

(Aus dem physiol.-chem. Institute der Universität Budapest.
Direktor: Prof. Franz Tangl.)

Der respiratorische Gaswechsel der winterschlafenden Fledermaus.

Von

Paul Hári.

I.

Der Zufall, der mir im Herbst 1906 viel Fledermäuse (*Myotis myotis* Bechst.) in die Hand spielte und Veranlassung zur vorangehenden Arbeit bot, sowie ein weiterer Fang von zahlreichen Tieren derselben Spezies im Herbst 1907 ermöglichte es, die Untersuchungen auch auf den Winterschlaf der Fledermäuse auszudehnen.

In zwei Versuchsreihen, an je einem Tiere ausgeführt, wurde nur eine Bestimmung der Kohlensäureproduktion vorgenommen; in weiteren Versuchsreihen auch die des Sauerstoffverbrauches, wodurch auch die Berechnung des Respirationsquotienten ermöglicht wurde.

Ehe ich an die Beschreibung dieser Versuche, speziell meiner Versuchseinrichtung gehe, soll kurz erwähnt werden, welcher Einrichtungen sich frühere Autoren in ihren weiter unten zu erwähnenden Untersuchungen an Fledermäusen und anderen winterschlafenden Säugetieren bedienten.

Horváth¹⁾ brachte seine Tiere unter eine luftdicht aufgesetzte, kalibrierte Glocke. Da er ausser der Temperatur nur den Barometerstand zu Beginn der Versuche, nicht aber den Innendruck unter der Glocke zu Ende der Versuche notierte, ferner diese in der Regel nur eine bis mehrere Stunden dauerten, schliesslich zu Ende des

1) Alexis Horváth, Über die Respiration der Winterschläfer als Beitrag zur Lehre von der tierischen Wärme. Fortsetzung. Verhandl. d. physiol.-med. Gesellsch. in Würzburg. Neue Folge Bd. 14 Heft 1 u. 2.

Versuches wiederholt Sauerstoffwerte von über 21 % (!) gefunden wurden, sind diese ungemein zahlreichen und mühseligen Versuche kaum zu berechnen.

Delsaux sowie später Koeninck liessen mittelst Kalilauge von Kohlensäure befreite Luft durch den Tierrezipienten treten und fingen die vom Tiere produzierte Kohlensäure in Barytwasser auf.

Pembrey bediente sich in seinen zahlreichen Versuchen einer Modifikation der sogleich zu erwähnenden Haldane'schen Methode.

Regnault und Reiset sowie Voit bedienten sich der von ihnen konstruierten Apparate, Weinland und Riehl eines kleinen Respirationsapparates nach dem Prinzip von Pettenkofer und Voit.

II.

Ich verfüge im ganzen über fünf Versuchsreihen, von welchen in einer (Versuchsreihe A) bloss die CO_2 -Ausscheidung, in den übrigen B bis E auch der O_2 -Verbrauch im Winterschlaf bestimmt wurde. In der Versuchsreihe A habe ich auch noch die N-Ausscheidung bestimmt. Schliesslich suchte ich auch, allerdings bloss durch die Untersuchung von sechs Fledermäusen, der Frage näher zu treten, wie sich der Glykogengehalt im Winterschlaf verändert.

1. CO_2 -Ausscheidung im Winterschlaf.

Versuchsreihe A.

Da bei Respirationsversuchen zur Beurteilung der Verlässlichkeit der Resultate die genaue Kenntnis der Versuchseinrichtung unerlässlich ist, soll bei dieser wie bei den übrigen Versuchsreihen, mit ihrer eingehenden Beschreibung begonnen werden.

Diese Versuchsreihe wurde an zwei Tieren, Fledermaus I und III, ausgeführt. Als Tierbehälter diente je ein Exsikkator. Derselbe war genau so eingerichtet, wie ich dies in der vorangehenden Arbeit beschrieben habe. Um die für einen richtigen Winterschlaf erforderliche niedrige Temperatur zu erhalten, wurden die Exsikkatoren — mit Gewichten beschwert und zwischen die Ringe eines Stativs gezwängt — unter Wasser versenkt, das durch Einlegen von grösseren oft erneuerten Eisstücken auf einer Temperatur zwischen $0-2-5^\circ \text{C}$. erhalten war. Schon diese Art der Aufbewahrung des Exsikkators unter Wasser machte es notwendig, ganz besonders sorgfältig auf

den hermetischen Verschluss (besonders des Deckels) zu achten. Dies gelang durch Verwendung einer zähen Mischung von Vaseline und gelbem Wachs sowie dadurch, dass der Deckel mittelst Schraubenklammern angepresst wurde. Um den Apparat auf seine Dichtigkeit zu prüfen, wurde in ihm ein Unterdruck von 20—30 mm Quecksilber erzeugt und die Apparate nur, wenn der Druck eine Stunde lang unverändert blieb, in Verwendung genommen. Die Ventilation erfolgte durch langsames Ansaugen mittelst einer Wasserstrahl-Luftpumpe. Das zur Kohlensäurebestimmung dienende Absorptionssystem war dem Haldane'schen¹⁾ Prinzip — das auch von Pembrey²⁾ in zahlreichen Arbeiten verwendet wurde —, jedoch unter Weglassen der von diesen Autoren verwendeten Gasuhr, nachgebildet, ähnlich wie in meiner vorangehenden Arbeit. Die in den Behälter eintretende Luft wurde durch Natronkalk von Kohlensäure befreit; die austretenden Gase passierten zunächst zwei Waschflaschen mit konzentrierter Schwefelsäure (1), traten nun getrocknet durch zwei U-förmig gebogene Röhren, die mit Wasserdampf angefeuchteten Natronkalk enthielten (2); hier gaben sie die Kohlensäure ab; der vom Natronkalk abgegebene Wasserdampf wurde in einem Kugelapparat mit konzentrierter Schwefelsäure (3) aufgefangen.

Da bei langsamer Ventilation von der Saugtrommel an die stromaufwärts gelegene Schwefelsäure (3) Wasserdampf abgegeben werden konnte, habe ich ein Chlorcalciumrohr zwischen beide geschaltet.

Die Gewichtszunahme der Gefäße 2 und 3, die auf der analytischen Wage gewogen wurden, ergab die gesuchte Menge der produzierten Kohlensäure.

(An den vier ersten Tagen, wo noch eine recht starke Kohlensäureproduktion zu erwarten war, hatte ich die in der vorangehenden Arbeit beschriebenen Absorptionsgefäße verwendet, sogenannte Türme für den Natronkalk und Waschflaschen für die Schwefelsäure.)

Die Versuchsdauer betrug in der Regel 20—21 Stunden; die Ventilation wurde nur für die Dauer des Abwägens sistiert und für diese Zeit die Gummischlauchstücke am Ein- und Austrittsrohr des Behälters mit Klemmschrauben verschlossen.

1) John Haldane, A new form of apparatus for measuring the respiratory exchange of animals. Journ. of Physiol. vol. 13 p. 420 ff. 1892.

2) M. S. Pembrey, Journ. of Physiol. vol. 15, 17, 18, 27, 29.

