

Ueber die Ernährung mit Fett.

Von

Dr. A. Lebedeff aus Moskau.

(Der Redaktion zugegangen am 7. Dezember 1881.)

Die Frage über die Fettresorption ist öfters bearbeitet worden, doch in neuerer Zeit mehr vom histologischen, als vom chemischen Standpunkt aus; über die Abstammung und den Ansatz der Fette sind besonders von Radziewsky, Subbotin, Hoffmann u. A. Untersuchungen experimentell durchgeführt worden, die ich als bekannt voraussetzen darf.

Ich stellte mir die specielle Aufgabe, die chemische Zusammensetzung der Fette und Fettgewebe des Thierorganismus zu untersuchen, um möglicherweise daraus Schlüsse zu ziehen auf die Natur derjenigen Prozesse, welche durch Oxydation Fette bilden, oder eine Fettart in die andere überführen. Es ist mir zunächst gelungen, eine genaue Methode der quantitativen Analyse der Fette, und zwar zunächst bei den Fetten der Gans zu finden, zugleich einige Daten über die Ernährung der Gänse und über die Zusammensetzung des Fettes von dem zur Mästung derselben vielbenutzten Mais zu erhalten.

I. Ausführung der Analyse.

Zur Untersuchung und Trennung der Fette von einander bestehen folgende Methoden:

- 1) Bestimmung des Schmelzpunktes. Diese kann nicht immer mit Genauigkeit ausgeführt werden, da oft eine voll-

kommene Reinigung des Fettes, wenn es in ungenügenden Quantitäten vorhanden ist, unmöglich ist; da ferner, wie bekannt, die Bestimmung des Schmelzpunktes eines selbst vollkommen reinen Fettes wegen der Erscheinung der Ueberschmelzung nicht immer ausführbar ist; da endlich auch die Schmelzpunkte sehr verschieden zusammengesetzter Fette nur um $1-2^{\circ}$ differiren, war die Bestimmung derselben natürlich ausserordentlich erschwert.

- 2) Die Bestimmung des specifischen Gewichts, welche nur dann möglich ist, wenn eine hinreichende Quantität des zu untersuchenden Fettes zu Gebote steht.
- 3) Die alte chemische Untersuchungsmethode der Fette von Chevreuil, Gottlieb, Heintz u. A. hatten nicht den Zweck, eine feine Unterscheidung der Fette von einander zu finden, und erst in neuerer Zeit treffen wir die Arbeit von Oudemann¹⁾ und von van der Becke²⁾ mit guten Resultaten. Diese letzte beschäftigt sich jedoch mit der Bestimmung des Glyceringehaltes bei verschiedenen Verseifungsmethoden. Von mir wurden schon im Jahre 1877 Versuche ausgeführt, den Fettsäuregehalt der verschiedenen Fette festzustellen, und wurden dieselben in der «Moskauer medicinischen Zeitung» Nr. 7 beschrieben.

Die von mir angewandte Methode besteht in Folgendem: Von dem in CO_2 -Strom getrockneten Fette wird in einem Becherglase $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ gr. abgewogen und mit 2-5 gr. mit Alkohol gereinigten KHO oder NaHO versetzt, dazu wird eine etwa $\frac{1}{5}$ des Glases ausmachende Quantität absoluten Alkohols gegossen; das Glas lose mit einem Uhrglase bedeckt und die Lösung vorsichtig auf dem Wasserbade bis zur vollständigen Entfernung des Alkohols eingedampft.

Die gebildete Seife wird in demselben Becherglase in einer grossen Menge heissen Wassers gelöst, die Lösung wird bis zur gewöhnlichen Zimmertemperatur oder etwas mehr

¹⁾ Zeitschrift für Chemie, Bd. 3, S. 269.

