

Ueber den respiratorischen Stoffwechsel eines diabetischen Hundes nach Pankreas-Exstirpation.

Von

Dr. W. Weintraud,

und

Dr. E. Laves,

ehemal. Assistenten an der medic. Klinik

Assistenten am physiol.-chem. Institut

der Universität Strassburg i. E.

(Der Redaction zugegangen am 6. Juni 1894.)

Die Beobachtung Minkowski's¹⁾, dass bei diabetischen Hunden nach Pankreas-Exstirpation linksdrehende Kohlenhydrate noch Glykogenansatz hervorrufen, während Dextrose-Fütterung bei denselben keine Glykogen-Ablagerung zur Folge hat, ist geeignet, für die in klinischen Beobachtungen schon lange hervorgetretene Verschiedenheit im Verhalten linksdrehender und rechtsdrehender Kohlenhydrate im diabetischen Organismus eine Erklärung abzugeben.

Die Annahme ist naheliegend, dass die Toleranz des Diabetikers für linksdrehende Kohlenhydrate in Zusammenhang stehe mit seiner Fähigkeit, aus solchem Glykogen zu bilden, namentlich für diejenigen, welche eine unzureichende Glykogenbildung aus Dextrose für die Ursache der Glykosurie beim Zuckerkranken halten.

Die Frage, ob im normalen Organismus das Kohlenhydrat-Molekül, ehe es in seine Stoffwechsel-Endprodukte übergeführt wird, eine Umbildung in Glykogen erleiden muss, ist noch nicht entschieden. Die Schnelligkeit und Vollständigkeit, mit der grosse Kohlenhydratmengen im Organismus verbrennen, sprechen nicht dafür, dass Glykogen als ein nicht zu umgehendes Zwischenprodukt des Kohlenhydrat-Stoffwechsels immer erst aus dem in Circulation gerathenen Zucker vor dessen Oxydation entsteht. Eine definitive Lösung dieser für unsere Kenntniss des physiolog. Abbau's des Kohlenhydrat-Moleküls so wichtigen Frage ist jedoch noch nicht gegeben.

¹⁾ Minkowski, Untersuchungen über den Diabetes mellitus nach Pankreas-Exstirpation. Arch. f. exp. Path., Bd. XXXI, S. 85 ff.

In gleicher Weise schwierig zu entscheiden ist die Frage, ob im diabetischen Organismus die Fähigkeit der Consumirung linksdrehenden Zuckers, mit anderen Worten, das Ausbleiben der Glykosurie nach Verabreichung von Lävulose, auf dem erhaltenen Vermögen der Gewebe, linksdrehende Kohlenhydrate zu verbrennen, beruht, oder ob sie, wie oben angedeutet, mit der Fähigkeit der Leberzellen aus linksdrehendem Kohlenhydrat noch Glykogen zu bilden, in Zusammenhang gebracht werden muss.

Die Untersuchung der gasförmigen Ausscheidungen scheint am ehesten geeignet, einiges Licht auf diese noch ganz dunkeln Gebiete des intermediären Stoffwechsels zu werfen, doch bedarf es bei der complicirten Fragestellung ganz besonders günstiger Versuchsbedingungen, wenn eindeutige Schlüsse aus den Untersuchungsergebnissen gezogen werden sollen.

Im gesunden Organismus, der sich in Stoffwechselgleichgewicht befindet, wird eine bestimmte Menge verabreichten Kohlenhydrates (rechtsdrehenden wie linksdrehenden) einen Glykogen-Ansatz und ein bedeutendes Ansteigen des resp. Quotienten in Folge starker Zunahme der Kohlensäureproduktion bewirken.

Beim Diabetiker erfolgt auf die Verabreichung von rechtsdrehendem Kohlenhydrat (oder von Amylum, das zu rechtsdrehendem Zucker im Organismus wird), eine Steigerung der Glykosurie, die um so erheblicher ist, je schwerer der Fall. In den schwersten Fällen wird fast die ganze verabreichte Zuckermenge im Urin wieder ausgeschieden; sie kann also weder Glykogen-Ansatz noch Steigerung der CO_2 -Produktion hervorrufen.

Links drehende Kohlenhydrate, dem Diabetiker vorübergehend verabreicht, steigern die Zuckerausscheidung nur unerheblich; der Rest, der nicht als Dextrose im Urin erscheint, kann sowohl als Glykogen im Organismus abgelagert, wie auch zu Kohlensäure und Wasser verbrannt worden sein. Die Bestimmung der resp. Stoffwechselprodukte muss den Umfang der beiden Vorgänge und ihren zeitlichen Verlauf bis zu einem gewissen Grade erkennen lassen.

