© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Aus dem Physiologisch-Chemischen Institut der Albert-Ludwig-Universität zu Freiburg i. Br.

Die Wirkung von Cholin und Betain auf den Fettstoffwechsel von Leber und Lunge*).

Von

Roland Hirsch.

Mit 3 Tafeln.

Seit mehreren Jahren sind Forscher damit beschäftigt, den Einfluß gewisser Stoffe auf den Fetthaushalt der Leber zu beobachten und zu untersuchen. Dazu war es notwendig, erst einmal deren Fettgehalt zu erforschen unter Berücksichtigung der Nahrungszusammensetzung. Als Versuchstiere dienten meist Ratten. So wurde beobachtet (1), daß nach einer 3—4 tägigen Speckfütterung sich im histologischen Bilde der Rattenleber massenhafte Fetteinlagerungen zeigten. Dann stellte man fest (2), daß die Leber von Ratten, deren gemischte Kost 2,6 % Fett enthielt, 4,70 % Fett aufwies. Bei einer Gruppe sehr fettreich ernährter Ratten enthielt die Leber 27,01 %, bei einer anderen Gruppe 17,03 % Fett (3). Andere Forscher (4) bestimmten den Fettsäuregehalt der Leber bei Ratten, die am Tage 6,15 g Körner und 3,5 g ausgelassenes Rinderfett erhielten und fanden 7,36 %. Der durchschnittliche Fettsäuregehalt der Leber war 15,6 % bei Tieren, deren Nahrung zu 40 % aus Fett bestand (5). Daraus geht also hervor, daß die Leber um so mehr Fett enthält, je fettreicher die Nahrung ist.

Best (4) erkannte 1932 das Cholin als einen Stoff, der imstande ist, das Leberfett in erheblichem Maße zu verringern. Man gab Ratten 20 Tage lang eine Kost mit einem Fettgehalt von 40 %; dazu gab man ihnen Cholin in verschiedenen Mengen. Best stellte dabei fest, daß der Fettsäuregehalt der Leber um so mehr sank, je mehr Cholin verfüttert war. Die besten Ergebnisse lagen bei einer täglichen Cholingabe von 66—100 mg, wobei die Leber nur noch 3,4 % Fett-

*) Erschienen als Dissertation der Hohen Medizinischen Fakultät der Albert-Ludwig-Universität zu Freiburg i. Br.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

säuren enthielt, dagegen die Leber der Vergleichstiere 16,2 % (5). Dann wurden Ratten (3) 18 Tage lang fettreich gefüttert; die Leber der Vergleichstiere hatte einen Fettgehalt von 27,01 %, die Leber der Tiere aber, die 100 mg Cholin am Tage zum Futter bekamen, nur 8,18 % Fett. Cholin verhinderte auch die Fettablagerung bei Phosphorvergiftung (2).

Neben Cholin wurden noch andere, ihm verwandte Verbindungen geprüft, um ihre Wirkung auf das Leberfett festzustellen. Besonders wurden Lezithin, dessen wirksamer Bestandteil das Cholin ist, und Betain untersucht; Betain wirkte ähnlich wie Cholin. Außerdem wurden Kreatin, Colamin, Cholinmethyläther, Trimethyl-γ-hydroxypropylammoniumhydroxyd (= Homocholin), Triäthylhydroxyäthylammoniumhydroxyd (= Triäthylcholin), Tripropyl-β-hydroxymethylammoniumhydroxyd (= Tripropylcholin) und Tetra-β-oxyäthylammoniumchlorid (3, 6, 7) untersucht:

So wurde (4) bei Ratten, die mit einer fettreichen Grundkost und 9,4 % Lezithin 26 Tage lang ernährt worden waren, ein Fettsäuregehalt der Leber von 3,38 % festgestellt, während die Leber von Tieren, die nur mit der Grundkost ernährt wurden, 7,36 % Fettsäure enthielten. Dann (5) erhielt man mit täglich 120 mg Betain 5,9 % Fettsäuren in der Leber, während bei den Vergleichstieren durchschnittlich 15,6 % gefunden wurden. Ein anderer Forscher (3) bekam nach Betainfütterung in der Leber 4,80 % Fett, die Leber der Vergleichstiere hatten dagegen 17,03 %. Aus den Vergleichsversuchen mit Cholin folgerte man, daß die Wirkung des Betains etwa 30 % der des Cholins beträgt (3). Auf die anderen genannten Stoffe soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Aus diesen Arbeiten geht also hervor, daß Cholin und — in geringerem Maße — Betain sowie Lezithin die Fettablagerung in der Leber hemmt. Best nennt das eine „lipotrope“ Wirkung. Gleichzeitig ist festgestellt worden, daß durch Cholin die Fettausscheidung mit den Fäzes nicht vermehrt wird (4, 5). Ferner wird berichtet, daß Cholin auf das Fett der Nierengegend nicht wirkt (8); von anderer Seite (9) wurde jedoch beobachtet, daß in der Nieren- und Testikelgegend weniger Fett abgelagert war als gewöhnlich; auch das subkutane Fett und das des großen und kleinen Netzes schwand. Ferner wird berichtet, daß durch die Cholinwirkung in der Leber Vakuolen und das Bild der trüben Schwellung zu sehen sei; die Kernzeichnung war teilweise verwischt oder fehlte vollkommen, auch fand man rein nekrotische Stellen. Man schließt