²⁾ Zeitschrift von Fresenius. Beiträge zur Kenntniss der Verseifung der Fette. Bd. 19, S. 291.

erkalten gelassen (wobei das Erstarren zu vermeiden ist) und nöthigenfalls durch Schütteln mit wässerigem Aether von Cholesterin befreit. Dann wird die Mischung mit überschüssigem neutralen Bleiacetat und Essigsäure bis zur schwach sauren Reaction versetzt und der Niederschlag wie bei Defibrinirung des Blutes mit einem Glasstabe geschlagen; dann gleich filtrirt. Man darf die Wände des Becherglases nicht mit dem Glasstabe berühren, noch auch die Fällung in der Wärme ausführen, da sonst der Niederschlag pflasterartig wird, auf der Wandung haftet und sich auf keine Weise ablösen lässt. Der Niederschlag, auf einem grossen Filter gesammelt, wird erst mit kaltem, dann mit siedendem Wasser ausgewaschen, um ihn etwas zusammenschmelzen zu lassen, und schliesslich unter der Luftpumpe getrocknet. Darauf wird der Niederschlag auf demselben Trichter und Filter mit wasser- und alkoholfreiem Aether ausgewaschen. An den Ausfluss des Trichters pflege ich einen Kautschukschlauch mit Klammern anzufügen, damit die Flüssigkeit auf dem Niederschlage beliebige Zeit verweilen kann. Zuweilen kommt es vor, dass der Niederschlag durch das Filter geht; dann muss man die trübe Flüssigkeit in dem Filter vollkommen absetzen lassen. Der Vorzug den der Kautschukschlauch mit Klammern gewährt, ist der, dass der Niederschlag mit einer kleinen Menge frischen Aethers ausgewaschen werden kann. Aus dem Aether, der das oleinsäure Blei enthält, wird das Blei durch H_2S entfernt. Dann wird die ätherische Lösung in denselben Kolben, nach Verschluss desselben mit einem gewöhnlichen aber mit siedendem Alkohol ausgelaugten Korke, bis zur Trockene abdestillirt. Der Rest wird in Alkohol gelöst, von PbS abfiltrirt, das die Oleinsäure enthaltende Filtrat wird in einem Becherglase abgedampft, getrocknet und gewogen. Das erste Filter, welches nach der Aetherextraktion palmitin- und stearinsäures Blei enthält, wird sammt dem Niederschlage in einen mit etwas Alkohol gefüllten Kolben geworfen und durch die auf dem Wasserbade erhitzte Flüssigkeit Schwefelwasserstoff durchgeleitet. Die in Alkohol gelösten Stearin- und Palmitinsäuren werden von PbS abfil-

trirt und die Lösung im Becherglase eingedampft, getrocknet und gewogen. Die relativen Quantitäten der beiden Säuren in Gemengen werden entweder auf Grund des Schmelzpunktes nach den Heintz'schen Tabellen, oder indirekt wie bei der Analyse der Kali und Natronsalz-Gemenge bestimmt.

II. Ueber das Gänsefett.

- 1) 1,537 gr. Fett aus käuflichen Gänselebern, wie dieselben zu der Gänseleberpasteten-Fabrikation dienen, gaben 0,942 gr. Oleinsäure und 0,488 gr. Palmitin- und Stearinsäure (Schmelzpunkt 61° C.)
- 2) 0,916 gr. desselben Fettes gaben 0,564 gr. Oleinsäure und 0,301 gr. Palmitin- und Stearinsäure (Schmelzpunkt 58° C.)

In Procenten:

a) 61,4%	}	Oleinsäure.	31,1%	}	Palmitin- und Stearinsäure.
b) 61,2%		Oleinsäure.	32,8%		Palmitin- und Stearinsäure.

Wie allgemein bekannt ist, wird die Gänseleberpasteten-Industrie am Besten in Strassburg betrieben. Das Mästen der Gänse ruft künstliche Fettinfiltration und Degeneration der Leber hervor, auch im Uebrigen werden die Gänse während einer kurzen Zeit ausserordentlich fett. Im Allgemeinen kann man aus den Beobachtungen voraussetzen, dass die Leber das fettbildende Organ ist. Mir ist es gelungen nachzuweisen, dass bei stickstoffreicher und fettarmer Nahrung in der Leber kein Fett vorhanden ist. So fand ich, dass bei Gänsen, welche $1\frac{1}{2}$ Monat mit Erbsen gefüttert waren, in dem Omentum und am Darm nur kleine Ablagerungen von Fett vorhanden waren, während die schwach entwickelte Leber nur Lecithin und kein Fett enthielt. Diese Versuche lassen mich vermuthen, dass die Gänse ihr Fett aus dem Maisöl und nicht aus den Albuminaten erhalten. Vergleichende Analysen ergaben nämlich, dass das Maisöl sich von dem Leberfett der mit Mais gemästeten Gänse (vergleiche oben) nur durch grösseren Gehalt an Oleinglycerid unterscheidet.