Freilich schliesst das Anwachsen der CO_2 -Produktion nach Lävulose-Fütterung, das die Verbrennung von Kohlenhydratmolekülen im Organismus anzeigt, nicht aus, dass das verbrannte Kohlenhydratmolekül vor seiner Oxydation in Glykogen übergeführt war; aber das Ausbleiben einer entsprechenden Steigerung des resp. Quotienten muss anzeigen, ob Glykogen-Ansatz stattgefunden hat und in welchem Umfang dadurch Kohlenhydrat der (vollständigen) Oxydation entzogen worden ist.

Von solchen Erwägungen gingen wir aus, als wir den Einfluss rechtsdrehender und linksdrehender Kohlenhydrate auf den resp. Stoffwechsel im Diabetes untersuchten.

Zwei in vorstehender Arbeit mitgetheilte Versuche an einem Diabetiker hatten eindeutige Resultate nicht ergeben, einmal weil bei der Versuchsperson an dem Versuchstag durch die Kohlenhydratzulage offenbar Ueberernährung eintrat, dann aber auch, weil die diabetische Funktionsstörung bei dem Kranken z. Zt. der Versuche nicht in dem hohen Grade vorhanden war, wie es zur Entscheidung unserer Fragen nothwendig schien.

Ist doch die Fähigkeit, den mit der Nahrung eingeführten und den im Organismus entstandenen Zucker zu verbrennen, selbst in den schwersten Fällen menschlichen Diabetes nicht vollständig verschwunden, sondern nur geschwächt. Bei unserem Kranken aber war z. Zt. der Versuche diese Fähigkeit schon wieder derart erstarkt, dass er nicht nur reichlichere Eiweisszufuhr ohne Zuckerausscheidung ertrug, sondern, wie die Versuche bewiesen, auch einen Theil der eingeführten Kohlenhydrate verbrannte.

Wir sahen uns deshalb veranlasst, die Versuche an einem durch Pankreas-Exstirpation diabetisch gemachten Hunde zu wiederholen. Wenn solche Hunde auch, wie Minkowski zeigte, den denkbar höchsten Grad der diabetischen Funktionsstörung ebenfalls nicht aufweisen, d. h. bei reiner Fleischnahrung nicht entsprechend der ganzen im Eiweiss nach Abzug des Harnstoff-Kohlenstoffs zur Verfügung stehenden Kohlenstoffmenge Traubenzucker ausscheiden, so übertrifft der experimentelle Diabetes doch die schwersten Fälle beim Menschen an Intensität erheblich. Die Thiere scheiden auch bei reiner Fleischnahrung dauernd bedeutende Zuckermengen

aus und rechtsdrehende Kohlenhydrate erscheinen in der ganzen verabreichten Menge im Urin wieder. Glykogenansatz hat bei Fütterung mit rechtsdrehendem Kohlenhydrat bei ihnen überhaupt nicht mehr statt. Die den diabetischen Hunden eigenthümliche Störung der Fettresorption, ihre vollständige Unfähigkeit, rechtsdrehende Kohlenhydrate zu verwerthen und endlich die Constanz des Verhältnisses, indem sie aus dem eingeführten Eiweiss Zucker produciren, dies Alles lässt erwarten, dass auch die Verhältnisse des Gaswechsels nach Pankreas-Exstirpation bei Hunden in ganz bestimmter Weise modificirt sein müssen.

Aus dem resp. Quotienten wird man auf die Zusammensetzung des Nahrungsmoleküls, aus dem das diabetische Thier für seinen Kraftwechsel Energie schöpft, schliessen dürfen.

Theoretisch kann man durch nachfolgende Berechnung dasselbe sich zur Anschauung bringen:

Fett kommt für den Kraftwechsel des diabet. Hundes nicht in Betracht, weil es nicht resorbirt wird, Kohlenhydrat ebenfalls nicht, weil es nicht oxydirt wird. Allein aus dem Eiweissmoleküle schöpft der Organismus Energie.

100 gr. Eiweiss = 54,1 gr. C; 7,3 gr. H; 16,1 gr. N; 21,5 gr. O₂.

34,5 gr. Harnstoff = 6,9 gr. C; 2,3 gr. H; 16,1 gr. N; 9,2 gr. O₂.

47,2 gr. C; 5,0 gr. H; — 12,3 gr. O₂ + 11,74 gr. O₂.

45,08 gr. Zucker = 18,03 gr. C; 3,0 gr. H; — 24,04 gr. O₂.

28,17 gr. C; 2,0 gr. H; — —

Zieht man von diesem die zur Harnstoffbildung nöthigen Bestandtheile ab, so bedarf der Rest bereits einer Sauerstoff-Aufnahme zur Bildung derjenigen Zuckermenge, die erfahrungsgemäss die diabet. Thiere auf der Höhe der Krankheit aus Eiweiss bilden (N:D = 1:2,8).

