

bevorzugt wird, das hat darin seinen Grund, dass sie das bequemste und zugleich, wie bekannt, das präziseste ist.

Mit der Erledigung der Frage, wie wir zur Vorstellung gleicher Fühlstrecken gelangen, ist aber auch die Frage erledigt, wie wir überhaupt uns eine Vorstellung von der Grösse einer Fühlstrecke bilden; denn jede Grössenschätzung ist nur ein Vergleich.

Die Bedeutung der Nase und der ersten Athmungswege für die Respiration.

Von

Dr. **Richard Kayser**, pract. Arzt in Breslau.

Hierzu Tafel I.

In den letzten Jahren ist von Seiten der Aerzte der Nase eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Eine Reihe sogenannter nervöser Erkrankungen, speciell Asthma, Migräne u. s. w. schien von der Nase auszugehen und es bot sich Gelegenheit anscheinend durch therapeutische Eingriffe innerhalb der Nase zahlreiche mehr oder minder unheilbare Leiden zu beseitigen. Allerdings hat sich bereits eine gewisse Reaction gegen den Anfang von mancher Seite übertriebenen Enthusiasmus erhoben, jedenfalls ist aber die bisher vielleicht etwas vernachlässigte anatomische und physiologische Untersuchung der Nase auf's lebhafteste angeregt worden. In Bezug auf die physiologischen Leistungen letzterer verdient eine Arbeit von Aschenbrandt¹⁾ aus

1) Die Bedeutung der Nase für die Athmung von Dr. Theodor Aschenbrandt, Würzburg 1886.

dem Würzburger physiologischen Institut besondere Beachtung. Gegenüber den theils widerspruchsvollen, theils auf blosse Deduction gegründeten Angaben der Autoren unternimmt es Aschenbrandt mittelst einer sehr zweckmässigen Methode direkt durch das Experiment den Einfluss der Nase auf den Chemismus der Athmung zu untersuchen, festzustellen, in wie weit die bei der Inspiration durch die Nase streichende Luft innerhalb derselben eine Veränderung in Bezug auf Temperatur und Wassergehalt erfährt.

A. kommt zu folgenden Resultaten:

1. „Die eingeathmete Luft wird auf ihrem Wege durch die Nase allein auf über 30° C. erwärmt. Ob die inspirirte Luft etwas wärmer oder kälter eingeathmet wird, ist innerhalb normaler Verhältnisse von keinem wesentlichen Einfluss.

2. Die Annahme einer Reihe von Autoren, die Wasserabgabe der Lunge an die eingeathmete Luft sei eine bedeutende, ist irrtümlich. Die Luft wird in der Nase schon ihrer Temperatur entsprechend bis zu ihrer absoluten Feuchtigkeit gesättigt.“

A. erblickt insbesondere in dem zweiten Resultate den Beweis, von „wie bedeutendem Nutzen die Naseninspiration und ein wie wichtiger Schutzapparat dieselbe für die Lunge ist.“ Der Nase komme daher „eine hohe Bedeutung für die vitalen Vorgänge zu.“ „Durch die Mundathmung und Pharyngealoberfläche kann in keiner Weise für den Organismus das geleistet werden, was in dieser Beziehung die Nase demselben für Nutzen bietet.“

Diese Schlussfolgerungen, die natürlich auf den Praktiker und insbesondere auf den Nasenspezialisten einen bedeutenden Eindruck machen müssen, sind es nun, welche ich nicht für genügend begründet halte und an deren experimentelle Prüfung ich mich machte. —

Zugegeben, die Luft werde bei der Nasenathmung auf ihrem Wege durch die Nase auf 30° C. erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, so folgt daraus nichts weiter, als dass die Nase die Fähigkeit besitzt, die sie durchziehende Luft in der angegebenen Weise zu verändern. Es muss aber erst experimentell bewiesen werden, dass bei der Mundathmung die durch Mund und Pharynx streichende Luft nicht in gleicher oder in viel geringerer Weise verändert wird, ehe man der Nasenathmung eine „vitale Bedeutung“ zuschreiben kann.

Es ist weiter erst zu untersuchen, was in Bezug auf Erwärmung und Anfeuchtung der Inspirationsluft die Trachea und Bronchien zu leisten vermögen, ehe von einem Schutz für die Lunge gesprochen werden kann.

I. Erwärmung der Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase.

Für die zu diesem Zwecke unternommenen Experimente, die im Wesentlichen eine Wiederholung der A.'schen Versuche darstellen, habe ich mich mit geringen Modificationen der von A. angegebenen, sehr bequemen und exacten Methode bedient.

Eine mit Wasser gefüllte Flasche *a s* (s. Fig. 1), welche genau 5 Liter enthält, hat unten nahe dem Boden eine Ausflussöffnung; in diese wird mittelst eines durchbohrten Pfropfens ein Glasrohr mit einem an ihm befestigten Kautschukschlauch gesteckt. Der Kautschukschlauch ist durch eine Klemme *h* verschlossen und durch eine zweite Klemme *g* so verengt, dass der Inhalt der Flasche (5 Liter) in 30 Sekunden ausläuft. In der oberen Oeffnung der Aspirationsflasche steckt gleichfalls ein durchbohrter Kork mit Glas- und Kautschukrohr (*ed*). Mit diesem Kautschukrohr ist das sog. Wärmeprüfungsrohr in Verbindung gebracht. Letzteres ist ein beliebig langes Glasrohr *b*, dessen freies Ende *a* (mit 11 bis 12 mm Durchmesser) genau in die Oeffnung der Nase passt (eventuell zum luftdichten Verschluss der Nasenöffnung mit einem dünnen Kautschukring überzogen); nahe dem Ende *a* ist an das Glasrohr unter einem spitzen Winkel ein kurzes Seitenrohr *c* angeschmolzen, durch welches mittelst eines durchbohrten Kautschukpfropfens ein Thermometer luftdicht so durchgeführt ist, dass die Thermometerkugel innerhalb des Rohres *b* nahe der freien Oeffnung *a* zu liegen kommt.

Wird nun die Oeffnung *a* fest in ein z. B. das linke Nasenloch eingesteckt und die Klemme *h* geöffnet, so werden in Folge Abflusses des Wassers 5 Liter Luft in die Flasche *a s* gesaugt und zwar nimmt die Luft ihren Weg erst durch das freie rechte Nasenloch bis an die Choanen, dann in die linke Nase bis zur Oeffnung *a*, durch diese an der Thermometerkugel vorbei in die Röhre *b* und von da durch *d* und *e* in die Flasche.

Auf diese Weise hat A. bestimmt, welche Temperaturerhö-

hung 5 Liter Zimmerluft von jeweiliger Temperatur erfahren, wenn sie in 30 Sekunden durch beide Nasenhöhlen um die Choanen herumstreichen.

Ich glaubte nun von vornherein, dass für das von A. gefundene Resultat möglicherweise noch ein Umstand in Betracht käme.