A. Maisöl ist bei gewöhnlicher Temperatur fest (Schmelzpunkt ist noch nicht bestimmt). Specificisches Gewicht bei 12° ist 0,9086; Analyse:

a) 76,5%	} Oleinsäure.	12,4%	} Feste Säuren.
b) 79,9 »		13,9 «	

B. Peritonealfett aus Umhüllung der Leber (käufliche Pastetenleber). Schmelzpunkt 28° C. Specificisches Gewicht 0,9227; Analyse:

a) 64,3%	} Oleinsäure	24,6%	} Palmitin- und Stearinsäure.
b) 66,2 «		27,3 «	

C. Fett der mit Erbsen gefütterten Gänse (A). Darmfett von zwei Gänsen 40 gr. Schmelzpunkt 39,5° C.; Analyse:

a) 66,4%	} Oleinsäure.	29,9%	} Palmitin- und Stearinsäure.
b) 63,7 «		31,3 «	

D. Fett aus denselben Gänsen, aber aus dem Mesenterium (Schmalz) 85 gr. Schmelzpunkt 37,5° C.

Oleinsäure 68,7%; Stearin- und Palmitinsäure 21,2%.

Den 20. März sind zwei Gänse zur Arbeit genommen worden; die eine war gross, die andere klein, beide waren vom ganzen Markte die magersten. Die Pflege dieser Gänse wurde von einer Frau besorgt, die sich speziell mit Gänsemästung beschäftigt. Der ersteren grösseren Gans dienten Erbsen und eine bestimmte Portion von Stärke zur Nahrung; die zweite kleinere erhielt ausser den Erbsen noch Kuhbutter; während der ganzen Zeit wurde den Thieren das Futter durch Einstopfen begebracht; den 28. April wurden die Gänse getödtet. Resultate:

Gesammtgewicht der Gänse:

	gr.		gr.
Nr. 1	4100	Nr. 2	2850
Die Leber	143	«	88
Omentumfett	—	«	—
Omentumgewebe	150	«	102
Darmfett	42	«	100

Bei der Leberuntersuchung auf Fett mittelst Alkohol und Aetherextrakt stellte sich heraus:

Nr. 1: 7,8 gr. Fett. Nr. 2: 4,3 gr. Fett.
 3,2 « Lecithin. 1,3 « Lecithin.

Bei Untersuchung der Därme und Omenta nach oben-erwähnter Methode stellten sich bei der Gans Nr. 1 115 gr., im Darm 90 gr. Fett heraus.

Die Untersuchung des Gehalts an Palmitin- und Stearinsäuren, also auch Oleinsäure, wurde nicht vorgenommen. Bei der Verseifung und Destillation mit Wasser und Schwefelsäure fand sich in den Fetten des Omentum und der Därme der 2. Gans ein viel grösserer Prozentsatz der flüssigen Säuren als es im normalen Zustande der Fall ist und als ich in den Fetten der 1. Gans, welche mit Erbsen und Amylum gefüttert worden war, constatirt hatte.

Ueberhaupt war der Mästungsversuch misslungen, wahrscheinlich wegen der Frühjahrszeit, da bekanntlich die allergünstigste Fütterungszeit der Thiere auf den Herbst- und Winteranfang fällt. Nichtsdestoweniger liegt es auf der Hand, dass die Nahrung mit Erbsen (d. h. mit Albuminaten) und Surrogaten aus Stärke relativ einen bedeutend grösseren Ansatz von Fetten liefert, als die Nahrung mittest Erbsen allein.

III. Analyse des Menschenfettes.

Die quantitative Bestimmung der einzelnen Bestandtheile ist, so weit mir bekannt, von Niemanden vorgenommen worden. Die Bestimmung der Schmelzpunkte wurde von Chevreul ausgeführt.

		Erstarrungspunkt.
Menschl. pann. adip.	20—22°	} 12—15° 6—7° 17°
Ist flüssig bei	15—18°	
Nierengegend	25°	

Ferner begegnen wir der Angabe von Lerch, dass Capronsäure in Menschenfett gefunden werde. Das Menschenfett ist in den einzelnen Organen verschieden, aber die Diffe-

renz keine grosse. Im Allgemeinen ist das Fett im reinen Zustande leicht gelblich oder von dunkelbrauner Farbe. Bei der gewöhnlichen Temperatur ist es entweder halbflüssig oder hart, und meistens geruchlos; im kalten Alkohol löst es sich ziemlich schwer; das specifische Gewicht ist stets kleiner als 1. Die Analyse ist nach der oben erwähnten Methode ausgeführt worden.

