

chen anderer Leichen, durchaus nichts Abweichendes; ebenso boten die Ganglienzellen mikroskopisch das gewöhnliche Bild, von einer etwaigen Verdickung ihrer Kapseln, Wucherung des Bindegewebes etc. war nichts zu constatiren. Am Eintritt der hinteren Wurzeln zeigten sich zwar zwischen parallel neben einander liegenden doppelt contourirten Nervenröhren bei Essigsäurezusatz Züge ovaler Kerne leerer Nervenscheiden (?), ähnlich wie an den degenerirten hinteren Wurzeln, indess konnte ich mir weiter im Innern des Ganglions durch Zerzupfungspräparate kein Urtheil bilden, wie weit etwa und wohin sich diese marklosen Scheiden erstreckten. Jedenfalls sah man noch überall sehr zahlreiche markhaltige Nervenröhren; am austretenden Nervenstamme war makroskopisch und mikroskopisch keine Degeneration nachweisbar. — Einzelne aus den Muskeln des Oberschenkels untersuchte Stückchen zeigten mikroskopisch nichts Abnormes.

(Fortsetzung folgt.)

## VIII.

### Ein Beitrag zur Physiologie und Pathologie der Respiration.

Von Dr. Paul Guttman,

Assistenzarzt an der medicinischen Universitäts-Poliklinik in Berlin.

Die folgende Mittheilung bezieht sich auf eine Reihe von Respirationsversuchen an Thieren, welche ich vor längerer Zeit im physiologischen Laboratorium der Universität angestellt habe. Es sollte durch dieselben im Anschluss theils an physiologische That-sachen, theils an klinische Beobachtungen die Frage beantwortet werden, wie sich die Menge der in einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft unter künstlich verändertem Mechanismus der Respiration und unter dyspnoëtischen Zuständen gegenüber der Luftaufnahme im normalen Zustande verhalte.

Die Versuche zerfielen in solche, wodurch der Mechanismus und die Frequenz der Respirationen sehr wesentlich geändert werden, — die Durchschneidung beider Nervi vagi — und in solche, wo durch Verkleinerung der Respirationsfläche Dyspnoë hervorgerufen wird, — Injection von Flüssigkeit in die Pleurahöhle (Hydrothorax) und Eröffnung einer Thoraxhöhle (Pneumothorax).

Die Folgen der Vagusdurchschneidung sind in ihrem Einfluss auf den Mechanismus der Respiration schon so vielfach beschrie-

ben worden, dass sie hier, wo sie nicht unmittelbar mit der zu erörternden Frage im Zusammenhang stehen, vollständig übergangen werden können. Constant ist die eine Thatsache, die uns hier angeht, eine beträchtliche Verminderung der Respirationsfrequenz, dagegen eine bedeutend vermehrte Tiefe jedes einzelnen Athemzuges. — Der Eintritt dieser Wirkung ist der Zeit nach ein sehr verschiedener und nicht nur in den verschiedenen Thierklassen, sondern auch bei derselben Thiergattung in den verschiedenen Altersklassen; am raschesten und mächtigsten scheint diese Wirkung, wie schon die Beobachtungen von Wundt \*) lehren, und wie diess auch in meinen Versuchen sich bestätigte, bei jungen Thieren aufzutreten, wo das Maximum der sinkenden Respirationsfrequenz sogleich auf die Durchschneidung fällt, während kurze Zeit darauf die Respirationsfrequenz wieder ansteigt, so dass sie die normale Zahl vor der Durchschneidung wieder erreichen, ja selbst übersteigen kann. Erst später und namentlich gegen das Lebensende hin sinkt die Respirationsfrequenz wieder tief unter die Norm.

Trotz dieser beträchtlichen Abnahme in der Zahl der Athemzüge ist der Effekt der Athmung nach Vagusdurchschneidung, d. h. die Menge der in einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft der normalen vor der Durchschneidung vollkommen gleich \*\*). Es hat also die Vagusdurchschneidung, wie die zahlreichen Versuche von Rosenthal \*\*\*) lehren, keinen Einfluss auf die Menge der eingeathmeten Luft, d. h. auf die Athmungsgrösse; sondern es wird durch die vermehrte Tiefe jeder einzelnen Inspiration das ersetzt, was durch die Abnahme der Frequenz verloren geht.

\*) Versuche über den Einfluss der Durchschneidung der Lungenmagennerven auf die Respirationsorgane. Müller's Archiv 1855. S. 269—313.

\*\*) Für die Vögel scheint diess nicht zu gelten; bei Tauben wenigstens hat Rosenthal nach Vagusdurchschneidung die Athmungsgrösse fast plötzlich bis auf die Hälfte und einige Zeit nachher sogar bis auf den dritten Theil des normalen Werthes sinken sehen. Die Respirationsfrequenz sank von 66 bis auf 8 in der Minute. Es wird somit bei Tauben ein grosser Theil der von dem respiratorischen Centralorgan geleisteten Arbeit durch die Vagi abgelöst. S. Rosenthal: Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus. S. 104 ff.

