

deswegen nicht getrennt zu werden brauchen. Wenn dies einmal, verbunden mit einer noch engeren Verschmelzung der zwei mittleren Mittelfußknochen und noch größerer Verkürzung der Seitenzehen, eintreten wird, dann ist ein derartiger Fuß von der Röhre (Canon) eines Wiederkäuers nicht zu unterscheiden; die fortschreitende Vereinfachung in dieser Familie aber geschieht nach K. so stetig und regelmäßig, von der untermiocänen Periode an, dass man über deren weitem Gang gar nicht in Zweifel bleiben kann.

Wenn wir aber die Suiden der gegenwärtigen Periode auf dieser Stufe der Vereinfachung treffen, so haben wir nach K. kein Recht zu sagen, dass dies ihr bleibender Zustand sei. Die möglichst größte Vereinfachung des Skelettes ist bei den Huftieren ein Drang, dem alle jetzt lebenden wie fossilen Formen folgen und dem keine entgeht. Die Vereinfachung wird immer bis zu ihrer letzten Möglichkeit durchgeführt, und jede Reihe von Formen, wenn sie einmal die Bahn der angepassten Vereinfachung betreten hat, befolgt dieselbe bis zu ihrem Gipfelpunkt, d. h. bis zu einem solchen Zustande, wo keine weitere Vereinfachung mehr möglich ist¹⁾.

M. Wilckens (Wien).

Neuere Untersuchungen über die Resorption, Bildung und Ablagerung des Fettes im Thierkörper.

Ueber die Form, in welcher die Resorption des Nahrungsfettes thatsächlich erfolgt, haben die Ansichten der Autoren, seitdem vor fast nun 30 Jahren Cl. Bernard im Bauchsichel ein fettspaltendes Ferment gefunden hat und man später erkannte, dass auch die im Darmkanal nie fehlenden Fäulnisfermente einer analogen fettspaltenden Wirkung fähig sind, hin und hergeschwankt. Bald hat man angenommen, dass der größte Teil des Fettes der Spaltung anheimfällt, und dass die hierbei frei gewordenen Fettsäuren, von dem Alkali des Bauchsichels und der Galle gebunden, als Seifen der Resorption zugänglich werden, bald hat man wiederum der Auffassung zugeneigt, dass das Nahrungsfett im Darm in weit überwiegender Menge unangegriffen bleibt und als Fettemulsion in den Chylus übertritt. Nun zeigt aber eine einfache Berechnung, die Ref. angestellt hat²⁾, dass bei reichlicher Fettfütterung — ein mittelgroßer Hund kann 200—350 g Fett ohne Schwierigkeit im Tag resorbieren — zur Ueberführung der Fettsäuren von nur 200 g Fett etwa 39 g Natriumkarbonat erforderlich sind, während das Gesamtblut, die Lymphe und die alkalisch reagierenden Säfte und Gewebe eines mittelgroßen (25 kg schweren) Hundes, hoch gerechnet, 12 g Natriumkarbonat enthalten, sodass selbst unter der ganz unwahrscheinlichen Annahme, das gesamte Alkali des Körpers würde für die Zwecke der Fettverseifung mit dem Bauch-

1) Anm.: In nächster Nummer noch ein Nachtrag.

Die Red.

2) Vgl. Virchow's Arch., Bd. 95, S. 408.

speichel und der Galle in den Darm ergossen, damit nur $\frac{3}{10}$ des Alkalibedürfnisses für die Verseifung des Nahrungsfettes befriedigt wird.

Die eben berührte Schwierigkeit war beseitigt, wofern es gelang, einen andern Modus aufzufinden, mittels dessen das Fett bzw. die daraus abgespaltenen Fettsäuren in die Körpersäfte übertreten können, ohne einer vorgängigen Verseifung unterliegen zu müssen. Ref. konnte zeigen¹⁾, dass die Bedingungen für die Emulgierung der festen Fettsäuren (Oel-, Palmitin- und Stearinsäure) durch Eiweiß- und Alkali-Lösungen sehr ähnliche sind wie beim Neutralfett; es brauchen nur etwa 5—13% der Fettsäuren in Seifen verwandelt sein, die übrigen 87—95% der Fettsäuren werden als solche von der alkalischen eiweißhaltigen Lösung emulgiert getragen. Solche Emulsionen von festen Fettsäuren unterscheiden sich weder makro- noch mikroskopisch von Emulsionen der Neutralfette, und eine Unterscheidung beider ermöglicht nur die chemische Analyse.

Die Ausnutzung gefütterter fester Fettsäuren im Darm des Hundes erfolgt, wie die Bestimmung der danach mit dem Kot abgehenden Fettkörper ergab, wofern dieselben bei Körpertemperatur flüssig sind, wie das Gemenge der aus Schweinefett erhältlichen Fettsäuren, ebenso gut als die der entsprechenden Menge Neutralfett; bei Einführung der Fettsäuren aus 70 g Fett gingen 0,62 g Fettsäuren und etwa 0,6 g Seifen, nur 0,17 g Fettsäuren und 0,2 g Seifen mehr als bei Fütterung mit 70 g Neutralfett, mit dem Kot ab.

Weiter haben auf die Feststellung des Eiweißzerfalls gerichtete Stoffwechselfersuche an Hunden zu dem Resultat geführt, dass den festen Fettsäuren der gleiche Wert als Sparmittel für den Eiweißverbrauch im Körper zukommt, wie der ihnen (chemisch) äquivalenten Menge von Neutralfett. Und dass auch für längere Zeit die Fettsäuren die stoffliche Wirkung der Fette zu erfüllen vermögen, dies zu erweisen ist gleichfalls geglückt. Ein großer Hund von 31 kg, der mit einem Futter aus Fleisch und Fett im Stickstoff- und Körpergleichgewicht sich befand, verharrte auf seinem Eiweißbestande und seinem Körpergewicht, auch wenn Wochen hindurch statt des Fettes nur die in letzterem enthaltenen festen Fettsäuren gegeben wurden.