A. Zur Bestimmung der einzelnen Fettbestandtheile wurde die Leber benutzt, ein Organ, das, wie bereits gesagt, zur Fettbildung geneigt ist. Die untersuchte Leber stellte eine gewöhnliche Fettleber dar, wie sie bei chronischer Fettinfiltration und Degeneration zu sein pflegt. Das Gesamtgewicht der Leber erwies sich 3078 gr. Darin wurden gefunden: Fett 1150 gr., Wasser 1163 gr., fester Rückstand 265 gr.

Das Fett bestand aus zweierlei Arten:

1) Bei der ersten Bearbeitung mittelst Aetheralkohol erhielt ich 650 gr. helles Fett, von welchem bei gewöhnlicher Sommertemperatur 18—30° C. $\frac{2}{3}$ Theile flüssig wurden; specifisches Gewicht ist gleich 0,912 bei 19° C.

Die Analyse ergab:

a) 68,7 ^{0/0}	} Oleinsäure.	26,6 ^{0/0}	} Palmitin- und Stearinsäure.
b) 68,4 «		26,8 «	

2) Bei der nächsten Leberbehandlung mittelst Aether erhielt ich noch 500 gr. Fett. Ueberhaupt ist zu bemerken, dass die Fettextraktion von den parenchymatösen Organen ziemlich schwierig ist. An der Oberfläche entwässert, bedecken sie sich mit einer dicken Kruste, die das weitere Eindringen von extrahirenden Substanzen in die Gewebe hindert. Auf diese Weise können innere Theile der verkleinerten Organe unextrahirt bleiben; denn ich überzeugte mich bei der Untersuchung des trockenen Leberrestes, dass trotz der reichlichen, einige Wochen andauernden Bearbeitung mittelst Aether in den Leberzellen doch noch eine kleine Quantität Fett zurückgeblieben war. Das Fett Nr. 2, welches ich bei der späteren Leber-

extraktion erhielt, war dunkelbraun und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur fest, das spezifische Gewicht 0,9099 bei 21° C. Analyse:

Oleinsäure . . .	a) 60,4%	b) 61,9%
Feste Säuren . . .	a) 32,8 «	b) 31,9 «

Somit erwies sich, dass der Durchschnittsgehalt von Oleinsäure in der chronischen Fettleber 65% ausmacht.

B. Das Fett eines Lipoms. Das Gesamtgewicht 415 gr., trockener Rest + Wasser 45 gr. Das Lipomfett ist fast farblos; bei der gewöhnlichen Temperatur halbflüssig. Das spezifische Gewicht 0,9136 bei 23° C. Die Zusammensetzung der Fettsäuren war:

a) 66,7%	} Oleinsäure	28,7%	} Palmitin- und Stearinsäure.
b) 67,2 «		27,8 «	

C. Lungenembolie. Zur Untersuchung der Fette, welche sich bei schnell verlaufender Fettinfiltration bilden, wurde von mir eine Menschenlunge von einem ziemlich anämischen Individuum benutzt, bei dem durch eine complicirte Rippenfraktur eine Fettembolie in der Lunge sich entwickelt hatte, wobei, wie es Herr Prof. von Recklinghausen bemerkt hat, die Fettablagerung makroskopisch deutlich sichtbar war. Das Gewicht der rechten Lunge betrug 55 gr., des trockenen Restes 89 gr. und des Fettes 15 gr. Dieses Fett war von dunkler Farbe und enthielt viel Lecithin. Aber durch wiederholtes Lösen in kaltem Aether reinigte sich das Fett, und die Analyse ergab:

a) 76,1%	} Oleinsäure.	13,7%	} Palmitin- und Stearinsäure.
b) 73,2 «		14 «	

D. Das Unterhautzellgewebefett. Es wurde das Fett von einem gut genährten Mann genommen, der an einem apoplectischen Anfall, durch multiple zerstreute Tromben bedingt, gestorben war. Zur Verfügung hatte ich etwa 1½ kg. Fett. Im Allgemeinen ist zu erwähnen, dass der Prozess der Extraction des Fettes folgender war. Das Gewebe, wie es war, wurde zunächst zerkleinert, durch Alkohol entwässert, dann der Alkohol abdestillirt, wodurch

die erste Fettportion erhalten wurde. Dann wurde aus dem schon entwässerten Gewebe das Fett mittelst mehrfacher Aetherbehandlung extrahirt. Am Schluss sammelte man die Aetherdestillationsreste in einer flachen Glasschale und trocknete sie während einiger Stunden auf einem Wasserbade, dessen Temperatur 70—80° betrug.