Nach Abzug des Zuckers bleiben dann von 100 gr. Eiweiss noch 28,17 gr. C und 2 gr. H, die unter weiterer Aufnahme von O₂ zu Kohlensäure und Wasser sich oxydiren können und die einzige Wärmequelle für den Organismus darstellen. Im Ganzen müssen dabei 102,86 gr. Sauerstoff aufgenommen werden und es entstehen 103,29 gr. Kohlensäure, sodass das Verhältniss der Volumina beider 0,740 (Resp. Quotient) beträgt.

Den gleichen Werth darf man beim Gaswechselfersuch am Thier im Diabetes nach Pancreas-Exstirpation erwarten.

Die Versuche wurden mittelst eines Apparates angestellt, der im Wesentlichen dem von Regnault und Reiset¹⁾ angegebenen nachgebildet ist. Zur vollständigen Absorption der Kohlensäure wird die Luft zweimal durch Kalilauge hindurchgeleitet, statt nur an die Oberfläche derselben gebracht zu werden (siehe Hoppe-Seyler, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XIX, Seite 478, Abbildung).

Leider war die zur Aufnahme des Versuchstieres dienende Glocke bei dem uns zur Verfügung stehenden Apparat für unseren Hund etwas zu klein und es war unmöglich, eine ausreichende Ergänzung des aus der Athemluft verbrauchten Sauerstoffs zu bewerkstelligen, da die Entfernung der Kohlensäure aus der Athemluft bei der vorhandenen Ventilations-Anlage nicht in gewünschtem Umfange vor sich ging.

Nachdem am Schluss der beiden ersten je 5 stünd. Versuche eine sehr bedeutende Abnahme des O_2 -Gehaltes der Respirationsluft constatirt worden war, wurden in der Folge die Versuchszeit auf etwa 2 Stunden abgekürzt; doch konnte der Missstand dadurch nur eingeschränkt, nicht ganz beseitigt werden.

Der Einwand, dass der Gasaustausch in unseren Versuchen dadurch beeinflusst worden sei und dass die Versuchsergebnisse deshalb nicht verwerthbar seien, kann natürlich erhoben werden. Indessen auch in den klassischen Experimenten Regnault's und Reiset's war der O_2 -Gehalt der Athemluft am Ende des Versuchs oft auf gleich niedrige Werthe gesunken und die Ergebnisse dieser Versuche haben in den wesentlichen Punkten (abgesehen von der N-Ausscheidung) bis heute durch keine Nachprüfung widerlegt werden können.

Wir glauben darum von der Veröffentlichung der Resultate unserer Versuche um so weniger abstehen zu sollen, da gerade in denjenigen Versuchen, deren Ergebnisse wir allein verwerthen wollen, der erwähnte Missstand am wenigsten sich geltend machte und weil er in den betreffenden Versuchen un-

¹⁾ Regnault et Reiset. Recherches chimiques sur la Respiration des animaux. Paris 1849.

gefähr in gleichem Masse hervortrat, sodass eine Vergleichung der Endresultate, auf die es allein ankommt, wohl möglich ist.

Einem kleinen Hund von ca. 4—5 Kgr. Gewicht war am 17. IX. 93 nach der von Minkowski angegebenen Methode ein Theil des Pankreas unter die Bauchhaut transplantiert worden. Dasselbe heilte rasch ein und entleerte durch eine angelegte Fistel wirksamen Pankreassaft. Am 16. XII. 93 wurde der noch im Abdomen befindliche Rest des Pankreas exstirpiert. In Folge der Eiterung einiger Stichkanäle schloss sich die Laparotomie-wunde nur langsam und das Thier magerte jetzt etwas ab. Auch versiegte allmählig die Secretion des verlagerten Pankreasstückes.

Nachdem die Wunde völlig geschlossen und trotz zunehmender Atrophie des transplantierten Pankreasstückes bei der gewöhnlichen Fleischnahrung des Thieres nie Zucker im Urin desselben aufgetreten war, wurden am 26. I. 94 die Respirationsversuche begonnen.

Zunächst wurden in 4 Versuchen (I—IV), deren Ergebniss in nachstehender Tabelle I wiedergegeben ist, die uns interessirenden Verhältnisse des Gaswechsels bei dem Versuchsthier, so lange es noch nicht diabetisch war, festgestellt.

Sauerstoff-Aufnahme und Kohlensäure-Produktion hatten in normalem Umfang statt. Der resp. Quotient betrug bei gemischter Kost 0,87 und stieg nach Verabreichung von linksdrehendem Kohlenhydrat auf 0,98 und 0,93 an. Mit rechtsdrehendem Zucker wurde kein Versuch gemacht, da der Einfluss desselben auf den resp. Stoffwechsel ja hinreichend studirt ist.