Die Choanen oder vielmehr der Nasenrachenraum steht bei der A.'schen Versuchsanordnung in offener Communication mit Rachen, Luftröhre und Lunge. Es schien mir nun möglich, dass die aspirirte Luft entweder nicht direkt von der rechten Choane nach der linken strömt, oder dass sie bei dieser Strömung die freicommunicirende warme Luft aus dem Rachen, Luftröhre etc. mehr oder minder mitreisst, mit aspirirt. Giebt doch A. selbst an, dass bei mehrmaliger Wiederholung seiner Versuche Luft aus der Tuba Eustachii aspirirt worden sei, in Folge dessen er mehrtägiges Ohrensausen empfunden hätte. Ich unternahm es daher, den Nasenrachenraum vollkommen von der darunter befindlichen, warmen Luftsäule abzuschliessen. Ich drückte mittelst eines breiten Holzspatels, dessen Ende mit feuchter Watte umwickelt war, den weichen Gaumen (nach vorheriger Cocainisirung) fest an die hintere Rachenwand, überzeugte mich durch Probeaspiration bei geschlossenem rechten Nasenloch von dem absolut luftdichten Abschluss und liess dann bei so abgeschlossenem Nasenrachenraum 5 Liter Luft in 30" durch beide Nasenhöhlen strömen. Es zeigte sich nun, dass dieser Abschluss keinerlei Einfluss auf die Erwärmung der die Nasenhöhlen durchströmenden Luft hat. Ich constatirte durch mehrere Versuche, dass das Thermometer im Prüfungsrohr auf dieselbe Höhe kam, mochte der Versuch genau nach A. also ohne oder mit Abschluss des Nasenrachenraums ausgeführt werden.

Und zwar fand ich, dass, wenn 5 Liter Luft mit einer Temperatur von 10—12° C. mittelst der beschriebenen Aspirationsmethode in 30" durch beide Nasenhöhlen strömen, das Thermometer im Prüfungsrohr auf durchschnittlich 29,5° C. steigt, also die 5 Liter Luft mindestens auf diese Temperatur erwärmt werden.

Die Abweichungen von diesem Mittelwerth aus einer grossen Zahl von Versuchen sind meist nur gering — einige Zehntel Grade. Nur selten blieb die Temperatur unter 29° auf mindestens 28,50 stehen, meist konnte in solchen Fällen der Verdacht nicht ganz

luftdichten Abschlusses des Nasenloches durch die Röhrenöffnung a erhoben werden — zuweilen erreichte die Temperatur 30° und wenige Zehntel darüber.

A. hat in seinen Versuchen höhere Werthe gefunden $30,1$ bis $30,4^{\circ}$ C. Vielleicht ist die Empfindlichkeit meines Thermometers, das nur $\frac{1}{5}$ Grade anzeigt, geringer als bei A. Uebrigens habe ich, um die Empfindlichkeit meines Thermometers zu prüfen und der wirklichen Temperatur der durch die Nase strömenden Luft näher zu kommen, die Aspirationszeit auf 1 Minute ausgedehnt d. h. aus einer viel grösseren Aspirationsflasche 10 Liter in 60 Sekunden auslaufen lassen. Um dabei die vielleicht störenden und bei so langer Dauer gar nicht zu vermeidenden tieferen Ein- und Ausathmungen durch die Nase auszuschliessen, habe ich in der bereits erwähnten Weise mittelst Spateldruck auf den weichen Gaumen den Nasenrachenraum luftdicht abgeschlossen und ruhig durch den geöffneten Mund während des Versuchs geathmet. Bei dieser Versuchsanordnung — 10 Liter Luft in 60" durch beide Nasenhöhlen, Nasenrachenraum abgeschlossen — stieg das Thermometer im Prüfungsrohr auf $30,4$ — $31,2^{\circ}$ C. bei 12° Zimmertemperatur, ohne am Ende des Versuchs noch weitere Neigung zum Steigen zu zeigen. Es muss demnach in meinen Versuchen, um die wahre Temperatur anzugeben, zu der bei dem Versuch gefundenen ca. $1\frac{1}{2}^{\circ}$ C. zugezählt werden. Ich habe zu dem Zwecke in Klammern immer mit w. T. die wahre Temperatur beigelegt.

Aschenbrandt giebt an, die gleichen Temperaturwerthe auch bei 8° C. Zimmertemperatur gefunden zu haben. In meinen Versuchen erreichte jedoch das Thermometer im Prüfungsrohr nicht mehr bei 8 — 9° C. Aussentemperatur die gleiche Höhe wie früher, sondern blieb $\frac{1}{2}$ — 1° darunter zurück. Aber selbst wenn die Luft (durch eine Kältemischung) auf 0 — 4° C. abgekühlt war, stieg das Thermometer im Prüfungsrohr noch auf ca. 26° (w. T. = $27,5^{\circ}$).

Ich habe auch gleiche Versuche bei relativ hoher Aussentemperatur 19 — 20° C. angestellt und hierbei stieg im Prüfungsrohr das Thermometer auf durchschnittlich $30,8^{\circ}$ C. (w. T. = $32,3^{\circ}$) und erreichte zuweilen fast 32° .

Das Resultat aller dieser Versuche zusammenfassend, ergibt sich im Ganzen in Uebereinstimmung mit Aschenbrandt:

Die durch beide Nasenhöhlen strömende Luft

(5 Liter in 30'') wird bei einer Aussentemperatur von 10—12° auf ca. 31° C. erwärmt.

A. hat ferner Versuche über die Erwärmung der Luft bei ihrem Durchstreichen durch eine Nasenhöhle angestellt. Er hat zu diesem Zwecke ein weites, aus zwei in einander geschobenen Cylindern bestehendes Glasrohr in den Mund bis hinter das Zäpfchen geschoben, die Oeffnung a des Prüfungsrohrs in das linke Nasenloch gesteckt, das rechte Nasenloch fest zugehalten und nun in derselben Weise wie vorher 5 Liter in 30'' aspirirt. Ich habe mich einer anderen, und wie ich glaube, besseren Anordnung bedient. Ich führte auf der einen z. B. linken Seite in den vorher cocainisirten unteren Nasengang einen 8 cm langen, ziemlich dicken Kautschukschlauch, dessen Lumen 7 mm Durchmesser hatte. Das hintere Ende dieses Schlauches reichte etwas über die Choane, das vordere Ende desselben steckte auf einer Glasröhre, die in einem fest in die Nasenöffnung eingedrückten Kautschukpfropfen sich befand (s. Fig. 1 a). Das Ende a des Prüfungsrohrs wurde nun in das rechte Nasenloch gesteckt, der Mund geschlossen und in der alten Weise 5 Liter Luft in $\frac{1}{2}$ Min. aspirirt. Die aspirirte Luft ging also erst in das im linken unteren Nasengang liegende Glas und Kautschukrohr bis an die linke Choane, von da durch die rechte Choane in die rechte Nasenhöhle und in das Prüfungsrohr.

A. fand bei seinen Versuchen, dass die Luft (5 Liter in 30'') beim Durchstreichen durch eine Nasenhöhle gleichfalls auf mindestens 30° C. (bei 12° Aussentemperatur) erwärmt wird. Bei meiner Versuchsanordnung dagegen wurde die durch eine Nasenhöhle streichende Luft etwas, ungefähr 0,5° C. weniger erwärmt. Denn das Thermometer im Prüfungsrohr stieg bei 10—12° C. Aussentemperatur nur auf durchschnittlich 28,8° (w. T. = 30,30), die Temperaturen schwankten in den einzelnen Versuchen zwischen 28,4 und 29,4°. Bei niederer (8°) und höherer (20°) Aussentemperatur ergeben sich die gleichen Differenzen wie bei Benutzung beider Nasenhöhlen.