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

daraus, daß das Cholin giftig ist. In neuster Zeit erschien eine Arbeit (10), in der durch Versuche an Küken festgestellt wurde, daß die lipotrope Wirkung des Cholins von einer Zunahme des Leberglykogens begleitet sei; daher nimmt man an, daß das Cholin die Umwandlung von Fett in Glykogen begünstigt.

Ich legte meiner Arbeit alle diese Tatsachen zugrunde und machte meine Versuche nach dem Vorbilde der Bestschen Arbeiten. Als Versuchstiere verwendete ich ebenfalls Ratten, und zwar ausschließlich männliche. Von den Stoffen mit lipotroper Wirkung wendete ich nur Cholin, Betain und Lezithin an. Meine Untersuchungen richteten sich auf die Frage, ob das Fett, das durch die Einwirkung von Cholin, Betain oder Lezithin aus der Leber schneller verschwindet, etwa zum Teil in anderen Organen abgelagert wird. Ich untersuchte daher histologisch neben der Leber die Nieren, Nebennieren, Dünndarm, Herz, Lunge und quergestreifte Muskeln. Dabei kam ich zu der überraschenden Feststellung, daß in die Lunge der mit Cholin, Betain oder Lezithin gefütterten Tiere Fett eingewandert war.

Daß die Lunge am Fettstoffwechsel beteiligt ist, wurde schon mehrfach beschrieben. So stellten Roger und Binet fest (11, 12, 13), daß die Lungen Fett speichern (Lipopexie) und auch wieder abbauen (Lipodihärese) können. Sie beobachteten nämlich, daß das Blut im linken Herzen etwa 10 % weniger Fett enthielt als das des rechten Herzens. Dann gaben sie Versuchstieren Fettemulsionen in die Vene, von denen ein großer Teil in den Lungen zurückgehalten wurde. Weiter wiesen sie eine Lungenlipase nach, die das intravasale Fett abbaute. Fernerhin sahen sie in den Lungengefäßen Fettemboli, die von den Rändern her allmählich aufgelöst worden seien und in ihren zentralen Teilen Vakuolen gezeigt hätten; diesen Vorgang hielten sie für eine Lipodihärese der Lungengefäße.

Holmgren faßt diese Fragen in einer 1936 erschienenen ausführlichen Arbeit (14) zusammen. Er berichtet darin, daß andere Forscher ähnliche Beobachtungen machten. Andererseits wird aber auch die Bedeutung der Lungen am Fettstoffwechsel bestritten. So konnte weder ein Fettabbau in den Lungen, noch ein Unterschied im Fettgehalt des venösen und des arteriellen Blutes nach Fettmahlzeiten festgestellt werden.

Über die Menge des Lungenfettes ist auch schon viel gearbeitet worden. So fand man (15) durchschnittlich 11,26 % Lipoide in der Trockenmasse der Lunge. Dann berechnete man (14) den Neutral-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

fettgehalt der menschlichen Lunge auf 1,26 %. Wieder andere stellten Werte von 2,5—3,4 %, außerdem starke Unterschiede im Fettgehalt zwischen rechter und linker Lunge fest.