Füttert man ausschließlich feste Fettsäuren, so findet man die Chylusgefäße mit einem milchigen Inhalt erfüllt, nicht anders als dies bei Einführung von Neutralfett der Fall ist, und zwar verläuft die Resorption der Fettsäuren, wie die Menge des zu verschiedenen Zeiten der Verdauung aus dem Ductus thoracicus aufgefangenen Chylus ergab, sehr ähnlich der Aufsaugung von verfüttertem Neutralfett: der Uebertritt der Fettsäuren erfolgt schon in der 3. Stunde nach ihrer Einführung in den Magen, erreicht gegen die 7. Stunde seinen Höhepunkt, auf dem er noch in der 12. Stunde verharrt; weiterhin scheint die Resorptionsgröße wieder langsam abzunehmen. Es hat nun die

1) Virchow's Arch., Bd. 80, S. 10—39, 1880.

chemische Analyse des nach Darreichung von Fettsäuren gewonnenen milchweißen Chylus das höchst bemerkenswerte Resultat geliefert, dass der Chylus, obwohl doch nur Fettsäuren zur Resorption gelangen konnten, reichlich Neutralfette enthält, günstigenfalls 38 mal so viel als durch den Brustgang des hungernden, und etwa 20 mal so viel, als durch den Brustgang eines nur mit magerem Fleisch gefütterten Hundes hindurchströmt; daneben fand sich ein geringer Anteil an freien Fettsäuren, während die Menge der Seifen nicht erheblich größer war, als bei reiner Fleischverdauung.

Aus allen diesen Befunden war zu schließen, einmal dass die Fettsäuren überwiegend als solche zur Resorption gelangen, und ferner, dass sie schon auf dem Wege von der Darmhöhle bis zum Brustgang einer Umwandlung zu Neutralfett, einer Synthese unterliegen. Bei ausschließlicher Darreichung von Fettsäuren muss das zur Synthese nötige Glyzerin — auf 11 Teile Fettsäuren ist etwa 1 Teil Glyzerin erforderlich — in gleicher Weise wie das für die Hippursäurebildung (aus Benzoësäure) erforderliche Glykokoll, vom Körper geliefert werden.

Außer als Neutralfett könnte danach das Nahrungsfett nach vorgängiger Spaltung in Form einer Emulsion freier fester Fettsäuren der Aufsaugung zugänglich werden, ja es könnte diesem Modus selbst der überwiegende Teil des Nahrungsfettes unterliegen, ohne dass sich in bezug auf die stofflichen Zersetzungen im Tierkörper ein auffälliger Unterschied zu erkennen gäbe, weil eben die Fettsäuren annähernd vollständig im Darm ausgenutzt werden und dieselbe Bedeutung als Sparmittel für den Eiweißumsatz im Tierkörper besitzen, als die chemisch äquivalente Menge von Neutralfett. Das Verständnis für die stoffliche Gleichwertigkeit derselben war durch den Nachweis wesentlich gefördert, dass die Fettsäuren, unmittelbar nach ihrer Resorption und noch bevor sie ins Blut gelangen, zu Neutralfett werden.

Bevor wir uns nun der wichtigen Frage zuwenden, inwieweit unter normalen Verhältnissen die Resorption des Nahrungsfettes in Form von Fettsäuren zutrifft, gilt es den vorher angeführten Befund der Synthese der Fettsäuren zu Fett über jeden Zweifel zu erheben, unsomehr als v. Voit jenen Befund anders zu deuten versucht hat. Nach Voit könnte der Chylus nach Aufnahme von Stoffen (d. h. der Fettsäuren), welche das aus dem Eiweiß abgespaltene Fett vor der weitem Zersetzung schützen, reicher an Fett werden.

Ref. hat daher unter Erweiterung seiner eben besprochenen Versuche den bündigen Nachweis zu erbringen sich bemüht, dass bei Fütterung mit großen Mengen von festen Fettsäuren nicht diese, sondern das entsprechende Neutralfett im Körper zum Ansatz gelangt. Eine notwendige Voraussetzung für eine solche Versuchsmöglichkeit bildet die Thatsache des direkten Uebergangs von verfüttertem Neutralfett, auch wenn dasselbe dem Körper des Versuchstiers heterogen ist, in die Zellen des Tierkörpers.

Lebedeff¹⁾ war es zuerst gelungen, beim Hunde nach Fütterung mit reichlichen Mengen Leinöl bezw. Hammelfett ein dem Leinöl bezw. Hammelfett sehr ähnliches Fett zum Ansatz zu bringen, doch hatte, zumal eine eingehende chemische Untersuchung des angesetzten heterogenen Fettes nicht vorlag, v. Voit²⁾ in einer neuerdings gehaltenen und durch den Druck verbreiteten Rede bezüglich der Angaben von Lebedeff einen leisen Zweifel ausgesprochen, umso mehr als früher weder Radziejewski³⁾ nach Fütterung von Rüböl, nach Subbotin⁴⁾ nach Fütterung von (stearinfreiem) Palmöl einen Ansatz der bezw. heterogenen Fette hatten konstatieren können. Um daher der Frage über den Ansatz des Nahrungsfettes als solchen eine weitere Stütze zu geben, hat Ref.⁵⁾ zunächst den Fütterungsversuch mit Rüböl, der Radziejewsky nicht geglückt war, wiederholt.