Das Unterhautfett stellt eine vollkommen durchsichtige, hellgelbe, bei gewöhnlicher Temperatur ganz flüssige Substanz dar. Analyse:

a) 80,0%	} Oleinsäure.	16,7%	} Feste Säuren.
b) 78,6 «		14,7 «	

E. Darmfett wurde ebenfalls von einem Individuum mit guter Ernährung erhalten, welches an einer complicirten Rippenfraktur gestorben war. Zur Verfügung hatte ich 1 kg. Fett. Es war bei der gewöhnlichen Temperatur fast gelblich, ein Viertel des Gesamtfettes hatte sich krystallinisch ausgeschieden. Analyse:

a) 74,4%	} Oleinsäure.	22,0%	} Palmitin- und Stearinsäure.
b) 76,6 «		20,9 «	

NB. Alle von mir benutzten Gemenge der festen Stearin- und Palmitinsäure schmolzen von 58—62° C., erstarrten bei 52—57° C.

Somit erweist sich, dass das Maximum des Oleinsäuren- und Glyceridgehaltes sich bei der schnellen Fettinfiltration bildet; von den Fetten im Allgemeinen ist das sich am Unterhautzellgewebe befindliche am dünnflüssigsten, dann folgt das Darmfett und am consistentesten ist das Fett des Lipoms und der chronischen Fettablagerungsprozesse. Nach Muntz, Comptes rendus, Bd. 90, S. 1175 ist das Fett im Anfang der Mästung flüssiger, als bei schon gemästeten und bei abgemagerten Thieren.

IV.

Eine vergleichende Bestimmung der flüchtigen Säuren im menschlichen Fette finden wir in einer Arbeit von Lerch. Derselbe fand in den Fetten des Menschen geringe Quantitäten von Capronsäure; ferner fand Chevreul im Gänsefett

Spuren von Capryl- und Capronsäure. Ich erhielt flüchtige Säuren mittelst der folgenden Methode: ich nahm eine bestimmte Quantität Fett, etwa 100 gr. und mehr, verseifte es durch alkoholische Natronlauge; dampfte dann die Seife bis zur Entweichung der letzten Spuren von Alkohol ab, löste sie im Wasser und versetzte sie mit überschüssiger Schwefelsäure. Dann destillirte ich die Flüssigkeit und sättigte das Destillat durch kohlen-saures Baryt, trocknete es bei 100° C. und wog es. Dabei wurde stets die Arbeit dadurch erschwert, dass der Gehalt von flüchtigen Säuren in den Fetten minimal ist, und dass man daher grosse Fettquantitäten zur Verseifung und ebenso grosse Quantitäten von Aetznatron nehmen muss. Das käufliche Aetznatron enthält stets eine gewisse Quantität von Chlor, welche in das Destillat übergeht und sich sehr schwer von organischen Salzen trennen lässt. Zur Reinigung wurde das Destillat mit feuchtem Silberoxyd in der Kälte geschüttelt, filtrirt und dann wurde in das Filtrat Schwefelwasserstoff geleitet.

Die aus den flüchtigen Säuren erhaltenen Salze waren stets gleich. Meistens waren es schwer krystallisirbare Syrupe. Sie krystallisiren in warzen- und nadelförmigen Prismen. Bei Trocknung bis 150° C. verloren sie 16,3 gr. H₂O. Die Analyse der getrockneten Salze gab 42—48% Barytgehalt. Auf diese Weise lässt sich nicht bestimmen, was für Säuren es waren, Buttersäure, Capronsäure oder eine andere; wahrscheinlich aber, wie Cahours und Demarçay (Comptes rendus, T. 90, p. 156) angegeben haben, ein Gemenge von allen homologen flüchtigen Säuren. Mir ist es noch nicht gelungen, ihren genauen quantitativen Gehalt in den Fetten zu constatiren. Aber positiv kann ich folgendes behaupten: Sie befinden sich in allen von mir untersuchten Fetten, ebenso in dem Maisfett wie in den Gänse-, Säugethier- und allen von mir untersuchten Menschenfetten. Der Procentgehalt dieser Säuren variirt in den einzelnen Fetten von 0,02—0,2%. In jedem Fall ist ihr Gehalt in leicht flüssigen Fetten grösser als in festen. Das Minimum befindet sich im Lipom; zunächst folgt hinsichtlich des Gehaltes das

