© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Theorie und Anwendung

des

„Seitendruckspirometers,“

eines

neuen Instrumentes zur Bestimmung

der

Respirationsluft

von

Dr. Emil Harless.

Abh. d. II. Cl. d. k. Akad. d. Wiss VII. Bd. III. Abth.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Theorie und Anwendung
des
„Seitendruckspirometers,"
eines neuen Instrumentes zur Bestimmung
der
Respirationsluft,

von
Dr. Emil Harless.

Seit Hutchinson *) seine ausgedehnten Untersuchungen über die Menge der ausgeathmeten Luft an verschiedenen gesunden und kranken Individuen angestellt hat, wurden dieselben theils mit den aus England direkt bezogenen, theils mit (z. B. von J. Vogel) verbesserten „Spirometern" fortgesetzt. Man wird leicht einsehen, dass meine jüngst ver-

*) Von der Capacität der Lungen und von den Athmungsfunctionen von Hutchinson, übersetzt von Dr. Samosch.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

öffentlichten Studien (in Vierordts Archiv) über die elastischen Kräfte der Respirationsorgane im nächsten Zusammenhange mit der Frage nach der in einer Lunge befindlichen Luftquantität stehen; denn es liegt uns daran, das mechanische Moment jener elastischen Kräfte kennen zu lernen, wofür die Bestimmung des aërostatischen Druckes, wie wir ihn mit unseren Manometern finden, durchaus nicht zureichend ist.

Jeder weiss, dass es bei einer Luftpumpe sehr ungleiche Grade von Kraftanstrengung kostet, die Luft bis zu einem gewissen Punkt, etwa $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, zu verdünnen, je nach der Grösse des Rezipienten, in welchem der Manometer steht. Dieses Gefühl der Kraftanstrengung ist der subjective Maassstab für die „lebendige Kraft", welche zu irgend einer bestimmten anderen Arbeit verwendet werden könnte, und sie ist es, welche wir bei den elastischen Massen der Respirationsorgane nicht blos subjectiv wahrnehmbar, sondern objectiv messbar gemacht wünschen; sie ist es, welche bei der tonlosen Exspiration zur Fortschaffung der Luft (bei der tönenden ausserdem noch zur Erzeugung von Schwingungen) verwendet wird. Die gesetzlichen Verhältnisse, in welche die Spannungskräfte und die Luftquantität zu einander zur Abschätzung des Arbeitsvermögens oder der Leistung gesetzt werden müssen, geben die aërostatischen Formeln.

Setzt man p und p′ für Spannkräfte, V und V' für die Volumina ein und derselben Quantität Luft, so ist die Leistung L, die nöthig ist, um ein Volum V von der geringen Spannung p in die grössere p zu versetzen:

$$L = 2{,}3026\ V\ p \lg \left(\frac{p'}{p}\right)$$

$$= 2{,}3026\ V'\ p' \lg \left(\frac{V}{V'}\right).$$

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Denselben Werth hat L, wenn die höhere Spannung p' eines Luftvolumen V' in die tiefere p umgesetzt wird *). Diese Formeln gelten unmittelbar für den Fall, in dem die Luftquantität in der Lunge constant erhalten und nur der Raum des Luftbehälters vergrössert oder verkleinert wird, wenn also z. B. der vor den Mund gehaltene Pneumatometer bei gleichzeitig zugehaltener Nase den Ausweg aus dem Behälter verschliesst. Ist nun auch auf diese Weise der Wechsel der Luftmenge in diesem in Beziehung auf die einfache mechanische Strömung ausgeschlossen, so bleibt noch die Möglichkeit für einen solchen in Folge von Absorption oder Ausscheidung dunst- oder gasförmiger Massen bei der unter dem pneumatostatischen und hämodynamischen Druck stattfindenden Berührung der Luft und des Lungenblutes.

Vergleichungen der Mengen trockner Einathmungs- und Ausathmungsluft, welch letztere nach Berthollet eine im Mittel $\frac{1}{41}$ der Einathmungsluft betragende Abnahme gezeigt hat, können natürlich hier nicht maassgebend seyn. Untersuchungen zur Erledigung der Frage, wie sie oben gestellt wurde, liegen nicht vor, da alle bisherigen Untersuchungsmethoden hiefür nicht ausreichten. Keine derselben ist nämlich im Stande, über die absolute Quantität der in der Lunge befindlichen Luft Auskunft zu geben, vielmehr beschränken sie sich ohne Ausnahme auf die durch forcirten Exspirationsdruck gelieferte Menge, und abstrahiren von der in der Lunge zurückbleibenden, welche auch die grösste Kraftanstrengung bei der Ausathmung nicht zu entfernen vermag.

Sowohl das mir zunächst gelegene spezielle Bedürfniss zur Ermittlung des Arbeitsvermögens der elastischen Massen unserer Respirationsorgane, als das allgemeinere, welches sich an die Möglich-

*) cf. J. Weisbach's Ingenieur. p. 442.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

keit, diese absoluten Luftmengen zu messen, knüpft, hat mich veranlasst, auf Mittel zu sinnen, diess zu erreichen. Indem ich hoffe, dass dieses gelungen ist und zwar unter Anwendung des Mariottischen Gesetzes durch einen Apparat, dessen theoretische Construction Physikern von Fach als vollständig genügend erschien, so will ich mir die Beschreibung desselben vorläufig noch vorbehalten, bis die vielleicht dabei sich ergebenden praktischen Schwierigkeiten in der Anwendung des Instrumentes überwunden seyn werden. — Ehe es mir gelang, auf aërostatischem Princip ein derartiges Instrument zu construiren, hatte ich versucht, freilich nur praktische Zwecke zunächst im Auge, die kostspieligen und schwer transportablen Spirometer durch einfachere Instrumente zu ersetzen, indem der praktische Arzt mittelst der gewöhnlichen Spirometerversuche mancherlei wünschenswerthe Aufschlüsse erlangen kann. Die Anforderung, welche an das einfachere, ungleich wohlfeilere und ganz compendiöse Instrument gemacht werden kann, ist also, dass es eben so genaue Resultate gäbe, wie die bisher gebräuchlichen Spirometer.

Ehe ich die Mittheilungen meiner Studien über die elastischen Kräfte der Respirationsorgane fortsetze, will ich, zumal das für die streng wissenschaftlichen Zwecke construirte Instrument wegen seiner Kostspieligkeit keine so grosse Verbreitung finden dürfte, die Methode mittheilen, nach welcher sich ohne Reservoir für die ausgeathmete Luft deren Menge eben so finden lässt, wie mittelst des Spirometers von Hutchinson.

