

Beiträge zur Physiologie der Leber.

I. Mitteilung.

Das Verhalten der Leber im Hungerzustande.

Von

P. Junkersdorf.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Bonn.)

(Eingegangen am 18. Oktober 1920.)

Die physiologische Bedeutung der Leber als der größten Anhangsdrüse des tierischen Organismus liegt einmal in der Aufgabe, die sie im allgemeinen Stoffwechselgeschehen und bei der Verdauung zu erfüllen hat, dann aber auch ganz besonders in der dominierenden Stellung, die sie im intermediären Stoffwechsel einnimmt.

Daraus ergibt sich, daß sie von jeher im Mittelpunkt der physiologischen und pathologischen Forschung gestanden hat, und daß die Schwierigkeiten, denen man bei der Untersuchung ihrer vielseitigen Funktionen begegnet, überaus groß sind. Mit Recht sagt Bunge¹⁾, daß „die Lebertätigkeit der schwierigste und verwickeltste Gegenstand der ganzen physiologischen Chemie ist“, und man muß Fischler²⁾ beipflichten, wenn er es als ein äußerst schwieriges Unternehmen hinstellt, „unsere Kenntnisse über die Leberphysiologie und Leberpathologie auch nur in den einfachsten Grundformen darzustellen“.

Im folgenden soll in verschiedenen Mitteilungen an der Hand eines größeren Tiermaterials das Verhalten der Leber im Hungerzustand und bei verschiedener Ernährung behandelt werden.

Im Verlauf von Stoffwechselarbeiten über die Bildung der Kohlenhydrate im tierischen Organismus³⁾ hatten sich auffällige Unterschiede in dem Gewicht der Leber im Vergleich zum Gesamtkörpergewicht, im Verhältnis der Trockensubstanz zum Normalgewicht und im Glykogen- und Fettgehalt der Leber bei verschiedenen Versuchsbedingungen ergeben. Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen lassen sich diese Unterschiede neben anderem sehr gut für die Beurteilung der Leber-

¹⁾ Bunge, Physiologie des Menschen. 2. Aufl. S. 437. 1901.

²⁾ F. Fischler, Physiologie und Pathologie der Leber nach ihrem heutigen Stande. Berlin 1916 (Springer).

³⁾ E. Pflüger und P. Junkersdorf, Über die Muttersubstanzen des Glykogens. Arch. f. d. ges. Physiol. **131**, 201. 1910. P. Junkersdorf, Über die Bildung der Kohlenhydrate aus Fett im tierischen Organismus. Arch. f. d. ges. Physiol. **137**, 269. 1910.

funktion und damit der Stoffwechselvorgänge im Organismus überhaupt, sowohl unter normalen physiologischen Verhältnissen als auch unter besonderen pathologischen Zuständen verwerten.

Der Anführung des Tatsachenmaterials soll ein kurzer Überblick über Lebergröße bzw. -gewicht und über die chemische Zusammensetzung, soweit sie für unsere Zwecke in Frage kommt, der Übersichtlichkeit und des Vergleichs wegen vorangestellt werden.

Das Volumen der Leber steigt und fällt im allgemeinen mit dem Blutdruck¹⁾ und ist dieserhalb abhängig von den verschiedensten Einflüssen, insbesondere chemischen Agenzien.

Das Verhältnis der Leber zum Gesamtkörpergewicht ist bei den Herbivoren am geringsten, bei den Omnivoren am größten und ganz allgemeingültig bei größeren Tieren entsprechend kleiner.

Nach Vierordt²⁾ beträgt das mittlere Lebergewicht beim Menschen für den Mann 1579 g, für die Frau 1526 g. Rössle³⁾ gibt auf Grund von 102 Obduktionen an „Mustere exemplaren“ von Soldaten während des Krieges, die durch Unfall, kleine Wunden, Selbstmord u. dgl. zugrunde gingen, 1772 g an; da das mittlere Körpergewicht 61,9 kg betrug, würde hiernach das mittlere Lebergewicht in Beziehung zum Gesamtkörpergewicht 2,8% ausmachen. Nach Frerichs⁴⁾ schwankt das relative Lebergewicht zwischen 2,5 und 4,2%. Bischoff⁵⁾ fand bei einem kräftigen Mann von 33 Jahren 2,3% des Körpergewichts. Nach Vierordt²⁾ ergibt sich bei Neugeborenen als Mittelwert 4,75%, bei Erwachsenen 2,75% und nach Cramer⁶⁾ bei Neugeborenen als Mittel aus drei Lebern 3,57% des Körpergewichts. — Bei Hunden findet Profitlich⁷⁾ bei Eiweiß-Fettfütterung einen Mittelwert von 3,5% (aus seinen vier Versuchen errechnet), Pavy⁸⁾ bei Fleischfütterung (nicht Mast!) aus 11 Versuchen durchschnittlich 3,3%, dagegen bei Kohlenhydratnahrung 6,4%. Die gleichen Werte gibt auch Schöndorff⁹⁾ an.

Bei Hunden macht sich nach Gerhartz¹⁰⁾ ebenfalls der Einfluß des Alters auf das Lebergewicht bemerkbar: das Lebergewicht beträgt am Ende der ersten Lebenswoche 3,9%, der zweiten 4,3%, der vierunddreißigsten 3,64%, des erwachsenen Hundes 2,65% des Körpergewichts. — Bei Kaninchen gibt Weinland¹¹⁾

¹⁾ E. Neubauer, Über die Wirkung antiglucosurischer Mittel und über Leberglucosurie. *Biochem. Zeitschr.* **43**, 355. 1912.

²⁾ Vierordt, Anatomisch-physiologische Tabellen. Jena 1892. S. 20.

³⁾ Rössle, Abhandlung: Allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie in den Jahreskursen für ärztliche Fortbildung, 1919, Januarheft.

⁴⁾ Frerichs, Klinik der Leberkrankheiten I, S. 18. 1858.

⁵⁾ Bischoff, in: Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung. Leipzig 1881.

⁶⁾ A. Cramer, Beiträge zur Kenntnis des Glykogens. *Zeitschr. f. Biol.* **24**, 67. 1888.

⁷⁾ Profitlich, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Leber. *Arch. f. d. ges. Physiol.* **119**, 465. 1907.

⁸⁾ Pavy, Physiologie der Kohlenhydrate. (Deutsch von K. Grube.) Leipzig u. Wien 1895 (Fr. Deuticke).

⁹⁾ B. Schöndorff, Über den Maximalwert des Gesamtglykogengehaltes von Hunden. *Arch. f. d. ges. Physiol.* **99**, 191. 1903.

¹⁰⁾ H. Gerhartz, Über experimentelle Wachstumsstudien. *Arch. f. d. ges. Physiol.* **135**, 160. 1910.