Holmgren berichtet über eigene eingehende Versuche, er ließ aber die Frage offen, ob die Lunge als Fettspeicher zu betrachten sei. Er befaßte sich sehr genau mit der Histologie der Rattenlunge, und meine Beobachtungen bestätigen im großen ganzen die seinen. Er berichtet von Zellansammlungen mit lymphoidem Einschlag, die meist an der Basis eines Bronchus, oft aber auch subpleural liegen. Weiter enthielte die Rattenlunge sehr viel Leukozyten. Dann befaßt er sich eingehend mit der Lage des Lungenfettes. Er berichtet, daß man es als Bindegewebsfett längs der Gefäße und Bronchien, und zwar am reichlichsten im Hilusgebiet findet. Weiter enthielte der Knorpel der Bronchien Fett in Form großer Tropfen. Ferner finde man in den eigentlichen Parenchymzellen der Lunge Fett, dann in der Nachbarschaft der Gefäße und Bronchien und teils in den erwähnten Zellanhäufungen von lymphoidem Einschlag; oft auch unmittelbar an den Alveolarwänden, besonders an deren Knotenpunkten. Dann fand er Fett in den Lymphgefäßen längs der Bronchien und Blutgefäße und subpleural, woraus er schließt, daß das Lungenfett nicht auf dem Blutwege, sondern auf dem Lymphwege befördert wird.

Versuchsteil.

Meine Versuche machte ich im großen ganzen nach dem Schema der Bestschen Arbeiten. Ich bereitete ein Körnergemisch aus:

32,5 g Haferflocken,
32,5 g gestoßenen Mais,
32,5 g Weizenkörnern,
2,5 g feinem Knochenmehl.

Um bei den Tieren Avitaminosen zu vermeiden, gab ich ihnen hierzu noch 1 g Levurinose.

Die Ratten bekamen eine Kost, die zu 60 % aus diesem Körnergemisch und zu 40 % aus Schweinefett bestand. Die Menge des Futters richtete sich stets nach dem jeweiligen Gewicht der Ratten, das aller 5 Tage bestimmt wurde. Aus dem Gewicht berechnete ich die Oberfläche der Tiere nach der Meehschen Formel

$$\text{Oberfläche} = f \cdot \sqrt[3]{\text{Körpergewicht}^2}; \quad f = 9{,}1.$$

Auf 1 qm Oberfläche bekamen die Tiere 2000 Kalorien. Ich errechnete für 1 g des oben beschriebenen Körnergemisches 3,6 und

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

für 1 g Schweinefett 9,25 Kalorien. Darnach betrug im Futter der Anteil der Fettkalorien 65 %. Nur bei dem 1. Cholinversuch hatte ich die Tiere unabhängig von ihrem Gewicht alle gleich ernährt, und zwar die Vergleichstiere Nr. 13 und 14 mit je 20 g Körnergemisch, die übrigen Tiere mit je 9 g Körnergemisch und 6 g Schweinefett am Tage. Die Cholinmenge richtete sich — wie bei den übrigen Versuchsreihen — auch hier nach dem aller 5 Tage bestimmten Rattengewicht. Die Ratten fraßen anfänglich ungern, gewöhnten sich aber dann sehr schnell an dieses Futter.

Die Tiere bekamen ihr Fressen täglich um 10 Uhr, ebenso am letzten Versuchstage, an dem sie 6 Stunden später, also um 16 Uhr, durch Genickschuß getötet wurden. Unmittelbar darauf wurden die betreffenden Organe herausgenommen und in 10 %ige Formollösung eingelegt. Die histologischen Schnitte machte ich $7^1/_2$ μ stark und färbte sie mit Hämatoxylin und Sudan III. Für die Lungenschnitte verwendete ich stets den linken Unterlappen.

Bei der tabellarischen Darstellung meiner Versuchsergebnisse habe ich auf eine genaue Beschreibung der Zusammensetzung des Futters verzichtet, sondern nur die Kalorienzahl der verfütterten

1. Normalversuch (siehe Taf. 1, Abb. 1).
(Versuchsdauer bei den Ratten Nr. 1—3 20 Tage, bei Nr. 4—6 30 Tage.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Körner in Kalorien	Fettgehalt der Lunge
1	310	300	1663,5	Spuren
2	407	381	1954,5	
3	307	293	1623,5	
4	402	327	2747,0	„
5	412	252	2471,0	vereinzelt
6	469	427	3162,0	

2. Normalversuch.
(Versuchsdauer bei den Ratten Nr. 7—9 20 Tage, bei Nr. 10 und 11 30 Tage.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Körner	Fett	Fettgehalt der Lunge
7	300	261	552,0	1024,5	Spuren
8	445	404	725,5	1347,5	„
9	306	294	575,5	1067,0	viel
10	244	220	719,5	1335,5	vereinzelt
11	392	342	975,5	1812,0	Spuren
12	400	362	989,5	1837,0	

Die starke Fetteinlagerung bei Ratte Nr. 9 weist auf eine vorausgegangene Pneumonie.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Körner und des Fettes angegeben; ebenso bringe ich nicht die Gewichtsänderungen während des Versuches.

