der Stickstoffverlust durch den Harn bei vorhandener guter Verdauung ersetzt wird. Der Hund *Bauer's* wog 3 Tage vor einer Blutentziehung 5233 Grm. und befand sich in allmäliger mässiger

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VIII, S. 567.

² Gaz. méd. de Paris. 1877. p. 179 u. 190.

Gewichtszunahme, am Tage der Entziehung von 100 Grm. Blut wog er 5281,2, am Tage nach der Blutentziehung 5346,6 und noch einen Tag später 5480 Grm.; seine Nahrung bestand aus 250 Grm. Fleisch und 50 Grm. Speck täglich. Starke Menstruations- oder Nasenblutungen sind bekanntlich für die Gesundheit kräftiger Personen ohne Nachtheil.

Aenderung des Stoffwechsels durch Vergrößerung der Blutmenge.

§ 466. Ueber die Einwirkung der Injection von Blut derselben Thierspecies in die Adern eines Thieres auf das Befinden desselben ist bereits oben S. 460 und 463 einiges angegeben. *Forster*¹ hat Hunden, die sich im Hungerzustande befanden, defibrinirtes Hundeblut in reichlicher Quantität (374 Cc. Blut einem 19,5 bis 20,6 Kilo schweren Hunde und 611 Cc. Blut einem 32,8 bis 35,8 Kilo schweren Hunde) in die Venen injicirt und beobachtet, dass die tägliche Harnstoffausscheidung durch diese Injection nur geringe Steigerung erfuhr, während Injection von Blutserum die Ausscheidung des Harnstoffs bedeutend steigerte. *Forster* sucht durch diese Versuche zu beweisen, dass die dem Thiere reichlich einverleibten Blutkörperchen als lebende Organe sich anders verhalten, als das die Organe bei guter Ernährung reichlich in Lösung durchströmende Eiweiss. In Wirklichkeit beweisen diese interessanten Versuche ganz etwas anderes, als *Forster* glaubt; man ersieht nämlich aus ihnen, dass der Stoffwechsel der Blutkörperchen entweder sehr gering oder unabhängig von der Quantität derselben ist, und ferner, dass auch das mit den Blutkörperchen injicirte eiweissreiche Plasma oder Serum durch die darin schwimmenden Blutkörperchen vor schneller Zersetzung bewahrt wird. Da das Blut ungefähr dem Gewichte nach aus $\frac{1}{3}$ Blutkörperchen und $\frac{2}{3}$ Serum besteht, ist in den injicirten Blutmengen eine sehr reichliche Quantität Blutserum enthalten; die Versuche *Forster's* beweisen also ganz evident, dass die Blutkörperchen regulirend auf die Quantität des Plasma wirken. Da in den Blutkörperchen nur äusserst geringe Mengen von Eiweiss vorhanden sind (der Blutfarbstoff ist, wie oben nachgewiesen wurde, als Eiweissstoff nicht anzusehen) und eine andere Function der Blutkörperchen als die rein physikalische der Uebertragung von Sauerstoff aus der Lunge in die Organe des Körpers nicht bekannt ist, da

¹ Sitzungsber. d. Bayer. Acad. d. Wiss. 3. Juli 1875. — Zeitschr. f. Biologie. Bd. XI, S. 496.

endlich die Blutzellen nicht allein erhalten blieben, sondern mit ihnen und offenbar durch sie zugleich das sie umspülende Serum, konnte das, was *Forster* beweisen wollte, auf diesem Wege nicht bewiesen werden. Man wird auch nie aus dem Verhalten des einen Organs Schlüsse auf andere ganz differente Organe ziehen können.

Änderungen des Stoffwechsels durch Einführung verschiedener organischer Stoffe.

§ 467. Die Abgrenzung des Begriffes der Nährstoffe ist noch nicht so bestimmt durchgeführt, dass man nicht hinsichtlich zahlreicher Stoffe zweifeln könnte, ob man sie den Nährstoffen zuzählen soll. Eiweissstoffe, Leim, die meisten Kohlehydrate und Fette müssen auf alle Fälle für wirkliche Nährstoffe gelten; meiner Ansicht nach muss man Milchsäure, Essigsäure, Weinsäure, Citronensäure, Glycerin, Bernsteinsäure, Asparagin gleichfalls als Nährstoffe betrachten, denn wenn auch milchsaures Salz, weinsaures Salz, Glycerin in etwas grösserer Menge in den Darm eingeführt leicht Diarrhoe herbeiführen, ist dies bei grösseren Mengen von Leim auch der Fall, und wenn die Mengen gering sind, zerfallen sie im Organismus vollständig zu CO_2 und Wasser, indem sie ihm denselben Nutzen leisten wie ihr calorisches Aequivalent von Kohlehydrat oder Fett.

Ueber die Einwirkung von Asparagin sind von *Weiske*¹ sehr beachtenswerthe Versuche angestellt zuerst an Kaninchen dann an zwei Hammeln. Von den Kaninchen erhielt das eine Amylum, Oel, Asche von Getreidekörnern und von Heu und lebte damit 49 Tage, sein Gewichtsverlust war 43 pCt. Das zweite Kaninchen erhielt dieselben Stoffe in gleicher Quantität und dazu täglich 5 Grm. Asparagin, es lebte 63 Tage und verlor 33,5 pCt. seines Körpergewichts. Das dritte erhielt dieselben Stoffe und 5 Grm. Leim. Es lebte noch nach 72 Tagen, wo der Versuch unterbrochen wurde. *Weiske* folgert aus diesen Versuchen, dass das Asparagin wie der Leim ein Nährstoff sei, der eiweiss sparend wirke und bei eiweissarmer Fütterung Eiweissersatz zu geben vermöge.

Hinsichtlich des Glycerin ist von *Munk*² nachgewiesen, dass mässige Quantitäten in den Magen von Hunden gebracht, keinen Einfluss auf die tägliche Harnstoffausscheidung zeigen. Sehr ähnliche Resultate erhielt *Lewin*³ in Versuchsreihen an einem sehr grossen

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. XV, S. 261.

² Arch. f. pathol. Anat. Bd. LXXVI, S. 119. 1879.

³ Zeitschr. f. Biologie. Bd. XV, S. 243.

Hunde, ebenso *Tschirwinsky*¹, der zugleich Uebergang bedeutender Mengen von Glycerin in den Harn fand. *Weiss*, *Luchsinger*, *Salomon*² erhielten Zunahme des Glycogengehaltes der Leber nach Einführung von Glycerin. Erhöhung der CO₂-Ausscheidung nach Einführung von Glycerin wurde von *Scheremetjewski*³ und von *Catillon*⁴ beobachtet.

Von den Genussmitteln sind besonders Alkohol und Kaffeebestandtheile mehrfach hinsichtlich ihrer Einwirkung auf den Stoffwechsel untersucht. Schon bei der Besprechung der Respirationsverhältnisse ist erwähnt (S. 518), dass der Alkoholgenuss die Grösse der CO₂-Ausscheidung vermindert, wenn er in mässiger Quantität eingeführt wird. Nach *v. Beck* und *Bauer*⁵, welche das gleiche Resultat für geringe Dosen von Alkohol erhielten, wird dagegen die CO₂-Ausscheidung gesteigert, wenn grössere Alkoholquantitäten eingebracht werden. Die Einwirkung des Alkohols auf die Stickstoffausscheidung ist oft untersucht, meist mit dem Resultate, dass dieselbe ziemlich ungeändert bleibt⁶. Nach *Munk*⁷ bewirken geringe Dosen von Alkohol geringe Verminderung, grössere Gaben geringe Vermehrung der Stickstoffausscheidung. Da der Alkohol zum Theil unzersetzt durch den Organismus hindurchgeht und im Urine wie in der Expirationsluft erscheint, die CO₂-Ausscheidung durch mässige Gaben vermindert, nach *Munk* auch die Stickstoffausscheidung verringert wird, kann man den Alkohol nur als einen Körper ansehen, der den Stoffumsatz und somit das Leben erniedrigt, also für einige Zeit beeinträchtigt; ein Nährstoff ist er keineswegs.

Aehnlich verhält es sich mit dem Caffein, welches eine entschiedene Einwirkung auf die Stickstoffausscheidung nach meinen am Hunde angestellten Versuchen⁸ nicht zeigte, während die CO₂-Ausscheidung etwas gesteigert war und die stündliche Wärmeabgabe bei gleicher Temperatur und Feuchtigkeit der Luft keine Aenderung erkennen liess. Untersuchungen über die Einwirkung des Kaffee's auf den Stoff-

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. XV, S. 252.

² Vergl. oben S. 712.

³ Arbeiten aus d. physiolog. Anstalt zu Leipzig. 1868. S. 154.

⁴ Arch. de physiol. norm. et pathol. 1877. p. 146.

⁵ Zeitschr. f. Biologie. Bd. X, S. 361.

⁶ *E. A. Parkes* u. *Cyp. Wollowicz*, Proceed. of the roy. Soc. 1870. No. 120 u. 123. — *Fokker*, Nederland. Tijdschr. voor Geneeskunde. 1871.

⁷ Verhandl. d. physiolog. Gesellsch. zu Berlin. 1879. No. 6.

⁸ Wegen der sehr geringfügigen Resultate nicht publicirt; eine kurze unvollständige Notiz über dieselben in Deutsche Klinik 1857. No. 19.

wechsel von *Boecker*, *J. Lehmann*, *Hammond* am Menschen ergeben zum Theil bedeutende Abnahme der Harnstoffausscheidung, während die ausgedehnteren und wegen gleichbleibender Ernährung zuverlässigeren am Hunde ausgeführten Versuche von *Voit*¹ keine Aenderung der Harnstoffausscheidung durch den Kaffee nachweisen.

Die Einwirkung medicinisch verwendeter auch giftiger Substanzen wie *Digitalis*, *Digitalin*, welche nach *Mégevand*² Verminderung der Harnstoffausscheidung bewirken, ferner von *Morphium* und *Chinin*, von denen besonders das letztere nach *v. Boeck*³ und *Kratschmer*⁴ die Harnstoffausscheidung erniedrigt, nach einem Versuche von *Oppenheim*⁵ dagegen etwas erhöht, ist in zahlreichen Arbeiten untersucht, auf welche jedoch hier nicht näher eingegangen werden kann.

Aenderungen des Stoffwechsels durch Einwirkung anorganischer Stoffe.

§ 468. Sehr mannigfaltige Erfahrungen beweisen, dass die Harnstoffmenge, welche täglich ausgeschieden wird, in Abhängigkeit steht von der Menge des ausgeschiedenen Harns, gleichgültig welche Ursache die Harnmenge vergrößert oder verringert. Da reichlicher Wassergenuss die Harnausscheidung in kurzer Zeit regelmässig ansteigen lässt, so ist die Harnstoffausscheidung in gewissem Grade abhängig von der Menge des Getränks.

Diuretische Mittel bewirken das Gleiche. Es concurriren bei der Aenderung der den Organismus durchfließenden Wasserquantitäten zwei Einflüsse, 1) werden die gebildeten Zersetzungsproducte durch mehr Wasser auch besser ausgespült und 2) steigt die Eiweisszersetzung in geringem Grade durch den reichlicheren Wasserstrom. Die letztere allerdings sehr geringe Wirkung ist allein eine dauernde. Ueber die Einflüsse der Wasserquantitäten auf die Harnstoffausscheidung sind zuerst eingehendere Untersuchungen von *Genth*⁶ ausgeführt, doch haben auch manche Arbeiten Anderer zur Kenntniss derselben

¹ *C. Voit*, Untersuchungen über d. Einfluss d. Kochsalz, des Kaffee's und der Muskelbewegungen etc. München 1860. S. 67.

² *Gaz. hebdom. de Paris*. 1870. No. 32.

³ *H. v. Boeck*, Untersuchungen über d. Zersetzung des Eiweisses im Thierkörper unter d. Einflüsse von *Morphium*, *Chinin*, *Arsenige Säure*. München 1871.

⁴ *Wien. Acad. Sitzungsber.* Bd. LXVI. III. Octbr. 1872.

⁵ *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XXIII, S. 475.

⁶ *E. A. Genth*, Untersuchungen über den Einfluss des Trinkwassers auf den Stoffwechsel. Wiesbaden 1856.

werthvolle Beiträge geliefert¹. Nach *Boecker*, *Genth*, *Kaupp* und *Mosler* ergibt sich für je 100 Cc., welche an Harn mehr ausgeschieden werden, eine Zunahme von 0,3 Grm. Harnstoff. Bei Mangel an Wasser bei der Ernährung fand *Panum*² ein Ausbleiben der sonst nach der Fütterung bald eintretenden Steigerung der stündlichen Harnstoffausscheidung.

Ueber die Einwirkung des Kochsalz auf den Stoffwechsel sind an Menschen, Hunden, Pferden, Rindern, Hammeln eine grosse Zahl von Untersuchungen von *Valentin* und *Brunner*, *Boussingault*, *Barral*, *Hegar*, *Kaupp*, *Bischoff*, *Voit*³, *Weiske*⁴ und Anderen angestellt. Aus ihnen geht hervor, dass einer Vermehrung der im Tage eingegebenen Kochsalzquantitäten nicht die Ausscheidung der gleichen Salzquantität durch den Harn folgt, dass vielmehr der Salzgehalt des Organismus selbst etwas steigt (nach *Poggiale* und *Plouvier* steigt der Chlornatriumgehalt des Blutes bei mehrere Monate fortgesetzter salzreicher Nahrung von 4,4 (?) auf 6,4 p. M). Bei Verminderung der eingeführten Salzquantität vermindert sich auch der Salzgehalt, indem im Harn zunächst mehr davon erscheint, als an dem Tage eingebracht war. Es hat sich ferner ergeben, dass Einbringung von Kochsalz die Harnmenge vermehrt, auch wenn die eingebrachte Wassermenge gering oder selbst Null war. Der reichlicheren Harnausscheidung entspricht stärkerer Durst. Mit der reichlicheren Harnquantität vergrössert sich auch die Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs in der gleichen Weise, wie es oben bereits geschildert ist. Bei reichlichem Schweiss kann auch in diesen eine beachtenswerthe Chlorquantität übergehen. Die Fäces sind fast ganz frei von Chlor.

Ueber den Einfluss der Entziehung des Kochsalzes in der Nahrung auf Chlorgehalt von Blut und Harn und auf den Stoffwechsel sind Untersuchungen von *Wundt*⁵, von *Klein* und *Verson*⁶, *Schenk*⁷, *Kem-*

¹ *Mosler*, Arch. f. wiss. Heilk. Bd. III, S. 398. — *Falck*, Arch. f. physiol. Heilk. Bd. XII, S. 150. — *Kaupp*, Ebendas. 1856. S. 555. — *Beneke*, Arch. f. wiss. Heilk. Bd. I, S. 418.

² Jahresber. f. Thierchem. 1874. S. 369.

³ *C. Voit*, Untersuchungen über d. Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees etc. auf den Stoffwechsel. München 1860. Vergl. hier auch die Literatur bis dahin.

⁴ Journ. f. Landwirthsch. 1874. S. 370.

⁵ Journ. f. pract. Chem. Bd. LIX, S. 354.

⁶ Wien. Academ. Sitzungsber. 1867. S. 627.

⁷ Vergl. oben S. 436 u. S. 879.

*merich*¹ zu erwähnen, auch einige Angaben von *Forster*² über Stoffwechselversuche unter Entziehung der Aschenbestandtheile aus der Nahrung kommen hier in Betracht. Wie früher bereits erwähnt ist, verliert das Blut bei Mangel an NaCl in der Nahrung nur langsam von seinem Kochsalzgehalt, während die Kochsalzausscheidung durch den Harn sehr schnell und tief sinkt. Der geringe Gehalt an Chlor in der Nahrung wird lange ohne erkennbare Störung vertragen.

§ 469. Schwefelsaure Verbindungen finden sich in den Ausscheidungen der Thiere regelmässig, weil bei der fortdauernd in ihnen stattfindenden Zersetzung von Eiweissstoffen der grösste Theil des den Eiweissstoffen zugehörigen Schwefels als schwefelsaures oder ätherschwefelsaures Salz im Harne auftritt. Auch die Fäces können verschiedene Quantitäten von Sulfaten enthalten. Ueber die Ausscheidung der Sulfate durch den Harn, die Änderungen, die sie bei Einführung von freier Schwefelsäure oder von Sulfaten in den Magen erleiden und die Einwirkung, welche die frei eingeführte Säure auf die Harnstoffproduction und Ammoniakausscheidung im Harne erkennen lässt, ist bei dem Harne schon ausführlich berichtet. Es verdient hier noch hervorgehoben zu werden, dass bei Muskelarbeit *Pettenkofer* und *Voit*³ keine Vermehrung der Schwefelsäureausscheidung fanden, dasselbe Resultat erhielt *Byasson*⁴, während von *C. G. Lehmann* und ebenso von *G. J. Engelmann*, *Pavy* und *Flint*⁵ eine solche beobachtet ist.

*Seegen*⁶ erhielt bei Einführung mässiger Mengen von Natriumsulfat eine Verminderung der Stickstoffausscheidung, *Voit*⁷ dagegen ziemlich gleiche Quantitäten von Stickstoff im Harne mit und ohne Glaubersalz und *Kratschmer*⁸ bei erhöhtem Appetit Steigerung der Harnstoff- und Phosphorsäure-Ausscheidung nach Einführung von Natriumsulfat.

Ueber die Nothwendigkeit der Phosphorsäure in der Nahrung

¹ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. II, S. 75.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. IX, S. 297.

³ Zeitschr. f. Biologie. Bd. II, S. 459.

⁴ *Byasson*, Essai sur la relation qui existe à l'état physiologique entre l'activité cérébrale et la composition des urines. Paris 1868.

⁵ Vergl. oben S. 951.

⁶ Wien. Acad. Sitzungsber. Bd. XLIX. 1864.

⁷ Zeitschr. f. Biologie. Bd. I, S. 196.

⁸ Wien. Acad. Sitzungsber. Bd. LXIII. (III) 10. Octbr. 1872.

der Thiere und ihr regelmässiges Vorhandensein in allen Zellen, Knochen, im Harn und Fäces ist bereits an mehreren Orten die Rede gewesen. Lecithin mit der Nahrung eingeführt wird im Darmcanale leicht zer-
setzt und die Phosphorsäure resorbirt, schwieriger ist die Verdauung
des Nuclein und es tritt deshalb bei nucleinreicher Nahrung bedeutender Verlust von Phosphorsäure durch Uebergang von phosphor-
säurereicher Substanz in die Fäces ein.

Kalium- und Natriumsalze sind bei der gewöhnlichen animalischen und vegetabilischen Ernährung im Harn, sowie in der Nahrung regelmässig vorhanden. In wie weit Zufuhr von Kaliumverbindungen zur Entwicklung und Wachsthum der verschiedenen Organe des Thierkörpers nothwendig sind¹, ergiebt sich aus keiner mir bekannten Versuchsreihe unzweifelhaft. *Kemmerich*² fand zwar, als er zwei gleich alte junge Hunde mit ausgekochtem Fleisch fütterte, und dem einen das Salzgemisch des Fleischextractes mit etwas Kochsalz dazu gab, dem andern nur Kochsalz reichte, dass der erstere in 26 Tagen viel kräftiger und schwerer als der zweite war und dass dieser letztere schnell an Gewicht und Kräften zunahm, als ihm die Fleischsalze mit der Nahrung gereicht wurden, aber dieser Versuch giebt nur die Entscheidung, dass beim Mangel an Phosphorsäure und Kalium die Entwicklung behindert ist.