\*\*\*) a. a. O. S. 96 ff.

Diese Ausgleichung gilt aber nur für eine gewisse Zeitdauer nach der Durchschneidung der Vagi, so lange als das Zwerchfell energischer funktioniert und die accessorischen bei der normalen Athmung unbetheiligten Muskeln in Thätigkeit bleiben; später sinkt die Athmungsgrösse, weil theils die Störungen in den Lungen zur Verkleinerung der Respirationsfläche führen, theils die Respirationsmuskeln an Leistungsfähigkeit abnehmen.

Die Athmungsgrösse wird aber durch die Vagusdurchschneidung nicht nur nicht verringert, sondern sie kann auch beträchtlich, bisweilen um das Doppelte der normalen Luftmenge gesteigert sein, eine Thatsache, die Rosenthal angegeben und für die ich in den mitzutheilenden Versuchen die Vergleichszahlen beibringen werde.

Zur Messung der Athmungsgrösse diente mir derselbe Apparat, den Rosenthal bei seinen Versuchen angewendet hat, das Hutchinson'sche Spirometer mit den bald zu beschreibenden Einrichtungen. Gewöhnlich wird dieser Apparat bei der Bestimmung der Lungencapacität nur zur Expiration benutzt, doch kann man natürlich ebenso die Luft daraus inspiriren lassen; vor Allem aber ist eine Scheidung der in- und expirirten Luft bei diesen Versuchen nothwendig, was dadurch erreicht wird, dass man das Thier durch eine in zwei Schenkel auslaufende Kanüle athmen lässt, von denen jeder mit einem Ventil in Verbindung gebracht wird, so dass durch das eine die inspirirte Luft eintreten, durch das andere die expirirte Luft entweichen muss.

Die Einrichtung der Versuche machte ich mit Unterstützung des Herrn Dr. Rosenthal in folgender Weise:

In die Trachea des Thieres wird eine Kanüle vollständig luftdicht eingebunden. Durch einen Kautschukschlauch steht sie mit einem durchbohrten konischen Messingzapfen in Verbindung, der wiederum luftdicht in das Hauptstück eines sich gabelig theilenden Rohres gefügt wird. Jeder Schenkel dieses Rohres steht durch einen Kautschukschlauch mit einem Ventil in Verbindung, welches ganz nach Art der gewöhnlichen Spritzflaschen eingerichtet ist. Diese Ventile bestehen aus schmalen, cylindrischen, durch Kork geschlossenen Gläsern. Jeder dieser Kork ist durch zwei Glasröhren durchbohrt, welche oben rechtwinklig abgebogen sind und von denen die eine bis auf den Grund des Gefässes geht und

hier einige Millimeter unter das als Sperrflüssigkeit angewandte Wasser taucht, die andere Glasröhre dicht unterhalb des Korkes endet. Werden nun das kurze Glasrohr des einen und das lange des anderen Cylinders durch Kautschukschläuche mit je einem Schenkel des gabelig getheilten Rohres verbunden, so muss die Inspirationsluft durch ersteres Gefäss eintreten, die Expirationsluft durch das zweite entweichen. Um nun das Thier die Luft aus dem Spirometer athmen zu lassen, braucht man nur das Glasrohr des Inspirationscylinders mit dem am Spirometer befindlichen Kautschukrohr in Verbindung zu bringen \*). — Das von mir angewandte Spirometer fasste 6800 Ccm. Luft, die an der Skala des Apparats durch Theilstriche in je 25 Ccm. eingetheilt waren, so dass letzteres Volum noch bequem abgelesen werden konnte. — Die schwimmende Glocke des Spirometer wurde durch Gewichte equilibriert, so dass bei der Inspiration des Thieres nur die Widerstände der Reibung der Glocke an den Wänden des Apparats und die Widerstände der Ventile zu überwinden waren. Immerhin sind diese Widerstände nicht unerheblich, was daraus ersichtlich ist, dass die Thiere aus dem Spirometer weniger häufig (aber tiefer) athmen, als in derselben Zeit durch die blosse Kanüle; und der Unterschied tritt namentlich dann noch viel auffälliger hervor, wenn diese Versuche bei ohnehin schon durch künstliche Verkleinerung der Respirationsoberfläche erzeugten Widerständen für die Athmung angestellt werden.

Da es aber hier sowie bei den unter dyspnoëtischer Respiration angestellten Versuchen nicht auf die Zahl, sondern auf den Effekt der Respirationen, also auf die Athmungsgrösse, ankommt, so bietet dieser Apparat wohl keine Fehlerquelle dar; denn was durch den Widerstand von Seiten des Spirometer an der Zahl der Respirationsfrequenz in einer bestimmten Zeit verloren geht, wird durch die vermehrte Tiefe der einzelnen Athmungen wieder aufgewogen, so dass man demnach annehmen kann: Es athmet das Thier durch das Spirometer in einer bestimmten Zeit dasselbe Luftvolum ein, wie durch die blosse Kanüle.