Am 1. II. 94 wurde dann das stark atrophische transplantierte Pankreasstück entfernt. Die Operation war in wenigen Minuten beendet, die kleine Wunde wurde mit Collodium verschlossen. Das entfernte Drüsenstück hatte kaum die Grösse einer Bohne. Trotzdem hatte es genügt, um den Eintritt des Diabetes zu verhüten.

Bereits am anderen Morgen nach seiner Entfernung enthielt der Harn des Hundes, der jetzt bei absoluter Fleischkost gehalten wurde, 1% Zucker, am Morgen des 3. II. entleerte der Hund Urin, in dem 4,6% Zucker und 1,63% Stickstoff enthalten waren ($N : D = 1 : 2,8$). Da dies Verhältniss der Zahl entspricht, die den gewöhnlichen Grad der diabetischen Functionsstörung bei

Hunden nach Pankreas-Exstirpation (Minkowski) angibt, so wurden jetzt die Gaswechselversuche wieder aufgenommen.

Vor dem zweiten Versuch (VI.) hatte der Hund 40 gr. Rohrzucker in 120 ccm. Milch erhalten, damit der Einfluss von Kohlenhydratzulage zur Fleischkost festgestellt werde. Eine Steigerung der resp. Quotienten, wie sie früher, bevor das Thier diabetisch war, sich gezeigt hatte, war jetzt nicht zu bemerken.

Am 4. II. Nachmittags wurde, nachdem das Thier Morgens gemischte Nahrung (Fleisch, Fett und Amylum, keinen Zucker) erhalten hatte, wieder ein 2ständiger Versuch (VII.) gemacht, dem nach 1 Stunde ein weiterer folgte (VIII.), nachdem zuvor das Versuchsthier 40 gr. Glykose (in Wasser gelöst), getrunken hatte.

Schliesslich folgte am 5. II. noch ein letzter Versuch (IX.) nach Verabreichung von 20 gr. Lävulose. Leider konnten aus äusseren Gründen weitere Versuche an dem Thiere nicht angestellt werden. Dasselbe verendete am 16. II., nachdem noch 8 Tage lang sein Diabetes in gleicher Intensität fortgedauert und erst in den letzten beiden Tagen die Glykosurie abgenommen hatte.

Die Tabelle I, welche auch die Ergebnisse dieser Versuche enthält, lässt erkennen, dass die Werthe für Sauerstoff-Aufnahme und CO_2 -Production des diabetischen Thieres nicht wesentlich differiren von den vor der Pankreas-Exstirpation erhaltenen. Im Mittel aus 4 Versuchen verbrauchte das Thier, so lange es gesund war, pro Min. und Kgr. Körpergewicht 13,35 ccm. O_2 und exhalirte 12,35 ccm. CO_2 , und nachdem es diabetisch geworden war, 13,41 ccm. O_2 und 12,24 ccm. CO_2 . Diese Mittelwerthe entsprechen fast genau denjenigen, die auch Regnault und Reiset für kleine Hunde gefunden hatten (S. 130). Die Zahlen für die producirt CO_2 -Menge stimmen auch in den einzelnen Versuchen gut mit einander überein, die aufgenommenen Sauerstoffmengen schwanken innerhalb etwas weiterer Grenzen. Wenn unmittelbar vor dem Versuch Nahrungsaufnahme stattgefunden hatte, findet sich, und zwar der Menge der eingeführten Kohlenhydrate ungefähr^{te} entsprechend, Steigerung der Sauerstoff-Aufnahme.

Das Verhalten des respiratorischen Quotienten nimmt das Hauptinteresse in Anspruch. Derselbe sinkt nicht, wie

man der Berechnung nach hätte erwarten dürfen, sondern hat fast genau den gleichen Werth (0,89) wie früher (0,87).

Verabreichung von Traubenzucker vermag indessen nicht mehr, wie beim gesunden Thier, eine Steigerung des resp. Quotienten zu bewirken. Nach 40 gr. Dextrose betrug er nur 0,84. Dagegen steigt er nach Verabreichung von Lävulose genau, wie vor der Pankreas-Exstirpation, prompt an und erreicht, wie beim gesunden Thier, den Werth 1. Auch am Gaswechsel ist somit zu erkennen, dass der linksdrehende Zucker verbrannt wird, während der rechtsdrehende den Organismus unzersetzt wieder vorlässt.