Auch bei sehr kochsalzreicher Nahrung wird der Organismus nicht gehindert, die für die Entwicklung und die Functionen der Muskeln, Gehirn, Leber, Blutkörperchen u. s. w. erforderlichen Kaliumverbindungen einzunehmen und festzuhalten; hierfür liefern die Seethiere den schlagenden Beweis, indem ihre Organe reich an Kalium sind. Die Versuche von *Böcker*³ am Menschen, von *Reinson*⁴ am Hunde und von *Bunge*⁵ am Menschen ergeben zwar, dass bei Vergrösserung der Natriumzufuhr die Kaliumausscheidung steigt, es ist aber sehr unwahrscheinlich, dass bei länger dauernder Verabreichung von viel Natriumsalz die Kaliumausscheidung in ähnlicher Weise erhöht bliebe. Es ist auch sehr unwahrscheinlich, dass durch Mangel an Kalium und Ueberschuss an Natrium in der Nahrung bei Seeleuten auf langen

¹ Vergl. oben Thl. I, S. 61.

² Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. II, S. 75.

³ Prager Vierteljahrsschr. 1874. Bd. IV, S. 117.

⁴ *Ed. Reinson*, Untersuchungen über d. Ausscheidung des Kali und Natrons durch den Harn. Diss. Dorpat 1864.

⁵ Zeitschr. f. Biologie. Bd. XI, S. 3.

und beschwerlichen Expeditionen der Scorbut hervorgerufen werde, wenn auch die Heilung dieser Affection durch frische Vegetabilien, die sehr reich an Kalium sind, hierfür zu sprechen scheint.

Nach Untersuchungen von *Bunge* hat reichlicher Kaliumgehalt in der Nahrung einen Verlust von Natrium durch den Urin zur Folge, doch ist nicht festgestellt, dass durch kaliumreiches Futter der Thiere eine besondere Störung der Verdauung und des Stoffwechsels erfolgt.

§ 470. Durch mehrere Versuchsreihen an Tauben und hauptsächlich an Hunden ist *Forster*¹ zu dem Resultate geführt, dass die Zufuhr der für den Organismus erforderlichen Salze eine geringere sein kann, als den bisherigen Annahmen entspricht. Bei Ernährung von Hunden mit Fleischrückständen, die mit heissem Wasser extrahirt waren, daneben mit Fett und Amylum (die Fleischrückstände enthielten noch etwas Kalium- und Calciumphosphat und Eisen) wurden weniger Aschebestandtheile ausgeschieden, als in gleicher Zeit und unter sonst gleichen Verhältnissen bei vollständigem Hunger. Bei der stärksten Zufuhr organischer Nährstoffe wurden diese Salze am geringsten ausgeschieden. Bei fortgesetzter Fütterung mit fast aschefreier Nahrung stellten sich Zittern und Muskelschwäche, Stumpfsinn und schliesslich Krämpfe ein. Die Thiere gingen unter langsamer Gewichtsabnahme und Störung der Verdauung zu Grunde.

In einer späteren Untersuchung ist von *Forster*² gefunden, dass bei der eben bezeichneten Ernährung Hunde viel mehr Calcium ausscheiden, als ihre Weichtheile enthalten konnten; nach *Forster's* Deduction mussten die Knochen der Thiere ärmer an Calcium geworden sein. Die Ergebnisse von *Forster* und die von *Weiske*³ hinsichtlich der Einwirkung von Calcium- oder Phosphorsäure-Mangel in der Nahrung auf die Zusammensetzung der Knochen kann man nach den Worten *Forster's* leicht für verschiedene halten, dies ist jedoch im Wesentlichen nicht der Fall, es ist vielmehr, wie dies durch Versuche von *Zalesky*⁴ über die Änderung der Knochenzusammensetzung bei grosser Calciumzufuhr einerseits, grosser Natriumphosphatzufuhr andererseits ermittelt ist, das Verhältniss von Phosphorsäure und Calcium im Knochen unabänderlich; es kann der ganze Knochen zu- und abneh-

¹ Zeitschr. f. Biologie. Bd. IX, S. 297. — Vergl. auch Sitzungsber. d. Bayer. Acad. d. Wiss. 1871. 4. Febr. Mittheilung von *Voit*.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. XII, S. 464. 1876.

³ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, S. 179; Bd. X, S. 411.

⁴ Vergl. oben Thl. I, S. 102 u. 106.

men, aber nie das Verhältniss von Phosphorsäure, Calcium und Knochenknorpel ein anderes werden.

Die Nothwendigkeit der Aschenbestandtheile, auch abgesehen von den Knochen, für die Erhaltung der Organismen und jedes ihrer Organe ist zuerst von *Liebig* klar ausgesprochen. Alle geschilderten Versuche haben die Richtigkeit der Ansicht *Liebig's* ergeben und zugleich nachgewiesen, dass bei Mangel an Aschebestandtheilen in der Nahrung zwar fortdauernd Aschebestandtheile ausgeschieden werden, aber nur in sehr geringer Menge, indem die durch normale Zersetzung der Organe frei werdenden Aschebestandtheile bei genügender Zufuhr organischer Nährstoffe wahrscheinlich immer von Neuem zur Ausbildung und Function der Organe Verwendung finden¹.

Aenderungen des Stoffwechsels durch anorganische medicamentöse und giftige Körper.

§ 471. Zahlreiche medicinische Erfahrungen lehren, dass längerer Gebrauch von Jodkalium, auch von Quecksilberpräparaten, Abmagerung und Schwäche zur Folge hat; es ist hiernach zu erwarten, dass bei Vergleichung der Nahrungseinnahme mit den Ausscheidungen sich eine Vergrösserung der letzteren bei Anwendung dieser Präparate herausstellen wird. *v. Boeck*² hat, von diesem Gesichtspunkte ausgehend, bei 2 Männern, von denen der eine wegen Syphilis mit der Inunctionskur, der andere wegen des gleichen Leidens mit Jodwasserstoff (täglich 1,5 Grm. HJ) behandelt wurde, einige Tage vor dieser Behandlung, dann während derselben die Einnahmen und Ausgaben durch Harn und Koth bestimmt und in Vergleich gestellt. Der mit Quecksilber behandelte Patient erhielt sich vor der Inunctionskur im Stickstoffgleichgewicht und schied während der Behandlung unwesentlich mehr Stickstoff aus. Der mit Jodwasserstoff behandelte Kranke schied nicht so viel Stickstoff aus, als er in der Nahrung einnahm. *v. Boeck* glaubt aus seinen Versuchen schliessen zu müssen, dass beide Arzneimittel keine Aenderung im Umsatz der Eiweisstoffe bewirken. Es ergibt sich aber aus seinen Angaben, dass der Koth während der Behandlung reichlicher und etwas stickstoffreicher gewesen ist, ihre Verdauung scheint sonach durch die Behandlung etwas benachtheiligt gewesen zu sein; ausserdem waren beide krank. *Rabuteau*³ fand, als

¹ Vergl. *Voit*, Sitzungsber. d. Bayer. Acad. d. Wiss. 4. Decbr. 1869.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 393.

³ *v. Boeck*, a. a. O., S. 407. — *Gaz. hebdom.* 1869. No. 9.

er 8 Tage lang täglich 1 Grm. KJ oder NaJ einnahm, eine bedeutende Harnstoffverminderung im Harn, die nicht wohl erklärlich erscheint.

Von sehr hohem Interesse ist die Einwirkung des Phosphor auf den Stoffwechsel, ja man kann sagen, es ist kein anderer Stoff bekannt, dem in dieser Hinsicht ein gleiches Interesse zukäme.

Es ist oben bereits davon die Rede gewesen¹, dass nach Einnahme von Phosphor Leucin und Tyrosin in der Leber gefunden werden, dass bei Menschen Tyrosin bei dieser Vergiftung auch in den Harn übergehen kann²; es ist ferner erwähnt, dass bei Phosphorvergiftung viel Fett in der Leber gefunden wird.

Stoffwechseluntersuchungen bei dieser Vergiftung sind zuerst von *Storch*³, dann von *Bauer*⁴ zum Theil mit *Lewin*, an Hunden, von *Fränkel*⁵ an Hühnern ausgeführt. *Storch* fand, dass beim Hunde im Hungerzustande Vergiftung mit Phosphor eine erhebliche Vergrösserung der Harnstoffausscheidung und schnellere Abnahme des Körpergewichts bewirkt, als es durch den Hungerzustand ohne Phosphor geschieht. *Bauer* erhielt unter den gleichen Verhältnissen des Thieres gleichfalls bedeutende Zunahme der Stickstoffausscheidung im täglich entleerten Harne nach Eingabe von Phosphor. Der grosse Hund *Bauer's* verlor in 5 Tagen bei Hunger und Phosphor 5 Kilo an Gewicht. Mit dem kleinen Respirationsapparate von *Voit* (nach dem Vorbilde des Apparates von *Pettenkofer* construiert) ist von *Bauer* auch eine Vergleichung der bei Phosphorvergiftung ausgeschiedenen CO₂ und des in der Respiration abgegebenen Wassers im Vergleich mit den an den beiden letzten Tagen vor dieser Vergiftung bei Hunger allein erhaltenen Resultaten ausgeführt. Es wurde am dritten Hungertage bei Einwirkung von Phosphor weniger CO₂, auch weniger Wasser ausgeschieden und geringere Sauerstoffaufnahme berechnet, als an den beiden vorhergehenden Hungertagen; doch ist dieses Resultat noch nicht als beweisend anzusehen.

Fränkel fand bei Hühnern constant Vermehrung der Harnsäureausscheidung nach Einbringung von Phosphor.

Auf die Darlegung des wahrscheinlichen causalen Zusammen-

¹ S. 718.

² Vergl. S. 874.

³ O. *Storch*, den acute Phosphorvergiftung, Kopenhagen 1865.

⁴ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, S. 63; Bd. XIV, S. 527.

⁵ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. IV, S. 439.

hanges der Phosphoreinwirkung mit den beobachteten Aenderungen im Stoffwechsel wird unten bei der zusammenfassenden Schilderung der bisherigen Resultate der Stoffwechseluntersuchungen, besonders rücksichtlich der Eiweisszersetzung und der Fettbildung, näher eingegangen werden.

Versuche von *v. Boeck*¹ über die Einwirkung geringer Gaben arseniger Säure auf einen Hund im Hungerzustand ergaben keine bestimmte, als Wirkung der arsenigen Säure aufzufassende Aenderung der Stickstoffausscheidung im Harn. Dagegen fand *Weiske*² bei Fütterung von zwei Hammeln unter Zusatz von 5 bis 180 Milligr. As_2O_3 zum Futter eine Steigerung der Wasseraufnahme und geringe Verminderung der Stickstoffausscheidung. *Gähtgens*³ und *Kossel*⁴ erhielten beim hungernden Hunde durch Eingabe von arsenigsaurem Natron eine Steigerung der Stickstoffausscheidung. Dieselbe Einwirkung zeigte auch Antimonoxyd im Brechweinstein.

Eingabe mässiger Mengen von Eisenchlorid in grosser Verdünnung zeigte in einem von *Munk*⁵ an einem Hunde ausgeführter Stoffwechselversuch keine Einwirkung auf die Stickstoffausscheidung; *Rabuteau*⁶ hatte hierbei eine Steigerung dieser Ausscheidung beobachtet.

Veränderungen des Stoffwechsels in Krankheiten.

1. Fieber.

§ 472. Kein anderes Symptom kennzeichnet die fieberhafte Erkrankung so bestimmt und keins giebt einen besseren Maassstab zur Beurtheilung des Grades der Erkrankung, als die Temperaturerhöhung im Innern des Thierkörpers unter äusseren Verhältnissen, unter welchen gesunde Individuen ihre normale Temperatur unverändert erhalten. Wird ein Fieberkranker in ein kaltes Bad gebracht, so tritt Erniedrigung seiner Bluttemperatur ein, nach dem Bade steigt aber die Temperatur wieder, so dass eine dauernde Ursache der Temperaturerhöhung vorhanden sein muss. Man hat auf zwei verschiedene Weisen das Steigen der Temperatur beim Fieber im Innern des Körpers zu erklären versucht. Die Einen haben angenommen, dass eine krankhafte

¹ A. a. O. — Zeitschr. f. Biologie. Bd. XII, S. 512.

² Journ. f. Landwirtschaft. Bd. XXIII, S. 317.

³ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 833 u. S. 321.

⁴ Arch. f. exper. Pathol. Bd. V, S. 128.

⁵ Verhandl. d. physiol. Gesellsch. zu Berlin. 3. Januar 1879.

⁶ Compt. rend. T. LXXXVI, p. 1169.

Verminderung des Wärmeverlustes die Ursache der Steigerung sei, die Andern haben dagegen in übermässiger Wärmeproduction die Ursache gesehen. Beide Erklärungen sind an sich ungenügend, denn wie ich vor längerer Zeit in Versuchen am Hunde gefunden habe¹, wird durch Verminderung des Wärmeverlustes bei gesunden Individuen eine Erniedrigung der Innentemperatur des Körpers reflectorisch hervorgerufen, und ferner ist bekannt, dass bei bedeutender Steigerung des Stoffwechsels durch sehr reichliche Ernährung keine wesentliche Steigerung der Bluttemperatur resultirt, weil entsprechend der grösseren Wärmeproduction auch der Wärmeverlust nach aussen steigt.

Durch zahlreiche und verschiedenartige Untersuchungen am Menschen und an Thieren ist festgestellt, dass der Stoffwechsel im Fieber nicht unbedeutend erhöht ist. Zuerst wurde von *Huppert* und *Riesell*² an Pneumonikern die bedeutende Steigerung der Harnstoffausscheidung während des Fieberstadiums nachgewiesen, dann von *Senator*³ am Hunde bei künstlichem Fieber, von *Riesenfeld*, *Unruh*, *Wyss* und *Bock* und *Schultzen*⁴ dasselbe Resultat erhalten. Von *Schimanski*⁵ ist an Hühnern, welche nach Eiterinjection mit Erhebung der Körpertemperatur fieberten, mochten sie im Hungerzustande oder im Stickstoffgleichgewicht sein, erhebliche Zunahme der ausgeschiedenen Harnsäure und der gesammten Stickstoffausscheidung nachgewiesen. Nach *Warfvinge*⁶ steigt die Harnstoffausscheidung im exanthematischen Typhus nicht parallel der Temperaturerhebung, sondern kann dabei gering sein und später bei bereits eingetretener Erniedrigung der Temperatur in die Höhe gehen. Im Gegensatz hierzu haben *Naunyn*⁷ und *Sidney Ringer*⁸ starke Steigerung der Harnstoffausscheidung schon vor der wesentlichen Erhöhung der Körpertemperatur gefunden.

¹ Arch. f. pathol. Anat. Bd. XI, S. 453. 1857.

² *Huppert*, Arch. f. Heilk. Bd. VI, S. 236; Bd. VIII, S. 343. — *Huppert* u. *Riesell*, ebendas. Bd. X, S. 329. — *A. Riesell*, Untersuchungen über den Stickstoffumsatz in einem Falle von Pneumonie. Diss. Leipzig 1869.

³ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. 1871. 1873. — Arch. f. pathol. Anat. Bd. XLV, S. 351. — *H. Senator*, Untersuchungen über d. fieberhaften Process und seine Behandlung. Berlin 1873. Darin Uebersicht der früheren Harnstoffbestimmungen auf S. 97; zugleich Literatur hierüber.

⁴ Charité-Annalen. Bd. XV, S. 153.

⁵ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. III, S. 410. 1879.

⁶ *Maly*, Jahresber. f. Thierchemie. 1877. S. 247.

⁷ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870. S. 159.

⁸ *Senator*, a. a. O., S. 107.

Die Erhöhung der Sauerstoffaufnahme und der CO_2 -Ausscheidung wurde an einem fiebernden Meerschweinchen von *Pflüger* und *Colasanti* gemessen, die erhöhte CO_2 -Ausscheidung im Fieber von *Liebermeister* am Menschen, von *Senator*, von *Leyden* und *Fränkel*¹ am Hunde constatirt². *Geppert*³ findet bei Untersuchung der Blutgase im Fieber den Sauerstoffgehalt normal, den Gehalt an CO_2 sehr erniedrigt, diese Aenderung aber erst im weiteren Verlaufe des Fiebers; er glaubt, dass im Fieber die durchschnittliche Gewebsalkalescenz verringert sei. Von *Liebermeister*, von *Senator* und von *Leyden* ist nachgewiesen, dass die Wärmemenge, welche ein Fiebernder in bestimmter Zeit nach aussen abgibt, viel höher ist, als die von einem gesunden Menschen unter denselben Verhältnissen abgegebene. Es wäre für die genauere Kenntniss des Fiebers wichtig, diese Bestimmungen der in der Zeiteinheit abgegebenen Calorien mit schärferen Methoden zu wiederholen; bei den bisher ausgeführten Versuchen fehlt es an Bestimmungen des ausgeathmeten Wasserdampfes, ein Mangel, der sich durch Versuche mit dem *Pettenkofer'schen* Respirationsapparate beseitigen lässt.

Ein sehr constantes Symptom des Fiebers ist die Abnahme der meisten Drüsensecrete. Speichel und Magensecret werden bei heftigem Fieber fast gar nicht abgeschieden, auch die Menge der Galle und des Harns scheint im Fieber stets vermindert zu sein. In der Leber schwindet schnell das Glycogen, im Harne nimmt die Chlorausscheidung ab und bei heftigem Fieber fehlt das Chlor im Harne oft fast ganz. Der Harn wird dann reich an rothbraunen Farbstoffen, über deren Zusammensetzung und Zusammenhang nur wenig bis jetzt ermittelt ist.

Nach *Salkowski*⁴ wird von Fiebernden nur sehr wenig Natrium im Harne ausgeschieden; die Natriumausscheidung steigt dann sehr schnell nach eingetretener Krisis; es sinkt nun die Menge des ausgeschiedenen Kalium und steigt erst wieder mit der Einnahme reichlicher Nahrung in der Reconvalescenz.

§ 473. Im § 463 ist bereits erwähnt, dass sowohl die Harnstoffausscheidung, als auch die Sauerstoffaufnahme und CO_2 -Ausscheidung erheblich gesteigert werden, wenn ein gesundes Thier durch äussere Application von Wärme eine Erhöhung seiner Körpertempe-

¹ Arch. f. pathol. Anat. Bd. LXXVI, S. 136. 1879.

² Vergl. über diese Respirationsuntersuchungen oben Thl. III, S. 584 bis 588.

³ Zeitschr. f. klin. Med. Bd. II. Heft 2.

⁴ Arch. f. pathol. Anat. Bd. LIII, S. 209.

ratur erfährt. Man hat daher die Vermuthung ausgesprochen, dass der erhöhte Stoffwechsel durch die hohe Eigentemperatur im Fieber verursacht sei, es lässt sich jedoch leicht nachweisen, dass die Schlussfolgerungen, die zu dieser Meinung geführt haben, der nöthigen Begründung entbehren, auch wenn man von dem Ergebniss der oben erwähnten Versuche von *Naunyn*, nach welchem die hohe Eigentemperatur später eintritt, als die Harnstoffzunahme, ganz absieht.