\*) Die Einrichtung des ganzen Apparats ist in Rosenthal's Buch: Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum N. vagus schon beschrieben und abgebildet; ich war jedoch gezwungen zur Beurtheilung der Versuchsmethode die Beschreibung hier kurz zu wiederholen.

Die Bestimmung der Athmungsgrösse geschah nun folgendermaassen:

Das Spirometer wurde auf einen bestimmten Theilstrich der Skala, beispielsweise 6000 eingestellt; beim Beginn des Versuchs wurde der konische Zapfen in das Hauptstück des gabelig getheilten Rohres gefügt und das Thier inspirirte nun aus der Glocke des Spirometers. Bei jeder Inspiration sank die Glocke um eine Anzahl von Theilstreichen, nach einer bestimmten Zeit z. B. 5 Minuten wurde der konische Zapfen aus dem Rohr entfernt und das Spirometer behielt jetzt den Stand, welchen es bei der letzten Inspiration eingenommen hatte. War die Glocke beispielsweise bis zum Theilstrich 4000 der Skala gesunken, so hatte das Thier in 5 Minuten 2000 Ccm. Luft eingeathmet.

Aus einer Reihe von Versuchen sollen nur zwei hier mitgetheilt werden.

Versuch I. Grosses Kaninchen.

Zeit.	Respirationsfrequenz*).	Stand des Spirometer.	Athmungsgrösse.
1 Uhr 20 Min.		6000	
- 21 -	37	5600	
- 22 -	37	5100	
- 23 -	39	4600	5600 Ccm. in 10 Min.
- 24 -	39	4000	
- 25 -	40	3400	
- 26 -	43	2800	
- 27 -	40	2200	
- 28 -	36	1600	
- 29 -	40	1000	
- 30 -	40	400	
1 Uhr 35 Min.		6000	
- 40 -	40 in der Min.	150	5850 Ccm. in 10 Min.
1 Uhr 50 Min.		6500	
2 -	42—45 in der Min.	150	6350 Ccm. in 10 Min.
2 Uhr 5 Min.		6000	
2 - 10 -	45 in der Min.	2550	3450 Ccm. in 5 Min.
Um 2 Uhr 10 Minuten werden beide vorher präparirten Nervi vagi durchschnitten.			
2 Uhr 15 Min.		6000	
- 16 -	31		

\*) Die Respirationsfrequenz wurde bei allen Versuchen in jeder Minute gezählt; um die Uebersicht zu erleichtern, ist meistens für jeden Versuch nur die Durchschnittszahl angegeben; aus demselben Grunde ist der Spirometerstand nur beim Beginn und am Ende des Versuchs mitgetheilt.

Zeit.	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
2 Uhr 17 Min.	28		
- 18 -	25		
- 19 -	25		
- 20 -	28		
- 21 -	26		5800 in 10 Min.
- 22 -	30		
- 23 -	27		
- 24 -	28		
- 25 -	29	200	
2 Uhr 30 Min.	35 in der Min.	6800	6800 in 10 Min.
- 40 -		0	
5 Uhr 10 Min.	50 in der Min.	6000	4000 in 5 Min.
- 15 -		2000	
6 Uhr 30 Min.	60 in der Min.	6000	3500 in 5 Min.
- 35 -		2500	

In diesem Versuch ist die Wirkung der Vagusdurchschneidung im Anfang am bedeutendsten, denn die niedrigste Respirationszahl ist in dem Normalversuch 36, nach der Vagusdurchschneidung 25. Von da ab aber steigt die Respirationsfrequenz wieder ziemlich rasch an, so dass sie schon nach einer halben Stunde die Normalzahl erreicht und 4 Stunden später sogar erheblich übersteigt. Die Athmungsgrösse, welche nach der Durchschneidung der normalen (bei unversehrten Vagi) annähernd gleich ist, übersteigt sie nach 3 Stunden (selbst die höchste Ziffer der Normalversuche angenommen) noch um 1100 Ccm. in 5 Minuten.

#### Versuch II. Mittलगrosses Kaninchen.

Zeit.	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
1 Uhr 25 Min.		6000	
- 35 -	42 in der Min.	2150	3850 in 10 Min.
2 Uhr 5 Min.		6000	
- 15 -	44 in der Min.	1950	4050 in 10 Min.
Beide Vagi werden durchschnitten.			
2 Uhr 20 Min.		6000	
- 21 -	15		
- 22 -	15		
- 23 -	16		
- 24 -	16		
- 25 -	17		2700 in 10 Min.
- 26 -	18		
- 27 -	18		
- 28 -	19		

Zeit.	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
2 Uhr 29 Min.	19		
- 30 -	19	3300	
2 Uhr 35 Min.		6000	
- 40 -	27 in der Min.	2100	3900 in 10 Min.
2 Uhr 46 Min.		6000	
- 56 -	34	1250	4750 in 10 Min.
3 Uhr		6000	
- 5 Min.	30	3200	2800 in 5 Min.
6 Uhr		6200	
- 10 Min.	34	0	6200 in 10 Min.
6 Uhr 25 Min.		6000	
- 30 -	36	2700	3300 in 5 Min.
6 Uhr 35 Min.		6000	
- 40 -	36	2400	3600 in 5 Min.
6 Uhr 45 Min.		6000	
- 50 -	38	2300	3700 in 5 Min.
7 Uhr		6000	
- 5 Min.	38	2450	3550 in 5 Min.

