

V. Das Athmen unter vermindertem Luftdrucke.

Von

Dr. G. von Liebig, Reichenhall.

Vor einigen Jahren sprach ich die Hoffnung aus, dass uns geeignete Beobachtungen an einem Höhenkurorte bald in den Stand setzen möchten, die Ansichten über die Wirkung des Luftdruckes auf die Athmung einer Prüfung zu unterwerfen. Ohne dass ich davon wusste, war schon damals durch den Collegen Dr. Mermod von Lausanne eine solche Arbeit vollendet und als Dissertation¹⁾ veröffentlicht worden.

Mermod hatte an verschiedenen Orten die Pulsfrequenz verglichen und daneben in Strassburg und St. Croix im schweizer Jura eine Reihe von Beobachtungen über die Athmung gemacht. St. Croix liegt in etwa 1100 m Höhe und also nahezu 1000 m höher als Strassburg; der Unterschied im Luftdrucke der beiden Orte betrug etwa 8 cm Quecksilberhöhe.

Von den Beobachtungen über den Puls will ich nur erwähnen, dass die Pulsfrequenz in der Höhe etwas grösser gefunden wurde, als in den tiefer gelegenen Orten. Seine Athmung zeigte in Strassburg und in St. Croix eine gleiche mittlere Frequenz, während der mittlere Inhalt der Athemzüge in St. Croix etwas grösser war, als in Strassburg. Der Unterschied betrug 33 ccm bei einem durchschnittlichen Inhalte des Athemzuges von nahezu 550 ccm, und im Verhältnisse zu dieser Vermehrung des Luftwechsels hatte auch die Abgabe von Kohlensäure in St. Croix etwas zugenommen.

Es ist bekannt, dass von ärztlicher Seite die Behauptung

¹⁾ Sur l'influence de la depression atmospherique. Lausanne 1877.

aufgestellt wurde, dass die Athemzüge unter dem verminderten Luftdrucke in der Höhe etwas tiefer werden, was dazu diene, den geringeren absoluten Sauerstoffgehalt der verdünnten Luft auszugleichen. Meines Wissens ist diese Ansicht niemals durch Versuche begründet worden, und Mermod's Ergebnisse wären die ersten, welche ihr eine Stütze geben könnten.

Es stehen aber diesen Ergebnissen zuverlässige Angaben gegenüber, dass in grösseren Höhen die Frequenz grösser und die Athmung flacher werde.

In der That muss man anerkennen, dass es unter jedem Luftdrucke möglich sein werde, die Frequenz und die Tiefe des Athemzuges abwechselnd zu gestalten. Auch giebt es ausser dem Gasaustausche und dem Luftdrucke noch andere Einflüsse, welche die Athmung beherrschen und welche das Ergebniss einmal nach der einen und das nächstmal nach der andern Richtung lenken können.

Es ist daher eine missliche Sache, wenn man auf einen, nur einmal erhaltenen Mittelwerth angewiesen ist, in welchem man die Wirkung eines allgemeinen Gesetzes erkennen soll. Bei ähnlichen vergleichenden Versuchsreihen, zwischen dem erhöhten Drucke in der pneumatischen Kammer und dem gewöhnlichen Luftdrucke habe ich die Erfahrung gemacht, dass die spätere Wiederholung auch bei derselben Person ein, dem früheren entgegengesetztes Ergebniss liefern konnte.

Dies bestimmte mich, nach einem anderen Weg zu suchen, der uns ganz unabhängig von den Mitteln gestatten würde, den Einfluss des Luftdruckes auf die Athmung nachzuweisen, wenn eine hinreichende Anzahl von Beobachtungen gegeben ist. Der Vergleichungspunkt, welcher uns hier zu Statten kommt, liegt in einer ganz anderen Richtung, als man sie seither einzuhalten gewohnt war: es ist der Spielraum der Athmung oder die Grenzen, zwischen welchen bei normalem Athmen die Athembewegung vor sich geht.

Was unter Spielraum zu verstehen ist, das erklärt uns ein Blick auf den Vorgang des normalen Athmens. Es ist bekannt, dass sich bei der Ausathmung die Lunge nur selten so vollständig zusammenzieht, wie es möglich wäre, weil die Zusammenziehung zuletzt, in der sogenannten Athempause, sehr verlangsamt wird; die Einathmung wartet in der Regel das Ende nicht ab, sondern kürzt die Athempause, welche bei etwas frequenterem Athmen auch ganz wegfällt. Man nennt nun den mittleren Grad der Zusammenziehung, welchen bei normalem Athmen die Lunge gewöhnlich erreicht, die mittlere Ausathmungsstellung. Ihr steht in derselben Weise eine mittlere Einathmungsstellung der ausgedehnten Lunge gegenüber, und zwischen beiden liegt die mittlere Lungenstellung, auch mittlere Athemlage genannt, und zugleich der Spielraum für die Athembewegung.

Ich will kurz die Verhältnisse angeben, welche eine Veränderung des Spielraumes der Athmung durch den Luftdruck bedingen, und dann die Ergebnisse der Vergleichung des normalen Luftdruckes, zuerst mit dem höheren Luftdrucke in der pneumatischen Kammer, und dann mit dem geringeren in St. Croix vorlegen.

