

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band I. Jahrgang 1871.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1871.

In Commission bei G. Franz.

Herr Voit berichtet über Versuche, welche in seinem Laboratorium von Herrn Dr. O. Leichtenstern

„Ueber das Volumen der unter verschiedenen Umständen ausgeathmeten Luft“

ausgeführt worden sind.

Der Grad der Wirkung des Athemcentralorganes im verlängerten Marke auf die Athemnerven und Athemmuskeln ist bekanntlich von dem Gaswechsel in diesem Organe abhängig; es löst keine Athembewegungen aus bei ausgiebiger Lüftung und es macht die heftigsten Anstrengungen bei ungenügender Ventilation.

Die Athemzüge reguliren nicht, wie häufig noch vorausgesetzt wird, direkt die Zersetzung im Körper, sondern die bei der inneren Athmung entstandenen Produkte steuern die Ventilation, bis der Gasgehalt der normale geworden ist.

Das Resultat der Arbeit der Athemmuskeln ist die Hebung der Last des Brustkorbes und die Ueberwindung des Widerstandes der elastischen Lungen, in Folge davon ein gewisses Volum Luft in die ausgedehnten Lungen eindringt. Diese Athemgrösse, die von der Zahl und Tiefe der Athemzüge bestimmt wird, ist jedoch kein Maassstab für die Thätigkeit des Athemcentrums und der Athemmuskeln. Legen wir z. B. auf den Thorax eine Last, so müssen sich die Athemorgane sehr anstrengen, um das bedeutende Gewicht nur um ein Geringes zu heben, und das Athemvolum ist trotz der grossen Arbeit der Athemorgane nur ein Geringes.

Nach den Versuchen und Erklärungen Rosenthal's vermindert die Erregung der nervi vagi die Widerstände im

Athemcentralorgan und es werden daher häufiger Athembewegungen ausgelöst; auch von anderen Nerven aus z. B. von den sensiblen Nerven der Haut kann das gleiche geschehen, vielleicht auch durch direkte Einwirkungen auf das Centralorgan; von andern Nerven aus werden umgekehrt die Widerstände vergrössert und die Zahl der Athembewegungen vermindert. Zu der hiedurch festgestellten Zahl der Athemzüge wird dann die zur gehörigen Ventilation nöthige Tiefe durch den Gasgehalt des Centrums bestimmt. Auch wenn wir die Anzahl der Athemzüge willkürlich steigern oder beschränken, so athmen wir in der passenden Tiefe; athmen wir für eine bestimmte Zahl zu seicht, so zwingt uns der dadurch gehemmte Gaswechsel zu grösserer Tiefe; athmen wir zu tief, so strengen wir die Athemorgane übermässig an und sie ermüden bald.

Nach diesen Grundsätzen haben wir die Aenderungen in dem Rhythmus der Athemzüge und in der Athemgrösse zu beurtheilen. Ueber die Athemgrösse unter verschiedenen Umständen liegen bis jetzt nur wenige Untersuchungen vor, wahrscheinlich wegen der Schwierigkeit der Messung derselben ohne Einführung zu grosser Widerstände. Herr Dr. O. Leichtenstern hat sich eines Apparates bedient, den ich schon länger zu dem Zwecke gebrauche, auf den er bei ausführlicher Beschreibung seiner Versuchsergebnisse in der Zeitschrift für Biologie näher eingehen wird.

1) Athemvolum nach Durchschneidung der Nervi vagi. Bei einer geringeren Zahl, aber grösseren Tiefe der Athemzüge ist anfangs, wie schon Rosenthal nachgewiesen hat, die Athemgrösse nicht wesentlich geändert, nicht wegen einer anderen Vertheilung der gleichen Athemarbeit, denn die Arbeit ist dabei grösser, sondern wegen der Regulirung der zur Ausscheidung der Kohlensäure nöthigen Tiefe in Folge der geringeren Zahl der Athemzüge. Dann sinkt die Athemgrösse allmählig wegen der Ermüdung der Muskeln und des

Centralorganes, und schliesslich erfolgt der Tod durch Kohlensäureansammlung und Dyspnoe.