In diesem Versuch ist der Abfall der Respirationsfrequenz wiederum sogleich nach der Durchschneidung am bedeutendsten; die Respirationszahl nimmt dann wieder zu, ohne jedoch die normale zu erreichen. Die Athmungsgrösse fällt anscheinend sogleich nach der Durchschneidung, erreicht aber schon nach 10 Minuten wieder das normale Volum, wächst dann allmählich an und erreicht 4 Stunden nach der Durchschneidung fast das Doppelte der normalen.

Die kurz nach der Durchschneidung in diesem Versuche beobachtete Verminderung der Athmungsgrösse ist nur eine scheinbare Verminderung der Thätigkeit des respiratorischen Centralorgans; bei dem raschen Abfall der Respiration ist nämlich jede einzelne Inspiration sehr gedehnt, die Respirationsmuskeln verharren eine abnorm lange Zeit im contrahirten Zustand, es kann also in dieser Zeit keine Luft mehr aufgenommen werden; in dieser gleichsam tetanischen Contraction der Respirationsmuskeln haben wir also eine Arbeitsleistung des respiratorischen Centralorgans, welche am Spirometer nicht zum Ausdruck kommen kann. So wie die Respirationsfrequenz wieder zunimmt, die einzelnen Athmungen also nicht mehr so gedehnt sind, sehen wir daher die Athmungsgrösse rasch ansteigen.

Die grossen Intervalle zwischen zwei Inspirationen nach der

Vagusdurchschneidung erklären uns nun auch, wie diess Rosenthal dargethan hat, warum die Athmungsgrösse die normale (vor der Durchschneidung) sogar übersteigen kann. Der Gasaustausch in den Lungen geht um so energischer vor sich, je grösser der Unterschied in der Spannung der Gase der eingeathmeten atmosphärischen Luft und in der Spannung der Blutgase ist; da nun nach Vagusdurchschneidung die Respirationsfrequenz bedeutend sinkt und die eingeathmete Luft in den Alveolen abnorm lange verweilt, so werden die Spannungsunterschiede der Luft- und der Blutgase immer geringer, der Gaswechsel muss daher an Energie sehr abnehmen. Trotz einer unter normalen Verhältnissen für die Decarbonisation des Blutes sonst hinreichenden Luftmenge wird also der Sauerstoffgehalt des Blutes geringer werden müssen. Diese Abnahme des Sauerstoffes aber regt als ein Reiz für das respiratorische Centralorgan dieses zu vermehrter Thätigkeit an, vergrössert also seine Leistung, die Athmungsgrösse.

Die stärkere Erregung der Medulla oblongata kann diese vergrösserte Arbeit aber nur dann leisten, so lange die Respirationsmuskeln ihre vermehrte Leistungsfähigkeit behalten; da dieselben aber in Folge der vergrösserten Arbeit ermüden, so muss eine schliessliche Abnahme der Athmungsgrösse die Folge sein, wie sie auch immer in der späteren Zeit nach Vagusdurchschneidung beobachtet wird.

Wenn nun aus dem Bisherigen mit Zugrundelegung der früheren Beobachtungen mit Sicherheit hervorgeht, dass der Vagus unter physiologischen Verhältnissen für die Athmungsgrösse durchaus keine Rolle spielt, so knüpft sich daran die Frage: ob er einen Einfluss übt unter pathologischen Verhältnissen, also bei der dyspnoëtischen Athmung?

Zur Entscheidung dieser Frage müssten der Reihe nach folgende Versuche angestellt werden:

Es wird gemessen 1) die normale Athmungsgrösse des Thieres für eine bestimmte Zeit, dann 2) die Athmungsgrösse in der Dyspnoë für dieselbe Zeit (die Dyspnoë wird erzeugt durch Einathmung eines Gemenges von atmosphärischer Luft mit Wasserstoffgas oder Kohlensäure). Haben wir die beiderseitigen Zahlenwerthe kennen gelernt, so wird das Thier durch Einathmung atmosphärischer Luft wieder in den normalen Zustand gebracht. Jetzt



werden 3) die Vagi durchschnitten und der Einfluss der Durchschneidung auf die Athmungsgrösse festgestellt. Wird nun 4) wiederum durch Einathmung desselben Gemenges von atmosphärischer Luft mit Wasserstoffgas Dyspnoë erzeugt, und bleibt die Athmungsgrösse der vor der Vagusdurchschneidung gefundenen (in Versuch 2) gleich, so würde daraus folgen, dass auch unter dyspnoëtischen Zuständen der Vagus auf die Athmungsgrösse keinen Einfluss hat.