Die Frage, ob der linksdrehende Zucker vor seiner Verbrennung in Glykogen umgewandelt worden war, ist damit noch nicht entschieden. Die relative Zunahme der Kohlensäure-Ausscheidung nach der Lävulose-Einfuhr kann entweder durch directe Oxydation derselben in den Geweben oder durch Verbrennung des aus ihr gebildeten Glykogens zu Stande kommen. Ueber anderes Material zur Bildung der Kohlensäure (Glykogen-Vorrath) verfügt das diabetische Thier nicht. Ob der eine oder andere Modus beim Abbau des linksdrehenden Kohlenhydrat-Moleküls im Diabetes statt hat, wird sich nur durch ununterbrochene Serien von Bestimmungen des resp. Quotienten nach Lävulose-Einfuhr entscheiden lassen, nachdem durch andere Versuche erst der zeitliche Verlauf der Glykogen-Ablagerung nach Darreichung linksdrehenden Zuckers studirt ist.

Bei Ausführung der Versuche wurde das Sauerstoffgas aus einem calibrirten und äquilibrirten Glasgasometer zugeleitet.

Der Kohlensäuregehalt der Luft wurde bei Beginn nach Pettenkofer's Titrirungsmethode, am Schluss der Versuche zugleich mit der Sauerstoffbestimmung durch Absorption mittelst Natronlauge festgestellt.

Von der Berücksichtigung der Ergebnisse des Versuches Nr. V, bei dem, vielleicht in Folge von Undichtigkeit des Verschlusses, auffallend niedrige absolute Werthe erhalten wurden, wird besser abgesehen werden.

Auch die Consumptionsfähigkeit für linksdrehenden Zucker war bei dem Versuchsthier geschwächt und dies schon vor der Pankreas-Exstirpation. Nach der Lävulosefütterung (Versuch II und III) enthielt sein Urin jedesmal reichlich Lävulose; nach den 20 gr. Lävulose in Versuch IX enthielt der Urin neben der reichlichen Dextrose nur Spuren linksdrehenden Zuckers.

Zusammenstellung der Resultate der mit dem Hunde angestellten Respirationsversuche.

Gewicht des Hundes.	Nr.	Zeit.	Dauer.	Procentgehalt der Luft des Apparates am Schluss des Versuchs an:		CO ₂ -Production.		O ₂ -Verbrauch.		Respiratorischer Quotient.	Be- merkungen.
				O ₂ .	CO ₂ .	In 24 Stunden.	Pro Kgr. und Minute.	In 24 Stunden.	Pro Kgr. und Minute.		
3,4 Kgr.	I.	26. I. 94 Nachm.	4 St. 55 M.	9,75%	2,2%	51,93 l.	10,75 cbcm.	59,55 l.	12,34 cbcm.	0,87	—
3,48 Kgr.	II.	28. I. 94 Nachm.	4 St. 45 M.	8,6%	2,25%	71,75 l.	14,04 cbcm.	72,62 l.	14,21 cbcm.	0,988	Lävulose 50 gr.
3,565 Kgr.	III.	31. I. 94 Nachm.	2 St. 11 M.	13,6%	2,4%	64,01 l.	12,47 cbcm.	68,53 l.	13,35 cbcm.	0,9341	Lävulose 20 gr.
3,555 Kgr.	IV.	31. I. 94 Nachm.	2 St.	13,5%	1,93%	62,088 l.	12,13 cbcm.	69,228 l.	13,52 cbcm.	0,8968	—
2,948 Kgr.	V.	3. II. 94 Nachm.	1 St. 55 M.	13,8%	1,18%	36,66 l.	8,622 cbcm.	34,764 l.	8,506 cbcm.	1,05	—
2,93 Kgr.	VI.	3. II. 94 Nachm.	1 St. 31 M.	10,7%	5,0%	53,444 l.	12,61 cbcm.	65,405 l.	15,41 cbcm.	0,82	Rohzucker 40 gr.
3,19 Kgr.	VII.	4. II. 94 Nachm.	2 St.	10,85%	1,87%	53,148 l.	11,57 cbcm.	59,1 l.	12,87 cbcm.	0,8993	Nihil.
3,188 Kgr.	VIII.	4. II. 94 Nachm.	1 St. 57 M.	15,2%	1,86%	55,408 l.	12,1 cbcm.	65,909 l.	14,35 cbcm.	0,843	Dextrose 40 gr.
3,19 Kgr.	IX.	5. II. 94 Nachm.	2 St. 4 M.	12,1%	2,16%	59,616 l.	12,68 cbcm.	55,2384 l.	12,03 cbcm.	1,054	Lävulose 20 gr.