Die Tierbehälter wurden nur ausnahmsweise aus dem Kühlwasser genommen und geöffnet; daher mussten für die Berechnung der auf 1 Stunde und 1 kg bezogenen, weiter unten verzeichneten Werte die Mittelwerte aus dem Gewicht der Tiere vor Beginn und nach Abbruch dieser Versuche herangezogen werden. Die Veränderung des Gewichtes war übrigens, wie wir sehen werden, während verhältnismässig langer Zeit ein recht geringes.

Vom richtigen Funktionieren des Apparates überzeugte ich mich durch hier und da eingeschobene Blindversuche; als ich bei Fledermaus III am 14., 15. und 16. Januar ganz unwahrscheinliche Werte erhielt (s. S. 116), war es ein Blindversuch, der einen fehlerhaften Verschluss der Leitungen (Sprung in einer Glasröhre) aufdeckte.

Die Versuchstiere. Fledermaus I wurde bis zum 14. Dezember 1906 reichlich mit Mehlwürmern gefüttert, an diesem Tage in dem beschriebenen Behälter untergebracht (wo sie bald fest einschlieff) und mit der Ventilation begonnen. Am 19. Dezember wog die Fledermaus 27,55 g, am 27. Dezember 27,50 g, hatte also in 8 Tagen bloss 0,05 g abgenommen. Nachdem ich das Tier sofort wieder in den Behälter setzte, wurde am 27. Dezember wieder mit den Kohlensäurebestimmungen begonnen.

Fledermaus III wurde am 23. Dezember zum letzten Male gefüttert, am 25. Dezember bei einem Gewicht von 33,35 g in einem zweiten Behälter untergebracht und am 27. Dezember, als das Tier 33,25 g wog, mit den Versuchen begonnen.

Ergebnisse.

Wie den Daten der Tabelle I zu entnehmen ist, sind die Kohlensäurewerte, wenn wir von der Zeit des Überganges in den Winterschlaf zu Beginn dieser Versuche absehen, also nur die Zeit von 2.—24. Januar 1907 in Betracht ziehen, durch zweierlei, ihrer Grössenordnung nach grundverschiedene Zahlen dargestellt: durch kleine, die 0,060 g in Maximo, und durch grosse, die 0,700 in Minimo betragen. Es ist klar, dass es sich hier nur um zwei voneinander grundverschiedene Zustände handeln kann, von denen der eine offenbar der des Winterschlafes ist, der andere aber ein Zustand von Torpidität oder Halbschlaf.

Die 0,700 g übersteigenden Werte finden wir am 11. Januar bei Fledermaus III verzeichnet, als die Aussentemperatur, nachdem sie Tage vorher 2—4° C. betrug, an diesem Tage auf 5—8° C. an-

stieg; weiterhin bei beiden Fledermäusen am 18. Januar, als die Temperatur, die auch am vorangegangenen Tage öfter eine Höhe von 6° erreichte, an diesem Tage ständig 6° C. betrug. — Wir können demnach die Temperatur von ca. 6° als ungefähre Temperaturgrenze ansehen, oberhalb welcher ein richtiger Winterschlaf für Fledermäuse in der Regel nicht möglich ist, sondern einem Zustand von Halbschlaf weicht.

Tabelle I.

Datum	Temperatur im Tierbehälter $^{\circ}$ C.	Kohlensäureproduktion pro 1 Stunde und 1 kg in Gramm	
		Fledermaus I	Fledermaus III
27. Dezember 1906	?	0,65	1,12
28. " 1906	4—5	0,12	0,52
29. " 1906	2	0,11	0,09
30. " 1906	2	verloren	0,05
31. " 1906	2	verloren	0,0317
1. Januar 1907	2	0,0697	verloren
2. " 1907	2	0,0292	0,0317
3. " 1907	2	0,0282	0,0432
4. " 1907	4	0,0210	0,0294
5. " 1907	3	0,0263	0,0309
6. " 1907	2	0,0286	0,0341
7. " 1907	3	0,0248	0,0258
8. " 1907	2	0,0272	0,0388
9. " 1907	4	0,0291	0,0321
10. " 1907	3	0,0310	0,0306
11. " 1907	5—8	0,0317	0,7697
12. " 1907	6—8	0,0441	0,0609
13. " 1907	3—6	0,0303	0,0328
14. " 1907	4—5	0,0372	(0,0610) ¹⁾
15. " 1907	6	0,0292	(0,0508) ¹⁾
16. " 1907	4—5	0,0311	(0,0536) ¹⁾
17. " 1907	5	0,0326	0,0344
18. " 1907	6	0,8671	0,7609
19. " 1907	2—3	0,0326	0,0307
20. " 1907	2	0,0258	0,0261
21. " 1907	2	0,0277	0,0279
22. " 1907	1—2	0,0129	0,0154
23. " 1907	2—5	0,0291	0,0304
24. " 1907	1	0,0456	0,0221

Um einen Mittelwert für die Kohlensäureproduktion im Winterschlaf zu erhalten, muss von den Tagen, an denen jene hohen Werte verzeichnet sind, selbstverständlich abgesehen werden. Wir

1) Diese Werte springen stark aus der Reihe und wurden durch den S. 115 erwähnten Versuchsfehler bedingt. Bei der Berechnung der Mittelwerte sind sie daher nicht benützt.

erhalten dann pro 1 Stunde und 1 kg bei Fledermaus I 0,0282 g, bei Fledermaus III 0,0289 g, im Durchschnitt 0,0285 g.

Bei den recht grossen Unterschieden in der Produktion an aufeinander folgenden Tagen dürfte dieses auffallende Übereinstimmen der an beiden Tieren erhaltenen Werte ein Spiel des Zufalles sein. Denn dass in der CO_2 -Produktion verschiedener Tierindividuen und auch derselben Tiere grössere Unterschiede vorkommen, ja die Regel bilden, soll weiter unten (S. 126 ff.) gezeigt werden. Dasselbst soll auch auf die einschlägigen Befunde früherer Autoren hingewiesen werden. Immerhin können wir sagen, dass die pro 1 Stunde und 1 kg berechnete Kohlensäureproduktinn der bei $1-6^\circ \text{C}$. schlafenden Fledermäuse bis zu einem Werte von 0,0285 g sinken kann, welcher Wert gegenüber den 2,23 g, die in der vorangehenden Arbeit an den bei 29°C . wach hungernden Tieren gefunden wurden, ein minimaler ist und ungefähr 1,3 % desselben beträgt.

N-Ausscheidung. Die aus dem Behälter gespülten Entleerungen der Tiere, die sich während der ganzen mehrwöchentlichen Versuchsdauer angesammelt hatten, wurden nach Kjeldahl mit konzentrierter Schwefelsäure und metallischem Quecksilber als Katalysator aufgeschlossen; der abdestillierte Ammoniak in $\frac{n}{10}$ -Säure aufgefangen und bestimmt.

