

Über die Beziehungen zwischen Molekulargewicht und physiologischer Wirkung bei höheren Fettsäuren.

(Mit Unterstützung durch die Gräfin Bostiftung.)

Erste Mitteilung.

Myristinsäure und Laurinsäure.

Von

Dr. Ludwig F. Meyer.

(Aus dem chemischen Laboratorium des pathologischen Instituts zu Berlin.
(Der Redaktion zugegangen am 18. Dezember 1903.)

Im Jahre 1868¹⁾ wies Radziejewski, ein Schüler Kühnes, als erster nach, daß in den Organismus des Tieres eingeführte Fettsäuren einen Nährwert besitzen. Er fütterte einen Hund mit unzureichenden Mengen mageren Fleisches, sodaß in der Zeit vom 1. April bis 8. Juli eine Gewichtsabnahme von 6649 g auf 4725 g = 28,9% stattfand. Vom 8. bis 30. Juli legte er der früheren Nahrung im ganzen 914 g der Natronseife der Erucasäure zu. Er konnte jetzt eine Gewichtszunahme von 4725 g auf 5665 g = 19,9% konstatieren. Diesen Nährwert der Fettsäure bestimmte J. Munk²⁾ durch Versuche, die er im Jahre 1880 im hiesigen Laboratorium unter der Leitung Salkowskis anstellte, exakt und einwandfrei.

Er ging von den klassischen Untersuchungen Voits aus, der zuerst dargetan hat, daß Fett leichter unter die Bedingungen des Zerfalls gerät, und so durch seine Zersetzung einen gewissen Anteil des Eiweißes vor dem Verbrauch schützt. Setzte Munk also einen Hund mit einer bestimmten Menge von Fleisch und Fett in Stickstoffgleichgewicht und gab dann anstatt des Fettes die äquivalente Menge Fettsäuren, so mußte die Größe der Eiweißzersetzung bei der Fettsäurefütterung im Vergleich mit der bei der Fettfütterung einen Maßstab für die physiologische Bedeutung

¹⁾ Virchows Archiv, Bd. 43, S. 268.

²⁾ Virchows Archiv, Bd. 80, S. 10.

der Fettsäuren abgeben. Eine 25 kg schwere Hündin wurde mit einem aus 800 g Fleisch und 70 g Fett bestehenden Futter in Stickstoffgleichgewicht gebracht: dann erhielt sie anstatt des Fettes einige Tage hindurch die in dem Fette enthaltenen Fettsäuren: mit der Darreichung von Fett wurde die Reihe wieder geschlossen.

Munk fand, daß die Hündin während der Fettperiode im Mittel im Harn 27,684 g N, im Kot 0,4 g N, während der Fettsäureperiode im Harn 27,806 g N, im Kot 0,457 g N ausschied. Er bekräftigte diese Resultate noch dadurch, daß er durch 21 Tage hindurch eine Hündin mit 600 g Fleisch und den in 100 g Fett enthaltenen Fettsäuren fütterte. Die Hündin schied jetzt während der Fettfütterung im Mittel im Harn und Kot 20,48 g, während der Fettsäurefütterung 19,923 g N aus, das Körpergewicht blieb konstant. Die bei der Fettsäuredarreichung erhaltene Eiweißersparnis von 2% ist dabei bedeutungslos. So hatte Munk einwandfrei bewiesen, daß die statt Fett eingeführten Fettsäuren instande sind, ebenso wie das Fett den Eiweißverbrauch zu schützen. Zweifellos ist es ein Verdienst Munks, exakt den Nachweis des Nährwertes der Fettsäuren geliefert zu haben. Dieses Verdienst können die Gründe, die Pflüger¹⁾ in seiner Polemik über die Frage der Fettresorption gegen Munk vorbringt, nicht schmälern.

Es fragt sich nun, besitzen die Fettsäuren, die geringeres Molekulargewicht haben, als die, welche die Hauptbestandteile des Fettes ausmachen (Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2$, Ölsäure $C_{18}H_{34}O_2$, Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$), auch eiweißsparende Kraft, nimmt die Größe dieses Nährwertes proportional dem Molekulargewicht ab und wo hört der Nährwert der Fettsäuren auf? Auf Veranlassung des Herrn Geheimrat Professor E. Salkowski habe ich mich mit diesen Fragen beschäftigt. Zunächst habe ich diesbezügliche Untersuchungen bei der Myristinsäure und Laurinsäure angestellt. — Die Myristinsäure²⁾ $C_{14}H_{28}O_2$ wurde zuerst in der Muscatbutter aufgefunden; sie ist in sehr vielen tierischen und pflanzlichen Fetten enthalten, z. B. im Wallrath, in der

¹⁾ Pflügers Archiv 1900, Bd. 82, S. 320.