1. Versuch am Hunde.

		CO ₂ -Bestimmung.				O ₂ -Bestimmung.					
Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	Menge der Kallauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kallauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		Menge des zugeleiteten O ₂ .	
						in 1 l.	in 10,86 l.	Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .	Menge des O ₂ .		
Zu Beginn des Versuches:	3,425 Kgr.	150 C.	748 mm.	600 cbcm. mit 0,63% CO ₂ .	3,781 gr.	0,7 cbcm.	0,0076	11,64 l. mit 20,92% O ₂ .	2,436 l.	12,552 l. mit 94,5% O ₂	
Am Schluss des Versuches:	3,28 Kgr.	150 C.	752,5 mm.	615 cbcm. mit 3,9286% CO ₂ .	24,161 gr.	22,0 cbcm.	0,2376	11,69 l. mit 9,75% O ₂ .	1,139 l.	12,55 · 94,5 (750,0 - 12,6)	
		Zunahme an 20,38 gr. CO ₂ : = 10,4 l. + 0,23 l.				10,63 l. CO ₂ .		Verbrauch an O ₂ : 1,297 l. + 10,906 l. O ₂ .			
		Dauer 4 Stunden 55 Min.						12,203 l. O ₂ .			

In 24 Stunden.	Pro Kgr. und Minute.
CO ₂ -Production	51,93 l. 10,75 cbcm.
O ₂ -Verbrauch	59,55 l. 12,34 cbcm.

Respiratorischer Quotient: 0,87.

2. Versuch am Hunde.

	Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	CO ₂ -Bestimmung.			O ₂ -Bestimmung.				
					Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. in 1 l. in 11 l.	O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		Menge des zugeleiteten O ₂ .		
								Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .	Menge des O ₂ .			
Zu Beginn des Versuches:	28. I. 94 2.23 Uhr Nachm.	3,55 Kgr.	150 C.	748,7 mm.	600 cbcm. mit 0,6288% CO ₂ .	3,773 gr.	0,63 cbcm. l.	0,007	11,66 l. mit 20,92% O ₂ .	2,433 l.	14,894 l. mit 94,5% O ₂ .	
Am Schluss des Versuches:	28. I. 94 7.12 Uhr Abends.	3,4 Kgr.	150 C.	748,7 mm.	615 cbcm. mit 5,14% CO ₂ .	31,603 gr.	22,5 cbcm. l.	0,247	11,66 l. mit 8,6% O ₂ .	0,79 l.	$\frac{14,894 \cdot 94,5 (749,0 - 12,6)}{100 \cdot 760 (1 + 0,003665 \cdot 15)} =$	
Dauer: 4 Stunden 45 Min.					Zunahme an 27,83 gr. CO ₂ : = 14,16 l. + 0,24 l. 14,4 l. CO ₂ .			Verbrauch an O ₂ : 1,643 l. + 12,93 l. O ₂ . 14,573 l. O ₂ .				

In	Pro Kgr. und Minute.
24 Stunden..	

CO ₂ -Production . . .	71,75 l.	14,04 cbcm.
O ₂ -Verbrauch . . .	72,62 l.	14,21 cbcm.

Respiratorischer Quotient: 0,988.

3. Versuch am Hunde.

Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	CO ₂ -Bestimmung.			O ₂ -Bestimmung.				
				Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. in 1 l. in 11 l.	O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		Menge des zugeleiteten O ₂ .		
							Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .	Menge des O ₂ .			
Zu Beginn des Versuches:	3,57 Kgr.	140 C.	741 mm.	400 ebcm. mit 0,6288% CO ₂ .	2,515 gr.	0,9 ebcm.	0,01	11,65 l. mit 20,91 % O ₂ .	2,456 l.	$\frac{6,276 \cdot 94,5 (741,1 - 12,6)}{760 \cdot 100 (1 + 0,003665 \cdot 15)} = 6,276 \text{ l. mit } 94,5 \% \text{ O}_2$	
Am Schluss des Versuches:	3,56 Kgr.	120 C.	741 mm.	405 ebcm. mit 3,325% CO ₂ .	13,465 gr.	24,0 ebcm.	0,264	11,65 l. mit 13,6 % O ₂ .	1,612 l.		
Dauer 2 Stunden 11 Min.				Zunahme an 10,95 gr. CO ₂ : = 5,57 l. + 0,253 l.			5,823 l. CO ₂ .			Verbrauch an O ₂ : 0,841 l. + 5,391 l. O ₂ .	

In	Pro Kgr. und Minute.
24 Stunden.	

CO ₂ -Production . . .	64,01 l.	12,47 ebcm.
O ₂ -Verbrauch . . .	68,53 l.	13,35 ebcm.

Respiratorischer Quotient: 0,9341.