II. Erwärmung der Luft bei ihrem Durchgang durch Mund und Rachen.

Aspirationsflasche und Prüfungsrohr werden wie bei den vorigen Versuchen benutzt. In den linken unteren Nasengang

wird in derselben Weise wie bei den letzterwähnten Versuchen ein 8–9 cm langes Kautschukrohr geschoben, die rechte Nasenöffnung wird fest zugehalten und das mit einem Kautschukring versehene Ende a des Prüfungsrohrs wird in den Mund genommen und fest mit den Lippen gehalten (s. Fig. 1 b). Bei Abfluss des Wassers aus der Flasche a s macht also die aspirirte Luft folgenden Weg: erst in das innerhalb des linken unteren Nasenganges liegende Kautschukrohr, um das Gaumensegel herum in die Mundhöhle bis zur Oeffnung a des Prüfungsrohrs, von da am Thermometer vorbei in die Flasche.

In diesen Versuchen stieg das Thermometer im Prüfungsrohr auf durchschnittlich $28,9^{\circ}$ oder rund $29,0^{\circ}$ C. (w. T. = 30°) also $0,5^{\circ}$ weniger als bei Durchströmung beider Nasenhöhlen und zwar bei einer Zimmertemperatur von 10 – 12° C. Bei höherer Temperatur 20° C. erreicht das Thermometer 30 – $30,5^{\circ}$ und bei niedriger Temperatur 8° C. und darunter kam es nur bis $25,0$ bis $27,5^{\circ}$ C.

Es ergibt sich also folgendes Resultat:

Die durch den Mund (halb geöffnet) und Rachen strömende Luft — 5 Liter in $30''$ — wird bei 10 – 12° C. Aussentemperatur auf 29° C. (w. T. = $30,5^{\circ}$) d. h. einen halben Grad weniger erwärmt als wenn sie durch beide Nasenhöhlen durchzieht. Genau zu demselben Resultat gelangte Semon¹⁾, welcher untersuchte, um wie viel ein im Rachen gehaltenes Thermometer, nachdem es sich auf $32,3^{\circ}$ C. erwärmt hatte, sinkt, wenn die Inspiration durch den Mund oder durch die Nase stattfindet.

III. Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase.

Bei diesen Versuchen blieb natürlich das Wärmeprüfungsrohr weg und zur Bestimmung des Wassergehaltes der Luft wurden nach dem Vorgange von Aschenbrandt U-förmig gebogene Röhrchen, die mit Bimsteinstückchen und conc. Schwefelsäure gefüllt waren, benutzt. Diese Röhrchen wurden vor dem Versuch und nach der Aspiration, die in derselben Weise wie oben vor sich ging, ge-

1) Krankheiten des Halses und der Nase von Mackenzie-Semon. Berlin 1884. II. S. 516.

wogen. Die Gewichtszunahme zeigt dann in absoluter Zahl, wie viel Wasser die 5 Liter Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase aufgenommen haben. Zur Bestimmung des Wassergehaltes der Zimmerluft wurde die Zimmerluft, ohne die Nase zu passiren, aspirirt.

Aschenbrandt verbindet ein Ende seines U-Röhrchens mit dem Schlauch d, Fig. 1 und das andere Ende mit einer Glasröhre, die er in die Nase einführt. Ich verband dagegen das eine Ende l (Fig. 2) meines U-Röhrchens mit dem Schlauch d, über das andere Ende i führte ich aber einen in der Mitte durchbohrten Kautschukpfropf p so weit, dass die ganze Durchbohrung genau ausgefüllt war und diesen Pfropfen steckte ich dann in die Nase. Diese Anordnung hat den Vortheil, dass ich zur Wasserbestimmung bloss das U-Röhrchen (ohne Pfropf) vor und nach dem Versuche zu wägen brauche, während Aschenbrandt sowohl das U-Röhrchen als auch das vom U-Röhrchen zur Nase führende Glasrohr wägen muss.

Wurde der Pfropf mit dem U-Röhrchen in das linke Nasenloch gesteckt und das Wasser aus der Aspirationsflasche abgelaassen, so passirte die Luft, und zwar 5 Liter in ca. 30", erst die rechte Nasenhöhle, dann um die Choanen die linke Nasenhöhle und ging von da direkt in das U-Röhrchen durch die Schwefelsäure und schliesslich nach der Aspirationsflasche.

Bei den nun in dieser Weise angestellten Versuchen konnte ich in Uebereinstimmung mit A. constatiren, dass das U-Röhrchen sich deutlich erwärmte und dass die an dem Röhrchen befindliche Glaskugel g, Fig. 2 sich mit Wassertropfen beschlug.

Es betrug bei einer Aussentemperatur von 9—12° C. die Gewichtszunahme des U-Röhrchens im Durchschnitt mehrerer Versuche 0,166gr, wobei die Abweichungen von diesem Mittelwerth nur geringfügig waren. Der direkt bestimmte Wassergehalt der Zimmerluft schwankt zwischen 0,02—0,03gr pro 5 Liter, was eine relative Feuchtigkeit von 50—70% ergibt. Auch hier überzeugte ich mich durch direkten Versuch, dass die Absperrung des Nasenrachenraumes ohne Einfluss auf das Resultat ist.

Ebenso fand ich, wenn ich in der oben geschilderten Weise die Luft bloss durch eine Nasenhöhle streichen liess, ungefähr dieselben Werthe für den Wassergehalt.

Zur Controle der Empfindlichkeit dieser Methode der Wasser-

bestimmung habe ich hinter das U-Röhrchen noch ein zweites eingeschaltet, also die bereits durch ein U-Röhrchen entwässerte Luft durch das zweite in gleicher Weise vorbereitete ziehen lassen. Dieses zweite U-Röhrchen zeigte in der That nur einen minimalen Gewichtszuwachs von 0,001 gr.

Wir haben oben gefunden, dass die Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase eine Temperatur von mindestens $30-31^{\circ}\text{C}$. annimmt. Nach den Tabellen der Physiker können 5 Liter einer so temperirten Luft bis zur Sättigung bei 30° 0,15 gr und bei 31° 0,167 gr Wasser aufnehmen. Wir können daher behaupten, dass die Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase vollkommen mit Wasserdampf gesättigt wird. Aschenbrandt fand in seinem Versuche den absoluten Wassergehalt von 5 Liter Luft nach ihrem Durchgang durch die Nase = 0,182. Dieser auffallend hohe Werth ist vielleicht durch die complicirtere Versuchsanordnung — Wägung des U-Röhrchens und des Verbindungsrohres besonders — verschuldet. Jedenfalls ergibt sich aus diesen Versuchen das Resultat:

Die Luft wird bei ihrem Durchgang durch die Nase — 5 Liter in 30" — entsprechend der angenommenen Temperatur mit Wasserdampf vollkommen gesättigt.