Eine Reihe von mir in dieser Richtung angestellter Versuche blieb leider ohne jedes Resultat; alle Versuche scheiterten an der Schwierigkeit, die Grenze des Gemenges von Wasserstoff oder Kohlensäure mit atmosphärischer Luft so zu bestimmen, dass die Thiere bei der Athmung dieses Gasgemenges eine für die Beobachtung hinreichend lang dauernde Dyspnoë bekamen. Entweder wurde die Dyspnoë bald so heftig, dass die Thiere suffocatorische Erscheinungen zeigten, oder die Respiration wurde so unregelmässig, dass die Athmungsgrösse schon für die einzelnen Inspirationen die erheblichsten Schwankungen zeigte, ein Mittelwerth daher gar nicht gefunden werden konnte. In anderen Fällen zeigten die Thiere bei der Einathmung eines Gasgemenges, wo sonst schon erhebliche dyspnoëtische Erscheinungen nach einer halben bis einer Minute eintraten, nur eine sehr geringe Vermehrung der Respirationsfrequenz, oder die Athmung blieb, selbst wenn sie frequenter wurde, oberflächlich, so dass die Frequenz am Spirometer durch eine Steigerung der Athmungsgrösse, nicht bemerkbar wurde\*).

\*) Zum Theil liegt der verschiedene Erfolg in der Einrichtung des Apparates; wenn man die Glocke selbst vollständig mit Wasserstoff füllt, bleibt in den Röhren noch immer atmosphärische Luft. Nun tritt bekanntlich bei der Einathmung eines Gemenges von Wasserstoff mit atmosphärischer Luft erst dann Dyspnoë ein, wenn der Sauerstoffgehalt des Gemenges weniger als 5 bis 6 pCt. beträgt, also erst bei einem Gemenge von ungefähr  $\frac{3}{4}$  Volum Wasserstoff und  $\frac{1}{4}$  Volum atmosphärischer Luft. Stellte ich nun das Spirometer auf 1000 und liess durch Hineinleiten von Wasserstoffgas die Glocke bis zum Theilstrich 5000 ansteigen, so betrug der Gehalt an atmosphärischer Luft in diesem Gemenge  $\frac{1}{5}$ , in Wahrheit aber mehr, weil in den Röhren noch atmosphärische Luft vorhanden war. Bei einem solchen Gemenge trat daher noch keine Dyspnoë ein. Wurde der Sauerstoffgehalt noch mehr erniedrigt, z. B.  $\frac{2}{5}$  Wasserstoff und  $\frac{1}{5}$  atmosphärische Luft, so trat in manchen Fällen die allerheftigste Dyspnoë nach ganz kurzer Zeit auf, wäh-

Werden diese Versuche aber bei einer durch ein constantes Respirationshinderniss erzeugten Dyspnoë angestellt (z. B. durch Anstechen des Thorax), so verliert man, da sich ein solches Hinderniss nicht mehr beseitigen lässt, die Vergleichung für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse der Athmungsgrösse. Doch soll am Schluss wenigstens ein Versuch dieser Art mitgetheilt werden.

Wir kommen nun zu der zweiten Reihe der Versuche, über das Verhalten der Athmungsgrösse nach Verkleinerung der Respirationsfläche, wie sie durch Injection von Flüssigkeit in die Pleurahöhle oder durch Anstechung des Thorax erzeugt wird. — Es ist eine bekannte Beobachtung, dass in der Pleuritis während der Exsudation Dyspnoë auftritt, und dass wenn der Erguss beendet und das Fieber aufgehört, die Kranken selbst bei vollständiger Anfüllung einer Pleurahöhle oft ganz ruhig athmen. Auch bei allen anderen pathologischen Prozessen, mögen sie in der Lunge sich bilden, oder im Cavum pleurae und dadurch auf die Lunge drücken, finden wir trotz einer allmählich sehr bedeutenden Beschränkung der Respirationsfläche, die wenn sie plötzlich einträte, die allerheftigsten dyspnoëtischen Erscheinungen hervorrufen würde, eine ganz ruhige Respiration. Ein gewöhnliches Beispiel dafür bieten die schleichenden, oft zu vollkommener Anfüllung einer Pleurahöhle führenden pleuritischen Exsudate. — Die Erklärung dieser Thatsache muss darin gefunden werden, dass entweder die andere Lunge (bei einseitiger Compression) durch vermehrte Tiefe jeder einzelnen Respiration ein Gleichgewicht herstellt für die verminderte Luftaufnahme der erkrankten oder comprimierten Lunge, oder dass allmählich eine sogenannte Gewöhnung des respiratorischen Centralorgans an den geringeren Sauerstoffgehalt des Blutes eintritt. Ersteres (die Gleichgewichtsherstellung) ist nicht der Fall; die Messungen der Athmungsgrösse bei verkleinerter Respirationsfläche haben das bestimmte Resultat ergeben, dass die Athmungsgrösse unter solchen pathologischen Zuständen sehr beträchtlich sinkt.

rend einmal ein Thier das ganze in der Glocke befindliche Volum einathmete, ohne dass eine auffällige Dyspnoë eintrat. Bei so grossen Verschiedenheiten liegt die Schwierigkeit dieser Versuche auf der Hand. — Die Kohlensäure erwies sich als Dyspnoë erzeugendes Mittel wegen ihrer Nebenwirkungen noch weniger brauchbar, als das Wasserstoffgas.