Vergegenwärtigen wir uns die Leistungen des Letzteren und die Grenzen der Genauigkeit bei seiner Anwendung, so finden wir Folgendes: In jedem individuellen Fall gibt der Spirometer einen Bruchtheil der Gesammtluft des Lungenhohlraumes an. Der procentische Werth desselben kann aus leicht begreiflichen Gründen nicht bei allen Indivi-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

duen gleich seyn, auch wenn alle bei diesem Instrument zu berücksichtigenden Cautelen streng befolgt sind. Wählen wir z. B. nur Individuen verschiedener Altersclassen und fragen, unter welchen Umständen könnten die procentischen Werthe der Ausathmungsluft gegenüber der Gesammtluft der Lungen constant bleiben?

Einathmung und forcirte Ausathmung (wie sie der Versuch verlangt) sind in Beziehung auf die Veränderung der Luftmenge in den Lungen abhängig von dem Conflict zweier Kräfte, nämlich der Muskelcontraction einerseits und der Elasticität der Respirationsorgane andererseits, gegenüber einer durch sonstige Verhältnisse bedingten Räumlichkeit des Luftreservoirs. Für die extremen Grade der Inspiration sowohl, als der Exspiration kommen besonders die elastischen Kräfte der Thoraxtheile in Betracht. Es wäre denkbar, dass für alle normalen Fälle eine solche Compensation getroffen wäre, dass die forcirteste Exspiration immer nur die gleichen procentischen Mengen der Gesammtluft austriebe, ähnlich wie Herzkraft und Widerstandsmengen im Kreislauf einander entgegenwirkend den Blutdruck an einer bestimmten Stelle des Gefässsystems bei grossen und kleinen Thieren nahezu gleich erscheinen lassen können.

Muskelkraft und Elasticitätsmodulus der betreffenden Massen müsste demnach in entsprechendem Grade in gleichem Sinn sich verändern, nämlich beide müssten gleichzeitig zunehmen oder abnehmen. In dem mittleren Lebensalter, nämlich zwischen dem 25ten und 30ten Lebensjahr, ist bei dem weiblichen wie bei dem männlichen Geschlecht der mittlere Dynamometerwerth des Druckes oder Zuges beider Hände am grössten (Quetelet), und nimmt gegen frühere und spätere Altersperioden hin ab. Der Elasticitätsmodulus der Knochen und Sehnen nimmt nach Werthheim mit dem Alter zu, begreiflicher Weise auch der der Knorpel, da alle Theile in dem Maass als sie Wasser verlieren einen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

höheren Elasticitätsmodulus erlangen, dem somit auch die Knorpel im höheren Alter unterworfen sind. Nicht allein also, dass die Muskelkraft nicht mit dem Elasticitätsmodulus der passiven Bewegungsorgane wächst, sondern abnimmt, wird die Leistung der Muskeln im höheren Alter dadurch heruntergedrückt, dass ihr eigener Elasticitätsmodulus zu gleicher Zeit sich verringert. Bleibt somit dieses Verhältniss von Elasticität und Muskelkraft nicht constant, so wäre möglich, dass durch Variirung der Luftquantität, d. h. durch entsprechende Raumveränderung des Thorax, der procentische Werth der Ausathmungsluft constant erhalten werden könnte. Es müsste also z. B. im Alter, wo in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bei gleich grossen Individuen die absolute Menge der Ausathmungsluft bedeutend abnimmt*), der Rauminhalt der Lungen, also auch die absolute Menge der Gesammtluft verkleinert werden.

Dies findet aber nach Hutchinsons Messungen durchaus nicht statt. Unter allen Fällen nahezu gleicher Körpergrösse, welche verglichen werden konnten, kommen bei zwei, bei welchen eine solche Raumverkleinerung des Thorax im höheren Alter auftritt, sechs, bei denen gerade das umgekehrte statt findet. Nun könnte trotz der Vergrösserung des Thorax eine Verkleinerung der Lufträume stattfinden, welche in einer Gewichtszunahme der Gewebsmassen der Lungen sich bemerklich machen würde. Die zu dem Zweck geordnete Tabelle von Hutchinson (l. c. p. 42) zeigt aber, dass gerade das Gegentheil, eine fast durchgehende Rarificirung des Lungengewebes und in Folge dessen eine Verminderung der Gewebmassen, nothwendig also bei der gleichzeitigen Vergrösserung des Thoraxraumes eine Vergrösserung des Luftreservoirs stattfindet. Ich habe grösstentheils nur das reife Mannesalter mit dem Greisenalter bei nahezu gleicher Grösse zusammengesellt, und auf die Volumsveränderung des Herzens dabei Rücksicht genommen.

---

*) cf. Tabelle bei Hutchinson l. c. p. 35.

Geschlecht.	Jahre.	Grösse, engl. Maass.	Kubikinhalt der Brusthöhle in engl. Kubikzollen.		Gewicht beider Lungen in Unzen.	Volum des Herzens *).
männlich	23	5′ 4″	159		25½	269,387 Cub. Cent
	55	5′ 1″	267	Differ. + 108	17	165,776 „ „ Differ. — 5,88 engl. Cub.″
weiblich	38	5′ 5″	356		43	290,199 „ „
	80	5′ 6″	300	Differ. — 56	35,5	327,190 „ „ Differ. + 2,256 Cub.″
	38	5′ 5″	356		43	290,199 „ „
	74	5′ 4″	335	Differ. — 21	48¾	236,783 „ „ Differ. — 3,25 „
	48	5′ 8″	374		72,5	437,70 „ „
	77	5′ 7″	457	Differ. + 83	48	580,219 „ „ Differ. + 8.69 „
männlich	39	5′ 7″	348		86,5	290,199 „ „
„	77	5′ 7″	457	Differ. + 109	48	580,219 „ „ Differ. + 17.69 „
„	22	5′ 10″	248		—	—
	87	5′ 9″	342	Differ. + 94	—	—
„	40	5′ 6″	286		60½	218,491 „ „
„	80	5′ 6″	300	Differ. + 14	35,5	317,739 „ „ Differ. + 6,05 „
„	39	5′ 7″	348		86¼	290,199 „ „
„	77	5′ 7″	457	Differ. + 109	48	580,219 „ „ Differ. + 17.69 „

*) Berechnet aus den von Hutchinson angegebenen Gewichten, dividirt durch das spez. Gewicht der Muskelsubstanz.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Man sieht, dass die Raumvergrösserung des Thorax, welche bei dem höheren Alten fast durchgehends beobachtet wird, keineswegs durch die Volumzunahme des Herzens gedeckt wird, selbst wenn man das die Cavitäten ausfüllende Blutvolum unverhältnissmässig überschätzen wollte.