¹¹⁾ E. Weinland, Physiologie der Leber. Nagels Handbuch der Physiologie des Menschen II, S. 425. 1907.

2,5—4,2% und für die Katze Böhm und Hoffmann¹⁾ 1,8—6,2% in Beziehung zum Gesamtkörpergewicht an.

Über den Wassergehalt der Leber finden sich nur wenige Angaben in der Literatur. Für den Menschen werden von Dennstedt und Rumpff²⁾ 74,6—79,8% angegeben. Bischoff³⁾ fand in dem schon oben angeführten Falle 69%, Bibra⁴⁾ bei einem Neugeborenen 80%, was dem erhöhten Wassergehalt des Gesamtorganismus entspricht. Aus Profitlichs⁵⁾ Versuchen errechnet, enthält die Ochsenleber 71,66%, die Hundeleber bei animalischer Nahrung im Mittel aus drei Versuchen 71,37%. Voit⁶⁾ gibt für die Hundeleber 72,45% an.

Der Gesamtsäuregehalt wurde beim Menschen zu 1,1—1,4% der frischen Leber bestimmt⁷⁾.

Der Gesamtstickstoffgehalt der glykogen- und aschefreien Hundeleber ist von Profitlich⁸⁾ im Mittel zu 15,49% angegeben worden und das Verhältnis N : C, der sog. Fleischquotient, beträgt nach demselben Autor bei der Hundeleber 1 : 3,21, bei der Ochsenleber 1 : 3,12.

Nähere Angaben über die Art und Menge der in der Leber vorkommenden Eiweißstoffe und deren Abbauprodukte interessieren in diesem Zusammenhang nicht.

Was den Glykogengehalt der Leber betrifft, so lassen sich allgemeingültige Mittelwerte überhaupt nicht angeben; man findet in der Leber als dem Hauptbildungsort und Depot immer Glykogen. Die Menge desselben schwankt aber bei den verschiedenen Tierarten wie auch bei Individuen derselben Art in sehr weiten Grenzen. Sie ist von den verschiedensten Bedingungen abhängig und kann — um nur ein Beispiel anzugeben — beim Frosch bis zu 50% der Trockensubstanz betragen⁹⁾.

Was die Verteilung des Glykogens in der Leber angeht, so gehen die Ansichten hierüber auseinander. Külz⁹⁾ (Hund) und Cramer¹⁰⁾ (Meerschweinchen, Kaninchen, Frosch, Hahn), sowie Seegen und Kratschmer¹¹⁾ (Kalb) nehmen an, daß die Verteilung wenigstens annähernd gleich ist; wenn auch die beobachteten Unterschiede, besonders bei kleinen Tieren, gering sind, so betragen sie doch in einem Versuch von Külz bis zu 11,9%.

1) Böhm und Hoffmann, Beiträge zur Kenntnis des Kohlenhydratstoffwechsels. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 8, 271. 1878.

2) Dennstedt und Rumpff, Weitere Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Blutes und verschiedener menschlicher Organe. Zeitschr. f. klin. Med. 1907.

3) Bischoff, l. c.

4) Bibra, Chemische Fragmente über die Leber. Braunschweig 1849.

5) Profitlich, l. c.

6) C. v. Voit, Gewichte der Organe eines wohlgenährten und eines hungernden Hundes. Zeitschr. f. Biol. 30, 510. 1894.

7) Vierordt, l. c.

8) M. Bleibtreu, Über Reservestoffe im tierischen Organismus, insbesondere über die in der Leber angehäuften Reservestoffe der Greifswalder Herbstfrösche im Jahre 1907. Sonderabdruck der Mitteilungen aus dem naturwissenschaftlichen Verein für Neupommern und Rügen. Greifswald 1908.

9) R. Külz, Zur quantitativen Bestimmung des Glykogens. Zeitschr. f. Biol. 22, 161. 1886.

10) Cramer, l. c.

11) J. Seegen und F. Kratschmer, Über Zuckerbildung in der Leber. Arch. f. d. ges. Physiol. 22, 223. 1880.

Lesser¹⁾ findet bei Fröschen nahezu gleiche Verteilung auf den rechten und linken Leberlappen.

Auch Grube²⁾ kommt auf Grund von fünf eigens zu diesem Zwecke an Hunden angestellten Versuchen zu dem Resultat, „daß das Glykogen in dem eigentlichen Lebergewebe gleichmäßig verteilt ist“ und „daß etwaige Differenzen von dem größeren oder geringeren Gehalt des untersuchten Abschnittes an Bindegewebe abhängen“. Der größte Unterschied zwischen den aus den einzelnen Teilen der Leber gewonnenen Glykogenmengen betrug in einem Versuche 5,4%, meist aber nicht mehr als 1%. Schöndorff³⁾ kommt bei auf Glykogen gemästeten Hunden zu einem gleichen Resultat.

Im Gegensatz hierzu wird von Palesco⁴⁾ angegeben, daß das Glykogen in der Hundeleber ohne Regel verschieden auf die verschiedenen Lappen verteilt sei. Nach Macleod und Pearce⁵⁾ weist der Glykogengehalt der einzelnen Lappen der Hundeleber Differenzen bis zu 5% auf, wobei Analysenfehler und wechselnder Blut- und Bindegewebsgehalt zu berücksichtigen seien. Für die Schildkrötenleber geben Schöndorff und Grebe⁶⁾ beträchtliche Unterschiede in der Glykogenverteilung an. Bei sieben Tieren fanden sie in keinem Falle die Glykogenmenge im rechten und linken Leberlappen gleich verteilt, dagegen Unterschiede, die zwischen 8 und 32% schwankten. Versuche von Meixner⁷⁾, der Stücke aus beiden Leberlappen beim Menschen untersuchte, sprechen dafür, daß bei raschem Glykogenverbrauch dies nicht in allen Teilen der Leber gleich erfolgt.

Hieraus geht hervor, was hier schon betont werden soll, daß bei der experimentellen Forschung, die die Glykogenbildung in der Leber sich zur Aufgabe macht, insbesondere bei Durchströmungsversuchen am überlebenden Organ mit Differenzen im Glykogengehalt der verschiedenen Leberlappen gerechnet werden muß.

Ebenso wie Glykogen kann auch Fett innerhalb sehr weiter Grenzen in der Leberzelle auftreten, so daß auch hier ein verallgemeinerndes zahlenmäßiges Festlegen nicht angängig ist. Einige diesbezügliche Literaturangaben seien hier angeführt. Für die menschliche Leber findet sich bei Dennstedt und Rumpf⁸⁾ als Höchstwert 4,3%, bei Noël Paton⁹⁾ etwa 3% des Gesamtlebergewichts

¹⁾ E. Lesser, Die Mobilisierung des Glykogens. Münch. med. Wochenschr. 1913, S. 341.