²⁾ Kolbe, Organische Chemie, Bd. I, S. 825.

Rindergalle, Butter, Frauenmilch. Ihr Schmelzpunkt ist $53,5^{\circ}$. Erstarrt stellt sie eine seidenglänzende, schuppig kristallinische Masse dar. Die Laurinsäure $C_{12}H_{24}O_2$ ist reichlich in den Fettarten pflanzlichen Ursprungs enthalten. Ihren Namen hat sie von ihrem Vorkommen im Lorbeerfett. Ihr Schmelzpunkt ist $43,5^{\circ}$. Auch sie ist in erstarrtem Zustand eine schneeweiße schuppig kristallinische Masse.

Zur Methodik meiner Untersuchungen möchte ich folgendes vorausschicken. Die mit 250 g Fleisch und 50 g Fett auf Stickstoffgleichgewicht gebrachte Hündin von ca. 10 kg Körpergewicht wurde pünktlich um $8\frac{1}{2}$ Uhr morgens kathetrisiert. Dabei wurde ein sanfter Druck auf den Leib in der Blasen- gegend ausgeübt. Es konnte nicht verhindert werden, daß der Urin öfters und zwar meist während der Nacht in den Käfig entleert wurde. Der Käfigboden wurde dann gut ausgespült. Das Fleisch wurde stets für ca. 7 Tage voraus eingekauft und abgewogen in einzelnen Portionen auf Eis verwahrt. Jede neu eingekaufte Fleischmenge wurde analysiert, der Stickstoffgehalt des Fleisches überstieg stets den allgemein als Mittelwert anerkannten: er schwankte von $3,44$ — $3,57\%$ und ist deshalb regelmäßig bei den einzelnen Perioden angeführt. — Die Abgrenzung des Kotes geschah in der hier üblichen Weise mit fein verriebener Knochenasche. Diese Abgrenzung markiert sich sehr deutlich, reizte aber bisweilen die Magendarmschleimhaut. Zuletzt benutzte ich daher zur Abgrenzung den von Cremer aus dem Voitschen Laboratorium empfohlenen geglähten Kieselguhr: es wurden jedesmal ca. 50 g gegeben, die deutliche Abgrenzung erzeugten. Nach einer längeren Vorperiode war die Hündin mit 250 g Fleisch (Rindfleisch) und 50 g Fett in Stickstoffgleichgewicht gebracht. Einige Tage wurden dann statt des Fettes 50 g Fettsäuren verfüttert. Die Fettsäuren waren folgendermaßen gewonnen:

Fett wurde mit alkoholischer Kalihydratlösung verseift. Bei der Ausführung der Verseifung richtete ich mich nach den bei E. Salkowski, Praktikum der physiologischen und pathologischen Chemie 1900 S. 203 gegebenen Vorschriften. Die Seifenlösung ließ ich ca. $\frac{1}{2}$ Stunde auf stark kochendem

Wasserbad stehen, schüttelte öfters durch und überzeugte mich, daß alles Fett verseift war. Die Seifenlösung wurde dann in erwärmte verdünnte Schwefelsäure gegossen. — Die erkalteten Fettsäuren wurden bis zum Verschwinden der Schwefelsäurereaktion ausgewaschen, dann geschmolzen, zerkleinert und zwischen Filtrierpapier getrocknet.