Da ich es leider unterlassen hatte, gegen etwaige Zersetzung von Harn und Fäces — die ja bei der niedrigen Temperatur kaum zu erwarten und in der Tat kaum merklich war — Vorkehrungen zu treffen, so will ich, ohne aus diesen Ziffern Konklusionen zu ziehen, nur erwähnen, dass ich in den Entleerungen von Fledermaus I, die sich von 14. Dezember 1906 bis 24. Januar 1907 angesammelt hatten, 0,0128 g N, in denen der Fledermaus III vom 27. Dezember 1906 bis 24. Januar 1907 0,0161 g N gefunden habe.

Drei weitere Fledermäuse im Gewicht von 76 g, an denen später [siehe weiter unten] eine Glykogenbestimmung vorgenommen wurde, schieden während ihres 41 tägigen Winterschlafes 0,083 g Stickstoff aus, andere sechs Fledermäuse, ebenfalls in 41 Tagen, 0,053 g, und weitere Fledermäuse, die der weiter unten (S. 125) zu beschreibenden Versuchsreihe gedient hatten, lieferten vom 30. September bis 17. Dezember, also in 48 Tagen, 0,029 g.

Diese für die N-Ausscheidung gefundenen Werte sind, was ihre Beziehungen zum Winterschlaf anbelangt, von recht problematischem Werte. Es ist nämlich durchaus möglich, dass die Tiere einen oder

den grössten Teil der nachher im Exsikkator gefundenen Exkremente bald nach ihrem Einsetzen, also noch in wachem oder halbwachem Zustande entleert haben, mithin nicht festzustellen ist, wieviel von dem ausgeschiedenem Stickstoff auf die Zeit des wirklichen Winterschlafes fällt. Jene Werte stellen also allenfalls nur Maximalwerte dar. Nimmt doch Koeninck¹⁾ direkt eine Anurie im Winterschlaf der Fledermäuse an und betrachtet jene als „Folge der Stauung des Urins in den Harnwegen, und zwar wegen anhaltender Kontraktion des Sphincter urethrae“. Nach E. Koch²⁾ findet man an Orten, wo Hunderte von Fledermäusen hibernieren, kaum Spuren ihrer Lösung, da von den schlafenden Fledermäusen kein Harn entleert wird.

Vom Ziesel sagt Horváth³⁾, dass es „während des Winterschlafes niemals Urin oder Kot von sich lasse“; desgleichen sagt Valentin⁴⁾, dass „ein Murmeltier 2 Monate lang geschlafen habe, ohne Harn und Kot zu entleeren“.

Dagegen meint Aeby⁵⁾, dass der von ihm beobachtete anscheinliche Wasserverlust des Murmeltierkörpers im Winterschlaf (Konzentration des Blutes und Entwässerung der Muskeln) nebst Verdunstung durch die Lungenventilation durch beständige Absonderung von Urin bedingt ist.

Auch nach R. Dubois⁶⁾ dauert die Harnabsonderung auch während des Winterschlafes an, die Harnentleerung erfolgt jedoch nur während der dazwischen fallenden kurzen Wachperioden.

Körpergewicht. Dem enorm herabgesetzten Stoffverbrauch entspricht auch das Verhalten des Körpergewichtes. Fledermaus I

1) A. Koeninck, Versuche und Betrachtungen an Fledermäusen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1899 S. 414.

2) C. Koch, Das wesentliche der Chiropteren mit besonderer Beschreibung der in dem Herzogtum Nassau und den angrenzenden Landesteilen vorkommenden Fledermäuse. Jahrb. d. Ver. f. Naturheilk. im Herzogtum Nassau Heft 17 u. 18. Wiesbaden 1862 u. 1863. — Zitiert bei A. Koeninck, l. c. S. 413.

3) Alexis Horváth, Beitrag zur Lehre über den Winterschlaf. Verhandl. d. physikal.-med. Gesellsch. in Würzburg. Neue Folge Bd. 12 S. 156. 1878.

4) G. Valentin, Beiträge zur Kenntnis des Winterschlafes der Murmeltiere. Moleschott's Untersuch. Bd. 1 S. 219, 221; Bd. 2 S. 9. 1856.

5) Carl Aeby, Über den Einfluss des Winterschlafes auf die Zusammensetzung der verschiedenen Organe des Tierkörpers. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 3 S. 181. 1875.

6) Raphael Dubois, Le sommeil hibernal est-il le resultat d'une auto-
iξoxication physiologique? Comptes rendus de la Société de Biol. 1889 p. 260.

wog am 27. Dezember 1906 27,50 g, am 21. März 1907 25,65 g, verlor also in 85 Tagen 1,85 g; Fledermaus III hatte am 25. Dezember 1906 ein Gewicht von 33,35 g, am 11. Februar 1907 ein solches von 29,80 g, verlor also in 48 Tagen 3,55 g. Da Fledermaus I vom 27. Dezember 1906 bis 24. Januar 1907 bloss einmal, vom 25.—29. Januar¹⁾ wieder nur einmal erwachte (was an der rasch und sehr stark gestiegenen Kohlensäureproduktion zu erkennen war), Fledermaus III aber in beiden Perioden je zweimal wach war, kann für das Verhalten des Körpergewichtes im tiefen Winterschlaf das der Fledermaus I eher als charakteristisch angesehen werden. Ihre Körpergewichtsabnahme betrug, wie erwähnt, 1,85 g in 85 Tagen, d. i. $0,0218 \text{ g} = 0,08\%$ des Anfangsgewichtes pro Tag, gegen 3,3 resp. 2,6% der im Hungerzustande bei 28—29° C. resp. bei 19—20° C. wachenden — in der vorangehenden Arbeit beschriebenen — Fledermäuse.

Die von zahlreichen Autoren erwähnte Gewichtszunahme im Winterschlaf konnte ich in keinem meiner Versuche wahrnehmen; mithin entfällt für mich die Notwendigkeit einer Besprechung jener recht merkwürdigen Erscheinung. Es sei eben nur bemerkt, dass Valentin's²⁾ Murmeltiere Nr. VI und VII, die über den ganzen Winter ruhig schliefen, $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ ihres Anfangsgewichtes verloren hatten.

2. CO₂-Ausscheidung und O₂-Verbrauch im Winterschlaf.

(Versuchsreihe B, C, D, E.)

Versuchsanordnung.

Die vielumstrittene Frage des Sauerstoffverbrauches im Winterschlaf glaubte ich zunächst am einfachsten mit dem Zuntz-Geppert'schen Apparat lösen zu können, musste jedoch allzubald erfahren, dass bei dem enorm herabgesetzten Stoffverbrauch auch bei langsamer Ventilation des Exsikkators viel zu kleine Werte für CO₂-Produktion und O₂-Verbrauch erhalten werden.

Daher habe ich von einer Ventilation für die ganze Dauer je eines Versuches abgesehen und den Zuntz-Geppert'schen Apparat

1) Die Ergebnisse dieser Versuche, da sie vielfach von anders eingerichteten unterbrochen waren, sind in die Zusammenstellung auf S. 116 nicht aufgenommen.