Wenn man ein Thier von aussen erhitzt, so tritt Steigerung der Körpertemperatur nur dann bald ein, wenn die vom Thier geathmete Luft für die hohe Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist. Hunde zeigen unter solchen Verhältnissen eine möglichst gesteigerte Respirationsfrequenz (selbst über 200 in der Minute, wie ich dies vor langer Zeit bereits beschrieben habe¹), welche durch ihre Muskelactionen die Sauerstoffaufnahme, CO₂-Ausscheidung und Eigentemperatur des Thieres erhöht. Es ist hier die Wärmeabgabe nicht allein Null, sondern sogar in's Gegentheil verkehrt. Steigt nun unter solchen Verhältnissen die Bluttemperatur von 38° auf 41°, so ist von der Wärme, die im Thiere durch chemische Processe entstanden ist, nichts verloren gegangen und diese Wärme muss kleiner sein, als die Anzahl der Calorien, die erforderlich ist, um das Thier von 38° auf 41° zu erwärmen. Wenn dagegen im Fieber die Temperatur des Thieres von 38° auf 41° steigt, so hat das Thier hierbei besonders durch die Respiration sehr viel Wärme verloren, die Leistungen des fiebernden Thieres bei 41° sind also um ein Erhebliches grösser, als die des durch äussere Wärmeapplication und Verhinderung der Wasserverdunstung auf 41° erhitzten Thieres, und da dieser Ueberschuss der Wärmeproduction nur durch chemische Processe im fiebernden Thiere entstanden sein kann, so ist also der Stoffwechsel des fiebernden Thieres grösser als der des gleichen aber künstlich auf dieselbe Temperatur erhitzten Thieres. Der erhöhte Stoffwechsel im Fieber ist also nicht als Wirkung der hohen Fiebertemperatur erklärlich, er muss andere Ursachen haben.

Der erhöhte Stoffwechsel, welchen ein Thier im Fieber vollzieht, kann aber von demselben bei guter Gesundheit recht wohl ausgeführt werden ohne Erhöhung der Eigentemperatur, es muss sonach der Wärmeverlust im Fieber geringer sein, als bei gleichem Stoffwechsel

¹ Arch. f. pathol. Anat. Bd. XI, S. 453. 1857.

in gesunden Tagen, obwohl, wie oben erwähnt, nachgewiesen ist, dass der Wärmeverlust durch die Haut im Fieber den der gesunden Individuen bei normaler Eigentemperatur übertreffen kann. Es muss ausserdem eine dauernde Ursache der Incongruenz von Wärmeproduction und Abgabe im Fieber vorhanden sein, denn wenn man durch kaltes Bad beide herabsetzt, tritt nachher doch die hohe Körpertemperatur wieder ein.

Die Actionen, welche Fieber erzeugen, lassen noch keine einheitliche Beurtheilung zu. Das Auftreten von Fieber beim Ausbruch acuter Exantheme nach lange vorausgegangener, bis dahin latenter Infection, z. B. bei Masern, Scharlach, Blattern, ferner der Ausbruch und das Bestehen des Fiebers im Rückfallstyphus mit dem Auftreten und Andauern der Spirillen im Blute, besonders endlich das oft sehr schnelle Aufhören des Fiebers mit dem Ende bestimmter Phasen von entzündlichen Processen, wie z. B. in der Lungenentzündung, und die fast plötzliche Rückkehr normaler Temperaturen bei diesen sogenannten Krisen, alle diese Erscheinungen weisen entschieden hin auf die nahen Beziehungen des Fiebers zu Vorgängen in verschiedenen Organen, welche wohl nur auf sympathischen Nervenwegen den übrigen Organismus in Mitleidenschaft ziehen können. So lange diese Fieber veranlassenden Aenderungen im Leben der Organe und die Functionen der sympathischen Nerven nicht aus dem tiefen Dunkel, das sie noch deckt, an's Licht gezogen sind, wird auch die Frage über das Wesen und die Entstehung des Fiebers noch eine offene bleiben.

2. Leukämie.

§ 474. Die recht auffallenden Veränderungen des Blutes, der Milz, der Lymphdrüsen und des Knochenmarkes, welche die leukämische Erkrankung kennzeichnen, mussten die Hoffnung erwecken, durch chemische Untersuchungen nicht allein der Zusammensetzung des Blutes, der Leber, Milz u. s. w., sondern auch der Ausscheidungen und des Gesamtstoffwechsels, bestimmte Aufschlüsse über die Natur dieser merkwürdigen Krankheit zu erlangen, aber so zahlreich die Untersuchungen sind, so spärlich ist im Ganzen die erhaltene Ausbeute. Es scheint trotz mancher auch hier entgegenstehender Angabe wohl festzustehen, dass die tägliche Ausscheidung an Harnsäure in dieser Krankheit gegen den normalen Zustand vergrössert¹, die Harn-

¹ *Virchow*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. V, S. 108. — *H. Ranke*, Beobachtungen und Versuche über d. Ausscheidung d. Harnsäure. München 1858. — *Pettenkofer*

stoffausscheidung aber nicht wesentlich verändert ist¹. Die einzigen Respirationsuntersuchungen, die an Leukämischen ausgeführt sind², haben für die CO₂-Ausscheidung und die indirect gefundene Sauerstoffaufnahme ganz normale tägliche Quantitäten ergeben. Ueber die Abweichungen in der Zusammensetzung des Blutes bei Leukämie ist bereits oben im dritten Theile die Rede gewesen.

3. Diabetes mellitus.

§ 475. Bei Weitem mehr, als irgend eine andere Krankheit, ist die Zuckerharnruhr Gegenstand der mannigfaltigsten Untersuchungen, besonders auch des Stoffwechsels, geworden. Es ist zum Theil in lange fortgesetzten Versuchsreihen der Stoffwechsel der Diabetiker mit dem gesunder Personen unter gleichen äusseren Verhältnissen in Vergleich gestellt³. Die Zuckerharnruhr ist characterisirt durch einen Verlust von Traubenzucker im Urin, dessen Quantität für 24 Stunden um so höher ansteigt, je grössere Quantitäten von Zucker oder vielen anderen verdaulichen und resorbirbaren Kohlehydraten (ausser Mannit, Dulcit und einigen selteneren hierhergehörigen Substanzen) in dieser Zeit in den Magen eingeführt sind. Bei sehr ausgebildeter Erkrankung wird auch durch Ernährung mit Fleisch allein die Zuckerausscheidung im Harne nicht verhindert; neben bedeutenden Quantitäten Harnstoff erscheint dann auch nicht wenig Traubenzucker im Urin. Da die Diabetiker fast immer einen sehr starken Appetit haben und meist gut verdauen, auch die verdauten Stoffe leicht resorbiren, schei-

u. Voit, Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 326. — E. Salkowski, Arch. f. pathol. Anat. Bd. L, S. 174; Bd. LII, S. 58. — K. B. Hofmann, Wien. med. Wochenschr. 1870. No. 42. 43. 44. Ebenso von Schmutziger, Mosler, Fleischer u. Penzoldt, Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. XXVI, S. 1. 1880. Hier auch die weitere betreffende Literatur.

¹ Salkowski, a. a. O. Verminderung, Mosler Vermehrung, Pettenkofer u. Voit keine Verschiedenheit, Fleischer u. Penzoldt a. a. O. ebenso, nur in einer nicht statthaften Vergleichung scheinbar mehr als normal.

² Von Pettenkofer u. Voit, a. a. O.

³ Vergl. M. Traube, Arch. f. pathol. Anat. Bd. IV. 1851. — J. Seegen, Wien. med. Wochenschr. 1863. No. 14. — Derselbe, Der Diabetes mellitus. Berlin 1875. 2. Aufl. — F. Nasse, Arch. f. physiol. Heilk. 1851. S. 72. — Reich, de diabete mellito. Diss. Greifswald 1859. — Rosenstein, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XII, S. 414. — C. Gähtgens, Ueber d. Stoffwechsel eines Diabetikers etc. Diss. Dorpat 1866. — Ed. Külz, Beiträge zur Pathol. u. Therapie d. Diabetes mell. u. insipid. 2 Bde. Marburg 1874—75. — Pettenkofer u. Voit, Sitzungsber. d. Bayer. Acad. d. Wiss. 1865. Novbr. — Zeitschr. f. Biologie. Bd. III, S. 380. 1867.

den sie gewöhnlich in 24 Stunden grosse Mengen von Harnstoff aus und wenn die Nahrung nicht sehr eiweissreich ist, verlieren sie gewöhnlich durch den Harn mehr Stickstoff, als sie in der Nahrung erhalten, verlieren also von ihrem eigenen Fleisch, doch können Diabetiker bei Ernährung mit eiweissfreier Kost neben viel Zucker weniger Harnstoff ausscheiden, als Gesunde bei der gleichen Ernährung¹. Die tägliche CO₂-Ausscheidung der Diabetiker ist etwas geringer, als die gesunder Personen unter sonst gleichen Verhältnissen². *C. Schmidt* fand 770,7 Grm. CO₂ in 24 Stunden bei einem Diabetiker von 50,56 Kilo Körpergewicht, 963,9 Grm. CO₂ dagegen bei einem gesunden Manne von 63,12 Kilo Körpergewicht zu derselben Zeit. Hauptsächlich die Versuche von *Pettenkofer* und *Voit* stellen dies Resultat fest, *Böcker* und *Bartels* erhielten dasselbe Ergebniss. *Pettenkofer* und *Voit* haben auch eine verminderte Sauerstoffaufnahme und verminderte Wasserabscheidung durch die Respiration berechnet. Der Verminderung der angegebenen Respirationswerthe entspricht beim Diabetiker eine um $\frac{1}{2}$ bis 1° gegen die Norm erniedrigte Körpertemperatur.

Die Ursache der Zuckerausscheidung im Diabetes ist ebensowenig bekannt, wie der Ort der Erkrankung bei der gewöhnlichen chronischen Zuckerruhr, während eine Reihe von Fällen vorübergehender Erkrankung mit Zuckerausscheidung durch den Harn in Folge von Schlag oder Stoss auf den Kopf bekannt sind, die sich der experimentell von *Cl. Bernard* bei Thieren durch Stich in das verlängerte Mark hervorgerufenen, meist schnell vorübergehenden Glycosurie anreihen und offenbar, wie diese, als eigentliche Ursache eine Reizung des Nervencentralorgans haben, ohne dass man im Stande ist, anzugeben, wie diese Reizung der Nerven mit der Zuckerausscheidung zusammenhängt.

Giebt man einem gesunden Menschen zu seiner Nahrung noch 200 Grm. Zucker, so zersetzt er diese in seinem Organismus und scheidet entsprechend mehr CO₂ und Wasser aus, setzt auch vielleicht etwas Fett an. Giebt man aber einem Diabetiker zur gleichen Nahrung 200 Grm. Zucker, so scheidet er ungefähr so viel Zucker mehr aus und trinkt, von Durst gequält, eine reichliche Quantität Wasser, die zu dieser Ausscheidung im Harn erforderlich ist. Der Organismus des Diabetikers ist, wie hieraus sich ersehen lässt, nicht im Stande, den

¹ *Pettenkofer* u. *Voit*, a. a. O.

² *C. Schmidt*, Charakteristik der epidem. Cholera. Leipzig u. Mitau 1850. S. 160.

Zucker in normaler Weise zu zersetzen und zu verwenden; ob zugleich eine über die Norm gesteigerte Bildung von Zucker in seinem Körper stattfindet, lässt sich noch nicht schätzen, weil die normale Zuckerproduction noch ganz unbekannt ist.

Bei reiner Eiweissnahrung wird in der schweren Form des Diabetes reichlich Zucker ausgeschieden; selbst nach 26stündigem Hungern enthält der Harn nach Beobachtungen von *v. Mering* noch Zucker und durch reichliches Eiweiss wird dann die Zuckerausscheidung noch vermehrt¹.

Ueber die aus den Ergebnissen von Stoffwechseluntersuchungen gezogenen Schlussfolgerungen.

§ 476. Die möglichst vollständige Bestimmung der von einem Organismus von bestimmtem Gewicht in bestimmter Zeit aufgenommenen Nährstoffe und der von demselben in der gleichen Zeit ausgeschiedenen Zersetzungsproducte giebt uns, wenn die Verbrennungswärmen der Nährstoffe sowie der ausgeschiedenen Producte und ebenso die ausgeführten Bewegungen des Organismus in ihrer Gesamtheit bekannt sind, die Mittel zur Berechnung, wie viel die sämmtlichen im Organismus vereinigten Organe an Masse, sowie an Brennwerth, um sich so auszudrücken, zu- oder abgenommen haben, aber nur in einer Hinsicht ist uns ein Einblick in die Thätigkeit und die Umsetzung der einzelnen Organe erschlossen, in die der Muskeln, da diese allein mechanische Effecte ausführen, deren immer genauere Messung zu hoffen ist und deren Beziehung zu den chemischen Processen der Muskeln als eine bestimmte Function (im mathematischen Sinne) derselben aufgefasst werden darf. Keins der übrigen Organe hat derartige messbare charakteristische Thätigkeiten bis jetzt erkennen lassen, und wir erfahren aus den Stoffwechseluntersuchungen nicht, wie viel Leber, Nieren, Gehirn, Speicheldrüse, Knochen, Blut, Lymphe an dem in summa gemessenen Umsatz theilhaftig sind. Ebenso wenig haben wir, wenn die Ausscheidungen die Einnahmen überschreiten, eine Vorstellung darüber, aus welchem Organe die ausgeschiedenen C, H, N u. s. w. Atome entnommen sind, und ist weniger Stickstoff und Kohlenstoff ausgeschieden, als in der Nahrung eingeführt, so kann man mit *Voit* berechnen, dass der Stickstoffzunahme des Organismus entspre-

¹ *Külz*, Arch. f. exper. Pathol. Bd. VI, S. 140. — *v. Mering*, Deutsch. Zeitschr. f. pract. Med. 1877. No. 18.

chend Fleisch und dem übrigen Kohlenstoff entsprechend Fett angesetzt sei, aber wie *Voit* selbst sagt, sind Fleisch und Fett hierbei nur ideelle Grössen; man kann statt in Fleisch auch in Eiweiss, Bindegewebe oder sonstigen stickstoffhaltigen Substanzen berechnen, statt Fett Cholesterin, Zucker, Glycogen u. dergl. wählen — eine solche Berechnung hat keinen Werth und ruft, wie es vielfach geschehen ist, leicht Missverständnisse hervor.

Die directen Versuchsergebnisse von *Kern*¹ lehren, ebenso wie die allgemeine Erfahrung, dass bei ausgewachsenen Thieren überhaupt eine Production von Fleisch im engeren Sinne des Wortes nicht hervorgebracht werden kann und dass bei Mastfütterung junger Thiere wohl grösseres Gewicht erreicht wird, als bei anderer Fütterung, aber allein durch Fettproduction. Das Vorkommen einer wirklichen Fleischproduction, eines Fleischansatzes als Effect einer bestimmten starken Ernährung allein muss, wie ich glaube, durchaus geleugnet werden, während die Vermehrung der Musculatur durch Muskelthätigkeit eine bekannte feststehende Thatsache ist.

Noch bedenklicher, als die Berechnungen des Fleischansatzes und Fettansatzes sind die von *Voit* eingeführten Bezeichnungen: „Organ-eiweiss“ und „circulirendes Eiweiss“. Diese Namen sind von vielen Physiologen angenommen und es ist deshalb erforderlich, über sie eine klare Vorstellung zu gewinnen. Auf meine Erklärung, dass ich mir aus *Voit's* Publicationen eine klare Vorstellung über diese Unterscheidung nicht machen könne², hat *Voit* folgende Erläuterung gegeben³: Das circulirende Eiweiss ist nichts Anderes, als das im intermediären Saftstrom, d. h. das von den Blutgefässen aus durch die Gewebe nach den Lymphgefässen zu in Circulation befindliche gelöste Eiweiss. Es wird dann noch weiter gesagt: „Sobald das Blutplasmaeiweiss die Blutgefässe verlässt und durch die übrigen Organe in Circulation tritt, wird es dadurch Eiweiss der Ernährungsflüssigkeit oder circulirendes Eiweiss; es ist dann nicht mehr Eiweiss des Blutplasma's, welches dem Blute als einem Organe angehört und noch nicht Eiweiss der Lymph.“ Der Ort, an welchen *Voit* sein circulirendes Eiweiss versetzt, ist anatomisch nicht nachweisbar, ein mysteriöser Raum zwischen Organgewebe, Blut- und Lymphgefässen; chemisch wird ein Unterschied

¹ *Maly*, Jahresber. d. Tierchemie. 1878. S. 340.

² Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 399. 1873.

³ Zeitschr. f. Biologie. Bd. X, S. 224. 1874.

zwischen Organeiweiss und circulirendem Eiweiss nicht statuirt (beide schliessen vielleicht verschiedene Eiweissstoffe, das Organeiweiss auch andere stickstoffhaltige Zellenbestandtheile in sich ein) und schliesslich ist mit dieser ideellen Trennung für das Verständniss gar nichts gewonnen; es ist auch mehrfach ausgesprochen¹, dass man aus den Stoffwechseluntersuchungen überhaupt nichts über die inneren Vorgänge erfährt. Ich kann sonach zu keinem anderen Schlusse gelangen, als dass die genannten Bezeichnungen und Begriffe Organeiweiss und Vorraths- oder circulirendes Eiweiss nur für nutzlose und unwissenschaftliche Speculationen dienen und zu dem Glauben verleiten, dass man etwas beurtheilen könne, worüber uns bis jetzt nicht die geringste Kenntniss erwachsen ist. Mit dieser nothwendigen Kritik wird der wirkliche hohe Werth der Stoffwechseluntersuchungen von *Voit* und seinen Schülern nicht vermindert, wenn es auch vielfach nach der Darstellung, welche *Voit* wählt, scheinen kann, als sei die obige Unterscheidung eines der hauptsächlichsten Ergebnisse. Der schnellere oder langsamere Umsatz der Eiweissstoffe und der ihnen nahestehenden Körper wird sicherlich von grosser Bedeutung sein, wenn uns eine Einsicht in die Umsetzungsweise selbst erst erschlossen sein wird. Die so sorgfältig ermittelten Versuchsergebnisse sind von bleibendem Werthe, die versuchten Erklärungen oft von sehr ephemerer Bedeutung und nur gegen diese letzteren richtet sich das soeben Gesagte.

§ 477. Der chemische Umsatz in einem lebenden Thiere ist in hohem Grade abhängig von der Grösse der Zufuhr von Nährstoffen. Die zuerst von *C. G. Lehmann* gefundene Abhängigkeit der Grösse der Harnstoffausscheidung von der Menge des in den Darm eingeführten Eiweiss wurde durch alle späteren Untersuchungen von *Frerichs*, *Bidder* und *Schmidt*, *Bischoff*, *Voit* und Andern vollkommen sicher gestellt und auch die Abhängigkeit des Umsatzes von Zucker, Fett u. s. w. von der Zufuhr erkannt.