Ich überzeugte mich jedesmal von der Reinheit der dargestellten Fettsäuren. Es bildete sich beim Erhitzen der Fettsäuren mit Borsäure oder Monokaliumsulfat niemals Acrolein. Nach Munk¹⁾ liegt der Schmelzpunkt der Fettsäuren aus Schweinefett zwischen 35 und 39°. Die von mir benutzten Fettsäuren begannen bei 38° zu schmelzen, waren aber erst bei ca. 42° vollkommen geschmolzen. Nachdem einige Tage hindurch diese Fettsäuren verfüttert waren, wurden 50 g Myristin- resp. Laurinsäure dargereicht. Myristinsäure hat einen Schmelzpunkt von 53,5°. Da zu befürchten stand, daß infolge des hohen Schmelzpunktes ein großer Teil der Fettsäure nicht resorbiert würde, versuchte ich den Schmelzpunkt künstlich niedriger zu gestalten. Mischungen mit Öl, Glycerin, Lebertran im Verhältnis 4:1 setzten den Schmelzpunkt absolut nicht herab. Benzol, in einer Menge von 3 g zu 50 g Fettsäuren gebracht, bewerkstelligte eine Erniedrigung des Schmelzpunktes um 4—5°. Es fragte sich indes, ob Benzol als solches eine dem Körper des Hundes indifferente Substanz wäre oder ob es den Stickstoffumsatz alterierte. Es wurde daher zu den 250 g Fleisch und 50 g Fett, mit denen der Hund auf Stickstoffgleichgewicht gebracht war, 3 g Benzol zugelegt. (S. Tabelle 2). Dabei fand sich, daß die Stickstoffausscheidung, die bei einfacher Fleischfettnahrung im Mittel von 5 Tagen im Harn 8,15 g, im Harn + Kot = 8,275 g betragen hatte (bei 8,6 eingeführtem N), während der 5tägigen Benzolfütterung im Mittel im Harn auf 8,85 g, im Harn + Kot auf 9,072 g (bei 8,7 eingeführtem N) gestiegen war.

Das Benzol hatte also offenbar einen merklichen Einfluß auf die Eiweißzersetzung ausgeübt. Schmiede-

¹⁾ Virchows Archiv. Bd. 80.

berg,¹⁾ der innerhalb zweier Tage 24 g Benzol an einen Hund verfütterte, fand, daß das verfütterte Benzol im Tierkörper eine Oxydation erfährt.

Von 1,6907 g Phenol nach Benzolfütterung waren 1,1005 als gepaarte Schwefelsäure und 0,5902 als eine anderweitige Phenolverbindung im Harn vorhanden, die Schmiedeberg als Phenolglykuronsäure identifizierte. — Die Polarisation des Harns nach der Aufnahme von 3 g Benzol ergab bei meinen Versuchen eine Linksdrehung von 1,4 entsprechend den im Harn vorhandenen gepaarten Glykuronsäuren.

Am meisten wurde der Schmelzpunkt der Myristinsäure durch eine Beimischung von Ölsäure, deren Schmelzpunkt bei 14° liegt, erniedrigt. 1 Teil Ölsäure und 4 Teile Myristinsäure wurden innig vermischt. Bei der Bestimmung des Schmelzpunktes solcher Gemische beobachtet man, daß zuerst eine Aufhellung, dann nach und nach ein Durchsichtig- und Flüssigwerden des Gemisches eintritt.²⁾ Dementsprechend war festzustellen, daß das Ölsäure-Myristinsäuregemisch bei 44—45° anfang, sich aufzuhellen, und bei 47—48° vollkommen geschmolzen war. Der Erstarrungspunkt lag bei 42—44°.

Wenn auch der Ausspruch Funkes, daß nur die Fette resorbiert würden, deren Schmelzpunkt unter Körpertemperatur liegt, lange durch Autoren wie Pflüger, Munk, Arnschink etc. widerlegt ist, so muß doch sicherlich zugegeben werden, daß bei derartigen Fetten oder Fettsäuren eine geringere Resorption stattfindet. Arnschink³⁾ glaubt, daß die über Körpertemperatur schmelzenden Fette im Darmkanal eine salbenförmige Konsistenz annehmen, wodurch sie in die Epithelzelle des Darmes eindringen und weiter befördert werden können. Pflüger⁴⁾ dagegen hält den Schmelzpunkt der festen Fettsäuren für ganz gleichgültig für ihre Resorption, weil im Darm ein

¹⁾ Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie 1881. — Bd. 14, S. 188.

²⁾ Pflüger. Über die Schmelzpunkte der Gemische von Fettsäuren, Pflügers Archiv, Bd. 88, S. 307.

³⁾ Zeitschrift für Biologie, Bd. 26, S. 434.

⁴⁾ Pflügers Archiv, Bd. 80, S. 132.