2) G. Valentin, Beiträge zur Kenntnis des Winterschlafes der Murmeltiere. Moleschott's Untersuch. Bd. 1 S. 248. 1857.

bloss dazu verwendet, die prozentuale Zusammensetzung der im Behälter befindlichen Gase zu ermitteln. Mittels dieser Zahlen waren die absoluten Mengen der produzierten Kohlensäure und des verbrauchten Sauerstoffes leicht zu berechnen, wenn das Normalvolumen der gesamten Gasmenge, der ich die zu analysierende Probe entnahm, bekannt war. Jenes Normalvolumen war aber leicht festzustellen, wenn der Fassungsraum des Tierbehälters, der Innendruck und die Temperatur im Tierbehälter sowie auch der Barometerstand am Beginne und am Ende jedes Versuches bekannt waren.

Um diese Daten feststellen zu können, war am Tierbehälter — sonst genau so eingerichtet wie in der Versuchsreihe A — der die obere Öffnung verschliessende Gummistopfen mit einer fünften Bohrung versehen; diese nahm den unteren Schenkel eines mit Quecksilber beschickten offenen Manometerrohres auf. Zu Beginn eines jeden Versuches wurde zunächst mit der Wasserstrahlpumpe mehrere Stunden hindurch Strassenluft durch den Behälter gesogen, wobei die Austrittsröhre durch eine Leitung direkt mit der Strasse verbunden war, die Strassenluft aber erst eine mit Wasser beschickte Waschflasche passieren musste. Als ich nach mehreren Stunden annehmen konnte, dass die Behälterluft gänzlich erneuert war, wurden die Schlauchstücke an Ein- und Austrittsrohr mit Klemmschrauben verschlossen und die mittlere Temperatur im Behälter und der Barometerstand notiert.

Als nach einer angemessenen Zeit (24 Stunden bis mehrere Tage) an die Beendigung des Versuches und an die Analyse der Behälterluft geschritten werden sollte, wurden wieder Barometerstand sowie Temperatur und Innendruck im Behälter notiert und aus diesen Daten das Normalvolumen des Gasgemenges berechnet. Sodann wurde das Gasgemenge gut durchgemischt und davon zirka 220 ccm in einer Bürette über angesäuertem Wasser aufgefangen. Das Durchmischen und die Probenahme geschahen folgendermassen:

a) In den Versuchsreihen B und C verband ich, bei vorerst noch verschlossenen Klemmschrauben, das Austrittsrohr des Behälters mit dem unteren Ende eines mit Paraffinöl gefüllten Scheidetrichters, das Eintrittsrohr aber mit der Bürette, lockerte sodann die Klemmschraube am Austrittsrohr und liess 250—500 ccm Paraffinöl auf den Boden des Behälters fliessen; die hierdurch entstandene Drucksteigerung im Behälter genügte, um nach Lockerung der

anderen Klemmschraube die Bürette einfach durch Senken eines mit ihr kommunizierenden Niveaurohres mit Behälterluft zu füllen. Hob ich dieses wieder hoch, so wurde das Gas wieder in den Behälter zurückgedrängt; und als nach mehrmaliger Wiederholung dieser Prozedur eine gründliche Mischung des Gasgemisches vorausgesetzt werden konnte, wurde die Bürette definitiv mit jenem gefüllt. Selbstverständlich wurde dafür gesorgt, dass die an den Gummirohrverbindungsstücken sowie die in den Glasröhrenenden befindliche Luft jedesmal durch Flüssigkeit (Paraffinöl resp. Wasser) verdrängt werde, ehe die korrespondierenden Stücke miteinander verbunden wurden. Nach Beendigung der Probenahme konnte das Paraffinöl leicht wieder aus dem Behälter gepumpt werden.

b) In den Versuchsreihen D und E ging ich folgendermaassen vor: Von beiden Mündungen am unteren Ende einer Dieulafoy'schen Spritze verband ich die eine mit dem Austrittsrohr des Behälters, die andere mit der Bürette. Um eventuelle Undichtigkeiten zwischen den Glas- und Metallbestandteilen der Spritze unschädlich zu machen, waren die Gummirohrverbindungsstücke so lang genommen, dass die Spritze mehrere Zentimeter tief unter Wasser getaucht flach auf den Grund eines grossen mit Wasser gefüllten Waschbeckens zu liegen kam und in dieser Stellung auch gehandhabt werden konnte. Es wurde auch hier Sorge getragen, dass beim Zusammenschliessen der Verbindungsstücke aus diesen und aus der Spritze die schädliche Luft durch Flüssigkeit verdrängt sei.

Das Mischen der Behälterluft geschah dadurch, dass ich den Dreiweghahn am unteren Spritzenende zunächst so einstellte, dass eine Verbindung zwischen Spritze und Behälter hergestellt ward. Nach Lockern der entsprechenden Klemmschraube sog ich die Spritze mit Behälterluft voll, stiess diese dann wieder zurück usw.; ich wiederholte dies so lange (20—25 mal), bis ich eine gute Durchmischung der Gase voraussetzen durfte. Hierauf lockerte ich die Klemmschraube, die den Weg zur Bürette verschloss, sog die Spritze wieder voll und drückte die Luft nach Umstellen des Dreiweghahnes — bei tiefstehendem Niveaurohr — in die Bürette. Nun stellte ich den Hahn wieder um und wiederholte das so lange, bis die Bürette mit Gas gefüllt war.

In einer ganzen Reihe von Versuchen wollte ich mich auch davon überzeugen, ob die auf diese Weise bewerkstelligte Mischung der Gase auch eine vollkommene, die Zusammensetzung der Gase

oben und unten im Behälter die gleiche war; ich entnahm zu diesem Behufe Proben von beiden Stellen — Öffnung des Zu- und Ableitungsrohres der Luft — in zwei gesonderten Büretten und analysierte sie für sich.

Berechnung der Versuche.

Da mir das Kaliber des Behälters bekannt war, ich ferner knapp vor Beendigung des Versuches den Barometerstand, den im Behälter herrschenden Druck sowie die Temperatur daselbst notiert hatte und mir auch die Tension des Wasserdampfes im Behälter (Sättigung) bekannt war, konnte ich zunächst das Normalvolumen des Gasgemenges auf Grund der Formel $v_0 = v \frac{B - tv}{760 (1 + \alpha t)}$ berechnen, sodann mit Hilfe der mit dem Zuntz-Geppert'schen Apparat erhaltenen Prozentwerte auch die absolute Menge der produzierten CO_2 und des verbrauchten O_2 ¹⁾.

Ich kam weiterhin zu folgender Überlegung: Da ich auch zu Beginn der Versuche alle nötigen Daten notiert hatte, konnte ich aus ihnen auch das Normalvolumen der Gase zu Beginn des Versuches berechnen. Wenn dieses Volumen eine Vermehrung durch Hinzutritt der produzierten Kohlensäure und eine Verringerung durch verbrauchten Sauerstoff erleidet, so muss Volumen zu Beginn plus Kohlensäureproduktion minus Sauerstoffverbrauch gleich sein dem Volumen zu Ende des Versuches.

In der Tabelle III ist das direkt erhaltene Volumen der Gase am Ende des Versuches in der Rubrik „b“, das indirekt erhaltene in der Rubrik „c“ enthalten. Den Unterschied zwischen den direkt und den indirekt vermittelten Werten zeigt die letzte Rubrik der Tabelle; er rührt von der Summation kleinster Fehler her, die in der Gasanalyse sowie bei den zahlreichen Ablesungen an Thermo-, Baro- und Manometer fast unvermeidlich sind.