# 1) Versuche mit Injection von Flüssigkeit in eine Pleurahöhle.

Zu diesem Zwecke diene eine dünne Gummilösung, weil destillirtes Wasser zu rasch resorbirt wird. Die Flüssigkeit wurde nach vorheriger Blosslegung eines Intercostalraums mittelst einer Pravaz'schen Spritze so injicirt, dass nach Herausnahme derselben keine Luft in den Thoraxraum eindringen konnte.

## Versuch I. Mitteltgrosses Kaninchen.

Zeit.	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
1 Uhr 30 Min.		6000	
- 40 -	60 in der Min.	3825	2175 in 10 Min.
1 Uhr 50 Min.		6000	
2 -	58 in der Min.	3900	2100 in 10 Min.
2 Uhr 5 Min.		6000	
- 15 -	58 in der Min.	3750	2250 in 10 Min.

Um 2 Uhr 20 Minuten: Injection von 12 Ccm. der Gummilösung in die rechte Pleurahöhle. Gleich nach der Injection heftige Dyspnoë.

2 Uhr 30 Min.		6000	
- 31 -	54		
- 32 -	46		300 Ccm. in 4 Min.
- 33 -	46		
- 34 -	45	5700	

Schon nach der dritten Minute wird das Thier sehr unruhig, es tritt bald heftige Dyspnoë ein, dann kommen suffocatorische Erscheinungen (Convulsionen, Erweiterung der Pupille, Exophthalmos), so dass die Athmung aus dem Spirometer unterbrochen und künstlich Luft zugeführt werden muss.

Die folgenden Versuche können immer nur auf eine einzige Minute ausgedehnt werden, weil sofort wieder Erstickungszufälle eintreten. Es ergibt sich bei diesen Versuchen eine Athmungsgrösse von 40—50 Ccm. für die Minute, während sie normal über 200 Ccm. für dieselbe Zeit betrug.

4 Uhr 45 Min.		6000	
- 50 -	62	4150	1850 in 5 Min.

Durch Resorption der Flüssigkeit (es sind  $2\frac{1}{2}$  Stunden seit der Injection vergangen) ist die Athmungsgrösse der normalen wieder annähernd gleich geworden.

Injection von 6 Ccm. der Lösung in die Pleurahöhle. — Die Respirationsfrequenz beträgt darauf 79 in der Minute. Bei dem Versuche, das Thier aus dem Spirometer athmen zu lassen, treten suffocatorische Erscheinungen ein.

5 Uhr 7 Min.	56 Resp. in der	6000	
- 12 -	Minute	5550	450 in 5 Min.

(Ausserhalb des Spirometers 88 Respirationen in der Minute)

5 Uhr 15 Min.		6000	
- 20 -	53	5600	400 in 5 Min.

Wiederum Injection von 6 Ccm. der Lösung. Während der Injection tritt keine Steigerung der Dyspnoë ein, kurz darauf aber bekommt das Thier Erstickungszufälle, selbst ohne dass es aus dem Spirometer athmet und es muss desshalb durch die Kanüle Luft zugeführt werden. Erst um 5 Uhr 35 Min. kann das Thier selbständig athmen (76 Respirationen in der Minute).

Zeit.	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
5 Uhr 50 Min.	60	6000	575 in 5 Min.
- 55 -		5425	
6 Uhr	62	6000	800 in 5 Min.
- 5 Min.		5200	

In diesem Versuche sank also die Athmungsgrösse trotz der verhältnissmässig geringen Flüssigkeitsmenge beinahe auf den 4ten Theil des normalen Werthes und bei der allerersten Injection sogar auf den 6ten Theil desselben.

#### Versuch II. Mittलगrosses Kaninchen.

Zeit	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
2 Uhr 15 Min.		6000	
- 20 -	65 in der Min.	3900	2100 in 5 Min.
2 Uhr 25 Min.		6000	
- 30 -	66	3100	2600
6 Ccm. der Gummilösung in die linke Pleura injicirt.			
2 Uhr 35 Min.	66	6000	2500
- 40 -		3500	
Darauf 25 Ccm. in die rechte Pleurahöhle.			
2 Uhr 50 Min.	62	6000	1500
- 55 -		4500	
4 Uhr 10 Min.	64	6000	1750
- 15 -		4250	
Darauf 25 Ccm. in die linke Pleurahöhle.			
4 Uhr 20 Min.	64	6000	1600
- 25 -		4400	
4 Uhr 30 Min.: 20 Ccm. in die rechte Pleurahöhle.			
4 Uhr 35 Min.	68	6000	450
- 40 -		5550	
(Ausserhalb des Spirometers 95 Respirationen in der Minute)			
4 Uhr 45 Min.	68	6000	400
- 50 -		5600	
4 Uhr 55 Min.	64	6000	500
5 -		5500	
5 Uhr 5 Min.	68	6000	800
- 10 -		5200	
5 Uhr 20 Min.	70	6000	550
- 25 -		5450	

Bei nochmaliger Injection von 20 Ccm. tritt Asphyxie ein.