1. Cholinversuch (siehe Taf. 1, Abb. 2).

(Versuchsdauer 40 Tage; täglich verfütterte Cholinmenge, bezogen auf 1 kg Rattengewicht, 210 mg.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Körner	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Fett	Gesamtmenge des verabreichten Cholins in mg	Fettgehalt der Lunge
13	276	261	2880,0			Spuren
14	311	298	2880,0			
15	340	327	1296,0	2220,0		
16	240	216	1296,0	2220,0		„
17	332	282	1296,0	2220,0	2230,4	viel
18	225	216	1296,0	2220,0	1513,6	Spuren
19	305	281	1296,0	2220,0	2560,0	reichlich
20	192	180	1296,0	2220,0	1612,0	sehr viel

Die Ratten Nr. 17 und 18 bekamen erst ab 8. Versuchstag Cholin.

2. Cholinversuch (siehe Taf. 2, Abb. 3).

(Versuchsdauer 30 Tage; täglich verfütterte Cholinmenge, bezogen auf 1 kg Rattengewicht, an den Tieren Nr. 21 und 22 210 mg, an Nr. 23—25 370 mg.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Körner	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Fett	Gesamtmenge des verabreichten Cholins in mg	Fettgehalt der Lunge
21	350	327	914,5	1711,5	2090,5	reichlich
22	360	341	931,0	1734,5	2144,5	viel
23	410	382	1010,0	1878,0	4257,0	„
24	408	350	983,0	1827,0	4099,5	vereinzelt
25	305	270	821,0	1522,0	3095,5	sehr viel

3. Cholinversuch (siehe Taf. 2, Abb. 4 und Taf. 3, Abb. 5).

(Versuchsdaner bei den Ratten Nr. 26—31 10 Tage, bei Nr. 32—37 20 Tage. Täglich verfütterte Cholinmenge, bezogen auf 1 kg Rattengewicht, an die Tiere Nr. 26—28 und 32—34 je 210 mg, an die Tiere Nr. 29—31 und 35—37 je 370 mg.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Körner	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien Fett	Gesamtmenge des verabreichten Cholins in mg	Fettgehalt der Lunge
26	275	256	263,0	486,0	554,5	vereinzelt
27	290	270	275,5	513,5	596,5	„
28	266	242	263,0	490,5	558,0	reichlich
29	265	246	259,5	481,0	962,5	„
30	389	362	329,5	615,5	1385,5	vereinzelt
31	300	270	281,0	518,0	1080,5	„
32	248	220	472,0	869,5	943,5	Spuren
33	287	253	522,0	971,5	1104,0	viel
34	240	335	612,0	1138,0	1407,0	reichlich
35	263	202	477,0	888,0	1696,0	viel
36	280	262	724,0	967,0	1936,5	sehr viel
37	330	317	592,5	1105,5	2353,5	reichlich

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Cholin-Chlorid gab ich den Ratten in wässeriger Lösung, die von dem Körnergemisch gut aufgesaugt wurde. Dieses wurde dann mit dem Schweinefett gut vermischt. Ich verfütterte das Cholin in verschiedenen Mengen: entweder 210 mg oder 370 mg bezogen auf 1000 g Rattengewicht.

Betain verabreichte ich den Ratten ebenso wie Cholin. Ich gab es in Mengen, die dem gegebenen Cholin entsprachen: für 210 mg Cholin berechnete ich 176 mg Betain. Bei einer anderen Versuchsreihe gab ich 352 und 704 mg Betain auf 1000 g Rattengewicht, also das Doppelte bzw. Vierfache der Anfangsmenge.

1. Betainversuch.

(Versuchsdauer 20 Tage. Täglich verfütterte Betainmenge, bezogen auf 1 kg Rattengewicht, 176 mg.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien		Gesamtmenge des verabreichten Betains in mg	Fettgehalt der Lunge
			Körner	Fett		
38	308	219	1316,5			Spuren
39	187	194	1018,5			
40	324	262	489,0	906,0		
41	168	157	316,5	588,5		„
42	116	100	245,5	457,0	182,5	reichlich
43	134	131	278,0	515,5	216,5	„
44	132	123	277,0	513,5	447,5	viel
45	160	143	302,5	561,5	514,5	reichlich