4. Versuch am Hunde.

Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	CO ₂ -Bestimmung.			O ₂ -Bestimmung.				
				Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. in 1 l. in 11 l.	O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		Menge des zugeleiteten O ₂ .		
							Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .	Menge des O ₂ .			
Zu Beginn des Versuches:	3,56 Kgr.	140 C.	741 mm.	400 cbcm. mit 0,6288% CO ₂ .	2,515 gr.	0,9 chem. l.	0,01 in 11 l.	11,63 l. mit 20,91% O ₂ .	2,456 l.	5,7 l. mit 94,5% O ₂ .	
Am Schluss des Versuches:	3,55 Kgr.	140 C.	743 mm.	402 cbcm. mit 3,057% CO ₂ .	12,29 gr.	19,3 chem. l.	0,212 in 11 l.	11,65 l. mit 13,5% O ₂ .	1,587 l.	$\frac{5,7 \cdot 94,5 (742,0 - 12,6)}{100 \cdot 760 (1 + 0,003665 \cdot 15)} =$	
Dauer: 2 Stunden.				Zunahme an 9,775 gr. CO ₂ : = 4,972 l. + 0,202 l. 5,174 l. CO ₂ .			Verbrauch an O ₂ : 0,869 l. + 4,9 l. O ₂ . 5,769 l. O ₂ .				

	In 24 Stunden.	Pro Kgr. und Minute.
CO ₂ -Production . . .	62,088 l.	12,13 cbcm.
O ₂ -Verbrauch . . .	69,228 l.	13,52 cbcm.
Respiratorischer Quotient: 0,8968.		

5. Versuch am Hunde.

Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (corrigirt).	CO ₂ -Bestimmung.			O ₂ -Bestimmung.			
				Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. in 1 l. in 11 l.	O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .	Menge des zugeleiteten O ₂ .		
Zu Beginn des Versuches:	2,95 Kgr.	13,50 C.	756,9 mm.	400 cbcm. mit 0,6288 % CO ₂ .	2,513 gr.	0,9 cbcm.	11,9 l. mit 20,91 % O ₂ .	2,52	2,2092 l. mit 94,5 % O ₂	
Am Schluss des Versuches:	2,945 Kgr.	12,50 C.	756,9 mm.	404 cbcm. mit 1,98 % CO ₂ .	8,00 gr.	11,8 cbcm.	11,9 l. mit 13,8 % O ₂ .	1,7	$\frac{2,2092 \cdot 94,5 (756,9 - 12,6)}{100 \cdot 760 (1 + 0,003665 \cdot 15)}$	
Dauer 1 Stunde 55 Min.				Zunahme an 5,487 gr. CO ₂ : = 2,79 l. + 0,12 l. 2,91 l. CO ₂ .			Verbrauch an O ₂ : 0,82 l. + 1,94 l. O ₂ . 2,76 l. O ₂ .			

	In 24 Stunden.	Pro Kgr. und Minute.
CO ₂ -Production	36,66 l.	8622 cbcm.
O ₂ -Verbrauch	34,764 l.	8,506 cbcm.

Respiratorischer Quotient: 1,05.

6. Versuch am Hunde.

		CO ₂ -Bestimmung.				O ₂ -Bestimmung.				
Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		Menge des zugeleiteten O ₂ .
						in 1 l.	in 1 l.	Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .	Menge des O ₂ .	
Zu Beginn des Versuches:	2,95 Kgr.	13,20 C.	754,8 mm.	400 cbcm. mit 0,6288 % CO ₂ .	2,515 gr.	0,9 cbcm.	0,01 l.	11,9 l. mit 20,91 % O ₂ .	2,515 l.	$\frac{3,324 \cdot 94,5 (754,9 - 12,6)}{100 \cdot 760 (1 + 0,003665 \cdot 15)} = 3,324 \text{ l. mit } 94,5\% \text{ O}_2$
Am Schluss des Versuches:	2,88 Kgr.	12,50 C.	754,8 mm.	402 cbcm. mit 2,012 % CO ₂ .	8,089 gr.	50,0 cbcm.	0,55 l.	11,9 l. mit 10,7 % O ₂ .	1,29 l.	
		Zunahme an 5,574 gr.				Verbrauch an O ₂ : 1,227 l. + 2,906 l. O ₂ .				4,133 l. O ₂ .
		CO ₂ : = 2,838 l. + 0,54 l.								
		3,378 l. CO ₂ .								

Dauer: 1 Stunde 31 Min.

In	Pro Kgr. und Minute.
24 Stunden.	
CO ₂ -Production	53,444 l. 12,61 cbcm.
O ₂ -Verbrauch	65,405 l. 15,41 cbcm.
Respiratorischer Quotient: 0,82.	