In diesem Versuch trat Dyspnoë erst bei der Injection einer viel grösseren Flüssigkeitsmenge ein; da sie mehreremals in Zwischenräumen verschiedener Dauer und in beide Pleurahöhlen gemacht wurde, so lässt sich nicht bestimmen, wieviel jedesmal bei der folgenden Injection von der vorangegangenen resorbiert war, welche Quantität also die Lungen comprimirt. Wir haben aber ebenfalls in diesem Versuch einen Abfall von 2500 Ccm. der normalen mittleren Athmungsgrösse bis auf 400 Ccm. für 5 Minuten.

Versuch III. Etwas kleines Kaninchen.

Zeit	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse in 5 Min.
1 Uhr 20 Min.	40	6000	2300
- 25 -		3700	
1 Uhr 30 Min.	41	6000	2375
- 35 -		3625	
1 Uhr 45 Min.	41	6000	2300
- 50 -		3700	

Darauf Injection von 40 Ccm. Flüssigkeit in die rechte Pleurahöhle.

Heftige Dyspnoë, Maul und Nasenflügel werden weit aufgerissen, trotzdem das (tracheotomirte) Thier durch diese Oeffnungen gar keine Luft aufnehmen kann; alle accessorischen Respirationen Muskeln sind in Thätigkeit.

2 Uhr	27	6000	600 in 4 Minuten.
- 4 Min.		5400	

Das Thier bekommt Convulsionen und es muss wieder Luft zugeführt werden.

2 Uhr 10 Min.	25	6000	750 in 5 Minuten
- 15 -		5250	

(Ausserhalb des Spirometers 62 Respirationen in der Minute).

Um 4 Uhr 15 Min. ist die Athmungsgrösse wieder vollständig normal. Bei der Section ist keine Flüssigkeit mehr in der Pleurahöhle.

## 2) Versuche mit Anstechung einer Thoraxhälfte.

Ebenso wenig, wie beim Hydrothorax die verstärkte Leistung der Respirationen Muskeln irgend einen erheblichen Einfluss auf die Athmungsgrösse hat, ist diess beim Pneumothorax der Fall, wie die folgenden Zahlen zeigen.

Versuch I. Mittलगrosses Kaninchen.

Zeit	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
4 Uhr 30 Min.	68 in der Minute	6000	3100 in 5 Minuten.
- 35 -		2900	
4 Uhr 40 Min.	70	6000	3400
- 45 -		2600	

Der rechte Thorax wird angestochen. Heftige Dyspnoë. Durch die blossе Kanüle 70 energische Respirationen in der Minute.

Zeit.	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
4 Uhr 50 Min.	40	6000	1250 in 5 Minuten.
- 55 -		4750	
5 Uhr	35	6000	1000 -
- 5 Min.		5000	
5 Uhr 10 Min.	38	6000	950 -
- 15 -		5050	
5 Uhr 30 Min.	42	6000	1000 -
- 35 -		5000	

Versuch II. Etwas kleineres Kaninchen.

Zeit	Respirations- frequenz.	Spirometer- stand.	Athmungsgrösse.
1 Uhr 30 Min.	37	6000	2225 in 5 Minuten.
- 35 -		3775	
1 Uhr 45 Min.	37	6000	2350 -
- 50 -		3650	

Der rechte Thorax wird angestochen.

2 Uhr		29	6000	850	-
-	5 Min.		5150		
		(Ausserhalb des Spirometers 36 tiefe Inspirationen)			
2 Uhr	10 Min.	30	6000	775	-
-	15 -		5225		
		(Ausserhalb des Spirometers 52 Respirationen in der Minute)			
2 Uhr	20 Min.	31	6000		
-	21 -		5900	100 in einer Minute.	

Das Thier kann die Widerstände des Spirometers nicht mehr überwinden, wird schon nach 30 — 40 Sekunden asphyctisch, weshalb die Versuche ausgesetzt werden müssen.

Nachdem sich das Thier durch künstliche Luftzufuhr wieder erholt hat und selbständig athmet, werden die vorher frei gelegten Nervi vagi durchschnitten. Die Respirationsfrequenz sinkt jetzt auf 22 in der Minute. Alle accessorischen Respirationsmuskeln sind in Thätigkeit, das Maul wird weit aufgerissen, auch bei der Expiration wirken Muskelkräfte mit. Aus dem Spirometer athmet das Thier bei 22 Respirationen 125 Ccm., in einem zweiten Versuch nahe an 100 Ccm. Luft in einer Minute. Länger kann der Versuch nicht fortgesetzt werden, weil schon nach 30 — 45 Sekunden Erstickungszufälle kommen; bald darauf tritt der Tod ein.