2. Betainversuch (siehe Taf. 3, Abb. 6).

(Versuchsdauer 15 Tage. Täglich verfütterte Betainmenge, bezogen auf 1 kg Rattengewicht, an die Tiere Nr. 46—48 352 mg, an die Tiere Nr. 49—51 704 mg.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien		Gesamtmenge des verabreichten Betains in mg	Fettgehalt der Lunge
			Körner	Fett		
46	367	320	472,0	879,0	1823,5	vereinzelt
47	257	231	374,5	694,0	1293,5	viel
48	393	361	499,0	930,0	1994,0	reichlich
49	340	319	454,0	842,0	3460,5	„
50	355	309	464,5	860,5	3573,5	sehr viel
51	315	261	421,5	777,0	3087,5	viel

Bei dem folgenden Versuch verwendete ich Lezithin aus Hammelleber. Ich berechnete für das Lezithin einen Cholingehalt von 17,5 % und einen Fettgehalt von 76,8 %. Hieraus konnte leicht die Cholinmenge bestimmt werden, die am Tage an die Ratten verfüttert werden sollte. Für die im Lezithin enthaltene Fettmenge wurde dann entsprechend weniger Schweinefett dem Futter beigemischt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Lezithinversuch.

(Versuchsdauer 40 Tage. Täglich verfütterte Cholinmenge, bezogen auf 1 kg Rattengewicht, an die Tiere Nr. 52—54 210 mg, an die Tiere Nr. 55 und 56 je 370 mg.)

Ratte Nr.	Anfangsgewicht in g	Endgewicht in g	Gesamtmenge der verabreichten Kalorien		Gesamtmenge des verabreichten Lezithins in g	Gesamtmenge des verabreichten Cholins in mg	Fettgehalt der Lunge
			Körner	Fett			
52	398	362	1289,0	2395,5	17,291	3026,0	vereinzelt
53	250	255	974,0	1807,5	11,388	1993,0	reichlich
54	369	350	1228,5	2287,0	16,115	2820,0	
55	217	235	917,5	1702,5	18,260	3195,5	„
56	262	225	912,5	1699,0	18,148	3176,0	viel

Besprechung der Ergebnisse.

Durch meine Versuche konnte ich bestätigen, daß sich im histologischen Bilde der Leber bei fettreicher Ernährung mit einem Zusatz von Cholin, Betain oder Lezithin wesentlich weniger Fett erkennen ließ als bei der Leber von Ratten, die nur eine fettreiche Kost erhielten. Auch konnte ich die beschriebene giftige Wirkung des Cholins (9) auf die Leber beobachten: ich fand vielfach eine deutliche Karyolyse (Taf. 3, Abb. 5). Weiter fiel mir bei Eröffnung der Ratten der fast völlige Fettschwund in der Leibeshöhle und der geringere Fettgehalt in der Nierengegend bei den mit Cholin und Betain gefütterten Tieren auf, während ich bei dem Lezithinversuch diese Beobachtung nicht machen konnte. Dann konnte ich oft durch die Cholin- oder Betainwirkung im histologischen Bild eine starke Aufhellung der Leberzellen beobachten; es ist anzunehmen, daß sich in diesen Leberzellen größere Mengen von Glykogen gespeichert haben.

Während sich bei den Ratten, die nur mit dem Körnergemisch oder mit dem Körnergemisch + Fett ernährt wurden, entweder gar kein Fett oder nur in Spuren in der Lunge zeigte, beobachtete ich fast bei sämtlichen Tieren, die zum Futter Cholin oder Betain bekamen, eine mehr oder minder starke Fetteinwanderung in die Lungen. Die Menge oder Größe dieser Fetteinlagerungen scheint weniger von der Menge des Cholin oder Betain, als vielmehr von der Versuchsdauer abzuhängen. Denn während ich bei den Tieren, die nach 10 tägiger Cholinfütterung getötet wurden, eine eben beginnende Fetteinwanderung in die Lungengewebe feststellen konnte, sah man bei den Tieren mit einer Versuchsdauer von 20, 30 und 40 Tagen eine sehr starke Fettdurchsetzung der Lunge. Nur bei

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

den Versuchsratten, die Lezithin verfüttert bekamen, waren die Ergebnisse nicht so eindeutig. Im histologischen Bilde zeigte sich bei der Leber eine lange nicht so starke Fettauswanderung wie bei den Ratten, die Cholin oder Betain verfüttert bekommen hatten. Entsprechend gering war die Fetteinwanderung in die Lungen, obgleich auch hier ein Unterschied zu normal ernährten Ratten vorhanden ist.