Zwischen den meisten der verglichenen Altersperioden ist kaum mehr eine durch Wachsthum bedingte Massenzunahme der Skelettheile denkbar, in Folge dessen jene Raumvergrösserung des Thorax eintreten könnte; vielmehr weist die Reihe der Spirometerversuche selbst auf die Ursache davon hin, welche in einer Erhöhung des Elasticitätsmodulus der die Skeletmassen verbindenden Theile und ihrer, d. h. der Rippen selbst, zu suchen ist. In Folge dessen erstarren gleichsam die sonst leichter beweglichen Theile je mehr und mehr in der der Inspiration ähnlichen Stellung, und lassen so gegen früher die oft beträchtliche Volumszunahme des Thoraxraumes entstehen. Wie weit diese Veränderung der Elasticität in den Thoraxtheilen auf die Lunge zurückwirkt, muss ich der pathologischen Anatomie zu entscheiden überlassen, und will hier nur erwähnen, was unter Voraussetzung eines sonst normalen Lungengewebes physikalisch als nothwendig eintretend gedacht werden kann.

Erstens scheint unbedenklich anzunehmen, dass die mechanischen Kräfte, welche die Volumsverkleinerung des Luftreservoirs bei der Ausathmung bedingen, überwiegend den Thoraxtheilen zukommen, weil die rückwirkende Elasticität dieser jedenfalls bedeutend grösser ist, als die des Lungengewebes. Wenn dieses richtig ist, so wird von Seite der Lunge falls ihre rückwirkende Elasticität aus irgend einem Grund schwächer geworden wäre, niemals ein so grosses Hinderniss erwachsen, dass die Thoraxwände bei ungeschmälerter Grösse ihrer rückwirkenden Elasticität aufgehalten würden, diese vollständig geltend zu machen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

schon deswegen, weil die Lungenräume eine so leicht verdrängbare Masse, die Luft nehmlich, in sich enthalten.

Zweitens: Die Rarificirung des Lungengewebes wird entweder in gar keiner Abhängigkeit zu der Vergrösserung des Thoraxraumes stehen, oder bei gleichzeitigem Auftreten beider Erscheinungen kann die letztere wenigstens unmöglich von der ersteren als abhängig gedacht werden. Denn: Ueberall, wo Schwund einer Gewebsmasse eintritt, erleidet der Organismus einen Zwang irgend wie den dadurch gewonnenen Raum unmittelbar auszufüllen. Bis an die Widerstandsgrenze der Thoraxwandung gegenüber dem Atmosphärendruck würde das am einfachsten durch ein Zusammendrücken dieser Wandungen, also durch Raumverkleinerung bewerkstelligt werden können. Da Schwund des Lungengewebes und Raumvergrösserung des Thorax so häufig gleichzeitig angetroffen wird, so liegt die Annahme nahe, dass beide im umgekehrten Causalverhältniss zu einander stehen. Bleibt die Brust während der Ausathmung je mehr und mehr in einer dem Einathmungsakt entsprechenden Stellung, so müssen die Ernährungsgefässe der Lunge in Folge der vergrösserten Anspannung der Wandungen, auf welchen sie sich verzweigen, eine Reduktion ihres Lumens und eine Verminderung ihrer Füllung erfahren; Grund genug, die Ernährung des Lungengewebes zu beeinträchtigen. Was an Geweb verloren geht, wird unmittelbar durch Luft ersetzt, welche ungehindert in die noch restirenden Gewebräume und Lücken einzudringen im Stande ist.

Drittens: Die elastischen Kräfte des Lungengewebes, welche sich in solchen Fällen verändert zeigen, können diese Veränderung der Ernährungsalteration des Gewebes verdanken, aber vielleicht auch blos mechanischen Ursachen. „Jeder elastische Körper kann seine „natürliche Form," in welche er jedesmal nach Entfernung der auf ihn form-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

verändernd einwirkenden Kräften zurückzukehren strebt, auf zweierlei Weise in eine neue umwandeln. Dies findet nehmlich statt, wenn der Körper *plötzlich* über seine Elasticitätsgrenze hinaus gedehnt wurde, oder wenn er anhaltend nahe seiner Elasticitätsgrenze angespannt erhalten worden war. Das letztere ist der Fall bei der Raumvergrösserung des Thorax mit gleichzeitigem Schwund des Lungengewebes, wobei zugleich in dem Maass, als das letztere stattfindet, in Folge des atmosphärischen Luftdruckes die Dehnung der noch vorhandenen Wandungen des Luftreservoirs wachsen muss.

So liesse sich unter Voraussetzung eines ursprünglich normalen Lungengewebes physikalisch die Entstehung des im Alter so häufig vorkommenden Emphysems als eine unmittelbare Folge der Veränderung ableiten, welche die *Thoraxtheile* und deren elastische Kräfte zu dieser Zeit erfahren.

Kehren wir also zum Früheren zurück, so sehen wir, dass der Spirometer eben so wenig constante Proeente*) der gesammten Lungenluft als deren absoluten Werth angibt, und wie Hutchinson schon hervorgehoben hat, nur das Maas für die Elongation der Bewegung bei Aus- und Einathmung, durch die dabei in Bewegung gesetzten Luftmasse bestimmbar, angibt. Zu unserem Zweck bedürfen wir keiner weiteren Auseinandersetzung der Folgerungen, die sich sonst aus den Spirometerwerthen ergeben, sondern nur der Erinnerung an das von Hutchinson aufgestellte Verhältniss zwischen Körperlänge und vitalem „Ausathmungsvermögen", worin gewisse diagnostische Anhaltspunkte

*) Vierordt nimmt ein constantes Verhältniss, nämlich: 4,75 an; Wagners Handwörterbuch Bd. II. pag. 836.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gelegen seyn *sollen*, was übrigens von Anderen in Abrede gestellt wird**). Die Hutchinson'schen Zahlen sind Mittelwerthe; der praktische Arzt hat es mit dem individuellen Fall zu thun. Erst sehr beträchtliche Abweichungen von den Mittelwerthen besitzen diagnostische Bedeutung. Ich überlasse das dem Praktiker zu entscheiden, ob ihm in der Diagnose die beträchtlichen Abweichungen von jenem Mittel mehr Aufschluss gewähren, als andere Anomalien.

Es ist aber nicht blos die Individualität der Organisation, sondern auch die experimentelle Geschicklichkeit des Patienten, welche bei den Spirometerversuchen in Rechnung gezogen werden muss. Ein Haupterforderniss ist nach Hutchinson, dass möglichst ruhig und ohne Stoss, möglichst vollständig exspirirt werde, nachdem vorher möglichst tief eingeathmet wurde. Für das alles hat der Arzt keine sichere Controle bei dem Versuch, ausser etwa für die wirklich im Maximum ausgeführte Einathmung, wozu Hutchinson aber die Vorschrift nicht gibt. Sie besteht einfach darin, dass man Acht hat, ob der zu Untersuchende, nach dem er das Mundstück des Schlauches angesetzt hat, im Manometer des Apparates keinen negativen Druck vor Beginn der Ausathmung mehr zu erzeugen im Stande ist. Da bei dem in hiesigem Spital befindlichen Spirometer aus England die Trommel durch grosse Gegengewichte gehoben wird, so verbergen sich die unregelmässigen Stösse der Exspiration leicht unter dem durch den Apparat fortwährend negativ gehaltenen Druck. Endlich verlangt wegen der Temperaturveränderung der ausgeathmeten Luft im Instrument der Spirometer immer eine, wenn auch nicht sehr umständliche Correction und Berechnung

---

**) Fabius Diss. de Spirometro etc. Amstelodami 1853.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

des Luftvolums bei einer willkührlich als Ausgangspunkt für die Vergleichung gewählten Temperatur.