Ein bestimmtes nothwendiges Maass der Nährstoffe kann für einen bestimmten Organismus nur unter gewissen näheren Einschränkungen und Voraussetzungen aufgestellt werden. Möglichst hohe Ernährung findet ihre Grenzen in der Verdaulichkeit der Nährstoffe und Resorption der Verdauungsproducte, die möglichst niedere in der Regulation der Organe, die zur Fortdauer des Lebens bestimmte Leistungen vom Herzen, von den Respirationsmuskeln, dem Blute u. s. w. ver-

¹ Vergl. z. B. v. *Boeck*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 409.

langen und zu deren Erhaltung eine bestimmte Menge von Nährstoffen erforderlich ist, deren Feststellung aber an der Wandelbarkeit des Organismus hinsichtlich des Fettgehalts und der äusseren Einflüsse leicht scheitert. Sehr klar sind diese Verhältnisse schon von *Bidder* und *Schmidt*¹ aufgefasst, welche sagen: „Das für eine Thiergattung typische Minimum nothwendigen Stoffumsatzes ergibt sich aus der Beobachtung im nüchternen Zustande“ und „der Ueberschuss über dies unentbehrliche Maass typischen Umsatzes kann als Luxusconsumtion betrachtet werden, wenngleich das Wohlbefinden und die Energie aller Lebensfunctionen bis zu einem gewissen Grade durch Steigerung des Stoffkreislaufs wesentlich erhöht wird.“

Diese Anschauung von *Bidder* und *Schmidt*, obwohl energisch von den Schülern *Liebig's* bekämpft, ist in allen wesentlichen Punkten als völlig richtig erwiesen. Eine wirklich gute Ernährung wird natürlich beide Grenzen zu vermeiden und die vom Organismus zu leistende Arbeiten an Muskelbewegung und Wärmeproduction zu berücksichtigen haben. Fett und Kohlehydrate neben der erforderlichen Eiweissquantität in der Nahrung im richtigen Verhältniss für einen Organismus zu bestimmen, ist keine leichte Aufgabe; bei der Fleischnahrung ist auch der Leim in Anrechnung zu bringen. Vergleicht man die Quantitäten von Eiweissstoff, Kohlehydrat und Fett, welche von verschiedenen Völkern der heissen, gemässigten und kalten Zone genossen werden, so findet man zum Theil sehr bedeutende Differenzen.

Die Milch, die einzige normale Nahrung des Säuglings, zeigt merkwürdig constante Zusammensetzung und enthält Eiweissstoff, Fett und Kohlehydrat, während die viel empfohlenen und benutzten Surrogate meist weit von ihr abweichen, aber erfahrungsgemäss auch schlecht ernähren und zu Krankheiten Anlass geben. Der praktisch sehr wichtigen Aufgabe, den Stoffwechseluntersuchungsergebnissen entsprechende und die Leistungen des Körpers berücksichtigende Kossätze für Menschen aufzustellen, hat sich *Voit*² unterzogen, es würde aber hier zu weit führen, auf diese praktischen Ergebnisse einzugehen.

§ 478. Die chemischen Processe und die Leistungen der Orga-

¹ *Bidder* u. *C. Schmidt*, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau u. Leipzig 1852. S. 292.

² *C. Voit*, Ueber d. Kost in öffentlichen Anstalten, Vortrag etc. München 1876. Vergl. besonders auch *J. Forster*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. IX, S. 381. 1873. — *Bowie*, ebendas. Bd. XV, S. 439.

nismen gehen nicht ununterbrochen in gleicher Energie vor sich, sondern zeigen nothwendige periodische Schwankungen, und zwar bei Kaltblütern mit dem Wechsel der Jahreszeiten, ähnlich sämmtlichen Pflanzen der kalten und gemässigten Zone und sehr vielen auch der heissen Klimate. Bei Warmblütern ist vielfach Aehnliches wahrnehmbar, aber weniger sicher und constant, dagegen zeigt sich bei diesen sehr entschieden die Nothwendigkeit des Schlafes für bestimmte Minima der Tageszeit, des Zustandes, in welchem die Erregung der Sinnesnerven auf ein Minimum herabgedrückt ist, die Frequenz der Herzpulsationen sowie der Athemzüge und die CO₂-Ausscheidung sinken, zugleich die Körpertemperatur hinuntergeht, soweit die Verhältnisse im Uebrigen es nach der Regulation zulassen. Dem Schläfe geht die Ermüdung voraus, welche zum Eintritt des Schlafes nur gering zu sein braucht, wenn möglichst wenig Reize die Nervenendapparate treffen, die dagegen sehr gross sein muss, wenn trotz einwirkender Reize (mögen sie von aussen oder von sehr thätigen oder erkrankten inneren Organen den Nerven zukommen) der Schlaf eintreten soll¹. Er stellt sich natürlich sofort ein, wenn die sensiblen und Sinnesnerven gelähmt sind (Narcotica, Anästhetica, starke Abkühlung) und die Schwierigkeit oder Unmöglichkeit, bei völliger Lähmung die Schlafenden zu erwecken, ist leicht ersichtlich; es ist hierbei auch gar nicht möglich, zu erkennen, ob die Nervencentralorgane selbst an der Lähmung participiren. Im Wesentlichen und ursprünglich ist der Schlaf eine Erniedrigung der Nervenactionen, die Thätigkeit der Muskeln scheint nur secundär nachzulassen und ist bei vielen Thieren während des Schlafes zwar nie grösser als im wachen Zustande, aber nicht ganz unerheblich, z. B. bei Vögeln und Pferden, die stehend schlafen und im Schläfe zum Theil ihr Gleichgewicht gut erhalten. Die zur Erweckung eines schlafenden Warmblüters als Reiz zu verwendende Kraft ist in allen Fällen im normalen Zustande eine ganz geringe.

Inwieweit drüsige Organe im Schläfe ihre Thätigkeit ermässigen, ist nicht entschieden; die Harnstoffausscheidung sinkt während des Schlafes, wenn überhaupt, nur gering.

Sehr erhebliche Aenderung erleidet der Stoffwechsel der Organe bei dem Reifen der Eier und des Samens bei Kaltblütern, der Brunst und der Schwangerschaft bei Säugethieren. *Miescher-Rüsch*² hat be-

¹ Vergl. auch *Pflüger*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. X, S. 478.

² *F. Miescher-Rüsch*, Statistische u. biolog. Beiträge etc. 1880. Vergl. oben S. 951.

stimmt nachgewiesen, dass die Rheinlachse, welche während ihres langen Verweilens im Rhein sich fortdauernd im Hungerzustande befinden, während der Zeit von Mitte December bis zum nächsten November eine fortgehende Zunahme des Gewichtes der Eierstöcke der Weibchen zeigen mit besonders schneller Zunahme des Gewichtes im August, September, October bis zur Laichzeit, Mitte November bis Mitte December (im März ist der Eierstock noch ungefähr 1 pCt. vom Körpergewicht und im November 23 pCt. desselben), dass ebenso die männlichen Geschlechtsdrüsen im Mai und Juni noch 1 bis 2 pCt., im September 5 bis 6 pCt. des Körpergewichtes betragen, dass umgekehrt in dieser Zeit die Muskeln sich verhalten, indem beim Weibchen im März die Rumpfmuskeln im Durchschnitt 33,6 pCt. Trockensubstanz und darin 18,45 pCt. Eiweiss, im Juli, August 26,8 pCt. Trockensubstanz und darin 17,5 pCt. Eiweiss und im November nur 18,5 pCt. Trockensubstanz und 13,2 pCt. Eiweiss im Mittel enthalten, dass endlich während des Reifens der Eierstöcke das mittlere Körpergewicht der Thiere von Mai bis October in regelmässiger Curve fällt. *Miescher-Rüsch* berechnet aus seinen zahlreichen Bestimmungen, dass während des Reifens der Eierstöcke die Rumpfmuskeln 43 pCt. an Gewicht verlieren und der übrig bleibende Rest um 21 pCt. an Eiweiss ärmer wird. Von diesem Material bildet sich bei einem Weibchen der im Durchschnitt 1888 Grm. schwere Eierstock, der beim Eintritt aus dem Meere in das Süsswasser nur ungefähr 280 Grm. gewogen hat, so dass 1608 Grm. von den Muskeln im Körper des hungernden Thieres geliefert werden. Auch der Fettgehalt der Thiere nimmt während dieser Zeit von über 10 pCt. auf fast Null ab. Leber, Magen, Darm verlieren gleichfalls an Gewicht, dagegen bleiben die Musculatur der Brust-, Rücken- und Afterflosse, des Kiefers und des Zungenbeins, auch der obere und der untere Längsmuskel und die Schwanzmuskeln intact und ohne Trübung ihrer Substanz, wie sie im grossen Seitenrumpfmuskel während des Reifens des Eierstocks beobachtet wird. Auch bei den Männchen fällt der Eiweissgehalt der Rumpfmuskeln während des Reifens der Samendrüsen von 17,9 bis 19 pCt. im März auf 13 bis 14,3 pCt. im Januar. Beim Männchen erfordern die Samendrüsen weniger Eiweiss zum Reifen, als die Eierstöcke beim Weibchen, während ihre grosse Lebhaftigkeit und Erregbarkeit wahrscheinlich einen grösseren Eiweissverbrauch bedingt, als beim viel ruhigeren Weibchen.

Diese Untersuchungen von *Miescher-Rüsch* eröffnen ein neues

physiologisches Gebiet, über das man wohl manche Vermuthung, aber bis dahin keine exacte Vorstellung haben konnte; wir finden die massige Ausbildung des einen Organs auf Kosten eines andern, dessen Substanz vom ersteren geradezu aufgezehrt wird. Die aus dem Meere aufsteigenden Thiere bringen eine kräftige Musculatur und reichliches Fett in sich herauf und wenn der Ort des Laichens erreicht ist, verwandeln sich Muskeln und Fett grossentheils in Eier und in Samen.

Diese Thatsachen stehen sicherlich nicht isolirt. Die Pflanzen mit ihrer Uebertragung des Amylum, der kostbaren Phosphorsäure, der Eiweissstoffe und Fette aus den Blättern u. s. w. in Samen, Knospen, Knollen, Zwiebeln für die neuen Generationen, während die Blätter vergilben und welken, die Verwandlung der Raupen in den Puppen zu Schmetterlingen, die Umwandlung der Batrachierlarven in die ausgebildeten Thiere bieten zum Theil sehr prägnante Beispiele der Stoffwanderung von einem Organe zum andern. Auch mehrere pathologische Erscheinungen, besonders die schnelle Abmagerung und die schliesslich tödtliche Entkräftung des Körpers bei schnell wachsenden Carcinomgeschwülsten scheinen auf ähnlichen Wanderungen der Stoffe aus einem Organ in das andere zu beruhen, aber nirgends, ausser etwa in der Entwicklung des Schmetterlings, ist bis jetzt am hungernden Organismus der Thätigkeitswechsel der Organe mit solcher Evidenz erwiesen, als in den Untersuchungen von *Miescher-Rüsch* über den Rheinlachs. Die Lösung der Aufgabe, zu erklären, wie diese Wanderung geschehen könne, scheint noch nicht möglich; wenn in den Thieren die Wanderzellen zum Transport der Stoffe von einem Organ zum andern bequem erscheinen, würde hierdurch das Räthsel doch nur zu den vielen andern, die diese Zellen schon bieten, verschoben, ohne dass man der Lösung näher käme, und bei den Pflanzen mit starren Zellenwänden lassen die Wanderzellen ganz im Stich.

Ueber die Einwirkung der Brunst auf den Stoffwechsel finden sich nur wenige bestimmte Angaben. Von *Haughton*¹ wird angegeben, dass beim Hammel während der Brunst sich eine bedeutende Steigerung der Harnstoffausscheidung einstellt. *Rabuteau*² findet in der Zeit der Menstruation bei Frauen mit einem Sinken der Pulsfrequenz und geringer Verminderung der Körpertemperatur auch eine Verminderung der Harnstoffausscheidung.

¹ Lancet, 1868. No. 15. 22. 29.

² Gaz. méd. de Paris 1871. p. 22.

Rückblicke.

Die chemischen Processe im Thierkörper. Bildung und Zersetzung der Hauptbestandtheile: der Eiweissstoffe, des Glycogens und der Fette.

§ 479. Wenn man an der Hand der Thatsachen, die von den einzelnen Organen und dem gesammten Stoffwechsel in diesem Buche geschildert sind, versucht, sich ein Bild zu machen von den Vorgängen in den Organen, so steht man vor einer grossen Reihe von Räthseln, für deren Lösung sich Anhaltspunkte nicht zu bieten scheinen.

Die Veränderungen der Nahrung im Magen und Darm durch die ergossenen Secrete, deren Fermente und durch die Fäulniss, die Bildung der Fäces, die Resorption der löslichen Eiweissstoffe, Peptone, des Zuckers, der Fette, Seifen und Salze im Chylus und im Blut können wir ziemlich gut Schritt für Schritt verfolgen; wir finden diese Stoffe im Blute wieder, sowie den in der Lunge aufgenommenen Sauerstoff; wir können uns auch noch überzeugen, dass der Sauerstoff im Blute ebenso wirkungslos ist, wie in der Atmosphäre, dass er in die Organe als indifferenten Sauerstoff eindringt, sie hier und da nachweisbar, z. B. in den secernirenden Speicheldrüsen und in der Placenta, durchdringt — dann verschwindet der Sauerstoff, verschwinden Pepton, Fett und nur eine ziemlich constante geringe Menge von Zucker circulirt im Blute weiter, scheinbar unangegriffen und functionlos.

Wir müssen annehmen, dass die resorbirten Nährstoffe, ebenso wie der in den Blutcapillaren verschwindende Sauerstoff, von den Organen aufgenommen werden, denn nach reichlicher Ernährung füllt sich die Leber mit Glycogen, bei fortdauernder passender Fütterung häuft sich Fett in den Fettzellen an, bei unzureichender Ernährung, schneller bei Hunger, nehmen Muskeln und Leber an Gewicht sehr bedeutend ab, aber von den chemischen Processen, welche im Innern der Organe verlaufen, welche die Muskeln für ihre mechanische Bewegung, die Drüsen zur Bildung ihrer Secretbestandtheile befähigen, vermögen wir aus den ermittelten Thatsachen uns eine irgendwie klare Vorstellung noch nicht zu bilden.

Von den eigentlich nährenden Bestandtheilen der eingenommenen Nahrung finden wir in den Ausscheidungen, welche den Thierkörper verlassen, nichts wieder, als Harnstoff, CO_2 , Wasser. Ein Theil der aromatischen Stoffe, die mit der Nahrung eingeführt sind, treten im Harne zwar oxydirt, aber nicht bis zu CO_2 und Wasser zersetzt auf,

und mehrere von ihnen entziehen auch dem Körper Atomgruppen, die für sich allein im Organismus nicht bestehen bleiben, sondern zu Harnstoff, CO_2 und Wasser oxydirt werden; Glycocoll wird von der Benzoesäure, Glycuronsäure von andern aromatischen oder ihnen verwandten Stoffen unzersetzt aus dem Organismus entführt.

Das Verschwinden von freiem Sauerstoff im Thierkörper und die Ausscheidung von CO_2 und Wasser beweisen das Vorhandensein der kräftigsten Oxydationsprocesse. Die von *Lavoisier* zuerst gefundene, später von *Regnault* und *Reiset* noch entschiedener nachgewiesene und seitdem von Vielen bestätigte Unabhängigkeit der Oxydation im Thierkörper von der Spannung und Menge des ihm zugeführten Sauerstoffs lieferte schon den Beweis, dass die Processe im Thierkörper nicht vom Sauerstoff veranlasst werden.

Es gelang mir, nachzuweisen, dass activer Sauerstoff im Blute fehlt¹, dass indifferenten Sauerstoff vom Blute her in die Organe übertritt², von *Stroganow*³ wurde erwiesen, dass beim warmblütigen Thiere Oxyhämoglobin im Venenblute noch während der Erstickung zu finden ist. Man muss aus diesen Thatsachen schliessen, dass das Blut warmblütiger Thiere eine, wenn auch sehr geringe Quantität freien Sauerstoffs noch enthält zu der Zeit, in welcher der Tod eintritt. Aus Erwägungen über die mechanischen Verhältnisse der Respiration und Circulation, auf welche hier nicht nochmals eingegangen werden soll, ergibt sich, dass überhaupt der Tod warmblütiger Thiere und des Menschen, abgesehen vielleicht von einigen wenigen Vergiftungen, mag er partiell oder allgemein den Körper treffen, auch der langsam in Folge einer Krankheit eintretende Tod stets eine Erstickung ist.

§ 480. Wir wissen ferner aus zahlreichen Respirations- und Stoffwechseluntersuchungen, unter denen ich besonders an die zahlreichen schönen Versuche von *Regnault* und *Reiset*, *Bidder* und *Schmidt*, *Pettenkofer* und *Voit* erinnern will, dass die Quantität des im Thierkörper zur Oxydation gelangenden Sauerstoffs abhängig ist von der Quantität der zugeführten Nahrung in erster Linie. Wir wissen durch die Untersuchungen von *Bernard* und von *Ludwig* über die Speichelsecretion in der Submaxillardrüse und durch die Versuche

¹ Vergl. oben S. 614.

² Ebendas. u. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I, S. 135.

³ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. II, S. 49.

von *Szelkow*, *Pettenkofer* und *Voit*, *Speck* und Anderen über den Sauerstoffverbrauch bei Muskelarbeit, von *Pflüger* und *Colasanti*, *Carl Theodor Herzog in Bayern* und *Voit* über die Wirkung des Wärmeverlustes, dass die Nervenregung gleichfalls einen Einfluss auf die Menge des zur Oxydation gelangenden Sauerstoffs besitzt. Der Sauerstoff wird also im Thierkörper in geregeltem Maasse zur Oxydation zugelassen und die Regulatoren sind zu suchen in der Nervenregung und in der Menge der im Organismus aufgenommenen Nährstoffe, ohne dass es uns bis jetzt möglich wäre, den Zusammenhang dieser Einflüsse mit der Activirung des Sauerstoffs nachzuweisen. Hinsichtlich der aufgenommenen Nährstoffe hatte *Voit* die S. 974 besprochene Unterscheidung aufgestellt zwischen circulirendem Eiweiss und Organeiweiss und die Ansicht ausgesprochen, dass das circulirende Eiweiss leichter als letzteres zersetzt werde. *Pflüger*¹ hat diese Unterscheidung weiter durchgeführt mit Hülfe der Hypothese, dass das lebende Eiweiss der Zellen andere chemische Constitution besitze, als das todtte Eiweiss, dass nämlich nur ersteres Cyanverbindungen enthalte und die Umwandlung zu Harnstoff erleide, während das todtte Eiweiss den Amiden zugehöre. *Pflüger* meint ferner, dass die Umwandlungen im Protoplasma der Zellen auf einen Dissociationsvorgang durch Erschütterungen des complicirten chemischen Kettensystems desselben unter Abspaltung von CO_2 , Harnstoff u. s. w. zurückzuführen seien. Dem geistvollen poetischen Gebilde *Pflüger*'s fehlen die scharfen Contouren und auf einfache unabweisbare Fragen, ohne deren Erledigung ein Verständniss der Umsetzungen im Organismus nicht erreicht werden kann, ist eine klare, chemisch verständliche Antwort nicht zu finden. *Pflüger*² fasst seine Hypothesen in den Satz zusammen: „Der Lebensprocess ist die intramoleculäre Wärme höchst zersetzbarer und durch Dissociation — wesentlich unter Bildung von CO_2 , Wasser und amidartigen Körpern — sich zersetzender, in Zellsubstanz gebildeter Eiweissmoleculë, welche sich fortwährend neu regeneriren und auch durch Polymerisirung wachsen.“ Es ist ja längst bekannt, dass Wärme bei den Zersetzungen im Organismus frei wird, die nicht anderswo her, als aus der Vereinigung der Nährstoffe oder Organbestandtheile mit Sauerstoff fliessen kann. Dissociation ist nur ein moderneres Wort für Zerfall, wie aber die Prozesse der Bildung und Zerlegung der Stoffe

¹ Arch. f. d. physiol. Chem. Bd. X, S. 300 bis 345.