Das abgelagerte Fett sitzt hauptsächlich im interstitiellen Gewebe, weniger in den Alveolen. Man findet es als vereinzelte Tropfen oder in dichten Haufen, dann klein- oder großtropfig. Das Fett kann in sämtliche Lungenabschnitte einwandern.

Cholin wurde an 21 Ratten, Betain an 10 Ratten und Lezithin an 5 Ratten verfüttert.

Die von Holmgren (14) beschriebenen Zellansammlungen mit lymphoidem Einschlag konnte ich auch in sämtlichen Lungen beobachten. Außerdem war fast bei allen Ratten, unabhängig von ihrem Futter, im Knorpel der großen Bronchien großtropfiges Fett nachweisbar.

Zusammenfassung.

Bei Zusatz von Cholin und Betain zu einer fettreichen Kost kommt es bei Ratten zu starken Fetteinlagerungen in die Lunge; in geringerem Maße auch bei Zusatz von Lezithin.

Schrifttum.

1. T. Honda: Biochem. Z. **185**, 173 (1927).
2. L. Laszt und F. Verzàr: Biochem Z. **285**, 356 (1936).
3. A. P. Platt: Biochem. J. **33**, 505 (1939).
4. C. H. Best, J. M. Hershey und M. E. Huntsman: J. of Physiol. **75**, 56 (1932).
5. C. H. Best und M. E. Huntsman: J. of Physiol. **75**, 405 (1932).
6. H. J. Channon, A. P. Platt, J. V. Soach und J. A. B. Smith: Biochem. J. **31**, 2181 (1937).
7. H. J. Channon, A. P Platt und J. A. B. Smith: Biochem. J. **31**, 1736 (1937).
8. C. H. Best und J. H. Ridout: J. of Physiol. **78**, 415 (1933).
9. E. Tantini: Arch. ital. Med. sper. **1**, 81 (1937).
10. B. Tanzi: Boll. Soc. ital. sperim. **13**, 466 (1938), zit. nach Chem. Z., 3832 (1938).
11. H. Roger und L. Binet: C. r. Soc. Biol. **88**, 1079 (1923). zit. nach Ber. über Physiol. u. Pharm. **20**, 305 (1923).
12. H. Roger, L. Binet und J. Verne: C. r. Soc. Biol. **88**, 1140 (1923.) zit. nach Ber. über Physiol. u. Pharm. **20**, 445 (1923).
13. S. Leites: Biochem. Z. **190**, 286 (1927).
14. H. Holmgren: Acta med. scand. (Stockh.) **74**, 84 (1936).
15. B. Lustig: Biochem. Z. **284**. 367 (1936).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tafel 1.

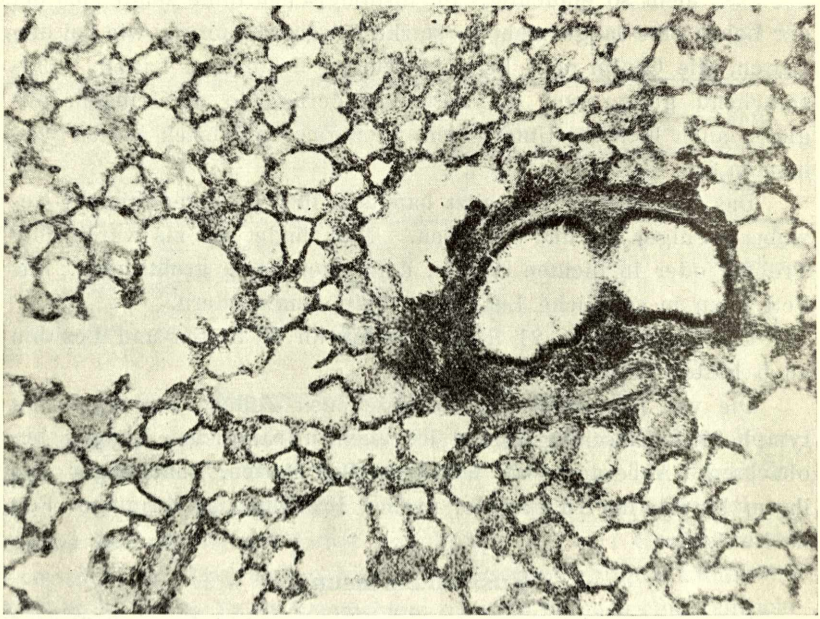

Abb. 1. Normalversuch (Seite 35).