Lösungsmittel — das mit Galle und Bauchspeichel gemischte Wasser — da ist, welches sie resorptionsfähig macht. Da indes mit dem höher liegenden Schmelzpunkt eine schlechtere Ausnutzung Hand in Hand geht, spricht diese Tatsache gegen die Anschauung Pflügers. Die Pflügersche Anschauung könnte nur dann zutreffend sein, wenn die hochschmelzenden Fette zugleich auch schwerer in dem natürlichen Lösungsmittel zu lösen wären. Entsprechend dem Schmelzpunkte teilt Arnschink die Fette in 3 Gruppen ein:

1. Fette, die bei niedrigerer Temperatur als Körperwärme schmelzen (Schweinefett etc.). Dieselben werden in mäßigen Mengen bis auf 2—3% im Darmkanal resorbiert:

2. die bei einer die Körpertemperatur nur um wenige Grade übersteigenden Temperatur schmelzen (Hammeltalg). Von denselben bleiben nur 7—11% unausgenutzt:

3. deren Schmelzpunkt die Körpertemperatur wesentlich übertrifft (Stearin). Von diesen wird nur wenig resorbiert. 86—91% verlassen unverändert den Darm.

Dementsprechend verhielt sich die Ausnutzung von den zu Gruppe 1 gehörenden, von mir verfütterten Fetten und Fettsäuren, sowie der zu Gruppe 2 gehörigen Laurinsäure und Myristinsäure.

Die Fettbestimmung in den Faeces wurde nach der bei Salkowski¹⁾ vorgeschriebenen Methode mittels der Soxhletextraktion gemacht. Die Fettsäuren wurden in der ätherisch-alkoholischen Fettlösung mit $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge titriert und auf Palmitinsäure resp. Laurin- und Myristinsäure berechnet. — Zur Bestimmung der Seifen wurde der nach der Fettextraktion hinterbliebene Rückstand mit verdünnter Salzsäure (1 : 3) angefeuchtet und abermals im Soxhlet extrahiert. Da der beim Verdunsten der ätherischen Lösung bleibende Rückstand stets stark braun gefärbt war, wurde er nochmals in Äther gelöst und filtriert. Der braune Farbstoff (ein Abkömmling des Gallenfarbstoffs) läßt sich indes auch dadurch nicht abscheiden. Es ist daher jede Seifenbestimmung mit dem Fehler behaftet, daß der Farbstoff mitgewogen wird. Der nun hinterbliebene

¹⁾ Salkowski. Praktikum d. physiol. u. patholog. Chemie 1900, S. 268.

Rückstand ergab die Menge der Seifen, als Fettsäuren bestimmt. — Bei der Extraktion der Faeces nach Myristinsäurefütterung verwandte ich Benzol, nachdem ich mich überzeugt hatte, daß die Myristinsäure durch den Äther nicht ebenso erschöpfend extrahiert werden konnte, wie durch Benzol. Da Benzol nach Salkowski auch einen Teil der Kalkseifen löst, ist in der Myristinsäureperiode die Zahl für Fett in den Faeces etwas hoch und die Zahl der Seifen ist etwas zu niedrig bemessen. — Im einzelnen gestalteten sich die Resorptionsverhältnisse und die Verteilung der Fettstoffe im Kot folgendermaßen:

Tabelle 1:

	Fett	Fettsäure	Seife als Fettsäure	Nicht resorbiert
Fettfütterung (Eigener Versuch)	33.1 %	23.7 %	43.2 %	3 %
Fettfütterung (nach Munk)	26.1 %	39.1 %	34.8 %	2 %
Fettfütterung (nach Arnschink)	21.6 %	19.8 %	58.6 %	2.8 %
Fettsäurefütterung (Eigener Versuch)	11.15 %	13.18 %	75.67 %	3 %
Fettsäurefütterung (Eigener Versuch)	13.2 %	10.0 %	76.8 %	5.1 %
Fettsäure aus Hammeltalg (nach Munk)	8.2 %	21.2 %	70.6 %	12 %
Laurinsäurefütterung (Eigener Versuch)	16.9 %	9.3 %	74.4 %	6.02 %
Myristinsäurefütterung (Eigener Versuch)	46.6 %	29.7 %	23.7 %	5.46 %

Schlüsse aus dieser Tabelle bezüglich der Verteilung auf Fett, Fettsäure und Seife zu ziehen, ist nicht angängig. Die Zusammensetzung der im Kot befindlichen Fettstoffe scheint, wie schon Arnschink behauptet, keine Regel zu zeigen. Nur soviel ist sicher, daß bei Fettsäurefütterung die Menge der Seifen im Kot beträchtlich steigt, eine Tatsache, die ohne weiteres erklärlich ist. Die Resorption der aus dem Schweineschmalz hergestellten Fettsäure ist um ein geringes schlechter als die des Fettes. Auch die Ausnutzung der Myristinsäure-

fütterung ist gut zu nennen. Während der 6 Tage dauernden Fütterung verließen täglich 2,73 g Fettstoffe unausgenützt den Darm.