Indem gezeigt worden, dass für die im Eingang genannten Zwecke der Spirometer nicht ausreicht, will ich hier nur das denselben, wie ich glaube, ersetzende einfachere Instrument beschreiben und zuletzt prüfen, ob es diese Aufgabe wenigstens erfüllen kann.

Es besteht dasselbe aus einer etwa 5″ langen Messingröhre von c. 8½‴ Durchmesser im Lichten. An das eine Ende können Diaphragmen von verschiedenen Durchmessern luftdicht angeschraubt werden, während in geringer Entfernung davon rechtwinklig mit der Axe des Rohres ein U förmig gebogner, mit Wasser gefüllter Manometer mit dem einen Schenkel senkrecht nach abwärts eingefügt ist; der zweite Schenkel ist etwas länger, und lehnt sich seitlich an das Messingrohr, welches er um ein Paar Zoll überragt, an. An diesem Seitendruckmesser ist eine in Millimeter eingetheilte Skala angebracht.

Entleert man bei zugehaltener Nase die Lungenluft durch diesen Apparat, dessen diaphragmafreies Ende in den Mund genommen wird, und deshalb hier einen umgelegten Rand trägt, so ist bald eine längere, bald eine kürzere Zeit nöthig, um die gleiche Menge durchzutreiben, je nachdem man den an dem Manometer messbaren Seitendruck, oder bei gleichem Seitendruck die Diaphragmen wechselt. Umgekehrt: Es strömt bei gleicher Oeffnung und gleichem Seitendruck in ungleichen Zeiten eine ungleiche Menge Luft durch den Apparat. Somit lässt sich aus der Beobachtung der Zeitdauer des Strömens der Luft unter einem constant gehaltenen Seitendruck direkt auf die Menge schliessen, welche während des Versuchs durch den Apparat gestrichen ist. Die Diaphragmen, welche man zu unserem Zweck bei dem Austreiben der Exspirationsluft allein benützen kann, müssen einen nicht unbeträchtlichen Querschnitt haben. So wie dieses der Fall ist, zugleich die Ränder der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Oeffnung nicht ausserordentlich dünn sind, werden die Gesetze für die Ausströmung der Luft so verwickelt, dass man sogleich darauf verzichten muss, theoretisch aus den in Betracht kommenden Dimensionen des Apparates der gefundnen Zeit und dem beobachteten Manometerstand die Quantität der durchgeströmten Luft zu berechnen. Jedes Instrument bedarf also einer empirischen Graduirung, weil ceteris paribus Seitendruck und Zeit nicht in einem einfachen Verhältniss zur Menge der durchgeströmten Luft stehen. Nur die Zeiten und Mengen stehen ceteris paribus in einem einfachen, nämlich geraden Verhältniss. Hierauf beruht die Methode des Justirens. Man hat für eine bestimmte Menge Luft, welche man bei verschiedenen Manometerständen hindurchtreibt, die dazu nöthige Zeit zu beobachten. Ich habe das Instrument bei aufgezogner Trommel des Spirometers an das Ausathmungsrohr luftdicht angesetzt, und die Trommel sodann mit derjenigen Kraft sinken lassen, welche dem gewünschten Manometerstand entsprach. Die Reibung an den Zapfen der Rollen, der Schnüre auf letzteren, der Stifte in der Führung der Trommel ist zu gross und zu variabel an den einzelnen Stellen, als dass Belastungen mit Gewichten allein schon die gewünschten Druckwerthe, während der ganzen Zeit der Ausströmung constant zu erhalten vermöchten. Es musste also die Bewegung der beschwerten Trommel noch ausserdem so regulirt werden, dass die Wassersäule im Manometer, während der ganzen Dauer der Strömung so constant als möglich blieb. Dieses war bei den etwas höheren Druckgraden viel leichter als bei den schwächsten. Aus diesem Grund ist die Genauigkeit des Instrumentes zwischen 30 und 60 Mill Wassersäule am grössten, was für die Ausathmungsversuche auch am vortheilhaftesten ist, da nach der tiefen Inspiration Jeder geneigter ist, etwas stärker als ganz schwach auszuathmen.

Der Werth der Wassersäule im Seitendruckmesser des Instrumentes, den wir h nennen, ist abhängig von allen den Bedingungen, welche

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

an einer bestimmten Stelle (nahe der Ausströmungsöffnung) gleichzeitig als hemmende und fördernde auf die Luftströmung wirken, und dient als Index für die Resultirende dieser verschiedenen Kräfte. Setzt man alle Dimensionen des Apparates als constant voraus, so können die mechanischen Kräfte, welche die Luftströmung einleiten und unterhalten, gleichzeitig variirt mit den Dichtigkeitsgraden der zu bewegenden Luft, bei gleichem h die gleiche Quantität Luft in ungleichen Zeiten durch den Apparat treiben. Bleibt aber alles Andere gleich, und werden nur die Werthe von h geändert, so erhält man wiederum für dieselbe Luftmenge verschiedene Geschwindigkeiten, welche je für einen Apparat zuerst bestimmt werden müssen.

Als Ausströmungsöffnungen habe ich zwei Diaphragmen benützt, von denen Nr. 1 einen Durchmesser von 6 Mill, Nr. 2 einen Durchmesser von 5 Mill hatten.