Darmfett, Unterhautfett und Gänsefett, und das Maximum fällt auf das Maisöl. Im Allgemeinen folgt daraus: der Gehalt an diesen Säuren in den Menschenfetten ist klein und dem entsprechend ist ihre Bedeutung als ein Fettbestandtheil sehr gering.

V.

Zur Untersuchung der Veränderungen der Fettbestandtheile unter dem Einflusse von fremdem Nahrungsfett ist von mir folgender Versuch gemacht worden:

Es wurden zwei junge, möglichst abgemagerte Hunde dazu genommen, welche zur Regulirung der Nahrung mit ganz magerem Fleisch zwei Monate lang gefüttert wurden, wobei ihr Gewicht folgendes war:

31. Mai:	Nr. 1:	8,400 kgr.	Nr. 2:	4,850 kgr.
9. Juni:	» 1:	7,800 «	« 2:	4,600 «
15. Juni:	« 1:	7,570 «	« 2:	4,500 «
1. Juli:	« 1:	7,300 «	« 2:	4,250 «

Wie daraus zu ersehen ist, verloren die Hunde wenig an Gewicht; aber es ist zu bedenken, dass die Fettablagerung gleichmässiger vorgeschritten wäre bei normalen Ernährungsverhältnissen, als bei vollkommen abgemagertem Zustande der Versuchsthiere, da bekanntlich die erste Fütterungszeit der letzteren nur dazu dient, das Gleichgewicht wieder herzustellen. Zur Fütterung wurde Tributyrin benutzt.

Zur Darstellung des Tributyrin giebt Berthelot einige Verfahren an, von denen das hauptsächlichste in der Wirkung des Ueberschusses von Buttersäure auf das Dibutyryn besteht (in geschmolzenen Röhren bei 250° C.) Aber die Quantität der auf diesem Wege erhaltenen Butyrinide ist gering und zur Erhaltung von grossen Mengen müsste man mit einer grösseren Quantität der Substanz arbeiten. In letzter Zeit ist es Hrn. Schmidt¹⁾ gelungen, bei der Wirkung der entwässerten Essigsäure auf gleichfalls entwässertes Glycerin neutrales Triacetin reichlich zu erhalten. Dieses Verfahren ist auf die Vermuthung gegründet, dass in geschmolzenen

¹⁾ Liebig's Annalen. Bd. 182.

Röhren bei der Aetherification sich Wasser bildet, welches schädlich auf das Triglycerid wirkt. Hauptsächlich geschieht dies bei einer hohen Temperatur und die Reaktion kann daher nicht über eine bestimmte Grenze gehen. Alle diese Nachteile können durch einen offenen Apparat mit Anwendung eines Rückflusskühlers umgangen werden, besonders wenn ein langes und weites Glasrohr als Kühler dient. Das Wasser wird dadurch von der Mischung entfernt; ausserdem kann die Temperatur der Mischung niemals höher sein, als der Siedepunkt der Buttersäure. Der Versuch bewies die Zweckmässigkeit des Verfahrens von Schmidt auch für die Darstellung von Tributyrin. Bei der Wirkung von drei $C_4 H_8 O_2$ auf ein $C_3 H_8 O_3$ während 60 Stunden im Sandbade, bildet sich im Kolben eine Flüssigkeit, die im Wasser unlöslich und specifisch schwerer als letzteres ist. Bei der Entfernung der Buttersäure aus dieser Flüssigkeit, entweder mittelst der Destillation im Sandbade oder durch Auswaschung mit einer Lösung von kohlensaurem Natron erhält man eine Substanz, die ohne Zersetzung destillirbar ist. Der Siedepunkt ist 285° oder corrigirt $295^\circ C.$, specifisches Gewicht 1,052 bei $22^\circ C.$ Analyse durch Verbrennung:

	1.	0,274 gr.	gaben	0,590	CO_2	und	0,205	H_2O .		
	2.	0,515	«	«	1,1096	CO_2	«	0,398 H_2O .		
					für $C_3 H_5 (C_4 H_7 O_2)_3$			berechnet:		
In Procenten:	1.	59,1%	C	8,3%	H		59,6%	C.		
	2.	58,9	«	C	8,6	«	H	8,6	«	H.