Ich gestatte mir nicht, aus diesem Versuche einen Schluss auf die Bedeutung des Vagus in der Dyspnoë zu ziehen, doch soviel scheint aus demselben hervorzugehen, dass die Durchschneidung der Vagi in der Dyspnoë keine merkliche Veränderung der Athmungsgrösse zur Folge hat; denn auch vor der Durchschneidung betrug sie bei einer Frequenz von 31 Athemzügen 100 Ccm. in der Minute.

So interessant es wäre, einen vollständig sicheren Aufschluss über die Rolle des Vagus bei der dyspnoëtischen Respiration zu erlangen, so werden diese Versuche, glaube ich, immer an der Schwierigkeit scheitern, welche durch die Widerstände des Spirometers gegeben ist. Stets habe ich in meinen Versuchen, wo die Respirationsfläche irgend erheblich verkleinert war, die Thiere nur mit Mühe aus dem Spirometer athmen sehen; die Athmung wird, wie diess aus den Versuchen ersichtlich ist, seltener aber entsprechend tiefer. Werden die Versuche öfters angestellt, so dass unter der vergrösserten Arbeit die Respirationsmuskeln allmählich ermüden, so werden die Thiere in der Unmöglichkeit, die Widerstände des Spirometers zu überwinden, sehr rasch asphyktisch, während sie durch die Kanüle noch fortathmen können. Folgt bei dieser Respirationsnoth, wo ohnehin schon jede einzelne Inspiration viel tiefer und mit Anstrengung aller Muskelkräfte geschieht, noch die Durchschneidung beider Vagi, so sinkt die Respirationsfrequenz plötzlich, der Thorax kann aber nicht vollständiger erweitert werden als schon vorher, die Thiere werden daher, wenn für die ohnehin so beschwerliche Athmung noch die Widerstände des Spirometers hinzukommen, rasch asphyktisch.

Was schliesslich die Frage betrifft, ob bei einem künstlich erzeugten Respirationshinderniss, welches sofort die heftigste Dyspnoë zur Folge hat, späterhin eine Verminderung der Athmungsbeschwerden eintritt, indem sich das Respirationscentrum allmählich an den veränderten Gasgehalt des Blutes gewöhnt, so ist die experimentelle Entscheidung begreiflicherweise nur unter besonders günstigen Umständen möglich. Respirationshindernisse, wie die durch Injection von Flüssigkeit in die Pleurahöhle erzeugte, sind wegen der zu rasch erfolgenden Resorption für diese Entscheidung nicht brauchbar; bei einem constanten Hinderniss aber, wie dem Pneumothorax, ist die Lebensdauer des Thieres eine zu kurze. Neben der enorm verminderten Respirationsfläche hat das

Thier noch eine Trachealfistel; schon an letzterer Operation aber sterben die Thiere, selbst ohne jeden anderweitigen Eingriff, mitunter nach 12 Stunden. Neben den sich öfters in der Kanüle ansammelnden Flüssigkeiten ist wohl hauptsächlich der Reiz, welcher durch den Eintritt der kälteren Luft auf die Lungen geübt wird, die Ursache dieser kurzen Lebensdauer.

Dass aber in der That bei einem bereits bestehenden Respirationshinderniss eine gewisse Resistenz gegen ein neu hinzutretendes vorhanden ist, zeigen die Experimente mit künstlichem Pneumothorax; während auf die Anstechung einer Thoraxhälfte die allerheftigste Dyspnoë folgt, wird dieselbe allmählich geringer, das Thier gewöhnt sich an den Sauerstoffmangel und wenn nach einiger Zeit die andere Thoraxhälfte eröffnet wird, so tritt erst allmählich der asphyktische Tod ein.

---

## IX.

### Ueber die Verdauung der Eiweissstoffe durch den Pankreassaft.

#### I.

Von Dr. W. Kühne in Berlin.

Schon seit langer Zeit durch eigene Anschauung der Versuche Corvisart's und jetzt seit mehreren Jahren durch vielfache gelegentlich selbst angestellte Versuche von der verdauenden Wirkung des Pankreassaftes auf die Eiweissstoffe unterrichtet, schien es mir wünschenswerth diesen wichtigen Theil der Verdauungslehre einer genaueren Untersuchung zu unterziehen. Im Vergleiche zu den vielfachen Erfahrungen über die Magenverdauung ist unsere Kenntniss der weiteren Schicksale der Eiweissstoffe im Dünndarme äusserst dürftig, so dass jede neue planmässige Untersuchung darüber fast mit Sicherheit zur Auffindung physiologisch wichtiger Thatsachen führen muss.

Die Eiweissverdauung durch den Pankreassaft ist nicht, wie die durch den Magensaft ein allgemein anerkanntes Factum. An-