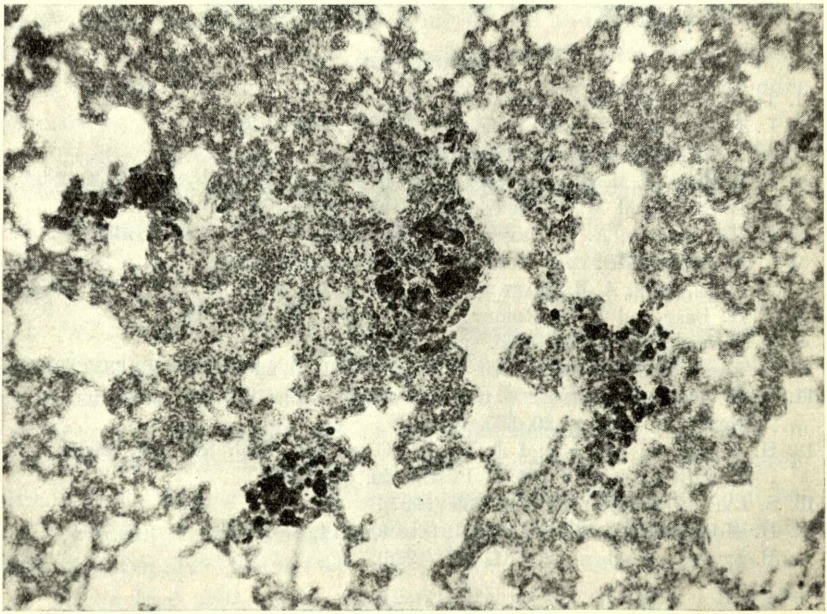

Abb. 2. 1. Cholinversuch (Seite 36).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tafel 2.

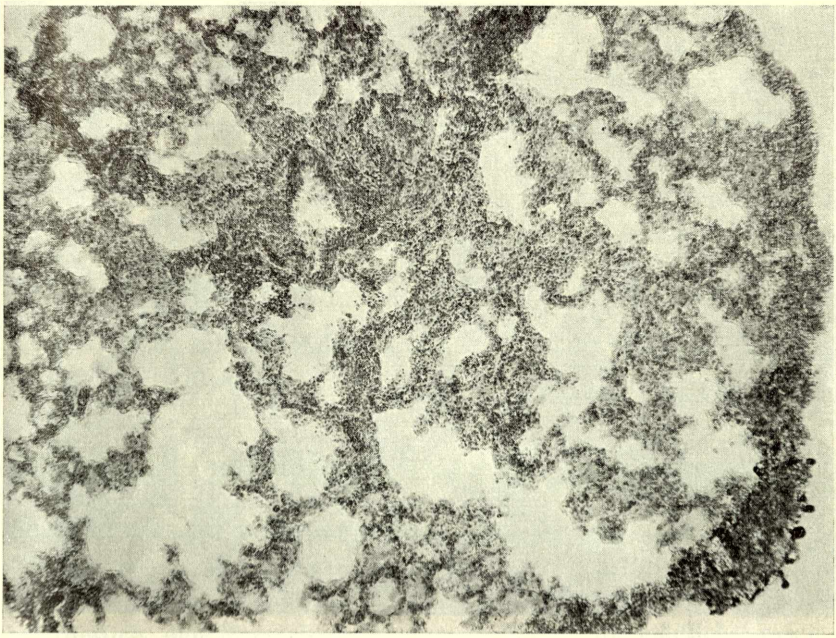

Abb. 3. 2. Cholinversuch (Seite 36).