Die Substanz ist sonach ein neutrales Tributyrin. Dasselbe hat alle die von Berthelot beschriebenen Eigenschaften. Im Wasser unlöslich, schwerer als Wasser, von widerlichem, bitterm Geschmack, fast geruchlos und butterartig. Der Unterschied besteht blos darin, dass es destillirt werden kann, wogegen das Tributyrin von Berthelot als undestillirbar beschrieben worden ist. Bei der Wirkung von Aetzbaryt in wässriger Lösung zersetzt sich das Tributyrin und bildet Glycerin und Barytsalz, wie es aus der Analyse ersichtlich ist:

1,020 gr. Substanz gab $1,151 \text{ Ba}_2 \text{ SO}_4 = 66,2 \text{ Ba}$. Theorie für $(\text{C}_4 \text{ H}_7 \text{ O}_2)_3 \text{ C}_3 \text{ H}_5$ folgt 67,8% Ba.

Hundefütterung. Da die Hunde einen guten Geruch haben, nehmen selbst die hungrigsten das Tributyrin nicht zu sich; wahrscheinlich wegen des Geruches von Acrolein. Um das Tributyrin von Acrolein zu befreien, erwärmte ich es in dem Wasserbade und leitete einen Strom trockener Kohlensäure hindurch. Das so gereinigte Butyrid versuchte ich den Hunden in Capsules von Leperdriol, welche in Fleischstücken versteckt waren, zuzuführen; aber die Hunde nahmen das Fleisch ohne es vorher zu kauen nicht, nachdem sie es gekaut hatten, stiessen sie es weg. Somit wurde man genöthigt zur Einführung mittelst der Sonde zu schreiten; aber wegen der heissen Sommerzeit wurde den Hunden dadurch öfters Erbrechen verursacht. Zur Vermeidung derselben brachte ich den Hunden, die 6–12 Stunden gehungert hatten, mittelst einer Sonde eine bestimmte Menge von 10–20 gr. Butyrin, mit Wasser und Eisstückchen vermischt, bei und gab ihnen sofort darauf so viel mageres Fleisch, als sie nur zu sich nehmen wollten. Eine solche Fütterungsart setzte ich während drei Wochen fort. Die Hunde vertrugen die Nahrung gut. Der Koth wurde stets analysirt, wobei sich in demselben ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen noch eine unbedeutende Quantität von Butyrid constatiren liess. Nach dem Töden der Hunde erwies sich das Gewicht des grossen Hundes zu 9 120 gr., das des kleinen zu 5 450 gr.; der grosse Hund war um 1 320 gr., und der kleine um 850 gr. schwerer geworden. Bei der in Gegenwart von Dr. Kobert vorgenommenen Section stellten sich die inneren Organe als normal heraus, nur fand man beim grossen Hunde eine geringe Fettinfiltration in der Leber, und bei dem Kleinen eine trübe Schwellung und Cysten in den Nieren. Die Schleimhaut des Magens war normal. Dass Fettgewebe wurde separirt, die Muskeln nach der Methode von Radziewsky und Hoffmann (unten cit. Arbeit) bearbeitet. Alle Fette wurden durch Aetznatron verseift, mit Schwefelsäure destilirt. Hierbei erhielt ich aus den 386 gr. Fett des grossen Hundes

3,84 gr. Barytsalze und aus 290 gr. Fett des zweiten Hundes 2,746 gr. Barytsalze der flüchtigen Säuren. Somit schliessen wir bei der Butyrin-Ernährung auf Folgendes: Das Tributyrin ist verdaulich und resorbierbar, aber es wird in so unbedeutend kleinen Quantitäten abgelagert, dass auf Grund meiner Experimente, ebenso wie auf Grund derjenigen der Herren Radziewsky und Subbotin die Frage über den Ansatz der fremden Fette nicht entschieden werden kann.

VI.