7. Versuch am Hunde.

Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	CO ₂ -Bestimmung.			O ₂ -Bestimmung.			
				Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. in 1 l. in 111.	O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates. Reduc. Luftvolum mit 0 O ₂ .	Menge des zugeleiteten O ₂ .		
Zu Beginn des Versuches:	3,19 Kgr.	130 C.	762,7 mm.	400 cbcm. mit 0,6288% CO ₂ .	2,515 gr.	0,9 cbcm.	0,01	12,2 l. mit 20,91% O ₂ .	2,54 l.	$= \frac{4,184 \cdot 94,5 (762,8 - 12,6)}{100 \cdot 760 (1 + 0,003665 \cdot 15)} =$
Am Schluss des Versuches:	3,19 Kgr.	130 C.	762,7 mm.	405 cbcm. mit 2,675% CO ₂ .	10,835 gr.	18,7 cbcm.	0,208	12,2 l. mit 10,85% O ₂ .	1,318 l.	
Dauer: 2 Stunden.				Zunahme an 8,32 gr. CO ₂ : = 4,231 l. + 0,198 l. 4,429 l. CO ₂ .			Verbrauch an O ₂ : 1,222 l. + 3,703 l. O ₂ . 4,925 l. O ₂ .			

In	Pro Kgr. und Minute.
24 Stunden.	

CO ₂ -Production . . .	53,148 l.	11,57 cbcm.
O ₂ -Verbrauch . . .	59,1 l.	12,87 cbcm.

Respiratorischer Quotient: 0,8993.

8. Versuch am Hunde.

Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	CO ₂ -Bestimmung.				O ₂ -Bestimmung.		
				Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.		O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.	Menge des zugeleiteten O ₂ .	
						in 1 l.	in 11 l.			Reduc. Luftvolum mit % O ₂ .
Zu Beginn des Versuches:	4. II. 94 6.20 Uhr Abends.	3,19 Kgr.	762,6 mm.	400 cbcm. mit 0,6288% CO ₂ .	2,515 gr.	0,9 cbcm.	0,01 l.	12,2 l. mit 20,91% O ₂ .	2,545 l.	$\begin{aligned} & 5,276 \text{ l. mit } 94,50\% \text{ O}_2. \\ & \underline{5,276.945 (762,6-12,4)} \\ & 100.760(1+0,003665.15) \end{aligned}$
Am Schluss des Versuches:	4. II. 94 8.17 Uhr Abends.	3,185 Kgr.	762,6 mm.	405 cbcm. mit 2,715% CO ₂ .	11,0 gr.	18,6 cbcm.	0,208 l.	12,2 l. mit 15,2% O ₂ .	1,845 l.	

Dauer: 1 Stunde 57 Min.

Zunahme an 8,485 gr.
CO₂: = 4,32 l. + 0,198 l.
4,518 l. CO₂.

Verbrauch an O₂: 0,7 l. + 4,665 l. O₂.
5,365 l. O₂.

	In 24 Stunden.	Pro Kgr. und Minute.
CO ₂ -Production	55,408 l.	12,1 cbcm.
O ₂ -Verbrauch	65,909 l.	14,35 cbcm.

Respiratorischer Quotient: 0,843.

9. Versuch am Hunde.

	Zeit und Dauer.	Gewicht des Hundes.	Temperatur in der Glocke.	Barometerstand (correctirt).	CO ₂ -Bestimmung.			O ₂ -Bestimmung.			
					Menge der Kalilauge und Procentgehalt an CO ₂ .	Menge der CO ₂ in der Kalilauge.	CO ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.	O ₂ -Gehalt der Luft des Apparates.	Menge des zugeleiteten O ₂ .		
Zu Beginn des Versuches:	5. II. 94 6.15 Uhr Nachm.	3,19 Kgr.	140 C.	761,8 mm.	400 cbcm. mit 0,6288% CO ₂ .	2,515 gr.	0,9 mm.	0,01 l.	12,2 l. mit 20,01 % O ₂ .	2,529 l.	$4,184 \text{ l. mit } 94,5\% \text{ O}_2$ $= \frac{4,184 \cdot 94,5 (716,8 - 12,6)}{100 \cdot 760 (1 + 0,003665 \cdot 15)} =$
Am Schluss des Versuches:	5. II. 94 8.19 Uhr Abends.	3,19 Kgr.	130 C.	761,8 mm.	406 cbcm. mit 2,9382% CO ₂ .	11,93 gr.	21,6 mm.	0,2385 l.	12,2 l. mit 12,1 % O ₂ .	1,468 l.	

Dauer: 2 Stunden 4 Min.

Zunahme an 9,415 gr.

CO₂: = 4,789 l. + 0,2285 l.5,0175 l. CO₂.Verbrauch an O₂: 1,061 l. + 3,695 l. O₂.
4,756 l. O₂.

In	Pro Kgr. und Minute.
24 Stunden.	
CO ₂ -Production	59,616 l. 12,68 cbcm.
O ₂ -Verbrauch	55,2384 l. 12,03 cbcm.
Respiratorischer Quotient: 1,054.	