IV. Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch Mund und Rachen.

Die Anordnung der unternommenen Versuche gleicht vollkommen der unter II beschriebenen (s. Fig. 1 b), nur dass statt des Wärmeprüfungsrohrs das mit dem Kautschukpfropf versehene U-Röhrchen (Fig. 1) in den halbgeöffneten Mund zwischen die Lippen und Zähne genommen wird. Es passirt also die aspirirte Luft — 5 Liter in 30" — erst den im linken, unteren Nasengang liegenden Schlauch, geht um das Gaumensegel durch die Mundhöhle in das mit Schwefelsäure gefüllte U-Röhrchen und durch dieses in die Aspirationsflasche. Der absolute Wassergehalt der so durch Mund und Rachen geströmten 5 Liter Zimmerluft von $9-12^{\circ}\text{C}$. Temperatur betrug im Mittel mehrerer Versuche 0,161 gr (Grösse der Schwankungen 0,168—0,155; Wassergehalt der Zimmerluft 0,025—0,035 für 5 Liter). Dieser Werth ist etwas geringer als der beim Durchgang durch die Nasenhöhle unter III gefun-

dene (0,166). Da wir jedoch unter II nachgewiesen haben, dass die durch Mund und Nase strömende Luft eine mindestens $0,5^{\circ}$ C. geringere Temperatur annimmt und 5 Liter Luft bei 31° C. noch 0,167 gr Wasser aufnehmen, so lautet das Resultat dieser Versuche:

Die Luft wird bei ihrem Durchgang durch Mund und Rachen — 5 Liter in 30" — gleichfalls mit Wasserdampf gesättigt, nur ist entsprechend ihrer um $\frac{1}{2}^{\circ}$ C. geringeren Temperatur, auch der absolute Werth des aufgenommenen Wassers etwas geringer.

V. Erwärmung und Anfeuchtung der Luft während ihres Durchganges durch die Nase oder durch Mund und Rachen bei doppelt so grosser Strömungsgeschwindigkeit.

In allen bisherigen Versuchen hatte ich genau dem Beispiel Aschenbrandt's folgend aus der Aspirationsflasche 5 Liter Wasser in 30" ausfliessen, also eben so viel Luft durch die entsprechende Körperhöhle strömen lassen. A. führt zur Begründung dieses Verfahrens an, dass in 30" vom normalen Menschen 10 Athemzüge gemacht werden und auf jeden Athemzug eine Tiefe von 500 cem zu rechnen ist, so dass also eine Strömung von 5 Liter Luft in $\frac{1}{2}$ Minute genau den natürlichen Verhältnissen entspräche. Allein eine solche Berechnung erscheint mir nicht korrekt. Alle unsere Versuche haben doch den Zweck, die Veränderungen der inspirirten Luft zu untersuchen. Zugegeben, dass normaler Weise in 30" 5 Liter Luft inspirirt werden, so werden doch die ganzen 30" nicht bloss auf die 10 Inspirationen verwendet, sondern es werden während derselben Zeit auch 10 Expirationen von Statten gehen. Nimmt man nun die Dauer einer Expiration ebenso lang wie die einer Inspiration und sieht von der sogenannten Athmungspause ganz ab, so würde bei 10 Athmungszügen von 500 cem Tiefe in $\frac{1}{2}$ Minute die Strömungsdauer für 5 Liter Inspirationsluft nicht 30", sondern nur höchstens 15" betragen. Mit anderen Worten, in den Versuchen mit Aschenbrandt'scher Anordnung wäre die Strömungsgeschwindigkeit der Inspirationsluft halb so gross als bei der wirklichen Athmung. Freilich sind die von A. seiner Rechnung zu Grunde gelegten Daten etwas zu hoch gegriffen.

Nach Vierordt¹⁾ werden bei ruhiger Athmung in 1 Minute

1) Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845. S. 255.

nur 9—15 Athemzüge gemacht und beträgt das Quantum der expirirten Luft 4200—9300 ccm pro Minute. Aschenbrandt selbst führt an, dass nach Vierordt in einer ganzen Minute ca. 6000 ccm Luft expirirt werden. Mit Zugrundelegung solcher Werthe würde allerdings die Aschenbrandt'sche Anordnung unserer Versuche der wirklichen Geschwindigkeit des Inspirationsstromes sehr nahe kommen.

Indess schien es mir doch von besonderem Interesse, die Versuche bei grösserer und zwar doppelt so grosser Strömungsgeschwindigkeit der Luft zu wiederholen, weil ja doch auch im normalen Leben die Zahl und Tiefe der Athemzüge erheblicher Steigerungen fähig ist und weil es mir sehr werthvoll erschien zu untersuchen, in wie weit die gefundenen Resultate durch veränderte Strömungsgeschwindigkeit eine Veränderung erfahren.

Die Anordnung der nun unternommenen Versuche blieb genau dieselbe wie früher, nur wurde bei dem Versuche über Erwärmung der Luft eine viel grössere Aspirationsflasche genommen, aus welcher in 30" 10 Liter Wasser abflossen, so dass durch die betreffende Körperhöhle 10 Liter Luft in 30" durchzogen. Bei den Wassergehaltsuntersuchungen benutzte ich wie früher die Aspirationsflasche von 5 Liter Inhalt, regulirte aber durch Erweiterung der Klemme g Fig. 1 den Abfluss so, dass die 5 Liter in 15" abflossen. Bei den mit diesen Modificationen angestellten Experimenten, deren genauere Beschreibung sich nach dem Vorangegangenen erübrigt, stellte sich nun heraus, dass die unter I, II, III, IV angegebenen Resultate auch bei doppelt so grosser Strömungsgeschwindigkeit der Luft — 10 Liter in 30" — nicht wesentlich verändert werden. Die Erwärmung der durch die Nase streichenden Luft erreichte bei 12° C. Aussentemperatur über 29° C. (w. T. = 30,5°), blieb also nur wenig unter der früher erreichten Höhe zurück.

Ebenso erwärmte sich die doppelt so rasch strömende Luft durch Mund und Rachen wohl etwas weniger als früher bei geringerer Strömungsgeschwindigkeit, erreichte aber doch gut 28° C. (w. T. = 29,5°). Die Wasseraufnahme der doppelt so rasch strömenden Luft (5 Liter in 15") zeigte verhältnissmässig grössere Schwankungen als früher, doch kamen wiederholt sogar sehr hohe Werthe 0,17 und 0,18 gr für 5 Liter zum Vorschein. Auch hier war der Wassergehalt der durch Nase und Rachen strömenden

Luft immer nur eine Kleinigkeit (etwa 0,01 gr pro 5 Liter) geringer, als bei Strömung durch die Nase. Das Resultat dieser Versuche lautet demnach:

Die Luft wird während ihres Durchgangs durch die Nase oder durch Mund und Rachen bei grosser Strömungsgeschwindigkeit — 10 Liter in 30" — beinahe ebenso hoch erwärmt auf 29,5–30° C, wie bei langsamer Strömung — 5 Liter in 30" — und gleichfalls ihrer Temperatur entsprechend mit Wasserdampf gesättigt.