Die Trommel des Spirometers wurde immer von einem bestimmten Punkt an mit einer solchen Kraft niedergedrückt, dass h den beabsichtigten Werth vom Beginn bis zum Ende des Strömens der Luft behielt. Unbekümmert vorläufig um den wahren Werth der ausgetriebenen Luftmenge genügt es, während *einer* Versuchsreihe, durch welche die Beziehungen zwischen Ausströmungsgeschwindigkeit und Seitendruck ermittelt werden sollen, jene Menge (M) unverändert zu lassen. Man gewinnt leicht den graphischen Ausdruck für diese Beziehung, wenn man die Zahlenwerthe von h durch eine Linie miteinander verbindet. Die in der Vertikalcolumne stehenden Zahlen geben die Zeit in Sekunden an, welche eine Menge Luft bei dem auf derselben Horizontallinie zu findenden Werth von h zum Durchströmen durch den Apparat braucht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit in Sekunden	Für Oeffnung Nr. I.	Zeit in Sekunden	Für Oeffnung Nr. II.
		12	. 60 h
8	. 60 h	13	. 50 h
9	. 50 h	14	
10	. 40 h	15	. 40 h
11		16	
12	. 30 h	17	. 30 h
13		18	
14		19	
15	. 20 h	20	
16		21	. 20 h
17		22	
18		23	
19		24	
20	. 10 h	25	
		26	
		27	. 10 h

Kennt man also das bei den verschiedenen Manometerständen durch den Apparat getriebene Luftquantum, so erhält man für je einen solchen einen constanten Bruchtheil der Menge als Maass für die in einer Zeiteinheit durch den Apparat gegangene Luft. Beobachtet man demnach h und Zeit, z, so lässt sich für die Umstände, unter welchen calibrirt wurde, durch einfache Multiplication der Sekundenanzahl und jenem für eine Sekunde geltenden Bruchtheil der angewendeten Luftmenge, diejenige finden, welche in einer beliebig anderen Zeit durch den Apparat bei demselben Manometerstand getrieben werden muss. Jeder Manometerstand hat, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, einen anderen Bruchtheil von M, z. B. im ersten Fall, bei der Ausströmungsöffnung Nr. I.: h 10 $\frac{M}{20}$; h 20 $\frac{M}{15}$; h 30 $\frac{M}{12}$; h 40 $\frac{M}{10}$ etc.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zur Ermittlung des bei den Versuchen wirklich angewendeten Luftvolums wurde erstens der Kubikinhalt der Trommel des Spirometers für verschiedene Temperaturen berechnet.

Die *Maasse* wurden bei 19,125° Cels. genommen. Der Durchmesser des Innenraumes ergab aus 8 in verschiedenen Höhen und Richtungen vorgenommenen Messungen 15,1 Centim. Die Höhe der Trommel, so weit sie jedesmal entleert wurde: 25 Centim. Daraus berechnete sich der Flächenraum des Mantels der Trommel $= F = 1170{,}25 \square$ Cent., und der Kubikinhalt für jene Temperatur $= K = 4417{,}69375$ C. Cent.

Es beträgt die Flächenausdehnung des Metalles (Zink's) der Trommel für 100° Cels. 0,005883; für 19,125° Cels. also 0,00112512375; die Längenausdehnung desselben für 100° Cels. 0,002942; für 19,125° Cels. 0,0005626575. Jene Fläche F der Trommel wird demnach bei

$$0^\circ \text{ Cels.} = F' = \frac{1}{1 + 0{,}00112512375} \cdot 1170{,}25 = 1167{,}90950 \square \text{ C.}$$

Um den Kubikinhalt des Trommelraumes für 0° Cels. zu finden, muss die für diese Temperatur gültige Höhe des Cylinders h' aus der Längenausdehnung des Metalles gerechnet werden; dann wird

$$h' = \frac{1}{1 + 0{,}0005626575} \cdot 25 = 24{,}975 \text{ Centim.}$$ Die Fläche F' gibt einen Durchmesser des Cylinders $= d' = \frac{F'}{\pi\, h'} = \frac{1167{,}9095}{3{,}1 \cdot 24975}$; endlich ist $K' = \frac{1}{2} d'^2\, \pi\, h' = 4405{,}999$ Cub. Cent.

Es beträgt also die Raumvergrösserung des Inneren der Trommel 0,61 Cub. Cent für je 1° Cels.

Hiernach wurde für jede Versuchsreihe des K bestimmt. Ich führe nur *eine* solche ausführlich vor, weil man daraus sieht, dass die Beob-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

achtungen für die etwas höheren Druckgrade, welche man anwendet, am sichersten sind.

Zur Zeit des Versuches war der äussere Barometerstand b = 71,65 Cent.; die Temperatur der Luft in der Trommel des Spirometers t = 21,25° Cels. Das Volum der Luft, welches demnach 4418,9615 Cub. Cent. betrug, wurde durch die Ausströmungsöffnung Nr. 2 bei den verschiedenen Manometerständen des Instrumentes in folgenden Zeiten durch den Apparat getrieben:

Anzahl der Pendelschläge (2 auf *eine* Sekunde):

h								
10mm	60;	58;	59,5;	59;	58;	57:		
20mm	42;	40;	42;	40;	40;	42;	42;	41,5;
30mm	33;	33;	34;	33;	34;	33;		
40mm	30;	29,5;	29,5:	30;				
50mm	26,5;	26,5;	26,5;	26,5;	26,5;			
60mm	24,5;	24,5;	24,5;	24,5;	24,5;			

für die Ausströmungsöffnung Nr. 1, wobei der Barometerstand 71,55 Cent., die Temperatur der Luft im Spirometer = 20,1° Cels., und der Raum in der Trommel hieraus berechnet 4418,2885 Cub. Cent. betrug, fanden sich bei den einzelnen Manometerständen, h des Instruments, für jene Mengen im Mittel folgende Zeiten der Ausströmung:

Manometerstände:	10mm	20mm	30mm	40mm	50mm	60mm
Anzahl der Sekunden:	20,21	13,7	11,25	10	9	8

Die so leicht veränderlichen Dichtigkeitsgrade der Gase üben bei deren Austreibung auf den Conflikt der mechanischen Kräfte, für deren Resultante der Manometerstand an dem Instrument den Index abgibt, einen wesentlichen Einfluss aus.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Es ist also begreiflich, dass mit den Schwankungen der Werthe, welche auf die Dichtigkeit der Luft influiren, Veränderungen in der Geschwindigkeit ihrer Ausströmung bei den gleichen Manometerständen auftreten müssen.

Die Beobachtungen haben folgendes ergeben:

Ausströmungsöffnung Nr. 1.

Barometerstand	71,55 Cent.	
Temperatur der Luft im Spirometer	20,1 ° Cels.	38° Cels.*)
Luftvolum	4418,28850 Cub. Cent.	4429,3885 Cub. Cent.

h in Millim.	Ausströmungszeit in Sekunden (Mittel)	
	t = 20,1 ° Cels.	t = 38 ° Cels.
10	20,21	17,8
20	13,7	12,37
30	10,16	10,14
40	10	9
50	9	8,12
60	8	7,22

Ausströmungsöffnung Nr. 2.

Barometerstand	71,65 Cent.	
Temperatur der Luft im Spirometer	21,25 ° Cels.	38 ° Cels.
Luftvolum	4418,9615 Cub. Cent	4429,4885 Cub. Cent.