Der zum Versuche dienende Hund erhielt, nachdem er durch 12tägige unzureichende Fleischfütterung und daran anschließenden 33tägigen Hunger über $\frac{1}{3}$ seines Körpergewichts und damit den größten Teil seines Körperfettes eingebüßt hatte, innerhalb 17 Tagen im ganzen 2260 g Rüböl neben 5250 g Fleisch; dabei stieg sein Körpergewicht wieder um 13 % an. Durch Ausschmelzen des Fettgewebes aus dem Panniculus adiposus, aus der Bauch- und Brusthöhle des (durch Chloroform getöteten) Hundes wurden 1,42 kg eines bei Zimmertemperatur flüssigen gelben Fettes erhalten. Auch die Muskeln und die Leber erwiesen sich sowohl nach der mikroskopischen als chemischen Untersuchung außerordentlich fettreich: der Fettgehalt des ganzen Körpers betrug mindestens 2 kg. Das Fett, das sich schon äußerlich durch seine flüssige Beschaffenheit bei Zimmertemperatur als durchaus verschieden vom normalen Hundefett kennzeichnete, enthielt nur $\frac{2}{5}$ soviel an festen Fettsäuren (Palmitin- und Stearinsäure) als normales Hundefett, dagegen 14 % Oelsäure mehr als Hundefett; Ref. berechnete daraus, dass das abgelagerte Fettöl ein Gemenge von mindestens 3 Teilen Rüböl mit 2 Teilen normalen Hundefettes darstellt. Von besonderem Werte für den Nachweis, dass sich Rüböl im Körper abgelagert hatte, musste der Nachweis der dem Rüböl eigentümlichen Fettsäure, der Erucasäure, sein; es gelang in der That aus dem Fettöl eine Säure zu isolieren, welche in ihren Eigenschaften mit der Erucasäure nahe übereinstimmte.

Weiter hat Ref. gezeigt, dass auch in Subbotin's Versuch mit Palmöl ein Teil dieses an Palmitinsäure reichen Fettes zur Ablagerung gelangt ist: hat doch Subbotin's Bestimmung ergeben, dass

1) Centralbl. f. d. mediz. Wissensch., 1882, Nr. 8.

2) Ueber die Ursachen der Fettablagerung im Tierkörper, München 1883, S. 5.

3) Virchow's Arch., Bd. 43, S. 268, 1868.

4) Zeitschr. f. Biologie, VI, S. 73, 1870.

5) Virchow's Arch., Bd. 95, S. 417, 1884.

der Palmitingehalt des am Körper seines Versuchstiers angesetzten Fettes den des normalen Hundefettes um das dreifache übersteigt.

Da somit der Uebergang auch von heterogenem Nahrungsfett, wofern es nur genügend reichlich aufgenommen wird, in die Zellen des Tierkörpers über jeden Zweifel sicher gestellt ist, so war es denkbar, dass bei reichlicher Fütterung mit dem von einem heterogenen Fett gewonnenen Fettsäuregemenge, wofern die Umwandlung der resorbierten Fettsäuren zu Fett im Organismus vor sich geht, sich das so synthetisch gebildete heterogene Neutralfett im Körper des Versuchstiers ablagern kann.

Zum Versuche wählte Ref. die aus Hammeltalg dargestellten Fettsäuren, weil, wofern danach das heterogene Hammelfett zum Ansatz gelangte, der Versuch um so beweisender war.

Die Resorbierbarkeit des Hammelfettes und dessen Fettsäuren im Darm des Hundes stellte sich als eine recht gute heraus, obwohl beide, insbesondere die Fettsäuren, erst oberhalb der Temperatur des Tierkörpers schmelzen: von 100 g Hammelfett erschienen etwa 10 g, von den Fettsäuren aus 100 g Hammeltalg etwa 12 g im Kot des Hundes wieder. Die Zusammensetzung der im Kot vorfindlichen Fettkörper war folgende:

	nach Hammel- talg	nach Fettsäuren des Hammeltalgs
Neutralfett	1,003	0,971
Freie Fettsäuren	1,886	2,519
Seifen	7,020	8,388

Verfüttert man größere Mengen von Hammelfettsäuren, so steigt der prozentische Verlust, analog wie bei Verfütterung von Hammelfett. Bezüglich der stofflichen Wirkung des Hammelfetts und dessen Fettsäuren, insbesondere in Hinsicht auf die dadurch bewirkte Verminderung des Eiweißverbrauchs im Körper, hat ein Stoffwechselversuch ergeben, dass sowohl das Hammelfett wie dessen Fettsäuren, andere leichter schmelzende Nahrungsfette, z. B. Schweineschmalz, in ihrer Einwirkung auf den Eiweißzerfall annähernd zu ersetzen vermögen. Ein Hund von 31 kg Gewicht, der mit 600 g Fleisch und 100 g Schweinefett nahezu im Stickstoffgleichgewicht war, verharrete darauf auch, als ihm in Perioden von 5 bzw. 6 Tagen, anstatt des Schweinefettes, 100 g Hammelfett bzw. die daraus dargestellten Fettsäuren gereicht wurden. Die tägliche N-Ausscheidung durch Harn und Kot betrug im Durchschnitt:

bei Fütterung mit Schweinefett	20,06 g N
„ „ „ Hammeltalg	19,91 „
„ „ „ Fettsäuren des Hammeltalgs	20,44 „