Durch diese Versuche wird einem bereits von Vierordt ausgesprochenem Desiderat einigermaassen genügt. V. sagt nämlich l. c. S. 207: „über die Verhältnisse der beständig Wasser abdunstenden Mucosa können jedoch erst genauer vergleichende Experimente über den Wassergehalt der exspirirten Luft bei Athemzügen verschiedener Schnelligkeit Aufschluss geben, aus welchen wir erst werden beurtheilen können ob die Schleimhaut der Respirationsorgane auch bei sehr frequentem Athem genug Wasser abgiebt, um die ausgeathmete Luft zu sättigen.“

VI. Erwärmung und Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch eine enge Röhre.

Ich hielt es zum Verständniss der bisherigen Resultate für geboten, die gleichen Versuche unter rein physikalischen Bedingungen, die denen bei der Athmung möglichst nahe kommen, anzustellen.

Zu diesem Zwecke nahm ich ein Glasrohr, Fig. 3, dessen ganze Länge 23 cm, und dessen Durchmesser 15 mm betrug und steckte dasselbe in die Mitte einer 20 cm langen Cigarrenkiste so, dass die beiden Enden des Glasrohrs zu beiden Seiten des Kastens in der in der Figur ersichtlichen Weise herausragten. Nahe dem einen Ende *s* des Glasrohrs hatte letzteres ein längeres senkrecht aufsteigendes Seitenrohr *w*, welches eine Oeffnung des Kasten-deckels passirend über denselben hinausragte. Die Innenfläche des Glasrohrs, so weit es in dem Kasten steckte, also in einer Länge von 20 cm war mit mehreren Rollen Fliesspapier ausgekleidet, welches gut befeuchtet war, so dass noch eine schmale Rinne Wasser am Boden der Röhre eben zu sehen war; in das Glasrohr *w* wurde ein Thermometer mittelst eines durchbohrten

Pfropfens luftdicht so eingeführt, dass die Thermometerkugel sich in der Mitte des Rohres befand. Die Oeffnung v des Rohres r wurde mittelst einer in einem durchbohrten Pfropfen steckenden ziemlich engen Glasröhre verengt. Der ganze mit dem Rohr armirte Kasten — den ich Wärmekasten nennen will — stand auf einem mit Drahtgitter etc. belegten Dreifuss, unter welchem zwei kleine Gasflammen y und z sich befanden. Die Flammen bei y und z wurden so lange regulirt, bis das Thermometer t dauernd eine Temperatur von ca. 37° anzeigte.

Nun wurde entweder das Ende s des Rohres r durch einen kurzen Kautschukschlauch mit dem Ende a des Prüfungsrohrs und damit überhaupt mit dem ganzen in Fig. 1 dargestellten Apparat in Verbindung gebracht, oder es wurde das in Fig. 2 gezeichnete U-Röhrchen mittelst seines Pfropfens i in das Ende s fest eingesteckt und das andere Ende l des U-Röhrchens mit dem Schlauch d des in Fig. 1 gezeichneten Apparats in Verbindung gebracht. In beiden Fällen wurde nach Oeffnung der Klemme h (Fig. 1) durch Abfluss des Wassers aus der Aspirationsflasche 5 Liter Luft in 30" aspirirt, wobei die aspirirte Luft, ehe sie in das Prüfungsrohr b oder in das U-Röhrchen gelangte, erst die constant auf 37° C. erwärmte und feuchte Röhre r passiren musste. Es wurden also dieselben Versuche wie früher angestellt, nur dass die Nasenhöhle durch eine 20 cm lange, 1,5 cm weite Röhre ersetzt war, deren innere Oberfläche vollkommen feucht war und die im Luftbade constant eine Temperatur von 37° C. hatte.

Ich fand nun, dass, wenn 5 Liter Luft in 30" durch das Wärmekastenrohr gesogen werden, bei einer Aussentemperatur von 10—12° C. das Thermometer im Prüfungsrohr auf 29,2—29,5 (w. T. = 30,8) stieg, zugleich sank das Thermometer t, das im Wärmekastenrohr steckte, von 37° auf ca. 34° C.; bei einer Aussentemperatur von 9° C. zeigte das Thermometer nur kaum 28° C. und bei 8° Aussentemperatur erreichte es nur 26—27°, während es bei einer Aussentemperatur von 24° C. auf 31,5 (w. T. = 33°) stieg. Man ersieht durch einen Vergleich dieser Resultate mit dem unter I. Angeführten, dass sich das constant auf 37° C. erwärmte Glasrohr fast wie die Nase der durchgesogenen Luft gegenüber in Bezug auf deren Erwärmung verhält. Wurde nun die Strömungsgeschwindigkeit vermehrt, indem 10 Liter in 30" durch das Wärmekastenrohr aspirirt werden, so fiel die Temperatur des Thermometers t um

4—6° und stieg die Temperatur im Prüfungsrohr nur auf 27,5° C. (w. T. = 29° C.), blieb also hinter der mit gleicher Geschwindigkeit durch die Nase strömenden Luft in Bezug auf Erwärmung (s. V S. 136) um 1,5° C. zurück.

Wurde zur Wasserbestimmung in die Oeffnung s des Wärmekastenrohrs das mit Schwefelsäure gefüllte U-Röhrchen mit seinem Pfropfen hineingesteckt und bei constanter Temperatur von 37° C. 5 Liter in 30" durchgesogen, so betrug die Gewichtszunahme, also der Wassergehalt der aspirirten Luft bei 12° C. Aussentemperatur 0,17—0,18 gr, während er bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 5 Liter in 15" sich nur auf 0,14—0,15 belief.

Gestützt auf diese Daten, sind wir berechtigt, zu behaupten:

1. Der Grund der auf den ersten Blick vielleicht auffallenden Erwärmung und Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch Nase etc. liegt in erster Reihe in den physikalischen Eigenschaften der Luft. Die letztere vermag eben bei ihrer geringen specifischen Wärme — dieselbe ist = 0,2, also 5 mal kleiner als die des Wassers — wenn sie durch eine enge feuchte Röhre strömt, sehr rasch deren Temperatur anzunehmen und sich mit Wasserdampf zu sättigen.

2. Es ist wahrscheinlich, dass bei niedriger Aussentemperatur und insbesondere bei sehr rascher Luftströmung an der Schleimhaut der Respirationswege sich noch gewisse physiologische Vorgänge zu Gunsten einer möglichst hohen Erwärmung und dementsprechender Dunstsättigung der Einathmungsluft geltend machen. Es liegt nahe daran zu denken, dass diese physiologischen Vorgänge im verstärkten Blutzufusse u. s. w. bestehen.

3. Die bei unseren physikalischen Versuchen gewonnenen Ergebnisse erlauben uns, einen Schluss auf die physiologische Leistungsfähigkeit der Trachea und der Bronchien zu ziehen, welche experimentell an Lebenden festzustellen nicht möglich ist. Nach Henle (Anatomie II S. 264) beträgt die Länge der Trachea ca. 12 cm, die der Hauptbronchien 2,4 resp. 5,1 cm. Die Weite dieser Röhren beläuft sich auf 3—2 cm Durchmesser; es würde also die Trachea und die ersten Bronchialzweige zusammen eine Röhre ungefähr von ähnlicher Beschaffenheit wie unser Wärmekastenrohr darstellen und daher das Nämliche an Erwärmung und Anfeuchtung der Inspirationsluft leisten.