² A. a. O., S. 343.

des Thierkörpers vor sich gehen, hierüber hat *Pflüger* nur allgemeine Hypothesen gegeben, die keine Unterstützung durch bestimmte Erfahrungen gewonnen haben. *Pflüger* hat später seine Ansichten weiter ausgeführt, ohne dass sie festere Gestaltung erkennen lassen. Er betont, dass Reize, die auf die Organe wirken, die lebendige Kraft in ihnen erhöhten und hierdurch Dissociation erzeugten.

§ 481. Für die Erforschung der Ursachen und des chemischen Vorgangs der thierischen Lebensprocesse ist zunächst zu beachten, dass bei den Temperaturen von 0 bis 40° weder die eingenommenen Nährstoffe noch die Bestandtheile thierischer Organe sich mit dem Wasser und mit Sauerstoff spontan verbinden und zersetzen, wenigstens nicht unter den Verhältnissen, in denen sie im Organismus sich befinden. Zersetzung und Oxydation wird an diesen Stoffen erst durch Einwirkung von andern Körpern herbeigeführt und die gebildeten Producte lassen dann erkennen, dass eine sehr kräftige Oxydation bei diesen Processen stattfindet.

Im ersten Theile S. 127 habe ich, gestützt auf Beobachtungen an faulenden Flüssigkeiten, die Hypothese aufgestellt, dass der Wasserstoff im Entstehungszustande, d. h. bei der Wanderung einzelner Atome dieses Elementes aus irgend einer Verbindung in eine neu sich bildende Verbindung z. B. in die Vereinigung mit einem andern freierwerdenden Atom Wasserstoff unter Bildung des Moleküls H_2 im Stande sein müsse, den indifferenten Sauerstoff activ zu machen, dass weiterhin aus dieser Fähigkeit des freien Wasserstoffatoms erklärt werden könne, warum bei Fäulnissprocessen nur dann Wasserstoffgas entwickelt werde, wenn Sauerstoff am Orte der Wasserstoffentwicklung nicht zugegen sei, dass endlich aus dieser Fähigkeit des Wasserstoffs eine Erklärung der Activirung des Sauerstoffs in den lebenden Organismen sich ergeben würde, wenn in den Organismen der Fäulniss vergleichbare Vorgänge thätig seien.

Seit ich dies geschrieben habe, ist es mir geglückt experimentell nachzuweisen, dass dem Wasserstoff im Entstehungsmomente die Fähigkeit, den indifferenten Sauerstoff activ zu machen, allerdings eigen ist, da selbst der aus der *Graham'schen* Legirung Paladiumwasserstoff durch Dissociation allmählig austretende Wasserstoff bei Gegenwart von Sauerstoff die energischsten Oxydationen auszuführen vermag¹. Ich habe

¹ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. II, S. 22.

zugleich darauf hingewiesen, dass das Natrium sich ebenso verhält wie Wasserstoff, dass die bekannte aber bis dahin unerklärte, den Sauerstoff activirende Einwirkung vom Phosphor eine weitere Parallele bietet¹. Es ist hiernach ersichtlich, dass überhaupt bei Zerlegung von Stoffen durch irgend welche chemischen Vorgänge entstehende Atomgruppen oder Atome, wenn sie im Stande sind, den indifferenten Sauerstoff zu zerlegen und sich selbst ein Atom davon anzueignen, ebenso wie Wasserstoff im Entstehungsmomente und ebenso wie Natrium oder Phosphor das andere Atom Sauerstoff in den activen Zustand versetzen müssen, wobei dann durch die obwaltenden Verhältnisse bedingt wird, welche Oxydation dasselbe ausführt.

Es ist in neuester Zeit behauptet worden, dass auch bei Gegenwart von indifferentem Sauerstoff Wasserstoffgas durch Fäulnisprocesse entwickelt werden könne² und ein Versuch beschrieben, der diese Behauptung stützen soll. Die gegebene Schilderung des Versuchs lässt jedoch erkennen, dass an den Orten, wo der Wasserstoff sich entwickelte, Sauerstoff nicht zugegen war; grob zerstückelte Gewebe (hier zerkleinertes Pankreas) können in keiner Weise eine Garantie dafür bieten, dass der Sauerstoff mit derselben Geschwindigkeit in das Innere der Brocken dringt, als der Fäulnisprocess fortschreitet.

Der von *Nencki* beschriebene Versuch ist sonach ohne Bedeutung. Hat überhaupt aber der Wasserstoff im Entstehungszustande in einem Falle die Fähigkeit, indifferenten Sauerstoff zu activiren, so ist auch gar nicht zu bezweifeln, dass er stets diese Eigenschaft besitzt, wo und wie er auch frei werden mag.

§ 482. Es ist nun weiterhin die Frage zu prüfen, ob bei der chemischen Thätigkeit lebender Organismen innerhalb der Organe Vorgänge sich nachweisen lassen, welche mit der Fäulnis vergleichbar zur Entstehung von Wasserstoff oder anderer bei Gegenwart von indifferentem Sauerstoff sich oxydirender Spaltungsproducte führen. Ausserdem ist das Abhängigkeitsverhältniss zu ermitteln, in welchem diese Processe von der Zufuhr von Nährstoffen und von der Nerven-erregung der Organe stehen. Es könnte scheinen, als sei die erste dieser Fragen zu speciell gefasst, insofern auch Processe in den Or-

¹ Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. XII, S. 1551.

² *Nencki*, Journ. f. pract. Chem. N. F. Bd. XXIII, S. 87.

ganismen die Activität des Sauerstoffs herbeiführen könnten, welche von den Fäulnisprocessen weit verschieden sind. Man hat mir sogar von zwei Seiten eingeworfen¹, dass die Fäulnisprocesse selbst Lebensprocesse seien und damit wohl sagen wollen, und *Nencki* und *Giacosa* sprechen es aus, dass die Lebensprocesse die umfassenderen seien. Ich habe schon S. 128 hervorgehoben, dass Fäulniss und Leben durchaus nicht zu identificiren seien, und dass, wenn ich von Fäulnisprocessen spreche, die Art des chemischen Processes nicht das Ferment, welches dieselben hervorruft und das in allen Fällen unbekannt ist, übereinstimmen soll. Derselbe chemische Process kann das Resultat sehr verschiedener Einwirkungen sein. Ich hatte viel gewichtigere Einwände in dieser so schwierigen Sache erwartet. Selten bei Thieren aber sehr allgemein bei Pflanzen, für welche die allgemeinen Anschauungen über Lebensvorgänge dieselbe Anwendbarkeit haben müssen, finden sich Verhältnisse, unter denen Fäulniss als Bacterienfermentwirkung unmöglich ist. Die Pflanzensäfte sind fast immer sauer, zum grossen Theil so stark sauer, dass Fäulniss hierdurch ausgeschlossen ist. Eine unreife Citrone kann wohl mit Schimmelbildung überzogen werden, aber faulen kann sie nicht. Die *Mycoderma aceti* lebt und wirkt auf einer Flüssigkeit, welche selbst über 4 pCt. reine Essigsäure enthalten kann. Bei der Secretion des Magensaftes wird eine bis zu 4 p. M. und selbst mehr freie Salzsäure enthaltende Flüssigkeit gebildet. Man hat Recht zu fragen, wie hier Fäulnisprocesse stattfinden sollen. Ich kann wohl entgegnen, dass es sich nur um die chemische Art des Processes mit Production von Spaltungsproducten handelt, die wie der Wasserstoff im Entstehungszustande bei der Fäulniss den Sauerstoff zu activiren vermögen, aber näher anzugeben, welche Processe dies sind, welche Ursachen sie herbeiführen, ist meines Erachtens wohl Niemand bis jetzt im Stande.

Der Beurtheilung der Processe in den Organen des Thierkörpers stehen noch andere Schwierigkeiten im Wege. Im Darmcanale sind Fäulnisprocesse auch bei normalen Thieren in Thätigkeit, wie oben² ausführlich erörtert ist; ihre Producte werden resorbirt vom Blute

¹ *Pflüger*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XVIII, S. 249. — *Nencki* u. *Giacosa*, Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. IV, S. 342. Warum die in den lebendigen Zellen vorhandenen Fermente nur in der Flüssigkeit lösliche sein sollen ist nicht einzusehen; ich glaube, dass sie ebensowenig löslich in Wasser sind, wie das Alkohol bildende Ferment in der Bierhefe.

² Vergl. S. 329 u. folg.

den Organen zugeführt und können vielleicht im Blute oder in den Organen oder als CO_2 in der Expirationsluft nachgewiesen, fälschlich als Producte der Processe des Thierkörpers selbst aufgefasst werden. Die Zusammensetzung des Harns, sein Gehalt an Phenol-, Kresol-, Indoxylschwefelsäure u. s. w. beweisen die Einwirkung dieser Darmfäulniss auf die Ausscheidungen.

Es ist ausserdem durch zahlreiche Untersuchungen ausser Zweifel gestellt, dass innerhalb der Organe selbst die Keime der niederen Organismen, welche lebhaftes Fäulniss unter passenden Verhältnissen hervorzurufen vermögen, enthalten sind. Die Versuche von *Hensen*¹, *Billroth*², *Tiegel*³, *Kukul-Yasnopolsky*⁴, *Nencki* und *Giacosa*⁵ und Anderen beweisen, dass dem eben getödteten Thiere entnommene und sofort in über 100° erhitztes Wachs oder Paraffin u. dergl. getauchte, vor dem Auffallen unzersetzter Keime von ausserhalb sorgsam bewahrte Organe in ihrem Innern nach einiger Zeit vollständig gefault und durchsetzt mit Bacterien sich erweisen.

Man kann hiernach glauben, dass es überhaupt nicht möglich sei, zu entscheiden, ob im Thierkörper gefundene Stoffe der Lebenthätigkeit derselben oder der Fäulniss ihre Entstehung verdanken. Die Untersuchung giebt hier dennoch eine scharfe Unterscheidung, insofern wenigstens solche Stoffe, wie sie durch Fäulniss bei Abwesenheit von Sauerstoff gebildet werden, im Organismus im normalen Zustande ganz fehlen. Allerdings ist von *Scherer*⁶ in der Milz, Leber, Pancreas, von *v. Gorup-Besanez*⁷ in der Milz und Leber, von Anderen in der Thymus, Thyreoidea, Parotis, Submaxillaris, Lunge u. s. w. Leucin mit oder ohne Tyrosin gefunden. *Virchow* erklärte schon sehr bald Leucin und Tyrosin in der Leber als cadaveröse Erscheinung und ebenso ist in den übrigen genannten Organen nichts von diesen oder

¹ Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. III, S. 343.

² *Billroth*, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica*. Berlin 1874. S. 58.

³ Arch. f. pathol. Anat. Bd. LX, S. 453.

⁴ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XII, S. 78.

⁵ Journ. f. pract. Chem. N. F. Bd. XX, S. 34.

⁶ Verhandl. d. phys. Gesellsch. zu Würzburg. II. S. 323. — Arch. f. path. Anat. Bd. X, S. 228.

⁷ Ann. Chem. Pharm. Bd. XCVIII, S. 1. — Vergl. auch *Frerichs* u. *Städeler*, Mittheilungen d. naturforsch. Gesellsch. in Zürich. Bd. IV. 1855. — Journ. f. pract. Chem. Bd. LXXIII, S. 48. — *Neukomm*, Ueber d. Vorkommen von Leucin und Tyrosin und anderer Umsatzstoffe im menschl. Körper. Zürich 1859 — Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860. S. 1 u. 46.

anderen Fäulnißproducten zu finden, wenn man unmittelbar nach dem Tode des Thieres die Untersuchung beginnt und den Eintritt der Fäulniß verhindert. Weder im Blute, noch in den Organen findet sich auch nur eins der bekannten Fäulnißproducte der Eiweisskörper.

Man hat mehrfach Leucin, Tyrosin, Glycocoll u. dergl. als Vorstufen des Harnstoffs bei den normalen Umsetzungen des Organismus angesehen, da man aber in Blut und Organen gar nichts von ihnen findet, hat man offenbar auch keinen triftigen Grund für eine solche Annahme.

§ 483. Die Bestandtheile der Muskeln, Nerven, Drüsen können fast sämmtlich als Anhydride oder gepaarte Verbindungen angesehen werden; alle oder wenigstens sämmtliche reichlich auftretenden Stoffe werden beim Kochen mit Säuren oder Alkalien oder bei Einwirkung von Fermenten in Hydrate übergeführt oder in mehrere Körper gespalten, wie Eiweissstoffe, Glycogen, Fette, Lecithin, Cerebrin, Mucin, Nuclein, allein das besonders im Nervenmark so reichlich vorhandene Cholesterin macht eine Ausnahme; die nur sehr sparsam gefundenen Xanthin, Hypoxanthin, Harnsäure werden durch diese Einwirkung nicht leicht verändert. Die im Blute circulirenden Stoffe: Albumin, Serumglobulin, Fibrinogen, Blutfarbstoffe sind leicht einer Hydratation oder Spaltung unterliegende Körper. Die Hauptbestandtheile des Harns: Harnstoff, Hippursäure, Phenolschwefelsäure, Kreatinin gehören gleichfalls diesen leicht unter Wasseraufnahme zerfallenden Stoffen zu, und die Hauptbestandtheile der Galle, die gepaarten Gallensäuren, verhalten sich nicht anders. Wir treffen hier überall auf vollständige Uebereinstimmung mit den Bestandtheilen der Pflanzen, die gleichfalls grösstentheils den Anhydriden und den ätherartig gepaarten Verbindungen zugehören.

Die Fäulnißprocesse sind nun wohl im Stande, Condensationen auszuführen, z. B. aus Milchsäure Buttersäure, Capronsäure u. s. w. entstehen zu lassen, aber die Bildung gepaarter Verbindungen, der Amide, Aetherarten oder anderer Anhydride hat man, so viel mir bekannt, nie beobachtet, im Gegentheil werden durch die Fäulniß meist die gepaarten Verbindungen gespalten, die Anhydride in Hydrate verwandelt.

Zur weiteren Orientirung ist es nöthig, zu ermitteln, ob die Gegenwart des Sauerstoffs in allen Organen des Körpers auf die in ihnen vorhandenen Stoffe einen bestimmenden Einfluss ausübt oder ob die Zusammensetzung der Organe auch nach Verminderung oder Entfernung des freien indifferenten Sauerstoffs dieselbe bleibt.

Wie *Pflüger*¹ besonders lehrreich nachgewiesen hat, können Frösche in Stickstoff, der völlig frei von Sauerstoff ist und noch etwas Phosphordampf enthält, bei Temperaturen in der Nähe von 0° mehrere Stunden nicht allein lebend, sondern auch mit ihren Muskeln arbeitend erhalten werden. Sie fahren dabei fort, CO₂ auszuscheiden und verhalten sich in dieser Hinsicht wie faulende Substanzen, deren CO₂-Entwicklung auch ohne Sauerstoffzutritt fort dauert. Ob ihre Organe Pepton, Leucin, Tyrosin enthalten, ist nicht angegeben, wohl auch nicht untersucht.

Die Einwirkung der Sauerstoffentziehung auf Hunde ist von *Fränkel*² untersucht und eine bedeutende Steigerung der Harnstoffausscheidung gefunden. Die Athemnoth, welche durch ein in die Trachea gebrachtes Hinderniss bewirkt war, ruft die heftigsten Anstrengungen der Respirationsmuskeln hervor und diese steigern noch den Sauerstoffverbrauch, produciren CO₂, ohne aber eine bedeutende Erhöhung der Harnstoffausscheidung herbeiführen zu können, so lange der Stoffwechsel in den Muskeln noch unverändert bleibt. Der Mangel an Sauerstoff wird bei ungenügender Sättigung des Blutes mit Sauerstoff in der Lunge zuerst in der Leber auftreten müssen, weil diesem Organe, abgesehen vom ganz geringen arteriellen Zufluss, im Pfortaderblute nur der im Capillarnetz von Milz und Darm noch übrig gebliebene Rest von Sauerstoff in sehr langsamer Strömung zugerieben wird. Man darf vermuthen, dass unter diesen Verhältnissen in der Leber Leucin, Tyrosin u. s. w. sich bilden, welche durch das Blut andern Organen zugeführt, unter Oxydation zu Harnstoff zersetzt und ausgeschieden werden. Die Beobachtungen von *Eichhorst*³ über die Harnstoffausscheidung bei Kindern, welche im Croup an hochgradiger Dyspnoe leiden, ergeben gleichfalls Steigerung der Harnstoffausscheidung, aber erst, sobald der Harn nach Beseitigung der Dyspnoe wieder reichlich ausgeschieden wird. Eine sehr instructive Analogie scheint die Phosphorvergiftung zu bieten.

Nach den Untersuchungen von *Storch*⁴ und später von *Bauer*⁵

¹ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. X, S. 321.

² Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. No. 44. — Arch. f. pathol. Anat. Bd. LXVII, S. 1; Bd. LXXI, S. 117.

³ Arch. f. pathol. Anat. Bd. LXX, S. 56; Bd. LXXIV, S. 201.

⁴ O. Storch, den acute Phosphorvergiftung. Diss. Kopenhagen 1875. S. 114 bis 141.

⁵ Zeitschr. f. Biologie. Bd. VII, S. 63; Bd. XIV, S. 526.

wird durch die Phosphorvergiftung eine nicht zu verkennende Steigerung der Harnstoffausscheidung bei Hunden bewirkt; *Fränkel*³ constatirte ebenso Vergrößerung der Harnsäureausscheidung durch Phosphorvergiftung bei Hühnern. Die älteren Angaben, besonders von *Schultzen* und *Riess*, über das Vorkommen von Leucin und Tyrosin in der Leber bei Phosphorvergiftung sind von *Sotnitschewski*⁴ an Hunden und Kaninchen vollkommen bestätigt worden, während im Harne Pepton, Leucin, Tyrosin bei dieser Vergiftung weder von *Schultzen* und *Riess*, noch von *Sotnitschewski*, noch von mir in zahlreichen Untersuchungen bei Menschen und Thieren aufgefunden ist. Von *Fränkel*⁵ wurde vor Kurzem Tyrosin im Harne eines phosphorvergifteten Menschen gefunden und von *Baumann*⁶ gleichfalls bei dieser Vergiftung im menschlichen Harne, nicht im Hundeharne gefunden. Aus den gesammten Untersuchungen geht entschieden hervor, dass die Bildung von Leucin und Tyrosin in der Leber bei Phosphorvergiftung viel allgemeiner geschieht, als der Uebergang dieser Stoffe in den Harn und es ist höchst wahrscheinlich, dass dieser Uebergang nur in den Fällen erfolgt, wo die Bildung dieser Stoffe eine sehr bedeutende geworden ist. Wenn sie nicht in den Harn übergehen, werden sie irgendwo im Körper, wahrscheinlich in der Niere, unter Bildung von Harnstoff zersetzt sein, und man hat wohl ein Recht, anzunehmen, dass Zersetzungsproducte, wie Pepton, Leucin, Tyrosin, welche in den Blutstrom gelangen, auch unter normalen Verhältnissen in derselben Weise in den Organen zersetzt werden, als wären sie vom Darm her aufgenommen, sie müssten denn in so grossen Quantitäten circuliren, dass sie nicht bewältigt werden und zum Theil unzersetzt in den Harn übergehen.