1) Was die Analysen selbst anbelangt, soll bemerkt werden, dass selbstverständlich immer Doppelbestimmungen (links und rechts im Zuntz-Geppert-schen Apparat) vorgenommen wurden. War eine der Parallelanalysen verunglückt, oder waren die Unterschiede in den beiderseits erhaltenen Kohlensäure- resp. Stickstoffprozenten grösser als 0,05, wurde der betreffende Versuch ausgemerzt. Der Apparat wurde zu verschiedenen Malen mittelst Analysen von Strassenluft kontrolliert.

Diese Kontrollberechnung schützt nur gegen grobe Versuchsfehler, die mir in der Tat unterlaufen sind und ohne diese Kontrolle unaufgedeckt geblieben wären¹⁾.

Beschreibung der Versuche.

Zwei Versuchsreihen (B und C) sind an je einer Fledermaus, eine Versuchsreihe (D) an vier zusammengesperrten und ein isoliert gebliebener Versuch (E) an drei zusammengesperrten Fledermäusen ausgeführt.

Versuchsreihe B.

Fledermaus I, die am 14. Dezember 1906 zum letzten Male gefüttert wurde und den auf S. 116ff. beschriebenen Versuchen gedient hatte, wurde am 15. Januar 1907 in den oben beschriebenen Behälter gesetzt und dieser sofort wieder in das Kühlbad versenkt. Um sicher zu sein, dass das Tier auch wirklich im Winterschlaf sich befinde, wurde in einem Vorversuche die Menge der in den nächsten 24 Stunden produzierten Kohlensäure in der früher (S. 114) beschriebenen Weise bestimmt; sie kam den dort erwähnten Werten gleich.

Das Gewicht der Fledermaus betrug zu Beginn der Winterschlafversuche am 27. Dezember 1906 27,50 g; als sie am 21. März 1907 abgebrochen wurden, 25,65 g; den in der Tabelle II angeführten Berechnungen wurde das Mittelgewicht von 26,6 g zugrunde gelegt.

1) So betrug der erwähnte Unterschied — der in der Regel einige Kubikzentimeter nicht überschritt — bei zwei Versuchen 80 resp. 100 ccm; hierdurch aufmerksam gemacht, hob ich den Behälter aus dem Kühlwasser und sah, dass durch eine Undichtigkeit beim Deckel ein ansehnliches Wassergewicht in den Behälter gelangt war.

In einer anderen ganzen Reihe von Versuchen (10) waren konsequent solche und noch grössere Unterschiede zwischen dem gefundenen und dem berechneten Volumen zu Ende des Versuches zu verzeichnen, nebst auffallend hohen Werten für die Kohlensäureproduktion. Endlich fand ich den Fehler in einer Undichtigkeit zwischen Wasserstrahl-Luftpumpe und Behälter, wodurch die Luft im Behälter nicht erneut wurde und so der grösste Teil der im vorigen Versuch gebildeten Kohlensäure im Behälter verblieben war. Natürlich musste ich dann für die Kohlensäureproduktion ganz falsche Ziffern erhalten, die aber erst bei obiger Kontrollberechnung als solche sich erwiesen.

Versuchsreihe C.

Fledermaus II, die bis 31. Januar 1907 den in der vorangehenden Arbeit beschriebenen Versuchen diente, sodann reichlich gefüttert wurde, kam nach 24stündigem Hungern am 21. Februar 1907 mit einem Gewichte von 24,3 g in den gekühlten Behälter. Als nach einer Reihe wohlgelungener Versuche der Kohlensäurewert unvermittelt ein auffallend geringer geworden war, holte ich den Behälter hervor und fand das Tier tot am Gitter hängend. Sein Gewicht betrug 24,1 g; es hatte also binnen eines Monats 0,2 g abgenommen. Der Mittelwert in der Höhe von 24,2 g diente als Rechnungsbasis.

Versuchsreihe D.

Sechs Fledermäuse, wochenlang reichlich gefüttert, wurden nach viertägigem Hungern am 30. September 1907 in einem hohen weiten Zylinderglas, das zu $\frac{3}{4}$ seiner Höhe im Kühlwasser stand, eingeschläfert. Am 6. Dezember 1907, also mehr als 2 Monate später, waren noch vier Fledermäuse am Leben; diese wurden in einen Behälter gesetzt, der genau so wie die oben verwendeten armiert, aber wesentlich grösser war. Nach einer Reihe wohlgelungener Versuche durch den plötzlichen Abfall der Kohlensäureproduktion aufmerksam gemacht, öffnete ich den Behälter und fand drei Tiere tot. Leider ist mir nur das Anfangsgewicht der Tiere, d. i. 101 g, bekannt gewesen, daher ich mit diesem Werte rechnen musste.

Versuchsreihe E.

Vier Fledermäuse, wochenlang reichlich gefüttert, wurden am 18. September 1907 wie die sub C erwähnten Tiere in Winterschlaf versenkt; am 23. Januar 1908 waren noch drei Stück am Leben und wurden zu einem gelungenen Respirationsversuch verwendet. Ihr Gewicht betrug nach dem Abbruch der Versuche 76 g.

In der nachfolgenden Tabelle II sind nur diejenigen Versuche angeführt, in denen die Parallelanalysen eine gute Übereinstimmung zeigten, und die auch durch die eben besprochene Kontrollberechnung als richtig sich erwiesen¹⁾; denn nur solche Versuche konnten als direkt beweisend angesehen werden.

1) Im Versuche 3 war dies nicht möglich, da eine Barometerablesung fehlt.

Tabelle II.

Versuchsreihe	Zahl, Nummer und mittleres Gewicht des verwendeten Tieres	Versuchs- nummer	Versuchs- datum	Versuchs- dauer in Stunden	Mittlere Tempera- tur im Tier- behälter ° C.
B	Fledermaus Nr. I, 26,6 g	1	9.—13. Febr. 1907	91	1,7
		2	13.—16. " 1907	66,5	1,7
		3	16.—19. " 1907	64,5	1,0
		4	19.—24. " 1907	113	1,7
		5	2.—7. März 1907	112	1,5
C	Fledermaus Nr. II, 24,2 g	6	26.—27. Febr. 1907	24	0,8
		7	27. Febr. bis 2. März 1907	117,5	2,5
		8	15.—20. März 1907	38	1,7
		9	20.—22. " 1907	70	1,0
D	4 Fledermäuse, 10,1 g	10	19.—23. Dez. 1907	92	2,2
		11	23.—27. " 1907	99,5	2,7
		12	27. Dez. 07 bis 2. Jan. 08	134,5	3,7
		13	2.—8. Jan. 1908	142,5	3,0
		14	8.—12. " 1908	96,5	2,2
E	3 Fledermäuse, 73 g	15	13.—19. Febr. 1908	142	5,0

(Siehe Tabelle III auf S. 126.)

Ergebnisse.