VII. Reinigung der Luft von Staub bei ihrem Durchgang durch die Nase.

Aschenbrandt hat nach dieser Richtung hin Versuche angestellt, indem er mit der beschriebenen Aspirationsvorrichtung nicht gewöhnliche Zimmerluft, sondern eine in bestimmter Weise mit Staub beladene Luft durch beide Nasenhöhlen strömen liess. Zuerst wurde der Luft chemischer Staub (Dämpfe von Salmiak etc.) beigemischt und es zeigte sich, dass derselbe fast unvermindert die Nase passire.

Ferner wurde die Luft mit größerem mechanischen Staub und zwar Stärkemehl gemischt. Eine Flasche F Fig. 4, auf deren Boden eine Menge Stärkemehl aufgehäuft ist, trägt an ihrer oberen Oeffnung o in einem durchbohrten Pfropfen ein Glasrohr D, welches durch einen Schlauch mit dem Glasrohr G verbunden ist. Das Ende dieses Rohres N wird in ein Nasenloch z. B. rechts fest eingeführt, während ein anderes Glasrohr L mit seinem Ende M in das linke Nasenloch gesteckt wird. Rohr L wird mit der Aspirationsflasche a s verbunden und während der Aspiration wird durch den bei U Fig. 4 angebrachten Blasebalg B das Mehlpulver aufgewirbelt.

Aschenbrandt fand nun bei diesem Versuch, dass das Mehlpulver in die rechte Nasenhöhle und an die hintere Nasenrachenwand gelangt, dagegen liess sich kein Stärkemehl in der linken Nasenhöhle oder gar in der Flüssigkeit der Aspirationsflasche nachweisen. Der aus der rechten Nasenhöhle nach dem Versuch herausbeförderte Schleim zeigte keine Jodreaction.

Ich hielt eine Nachprüfung der Versuche mit chemischem Staub für nicht erforderlich, dagegen habe ich die Versuche mit mechanischem Staub wiederholt. Zunächst stellte ich den Versuch genau wie Aschenbrandt an, überzeugte mich aber, dass bei dieser Anordnung überhaupt sehr wenig Mehlstaub in die Nasenhöhle hineinkommt. Auf dem Transport des Staubes aus der Flasche F durch das Rohr D in den nach abwärts gekrümmten Schlauch und durch die Röhre G bleibt so viel von dem Mehl zurück, dass nur eine kleine Menge in die eine Nasenhöhle gelangt, die dort und an der hinteren Rachenwand abgefangen wird. Ich musste die Röhre D verlängern, bis sie in den Mehlstaub am Boden der Flasche F tauchte, um eine beträchtliche Staubmenge

in die Nase zu aspiriren. In diesem Falle konnte ich aber — wenn N im linken und M im rechten Nasenloch gesteckt hatte — auch in der rechten Nasenhöhle Stärkemehl nachweisen. Denn nachdem ich vor dem Versuch in die rechte Nasenhöhle gesteckte und feucht gewordene Fliesspapierstückchen mittelst Lugol'scher Lösung als frei von Stärkemehl befunden hatte, machte ich dieselbe Prüfung nach dem Versuche und konstatierte die Anwesenheit von Stärkemehl. Noch schlagender zeigte sich dies bei folgender Versuchsanordnung: Statt der Flasche F Fig. 4 benutzte ich eine Glaskugel K Fig. 5 mit 3 Oeffnungen. Am Boden derselben liegt das Pulver, in der oberen Oeffnung steckt eine Röhre J mit Blasebalg, die Oeffnung H bleibt frei und die Oeffnung N wird mit Kautschuk überzogen, in das rechte Nasenloch geführt. In das linke Nasenloch wird ein Kautschukrohr von 7,5 cm Länge und 7 mm Durchmesser in den unteren Nasengang in der früher beschriebenen Weise eingeführt und sein äusseres Ende durch L und D mit der Aspirationsflasche verbunden. Während der Aspiration wird der Blasebalg in Thätigkeit gesetzt.

Ich benutzte als Staubpulver nicht Mehl, weil dieses, wie auch A. angiebt, noch lange Zeit in unangenehmer Weise an der hinteren Rachenwand haftet, sondern Magnesiapulver. Es ergab sich nun bei diesen Versuchen, dass das Pulver auch in die linke Nase gelangt, denn das vorher ganz reine Kautschukrohr, welches im linken Nasengang steckte, zeigte sich nach dem Versuch herausgenommen an seiner ganzen inneren Wandung mit den weissen Staubkörnchen bedeckt, ja es waren solche noch in dem zur Aspirationsflasche führenden Glasrohr L sehr deutlich zu erkennen. — Ich kann daher die Behauptung Aschenbrandt's: „dass bei Nasenathmung gröbere Staubtheilehen in fühlbarer Menge nicht über den Rachen hinaus in die Tiefe gelangen können“ nicht beitreten. Bei genügend reichlicher Staubverunreinigung der Luft würde immer eine gewisse Menge selbst bis in die Lungen gelangen können, wie dies schon durch die Thatsache der Staubinhalationskrankheiten bewiesen wird. Dagegen kann ich die Beobachtung A.'s bestätigen, dass speciell an der hinteren Rachenwand eine grosse Menge Staub haften bleibt. Die in die Nase fliegenden Staubtheilehen behalten zum grossen Theil, wenn sie an die Choane gelangt sind, ihre Flugrichtung bei und kommen dadurch an die hintere Rachenwand.

Auf diese Weise wird wohl der Staubgehalt der eingeathmeten Luft vermindert, aber nicht gänzlich aufgehoben. Es zeigt sich hier, welchen Werth es hat, dass der Anfangstheil der Athmungswege nicht die grade Verlängerung der Luftröhre, sondern eine rechtwinklich gekrümmte Röhre darstellt. Diese Abknickung des Athmungsrohrs ist, abgesehen von seiner Enge und Feuchtigkeit, eine Schutzvorrichtung, welche zwar nicht allen Staub von der Lunge zurückhält, aber doch die Menge des eingeathmeten Staubes vermindert.

VIII. Schlussfolgerungen.

Der erste Schluss, der sich aus den geschilderten Versuchen ziehen lässt, lautet im Wesentlichen in Uebereinstimmung mit Aschenbrandt, dass die von vielen Autoren gemachte Annahme, die eingeathmete Luft werde durch die Lunge erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, irrthümlich ist. Es war bisher gang und gäbe die Lunge nicht bloss als das Organ des Gasaustausches von O u. CO₂ zu betrachten, sondern ihr auch noch daneben die Aufgabe der Erwärmung und Anfeuchtung der Athmungsluft zuzuschreiben. Allerdings finden wir bei Rosenthal¹⁾ mit Bezug auf eine ähnliche Behauptung von Lombard die Aeusserung: „dass die Luft vorgewärmt und mit Wasserdampf nahezu gesättigt in die Alveolen gelangt.“ Ebenso spricht bereits Vierordt²⁾ p. 207 davon, dass der Wassergehalt der ausgeathmeten Luft zum grössten Theil von der Schleimhaut der Luftwege stammt und p. 236, dass die eingeathmete Luft in den oberen Parteeen der Athmungsorgane erwärmt wird. Aber diese gelegentlichen Aeusserungen blieben wenig beachtet und stützten sich auf blosse Deductionen.