Wenn wir uns nun zur historischen Seite der Fettfrage wenden, so finden wir, dass die früheren Untersuchungen von Chevreul, Heintz u. A. uns hauptsächlich nur den qualitativen Unterschied der verschiedenen Fette gezeigt haben, wobei über Menschenfett wenige Untersuchungen vorliegen. Die experimentellen Versuche von Radziewsky¹⁾ über die Fettresorption haben gezeigt:

- 1) die Seifen werden vom Organismus resorbirt;
- 2) der Organismus setzt das Nahrungsfett an;
- 3) im Organismus findet eine Fettbildung aus den Seifen statt.

Sein hauptsächlichster Versuch der darin bestand, dass er Hunde mit Rübölfetten, Erucasäure enthaltend, fütterte, mit dem Zweck von den Thieren Erucinablagerung in Fetten zu erhalten, ist misslungen. Radziewsky meint:

- 1) «Die grösste Menge des Nahrungsfettes nicht in dem Hauptdepot des Organismus im Fettgewebe, sondern in secundären Stellen für Fettablagerung in den Muskeln aufgefunden zu haben;
- 2) dass das Fett des Fettzellgewebes aus drei physiologischen Fetten besteht, von denen zwei, Palmitin und Stearin, gar nicht eingeführt werden (!?). Die Hauptmasse des gesammten Fettes wird von dem Organismus selbst gebildet; das eingeführte Fett spaltet sich, der Fettansatz spielt nur eine nebensächliche Rolle.»

¹⁾ Virchow's Archiv, Bd. XXXII, S. 268.

Subbotin¹⁾ löste die nächsten Fragen:

- 1) Gibt es im thierischen Organismus einen unmittelbaren Uebergang des Fettes aus dem Darmkanal in die Elemente des Fettgewebes? Zu diesem Zwecke führte er in grossen Mengen Spermacet in den Magen der Hunde ein; dabei fand er, dass diese eingeführte Substanz resorbirt wurde, aber eine Ablagerung derselben in den Fetten der Versuchsthiere ist nicht nachgewiesen.
- 2) Bilden sich die Fette aus den Albuminaten des Fettgewebes selbst? Dazu wurden von ihm Hunde mit Palmöl und entfettetem Fleisch gefüttert; er fand, dass sich in diesem Falle synthetische Fette aus den normalen Bestandtheilen bilden.
- 3) Kommt im thierischen Organismus eine Synthese des Fettes im Sinne von Kühne's Hypothese vor?

Die Resultate von Subbotin's Untersuchungen sind folgende: «Fette bilden sich aus Eiweisskörpern; dabei stellt das Olein einen niederen Grad des Ueberganges von Eiweiss in Kohlenhydrat und Fett dar. Den Uebergang des Fettes aus dem Darmkanal in das subcutane Fettgewebe kann man jetzt schon bei Fleischfressern verneinen.» Mit Subbotin stimmt über die Abstammung von Fett aus Eiweiss auch Voit überein.

Hoffmann²⁾, über denselben Gegenstand arbeitend, ist zu anderen Resultaten gelangt, er sagt: vergleicht man die Menge des mit Nahrung eingeführten Fettes und Eiweisses, so kann man zu dem Schluss kommen, dass die Fette sich nicht blos aus Eiweiss, sondern auch aus den Nahrungsfette bilden, d. h., dass von den Nahrungsfetten grosse Mengen in dem Körper abgelagert werden.

Auf diese Weise führte Subbotin Spermacet, Radziewsky Erucasäure, ich Tributyrin ein, und wir alle drei konnten diese Substanzen in den Fetten der Versuchsthiere nicht nachweisen. Damit ist übrigens nicht bewiesen worden,

¹⁾ Zeitschrift für Biologie, Bd. VI, S. 73.

²⁾ Zeitschrift für Biologie, Bd. VIII, S. 153.

dass die Fette, die dem Organismus fremdartig sind, sich nicht in ihm ablagern könnten. Die Hauptsache besteht in der Fettauswahl. Die Erscheinung der Fettablagerung ist viel complicirter, als es beim ersten Blick erscheinen könnte. Dieser Prozess ist wahrscheinlich nicht nur von den chemischen, sondern auch von den physicalischen Eigenschaften des Fettes abhängig.

Strassburg, im Februar bis August 1881.

Berlin, den 5. Dezember 1881.