Wenn wir von dem Ergebnisse der Versuchsreihe B, die einer besonderen Besprechung bedarf, zunächst absehen, sehen wir die Werte für die Kohlensäure-CO₂-Ausscheidung zwischen 0,0395 und 0,0656 g, für den O₂-Verbrauch zwischen 0,0422 und 0,0731 g pro 1 Stunde und 1 g schwanken. (In Versuch 6,8 und 13 durften die Tiere eher in Halbschlaf als in tiefem Winterschlaf sich befunden haben.) Es sind dies Werte, die wesentlich höher sind als die auf S. 117 festgestellten. Auch dort sahen wir trotz der vielleicht zufälligen Übereinstimmung der für Fledermaus I und III berechneten Mittelwerte grosse Unterschiede in der Kohlensäureproduktion der einzelnen Tage; hier sind jene Unterschiede wie auch die Werte an sich zweifellos grösser. Es kann dies verschiedene Ursachen haben. Unter anderem war es in dem geheizten Zimmer, zumal Nachts, recht schwierig, zuweilen direkt unmöglich, das Kühlbad auf einer gleichmässigen Temperatur zu erhalten; anderseits mag das Aneinanderkollern schmelzender Eisstücke oft ein Geräusch gegeben haben, das den tiefen Schlaf der Tiere zu stören wohl imstande war. Ferner spielt die Eigenart der verschiedenen zu den Versuchen verwendeten Tierindividuen sicher

Tabelle III.

Versuchsreihe	Versuchsnummer	a		b		pro 100 ccm Behälterluft am Ende des Versuches		Respira- tions- quotient	c		d	Pro 1 Stunde und 1 kg Körper- gewicht		e		Differenz zwischen b und a — c + d	
		am Beginn des Versuches ccm	am Ende des Versuches ccm	CO ₂ - Zuwachs	O ₂ - Defizit	Gesamte CO ₂ -Pro- duktion normal ccm	Gesamter O ₂ -Ver- brauch normal ccm		CO ₂ -Pro- duktion g	O ₂ -Ver- brauch g		a — c + d	in Normal ccm	in Prozenten von b			
B	1	1769,5	1746,7	1,27	2,73	0,465	22,1	47,6	0,0180	0,0281	1744,0	+	2,7	0,15			
	2	1759,0	1749,4	0,92	1,64	0,559	16,1	28,8	0,0179	0,0233	1746,3	+	3,1	0,18			
	3	?	1773,2	0,90	1,62	0,553	15,9	28,8	0,0182	0,0240	?	?	?	?			
	4	1758,6	1728,7	1,63	3,24	0,503	25,2	56,1	0,0185	0,0267	1725,7	+	3,0	0,17			
	5	1770,4	1743,9	1,94	3,56	0,545	33,8	62,0	0,0223	0,0298	1742,2	+	1,7	0,10			
C	6	1847,7	1818,0	3,69	5,48	0,679	67,0	98,8	0,2269	0,2432	1815,9	+	2,1	0,12			
	7	1821,3	1768,1	5,36	8,22	0,652	94,8	145,3	0,0656	0,0731	1770,8	—	2,3	0,14			
	8	1804,8	1733,4	3,03	4,41	0,688	54,1	78,6	0,1156	0,1223	1780,3	+	3,1	0,17			
	9	1835,4	1814,2	3,08	4,66	0,661	55,9	84,5	0,0649	0,0714	1806,4	+	7,8	0,43			
	10	9273	9163	3,08	4,45	0,693	282,5	407,8	0,0598	0,0628	9144,7	+	15,3	0,15			
D	11	9335	9285	2,14	3,14	0,681	197,7	294,0	0,0395	0,0422	9242,3	—	7,3	0,08			
	12	9094	8976	3,28	4,73	0,693	294,8	424,9	0,0427	0,0447	8963,9	+	12,1	0,14			
	13	9174	8791	9,07	13,57	0,669	797,5	1192,8	0,1090	0,1185	8778,7	+	12,3	0,14			
	14	9132	9048	2,35	3,39	0,693	212,8	307,2	0,0429	0,0451	9037,6	+	10,4	0,12			
E	15	9228	9131	2,59	3,72	0,696	236,3	338,8	0,0431	0,0450	9125,5	+	5,5	0,05			

eine grosse Rolle; Altersunterschiede sowie das Geschlecht, das leider nicht festgestellt wurde, konnten auch mit im Spiele sein. Dass solche Wertschwankungen kaum zu vermeiden sind, werden wir aus den sogleich zu besprechenden Ergebnissen anderer Autoren, die über den Winterschlaf arbeiteten, ersehen. Wie dem immer sei, können wir jene Werte: 0,0395—0,0656 g pro Stunde und Kilogramm für die Kohlensäureproduktion und 0,0422—0,0731 g für Sauerstoffverbrauch, die immer nur noch einige Prozente des Wachwertes betragen, als für den Winterschlaf der Fledermaus charakteristisch ansehen.

Was die Ergebnisse anderer Autoren anbelangt, erhielten:

	Pro 1 Stunde CO ₂ -Produktion g	und 1 kg O ₂ -Verbrauch g
Delsaux ¹⁾ an Fledermäusen ²⁾	0,0394—0,0613	—
Pembrey und White ³⁾ an Fledermäusen	0,084 ⁴⁾	—
Koeninck ⁵⁾ an Fledermäusen ⁶⁾	0,082—0,086	—
Regnault und Reiset ⁷⁾ am Murmeltier	0,023—0,037	0,040—0,048
Valentin ⁸⁾ am Murmeltier	0,014—0,024	—
Weinland und Riehl ⁹⁾ am Murmeltier .	0,0419 u. 0,0476 ¹⁰⁾	0,0438 u. 0,0825 ¹⁰⁾
Marès ¹¹⁾ am Ziesel	0,021—0,039	0,032—0,045

1) E. Delsaux, Sur la respiration des chauves-souries pendant leur sommeil hivernal. Arch. de Biol. t. 7 p. 207 ff. 1887.

2) *Plecotus auritus* and *Vespertilio murinus*.

3) M. S. Pembrey and W. Hale White, The regulation of temperature in hibernating animals. Journ. of Physiol. vol. 19 p. 483. 1895—1896.

4) Durchschnittswert mehrerer Versuche.

5) l. c.

6) 4—5 g schwere Exemplare von *Nannugo pipistrellus*, davon nur eines (Nr. 1) wirklich in tiefem Winterschlaf sich befand.

7) Zitiert bei Pembrey, Observations upon the respiration and temperature of the marmot. Journ. of Physiol. vol. 27 p. 81. 1901—1902, und bei Pembrey, s. Anmerkung 3.

8) Valentin, Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Tiere Bd. 2 S. 285. 1857; Bd. 10 1870. Zitiert bei Pembrey, s. Anmerkung 7.

9) Ernst Weinland und Max Riehl, Beobachtungen am winterschlafenden Murmeltier. Zeitschr. f. Biol. Bd. 69.

10) Werte zweier Versuche; in den übrigen Versuchen hatten sich die Tiere augenscheinlich nicht im Winterschlaf befunden.

11) M. F. Marès, Experiences sur l'hibernation des mammifères. Comptes rendus d. l. Société de Biol. (Mémoires) 1892 p. 313.