Es ist das Verdienst Aschenbrandt's zuerst in dieser Beziehung den Weg experimenteller Begründung beschritten zu haben. Da die physiologischen Versuche unter V gezeigt haben, dass Zimmerluft bei ihrem Durchgang durch eine 20cm lange, 15mm weite und 37° C. warme Röhre auf über 30° C. erwärmt wird, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass die Expirationsluft, die einen viel längeren und meist engeren Weg sowohl bei der

1) Handbuch der Physiologie v. Hermann. IV 2. S. 389.

2) Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845.

Ein- als auch bei der Ausathmung passirt hat, vollkommen die Körpertemperatur angenommen hat, also schon bei einer Aussentemperatur von 10° C. und weniger auf 37° C. erwärmt ist — womit die gleichlautenden Angaben von Valentin und Weyrich bestätigt werden; ebenso sicher ist die vollkommene Sättigung der Ausathmungsluft mit Wasserdampf. Die Erwärmung und Wassersättigung ist aber nicht eine Leistung der Lunge, sondern der Luft- oder Athmungswege. Man kann die Athmungswege in 2 Haupttheile zerlegen: erstens das Ansatzrohr, d. i. oberhalb des Kehlkopfes die Rachenhöhle mit ihren doppelten Ausläufern, Nasen- und Mundhöhle, zweitens das eigentliche Luftleitungsrohr: d. i. die Trachea, Bronchien und deren Verzweigungen.

Der Antheil, den diese beiden Abschnitte des Athmungsrohrs an den erwähnten physiologischen Leistungen haben, ist ein verschiedener. Der bei weitem grösste Theil dieser Leistung fällt nämlich dem Ansatzrohr zu, durch welches bei mittlerer und selbst kühler Temperatur und auch bei sehr grosser Strömungsgeschwindigkeit die eingeathmete Luft $\frac{5}{6}$ und mehr ihrer Wärme und ihres Wassergehalts zugeführt bekommt. Dieser Antheil wird bei niedriger Aussentemperatur geringer, sinkt aber nicht in gleichem Maasse, sondern langsamer und ist, wie wohl aus unseren Versuchen geschlossen werden kann, auch bei einer Aussentemperatur von mehreren Graden unter 0° noch ein sehr beträchtlicher. Wie sich aus den unter VI angeführten Resultaten ergibt, ist andererseits z. B. bei einem Tracheotomirten, der durch die Kanüle athmet, Trachea und Bronchien ganz gut im Stande, die eingeathmete Luft auf über 30° C. zu erwärmen und mit Wasser zu sättigen. Jedenfalls ist ersichtlich, welchen Werth es für die Athmung des Menschen hat, dass die Luft der Lunge auf so langen und so engen Wegen zugeführt wird. Die Länge und Enge des ganzen Athmungsrohrs sichert der Lunge unter allen Umständen die Zuleitung einer bereits erwärmten und feuchten Luft und bildet somit für die Lunge eine gewisse Schutzvorrichtung.

Diese Function der Nase allein zuzuertheilen, wie dies Aschenbrandt gethan hat, ist nach den Resultaten der angestellten Experimente nicht erlaubt. Die Nase theiligt sich an dieser Function des gesammten Athmungsrohrs in sehr hervorragender Weise. Aber es ist in Bezug auf Erwärmung und Anfeuchtung der Luft die Athmung durch die Nase nicht von so

wesentlicher Bedeutung gegenüber der Athmung durch (halb geöffneten) Mund und Rachen. Allerdings haben wir gefunden, dass die Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase um $\frac{1}{2}^{\circ}$ C. mehr erwärmt und dementsprechend mit Wasserdampf beladen wird, als bei der Mundathmung. Aber diese Differenz ist so gering, dass sie für die thatsächlichen Verhältnisse des Lebens nicht von Belang ist. Im Winter kann die in die Trachea kommende Luft ca. $25-28^{\circ}$, im Sommer $30-35^{\circ}$ C. haben, eine Differenz, der gegenüber $\frac{1}{2}^{\circ}$ keinerlei Bedeutung hat.

Allerdings wissen wir aus Erfahrung, dass andauernde Mundathmung besonders während des Schlafes gewisse Unannehmlichkeiten hat, nämlich Austrocknen der Schleimhaut. Die Nase ist und bleibt Respirationsorgan und Athmungsweg ersten Ranges. Ihr enges und nahezu unveränderliches Lumen, der Blut- und Drüsenreichthum ihrer Schleimhaut, die Thatsache, dass diese Drüsen ununterbrochen Tag und Nacht ein wässriges Secret liefern, geben der Nase, abgesehen von ihrer Beziehung zum Geruchssinn, als Athmungsrohr den Vorzug vor dem Munde. Letzterer ist besonders an einzelnen Stellen viel ärmer an Drüsen, diese selbst liefern ein schleimiges, relativ wasserarmes Secret, und ihre Secretion ist eine sehr ungleichmässige, im Schlaf fast ganz ruhende — daher die Austrocknung. Die Nasenathmung ist zweifellos die normale, aber die Mundathmung kann sie ohne erheblichen Nachtheil für den Chemismus der Respiration ersetzen, wie denn auch erfahrungsgemäss viele Menschen jahrelang durch den Mund athmen, ohne in Folge dessen nachweisbare Gesundheitsschädigungen zu erfahren.

Vor Allem ist es nicht gerechtfertigt, auf Grund physiologischer Thatsachen der Nasenathmung in Bezug auf Erwärmung und Anfeuchtung der Einathmungsluft eine vitale Bedeutung zuzuschreiben.

Manche Autoren haben den Vorthail der Nasenathmung darin gesehen, dass die Athmungsmuskeln wegen der grösseren Widerstände im Vergleich zur Mundathmung zu stärkerer Thätigkeit angeregt, also gekräftigt werden.

Voltolini¹⁾ führt zum Beweise, dass die Nase der natür-

1) Rhinoskopie und Pharyngoskopie. Breslau 1879. S. 199.

liche Athemweg ist, an, dass der Druck der Athmungsluft bei maximaler Expiration bedeutend stärker ist, wenn durch die Nase, als wenn durch den Mund expirirt wird, in ersterem Falle betrage er 240, in letzteren 160 mm Quecksilber. Ebenso sei der negative Inspirationsdruck bei Nasenathmung grösser als bei Mundathmung. V. hat manometrische Versuche in der Weise angestellt, dass er ein Manometerrohr in den Mund oder in ein Nasenloch bei Verschluss des anderen steckte und mit aller Kraft in das Manometer in- oder expirirend das Quecksilber in die Höhe trieb.