Da der Kot der 2 auf die Myristinsäureperiode folgenden Tage noch Spuren von nicht resorbierter Myristinsäure enthalten konnte, wurde der Fettgehalt dieses Kotes zu der Myristinsäureperiode gerechnet. — Anfangs gab ich die Myristinsäure gut verrieben und mit Fleisch vermischt. Es zeigte sich aber, daß dabei nur eine sehr geringe Resorption stattfand.

Am Tage nach der Fütterung, am 2. XI., ließ der Hund eine große Menge geformten Kotes, in dem Stückchen weißer, nicht resorbierter Myristinsäure sofort auffielen. Die Fettextraktion ergab, daß bei derartiger Darreichung von 50 g des Myristinsäure-Ölsäuregemisches 13,71 g = 27,4% nicht ausgenutzt wurden. Vom 2. XI. ab wurde das Fleisch in der Myristinsäure gebraten und so warm verabreicht. Dieses Futter nahm der Hund sehr gern zu sich. Die Resorption war, wie vorher beschrieben, nun auffallend gut.

Ungleich mehr Schwierigkeiten machte die Darreichung der Laurinsäure, die einen Hunden unangenehmen aromatischen Geruch hat. Weder in gebratenem Fleisch noch in Bouillonform, noch verschiedentlich umgeschmolzen, noch in Seifenform konnte ich die Laurinsäure dem Hunde verfüttern. Desodorierung mit Kali hypermang. und Überdecken des Geruchs mit Indol waren ebenso ohne Erfolg.

Ich mußte daher die Fütterung so vornehmen, daß ich geringe Mengen der zerstoßenen Laurinsäure jedesmal in Fleisch einhüllte und nacheinander gab. Diese kleinen Fleischstückchen verschluckte der Hund gierig, ohne sie zu zerbeißen. Leider trat am 5. VII., dem 5. Tage der Laurinsäurefütterung, Diarrhoe und Erbrechen auf. Am 4. VII. waren noch normale Faeces erfolgt, in dem einzelne kleine weiße Stippchen — nicht aufgenommene Laurinsäure — vorhanden waren. Das Erbrochene und der sorgfältig gesammelte Kot wurden eingedampft und mit heißem Alkohol, in dem Laurinsäure sich sehr leicht löst, bis zur Erschöpfung 6 mal ausgezogen. Der Alkohol wurde dann verdampft, der Rückstand getrocknet und gewogen. 30,7 g in Alkohol löslicher Fettstoff und 10,2 g nach Ansäuer-

ung mit Salzsäure erhaltener Fettsäure (entsprechend der vorhandenen Seife) konnte ich darin nachweisen. Da am Tage vor dem Erbrechen noch normaler Kot erfolgte, bin ich demnach wohl berechtigt, die Reihe bis zum 5. VII. gelten zu lassen. In dieser Zeit wurden von 50 g Laurinsäure $3,01 = 6,02\%$ nicht resorbiert. Von einer Wiederholung des Versuchs mußte wegen der Schwierigkeit der Aufnahme leider abgesehen werden.

Die Ausnützung der Myristinsäure und Laurinsäure kann somit der der gewöhnlichen Fettsäuren nicht ganz gleich, wenn sie auch eine relativ gute zu nennen war.

Ebenso bestehen Differenzen in der Größe der Verbrennungswärme.

Nach Stohmann und Rodatz¹⁾ betragen die Verbrennungswerte für

1 g Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2 = 9365$ cal.

1 g Myristinsäure $C_{14}H_{28}O_2 = 9055$ »

1 g Laurinsäure $C_{12}H_{24}O_2 = 8782$ »

Oder in Grammmolekül ausgedrückt

Palmitinsäure = 2361856 cal.

Myristinsäure = 2064649 »

Laurinsäure = 1756338 »

Setzt man die Verbrennungswärme der Palmitinsäure gleich 100, so ist der Kalorienwert der Myristinsäure gleich 96,7 und der der Laurinsäure gleich 93,8.