²⁾ C. Grube, Verteilung des Glykogens in der Leber. Arch. f. d. ges. Physiol. 107, 483. 1905.

³⁾ B. Schöndorff, Über den Maximalwert usw. l. c.

⁴⁾ N. C. Palesco, Compt. rend. de la soc. de biol. 74, 627/630; zit. nach Malys Jahresber. f. Tierchemie 43, 412. 1913.

⁵⁾ J. J. R. Macleod and R. G. Pearce, Studies in experimental glycosuria (VI). The distribution of glycogen over the liver under various conditions; post mortem glycogenanalysis. Amer. journ. of physiol. 27, 4, S. 341.

⁶⁾ B. Schöndorff und F. Grebe, Zur Frage der Glykogenbildung aus Formaldehyd. Arch. f. d. ges. Physiol. 138, 525.

⁷⁾ Carl Meixner, Das Glykogen der Leber bei verschiedenen Todesarten. Separatabdruck aus „Beiträge zur gerichtlichen Medizin“ Bd. I. Leipzig u. Wien 1911.

⁸⁾ Dennstedt und Rumpf, l. c.

⁹⁾ Noël Paton, Über die Beziehung der Leber zu den Fetten. Journ. of physiol. 19, 167. 1896.

angegeben. Nach Hari¹⁾ beträgt der Fettgehalt 4%. Nagamisch Shibata und Shigekiga Endo²⁾ geben als Durchschnittswert von Menschenlebern bei histologischer Unterscheidung von drei Graden an:

Grad I gering — Fettgehalt	. 2,726%	} der frischen Leber
Grad II mäßig — Fettgehalt	. 3,673%	
Grad III reichlich — Fettgehalt	. 8,376%	

Möckel³⁾ findet beim Hund bei einem Fettgehalt des Gesamttiers von 25,97% für die Leber 13,37% des feuchten Organs und Profitlich⁴⁾ bei Hunden, die mit animalischer Kost gefüttert, als Mittelwert aus drei Lebern (berechnet nach seinen Angaben) 13,03% der Trockensubstanz. Aus Versuchen von Seitz⁵⁾ an Enten nach Fleischfütterung berechnet sich der Fettgehalt der Leber bei einem Tier auf 21,22% der Trockensubstanz.

Die übrigen in geringer Menge in der Leber noch vorkommenden Substanzen sind in diesem Zusammenhang nicht von Belang und werden deshalb hier nicht weiter berücksichtigt.

Wie aus dieser Übersicht zu ersehen, schwanken die Angaben über die chemische Zusammensetzung der Leber nicht nur bei den verschiedenen Tierarten, sondern auch bei Versuchstieren derselben Art in ziemlich beträchtlichen Grenzen. Dies gilt nicht nur für Glykogen und Fett, die als nicht wesentliche Bestandteile der lebendigen Zellsubstanz — als Reservestoffe — in der Leber vorkommen und die als solche schnell und bedeutend ab- und zunehmen können, sondern auch für den Wassergehalt resp. die Trockensubstanz. Dadurch bedingt wird natürlich auch das absolute und relative Gewicht der Leber großen Schwankungen unterworfen sein.

Es ist ohne weiteres klar, daß der Ernährungszustand und, wie wir sehen werden, nicht nur die Menge, sondern vor allen Dingen auch die Art der vorausgegangenen Nahrung von wesentlichem Einfluß auf diese Verhältnisse sein werden, und es erscheint uns deshalb angebracht, diese für die allgemeine Stoffwechselphysiologie so wichtige Frage eingehender zu klären und die Bedingungen zu ergründen, die das verschiedene Verhalten der Leber unter bestimmten physiologischen und pathologischen Zuständen uns verständlich machen.

Die Versuchstiere waren Hunde verschiedener Rasse, verschiedenen Alters und Geschlechts. Was die Methode der Untersuchung angeht, so sei erwähnt, daß, um postmortale Veränderungen der Organbestand-

¹⁾ Paul Hari, Lehrbuch der physiologischen Chemie. Berlin 1918 (Springer).

²⁾ Nagamisch Shibata und Shigekiga Endo, Vergleichende histologische und chemische Untersuchungen über den Fettgehalt innerer Organe. Biochem. Zeitschr. **37**, 399. 1907.

³⁾ K. Möckel, Der Gesamtfettgehalt und die Fettverteilung im Körper eines fetten Hundes. Arch. f. d. ges. Physiol. **108**, 189. 1905.

⁴⁾ Profitlich, l. c.

⁵⁾ W. Seitz, Die Leber als Vorratskammer für Eiweiß. Arch. f. d. ges. Physiol. **111**, 309. 1906.

teile usw. auszuschalten. Wert auf größtmögliche Schnelligkeit bei den erforderlichen Manipulationen (Präparation, Wägungen u. a. m.) gelegt wurde. Die Bestimmung des Glykogengehaltes erfolgte unter Beobachtung aller analytischen Kautelen, nach der von Pflüger ausgearbeiteten Glykogenanalyse. Die Trockensubstanz der Leber wurde bei 110° im Thermostat bestimmt; die geringfügige Fehlerquelle, die in einer evtl. unbedeutenden Acroleinbildung besteht, ist für den gewollten Zweck belanglos. Der Fettgehalt wurde durch Extraktion der Trockensubstanz mit Äther im Soxhletschen Apparat bestimmt. Die Fehlerquelle, die hierbei einmal in der Mitberechnung der ätherlöslichen Extraktivstoffe und andererseits in der nicht restlosen Erfassung der Gesamtmenge liegt, ist für die Beurteilung des Ergebnisses in unserem Falle von nur geringer Bedeutung.

Die Leber im Hungerzustande.

Da, wie oben dargelegt, von einer verallgemeinernden konstanten Zusammensetzung der Leber der individuellen Unterschiede wegen nicht ausgegangen werden kann, erscheint es zweckmäßig, um eine Grundlage für die Beurteilung der Leberfunktion bei bestimmter Ernährung zu erhalten, zunächst das Hungertier, bzw. das Verhalten der Leber im Hunger näher zu untersuchen. Die Ergebnisse unserer diesbezüglichen Versuche sollen in Form einer Übersichtstabelle den theoretischen Erörterungen vorangestellt werden.

Tabelle der Hungerversuche.