Zu dem entscheidenden Fütterungsversuch diente ein Hund von etwa 17 kg, der nach Fütterung mit ungenügenden Fleischmengen und

nach weiteren 19 Hungertagen 36% seines Anfangsgewichtes eingeblüßt hatte. Innerhalb 19 Tagen wurden ihm dann, neben 3200 g Fleisch, 2860 g Hammeltalgfettsäuren beigebracht, wobei sein Körpergewicht wieder um 17% anstieg. Das (durch Verbluten getötete) Tier zeigt ein sehr entwickeltes Fettpolster von weißer Farbe und fester Konsistenz, sowie reichliche Fettablagerungen in der Brust- und Bauchhöhle. Durch Ausschmelzen wurden etwa 1100 g eines festen weißen Fettes gewonnen, das erst bei 40° C. zu schmelzen anfang und bei 46° ganz flüssig wurde, somit die größte Aehnlichkeit mit Hammeltalg hatte; es bestand zu fast 99% aus Neutralfett. Darin fanden sich an festen Fettsäuren (Palmitin- und Stearinsäure) fast 2 $\frac{1}{2}$ mal so viel als im normalen Hundefett, während der Gehalt an Oelsäure auf $\frac{9}{20}$ seines Normalwertes gesunken war. Daraus, sowie aus dem Schmelzpunkt von Gemengen von Hammel- und Hundefett hat Ref. abgeleitet, dass das angesetzte Fett etwa aus 3 Teilen Hammeltalg und 1 Teil Hundefett bestand. Die exquisite Fettleber des Tieres enthielt an Fett über $\frac{1}{3}$ ihres Trockengewichts. Sonach ist mit wünschenswerter Schärfe die Synthese der Fettsäuren im tierischen Organismus zu Neutralfett und die Ablagerung des so in umfangreichem Maße gebildeten Fettes am Körper nachgewiesen. Der Nachweis, dass ein Hund nach Fütterung mit den Fettsäuren des Hammeltalgs nicht Hundefett, sondern Hammelfett ansetzt, widerlegt aufs schlagendste die oben erwähnte, von Voit versuchte Deutung der früheren Versuchsergebnisse des Ref.; das zur Synthese der Fettsäuren zu Fett erforderliche Glycerin gibt offenbar der Körper selbst her. Der Ort der Synthese ist mit Wahrscheinlichkeit in die Darmzotten selbst zu verlegen, wie Ref. schon vor 5 Jahren ausgesprochen hat¹⁾. Wie aus einer vorläufigen Mitteilung von C. A. Ewald²⁾ hervorgeht, ist selbst die ausgeschnittene „überlebende“ Darmschleimhaut im stande, bei Digestion mit Fettsäuren und Glycerin aus diesen beiden Stoffen bei Brutwärme Neutralfett zu bilden. Auf die Frage, welche Elemente der Darmschleimhaut es sind, die vermutlich bei dieser Synthese, ebenso wie bei der normalen Fettresorption direkt beteiligt sind, kommen wir später noch zurück.

Bezüglich der Frage, inwieweit unter normalen Verhältnissen, wo Menschen und Tiere mit der Nahrung meist Neutralfette zu sich nehmen, innerhalb des Darmrohrs durch das Pankreas- und Fäulnisferment eine Spaltung des eingeführten Neutralfettes in Fettsäuren und Glycerin und die Resorption in Form von Fettsäuren erfolgt, hat Ref. ermittelt, dass nach Einführung von Neutralfett beim Hunde um die 8. Verdauungsstunde, wo nach Ausweis der milchweiß injizierten

1) Virchow's Arch., Bd. 80, S. 33, 1880.

2) Arch. f. (Anat. u.) Physiol., 1883. Suppl. Festschrift, S. 302,

Chylusgefäße des Darms die Fettaufsaugung lebhaft erfolgt, im Inhalt des Dünndarms, dessen Reaktion infolge des Hineingelagens von saurem Chymus im obern Teile stets sauer und frühestens im untersten Teile des Ileum neutral bis schwach alkalisch ist, von den gesamten darin vorfindlichen Fettkörpern sich rund 12% in Form freier Fettsäuren finden¹⁾. Da ferner die chemische Untersuchung des Kotes sowohl nach Fett- als nach Fettsäurefütterung dasselbe quantitative Verhalten der Fettkörper ergeben hat, nämlich auf 1 Teil Neutralfett rund 2 Teile freie Fettsäuren und 7 Teile Seifen, so ist wohl kein anderer Schluss möglich, als dass ein beträchtlicher Teil des Nahrungsfettes im Darm in Fettsäuren und Glycerin gespalten wird und von den so abgespaltenen Fettsäuren eine mindestens den 8. Teil des Gesamtfettes betragenden Quantität in Form freier Fettsäuren zur Resorption gelangt, welche letztere dann weiterhin im Körper zu Neutralfett regeneriert werden. Aus den Untersuchungen von Röhmann²⁾ und denen von (Voit und) Friedrich Müller³⁾ ergibt sich weiter, dass nach Ausschluss der Galle vom Darmkanal die Fettspaltung in noch erheblich weiterem Umfange stattfindet, daher bei Gallenfistelhunden der Kot bei weitem überwiegend, nämlich $\frac{11}{16}$ des Gesamtfettes als freie Fettsäuren, $\frac{1}{4}$ als Seifen und nur $\frac{1}{16}$ als Neutralfett enthält.