*) In den Versuchen mit den höheren Temperaturgraden war der Spirometer bis an das Instrument hin mit grossen Massen schlechter Wärmeleiter umhüllt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

h in Millim.	Ausströmungszeit in Sekunden (Mittel)	
	t = 21,25° Cels.	t = 38° Cels.
10	29,3	25
20	20,54	18,25
30	16.75	15
40	14,87	13,5
50	13,25	12
60	12,25	11

Zum bequemeren Gebrauch des Instrumentes müssen diese Zahlen in ein möglichst einfaches Verhältniss zu einander gesetzt werden. Bekanntlich stehen *„ceteris paribus“*, die Zeiten im geraden Verhältniss zu den Mengen der ausgeströmten Luft. Um jene Bedingung zu erfüllen, müssen die oben stehenden Volumina auf eine gleiche Spannung und Temperatur gebracht werden, also z. B. auf 0° Cels. und *eine* Atmosphäre Druck. Nennen wir die so erhaltene Menge Q′, während die oben stehende mit Q bezeichnet werde, b den Barometerstand, b′ = 76,0 Cent., S die Tension des Wasserdampfes bei der Temperatur, t, so erhalten wir bekanntlich:

$$Q' = \frac{b - S}{b'} \cdot \frac{Q}{1 + 0{,}00367\,t}$$

Ist Q = 4418,28850, Q = 4429,3885, Q = 4418,9615, Q = 4429,3885,
so ist Q′ = 3777,343254, Q′ = 3407,1433334, Q′ = 3763,128842, Q′ = 3412,27458.

Nennen wir das reducirte Volumen der wärmeren Luft Q″, so muss nach obiger Voraussetzung gelten:

$$z'' : z' = Q'' : Q'$$

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wobei z'' die kürzere Zeit für die wärmere, z' die längere Zeit für die kalte Luft bedeutet. Hieraus lässt sich ein Q oder z leicht berechnen. Es wird z. B.

$$z'' = \frac{z' \; Q''}{Q'}.$$

Die Zulässigkeit der Formel ergibt sich unmittelbar aus der Zusammenstellung der beobachteten und berechneten Werthe von z''. Ich setze beide hier unter einander:

	h 10	h 20	h 30	h 40	h 50	h 60		
z'' =	17,8	12,37	10,16	9,0	8,12	7,22	beobachtet	Oeffnung
	18,22	12,62	10,14	9,0	8,119	7,21	berechnet	Nr. 1.
z'' =	25,0	18,25	15	13,5	12,0	11,1	beobachtet	Oeffnung
	26,5	18,9	15,4	13,4	12,0	11,1	berechnet	Nr. 2.

Ich habe zur Beobachtung die Temperaturgrade gewählt, welche für die eigentlichen Spirometerversuche die wichtigsten sind, nämlich den niedrigeren, bei welchem am häufigsten beobachtet wird und den höheren, 38° Cels., welcher der Temperatur der Lunge am nächsten liegen dürfte. Aus den erörterten Verhältnissen ergibt sich, dass man leicht, wenn die Exspirationsluft andere Temperaturgrade haben sollte, die Reduktionen vornehmen könne. Die Sache gestaltet sich aber noch viel einfacher, wenn man folgende Zahlenreihen betrachtet. Dividirt man nämlich die respectiven Luftmengen des Raumes im Spirometer mit der Anzahl der Sekunden, welche ihr Ausströmen brauchte, so bekommt man die für die eben bestehenden Umstände geltenden Luftvolumina, welche je in *einer* Sekunde die Oeffnung passiren. Dividirt man mit derselben Sekundenzahl das entsprechende reducirte Luftvolum, so erhält man pro Sekunde das auf 0° Wärme und eine Atmosphäre Druck reducirte Volum des ersteren.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Demgemäss strömen aus der Oeffnung Nr. 1 in *Einer* Sekunde aus:

bei h in Millim.	I. b. d. Temperatur von 20,1° Cels. Cub.-Cent.	II. reducirt. Cub.-Cent.	III. b. d. Temperatur von 38° Cels. Cub.-Cent.	IV. reducirt. Cub.-Cent.
10	218,619	186,904	243,127	187,0
20	322,502	275,718	343,08	269,98
30	392,736	335,763	436,863	336,0
40	441,82885	377,734325	492,1987	378,57148
50	490,92094	419,704805	557,924	419,650
60	552,286062	472,168	614,395	472,558
berechnet aus	$\frac{4418,28850}{z}$	$\frac{3777,34325}{z}$	$\frac{4429,7885}{z'}$	$\frac{3407,1433334}{z'}$

(z = Sekundenzahl für die kältere, z' für die wärmere Luft)

Aus der Oeffnung Nr. 2 strömen in der Sekunde aus:

bei h in Millim.	I. b. d. Temperatur von 21,25° Cels. Cub.-Cent.	II. reducirt. Cub.-Cent.	III. b. d. Temperatur von 38° Cels. Cub.-Cent.	IV. reducirt. Cub.-Cent.
10	150,80	128,439	177,175	136,49
20	210,270	183,217	234,359	180,543
30	263,817	224,673	287,622	221,5763
40	297,172	253,079	330,551	254,647
50	335,506	284,021	369,115	284,356
60	360,731	307,207	399,044	307,412
berechnet aus	$\frac{4418,9615}{z}$	$\frac{3763,28842}{z}$	$\frac{4429,39}{z'}$	$\frac{3412,27458}{z'}$

Man sieht: So verschieden die Zahlen in den Rubriken I. und III., so ähnlich sind die, welche je in den Rubriken II. und IV. stehen; ja von h = 40 an zeigt sich eine fast vollständige Uebereinstimmung.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Man darf diese als die Folge eines Gesetzes annehmen, welches nur wegen der schwierigeren Beobachtung bei den tieferen Manometerständen verdeckt wird. Deshalb habe ich auch oben die Schwankungen in den Beobachtungen der Werthe von h notirt, und nicht wie später, blos das Mittel angeführt.

Das Gesetz lässt sich aber so ausdrücken: „Durch das Instrument „wird bei einer bestimmten Oeffnung je nach dem Manometerstand an „ihm trotz der verschiedenen Temperaturgrade immer das gleiche *Ge-„wicht* Luft, in gleicher Zeit gefördert."

Will man sich bei der Benützung des Instrumentes nicht mit den sichersten, höheren Manometerständen begnügen, so wird man für die niederen der Wahrheit dadurch am nächsten kommen, dass man aus II. und IV. das Mittel nimmt.