Die geringen Abweichungen, die bezüglich Resorption und Wärmewert vorhanden sind, bedingen, daß die niedrigeren Fettsäuren kein vollwertiger Ersatz der höheren sein können. — Es fragt sich, ob ihnen überhaupt eine eiweißschützende Wirkung zukommt. Die 10 kg schwere Hündin wurde mit 250 g Fleisch und 50 g Speck in Stickstoffgleichgewicht gebracht. Nachdem ich mich mehrere Tage hindurch überzeugt hatte, daß sie im Stickstoffgleichgewicht verharrte, wurde statt des Fettes eine gleiche Menge Fettsäuren aus Schweinsfett dargereicht und zwar 4—5 Tage lang. Darauf wurden Myristinsäure resp. Laurinsäure verfüttert etc. Das Nähere ist aus folgenden Tabellen ersichtlich:

¹⁾ Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie und verwandter Wissenschaften, 1885.

Tabelle 2

Datum	Ge- wicht	Ernährungsart	Urin- menge ccm	N im Fleisch	N im Harn	N im Kot		
17. Okt.	9920	250 g Fleisch, 50 g Fett	146	8,6	8,46	—		
18. „	9920	„	176	8,6	7,92	—		
19. „	9900	„	172	8,6	7,84	0,5		
20. „	—	„	172	8,6	8,37	—		
21. „	9920	„ + 3 g Benzol	Geringes erbrochen.					
22. „	—	„	180	8,7	8,85	—		
23. „	9920	„	172	8,7	8,62	—		
24. „	—	„	206	8,7	9,24	1,109		
25. „	10000	„	172	8,7	8,68	—		
26. „	—	250 g Fleisch, 50 g Fett	176	8,83	8,06	—		
27. „	9950	„	158	8,83	8,43	0,58		
28. „	—	„	172	8,83	8,78	—		
29. „	9990	„ 50 g Fettsäure	202	8,83	8,98	—		
30. „	—	„	168	8,83	8,65	—		
31. „	10020	„	158	8,83	8,46	0,529		
1. Nov.	—	„ 50 g Myristin- säuregemisch	202	8,83	(10,19)	—		
2. „	10050	„	192	8,83	8,82	—		
3. „	—	„	212	8,83	9,07	—		
4. „	10000	„	218	8,83	8,66	1,59		
5. „	—	„	168	8,83	8,76	—		
6. „	9970	„	190	8,85	9,24	—		
7. „	—	„	170	8,85	8,9	—		
8. „	9970	„ 10 g Ölsäure	174	8,85	9,52	—		
9. „	9750	„	—	8,85	—	—		
10. „	—	„	166	8,85	9,13	—	Faeces diarrhöisch	
11. „	9750	„	198	8,85	9,27	0,638		
12. „	9700	„	180	8,85	9,13	—		

Tabelle 3.

Datum	Ge- wicht	Ernährungsart	Urin- menge ccm	N im Fleisch	N im Harn	N im Kot	
18. Juni	10800	250 g Fleisch. 50 g Fett	190	8,73	8,13	—	
19.	—		155	8,73	7,91	—	
20.	10750		165	8,73	8,09	—	
21.	—		210	8,73	8,49	0,569	
22.	10740		210	8,73	7,92	—	
23.	—		171	8,73	8,08	—	
24.	10700		150	8,73	8,32	—	
25.	—	50 g Fettsäure	175	8,9	8,29	—	
26.	10690		190	8,9	9,18	—	
27.	—		200	8,9	9,35 ¹⁾	1,49	¹⁾ Geringe erbrochen
28.	10720		175	8,9	8,96	—	
29.	—		165	8,9	8,62	—	
30.	10700		155	8,9	8,15	—	
1. Juli	—	50 g Laurinsäure	165	8,79	7,42	—	
2.	10750		252	8,79	10,02	2,04	
3.	—		175	8,79	7,81	—	
4.	10680		170	8,79	8,4	—	
5.	—	Erbrechen und Diarrhoe am 5. und 6./VII.					
6.	10600	250 g Fleisch. 50 g Fett	—	8,78	—	—	
7.	—		—	8,78	—	—	
8.	10520		180	8,78	8,9	—	
9.	—		160	8,78	7,98	1,22	
10.	10560		162	8,78	7,87	—	
11.	—	50 g Fettsäure	178	8,8	8,15	—	
12.	10520		200	8,8	8,9	1,49	
13.	—		180	8,8	8,79	—	
14.	10500		162	8,8	8,32	—	