Nr.	Gewicht bei Beginn des Versuches kg	Gewicht vor der Tötung kg	Gewichtsverlust während der eifägigen Hungerperiode %	Leberprozent des Körpergewichtes	Trockenzustand der Leber in Prozenten	Glykogengehalt		Fettgehalt der Leber auf Trockensub- stanz berechnet %	Bemerkungen
						der Leber %	der Muskeln %		
95	6,6	5,4	18,18	2,5	—	0,13	0,18	—	Das Genauere über die Ver- suchsproto- kolle usw. s. unsere Arbeit Arch. f. d. ges. Physiol. 131, 201.
96	5,1	3,9	23,52	2,5	—	0,08	0,08	—	
97	12,4	10,5	15,32	3,04	29,9	1,48	0,53	14,76	
98	11,3	9,2	18,58	3,2	28,8	0,49	0,38	15,41	
99	12,7	10,5	17,32	2,6	29,9	0,65	0,35	16,62	
100	7,0	5,7	18,57	2,6	—	0,09	0,21	—	
101	8,7	7,0	19,54	2,2	36,66	0,37	0,27	11,97	
102	6,5	5,7	12,30	2,2	—	0,14	0,11	—	
103	3,8	3,0	21,04	3,7	—	0,19	0,29	—	
104	7,1	5,7	19,70	2,6	—	0,75	0,33	—	
105	7,5	6,0	20,00	2,9	27,5	0,18	0,31	16,09	
106	5,4	4,0	25,9	3,4	—	1,12	0,12	—	
107	21,7	18,2	16,12	3,0	30,0	1,74	0,32	12,55	
108	12,9	10,5	19,37	2,3	39,9	1,17	0,46	15,63	
109	7,7	5,8	24,6	2,7	32,8	0,27	0,22	18,3	
Mittel:			19,33	2,7	30,93	0,59	0,21	16,36	

Die Versuchstiere hungerten 11 Tage. Die vorausgegangene Ernährung war unbekannt. Die Tiere boten keinerlei Krankheitssymptome, und nach der Tötung keinen pathologischen Organbefund. Der Ernährungszustand bei Beginn des Versuches war ein sehr verschiedener, das Gewicht bei Beginn und am Ende der Hungerperiode ist aus der Tabelle zu ersehen.

Der Gewichtsverlust der Tiere betrug in den 11 Tagen im Durchschnitt 19,33% des Anfangsgewichtes, er war bei den kleinsten Tieren am größten.

Bei Hund 103	betrug er bei 3,8 kg	Anfangsgewicht	21,04 %
„ „ 96	„ „ „ 5,1	„	23,52 %
„ „ 106	„ „ „ 5,4	„	25,9 %

Beim schwersten Tier mit einem Anfangsgewicht von 21,7 kg betrug er dagegen nur 16,12%. Doch läßt sich dies bei unseren 15 Versuchen nicht verallgemeinern; Hund 102, eines der kleineren Tiere mit 6,5 kg Anfangsgewicht, verlor am wenigsten, nämlich 12,3%.

Wir finden damit in unseren Versuchen bestätigt, daß im Hungerzustand im allgemeinen kleinere Tiere entsprechend ihrem größeren Energieverbrauch stärker an Gewicht abnehmen als größere.

Ganz allgemeingültig ist fernerhin, wie dies besonders durch längerdauernde Hungerversuche anderer Autoren festgestellt wurde, daß mit der Dauer der Karenz das Gewicht stetig aber verschieden schnell abnimmt, entsprechend dem Vorrat an Reservematerial, und weiterhin, daß der maximale prozentuale Gewichtsverlust auch hierbei individuell verschieden groß ist bei verschieden lang ausgedehnter Hungerperiode. Beim Hund wurden, um nur ein paar Beispiele anzuführen, Gewichtsabnahmen bis zu 63% bei 117 Tage langem Hungern beobachtet¹⁾, und beim Menschen (Hungerkünstler Succi) 22,7% nach 30tägigem Hungern²⁾. Auf die diesbezüglichen Verhältnisse bei anderen Tierarten soll hier nicht eingegangen werden.

Die Abnahme der einzelnen Organe im Hungern ist systematisch noch wenig untersucht. Die wichtigsten der hierüber existierenden Untersuchungen finden sich in einer Zusammenstellung bei Brugsch³⁾. Hiernach gehört die Leber zu den Organen, die am meisten abnehmen. Wir sahen bereits, daß das mittlere Lebergewicht beim Hund in bezug

¹⁾ Paul Howe, H. A. Matill and P. B. Hawk, Fasting Studies VI. Distribution of nitrogen during a fast of one hundred and seventeen days. Journ. of biol. chim. **11**, 103. 1912.

²⁾ Luciani, Das Hungern. Studien und Experimente an Menschen. Übersetzt von M. O. Fränkel. Hamburg u. Leipzig 1890.

³⁾ Brugsch, Th., Der Hungerstoffwechsel. Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. Herausgeg. von Carl Oppenheimer. Bd. IV, I. Teil, S. 285

auf das Gesamtkörpergewicht normalerweise beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist. Trotzdem halten wir uns, um einen Vergleichswert zur Beurteilung unserer Hungerversuche zu erhalten, mit Pflüger für berechtigt, den von Pavy, der die umfangreichsten Untersuchungen in dieser Hinsicht anstellte, am Hunde bei animalischer Kost (nicht Mast!) ermittelten Wert von 3,3%, den auch Schöndorff bestätigt fand, als mittleren „Normalwert“ in Anrechnung zu setzen. Hiernach würde das relative Lebergewicht in unseren Hungerversuchen beträchtlich abgenommen haben, es beträgt im Durchschnitt aus den 15 Versuchen nach den 11 Hungertagen nur noch 2,7% des Körpergewichts; es hat mithin um 18,18% abgenommen.

Des weiteren ergibt ein Blick auf die Übersichtstabelle, daß der Lebergewichtsverlust nicht dem allgemeinen Körpergewichtsverlust zu entsprechen braucht, resp. diesem parallel geht, sondern ebenfalls individuell stark variiert.

Bei länger dauerndem Hungern kann das Gewicht noch viel stärker sinken. So fand Pflüger¹⁾ beim Hunde nach 28tägiger Karenz nur noch 1,5% und Schöndorff²⁾ nach 28tägiger 1,94%. — Aus einem Hungerversuch von 22 Tagen von Voit³⁾ berechnet sich 2,65% für die Hundeleber. Külz⁴⁾ beobachtete bei Karenz und gleichzeitiger, starker Anstrengung 2,1%. Andererseits fand aber auch Pflüger¹⁾ beim Hund nach 78 Hungertagen noch 3,1% und wir nach 11 Tagen in 1 Fall noch 3,7% des Körpergewichtes, also Werte, die den als Normalwert angenommenen von Pavy von 3,3% beträchtlich übertreffen.

Diese Unterschiede in der Abnahme des Lebergewichtes wie auch des Gesamtkörpergewichtes sind sicher außer durch die Körpergröße und Oberfläche durch Einflüsse des Alters, des Geschlechts, der Rasse, der Lebensweise (Arbeit) u. a. m. bedingt. Vornehmlich ist aber dafür, wie schon erwähnt und wie wir in einer späteren Mitteilung — Versuche mit bestimmter Ernährung — noch begründen werden, insbesondere bezüglich des Verhaltens der Leber, die Menge und vor allem die Art der voraufgegangenen Nahrung verantwortlich zu machen. Dies geht auch aus Beobachtungen von Hoppe-Seyler⁵⁾ am Menschen hervor.