Gegenüber Lebedeff, der nach Fütterung von festen Fettsäuren in der Leber beträchtliche Mengen freier Fettsäuren gefunden und daraus geschlossen hatte, dass ein Teil der Fettsäuren, von den Pfortaderwurzeln resorbiert, der Leber zugeführt wird, hat Ref. gezeigt⁴⁾, dass das Vorkommen freier Fettsäuren in der Leber nichts für die Fettsäurefütterung charakteristisches ist, dass vielmehr auch die Leber mit Neutralfett gefütterter Tiere reichlich freie Fettsäuren und zwar 5—10% der gesamten darin vorfindlichen Fettkörper enthält, und dass somit der Schluss, die Pfortaderwurzeln bildeten die Abfuhrwege für die, sei es in den Darm präformiert eingeführten oder erst daselbst abgespaltenen freien Fettsäuren, bisher jeder tatsächlichen Basis entbehrt.

Das Verständnis für die Aufnahme sehr schwer schmelzbarer Fette und Fettsäuren, wie z. B. des Hammeltalgs und dessen Fettsäuren, die erst oberhalb 40° schmelzen und bei 40° nur eine salben-

1) Hoppe-Seyler hat wohl zuerst (Virchow's Arch., Bd. 26, S. 534, 1863) nach Fettgenuss sehr beträchtliche Mengen freier Palmitin- und Stearinsäuren im Dünndarmfett (von Kühen) nachgewiesen. Auch Cash (Arch. f. [Anat. u.] Physiol, 1880, S. 323) hat nach Fettfütterung schon im Mageninhalt neben Neutralfett geringe Mengen freier Fettsäuren gefunden, ebenso im Dünndarminhalt, doch keine diesbezüglichen quantitativen Bestimmungen ausgeführt.

2) Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 29, S. 530, 1882.

3) Zeitschr. f. Biologie, Bd. 20, S. 367, 1884.

4) Virchow's Arch., Bd. 95, S. 464, 1884.

ähnliche, butterweiche Konsistenz annehmen, wird durch die neuesten höchst interessanten Beobachtungen von Zawarykin¹⁾ und Wiedersheim²⁾ wesentlich gefördert, denen zufolge die fettfreien Lymphzellen aus dem adenoiden Gewebe der Darmmucosa sich nach dem Epithel zu bewegen und zwischen den Zottenepithelien auf die freie Oberfläche der Mucosa wandern, um dort Fett aufzunehmen und dann, mit Fett erfüllt, durch die Lücken zwischen den Basalsäumen der Zylinderepithelien in das Zottenparenchym zurückzukehren und in die Chyluskanäle zu gelangen.

Th. Eimer hat vor kurzem den anatomischen Teil der Fettresorption und seine Stellung zu dieser Frage in diesem Blatte³⁾ ausführlich erörtert, sodass diesershalb auf jene Darstellung verwiesen werden mag. Für die mit amöboider Bewegung begabten und für aktive Stoffaufnahme befähigten Lymphzellen dürfte es von keinem wesentlichen Belang sein, ob das Fett bzw. die Fettsäuren flüssig oder nur von weicher Konsistenz sind. Vermutlich werden die Lymphzellen der Dünndarmschleimhaut auch für die synthetische Bildung von Fett aus resorbierten Fettsäuren verantwortlich zu machen sein.

Gegen die Zawarykin'schen Befunde hat übrigens O. Wiemer⁴⁾ Einspruch erhoben, insofern er bei Fröschen sowohl nach Fütterung mit fetthaltiger wie mit fettarmer Nahrung die Lymphzellen der Darmschleimhaut beide mal in gleicher Weise mit nur wenig Fett, dagegen die Zylinderepithelien mit Fett vollständig erfüllt fand und danach jede spezifische Affinität zwischen Fett und Lymphzellen leugnet, vielmehr die Fettaufnahme einzig und allein dem kontraktilen Protoplasma der Zylinderepithelien zuweist. Dem gegenüber hat neuerdings Zawarykin⁵⁾ gezeigt, dass bei Fütterung von Fröschen mit Milch am Froschdarm genau dieselben Verhältnisse zu beobachten sind, die er an der Darmschleimhaut der Säugetiere aufgedeckt hat, d. h. mit Fett gefüllte Lymphzellen und fettfreie Zottenepithelien. Preusse⁶⁾, der diese Verhältnisse am Pferde- und Froschdarm nachuntersucht hat, bestätigt in seiner eben erschienenen Mitteilung für den Dünndarm des Pferdes die Beobachtungen von Zawarykin vollauf; bezüglich des Froschdarms ist er in der Lage, auch die abweichenden Befunde von Wiemer erklären zu können. Wird nämlich ein Frosch mit mäßigen Mengen von Fett oder mit einer an Fett nur mäßig reichen Nahrung wie z. B. Milch gefüttert, so sind es ausschließlich die lymphoiden Zellen der Darmschleimhaut, welche sich

1) Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 31, S. 231, 1883.

2) Ueber die Aufnahme der Nahrungsmittel in der Darmschleimhaut. Festschrift der 56. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte, 1883, 18 S.

3) Dies Centralbl., Bd. 4, S. 58 ff.; vgl. auch Brand, ebenda, S. 609.

4) Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 33, S. 123, 1884.

5) Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 35, S. 145, 1885.

6) Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilk., Bd. 11, Heft 3, 1885.

aktiv an der Resorption des Fettes beteiligen. Gibt man jedoch größere Quantitäten Fett, wie sie bei den gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen der Frösche nicht in den Darm gelangen, so beteiligen sich auch die Epithelzellen an der Aufnahme desselben; man findet sie dann mehr oder weniger reichlich mit Fetttropfen und Körnchen erfüllt. Werden endlich die Fettmengen übermäßig groß, so werden die Epithelien und die interepithelialen Räume von Fett vollständig erfüllt; eine Beteiligung der Lymphzellen an der Fettaufnahme findet dann nur noch in untergeordnetem Maße statt.