In der einen Reihe wurden alle Stickstoffbedingungen doppelt ausgeführt, in der andern jede zweite bis dritte. Die kleinen Schwankungen, die sich innerhalb der einzelnen Fütterungsperioden ergeben, erklären sich wohl daher, daß ich die Blase nicht nachspülte und daß der Hund oft auf die Blechunterlage des Käfigs seinen Urin entleerte. Die große N-Steigerung bei der Laurinsäurefütterung am 2. Juli hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß die Aufnahme der hochschmelzenden Fettsäure langsamer vor sich geht und so die Laurinsäure noch nicht völlig resorbiert war; ganz ist dadurch diese hohe N-Steigerung freilich nicht aufgeklärt. Eine bessere Übersicht über die Eiweißversorgung gewähren die Mittelwerte.

Tabelle 4.

	N (Harn)	N (Kot)	Harn + Kot N	eingef. N	Differenz
Fettperiode	8.15	0.125	8.275	8.6	— 0.325
Benzolperiode . . .	8.85	0.222	9.072	8.7	+ 0.372
Fettperiode	8.39	0.19	8.58	8.83	— 0.25
Fettsäureperiode .	8.69	0.176	8.87	8.83	+ 0.04
Myristinsäureperiode	8.9	0.2	9.1	8.835	+ 0.265
Ölsäureperiode . .	9.26	0.213	9.473	8.85	+ 0.623

Tabelle 5.

	N (Harn)	N (Kot)	N Harn + Kot	eingeführt. N	Differenz
Fettperiode	8.13	0.08	8.21	8.73	— 0.52
Fettsäureperiode .	8.76	0.34	9.1	8.9	+ 0.2
Laurinsäureperiode	8.41	0.39	8.8	8.79	+ 0.01
Fettperiode	8.24	0.24	8.48	8.78	— 0.3
Fettsäureperiode .	8.54	0.29	8.83	8.8	+ 0.03

Zu den verschiedenen Zeiten war der Stickstoffumsatz bei Fleisch und Fettnahrung fast der gleiche: die geringen Differenzen entsprechen der verschiedenen Größe der Stickstoffzufuhr. Die Harnstickstoffzahlen waren 8.13, 8.15, 8.24, 8.39. Die Stickstoffausscheidung im Kot schwankte zwischen dem kleinsten Wert 0.08 g und 0.24 g.

Die Fütterung mit Fettsäuren aus Schweineschmalz hatte regelmäßig eine deutliche Erhöhung des Stickstoffwertes zur Folge. Die Stickstoffwerte im Harn waren 8,54, 8,69 und 8,76. Die hohe Zahl 8,76 erklärt sich aus der während dieser Periode stattgehabten hohen N-Einfuhr von 8,9 g. Alle bei der Fettsäurefütterung gefundenen Stickstoffzahlen sind größer als die, die Munk¹⁾ gefunden hat.

In einer Fütterungsreihe fand Munk, wie schon früher erwähnt, bei Darreichung von 800 g Fleisch und 70 g Fett, im Harn 27,684 g, im Kot 0,4 g N, bei Ersatz des Fettes durch äquivalente Mengen von Fettsäuren:

Im Harn 27,806 g, im Kot 0,457 g N.

Bei der 21 Tage währenden Fettsäurefütterung fand er sogar eine um ein geringes ($2\frac{0}{10}$) kleinere N-Ausscheidung bei Fettsäurenahrung, als bei Fettnahrung, der er indes selbst keinen Wert beimißt.

Einen vollkommenen Ersatz des Fettes geben die Fettsäuren nach meinen Untersuchungen, wie theoretisch vorauszusehen war, nicht.

Die Stickstoffausscheidung wurde durch Myristinsäurefütterung noch ein wenig erhöht der gewöhnlichen Fettsäure gegenüber. Diese Erhöhung ist aus den vorher angeführten Gründen: der schlechteren Ausnutzung und dem geringeren Kalorienwerte zu erklären. Die Laurinsäurefütterung hatte nicht die gleiche Erhöhung des Stickstoffs im Urin zur Folge, wie die Myristinsäurefütterung: es waren im Mittel nur 8,49 g N im Harn und 0,39 g N im Kot bei 8,79 g eingeführtem N. Von einer Ersparnis im Eiweißverbrauch kann natürlich nicht die Rede sein.