¹⁾ E. Pflüger, Über den Einfluß einseitiger Ernährung oder Nahrungsmangels auf den Glykogengehalt des tierischen Körpers. Arch. f. d. ges. Physiol. **119**, 117. 1907.

²⁾ B. Schöndorff, Über den Einfluß der Schilddrüse auf den Stoffwechsel. Arch. f. d. ges. Physiol. **67**, 438. 1897.

³⁾ Voit, l. c.

⁴⁾ E. Külz, Beiträge zur Kenntnis des Glykogens. Festschrift der medizin. Fakultät zu Marburg zu Karl-Ludwigs 50jähriger Doktorjubelfeier. S. 100. Tab. XVI. Marburg 1890 (Universitätsdruckerei).

⁵⁾ G. Hoppe-Seyler, Über Lebererkrankungen und ihre Behandlung unter dem Einfluß der Kriegsverhältnisse. Med. Klin. 1919, Nr. 44, S. 1105.

Unter Ausschluß von Fällen, wo die Leber pathologisch verändert war, hat Hoppe-Seyler eine Zusammenstellung des Gewichtes der Leber bei Soldaten in den Kriegsjahren gemacht, die die Abhängigkeit des Lebergewichtes von der Ernährung dartun soll. Eine Gegenüberstellung der in den Jahren 1913, 1914 und 1915 ermittelten Werte mit den Zahlen der Jahre 1916, 1917 und 1918, wo die Rationierung vollständig durchgeführt war, ergibt im allgemeinen eine deutliche, wenn auch nicht stark ausgeprägte Abnahme des Lebergewichts: die Mittelwerte liegen unter den von Vierordt¹⁾ und Rössle²⁾ angegebenen.

Die Literaturangaben über den Wassergehalt der Leber im Hunger sind dürftig. Bei Tauben fand Lukjanow³⁾ eine Wasserabnahme. Was den Hund betrifft, so gibt Voit⁴⁾ nach 22 Hungertagen 70,37% an, im Vergleich mit dem von ihm ermittelten Normalwert von 72,45% und dem von Profitlich⁵⁾ festgestellten von 71,37%, also eine, wenn auch geringe Abnahme. Wir fanden als Durchschnittswert nach 11 Hungertagen 69,07%, mithin einen stärkeren Wasserverlust. Hofmann⁶⁾ stellt nach 38 Hungertagen 71,33%, also einen fast normalen Wert fest. Im Gegensatz hierzu beobachtete Voit⁷⁾ bei einer Katze nach 13tägigem Hungern eine Wasserzunahme in der Leber. Auch beim Hunde wurde eine Zunahme des Wassergehaltes der Leber erwiesen, doch scheinen uns die hierfür in der Literatur angeführten Beispiele nicht ganz einwandfrei: Bei dem infolge unzureichender Nahrung und starker Arbeit schließlich am 47. Tage verhungerten Hunde von Schulz⁸⁾ enthielt die Leber zwar 75,37% Wasser, aber der Hund war krank, wie nach dem bei der Sektion in den unteren Lungenlappen stark ausgeprägtem Ödem wohl anzunehmen ist. Auch der Hund von Schöndorff⁹⁾ kann unseres Erachtens in dieser Beziehung nicht verwertet werden (Wassergehalt der Leber 74,08%), denn da das Tier längere Zeit mit Schilddrüse gefüttert wurde, ist ein spezifischer Ein-

1) Vierordt, l. c.

2) Rössle, l. c.

3) v. Lukjanow, Über den Gehalt der Organe und Gewebe an Wasser und an festen Bestandteilen bei hungrigen und durstenden Tauben im Vergleich zu dem diesbezüglichen Gehalt bei normalen Tauben. Zeitschr. f. physiol. Chemie **13**, 339. 1889.

4) C. v. Voit, l. c.

5) Profitlich, l. c.

6) F. Hofmann, Der Übergang von Nahrungsfett in die Zellen des Tierkörpers. Zeitschr. f. Biol. **8**, 171. 1872.

7) C. v. Voit, Über die Verschiedenheit der Eiweißzersetzung beim Hungern. Zeitschr. f. Biol. **2**, 307. 1866.

8) N. Schulz, Über die Verteilung von Fett und Eiweiß beim mageren Tier, zugleich ein Beitrag zur Methode der Fettbestimmung. Arch. f. d. ges. Physiol. **66**, 145. 1897.

9) B. Schöndorff, Über den Einfluß der Schilddrüse usw. l. c.

fluß auf den Wasserhaushalt des Organismus nicht auszuschließen, zumal neuerdings von Grafe¹⁾ angegeben wird, daß die Tyreoidea nicht nur die Intensität der Verbrennungsprozesse, sondern auch den intracellulären Wasserstoffwechsel beherrscht. Nun ist allgemein bekannt und durch eine Reihe von einwandfreien Untersuchungen erwiesen, daß im allgemeinen bei Hunger und reduziertem Ernährungszustand gewisse Organe wasserreicher sind. So stellte schon 1878 Chossat²⁾ beim Kaninchen bezüglich des Wassergehaltes des Rückenmarks, der Knochen und des Fettgewebes eine Wasserzunahme fest. Zuntz³⁾ fand bei Kälbern, die in ihrem Ernährungszustand herabgekommen, das Knochenmark „ganz ungewöhnlich wasserreich“, und Bozenraad⁴⁾ kommt auf Grund von Untersuchungen am Menschen, gesunden wie kranken, zu dem Resultat, daß speziell das Fettgewebe an der Wasserbereicherung der Organe in Zuständen von Unterernährung wesentlichen Anteil habe. Er konnte allerdings keine Gesetzmäßigkeit bezüglich des relativen Wassergehaltes des Fettpolsters verschiedener Regionen feststellen, wohl aber fand er, daß das Fettgewebe gut ernährter fettreicher Individuen wesentlich wasserärmer war als das von abgemagerten, kachektischen Personen, Was nun den Wassergehalt der Leber in unseren Versuchen am Hunde betrifft, so steht einem Wasserwert von durchschnittlich 69,07% ein Durchschnittsfettgehalt von 15,36% gegenüber, also einem niedrigen Wassergehalt ein relativ hoher Fettgehalt. Auch in anderen, später zu veröfentlichenden Versuchen haben wir diese Beobachtung in noch ausgesprochenerem Maße gemacht. Es besteht also in der Leber hiernach ein gewisser Antagonismus zwischen dem Fett- und Wassergehalt.