Die Frage, aus welchen Stoffen sich im Tierkörper das Fett bildet, hat seit den 40er Jahren eine verschiedenartige Beantwortung gefunden. Nachdem zumeist durch Liebig's Autorität die Kohlehydrate der Nahrung, weil bei deren reichlicher Zufuhr es zu ergiebigem Fettansatz kommt, für die vorzüglichste, wenn nicht ausschließliche Quelle für die Entstehung des Fettes im Tierkörper proklamiert waren, neben der die Ablagerung von Nahrungsfett einen zu vernachlässigenden Faktor bilden sollte, verfiel man später, als durch die Beobachtungen von Virchow und die Versuche von Pettenkofer und Voit die Entstehung von Fett aus Zwischenprodukten des zerfallenden Eiweißes im Körper wahrscheinlich gemacht worden war, ins entgegengesetzte Extrem und betrachtete das Gewebefett nur als ein (synthetisch gebildetes) abgelagertes Spaltungsprodukt des zersetzten Eiweißes, welches dadurch vor der Zerstörung geschützt sein sollte, dass an Stelle desselben die Fette und Kohlehydrate der Nahrung zerfallen. Erst ganz allmählich ist es wieder gelungen, die Nahrungsfette in ihr Recht als Fettbildner einzusetzen; in vorliegender Besprechung sind eine Reihe stringenter Versuche angeführt, welche den Uebergang selbst heterogener Fette: Hammelfett, Lein-, Rüb- und Palmöl in die Zellen des Tierkörpers (S. 311) beweisend darthun.

Die Bedeutung der Kohlehydrate für die Fettbildung glaubte Voit¹⁾ als eine indirekte ansehen zu müssen, insofern die Kohlehydrate der Nahrung als leichter zersetzbare Stoffe vollständig zu Kohlensäure und Wasser zerfallen und durch ihre Zerstörung die aus anderen Quellen stammenden Fette, d. h. sowohl das Nahrungsfett als das aus dem zerfallenden Eiweiß gebildete vor der Verbrennung schützen, sodass letztere nunmehr zum Ansatz kommen können. Für die Herbivoren und Omnivoren, vorzüglich bei der Mast der Schweine und Gänse, sind nun in neuester Zeit bei sehr reichlicher Fütterung mit Kohlehydraten eine Reihe von Fällen bekannt geworden²⁾, bei

1) Ueber die Ursachen der Fettablagerung im Tierkörper, München 1883, S. 8; vgl. das Referat hierüber: dies Centralbl., IV, S. 88.

2) Für das Schwein die Versuchsreihen von Soxhlet (Zeitschrift des landwirthsch. Ver. in Bayern, 1881, Augustheft) und von Meißl u. Strohmeyer

denen das Nahrungsfett und das aus dem zersetzten Eiweiß sich abspaltende, selbst unter der Annahme des vollständigen Ansatzes beider, bei weitem nicht genügen, um den thatsächlich erfolgten Fettansatz zu decken, sodass für diese Fälle eine direkte Bildung von Fett aus den Kohlehydraten angenommen werden muss. Für den Fleischfresser und Menschen ist indess nach Voit, soweit bisher die Versuche aussagen, das aus der Nahrung resorbierte Fett mit dem bei der Eiweißzersetzung sich abspaltenden hinreichend, um das im Körper abgelagerte Fett zu decken.

Ref. ist nun in der Lage, über eine von ihm ausgeführte Versuchsreihe zu berichten, welche auch beim Hunde die direkte Bildung von Fett aus Kohlehydraten in einer einwandfreien Form beweist¹⁾. Der Versuchsplan ging dahin, zuerst durch protrahiertes Hungern den Hund möglichst von seinem Körperfett zu befreien, und, wenn dies erreicht war, ihn alsdann mit möglichst wenig Fleisch und möglichst viel Kohlehydraten mehrere Wochen hindurch zu füttern, unter steter Kontrolle des Eiweißumsatzes im Körper (durch Bestimmung der Harnstoff- bzw. Stickstoffausscheidung sowie der Schwefelausfuhr durch den Harn); die Größe des Eiweißumsatzes muss, wie später gezeigt werden wird, bekannt sein, um die Frage entscheiden zu können, ob das gebildete bzw. zum Ansatz gelangte Fett aus dem zersetzten Eiweiß der Nahrung hervorgegangen sein kann, oder zum Teil den gefütterten Kohlehydraten seine Entstehung verdankt.

Zum Versuche diente eine noch junge Hündin von 37,21 kg Körpergewicht, die durch 31 Tage hindurch nur Wasser bekam; im Durchschnitt nahm sie täglich etwa 240 ccm Wasser auf; dabei sank ihr Gewicht um 11,5 kg oder 31% des Anfangsgewichtes. Die absolute Stickstoff- und Schwefelausscheidung war vom 12. Tage ab annähernd gleichmäßig, obwohl zwischen dem 12. und 30. Tage das Körpergewicht um mehr als $\frac{1}{6}$ des Anfangswertes sank; am 31. Tage war die Stickstoff- und Schwefelausfuhr durch den Harn sogar noch größer als am 12. Hungertage. Dieses Beharren der Eiweißzersetzung auf der früheren Höhe ungeachtet des allmählichen Absinkens des Körpergewichtes und die schließliche absolute Zunahme desselben ist ein wertvolles Zeichen für die hochgradige Fettarmut des Körpers; sie tritt jedesmal ein, wenn kein Fett am Körper mehr schützend auf die Eiweißzersetzung wirkt und führt in wenigen Tagen zum Hungertod. Hand in Hand damit ging ein rapider Kräfteverfall und ein Absinken der Körpertemperatur auf 35°. Insgesamt hatte das Tier

(Wien. akad. Sitz.-Ber., 1883, III, S. 205); für die Gänse die Fütterungsreihen von B. Schulze (Landwirthsch. Jahrb., 1882, S. 57) und von Chaniewski (Zeitschr. f. Biologie, Bd. 20, S. 179, 1884).