Bei Darreichung der hochschmelzenden Fettsäure ging nicht viel mehr Stickstoff im Kot verloren wie sonst: bei Myristinsäurefütterung 0,2 g, bei Laurinsäurefütterung 0,39 g.

In letzter Linie mußte man sich fragen, ob die beiden Fettsäuren überhaupt noch ersparend auf den Eiweißverbrauch wirken. Zu diesem Zwecke wurde die Hündin fünf Tage

¹⁾ Virchows Archiv, Bd. 80, S. 10.

hindurch nur mit 10 g Ölsäure und 250 g Fleisch gefüttert. Der Eiweißumsatz stieg weiter. Es waren jetzt: 9,26 g N im Harn und 0,213 g N im Kot vorhanden. Im ganzen betrug nun die Vermehrung des Stickstoffs, die bei der Darreichung von 250 g Fleisch und 10 g Ölsäure stattfand, gegenüber derjenigen, die bei Fütterung von 250 g Fleisch und 50 g Fett statthatte, 13 bis 14%. Damit ist beinahe das Maximum der Eiweißersparnis, die nach Voit¹⁾ bis 15% beträgt, erreicht.

Das Körpergewicht blieb, wie aus der Tabelle ersichtlich, ziemlich konstant.

Aus diesen Untersuchungen können wir den Schluß ziehen, daß auch Fettsäuren mit geringerem Molekulargewicht als Palmitin-, Stearin- und Ölsäure in stande sind, einen gewissen Anteil des Eiweißes vor dem Verbrauch zu schützen. Ihrem geringeren Kalorienwert und ihrer schlechteren Ausnützung entsprechend kommen sie in ihrem Wirkungswerte den gewöhnlichen Fettsäuren nicht völlig gleich. Diese eiweißersparende Kraft der Fettsäuren müßte also bis zu den niedrigsten Gliedern der Fettsäurereihe stetig abnehmen. Durch Versuche von Scheremetjewski,²⁾ einem Schüler Ludwigs, ist festgestellt worden, daß bei Einspritzung in die Venen Milchsäure und Kapronsäure im Körper verbrennen, während dieser Nachweis für die niedrigsten Fettsäuren, die Ameisensäure und Essigsäure, nicht erbracht werden konnte. Dementsprechend stellte Schotten³⁾ fest, daß bei Verfütterung von Kapron-, Valerian- und Buttersäure nur eine ganz geringe Vermehrung der Fettsäure im Harn stattfand. Die Menge der Fettsäuren im Harn stieg dagegen beträchtlich, wenn er Essigsäure und Ameisensäure darreichte. Er schließt daraus mit Recht, daß die ersteren im Körper zu Kohlensäure und Wasser verbrennen, während von der Essig- und namentlich Ameisensäure ein größerer Bruchteil im Organismus unoxydiert bleibt. Aber nach Voit ist nicht jede Substanz, die im Organismus verbrennt

¹⁾ Hermanns Handbuch f. Physiologie, Bd. 6, S. 130.

²⁾ Berichte über die Abhandlungen der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1868, S. 154.

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. VII, 4, S. 375.

und so einen Beitrag zur Wärme des Körpers liefert, ein Nährstoff. Die Substanz kann nach Voit im Körper verbrennen, ohne daß sie für die Ernährung einen Wert besitzt. Weiske und Flechsig¹⁾ prüften, ob den niedrigsten Fettsäuren, der Milchsäure und Essigsäure, ein Nährwert innewohnt. Sie fanden, daß die Milchsäure, die nach Scheremetjewsky der Verbrennung im Organismus unterliegt, den Stickstoffumsatz in geringer Weise bei Kaninchen und deutlicher bei einem Hammel verminderte, daß hingegen die Essigsäure, die nur zum Teil im Körper verbrannt wird, diuretisch wirkte und den Stickstoffumsatz steigerte. Demnach muß man Milchsäure schon als Nahrungsstoff bezeichnen, Essigsäure aber nicht.

Nach meinen Untersuchungen sind Myristinsäure und Laurinsäure Nährstoffe. Es bleibt aber noch die Frage offen, inwieweit dieser Nährwert in der ganzen Reihe der Fettsäuren besteht und ob derselbe dem Molekulargewichte proportional weiterhin abnimmt. Untersuchungen darüber sind im Gange.

1) Journal für Landwirtschaft, Bd. 37, S. 199, 1889.