Dies würde den Befunden von Bozenraad⁴⁾ insofern widersprechen, als gerade das Fett bei der Wasserretention wesentlich im Spiele sein soll, andererseits aber mit seinen Beobachtungen in der Hinsicht übereinstimmen, daß das Fettgewebe gut ernährter fettreicher Individuen wesentlich wasserärmer als das von abgemagerten Personen gefunden wurde, worin ja ebenfalls der Antagonismus zwischen Fett- und Wassergehalt zum Ausdruck kommt.

Vielleicht liegen die Verhältnisse so, daß in kurz dauernden Hungerversuchen der Organismus und wahrscheinlich auch die Leber zunächst alle Stoffe bis zu einem gewissen Grade einschmilzt, also auch Wasser verliert, bei längerer Inanition dagegen infolge Fett-

¹⁾ E. Grafe, Konstitutionelle Fettsucht. Wiener Arch. f. klin. Med. **133**, Heft 1/2.

²⁾ Chossat, Sur l'inanition 1888, zit. nach Bozenraad s. u.

³⁾ Zuntz, s. Magnus-Levy, Physiologie des Stoffwechsels in v. Noordens Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels. Bd. I, S. 446. 1906.

⁴⁾ Bozenraad, O., Über den Wassergehalt des menschlichen Fettgewebes unter verschiedenen Bedingungen. Arch. f. klin. Med. **103**, 120.

schwundes der Wassergehalt aber wieder zunimmt. In dieser Beziehung liegen aber, soweit uns bekannt, wenigstens für das Verhalten der Leber bisher keine Beobachtungen vor. Durch die bei lang dauernder Karenz festgestellte Wasserretention wird möglicherweise bis zu einem gewissen Grade rein physiologisch der Gesamtstoffwechsel infolge einer geringeren Konzentration der Nährstofflösungen auf einem niedrigeren Niveau gehalten und dadurch einem zu schnellen Verbrauch der Reservestoffe vorgebeugt. Pathologisch kann natürlich die Wasseranreicherung durch die verschiedensten Faktoren bedingt sein, es sei nur an das Kriegsödem bei dieser Gelegenheit erinnert.

Daß die Leber im Hunger ihr Glykogen am ehesten einbüßt, ist eine längst bekannte Tatsache, andererseits steht aber auch fest, daß sie durch noch so langes Hungern nicht glykogenfrei gemacht werden kann. Schon Aldehoff¹⁾, der Versuche an Fröschen, Kaninchen, Katzen und Pferden anstellte, und späterhin Athanasiu²⁾ erbrachten hierfür den Beweis. Letzterer fand nach dem Winterschlaf noch beträchtliche Mengen Glykogen bei Fröschen. Vor allem war es aber Pflüger, der bei Hunden nach lang dauernden Hungerperioden noch reichliche Mengen von Glykogen in der Leber nachweisen konnte. Er fand bei dem Hund mit 28 Hungertagen noch 4,8%³⁾, bei einem anderen nach 73 Tagen noch 1,2%⁴⁾.

Bei unseren 15 Versuchstieren fanden wir nach der 11-tägigen Hungerperiode im Mittel noch 0,59%. Hierunter waren 4 Tiere (Hund 97, 106, 107, 108), die noch mehr wie 1%, nur 2, die weniger wie 0,1% (Hund 96 und 100) Glykogen in der Leber aufwiesen. Auch hier machen sich wieder in auffälliger Weise die individuellen Unterschiede bemerkbar. Da die Hunde unter sonst denselben Versuchsbedingungen standen, so können vornehmlich nur die vorausgegangenen Ernährung, resp. der Ernährungszustand hierfür verantwortlich gemacht werden. Nun findet sich, wie ebenfalls aus unseren Versuchen hervorgeht, auch nach längerem Hungern in der Muskulatur oft ein prozentisch ebenso hoher und höherer und der Gesamtmenge nach viel beträchtlicherer Glykogengehalt als in der Leber, so daß der Schluß zulässig ist, daß der Muskel im Hunger sein Glykogen, wenn auch in geringen Mengen, viel zäher zurückbehält als die Leber. So überwiegt bei Hund 95, 100, 103 und 105, wie aus der Tabelle ersichtlich, der Glykogengehalt der Muskulatur über den der Leber nicht nur auf die Gesamt-

¹⁾ G. Aldehoff, Über den Einfluß der Karenz auf den Glykogenbestand von Muskel und Leber. Zeitschr. f. Biol. **25**, 137. 1888.

²⁾ J. Athanasiu, Über den Gehalt des Froschkörpers an Glykogen in den verschiedenen Jahreszeiten. Arch. f. d. ges. Physiol. **74**, 561. 1899.

³⁾ E. Pflüger, Über den Glykogengehalt der Tiere im Hungerzustand. Arch. f. d. ges. Physiol. **91**, 119. 1902.

⁴⁾ E. Pflüger, Über den Einfluß einseitiger Ernährung usw. l. c.

muskulatur berechnet, sondern auch dem Prozentgehalt nach. Man darf hiernach wohl annehmen, daß in diesen Fällen bei längerem Hungern Muskelglykogen mobilisiert und von der Muskulatur her in die Leber einwandert, um von dort als Sammelreservoir aus im Blut zu dem Ort des unbedingt notwendigen Verbrauches in Form von Traubenzucker hintransportiert zu werden. Darin würde neben anderem die eminente Bedeutung der Leber als Regulierungsorgan für den intermediären Stoffwechsel zum Ausdruck kommen, die darin liegt, daß sie in dieser Weise im Hunger den Blutzuckergehalt zu regulieren vermöchte. Versuche von Böhm und Hoffmann¹⁾, welche nach Durchschneidung resp. Stichverletzung des Rückenmarks eine Anhäufung von Glykogen in der Leber konstatieren konnten, machen es wahrscheinlich, daß diese regulierende Funktion der Leber auf einen direkten oder indirekten Einfluß des Zentralnervensystems zurückzuführen ist. Man wird aber auch mit Fischler²⁾ annehmen dürfen, „daß außer den rein nervösen Regulationen auch noch rein chemische bestehen im Sinne eines Ausgleiches entsprechend dem Verbrauch“, wenn wir auch einstweilen hierüber uns noch keine rechte Vorstellung machen können.