Allein die so bei Abschliessung des Respirationstractus angestellten Messungen¹⁾ geben uns nur Kenntniss von der Kraft, mit welcher die Athmungsmuskeln den Thoraxraum verengen oder erweitern, also das Volumen der von ihm umschlossenen Luft verändern können. Der so gemessene Druck ist an allen Punkten des abgeschlossenen Luftraumes derselbe und muss daher, an welcher Oeffnung auch das Manometer anbringe — ob an der Trachea, an der Nase oder am Munde — immer gleich gross sein, vorausgesetzt, dass immer die gleichen Muskel- resp. Druckkräfte in Anwendung kommen. Letzteres ist aber praktisch schwer auszuführen. Ich habe mich durch Wiederholung der V.'schen Experimente überzeugt, dass wohl Druckwerthe wie die von ihm angegebenen vorkommen, dass aber diese Werthe, mag das Manometer am Mund oder in der Nase angebracht sein, sehr grossen Schwankungen, oft von mehr als 70 mm Differenz, ausgesetzt sind.

Bemerkenswerth ist, dass der Mund zur Anlegung des Manometers durchaus ungeeignet erscheint. Denn hier wird durch die Dehnbarkeit und Contractilität der Mundwandung — Aufblasen der Backen und Druck der sich contrahirenden Backenmuskeln — das manometrische Resultat complicirt.

Will man den Athmungsdruck messen, welcher wirklich bei der In- und Expiration ausgeübt wird, so muss der Respirationstractus offen, oder das Manometer muss seitlich an einer offenen Röhre angebracht sein, durch welche ein- und ausgeathmet wird, So hat z. B. Donders den Inspirationsdruck bei ruhigem Athmen = 1 mm Quecksilber in der Weise gefunden, dass er ein Manometer in ein Nasenloch luftdicht einfügte und durch die andere

1) Vergl. Rosenthal l. c. S. 218.

Nasenöffnung athmete. Die Grösse dieses wahren Athmungsdruckes hängt aber, die gleiche Contractionsgrösse der Athmungsmuskeln vorausgesetzt, von der Weite der Athmungsöffnung ab; der Druck ist um so grösser, je enger diese Oeffnung ist. So ist z. B. der Expirationsdruck bei gleicher Kraftanstrengung grösser, wenn durch ein Nasenloch, als wenn durch beide Nasenlöcher expirirt wird, eine Thatsache, von der viele Leute, die ihre Nase ohne Hilfe eines Taschentuches reinigen, practischen Gebrauch machen. Der Athmungsdruck bei der Mundathmung ist um so grösser, je enger die Mundöffnung gemacht wird, er kann also bald grösser, bald gleich, und bei weit geöffnetem Munde erheblich kleiner sein, als bei der Nasenathmung.

Bei körperlicher Anstrengung, Laufen, Bergsteigen und dergl. ist es zweckmässig, mit geschlossenem Munde durch die Nase zu athmen, vor Allem desshalb, weil so die vermehrte Luftzufuhr nicht durch Erweiterung der Athmungsöffnung, sondern durch grössere Anstrengung der Athmungsmuskeln bewirkt wird, diese also gekräftigt und zu grösserer Leistungsfähigkeit erzogen werden. Die Nasenathmung zeigt sich also in dieser Beziehung nicht allgemein, sondern nur unter besonderen Umständen als vortheilhaft.

In wie weit etwa die Nase durch nervöse Einflüsse für die Athmung von Bedeutung ist, muss besonderen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ich erfülle zum Schluss die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Gscheidlen, Director des städt. chem. Untersuchungsamtes, meinen wärmsten Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit und das hilfreiche Entgegenkommen, durch welches mir ermöglicht wurde, meine Versuche in seinem Laboratorium und mit seinen Hilfsmitteln auszuführen. Ebenso fühle ich mich verpflichtet, Herrn Dr. Seyda, Assistent am chem. Untersuchungsamt, für die Liebenswürdigkeit und Ausdauer, mit der er mich bei der Ausführung meiner Experimente unterstützte, aufs herzlichste zu danken.

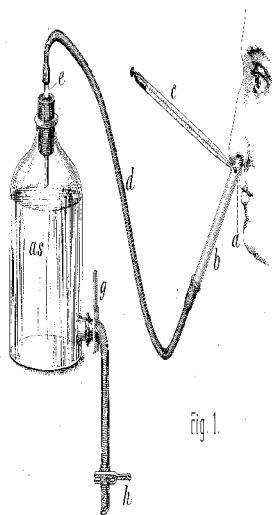


Fig. 1.

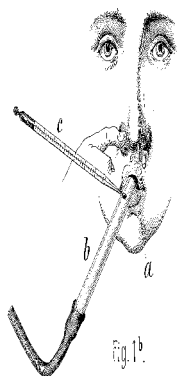


Fig. 1b.

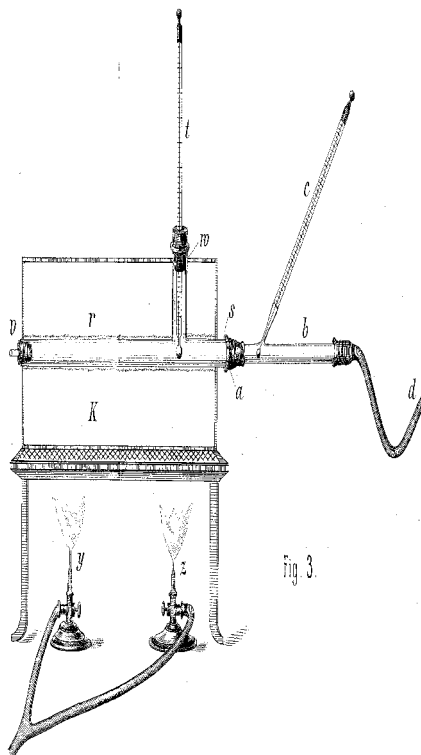


Fig. 3.

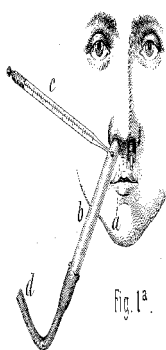


Fig. 1a.

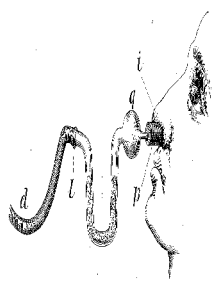


Fig. 2.

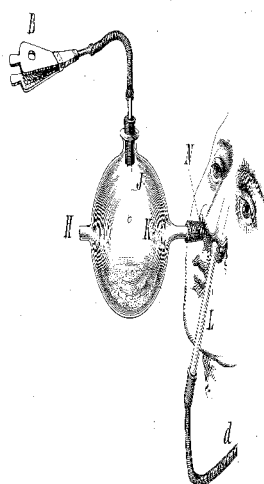


Fig. 5.

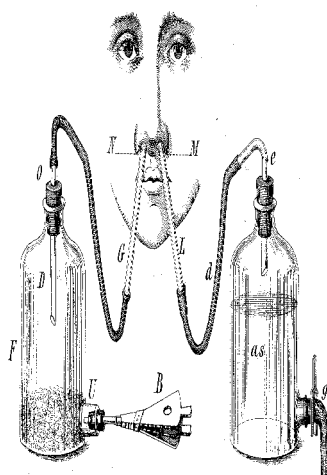


Fig. 4.