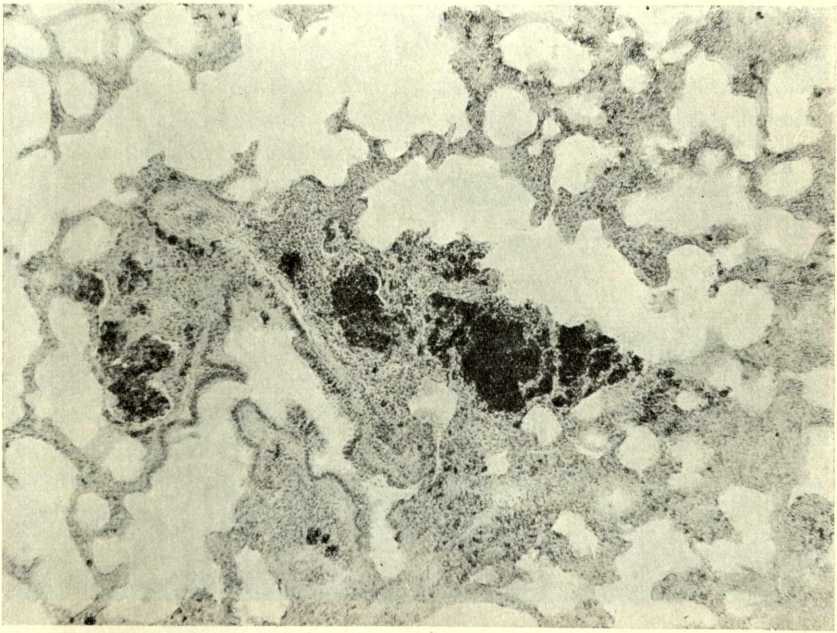

Abb. 4. 3. Cholinversuch (Seite 36).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tafel 3.

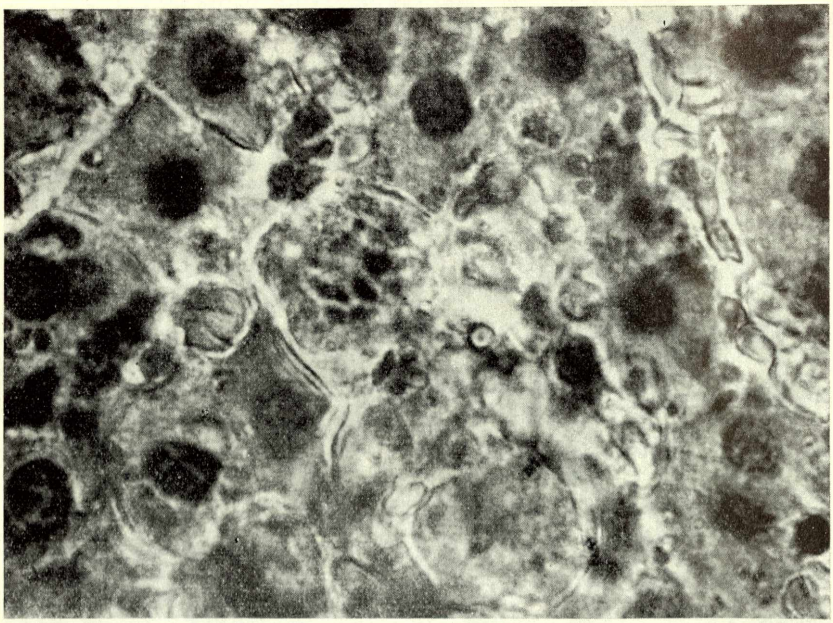

Abb. 5. 3. Cholinversuch: Karyolyse (Seite 36).

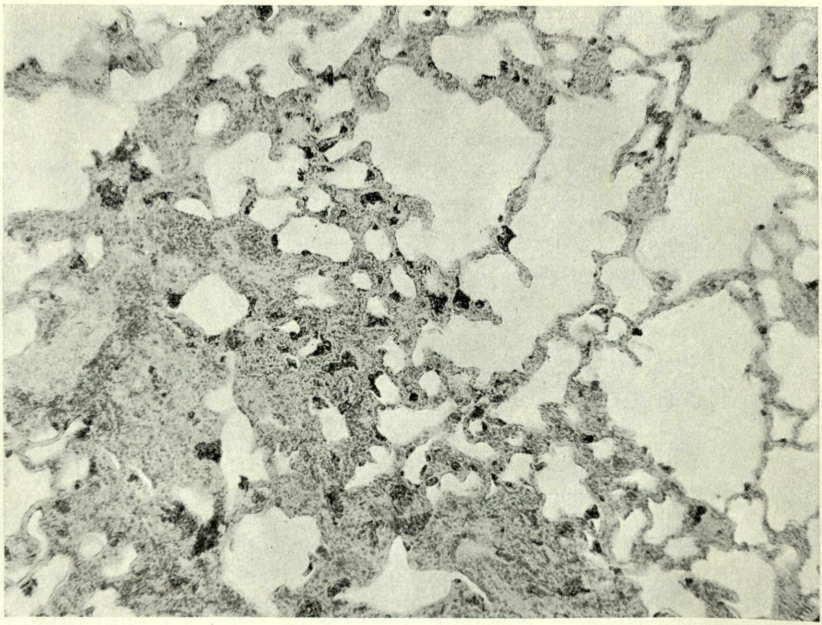

Abb. 6. Betainversuch (Seite 37).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 1942

Band/Volume: 37

Autor(en)/Author(s): Hirsch Roland

Artikel/Article: Die Wirkung von Cholin und Betain auf den Fettstoffwechsel von Leber und Lunge 31-42