Von anderer Seite liegen nun auch Versuche vor, welche beweisen sollen, daß Glykogen im Hunger in der Leber neugebildet wird, doch sind die bisher dafür angeführten Versuche unseres Erachtens nicht vollkommen beweiskräftig. Nebelthau³⁾ fand bei Hühnern, daß die Zufuhr von Chloralhydrat nach 6tägigem Hungern eine Anhäufung von Glykogen in der Leber zur Folge hat; auf Grund eines Versuches, bei dem das Chloralhydrat auch eine Anhäufung in der Muskulatur aufwies, glaubt er annehmen zu dürfen, daß das Glykogen unter der Einwirkung des Chloralhydrats neugebildet sein müsse, obschon es in Wirklichkeit doch wohl nur vor dem Abbau bewahrt wurde; zudem wurden von anderer Seite, von Hergenhahn⁴⁾ und Aldehoff⁵⁾ an Hühnern nach ebenfalls 6—10tägiger Karenz fast annähernd so hohe Muskelglykogenwerte ohne Chloralhydratgabe gefunden. Aus den Versuchen von Nebelthau kann mithin keinesfalls der Schluß gezogen werden, daß das Chloralhydrat und andere daraufhin von ihm untersuchte chemische Agenzien eine Neubildung von Glykogen anzu-

¹⁾ Böhm und Hoffmann, Beiträge zur Kenntnis des Kohlenhydratstoffwechsels. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 8, 375. 1878.

²⁾ Fischler, l. c.

³⁾ E. Nebelthau, Zur Glykogenbildung in der Leber. Zeitschr. f. Biol. 28, 138. 1891.

⁴⁾ E. Hergenhahn, Über den zeitlichen Verlauf der Bildung resp. Anhäufung des Glykogens in der Leber und den willkürlichen Muskeln. Zeitschr. f. Biol. 27, 215. 1890.

⁵⁾ G. Aldehoff, Über den Einfluß der Karenz. l. c.

regen imstande sind, höchstens, daß sie einen Transport von Glykogen aus der Muskulatur in die Leber veranlassen, Glykogen mobilisieren. Auch die von Dr. Vogelius an Kaninchen, die durch Strychnintetanus „glykogenfrei“ gemacht waren, angestellten Versuche, über die Zuntz¹⁾ in der Berliner physiologischen Gesellschaft berichtete, sind kein einwandfreier Beweis für eine Neubildung von Glykogen in der Hungerleber. Dagegen sprechen einmal die so geringe absolute Gesamtmenge (0,3–0,4 g!), dann aber auch die Mängel der damals gebräuchlichen Glykogenanalyse bei Bestimmung so winziger Mengen und vor allem auch dieselben Gründe, die bei dem Nebelthauschen Versuchen angegeben wurden, mit denen sie, was die Versuchsanordnungen angeht, im übrigen übereinstimmen. Was die diesbezüglichen Versuche von Külz²⁾ an Hühnern angeht, so sei auf die eingehende Kritik derselben von Pflüger³⁾ hingewiesen, der auf Grund eigener Versuche an Hühnern damals zu dem gerade entgegengesetzten Resultat kam, „daß das Glykogen bei fortgesetzter Nahrungsentziehung, sowohl in der Leber als auch in den Muskeln stetig abnimmt“. Wenn nun auch im Tierexperiment bisher kein einwandfreier, vollkommen eindeutiger Beweis für eine Neubildung von Glykogen im Hunger erbracht ist, so kann man doch nicht umhin, eine solche anzunehmen, einmal, weil, wie bekannt, auch nach den längst dauernden Hungerperioden immer noch Glykogen gefunden wird, dann aber auch deshalb, weil eine vollkommene Erschöpfung der Kohlenhydratvorräte unweigerlich zum Tode führen würde. Für eine Neubildung sprechen von unseren Versuchen diejenigen, wo bei relativ hohem Leberglykogengehalt nur Spuren von Glykogen in den Muskeln gefunden wurde. In diesen kann nach Verbrauch des Glykogens eine Einwanderung in die Leber nicht mehr stattfinden, so daß eine Neubildung außer Zweifel steht.

Die Verhältnisse werden wahrscheinlich so liegen, daß beide Möglichkeiten, sowohl die Einwanderung wie die Neubildung nacheinander realisiert sind. Ist durch eine mehr oder weniger lange Hungerperiode der Glykogenbestand der Leber als Reservoir erschöpft, so wird bei noch vorhandenem Vorrat von Muskelglykogen zunächst dieses mobilisiert und zur Leber wandern. Ist dagegen kein Vorrat an Muskelglykogen vorhanden, was wesentlich durch den Ernährungszustand bedingt sein wird, — kurz, ist alles Reserveglykogen verbraucht, wie dies bei sehr lang dauernden Hungerversuchen

¹⁾ N. Zuntz, Sitzung der Berliner physiologischen Gesellschaft v. 3. III. 1893.

²⁾ E. Külz, l. c. (Beiträge zur Kenntnis des Glykogens. Festschrift der medicin. Fakultät zu Marburg zu Karl-Ludwigs 50jähriger Doktorjubelfeier. S. 100, Tab. XVI. Marburg 1890 (Universitätsbuchdruckerei).

³⁾ E. Pflüger, Kann bei vollkommener Entziehung der Nahrung der Glykogengehalt im Tierkörper zunehmen? Arch. f. d. ges. Physiol. **76**, 1. 1899.

sicher der Fall sein wird, so wird aus anderem Material, Eiweiß oder Fett, eine Neubildung in der Leber als Hauptbildungsort stattfinden müssen. Auf Grund sehr lang dauernder Hungerversuche kam ja auch Pflüger¹⁾ entgegen seiner früheren, oben angeführten Ansicht, schließlich zu dem Resultat, „daß die Leber bei vollkommener Entziehung der Nahrung bis zum Hungertode fortfährt, Glykogen zu bilden“ — einen Beweis dafür hat er allerdings nicht erbracht.

Wie aus Stoffwechselversuchen hervorgeht, nimmt das Fettgewebe am meisten von allen Geweben im Hunger ab. Über den Fettschwund der verschiedenen Organe, insbesondere der Leber im Hunger finden sich nur vereinzelte Literaturangaben. Meist wird bei Behandlung des Hungerstoffwechsels die Abnahme des Körpergewichts als Folge der allgemeinen Abmagerung angegeben und hierbei betont, daß das Fettgewebe am stärksten abnimmt. Das magere Aussehen eines Versuchstieres, resp. eine beträchtliche Gewichtsabnahme berechtigen aber nicht ohne weiteres einen geringen Fettvorrat anzunehmen; eine ausgedehnte Hungerperiode genügt nicht, wie schon Schulz²⁾ angegeben, ein Tier wirklich fettfrei zu machen. Besonders in der Leber finden sich auch nach längerem Hungern oft noch reichliche Mengen von Fett. Rosenfeld³⁾ fand nach 5tägigem Hungern in der Hundeleber noch 10%, Schöndorff⁴⁾ nach 38tägigem 14,2% und Profitlich⁵⁾ bei Pflügers Hungerhund von 73 Tagen noch 9,84% auf die Trockensubstanz berechnet. Aus unseren Versuchen ergibt sich ein Mittelwert von 15,36% der Trockensubstanz nach 11 Hungertagen.