2) Athemvolum nach Anlegung eines einseitigen Pneumothorax. Wenn statt der beiden Lungen plötzlich nur die linke funktioniert, also die für den Gasaustausch gegebene Fläche nur halb so gross ist, so müssen Störungen im Gaswechsel eintreten, wenn nicht eine Compensation durch zahlreichere und tiefere Athemzüge stattfindet. Bei offener Pleurakanüle ist jedoch ein solcher Ersatz nicht möglich. Anfangs bemerkt man eine Steigerung in der Zahl der Athemzüge durch die Aufstauung der Kohlensäure, aber doch nimmt die Athemgrösse wegen der sehr geringen Tiefe gleich um die Hälfte ab, da auch die linke Lunge von dem Mediastinum aus zusammengedrückt wird. Die Füllung der linken Lunge nimmt durch die wachsende Compression immer mehr ab und der Antheil der Luft, welcher in die geöffnete rechte Pleurahöhle geht, zu. Die Athemarbeit ist sehr bedeutend, da die Summe der in die intakte Lunge und in den Brustraum eintretenden Luft ansehnlich grösser ist als normal. Sobald man die Pleuraöffnung verschliesst, athmet auch die rechte Lunge wieder mit, das von den Lungen geathmete Luftvolumen wächst, und es wird die vorher angesammelte Kohlensäure rasch entfernt; dabei nimmt die Zahl der Athemzüge anfangs zu, da der verminderte Gaswechsel das Athemcentrum schwer erregbar gemacht hat.

3) Athemvolum bei Verengerung der Luftwege. Es wurde hier der Luftwechsel durch Verengerung des Zuleitungsrohres erschwert. Es treten hier nicht wie bei einer gewöhnlichen Dyspnoe zahlreichere und tiefere Athemzüge auf, sondern das Thier athmet langsam die Luft durch das verengte Rohr ein und aus, da bei häufigerem Athmen die Widerstände nicht hätten überwunden werden können. Es wird desshalb weniger häufig und etwas tiefer geathmet unter starker Anstrengung aller Athemmuskeln wie man es auch

bei einer Stenose der Trachea beim Menschen wahrnimmt. Da wegen der sehr geringen Zahl der Athemzüge ein kleineres Luftvolum eingeathmet wird als ohne das Athemhinderniss, so tritt bald Dyspnoe ein, die durch die Ermüdung der Athemmuskeln noch gesteigert wird. Nach Aufhebung des Hindernisses nimmt alsbald die Zahl der Athemzüge zu, ähnlich wie nach einem heftigen Hustenanfall, in Folge der Wirkung der angehäuften Kohlensäure auf das Athemcentrum, so dass der normale Gasgehalt bald wieder hergestellt ist.

4) Athemvolum nach Verringerung der Blutmenge. Lässt man dem Thiere Blut ab, verringert man also die Zahl der den Gasaustausch besorgenden Blutkörperchen, so wird anfangs die Zahl und Tiefe der Athemzüge nicht wesentlich geändert; es tritt nur vorübergehend gleich nach dem Aderlasse eine geringere Zahl und Tiefe und ein geringeres Athemvolum auf, was aber sich bald wieder zum Normalen erhebt, wenn nicht zu viel Blut entleert worden ist. Unter einer gewissen Grenze nimmt die Athemgrösse jedoch allmählig ab, unter Auftreten zahlreicherer und seichter Athemzüge durch die Herabsetzung der Leistungsfähigkeit der Athemorgane. Schliesslich wird die Thätigkeit der medulla oblongata und der Muskeln immer geringer und es tritt unter Abnahme der Frequenz und Tiefe der Athemzüge der Tod ein. Dyspnoe ist jedoch in keinem Stadium vorhanden, da niemals zwischen dem Sauerstoffverbrauch oder der Kohlensäurebildung und dem mechanischen Theil des Athmens ein Missverhältniss besteht.

5) Athemvolum nach Einspritzung einer Morphiumlösung unter die Haut. Unter dem Einflusse des Morphiums nimmt die Zahl, die Tiefe der Athemzüge und die Athemgrösse ab. Es könnte dies herrühren von einer Verminderung der Erregbarkeit des Centralorganes, welche Bezold und Gscheidlen annehmen, vielleicht aber auch von der geringeren Zersetzung im Körper während der Narkose und geringerer Erregung jenes Centrums. Es ist jedoch nicht

wahrscheinlich, dass die Ruhe und die dadurch bedingte Abnahme der Zersetzung das sehr bedeutende Sinken der Athemgrösse allein erklärt, es wird sich wohl auch um eine gleichzeitige Herabsetzung der Erregbarkeit des Athemcentrums handeln. Bei letzterer müsste in der Athemluft prozentig mehr Kohlensäure enthalten sein, im ersteren Falle dagegen absolut weniger, was sich leicht durch einen Respirationsversuch entscheiden liesse.