In diese Zusammenstellung habe ich Werte wie die von Pembrey¹⁾, Voit²⁾ u. a., die sich höchstens auf einen Halbschlaf beziehen, nicht aufgenommen.

Von allen in obiger Zusammenstellung angeführten Daten sind es die von Delsaux, denen die von mir gefundenen am nächsten stehen.

Der respiratorische Quotient.

Recht bedeutsam erscheint mir die wirklich auffallende Konstanz der respiratorischen Quotienten der hier besprochenen zehn Versuche, die in den engen Grenzen zwischen 0,652 und 0,696 schwanken und im Durchschnitt 0,681 betragen. Ein ähnlich niedriger Quotient, der „glatte Verbrennung“ vorausgesetzt, den theoretisch denkbar niedrigsten Wert noch unterschreitet, wird bekanntlich im Hungerzustand beobachtet und daraus erklärt, dass hierbei ausser Kohlensäure noch andere kohlenstoffhaltige, nicht vollständig oxydierte Verbindungen (Acetonkörper) entstehen, die einen Abbruch im CO₂-Gehalt der Exspirationsluft zur Folge haben.

So fanden Lehmann und Zuntz³⁾ am Hungerkünstler Cetti am 2.—11. Hungertag Quotienten von 0,68, 0,68, 0,65, 0,66, 0,66, 0,67, 0,68, 0,68, 0,67, 0,68, im Durchschnitt 0,67; am besser beleibten Breithaupt⁴⁾ allerdings am 3.—9. Hungertag einen Quotienten von 0,70 im Durchschnitt. Desgleichen fand Luciani⁵⁾ am Hungerkünstler Succi niedrige Respirationsquotienten, die im Durchschnitt 0,685 betragen. Diesen Werten kommen die von mir beobachteten am nächsten.

Was die von anderen Autoren beobachteten, zuweilen äusserst niedrigen Quotienten anbelangt, muss man sagen, dass sie wohl oft den Tatsachen entsprochen haben mögen (wie aus den sogleich zu

1) Pembrey, l. c. S. Anmerkung 7 S. 127.

2) Carl Voit, Über die Wirkung der Temperatur der umgebenden Luft auf die Zersetzungen im Organismus der Warmblüter. Zeitschr. f. Biol. Bd. 14 S. 57 ff.

3) Curt Lehmann, Friedrich Müller, Immanuel Munk, H. Senator, N. Zuntz, Untersuchung an zwei hungernden Menschen. Virchow's Arch. Bd. 131 (Dreizehnte Folge Bd. 1) Supplementheft S. 50.

4) Ibidem S. 91.

5) Luciani, Das Hungern S. 185—196. Autorisierte Übersetzung von M. O. Fraenkel, Hamburg und Leipzig. Zitiert bei Curt Lehmann usw. l. c. S. 180. S. Anmerkung 3.

erörternden Befunden an Fledermaus I hervorgeht), oft aber, wie Magnus-Levy¹⁾ erwähnt, sicher auf Analysenfehlern, besonders in den Sauerstoffbestimmungen, beruhen. — So fanden:

	Resp. Quotient
Regnault und Reiset ²⁾ am Murmeltier (Winterschlaf). . . .	0,588—0,400
Valentin ³⁾ am Murmeltier (Winterschlaf	0,44
Voit ⁴⁾ am Murmeltier (leiser Schlaf)	0,33
Marès ⁵⁾ am Ziesel in zwei Versuchen	0,250 u. 0,295!
Marès am Ziesel in anderen Versuchen	1,664!
Pembrey ⁶⁾ an der Haselmaus (im Winterschlaf)	0,54—0,23
Pembrey ⁷⁾ am Murmeltier (im Winterschlaf)	0,53—0,55
Pembrey ⁸⁾ am Murmeltier (wach, gut genährt)	1,24—1,39!
Weinland und Riehl ⁹⁾ am Murmeltier (im Winterschlaf) . .	0,42—0,69

Ganz eigenartig sind die an Fledermaus I in der Versuchsreihe B erhaltenen Resultate. Pro 1 Stunde und 1 kg berechnet, beträgt hier die Kohlensäureproduktion 0,019 g, der Sauerstoffverbrauch 0,264 g im Durchschnitt von fünf Versuchen. Es sind dies Werte, die nicht nur tief unter den in den Versuchsreihen C, D, E gefundenen stehen, sondern — was die Kohlensäureproduktion anbelangt — auch wesentlich geringer sind, als die auf S. 116 besprochenen.

Noch auffallender ist der respiratorische Quotient, der in den fünf Versuchen jedesmal unter 0,6 geblieben war und im Durchschnitt 0,525 beträgt.

Was diese niedrigen Kohlensäurewerte anbelangt, wurden ähnliche von Regnault und Reiset, Valentin und Marès (S. 127) beobachtet; wie bereits erwähnt, kommen für die Erklärung eines

1) Magnus-Levy, Noorden's Handb. d. Pathol. d. Stoffwechsels, 2. Aufl., Bd. I S. 220. 1906.

2) Regnault et Reiset, Recherches chimiques sur la respiration des animaux. Paris 1849. Zitiert bei Curt Lehmann usw. S. 181. S. Anmerkung 3 S. 128 und Pembrey, s. Anmerkung 3 S. 127.

3) Valentin, s. Anmerkung 8 S. 127.

4) l. c.

5) l. c.

6) M. S. Pembrey, Further observations upon the respiratory exchange and temperature of hibernating mammals. Journ. of Physiol. vol. 29 p. 211.

7) S. Anmerkung 7 S. 127.

8) S. Anmerkung 7 S. 127.

9) l. c. (in zwei auf S. 127 angeführten Versuchen).

derartig abweichenden Verhaltens zunächst die Eigenart des Tier-individuums, sodann ein Zusammenspiel äusserer Versuchsbedingungen (gleichmässig niedrige Temperatur, Ruhe usw.) in Betracht: es schlief eben dieses Tier so fest wie keines der übrigen; daher war sein Stoffverbrauch ein wesentlich geringerer.

Wir haben nicht das Recht, etwa einen krankhaften Zustand dieses Tieres anzunehmen; dass derselbe durchaus physiologisch war, ging daraus hervor, dass die Fledermaus nach Abbruch des letzten Versuches, vorsichtig aus dem Behälter genommen, bei der ersten Berührung sich zu bewegen begann und in den 2—3 Sekunden, die bis zu seiner Tötung durch Dekapitation verliefen, laut schrie, ebenso wie die anderen Fledermäuse. Der auffallend niedrige Respirationsquotient dieser Versuchsreihe B spricht dafür, dass die auf S. 128 erwähnte Abspaltung kohlenstoffhaltiger Verbindungen (ausser Kohlensäure) im tiefsten Winterschlaf in höherem Ausmaass vor sich geht als in etwas leiserem Winterschlaf (der Reihen C, D, E) und im Hungerzustande wachender Säugetiere. Ob es dabei zu einer Abspaltung und Aufspeicherung von Glykogen kommt, soll nun in folgendem kurz erörtert werden.

Glykogengehalt.