1) Die ausführliche Mitteilung ist vor Kurzem in Virchow's Arch., Bd. 101, S. 91, erschienen.

6556 g Fleisch (= 1394 g trockenes Eiweiß) und einer annähernden Berechnung nach ca. 9 kg Wasser und 2 kg Fett während der Hungerperiode eingeblüht.

Nunmehr erhielt der Hund pro Tag 200 g Fleisch und allmählich ansteigende Quantitäten von Kohlehydraten, zuerst 250 g Stärke, dann je 150 g Stärke und 150 g Zucker und, da die Erfahrung gelehrt hat, dass Mästung leichter am eiweißreichen als am eiweißarmen Körper erzielt wird, 10 Tage hindurch noch je 100 g Leim (in Form feiner Gelatine); der Leim wird im Organismus vollständig zersetzt und dadurch der Eiweißumsatz im Körper so herabgedrückt, dass ein Teil des Nahrungseiweißes gespart und im Körper als Organeiweiß abgelagert werden kann. Vom 9. Tage ab wurde bis auf 400 g Kohlehydrate angestiegen, am 13. Tage der Leim fortgelassen und nun neben 200 g Fleisch täglich je 250 g Stärke und 250 g Zucker gegeben. Bei dieser Fütterung, die der Hund durch 23 Tage gut vertrug, stieg das Körpergewicht um $3\frac{1}{3}$ kg oder um 13% an. Am 24. Tage traten diarrhöische Entleerungen auf, und da dieselben am 25. Tage noch zunahmen und zugleich das Körpergewicht an diesen beiden Tagen um 70 g abnahm, wurde der Versuch abgebrochen und der Hund getötet. Insgesamt sind 9,51 kg (trockne) Kohlehydrate (Stärke und Zucker) verfüttert worden.

Nach Maßgabe der N-Ausscheidung durch den Harn waren von den gefütterten 5 kg Fleisch nur 4,04 kg = 808 g (trocknes) Eiweiß zersetzt worden; abzüglich des mit dem Kot herausgegangenen Anteils vom Fleisch mussten rund 800 g Fleisch am Körper zum Ansatz gelangt sein; es ist nun nicht denkbar, dass die zur Deckung des Gewichtsansatzes noch fehlenden $2\frac{1}{2}$ kg vorherrschend aus Wasser bestanden haben sollten, dann hätten alle Gewebe und Organe¹⁾ einen bei einem normalen Tier ungewöhnlich hohen Wassergehalt besitzen müssen; vielmehr war es schon danach wahrscheinlich, dass ein beträchtlicher Teil Fett sich am Körper abgelagert hatte.

Und diese Vermutung wurde durch die Sektion und die chemische Untersuchung bestätigt. Das Tier zeigte ein mäßiges Fettpolster am Halse, am Gesäß, in der Schenkelbeuge u. s. w., um die Organe der Bauchhöhle herum nur wenig Fett; im ganzen ließ sich mit Messer und Schere eine beträchtliche Menge Fettgewebe gewinnen, das nach dem Auslassen 397 g Fett ergab. Die Leber enthielt etwa 40 g Fett, die blassroten Muskeln im Mittel 3,83%, im ganzen (das Gesamtgewicht der Muskeln eines Hundes beträgt rund 55% des Körpergewichts) etwa 499 g Fett; dazu der Fettgehalt der Knochen und der übrigen Organe zu nur 130 g angesetzt²⁾, ergibt einen Gesamtfett-

1) Sowohl die Leber als die Muskeln als auch das Blut besaßen einen normalen Wassergehalt; eher waren sie etwas wasserärmer als in der Norm. Der Wassergehalt betrug 69,2 bezw. 74,7 bezw. 78,3%.

2) Fr. Hofmann hat in den Knochen eines mäßig fetten Hundes Fett

bestand von ca. 1070 g. Da der Hund durch die vorausgegangene 31tägige Karenz möglichst von Fett befreit war, so darf man jedenfalls zum mindesten $\frac{9}{10}$, also 960 g Fett als während der 25tägigen Fütterung neugebildet und abgelagert ansehen.

Aus welchem Material können nun jene 960 g Fett gebildet worden sein? Nach Pettenkofer und Voit wird aus dem zerfallenden Eiweiß zumeist 12% an Fett gebildet. Da während der Versuchsdauer, nach Maßgabe der N-Ausscheidung durch den Harn, 808 g Eiweiß zur Zersetzung gelangt sind, hätten daraus etwa 97 g Fett entstehen können, dazu die in 5 kg verfütterten Fleisches enthaltenen 75 g Fett, gibt zusammen 172 g als aus Eiweiß und Fett gebildet. Es bleiben also noch rund 780 g Fett, für deren Entstehung keine andere Quelle als die Kohlehydrate der Nahrung denkbar sind.