6) Athemvolum nach Durchschneidung des Rückenmarkes. Es ist bekannt, dass nach Durchschneidung des Rückenmarkes die Zahl der Athemzüge und der Herzschläge und die Eigentemperatur des Thieres ansehnlich sinkt; nach unsern Beobachtungen verhält sich die Tiefe der Athemzüge und die Athemgrösse ebenso. Man könnte meinen, es handle sich hier um die Wirkung der Abkühlung des Körpers durch die Ausdehnung der Gefässe, in Folge deren die Zersetzungen geringer werden. Dieser Zusammenhang besteht jedoch wahrscheinlich nicht, da hier die Art der Athembewegungen eine ganz andere ist wie nach Einwirkung von Kälte. Es ist möglich, dass wegen der Muskellähmung im Körper viel weniger zersetzt wird und desshalb die Athemgrösse so sehr abnimmt; man muss aber auch an die Herabsetzung des Blutdruckes denken, unter dessen Einfluss die Säfte durch die Organe circuliren, wobei die Zersetzungen vorzüglich stattfinden.

7) Athemvolum bei Einwirkung von Kälte. Wenn man das Thier in einen kalten Raum bringt, nimmt momentan die Zahl, die Tiefe und das Volum der Athemzüge zu, offenbar durch die Einwirkung der kalten Luft auf die Nerven der Lunge und der Haut. Wirkt die Kälte längere Zeit ein und sinkt die Eigentemperatur des Thieres, so nimmt die Zahl der Athemzüge ab und geht unter die normale herunter; es wird aber wegen der tieferen Athemzüge noch länger mehr Luft geathmet als normal. Hier findet viel-

leicht durch die Wirkung der Kälte auf die Blutcirculation und die Athembewegungen auf indirektem Wege eine grössere Zersetzung statt, wie es auch Lossen bei zahlreicheren und tieferen Athemzügen beobachtet hat; Sanders-Ezn fand zwar bei längerer Erkältung des Körpers keine grössere Kohlensäureproduktion. Eine ausgiebige Regulation, welche den Körper durch reichlichere Zersetzung und Wärme-Erzeugung vor der Kälte schützt, scheint nicht gegeben zu sein. In einem späteren Stadium werden die Nerven und Nervencentralorgane weniger erregbar und es nimmt durch die starke Temperaturerniedrigung wohl auch die Zersetzung ab, weshalb zuletzt bei geringer Zahl und Tiefe der Athemzüge ein kleineres Luftvolumen geathmet wird.

8) Athemvolum bei Einwirkung von Wärme. Durch Wärme wird momentan wie durch Kälte durch direkten Reiz die Zahl und Tiefe der Athemzüge und die Athemgrösse vermehrt. Dies bleibt so, bis ganz zuletzt bei sehr hoher Temperatur der Umgebung und starker Erwärmung des Thierkörpers die Athemzüge, im Gegensatze zur Kälte, äusserst häufig werden und damit die Tiefe derselben und die Athemgrösse abnehmen. Da die Anfangswirkung der Wärme die nämliche ist, wie die der Kälte, so können die zahlreichen und tieferen Athemzüge bei letzterer nicht ein Mittel zur Wärmeregulation sein. Der Körper erwehrt sich der Erwärmung nicht durch weniger Athemzüge und eine geringere Zersetzung; Sanders-Ezn fand bei längerer Erwärmung sogar eine grössere Kohlensäureausscheidung; viel eher sind die zahlreicheren Athemzüge geeignet mehr Wasser an der Lungenoberfläche zum Verdunsten zu bringen und so eine Abkühlung hervorzurufen, wenigstens athmen Hunde in der Hitze mit weit hervorgestreckter Zunge unter häufigen und keuchenden Athembewegungen.

9) Athemvolum bei Unterdrückung der Hautthätigkeit. Bei Ueberziehung der Haut mit einem für Luft und Wasser

undurchgängigen Firniss nimmt bekanntlich die Temperatur des Körpers immer mehr ab; es blieb lange zweifelhaft, woher dies rührt, bis Laschkewitsch und Krieger darthaten, dass es sich hier um die rasche Abkühlung des mit Firniss bestrichenen Körpers handelt. Dem entspricht nun auch die Aenderung in den Athembewegungen. Bis auf die momentane anfängliche Steigerung der Zahl der Athemzüge, die wegen der ganz allmählichen Abkühlung des Körpers bei der Firnissung nicht eintrat, zeigten sich ganz die nämlichen Erscheinungen wie beim Frieren des Thieres. Es nimmt die Athemgrösse von Anfang an zu und dann bei abnehmender Frequenz allmählig ab wie bei dem Kälteversuche. Zu keiner Zeit des Versuches war Dyspnoe vorhanden.