Dass bei der Phosphorvergiftung das Pfortaderblut frei von Sauerstoff werden und auch in der Leber der Sauerstoff fehlen kann, geht aus den Beobachtungen hervor, welche öfters beschrieben sind, dass nämlich bei mit Phosphor vergifteten Thieren die Leber mit verdünnter Schwefelsäure destillirt leuchtende Phosphordämpfe giebt. Da Phosphordampf neben freiem Sauerstoff nicht existiren kann, muss das Blut, welches den Phosphordampf nach der Leber brachte, frei von ungebundenem Sauerstoff, also auch frei von Oxyhämoglobin gewesen

¹ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. IV, S. 439.

² Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. III, S. 391. 1879.

³ Berl. klin. Wochenschr. 1878. No. 19.

⁴ Private Mittheilung.

sein. In der Phosphorvergiftung wird nun Eiweissstoff in der Leber zu Pepton, Leucin, Tyrosin zersetzt und es ist höchst wahrscheinlich, dass die Harnstoffbildung aus diesen Zersetzungsstoffen in anderen Organen, vielleicht in den Nieren, stattfindet.

Es ist gewiss die Annahme nicht sehr gewagt, dass auch bei ungenügender Sauerstoffzufuhr, die entweder durch Hinderniss in den Luftwegen¹ oder übermässigen Sauerstoffverbrauch bei starker Muskelanstrengung² eintritt, zunächst in der Leber, vielleicht auch in anderen Organen, ein ähnlicher Zustand herbeigeführt wird, wie bei der Phosphorvergiftung und deshalb eine Erhöhung der Harnstoffausscheidung auf Kosten der Bestandtheile der Organe erfolgt.

§ 484. Durch einige Versuche an Hunden habe ich mich jedoch überzeugt, dass die Bildung von Leucin und Tyrosin in der Leber und ihr nachweisbares Uebertreten in das Blut nicht schnell erfolgt. Theils wurden die Thiere mit Kohlenoxyd vergiftet, einige Zeit in der Vergiftung lebend erhalten, dann getödtet, theils dienten für die Untersuchung Hunde, die im abgeschlossenen Luftraume im *Regnault'schen* Respirationsapparat (unter Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs durch gleiches Stickstoffvolumen und fortdauernder Entfernung der CO₂ aus dem Luftraume) durch allmäligen Verbrauch des Sauerstoffs gestorben waren und denen sofort nach dem Tode Leber und Blut entnommen wurde. In keinem dieser Versuche gelang es, auch nur Spuren von Leucin und Tyrosin zu finden, und die Leber erwies sich noch immer entsprechend den Ernährungsverhältnissen des Thieres reich an Glycogen.

*Herter*³ fand in mehreren Versuchen an Hunden, welche bis zum Tode im *Regnault'schen* Respirationsapparat allmähig den Sauerstoff eines bestimmten Volumen Luft verbrauchten, dass bei diesem allmähig steigenden Sauerstoffmangel das Volumenverhältniss des aufgenommenen Sauerstoffs zur ausgeathmeten CO₂ zu Gunsten der letzteren sehr stieg. Er erhielt $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 1,053$ bis 1,59, so dass sich reichliche Ueberproduction von CO₂ ergibt, die in dieser Quantität nicht aus dem Darne herrühren, sondern entsprechend den Beobachtungen *Pflüger's* an Fröschen im sauerstofffreien Raume nur durch Spaltung ohne gleichzeitige Oxydation, wie in den Fäulnissprocessen,

¹ *Fränkel*, a. a. O.

² *Oppenheim*, vergl. oben S. 949.

³ Noch nicht publicirt.

entstanden sein kann. Bei Versuchen an mit Phosphor vergifteten Hunden fand *Herter* zunächst Vergrößerung des gasförmigen Stoffwechsels, zuletzt eine Abnahme desselben mit Erhöhung des Quotienten $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$.

Bei Verlängerung des Stadiums ungenügender Sauerstoffzufuhr im Respirationsapparat und Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs durch Mischungen von Sauerstoff mit Stickstoff wird sich, wie ich glaube, am unzweideutigsten und mit viel geringerer Qual für das Versuchsthier, als durch Hinderniss in den Luftwegen, erweisen lassen, ob Leucin und Tyrosin in der Leber gebildet werden und ich zweifle nicht, dass man sie finden wird.

Wenn man die Blutzufuhr zu irgend einem Theile des Körpers durch Arterienunterbindung abschneidet, so stellt sich bekanntlich zunächst nur Unthätigkeit der Nerven und Muskeln ein, dann folgt Zersetzung unter den Erscheinungen der Fäulniss. Gleich im Beginne brandiger Zersetzung, ebenso in den Erweichungsherden, welche von Brand nicht wohl zu trennen sind, auch in allen Congestionsabscessen findet sich Leucin und Tyrosin. *Demant*¹ wies diese Stoffe in den Organen todtgeborener Kinder nach, die noch frisch untersucht wurden. Die Congestionsabscesse können genügende Sauerstoffzufuhr offenbar nicht erhalten; übelriechende Stoffe werden in ihnen ebensowenig gebildet, wie in den Erweichungsherden im Gehirn oder in erweichten, abgestorbenen und länger zurückgehaltenen Fötus.

Finden sich nach den gegebenen Beispielen an den verschiedensten Orten im Körper nach abgeschnittener oder unzureichender Blutzufuhr, also auch ungenügender Sauerstoffzufuhr, Leucin und Tyrosin, so ist daraus wohl zu erklären, wie diese Theile sich allmählig lösen und bei nicht völlig abgeschnittener Blutzufuhr ihre Zersetzungsproducte an den Blutstrom übertragen können, aber es sind die Fragen noch nicht erledigt, durch welche Fermente diese Umwandlung ausgeführt wird, ob die umwandelnden Fermente integrierende Bestandtheile der Organe sind, oder sich bei ungenügender Sauerstoffzufuhr erst bilden, oder ob nicht allgemein verbreitete Keime niederer Organismen diese Umwandlung vollziehen. Dass besonders die Leber sehr schnelle Fäulnisszersetzung herbeizuführen vermag, ist durch viele Versuche nachgewiesen und speciell von *Liebig*² hervorgehoben.

¹ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. IV, S. 387.

² Ann. Chem. Pharm. Bd. CLVII, S. 157. 1870.

*Béchamp*¹ hat dem eben getödteten Thiere entnommene Leber in Phenolwasser gebracht, durch einen Strom CO_2 die Luft ausgetrieben, die Masse dann einige Tage verschlossen erhalten und dann Entwicklung von Wasserstoff, CO_2 , ein wenig H_2S , Alkohol und Essigsäure nachgewiesen. Er bezieht diese Processe auf die Mikrozyma's, Keime von Bacterien, und ist der Meinung, dass auch im Leben des Thieres in der Leber von diesen Keimen die bezeichneten Stoffe gebildet würden. Das Vorhandensein dieser Keime ist nach dem oben Gesagten nicht zu bezweifeln. Spuren von Alkohol wurden vom *Rajewski*² in den verschiedensten Organen eben getödteter gesunder Thiere nachgewiesen, wie aber diese Spuren entstehen, ist sehr fraglich und dass speciell Fäulnissproducte während des Lebens nur unter ganz bestimmten Verhältnissen gefunden werden, ist soeben besprochen. Treten nun Fäulnissproducte bei Abwesenheit von Sauerstoff in den Organen auf, bei Gegenwart von Sauerstoff nicht, so muss der Sauerstoff die Fäulnissprocesse verhindern, und dies ist offenbar der Fall. Hat aber der indifferente Sauerstoff im Organismus diese Einwirkung, so muss er sie ausserhalb auch zeigen und umgekehrt. Es ist gewiss recht auffallend, dass man auf diese Wirkung des Sauerstoffs noch nicht geachtet hat. Auf alle mögliche und unmögliche Art hat man die natürlichen Desinfectionen an der Erdoberfläche zu erklären versucht, aber meines Wissens nicht beachtet, dass der Sauerstoff dieselbe ausführt. Allerdings ist die Wirkung des Ozons in dieser Richtung geschätzt, aber nicht beachtet, dass es zur Ozonbildung nicht zu kommen braucht, dass die Gegenwart des indifferenten Sauerstoffs genügt, die Fäulniss zu modificiren, zur Bildung anderer Producte zu führen und sie selbst aufzuheben.

Die Kloakenwässer grosser Städte leitet man auf Rieselfelder und meint, der Ackerboden hielte die faulenden Substanzen fest. Diese Erklärung ist ganz ungenügend, die faulenden Massen werden vielmehr einem Ueberschuss von Sauerstoff an sehr grosser Oberfläche dargeboten. Man kennt kein besseres Mittel, um faulende Substanzen aus Flüssen und Teichen zu entfernen, als durch üppige Vegetation von Wasserpflanzen. Die Pflanzen nehmen wohl CO_2 und NH_3 , aber keine stinkenden Fäulnissproducte auf; sie erzeugen im Lichte Sauerstoff,

¹ Compt. rend. T. LXXV, p. 1830. 1872.

² Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XI, S. 122.

sättigen das Wasser mit Sauerstoff, und dieser zerstört die Fäulniss. Rasch fliessende Wässer, die sich fortwährend mischen und überall Sauerstoff absorbirt enthalten, sind bald frei von Fäulniss, wenn Kloaken ihren Inhalt in sie entleeren, stagnirende sind zu dauernder Fäulniss geneigt.

Horvath hat nachgewiesen, dass die Bacterien die Erschütterungen nicht vertragen. Ohne die Richtigkeit seiner Angaben zu bezweifeln, glaube ich doch, dass diese Versuche bei An- und bei Abwesenheit von Sauerstoff wiederholt und die Resultate verglichen werden müssen, um zu entscheiden, inwieweit die Einwirkung des Sauerstoffs die Bacterien zerstört.

Die Gegenwart des indifferenten Sauerstoffs wirkt aber nur dadurch zerstörend auf die Fäulniss, dass durch die Processe derselben activer aus indifferentem Sauerstoff gebildet wird.

§ 485. Bei der Zersetzung von Eiweissstoffen durch Fäulniss bildet sich zunächst Globulinsubstanz, darauf Pepton, aus diesem entstehen Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Ammoniak, Kohlensäure. Diese Spaltungen, welche ebenso wie durch Fäulniss, auch durch Einwirkung von Säuren oder Alkalien oder Wasser bei hoher Temperatur herbeigeführt werden, sind an sich ohne Einwirkung auf den indifferenten Sauerstoff. *Hüfner* erhielt dies Resultat durch Einwirkung von Pankreasferment bei Abwesenheit niederer Organismen; es wurde kein Sauerstoff aufgenommen. Ich habe mich auch durch Versuche mit Pankreasverdauung bei Gegenwart von Salicylsäure, ferner beim Kochen von Eiweissstoff mit mässig verdünnter Schwefelsäure überzeugt, dass diese Spaltung erfolgt ohne Aufnahme von Sauerstoff. Anders ist es natürlich bei Einwirkung von Alkalilauge auf Eiweiss, denn hier entsteht Schwefelwasserstoff, welcher mit dem Alkali vereinigt Sauerstoff aufnimmt, also auch Sauerstoff activirt. Zerlegung von Amylum oder Glycogen durch diastatisches Ferment oder durch Kochen mit verdünnter Säure zu Dextrin, Maltose, Traubenzucker ist gleichfalls ohne Einwirkung auf den Sauerstoff, ebenso die Spaltung der Fette zu Glycerin und fetten Säuren. Bei Einwirkung von Alkali auf Traubenzucker bilden sich Stoffe, welche inactiven Sauerstoff aufzunehmen vermögen, also auch Sauerstoff activ machen, neben Brenzcatechin wohl auch noch andere derartige Körper. Dieser Zerlegungsprocess des Zuckers ist aber noch sehr wenig bekannt; die von mir bei demselben nachgewiesene Milchsäurebildung wird vielleicht Acti-

virung des Sauerstoffs herbeiführen, vielleicht auch nicht; sie lässt sich von der Bildung des Brenzcatechins nur bei der Gährung getrennt beobachten und hier bieten sich neue Schwierigkeiten. Nur diejenigen Gährungen, in welchen bei Abwesenheit von Sauerstoff Wasserstoff frei wird, z. B. Gährung der Milchsäure unter Bildung von Essigsäure, Buttersäure, Capronsäure, Fäulniss von Ameisensäure, von Glycerin, weitergehende Fäulniss der Eiweissstoffe unter Bildung von Indol sind Processe, welche mit den allgemeinen Zersetzungs Vorgängen in den Organen des Thierkörpers in Parallele gestellt werden können, weil bei ihnen, ebenso wie im Thierkörper, die Menge des in Action tretenden Sauerstoffs, wenn derselbe im Ueberschuss zugegen ist, regulirt wird durch die Menge der Stoffe, welche in der Gährung der Zerlegung anheimfällt. Es kann nicht behauptet werden, dass die Fermente für diese Gährungen in den Organen des Thierkörpers vorhanden und diese Gährungen im Gange seien, aber die Art der Activirung des Sauerstoffs und Regulirung der Menge des zur Action gelangenden Sauerstoffs lässt sich nach dieser Analogie und auf keine mir bekannte andere Weise erklären, ohne dass die Vorgänge selbst im Einzelnen bekannt sind, und es widerspricht kein Befund der Annahme, dass wirkliche Fäulnissgährungen vorhanden sind. Die mit dem Tode eintretenden diastatischen Wirkungen in Blut, Muskeln, Leber, leichte Bildung von Leucin und Tyrosin sprechen für diese Annahme und dass Stoffe wie Buttersäure, Indol, Wasserstoff, Sumpfgas u. dergl. im Leben nie beobachtet werden, ist durch die Gegenwart des indifferenten Sauerstoffs nothwendig bedingt. Gegen diese Betrachtungsweise sind Einwände von *Nencki*¹ erhoben, die ich für ganz bedeutungslos halte. *Nencki* stellt sich auf einen Standpunkt, der in Deutschland durch die schönen Arbeiten von *Wöhler* und *Liebig* schon vor 40 Jahren überwunden wurde. Er unterscheidet Lebensprocesse von chemischen und physikalischen Vorgängen, für ihn ist Gährungswasserstoff ein anders wirkender Körper, als chemischer Wasserstoff. Längst bekannte Erscheinungen, wie die Blaufärbung von Guajaklösung durch Methämoglobinbildung bei Eintrocknen des Blutes, werden als Beweis der Anwesenheit activen Sauerstoffs im lebenden Blute von Neuem hervorgeholt und schliesslich behauptet, die An-

¹ Journ. f. pract. Chem. N. F. Bd. XXIII, S. 87.

wesenheit von Cholin im Thierkörper sei die Ursache der Oxydationen. Es ist bis jetzt Niemand geglückt, dieses Zersetzungsproduct des Lecithin frei im Organismus aufzufinden.

Weil nach *Radziszewski* Benzol mit Natriumhydroxyd und Luft geschüttelt reines Phenol, Toluol ebenso behandelt Benzoessäure, Camphercymol mit Natronhydrat oder Tetramethylammoniumoxydhydrat und Luft geschüttelt Cuminsäure liefert, meint *Nencki*, die Oxydation dieser Kohlenwasserstoffe vollziehe sich hier genau so, wie im Thierkörper. Dass eine grosse Anzahl von Kohlenwasserstoffen auf eine durchaus noch räthselhafte Weise (Niemand hat meines Wissens auch nur einen Versuch einer Erklärung gemacht) den Sauerstoff der Luft activiren, ist von *Schönbein* und Anderen bereits beschrieben; mit den Processen des Thierkörpers haben diese Oxydationen wohl nur das gemein, dass sie noch sehr viel Räthselhaftes haben; andere Vergleichungspunkte finde ich nicht und *Nencki* hat keinen angegeben¹.

Die Quantität Sauerstoff, welche vom Blute her an bestimmter Stelle in ein Organ in bestimmter Zeit eindringt, ist abhängig nach unseren Vorstellungen vom Unterschiede des Sauerstoffdruckes im Blute und in dem Organe und diese Quantität wird am grössten sein, wenn das arterielle Blut recht reich an Sauerstoff ist und das Organ keinen Sauerstoff enthält. Im Blute wird der Sauerstoffdruck wohl selten 12 pCt. einer Atmosphäre übersteigen, mag er aber auch viel höher sein, beim Hinüberströmen aus den Capillaren in das Organ fällt der Sauerstoffdruck im Blute sehr schnell auf die Höhe, bei welcher das Oxyhämoglobin seinen locker gebundenen Sauerstoff abgibt, 3,5 bis 7 pCt. einer Atmosphäre (dieser Werth ist für die Temperatur warmblütiger Thiere nicht genauer bekannt), bei diesem Drucke kann dann viel Sauerstoff überfließen, da das Oxyhämoglobin im Blute reichlich vorhanden ist, aber wegen des geringen Druckunterschiedes wird der Sauerstoffstrom nur langsam erfolgen können. Wir dürfen nun annehmen, dass bei reichlicher Zufuhr von Nährstoffen die Masse des Organs steigt, und die Sauerstoffmenge, welche in bestimmter Zeit zuströmt, sich auf eine grössere Masse vertheilt, und da bei ungenügendem Sauerstoffzutritt dem Fäulnissprocesse vergleichbare oder mit ihm identische Zersetzungen nachweisbar eintreten, werden sie unter diesen Verhältnissen zur Wirkung gelangen, die gebildeten Producte

¹ Ueber diese Angaben von *Nencki* und die Unterschiede von Ozon und activem Sauerstoff vergl. *Baumann*, Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. V, S. 244. 1881.

vom Blutstrome weitergeführt andere Organe treffen, in denen Sauerstoff in reichlicher Quantität dargeboten wird, z. B. die Nieren, in deren Canälchenenden von den Glomerulis her stets Sauerstoff in grossem Ueberschuss zugegen ist, und hier in die normalen Endproducte verwandelt werden. Derselbe Fall muss eintreten, wenn das Blut zu viel Plasma enthält, oder farblose Blutkörperchen sich irgendwo anhäufen, oder das Blut nicht genügend mit Sauerstoff beladen, oder die Circulation durch Herzfehler, Thromben u. s. w. allgemein oder local gestört ist.