Weinland und Riehl¹⁾ fanden am Murmeltiere, im Gegensatz zu früheren Autoren, „dass der absolute Gehalt der Tiere an Glykogen während des Schlafes als ein konstant bleibender anzusehen ist. Eine Änderung im Glykogengehalt findet nicht statt; wo eine solche (eine Zunahme) einzutreten scheint, ist sie durch Gewichtsabnahme des Tieres bedingt“

An einigen der zu obigen Versuchen dienenden Tieren habe ich am Schluss der Versuche, ferner an zahlreichen anderen Fledermäusen die Bestimmung des Glykogens und zwar im ganzen Tier ausgeführt. Soweit es sich um Fledermäuse im Winterschlaf handelte, habe ich Sorge dafür getragen, dass die Tiere womöglich getötet werden, ohne vorher aus dem Winterschlaf gänzlich zu erwachen; noch ehe die durch die unvermeidliche Berührung fast momentan ausgelöste erste Inspiration recht ausgeführt war, erfolgte mit einem Scherenschlag

1) Ernst Weinland und Max Riehl, Über das Verhalten des Glykogens beim heterothermen Tier. Zeitschr. f. Biol. Bd. 50. Dasselbst auch Literatur.

ihre Dekapitation. Durch 5—8 weitere Scherenschläge war der Kadaver in ebenso viele Stücke zerschnitten und kam mit Haut und Knochen in die bereits vorher erwärmte Kalilauge, um gelöst und aufgeschlossen zu werden. Da — wie erwähnt — die Wächperiode, wenn überhaupt, nur 1—2 Sekunden gedauert hatte, ist es ganz ausgeschlossen, dass das im Winterschlaf etwa gebildete und aufgehäufte Glykogen der Bestimmung entgangen sein konnte. Das Aufschliessen der Tierleiber selbst, sowie die gravimetrische Bestimmung des Glykogens, wurde nach Pflüger's¹⁾ Vorschrift — bei genauem Einhalten aller von ihm angegebenen Kautelen — vorgenommen.

Ich muss bemerken, dass ich bei diesen Analysen auf eine gleichzeitige polarimetrische Bestimmung des Glykogens verzichten musste, da die Lösungen immer gelb bis dunkelgelb waren und auch nach wiederholtem Umfällen nicht farblos wurden. Das Vorgehen, das Pflüger²⁾ für diesen Fall vorschreibt, war mir zur Zeit dieser Untersuchungen noch nicht bekannt.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich darin, dass ich in zahlreichen Fällen, wo ganze Fledermauskörper verkocht wurden (niemals jedoch in den Probeanalysen an Pferdefleisch), keine flockige Ausscheidung des Glykogens erhielt und bloss ein firnisartiger Belag an Wand und Boden des Gefässes zu sehen war. — Eine ganze Anzahl solcher Versuche wurde als negativ oder misslungen angesehen, und erst nach Pflüger's³⁾ diesbezüglicher weiterer Publikation wurde der Versuch in ähnlichen Fällen entsprechend zu Ende geführt.

Nach dem Erkalten der Lauge, in der die Tierleiber aufgeschlossen wurden, hatte sich obenauf in der Regel eine ca. 1 cm dicke, feste Seifenrinde gebildet; in einigen Versuchen habe ich diese in Wasser gelöst und auf Glykogen verarbeitet, ohne auch nur

1) Eduard Pflüger, Eine neue Methode der Glykogenanalyse. Pflüger's Arch. Bd. 114 S. 231—248. 1906. Ferner: Untersuchungen über die quantitative Analyse des Traubenzuckers. Pflüger's Arch. Bd. 69 S. 399—472. 1898. Die quantitative Analyse des Glykogens. Pflüger's Arch. Bd. 90 S. 523. 1902. Glykogen. Pflüger's Arch. Bd. 96 S. 1—399. 1903.

2) Eduard Pflüger, Unter gewissen Lebensbedingungen nimmt usw. Pflüger's Arch. Bd. 120. 1907.

3) Eduard Pflüger, Über merkwürdige Fällung des Glykogens. Pflüger's Arch. Bd. 121. 1908.

eine Spur davon zu erhalten. In den übrigen Versuchen konnte ich also die vorher sorgfältig abgespritzte Seife, die sicher kein Glykogen eingeschlossen enthielt, getrost entfernen und nur die darunter befindliche Flüssigkeit verarbeiten.

Ich führte eine Probebestimmung aus und fand:

in nicht ganz frischem Pferdefleisch	1,090 % Glykogen
in zwei weissen Mäusen (gefüttert, Gewicht 32,7 g)	0,048 % „
in anderen zwei weissen Mäusen (gefüttert, Gewicht 40,1 g)	0,096 % „

Fledermausanalysen. Es gaben:

1. drei Fledermäuse, wochenlang gefüttert, 3 Tage vor dem Tode hungernd, Gewicht 67,9 g **0,046 % Glykogen**
2. vier Fledermäuse, wochenlang gefüttert, 3 Tage vor dem Tode hungernd, Gewicht 97 g **0,255 % „**
3. eine Fledermaus, gleich nach dem Einfangen verarbeitet, 32,6 g schwer, bloss einen firnisartigen Belag am Becherglas **nicht bestimmt**
4. eine Fledermaus, wie oben Nr. 3, 35,7 g schwer, bloss ein firnisartiger Belag . . **nicht bestimmt**
5. Fledermaus I (der Versuche auf S. 116 und 126); im Winterschlaf getötet; das Tier hatte 58 Tage lang geschlafen; sein Gewicht betrug 25,65 g **0,096 % Glykogen**
6. drei Fledermäuse, die 40 Tage lang geschlafen hatten und ein Gewicht von 76 g hatten, enthielten **0,084 % „**

Soweit diese wenigen Versuche überhaupt eine Folgerung gestatten, erhellt aus ihnen, dass eine Anhäufung von Glykogen im Winterschlaf bei Fledermäusen nicht stattfindet.

Da sich in den oben angeführten Versuchsreihen C bis E gezeigt hat, dass der respiratorische Quotient nur ausnahmsweise abnorm niedrig ist, und gerade die von den früheren Autoren gefundenen auffallend niederen Quotienten zur Annahme einer Glykogenabspaltung und -anhäufung führten, sind meine Befunde, die keine Glykogenanhäufung zeigen, eigentlich selbstverständlich. Aber auch

bei wirklich abnorm niedrigen Respirationsquotienten, wie er bei Fledermaus I (S. 129) beschrieben ist, war von einer besonderen Glykogenanhäufung — die, wenn überhaupt, so hier, sich hätte zeigen sollen — nichts zu sehen.

Die Ergebnisse der angeführten Versuche lassen sich in folgendem kurz zusammenfassen:

1. Die CO_2 -Produktion und der O_2 -Verbrauch der winterschlafenden Fledermaus betragen etwas über 1% der entsprechenden Hungerwerte des wachen Tieres.

2. Der respiratorische Quotient (0,652—0,696) ist meistens nicht niedriger, als er in protrahierten Hungerversuchen an anderen Tieren beobachtet wurde; ausnahmsweise kommen Werte unter 0,5 vor.

3. Eine Glykogenansammlung in der winterschlafenden Fledermaus findet nicht statt.