Nun hat aber Henneberg¹⁾ abgeleitet, dass aus dem zersetzten Eiweiß in maximo 51% Fett hervorgehen kann. Schon Zuntz²⁾ hat unter Benutzung des Henneberg'schen Schemas die chemische Unwahrscheinlichkeit bezw. Unmöglichkeit einer solchen Größe der Fettbildung dargethan. Setzt man in die Berechnung von Zuntz die in den exakten Untersuchungen von Stohmann gewonnenen Werte für die Verbrennungswärme von Eiweiß und Fett ein, so ergibt sich, wie Ref. zeigt, dass selbst nach Henneberg's Schema höchstens 42,5% Eiweiß aus Fett entstehen können. Unter Benutzung dieses, nachweisbar noch zu hohen Wertes (vgl. das Orig.) bleiben noch 542 g Fett aus anderen Quellen als aus Nahrungsfett und zersetztem Eiweiß zu decken.

Nach Pettenkofer und Voit wird der Leim stets schnell und vollständig zersetzt und erspart durch seinen Zerfall Eiweiß und etwas Fett, dagegen ist er nicht im Stande, das Eiweiß ganz vor der Zerstörung zu schützen oder gar Organeiweiß zum Ansatz zu bringen; Zusatz von Leim zu großen Gaben von Fleisch bringt neben dem ersparten Eiweiß auch Fett, wohl nur aus dem zersetzten Eiweiß abspalten, zum Ansatz. Dass der Leim als direkter Fettbildner fungiert, ist zwar noch durch keinen Versuch bewiesen oder auch nur wahrscheinlich gemacht. Um indess jeden Einwand gegen die vorstehende

bis zu 18% des Gesamtfettbestandes gefunden; danach wären in unserem Falle allein in den Knochen 211 g Fett zu erwarten gewesen; den Fettgehalt der übrigen Organe: Herz, Lungen, Nieren, Fell etc. zu 50 g angesetzt, würde für Knochen und Organe 260 g Fett ergeben. Absichtlich ist, um niedrig zu greifen, nur die Hälfte dieses zu erwartenden Fettquantums für die Berechnung angesetzt worden; offenbar wird dadurch das Versuchsergebnis um so beweisender.

1) Henneberg's Ableitung beruht nur auf theoretischen Erwägungen, nicht auf dem Tierversuch. Manche Forscher, z. B. Hoppe-Seyler, halten es für unmöglich, dass sich aus Eiweiß so erhebliche Mengen Fett bilden können.

2) Landwirthsch. Jahrbücher, VIII, S. 96, 1879.

Versuchsreihe auszuschließen, wollen wir nicht nur annehmen, dass der Leim, obwohl des Ansatzes in Form von Eiweiß unfähig, doch direkt Fett bildet, sondern selbst die sicherlich zu weit gehende Konzession machen, dass er hinsichtlich der Fettbildung sogar dasselbe leistet wie Eiweiß. Unter der Annahme nun, dass auch aus dem Leim sich bis 42,5% Fett bildet, könnten aus 797 g wasserfreien Leims (= 1000 g lufttrocken) 338 g Fett hervorgehen; letztere von obigen 542 g Fett abgezogen, bleiben noch immer 203 g Körperfett übrig, deren Quelle in den Kohlehydraten des Futters zu suchen ist.

Demnach sind im allerungünstigsten Falle 203 g, in einem günstigeren sogar rund 700 g Fett aus den reichlich gegebenen Kohlehydraten gebildet und abgelagert worden; aus Kohlehydraten würden danach 2—6% Fett entstehen können, und da günstigenfalls 55% des Nahrungsfettes in Körperfett übergehen können¹⁾, so würden die Kohlehydrate in Hinsicht der Fettbildung im besten Falle 9mal weniger leisten als das Fett der Nahrung.

Ueber den Modus dieser Bildung dürfte die nachfolgende Vorstellung zutreffen: bei den in den Geweben und Organen des Tierkörpers gleichwie im Darm ablaufenden fermentativen Prozessen, deren Produkte zumeist mit denen der Fäulnisgärung übereinstimmen, entstehen aus Kohlehydraten nach Hoppe-Seyler neben flüchtigen fetten Säuren, die weiterhin zerfallen, Milchsäure und höher konstituierte feste Fettsäuren, welche sich längere Zeit unzersetzt erhalten. Wenn nun ein Bruchteil der reichlich gegebenen Kohlehydrate den Bedingungen der Zerstörung entgeht, so zerfällt er in den Geweben unter Auftreten von Milchsäure und festen Fettsäuren, welche letztere unter Paarung mit Glycerin zu Neutralfett werden, gleichwie nach dem Fund des Ref. (S. 313) aus in den Darm eingeführten festen Fettsäuren im Organismus sich durch Synthese mit Glycerin Neutralfett bildet.

Mit der eben berichteten Fütterungsreihe ist der Nachweis der direkten Fettbildung aus Kohlehydraten beim Fleischfresser zum ersten mal erbracht. Bei der mannigfachen Uebereinstimmung, die in Hinsicht des Ablaufs der chemischen Prozesse zwischen den Karnivoren und dem Menschen herrscht, dürfte die Fettbildung aus reichlich gegebenen Kohlehydraten auch für den Menschen zutreffen.

1) Nach Fütterung eines Hundes mit 2200 g Rübböl (S. 311) fand Ref. (Virchow's Arch., Bd. 95, S. 423) 2 kg Fettöl abgelagert, das zu $\frac{3}{5}$ aus Rübböl bestand, also 1200 g Rübböl enthielt.

Immanuel Munk (Berlin).

Tollin, Andreas Vesal

kann wegen Mangels an Raum leider erst in der nächsten Nummer dieses Blattes fortgesetzt werden.

Red. d. Biol. Centralbl.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1885-1886

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Munk Immanuel

Artikel/Article: [Neuere Untersuchungen über die Resorption, Bildung und Ablagerung des Fettes im Thierkörper. 308-320](#)