Aus den angeführten Resultaten ist ersichtlich, daß die Unterschiede in bezug auf den Fettgehalt der Hundeleber im Hunger auch in sehr lang dauernden Versuchen lange nicht in so weiten Grenzen schwanken, wie man bei der verschiedenlangen Dauer des Hungers und dem Gewichtsverlust resp. der Abmagerung erwarten sollte. Die Leber hält mithin im Hungerzustand das Fett intensiver zurück als die ausgesprochenen Fettdepots, das Unterhautzell- und intramuskuläre Bindegewebe und die Bauchhöhle, die nach Einsetzen der Karenz stetig fettärmer werden. Man findet deshalb, worauf schon Schulz²⁾ hingewiesen, bei der Untersuchung abgemagerter Hunde die drüsigen Organe, also auch die Leber stets fettreicher als die Muskulatur. Pfeiffer⁶⁾ ermittelt so beim Hungerkaninchen doppelt soviel Fett

¹⁾ E. Pflüger, Über den Einfluß einseitiger Ernährung usw. I. c.

²⁾ N. Schulz, Über die Verteilung von Fett usw. I. c.

³⁾ G. Rosenfeld, Die Fettleber beim Phloridzindiatetes. Zeitschr. f. klin. Med. **28**, 264. 1895.

⁴⁾ Schöndorff, I. c.

⁵⁾ Profitlich, I. c.

⁶⁾ L. Pfeiffer, Über den Fettgehalt des Körpers und verschiedener Teile desselben bei mageren und fetten Tieren. Zeitschr. f. Biol. **23**, 340. 1887

in der Leber als im Muskel; auch bei Schöndorffs¹⁾ Hungerhund fand sich dies bestätigt. Unter gewöhnlichen Bedingungen dagegen enthält die Leber, besonders bei fetten Tieren, wie bereits ebenfalls von Pfeiffer²⁾ angegeben, stets weniger Fett als die Muskulatur.

Dies ist ohne weiteres verständlich, wenn man annimmt, daß im Hunger, wenn der Fettbestand der Leber auf ein bestimmtes Niveau gesunken ist, Fett von den eigentlichen Fettdepots her zur Leber einwandert und den Fettschwund ergänzt. Darauf deutet vor allem die im Hunger und bei Kachexie fast durchgehends in die Erscheinung tretende Lipämie hin. So untersuchte Schulz³⁾ denn Fettgehalt des Blutes bei Tauben und Kaninchen nach 1–5tägiger Karenz und fand ihn konstant, zum Teil sogar bis 100% erhöht und Daddy⁴⁾ konnte diesen Befund wenigstens für kurz dauernde Hungerversuche bestätigen. Die Fettzunahme des Blutes macht sich vor allem bei gewissen pathologischen Zuständen bemerkbar, wie beim Pankreasdiabetes. Hier findet man die Leber sozusagen mit Fett überfüllt und man ist wohl zu der Annahme berechtigt, daß das der Leber zugeführte Fett, wenigstens in diesem Falle in der Leber in Glykogen resp. in Traubenzucker umgewandelt wird.

Aus dem Gesagten ergibt sich mithin, daß man der Leber im Hungerzustand, was den Fettstoffwechsel betrifft, ebenso wie im Kohlenhydratstoffwechsel eine regulatorische Funktion in dem angedeuteten Sinne zusprechen darf.

Wahrscheinlich ist sie der Sitz, wo eine Umformung von Fett in Kohlenhydrat vor sich geht. Ein Beweis hierfür wäre allerdings im einzelnen noch zu erbringen. Befunde, die wir in anderem Zusammenhang später mitteilen wollen, erbringen für die Möglichkeit dieser Umformung eine gewisse Bestätigung.

Zusammenfassung.

Das Lebergewicht nimmt im Hunger beträchtlich ab, es sinkt in unseren Versuchen beim Hunde nach 11 Hungertagen auf 2,7 % des Körpergewichts, d. i. um 18,18 % unter Annahme von 3,3 % als Normalwert.

Die Lebergewichtsabnahme ist individuell verschieden,

¹⁾ B. Schöndorff, Über die Entstehung von Glykogen aus Eiweiß. Arch. f. d. ges. Physiol. **66**, 145. 1897.

²⁾ Pfeiffer, l. c.

³⁾ N. Schulz, Über den Fettgehalt des Blutes beim Hunger. Arch. f. d. ges. Physiol. **65**, 299. 1896.

⁴⁾ L. Daddy, Über das Gewicht des Ätherextraktes von Blut und Lymphe während des Fastens von kürzerer Dauer. Arch. ital. de biol. **30**, 317; zit. nach Malys Jahresber. d. Tierchemie **30**, 152.

sie ist proportional der Glykogenabnahme, geht aber der allgemeinen Körpergewichtsabnahme nicht parallel.

In kurz dauernden Hungerversuchen nimmt auch der Wassergehalt der Leber ab; für eine Wasserzunahme der Leber, entsprechend der Wasserbereicherung gewisser Gewebe resp. Organe nach längerer Inanition und stark reduziertem Ernährungszustand, liegen bisher keine einwandfreien Befunde vor.

Die Glykogenabnahme der Leber im Hunger ist ebenfalls individuell sehr verschieden. Der Glykogengehalt schwankt in unseren Versuchen nach 11 Hungertagen zwischen 0,08 und 1,74 % und beträgt im Mittel 0,59 %. Über die Verteilung des Glykogens in der Leber gehen die Ansichten auseinander (diesbezügliche Literatur).

Das Restglykogen der Leber kann in kurz dauernden Hungerversuchen nach Schwund des Leberglykogens durch Einwanderung, in lang dauernden nur durch Neubildung in der Leber erklärt werden. — Regulatorische Funktion der Leber bezüglich des Kohlenhydratstoffwechsels im Hungerzustand. —

Der Fettgehalt beträgt im Mittel nach 11 Hungertagen 15,36 % der Trockensubstanz. Die individuellen Schwankungen im Fettgehalt der Leber im Hunger sind nicht so ausgeprägt wie die des Glykogengehaltes. Das Fett wird im Hunger von der Leber zäher zurückgehalten als von den ausgesprochenen Fettdepots, resp. durch Einwanderung von dorthier ergänzt, um wahrscheinlich zur Neubildung von Kohlenhydrat verwandt zu werden. — Regulatorische Funktion der Leber bezüglich des Fettstoffwechsels im Hunger.

Die beobachteten, zum Teil stark ausgeprägten individuellen Unterschiede im relativen Lebergewicht, im Glykogen-, Fett- und Wassergehalt der Leber im Hungerzustand, die, wie in einer späteren Mitteilung noch gezeigt werden wird, nicht nur durch die Menge, sondern hauptsächlich auch durch die Art der vorausgegangenen Ernährung bedingt sind, fordern, daß in der experimentellen Stoffwechselphysiologie Ergebnisse nur weniger Tierversuche oder gar verallgemeinernde diesbezügliche Annahmen nicht verwertet werden dürfen.