Man bekommt dann bei Oeffnung Nr. 1 für II. und IV. folgende gleiche Werthe:

h 10	h 20	h 30	h 40	h 50	h 60
186,952;	272,849;	335,8815;	378,1529025;	419,6774025;	472,363;

bei Oeffnung Nr. 2 für II. und IV. gemeinschaftlich:

h 10	h 20	h 30	h 40	h 50	h 60
132,4645;	181,88;	223.12465;	253,863;	284,1885;	307,3095

Da das Instrument zunächst nur für einen ganz bestimmten Zweck construirt wurde, so sind auch die Beobachtungsreihen mit verschiedenen Werthen der einzelnen Factoren nur innerhalb der Grenzen variirt worden, welche bei seinem Gebrauch vorkommen können, aus welchem Grund das aufgestellte Gesetz natürlich nur innerhalb dieser Grenzen als vollkommen richtig anzuerkennen ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Mit Hülfe desselben lässt sich leicht für jede zwischen oder überhaupt nahe den markirten Grenzen gelegenen Temperaturen das entsprechende Volumen durch Umformen jenes zur Reduktion benützten Formel:

$$Q' = \frac{b - S}{b'} \cdot \frac{Q}{1 + 0{,}00367\,t}$$

finden, indem das gesuchte Volumen wird:

$$Q = \frac{Q'}{\frac{b - S}{b'}} \cdot 1 + 0{,}00367\,t.$$

Diese Formel ist also der Ausdruck für das Gesetz, nach welchem bei gleichen Manometerständen am Instrument die Volumina der in einer Sekunde ausgetriebenen Luft mit den Temperaturen wechseln.

Alle Versuchsreihen sind mit atmosphärischer Luft angestellt. In der Exspirationsluft sind nicht unbedeutende Quantitäten Kohlensäure; die elastischen Eigenschaften dieses Gases sind sehr wenig verschieden von denen der ersteren, indem sich der Ausdehnungscoefficient der atmosphärischen Luft zu dem der Kohlensäure verhält wie 1 : 1,0015. Es wäre deshalb sehr leicht denkbar, dass das oben aufgestellte Gesetz auch für die verschiedene Gase in gleicher Weise gälte. Da sich nun die spezifischen Gewichte der atmosphärischen Luft und der Kohlensäure verhalten wie 1 : 1,5291, so liesse sich aus den Differenzen des nach der letzten Formel berechneten Q, und dem für die gleiche Temperatur etc. durch den Versuch mit atmosphärischer Luft bei dem Justiren des Instrumentes beobachteten die Kohlensäure-Menge approximativ finden. Weil wegen der Mischung verschiedener Gase diese Bestimmung immer nur eine annähernde seyn könnte, und weil bei der praktischen Anwendung des Instrumentes die Fehler der Beobachtung die Grenzen der Berechnung wahrscheinlich noch umschliessen werden, so habe ich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

vorläufig den Entscheid und die genaue Prüfung der angeregten Frage noch offen gelassen und nur einige Vorversuche angestellt, deren Resultate ich unter dieser Rücksichtnahme den Leser aufzunehmen bitte.

Versuche mit reiner Kohlensäure und mit Ausathmungsluft.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass bei diesen und den nächstfolgenden Versuchen der Gasometer mit gesättigter Kochsalzlösung gefüllt war.

Der Barometerstand war 710 ^{mm}, die Temperatur der Kohlensäure 17,625 ^{0} Cels., die benützte Ausströmungsöffnung: Nr. 2.

Dabei gingen im Mittel die innerhalb 57 Theilstrichen des Gasometers befindliche Luft, wenn dessen Seitendruck 20 Millimeter Wassersäule betrug, in fünf Sekunden durch das Instrument.

Diese Luftmenge entsprach unter den obwaltenden äusseren Umständen 772,8343 Cubik-Centimeter, auf 0 ^{0} Temperatur und 760 ^{mm} Barometerstand reducirt.

In Einer Sekunde gehen also bei 20 Millimeter Seitendruck am Instrument 154,566... Cub.-Cent. Kohlensäure. Diese entsprechen einem Gewicht von 0,307 Grammes, während unter den gleichen Umständen 181,88 Cubik-Centimeter atmosphärische Luft, dem Gewicht von 0,288 Gramm. entsprechend, den Apparat passiren.

Wurde der Seitendruck am Instrument auf 30 Millimeter gesteigert, so gingen in Einer Sekunde (reducirt auf 0 ^{0} Temperatur und 760 ^{mm} Barometerstand) 190 Cubik-Centimeter Kohlensäure, entsprechend 0,377 Gramm. durch.

Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

In beiden Fällen waren die für die Kohlensäure gefundenen Abweichungen von den bei Versuchen mit atmosphärischer Luft beobachteten Resultaten nahezu proportional; bei vollständiger Proportionalität hätte das Gewicht im zweiten Fall 0,374 Gramm. ausmachen müssen, entsprechend einem Volum von 188,223 Cub.-Cent. Kohlensäure. Diese Abweichung fällt in die Fehlergrenzen und die strenge Proportionalität darf als gesetzlich angenommen werden.

Es geht also bei gleichem Seitendruck am Instrument ein kleineres Volumen Kohlensäure aber ein grösseres Gewicht Gas als atmosphärische Luft durch die gleiche Ausströmungsöffnung, und die von den so überaus ähnlichen Elasticitätsverhältnissen der verschiedenen Gasen abgeleitete Voraussetzung bestätigt sich nicht. Es entweichen von dem *gleichen* Gas wohl immer die gleichen Gewichte bei gleichem Seitendruck und gleicher Oeffnung unabhängig von den Temperaturgraden aus dem Instrument, nicht aber allgemein das gleiche Gewicht Gas, wenn dieses gewechselt wird.

Da bei jeder Compression der Gase eine Wärmeentbindung stattfindet, so habe ich die gewonnenen Zahlen unter zu Hülfenahme des Quotienten $\frac{c}{c'}$ (wobei c spezifische Wärme des Gases bei constantem Druck, c' bei constantem Volumen nach den Dulong'schen Zahlen bedeutet *) zu corrigiren versucht, ohne dabei die Werthe für die beiden Gase einander viel näher bringen zu können.

Denkt man sich eine Mischung von Kohlensäure und atmosphärischer Luft zu gleichen Theilen, so erhält man pro Sekunde gegenüber dem

*) Ann. de Chim. et de Phys. Tom. 41. pag. 113.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Volumen, welches ohne Gegenwart der Kohlensäure durchginge, mit zu Grundlegen der ersten Versuchsreihe bei 20 Millimeter Wassersäule am Instrument, ein Deficit von 19,231 Cubik-Centimeter. Sind wie in der Ausathmungsluft blos 5% Kohlensäure (nach den Mittelwerthen der Valentin-Brunner'schen Resultaten), so wird dieses Deficit auf 0,96 Cubik-Centimeter pro Sekunde herabgedrückt, und könnte möglicher Weise durch die Verminderung des Sauerstoffgases und relative Vermehrung des Stickgases vollständig compensirt werden.