*Forster*¹ überzeugte sich, dass Injection von Blutserum in's Blut eine entsprechende Zunahme der Harnstoffausscheidung bewirkte, während Injection von Blut mit seinen Blutkörperchen keine Zunahme des Harnstoffs ergab. *Forster* erklärt dies anders, als es hier geschieht, ist aber nicht im Stande, nach seiner Auffassung zu erklären, dass das Plasma für sich allein die Zersetzung steigert, wie in den Darm eingeführte Nahrung, mit den zugehörigen Blutkörperchen zusammen dagegen erhalten bleibt.

Der grösste Ueberschuss von Sauerstoff und sonach die stärkste Herabdrückung des Stoffwechsels muss bei normaler Respiration und Circulation im Hungerzustande eintreten; hier ist bekanntlich der Stoffwechsel auf das geringste Maass beschränkt.

§ 486. Wie die Reizung der Organe bei den Umsetzungsprocessen zur Wirkung gelangt, scheint mir noch völlig räthselhaft. Jedenfalls geschieht die Steigerung des Stoffwechsels und das Wachsen der Organe bei Reizung nicht durch Aenderung der Blutgefässe, Contraction oder Ausdehnung derselben, da, wie es besonders von *Virchow* hervorgehoben ist, auch Organe, die gar keine Blutgefässe und keine Nerven besitzen, dieser Steigerung des Stoffwechsels und Wachstums fähig sind, z. B. die Knorpelzellen und die mannigfaltigen Geschwülste, die sich auf Reizung bei Pflanzen entwickeln (Galläpfel, Wucherungen an verletzten Stellen, Ansätze von Schmarotzern u. s. w.). Die Befruchtung, Bildung der Placenta, der Fruchthüllen bei Pflanzen lässt sich, wie die wuchernden Geschwülste bei Menschen, auf solche Reizung beziehen. Die geheimnissvollen Fähigkeiten der Protoplasmen selbst, die einer nüchternen Naturforschung noch keinen Einblick in ihren Mechanismus gestattet haben, können hier allein als Ursache der Veränderungen auf Reizung gelten.

¹ Zeitsch. f. Biologie. Bd. XI, S. 496.

Sehr schön zeigt sich die Einwirkung der Reizung auf die Oxydation in den lebenden Zellen bei den phosphorescirenden Thieren, bei denen die Lichteinwirkung abhängig ist von der Gegenwart des Sauerstoffs und der Einwirkung eines Reizes. Diese Verhältnisse sind von *Pflüger*¹ sehr eingehend verfolgt und beschrieben. Leider sind über die das Leuchten bewirkenden chemischen Prozesse nur unsichere Vermuthungen möglich. Ueber die Function der electricischen Organe von electricischen Fischen in ihren Beziehungen zu chemischen Processen ist noch wenig bekannt. *Weyl* findet im electricischen Organe von *Torpedo* viel von einem mucinartigen Körper, wenig Eiweissstoff, Spuren von Kalium, Inosit, kaum Spuren von Glycogen. Das im Leben durchscheinende Organ reagirt alkalisch oder neutral, wird beim Absterben trübe, undurchsichtig, reagirt dann sauer. Es entwickelt bei Ruhe und bei Reizung etwas CO₂ und zeigt bei der Reizung saure Reaction, Verminderung der Summe der Stoffe des Alkoholauszugs, auch Verminderung der Asche des Wasserextractes aber Zunahme des Phosphorsäuregehaltes in letzterem.

Ebenso tief verschleiert, wie die Einwirkung der Reizung, ist noch die Ursache der so ausserordentlich mannigfaltigen und reichlichen Ausbildung von Anhydriden, Aetherarten und Amidin in Thieren und Pflanzen. Ohne Zweifel ist der active Sauerstoff bei ihrer Bildung direct oder indirect theilhaftig, er erhält sie auch. Hierfür sprechen die Ausbildung der Aetherarten im Weine nur bei genügendem Sauerstoffzutritt, die Bildung von Hippursäure nach *Schmiedeberg* und *Bunge* in der ausgeschnittenen lebenden Niere aus Benzoësäure und Glycocoll nur bei Anwesenheit von Sauerstoff.

*Drechsel*² hat in neuester Zeit die Wasserentziehung auf einen Wechsel von Oxydation und Reduction zurückzuführen gesucht und durch die Einwirkung schnellen Wechsels eines starken galvanischen Stromes auf carbaminsaures Ammoniak eine geringe Menge von Harnstoff erhalten. Der Vorgang bei diesem Versuche ist offenbar ein höchst complicirter. Wenn man auch bis jetzt keine Einwirkung der schnell auf einander folgenden gewaltigen electricischen Stromstösse bei jeder Unterbrechung des Stromes auf chemische Körper kennt, von dieser Seite sonach ein Einwand nicht möglich ist, kann man sich

¹ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. X, S. 270. Hier auch sehr vollständig die umfangreiche besonders ältere Literatur. — Vergl. auch *Lassar*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XXI, S. 104. — *Radziszewski*, *Liebig's Ann.* CCIII, S. 305.

² Journ. f. pract. Chem. N. F. Bd. XXII, S. 476.

doch irgend eine definirbare Vorstellung vom stattfindenden chemischen Vorgange nicht machen. Die Organismen, Pflanzen wie Thiere, haben solche heroische Mittel nicht zu ihrer Verfügung, bilden aber nicht blos Spuren von Harnstoff, sondern unzählige Anhydride und Aether reichlich, ja fast quantitativ genau. Die Versuche von *Drechsel* geben noch keinen Aufschluss für thierische Processe und sind vorläufig selbst Räthsel.

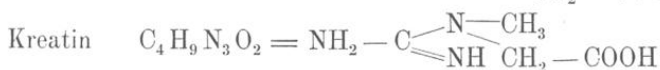
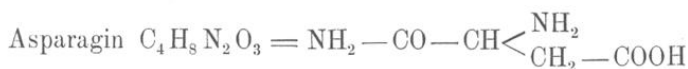
Entstehung, Ablagerung und Zersetzung der Eiweissstoffe, der Kohlehydrate und der Fette im Thierkörper.

1. Die Eiweissstoffe.

§ 487. Die grosse Unsicherheit, welche der Beurtheilung chemischer Processe im Thierkörper noch anhaftet, tritt recht deutlich an's Licht, wenn man einen der wichtigsten Bestandtheile des Thierkörpers in seiner Bildung, Ablagerung und Zersetzung zu verfolgen sucht. Von den Verhältnissen der Eiweissstoffe ist in den letzten Erörterungen von § 479 bis § 486 am meisten die Rede gewesen und es könnte scheinen, dass in Hinsicht auf ihre Verhältnisse die zuverlässigsten und eingehendsten Beobachtungen gemacht seien, eine nähere Betrachtung zeigt, dass wir auch von ihrem Verhalten im Thierkörper nur wenig wissen. Man nimmt fast ausnahmslos an, dass die Eiweissstoffe nur in Pflanzen gebildet würden, dass sie im Darmcanale mehr oder weniger zu Pepton oder Acidalbumin, Globulin umgewandelt, in's Blut resorbirt, in Blut oder Lymphe blieben oder durch diese Flüssigkeiten den Organen zugeführt, hier entweder zersetzt oder den Protoplasmen in den Drüsen, den verschiedenen Gebilden in Muskeln, Nerven u. s. w. einverleibt würden. Mehrere Versuche von *Voit* und seinen Schülern angestellt mit Fleischextract und Brod u. s. w., haben entschieden das Resultat ergeben, dass die Stoffe des Fleischextractes, speciell Kreatin, nicht im Stande sind, Eiweiss bei diesen Thieren zu ersetzen, ebenso haben alle Versuche mit Leim ergeben, dass diese Substanz Eiweiss nicht ersetzen, also auch im Thierkörper sich nicht in Eiweiss umwandeln kann. Dennoch mahnen Resultate von Versuchen, welche *Weiske*¹ an Kaninchen und Schafen angestellt hat, zur vorsichtigen Beurtheilung. Es ist den Thieren hier nur das von Eiweissstoffen zugekommen, was in Amylum und Oel als Verunreinigung enthalten ist, also eine verschwindend geringe Menge, daneben nur

¹ Vergl. oben S. 957.

Asparagin und in einem Versuche daneben noch etwas Leim. Das letztere Versuchsthier hat bei dieser Ernährung 72 Tage gelebt und ist auch dann nicht gestorben. Ich möchte aus diesen Versuchen keinen definitiven Schluss ziehen, aber halte es für sehr wichtig, die Versuche an Pflanzenfressern mannigfaltig zu wiederholen. Es ist wohl zu beachten, dass bei der Keimung der Samen von Pflanzen aus Eiweissstoffen Asparagin gebildet wird, und *Pfeffer* sieht es als unzweifelhaft an, dass aus dem gebildeten Asparagin wieder Eiweiss entsteht. Asparagin hat in seiner Structur manche Aehnlichkeit mit dem Kreatin:



Das Kreatin steht, wie ich glaube, dem Eiweiss näher, als das Asparagin, denn wenn auch *Schützenberger*¹, dem wir sehr eingehende Untersuchungen über das Verhalten von Eiweiss gegen Aetzbarytlösung bei Temperaturen von 100° und 200° und hierdurch wichtige Aufschlüsse über die Spaltungsweise und Spaltungsproducte des Eiweiss verdanken, die Eiweissstoffe als complicirte substituirte Harnstoffe bezeichnet, scheint es mir doch mit Rücksicht darauf, dass neben Ammoniak und CO₂ nahezu im Verhältniss des Harnstoffs auch reichlich Amidosäuren bei jener Spaltung auftreten, viel richtiger, sie entsprechend dem Kreatin als Guanidine anzusehen, von denen man weiss, dass sie beim Kochen mit Aetzbaryt in Harnstoff und Amide zerfallen.² *Lossen*³ hat direct Guanidin durch Oxydation von Albumin dargestellt; die erhaltene Menge war allerdings sehr gering.

Die Stellung des Glutin und der glutinebenden Substanz des Bindegewebes zu den Eiweissstoffen ist weder hinsichtlich der Entstehung des Glutins, noch hinsichtlich der chemischen Structur des letzteren bekannt. Bei der Spaltung des Leims durch Säuren oder Alkalien wird abweichend von den Eiweissstoffen Glycocoll erhalten, während weder Tyrosin noch Indol bei Fäulniss oder Kochen mit Alkali entsteht. Es ist gewiss auffallend, dass von den im Thier-

¹ Ann. de chim. et de phys. (5) T. XVI, p. 289. 1879.

² *Baumann, Liebig's Ann.* Bd. CLXVII, S. 77. — *Ber. d. deutsch. Gesellsch.* 1873. S. 1371.

³ *Liebig's Ann.* Bd. CCI, S. 369

körper selbst (nicht durch Fäulniss im Darmcanale) zersetzten Eiweissstoffen kein aromatisches Spaltungs- oder Oxydationsproduct sich findet und dass andererseits Glycocol in der Hippursäure und Glycocholsäure auftritt, offenbar als Zersetzungsproduct der Eiweissstoffe, welches künstlich durch Spaltung derselben nie entsteht. Man nimmt gewöhnlich an, dass die Eiweissstoffe in den Organen des Thierkörpers zu Harnstoff, CO_2 und Wasser umgewandelt würden. Spricht man von Zwischenproducten, so denkt man gewöhnlich an die Vorstufen des Harnstoffs, wie man sie genannt hat, Leucin, Tyrosin u. s. w., von denen oben bereits gesagt ist, dass sie im normalen Organismus nirgends zu finden sind. Diese Körper verdienen durchaus nicht den Namen der Vorstufen des Harnstoffs, sie sind es offenbar gar nicht im gesunden Thierkörper. Niemand zweifelt, dass Kreatin, Xanthin, Hypoxanthin, Glycocholsäure, Taurocholsäure Zersetzungsproducte der Eiweissstoffe sind, aber vom Kreatin, welches in Muskeln, Nerven, Drüsen die weiteste Verbreitung hat, und in den Muskeln trotz seiner ziemlich leichten Löslichkeit in Wasser und osmotischen Beweglichkeit sich relativ sehr reichlich findet, glaubt man nach Versuchen von *Meissner*¹ und *Voit*² überzeugt zu sein, dass es als Vorstufe des Harnstoffs nicht anzusehen sei, wie ich es mit *Zalesky* und mit uns viele Andere, wohl auch *Liebig*, angesehen hatten. Es ist nicht zu bestreiten, dass stets etwas Kreatinin, wohl öfter auch ein wenig Kreatin im Harne ausgeschieden wird, es ist auch nicht zu bestreiten, dass nach Eingabe von Kreatin der grösste Theil desselben sehr bald im Harne erscheint, aber dies kann nicht als Beweis gelten, dass bei langsamer Bildung von Kreatin in den Muskeln nicht der grösste Theil desselben, sei es in diesen Organen, sei es in der Niere, zu Harnstoff umgewandelt werde. Es bleibt gewiss höchst beachtenswerth, dass man in den Muskeln, die einen so bedeutenden Theil des ganzen Körpergewichts ausmachen und denen ein reichlicher Stoffwechsel auch stickstoffhaltiger Bestandtheile nicht wohl fehlen kann, weder Harnstoff, noch ein anderes, in diesen überführendes Zersetzungsproduct mit Stickstoffgehalt findet, aber stets reichlich Kreatin neben viel weniger Xanthin und Hypoxanthin, deren Uebergang in Harnstoff gleichfalls noch nicht beobachtet ist. Xanthin geht bekanntlich auch in sehr geringer Menge in den Urin über. Es ist nicht wahrscheinlich,

¹ Zeitschr. f. rat. Med. (3) Bd. XXVI, S. 241. — *Meissner* u. *Shepard*, Untersuchungen über d. Entstehen d. Hippursäure etc. Hannover 1866. S. 115.

² Zeitschr. f. Biologie. Bd. IV, S. 111.

dass der Stickstoffumsatz der Muskeln im menschlichen Körper ausgedrückt wird durch die geringe Menge der täglichen Kreatinausscheidung.

2. Glycogen.

§ 488. Es ist oben bei der Schilderung der Verhältnisse der Leber davon die Rede gewesen, dass Bildung von Glycogen in diesem Organe auch dann stattfindet, wenn das Thier lediglich mit Eiweissstoffen oder mit diesen und Leim längere Zeit ernährt wird. Nicht allein die Beobachtungen an Thieren, sondern hauptsächlich die Erfahrungen, welche an Diabetikern gesammelt sind, zeigen unwiderleglich, dass durch reine Eiweisskost Kohlehydrat reichlich im Körper gebildet werden kann¹. Glycogen kann sonach auch aus Eiweiss entstehen, und es hat sich daher auch die Ansicht Bahn gebrochen, dass das Glycogen immer aus dieser Quelle herzuleiten sei. Da man bisher immer nur ein und dasselbe Glycogen gefunden hat, mochten reichliche Mengen von Amylum, Rohrzucker, Traubenzucker, oder Milhzucker, Inulin, Leim, Glycerin, Eiweiss u. s. w. in der Nahrung eingeführt sein, so musste man Bedenken tragen, eine einfache Anhydridbildung aus dem zugeführten Kohlehydrat als Quelle des Glycogen in der Leber anzusehen, denn die genannten Kohlehydrate zeigen eine zum Theil erhebliche Verschiedenheit in ihrer chemischen Structur; Glycerin konnte nur durch Vereinigung mehrerer Molecule in Zucker und dann weiter in Glycogen übergeführt werden; vom Leim kennt man noch gar keine Beziehungen zu den Kohlehydraten. Andererseits darf aber nicht übersehen werden, dass die reichlichsten Ablagerungen von Glycogen bei Fütterung mit Kohlehydrat erfolgen, und dass bei dieser Fütterung die Harnstoffausscheidung vermindert wird, jedenfalls nicht steigt. Würde nun die reichlichere Glycogenbildung bei Fütterung mit Kohlehydrat durch stärkere Zersetzung von Eiweissstoff bewirkt, so müsste man annehmen, dass die stickstoffhaltigen Nebenproducte der Eiweisszersetzung im Körper zurückgehalten würden. Es bleibt aber auch der Ausweg, dass unter reichlicher Einfuhr von Kohlehydrat die Zersetzung des Eiweiss qualitativ eine andere werde als ohne dieselbe. Solche Fragen zu entscheiden, sind Fütterungsversuche überhaupt nicht im Stande, nur die Untersuchung der Spal-

¹ Kütz, Arch. f. exper. Pathol. Bd. VI, S. 140. — v. Mering, Deutsch. Zeitschr. f. pract. Med. 1877. No. 18.

tungsweisen und der chemischen Structur der Eiweissstoffe, endlich die künstliche Bildung von Kohlehydrat aus Eiweiss können hier wirkliche Fortschritte bringen.

Vielleicht giebt die fortgesetzte Untersuchung einer vor Kurzem von *Danilewski*¹ durch Einwirkung von Pankreasverdauung aus Eiweissstoffen erhaltenen Substanz hier weitere Aufschlüsse.

Auch über die Art der Zersetzung des Glycogen in Leber und Muskeln bestehen verschiedene Ansichten. Es ist festgestellt, dass aus dem Glycogen in der Leber Zucker gebildet wird, wenn kräftige Reize auf die Leber einwirken, z. B. durch schmerzhaft Operationen das Thier gequält wird. Auch nach dem Tode findet diese Umwandlung sowohl in der Leber als auch in den Muskeln statt. Ob aber während des Lebens fortdauernd, wie *Cl. Bernard* meinte, Zucker aus Glycogen in der Leber entsteht, ist nicht entschieden. Die Ansicht von *Pavy*, dass aus dem Glycogen Fett entstehen könne, ist zwar eine noch wenig begründete Hypothese, für die aber Mancherlei spricht. Im folgenden Paragraph wird dieselbe näher ins Auge zu fassen sein. Ueber die Vorgänge der Entstehung und Zersetzung von Glycogen in sich entwickelnden Zellen bei der Ausbildung des Embryo, Wachsthum pathologischer Geschwülste u. s. w. ist nichts bekannt.

3. Fettbildung und Fettzersetzung.

§ 489. Die seit alter Zeit bei den Aerzten und Naturforschern herrschende Ansicht, dass die Bildung von Fett nur in den Pflanzen geschehe, Thiere es nicht zu bilden sondern nur in ihren Geweben abzulagern vermöchten, soweit sie es aus der Nahrung aufnehmen, ist erst 1842 von *Liebig* bekämpft und als ungenügend zur Erklärung der in Thieren sich anhäufenden Fettmassen nachgewiesen. Mehrere französische Chemiker und Physiologen, hauptsächlich *Boussingault*, welche zuerst dieser Auffassung *Liebig's* entgegentraten, haben dann dieselbe durch ihre eignen Versuche völlig bestätigt gefunden und sie dann eifrig vertheidigt. Ausser den Arbeiten *Boussingault's* sind in dieser Richtung besonders werthvoll die Untersuchungen von *Persoz*, *Thomson*, *Laves* und *Gilbert*², die ebenso wie zahlreiche neuere Versuchsreihen ergeben haben, dass aus der Nahrung vom Thier nicht

¹ Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. XIII, S. 2132. 1880.