Neben anderen Veränderungen, welche die Athmung unter dem erhöhten Luftdrucke darbietet, bemerkt man, dass die Frequenz vermindert wird, indem sich der Athemzug verlängert, und man hat dies anfangs der vermehrten Sauerstoffaufnahme zugeschrieben, allein es lässt sich nachweisen, dass die Ursache eine mechanische ist. Es ist die grössere Verdichtung der Atmosphäre unter dem erhöhten Luftdrucke, welche dem Ausströmen der Luft aus den Lungen einen stärkeren Widerstand bereitet und dadurch ihre Zusammenziehung verlangsamt. In demselben Verhältniss wird auch die Ausathmung verlängert, während die Einathmung an der Verlängerung des Athemzuges keinen Antheil nimmt. Die Rechnung ergibt, dass unter einem Ueberdrucke von 30 cm Quecksilber die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft um etwa 18% abnehmen muss, was man mit Hülfe des Pneumeters, eines Apparates, den ich Ihnen früher schon vorgestellt habe, bestätigen kann.¹⁾

Die Veränderung der Frequenz unter dem erhöhten Drucke ist also gleichsam eine erzwungene, und man sieht leicht, dass die verlängerte Ausathmung den Athemzug auch in seinen übrigen Verhältnissen beeinflussen muss. Man denke sich die Ausathmung unter dem erhöhten Drucke so lange anhaltend, bis die gewöhnliche Ausathmungsstellung erreicht wäre, so würde der Zutritt frischer Luft länger als gewöhnlich verzögert und der Luftwechsel beeinträchtigt werden. Wie sich die Verhältnisse thatsächlich gestalten, das zeigt sich am besten, wenn man den Versuch machen lässt, eine gewöhnliche Frequenz auch unter dem höheren Drucke beizubehalten. Man bemerkt dann, dass die Einathmung jedesmal früher beginnt, als die Ausathmung in gewöhnlicher Weise vollendet ist, und es bildet sich so unter dem höheren Drucke eine erweiterte Ausathmungsstellung,

woraus sich in der Folge auch eine erweiterte mittlere Lungenstellung entwickelt. Der Inhalt der Athemzüge wird dadurch nicht sogleich berührt, er wird erst dann grösser, wann sich eine Nachwirkung auszubilden beginnt.

Die Erweiterung der Lungenstellung wurde zuerst durch v. Vivenot nachgewiesen und dann 1868 durch Panum¹⁾ in einem schönen Versuche bestätigt. Panum konnte die Ursache und den Hergang der Erweiterung damals noch nicht befriedigend erklären, dies wurde erst möglich durch die später gefundene Verminderung der Ausströmungsgeschwindigkeit.

Gehen wir davon aus, dass die Zusammenziehung der Lunge die normale Ausathmungsstellung nicht erreicht, so wird dadurch die bereits verzögerte Ausathmung auch weniger vollständig. Der Betrag, um welchen sie zurückbleibt, wird offenbar dem Spielraum für die Athembewegung entzogen, und der Spielraum muss also kleiner werden. Die Beobachtungen, welche ich jetzt vorlegen will, werden zeigen, in welcher Weise diese Beschränkung in der Athmung zum Ausdruck gelangt.

Zur Untersuchung des Spielraums der Athemthätigkeit waren unter den zahlreichen Beobachtungen, die ich in Reichenhall zum Vergleiche des höheren mit dem gewöhnlichen Luftdrucke gemacht hatte, die Athmungen von zwei Personen besonders geeignet, weil dabei die Athemzüge in hinreichendem Umfange gezählt worden waren. Die Methode ist zum Theil schon beschrieben (Pflüger's Archiv X, 1875) und wird noch vollständiger veröffentlicht werden, ich erwähne daher nur das Nothwendigste. Jede Beobachtung umfasste das Ergebniss einer Athmung von 15 Minuten, wobei die ausgeathmete Luft durch eine Gasuhr gemessen wurde. Für jede Reihe wurden die Athmungen an möglichst nahe aufeinanderfolgenden Tagen gemacht, indem, zuerst einige Tage unter gewöhnlichem Drucke, dann immer vier Tage unter dem um 32 cm Quecksilber erhöhten, darauf wieder unter dem gewöhnlichen Drucke geathmet wurde. An jedem Versuchstage wurden drei Athmungen gemacht.

In den Mittelwerthen der beiden Versuchspersonen waren jedesmal die Frequenzen und die ausgeathmeten Luftmengen unter dem erhöhten Drucke etwas geringer, als unter dem gewöhnlichen. Die Athmungen des Herrn J. M., damals Mitbesitzer der pneumatischen Kammern in Reichenhall, welche ich Ihnen zuerst vorlege, wurden im October 1870 gemacht, als dieser 32 Jahre zählte. Er hatte schon 1867 und 1868 zum Theil als Versuchsperson unter dem Ueberdrucke von 32—50 cm geathmet und hatte immer eine deutliche Nachwirkung gezeigt. Auch später noch war er als Assistent in der Kammer thätig, und in Folge dieser wiederholten Einwirkung war seine mittlere Frequenz bedeutend herabgesunken, die Tiefe seiner Athemzüge hatte aber zugenommen. Bei dem Beginne der Versuche war er etwa seit 1½ Jahre nicht mehr unter Druck gewesen, und doch betrug seine Frequenz nur 4—5 Athemzüge in der Minute, der mittlere Inhalt eines Athemzuges war etwa 1000 ccm.

(Schluss folgt.)

¹⁾ Du Bois Reymond's Archiv 1879.