Um daher zu sehen, wie weit die Resultate, welche man bei der Bestimmung der Ausathmungsluft mittelst unseres Instrumentes findet, mit den mit atmosphärischer Luft gewonnenen übereinstimmen, wurde der Gasometer mit Exspirationsluft gefüllt, und diese bei verschiedenem Seitendruck durch das Instrument getrieben. Natürlich musste bei der variablen Zusammensetzung der Ausathmungsluft der Complex der äusseren Umstände, und der inneren Zustände des Organismus für die Versuchsreihen, aus denen das Mittel gezogen werden sollte, möglichst gleich gemacht werden.

Sämmtliche Versuche wurden unmittelbar vor Tisch gemacht, dreimal die Lunge so viel als möglich von Luft entleert, *ein* möglichst tiefer Athemzug gethan und dafür gesorgt, dass die Einathmungszeit und der Pause vor der Exspiration, durch welche die Luft in den Gasometer getrieben werden sollte, gleich lang in den einzelnen Versuchen war; zugleich wurde stets so lange gewartet, bis die Luft im Gasometer die des Zimmers (in allen Fällen 16° R.) hatte.

Setzt man die Werthe, welche hiebei gefunden wurden, unter die für die atmosphärische Luft beobachteten, so ergibt sich die Reihe

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

		bei h 20	h 30	h 40	h 50	Millim. Wasserdruck (am Instrument)
reducirt auf 0° und 760mm Barometerstand	Ausathmungsluft	183,5	224,8	253,1	284,0	Cub.-Cent. in *einer* Sekunde.
	atmosphärische Luft	183,2	224,6	253,07	284,02	

Es lässt sich hienach das Instrument mit den für die atmosphärische Luft gefundenen Daten unmittelbar zur Bestimmung der Menge ausgeathmeter Luft benützen.

Die Differenzen, welche sich zwischen der atmosphärischen Luft und der reinen Kohlensäure ergeben haben, deuten bei der bekannten Aehnlichkeit des Elasticitätscoefficienten der beiden Gase darauf hin, dass ihre Ursache wahrscheinlich in der bisher noch nicht so genau ermittelten Verschiedenheit der Reibungscoefficienten d. h. der Adhäsion der Gase an den Ausströmungsröhren und Oeffnungen gelegen seyn mögen. Aus diesem Grund müssen auch alle oben notirten Gesetze vorläufig auf mit Wasserdampf gesättigte Gase beschränkt bleiben; denn bei dem wahrscheinlichen Grund der aufgefundenen Differenzen im Verhalten von Kohlensäure und atmosphärischer Luft kann es nicht anders seyn, als dass der Sättigungsgrad eines Gases mit Wasserdampf, der relative Feuchtigkeitsgrad jenes von erheblichem Einfluss auf die Ausströmungsgeschwindigkeit ist.

Nach dieser Entwicklung der Theorie des Instrumentes gehe ich zu einer kurzen Andeutung seiner praktischen Anwendnng über*). Bei kleineren Individuen oder muthmasslich geringeren Mengen Athmungs-

*) Die genau justirten mit ausführlicher Gebrauchsanweisung und zugehörigen Tabellen versehenen Instrumente werden von dem Mechanikus Stollenreuther in München für 6 fl. auf Bestellung geliefert.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

luft wird die Oeffnung Nr. 2 im entgegengesetzten Fall die weitere Nr. 1 aufgesetzt. Der zu Untersuchende übt sich ein paar Mal die Wassersäule des senkrecht gestellten bis zum Nullpunkt der Theilung mit destillirtem Wasser gefüllten Manometers möglichst lang auf gleicher Höhe zu erhalten. Das ist Hutchinson's Bedingung „so gleichmässig als möglich auszuathmen", hier also leicht controllirbar, bei dem Spirometer dagegen nicht. Dann wird bei zugehaltenem Manometer die Inspiration vorgenommen; ob sie ihr Maximum erreicht hat, daran geprüft, dass nach verschlossener Ausströmungsöffnung und geöffnetem Manometer die Flüssigkeitssäule nicht mehr einen negativen Druck anzeigt, während die äusserste Anstrengung zur Inspiration gemacht wird. Bei zugehaltener Ausströmungsöffnung lässt man sofort den zu Untersuchenden die Wassersäule bis zu 40 oder 50 Mill. durch die beginnende Exspiration heben, fängt in dem Moment an, die Sekunden zu zählen, in welchem man die Ausströmungsöffnung freimacht, wobei zugleich der zu Untersuchende sich bemühen muss, die Wassersäule so lang als möglich auf ihrer ersten Höhe zu erhalten.

Kommen Schwankungen vor, so werden diese notirt, und das Mittel aus ihnen genommen. Ebenso wird die Zeit bemerkt, wo die Wassersäule anfängt rasch zu sinken (am Ende der Exspiration), und das Ende der Exspiration, welches sich daran erkennen lässt, dass die Wassersäule nicht mehr über den Nullpunkt erhoben werden kann. Die dem Instrument beigegebenen Tafeln lassen aus dem beobachteten Druck und der zuerst notirten Zeit die Luftmenge finden, welche während einer Sekunde ausströmte. Dazu addirt man die Menge, welche aus dem Mittel des anfänglichen Druckes und dem zuletzt beobachteten in der Zeit ausströmte (was ebenfalls die Tabelle angibt), welche die letzte Periode der Exspiration umfasste. Die Tabelle gibt die Menge der ausgeathmeten Luft auf 0^0 und 360^{mm} Barometerstand reducirt unmittelbar an, und nach der entwickelten Formel lässt sich, wenn man will, für eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

beobachtete Temperatur der Exspirationsluft das entsprechende Volumen finden.

Man hat also bei diesem Instrument „dem Seitendruck-Spirometer" eine Controle für das Maximum der Einathmung, der Ausathmung, der Stetigkeit der Austreibung der Luft, ist unabhängig von den dabei vorkommenden Temperaturschwankungen, und liest in der Tabelle direkt die auf 0° Wärme und 360^{mm} Barometerstand reducirten Luftvolumina ab.

Damit sind, glaube ich, neben der Wohlfeilheit, und dem kleinen Umfang, die Vortheile dieses Instruments gegenüber dem Spirometer hinlänglich dargethan.

Die Schwierigkeit, welche aus der Ungeschicklichkeit der Patienten erwächst, lässt sich bei keinem zu ähnlichen Zwecken construirten Apparat eliminiren.

Es ist aber immer besser, wenn das Instrument diese Fehler gleichsam selbst notirt, wie dies die Schwankung der Wassersäule in dem beschriebenen Instrument thut, als wenn man die der Beobachtung entgangenen aber ebenso vorhandenen Fehler vernachlässigt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften - Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1855

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Harless Emil

Artikel/Article: Theorie und Anwendung des "Seitendruckspirometers," eines neuen Instrumentes zur Bestimmung der Respirationsluft 527-557