² Die Literatur über die Fettbildung ist sehr eingehend zusammengestellt und besprochen von *Voit* in seiner Arbeit über Fettbildung im Thierkörper, Zeitschr. f. Biologie. Bd. V, S. 79.

soviel Fett aufgenommen sein konnte, als in ihm nach der Mästung gefunden wurde. Aus welchen Stoffen aber im Thierkörper Fett entsteht, ist bis jetzt nicht mit der erforderlichen Sicherheit entschieden. *Liebig*¹ liess es zunächst zwar unentschieden, ob das Fett aus Eiweissstoffen oder Kohlehydraten entstehe, neigte aber doch zur Ansicht, welche auch die bei Weitem grösste Zahl von Physiologen lange Zeit als richtig annahm, dass die Kohlehydrate die Quelle der Fettbildung seien.

Schon am Ende der vierziger, noch mehr in den fünfziger Jahren fanden sich vereinzelte Beobachtungen über Entstehung fetter Säuren im Käse, über Bildung von Leichenwachs² (hauptsächlich entweder aus Kalkseifen von Palmitinsäure und Stearinsäure oder in andern Fällen aus sauren Ammoniakseifen bestehend), welche man auf Bildung von Fett aus Eiweissstoffen beziehen zu müssen glaubte. Die Beobachtungen von *R. Wagner*³, nach welchen in die Bauchhöhle von Hühnern eingeführte Hoden von Fröschen und Krystallinsen vom Rinde u. s. w. nach längerem Liegen viel Fett enthielten, wurden von *Husson*⁴, *Middeldorpf*, *Donders*⁵, *Michaelis*⁶, *Burdach*⁷ mit reineren Eiweissstoffen wiederholt, von *Burdach* erkannt, dass bei hermetischem Verschluss des eingeführten Körpers gegen die Bauchhöhle sich kein Fett bilde, von *Donders* gefunden, dass dies Fett sich in Zellen befinde; von mir ist später an eingebrachten Krystallinsen erkannt⁸, dass die Fettbildung nur in eingewanderten amöboiden Wanderzellen stattfindet, also keine Umwandlung der eingeführten Eiweisssubstanz zu Fett ist.

Einige Versuchsreihen an mit Fleisch allein und dann mit Fleisch und Zucker gefütterten Hunden sowie Beobachtungen über Fettbildung in entzündeten Organen, auch bei Stauung des Blutes in Herz- und

¹ *J. Liebig*, Die Thierchemie etc. Braunschweig 1842. S. 76.

² *Quain*. Med. chir. Transact. 1850. p. 141. — *Virchow*, Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. in Würzburg. Bd. III, August 1852. — *Wetherill*, Journ. f. pract. Chem. Bd. LXVIII, S. 26.

³ Arch. f. physiol. Heilk. 1851. Jahrg. X, S. 520.

⁴ Göttinger Nachrichten 1853. S. 41.

⁵ Neederland. Lancet (3) I. p. 556.

⁶ Prager Vierteljahrsschr. 1853. Bd. X, S. 4.

⁷ *F. W. Burdach*, de commutat. substant. prot. in adipem. Diss. Königsberg 1853.

⁸ *Hoppe-Seyler*, Med. chem. Untersuchungen. 4. Heft. S. 494.

Lungenkrankheiten in der Leber führten mich dann zur Ansicht¹, dass das Fett überhaupt wohl aus Eiweissstoffen gebildet werde. Ausgedehnte Untersuchungen an reifenden fetthaltigen Samen der verschiedensten Pflanzenfamilien schienen mir volle Bestätigung dieser Ansicht zu geben, vergebens aber suchte ich nach einem entscheidenden Beweis. Die Beobachtung, dass in der stehenden Kuhmilch an der Luft die Menge des Fettes zunahm, der Eiweissstoffgehalt abnahm, bestärkte weiter diese Ansicht². Zu derselben Anschauung wurde später *Voit*³ durch Versuche an Hunden, die mit Fleisch gefüttert waren, geführt, und von ihm und einigen landwirthschaftlichen Chemikern durch Versuche an Kühen und andern Pflanzenfressern auch für diese die Fettbildung aus Eiweissstoffen nachzuweisen versucht, indem sie entweder die Menge des in der Milch von Kühen gelieferten Fettes und des Stickstoffs im Harn verglichen mit den aus der Nahrung aufgenommenen Fett- und Eiweissquantitäten⁴, oder von Thieren annähernd gleicher Constitution, Alter und Ernährungszustand das eine tödteten und den Fett- und Eiweissgehalt bestimmten, das andere bei bestimmter Fütterung mästeten, dann tödteten und nun die Fett- und Eiweiss-Differenzen mit den in der Versuchszeit vom Darne resorbirten Eiweiss- und Fettmengen verglichen⁵.

Um diese Vergleichung durchzuführen, musste eine Schätzung gemacht werden von der Menge von Fett, welche durch eine bestimmte Quantität Eiweiss geliefert werden kann. *Voit*⁶ rechnete aus, dass aus 100 Thl. Eiweiss 33,45 Thl. Harnstoff 40,08 Thl. Fett und aus dem noch übrigen 16,14 Thl. Kohlenstoff unter Sauerstoffaufnahme CO₂ entstehen könne. *Henneberg*⁷ dagegen nahm an, dass das Eiweiss sich unter Wasseraufnahme ohne Betheiligung des freien Sauerstoffs in 51,39 pCt. Fett, 33,45 pCt. Harnstoff und 27,4 pCt. CO₂ zerlegen könne. Da man nach dieser letzteren Berechnung aus dem Eiweiss das grösste Quantum Fett erhielt, wurde dieselbe auch von *Voit* ange-

¹ Theilweise publicirt in Arch. f. pathol. Anat. Bd. X, S. 144. 1856.

² Arch. f. pathol. Anat. Bd. XVII, S. 440.

³ A. a. O., S. 106.

⁴ Vergl. besonders *G. Kühn* und *M. Fleischer*, landwirthschaftl. Versuchsstationen. Bd. XII, S. 197. 1869.

⁵ *Lawes* u. *Gilbert*, Philos. Magaz. Decbr. 1866. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. XI, p. 577. — *Weiske*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. X, S. 1.

⁶ A. a. O., S. 115.

⁷ *W. Henneberg*, Neue Beiträge zur Begründung einer ration. Fütterung der Wiederkäuer. Göttingen 1870. S. XLIV.

nommen und ist bis jetzt im Wesentlichen unangefochten geblieben. Es ist aber leicht ersichtlich, dass solchen Berechnungen der Entstehung einfacherer organischer Verbindungen aus complicirteren unter Aufnahme von Wasser und Abscheidung von CO_2 eine chemische Basis gar nicht zu Grunde liegt. Man kann z. B. aus dem Blutfarbstoffe auf diese Weise sämmtliche phosphorfreie organischen Stoffe, die sich im Organismus finden und noch sehr viele andere als Spaltungsproducte berechnen; man kann ausrechnen, dass Blausäure, Strychnin gebildet werde und dergl. Solche Rechnungen sind also an sich müssige, wenn man nicht bereits die Stoffe, um die es sich handelt, wirklich als Spaltungsproducte der bestimmten Substanz nachweisen kann. Weder *Henneberg* noch *Voit* können dies verkannt haben, aber vielen weniger Geübten scheint, wie die Erfahrung lehrt, die Berechnung selbst eine Stütze zu sein für die Ansicht, dass der Process wirklich in der berechneten Weise geschehe.

§ 490. Jede eingehende Beurtheilung der Verhältnisse des Stoffwechsels muss trotz der ungenügenden Kenntnisse, die wir über die Zersetzung der Eiweissstoffe im Thierkörper besitzen, zu der Ueberzeugung führen, dass eine Bildung von Fett aus Eiweiss entsprechend der Spaltungsgleichung von *Henneberg* nicht stattfinden kann. Die Annahme von *Henneberg* fordert, dass Eiweiss unter Wasseraufnahme gespalten wird zu einem Amid, einer oder mehrerer Aetherarten (den Fetten) und CO_2 , ohne dass Oxydation erfolgt. Ein solcher Process wäre an sich ohne jede Analogie und würde erfordern, dass das Eiweiss glatt ohne Zwischenproducte und ohne Oxydation in diese wenigen Stoffe zerlegt würde. Spaltungen organischer Stoffe unter Wasseraufnahme kommen überhaupt nur vor entsprechend den in den Moleculen bereits vorhandenen Spaltungsrichtungen, welche durch die Gruppierung der Atome vorgezeichnet sind. Wir wissen aber besonders durch die Arbeiten von *Ritthausen*¹, *Hlasiwetz* und *Habermann*² und *Schützenberger*³, dass die Spaltungsrichtungen in den Eiweisskörpern ganz andere sind, als jene Berechnung verlangt. Es entstehen durch Einwirkung von Säuren, Alkalien, Fermente oder Wasser in hoher Temperatur allerdings ein Theil CO_2 und NH_3 , welche Harnstoff entsprechen, daneben aber eine sehr reichliche Quantität von Amido-

¹ *H. Ritthausen*, Die Eiweisskörper der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Oel-samen. Bonn 1872.

² *Ann. Chem. Pharm.* Bd. CLXIX, S. 150. 1873.

³ *Ann. de chim. et de phys.* (5) T. XVI, p. 289. 1879.

säuren, unter denen das Tyrosin wohl ganz unfähig erachtet werden muss, Fett zu bilden. Auch die Berechnung von *Voit* lässt den ganzen Stickstoff sofort als Harnstoff austreten und wird nur insofern den Verhältnissen im Organismus mehr gerecht, als sie auch eine Oxydation zulässt.

Da nun eine nicht geringe Anzahl von Stoffwechseluntersuchungen, von denen *Voit* selbst mehrere besprochen hat, ergeben, dass während der Versuchszeit im Thiere mehr Fett gebildet ist, als 40 pCt. des vom Darm her aufgenommenen und als solches im Thiere nicht mehr vorgefundenen Eiweiss, so ist diese Berechnungsweise, weil unzureichend, schon als widerlegt zu betrachten. Einige Versuche haben aber selbst dann für das disponible Eiweiss zu viel Fett ergeben, wenn man nach *Henneberg* 51,4 pCt. Fett aus dem Eiweiss entstehen lässt. In anderen Versuchsergebnissen muss nahezu das ganze aufgenommene Eiweiss in Fett und Harnstoff nach dieser Gleichung umgerechnet werden, um die Menge des gebildeten Fettes aus Eiweisszersetzung zu erklären. In Berücksichtigung solcher Resultate muss man doch fragen, wie dann die Bildung der stets vorhandenen Zwischenproducte, wie Kreatin, Hypoxanthin, Gallensäuren, erklärt werden soll, wie man ferner es sich denken soll, dass in der ganzen Versuchszeit gar kein Fett zerlegt sei (ohne diese Bedingung wird die ganze Rechnung hinfällig), wie es dann geschehen soll, dass ausser dem Fett auch Eiweiss während der Versuchszeit gar nicht zur Oxydation gelangt, und endlich hiernach der Organismus abgesehen von der Spaltung des Eiweiss unter Wasseraufnahme zu Fett und Harnstoff nur von der Zersetzung und Oxydation der Kohlehydrate lebt, indem er entgegen allen bekannten Respirationsversuchen dem Volumen nach viel mehr CO_2 ausscheiden muss als er Sauerstoff aufnimmt, da ja Kohlehydrat ebensoviel CO_2 liefert, als es Sauerstoff zur Oxydation braucht und hierzu die aus dem Eiweiss nach *Henneberg* ohne Oxydation entstehende CO_2 noch hinzukommt.

Es kann nach allen diesen Ergebnissen und Erwägungen gar nicht mehr zweifelhaft sein, dass Fettbildung aus Eiweisstoffen bei der Mästung im Wesentlichen nicht stattfindet.

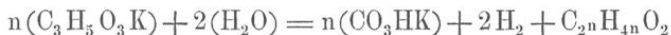
Es ist auch schon lange bekannt, dass reichliche Ernährung mit Eiweisstoffen die Entwicklung des Fettpolsters durchaus nicht begünstigt¹, dass vielmehr Mästung am schnellsten und nachhaltigsten

¹ Vergl. z. B. *Forster*, Zeitschr. f. Biologie. Bd. XII, S. 459.

eintritt, wenn bedeutend mehr Kohlehydrat als Eiweiss in der Nahrung eingeführt wird.

§ 491. Mit unbestreitbarem Rechte gründet *Voit* dennoch seine Behauptung, dass aus Eiweiss Fett entstehen könne, auf die Beobachtung von *Ssubotin*¹ und eigne Versuchsergebnisse², aus denen hervorgeht, dass säugende Hündinnen bei reiner Fleischnahrung reichlich Fett in ihrer Milch abscheiden und bei der grössten Eiweisszufuhr auch die grössten Fettmengen in der Milch abgeschieden werden. Es geht jedoch aus diesen Beobachtungen noch nicht hervor, dass auch direct aus Eiweiss Fett gebildet werde, denn es entsteht im Thierkörper auch bei reiner Fleischnahrung Glycogen und in der Milch Milchzucker; das Organ, welches abgesehen von der Milchdrüse am leichtesten und schnellsten Fett bildet, die Leber, ist auch die Hauptstätte der Glycogenbildung und so kann auch hier wieder Fettbildung aus Kohlehydrat erfolgen.

Der Erklärung der Entstehung von Fett aus Kohlehydrat stand besonders entgegen, dass man künstlich weder Fette noch fette Säuren von höherem Moleculargewicht aus Kohlehydrat dargestellt hatte, hierzu ein Reductionsprocess erforderlich schien und man doch Bedenken trug, Reductionsprocesse im thierischen Stoffwechsel zu statuiren. Der einzige Process, auf den man sich bei dieser Erklärungsweise stützen konnte, war die Buttersäuregärung, die selbst der Erklärung bedurfte. Ich habe mich nun nicht allein überzeugt³, dass bei Einwirkung von Fäulniss auf Glycerin bei Gegenwart von Calciumcarbonat ausser Buttersäure auch Capronsäure reichlich gebildet werden kann, sondern dass man auch durch Einwirkung von Natronkalk auf milchsaures Salz in hoher Temperatur (250 bis 300°) fette Säuren von viel höherem Moleculargewicht in allerdings sehr geringer Menge neben Capronsäure, Buttersäure und Essigsäure erhält, während CO₂ und Wasser ausgeschieden werden. Es lässt sich der Process auffassen als verlaufend nach der Gleichung:



Die Bildung der Palmitinsäure aus Milchsäure entspricht hiernach der Gleichung:



¹ Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXXVI, S. 561. 1866.

² A. a. O.

³ Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. II, S. 16. 1878; Bd. III, S. 358. 1879.

Bei Anwesenheit von Sauerstoff oder reducibaren Substanzen wird der Wasserstoff in Wasser übergehen. Die Leichtigkeit, mit welcher Zucker und überhaupt die meisten Kohlehydrate durch Fermente oder Aetzkalkali in Milchsäure übergeführt werden, lässt die angegebene Berechnung auch auf Kohlehydrate ausdehnen. Die Gleichung selbst ist nur ein allgemeinerer Ausdruck der Buttersäuregärung.

Die zur Bildung von fetten Säuren hohen Moleculargewichts aus Milchsäure oder Kohlehydrat erforderliche Synthese durch Condensation mit Austritt von Wasser kann, wie diese Erfahrungen lehren, bei einem einfachen Spaltungsvorgange parallel der Buttersäuregärung erfolgen, wie aber hierbei die in den Thieren verbreitete und oft sehr reichlich vorhandene Oelsäure, wie ferner das Glycerin entstehen mag und wie die Vereinigung der Säuren mit dem Glycerin zu Triglyceriden zu Stande kommt, darüber wage ich nicht, eine Vermuthung auszusprechen. Oelsäure ist künstlich noch nicht dargestellt und Glycerinverbindungen der fetten Säuren sind nur unter Verhältnissen gewonnen, welche denen des Organismus, so viel bekannt, sehr heterogen sind, da gerade die Gegenwart von viel Wasser und alkalische Beschaffenheit der Lösung, wie sie sich im Organismus finden, die künstliche Bildung hindern.

§ 492. Die Ausbildung von Fett findet wohl in keinem Organe mit der Geschwindigkeit statt, wie in der Milchdrüse; auch in der Leber kann sie bei reichlicher Ernährung mit viel Kohlehydrat bei genügender Einführung von Eiweissstoffen ziemlich schnell von Statten gehen; im Unterhautfettgewebe, zwischen den Muskeln und in der Umgebung der Nieren erfolgt sie stets langsamer. Die Fette, welche bei schneller Mästung in der Leber sich bilden, sind nicht näher untersucht, von den Fetten der Milch wissen wir aber, dass sie durch ihren constanten Gehalt an Butyrin, Capronin, Caprylin und Caprinin sich von anderen bis jetzt untersuchten Fetten unterscheiden¹.

Auch die Entstehung des Bienenwachses haben einige aus dem Zucker der Nahrung der Bienen, andere dagegen aus den Eiweissstoffen der Bienen herleiten wollen. Ich habe aus den in der Literatur beschriebenen Versuchen² die Ueberzeugung nicht gewinnen können, dass das Bienenwachs von den Bienen herstamme und nicht von den

¹ Vergl. oben S. 725.

² Vergl. *Voit*, a. a. O., S. 147 bis 155.

Pflanzen entlehnt sei. Die Bienen haben keine Drüsen, in denen sie Wachs bilden könnten, und man findet es nur an ihrer Körperoberfläche. So viel man sich auch bemüht hat, durch Einsperren von Bienenstöcken und Ernährung mit fettfreiem Zucker u. s. w. auf längere Zeit Gewissheit über die Wachsbildung in ihnen zu erlangen, hat man scharfe Entscheidung nicht erhalten. Die völlig eingeschlossenen Bienen haben entweder gar nicht oder sehr unbedeutend Zellen gebaut, wenn sie nicht noch einen reichlichen Vorrath von Pollen in sich hatten. Die Zusammensetzung des Bienenwachses ist etwas wechselnd, in allen Fällen aber weit abweichend von den übrigen thierischen Fetten, denn es enthält neben freier Cerotinsäure $C_{27}H_{54}O_2$, palmitinsäuren Myricyläther $C_{16}H_{31}O_2$, $C_{30}H_{61}$ und diese Stoffe kommen nirgends sonst in Thieren, aber ganz verbreitet als Wachsüberzug auf Pflanzen vor.

Die Art und Weise, wie Fette im Organismus zerlegt werden, ist gänzlich unbekannt. Man nimmt an, es werde das Fett oxydirt, und wohl mit Recht. Bei künstlicher Oxydation von Palmitinsäure, Oelsäure, Stearinsäure mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure oder mit übermangansaurem Kali oder mittelst Ozon treten, so viel bekannt, niedere Glieder der Reihe der fetten Säuren als intermediäre Producte zwischen dem noch unzersetzten Fett und den schliesslich entstehenden Producten CO_2 und Wasser nicht auf, wahrscheinlich weil die niederen Glieder dieser Säurereihe viel leichter oxydirt werden als die von höherem Moleculargewicht. Dieselbe Ursache hat wohl auch die recht auffallende Erscheinung, dass bei Thieren wie bei Pflanzen gerade die höchsten Glieder dieser Säurereihe eine so grosse Verbreitung zeigen, während die niederen Glieder selten auftreten und, wo sie gefunden werden, wie in der Milch, nur einen geringen Theil des Fettes ausmachen.
