



Ein Beitrag

zur Bestimmung der

Residualluft beim lebenden Menschen.



Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades

eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität
zu Dorpat

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

M. Berenstein.



Ordentliche Opponenten:

Doc. Dr. E. Stadelmann. — Prof. Dr. C. Dehio. — Prof. Dr. Al. Schmidt.



Dorpat.

Schnakenburg's Buchdruckerei.

1891.

Gedruckt mit Genehmigung der Medicinischen Facultät.

Referent: Professor Dr. Alex. Schmidt.

Dorpat, den 7. März 1891.

No. 115.

Decan: **Dragendorff.**

MEINEN ELTERN.

Bei Veröffentlichung dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht Herrn Geheimen Medicinalrath Prof. Dr. L. Hermann, der mich zu diesen Untersuchungen anregte und bei Ausführung derselben jederzeit mit Rath und That unterstützte, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Historisches.

Die ersten Bestimmungen der Luftmenge, welche auch nach möglichst tiefer Expiration in den Lungen zurückbleibt, sind im Jahre 1786 von E. Goodwyn¹⁾ ausgeführt worden. Unter der Voraussetzung, dass jedes Thier vor dem Tode die tiefste Expiration macht, und dass die Lungen infolge dessen sich in der Leiche im Zustande der völligen Ausathmung befinden, bestimmte Goodwyn den Luftinhalt in den Lungen von drei erhenkten Personen. Er machte in der oberen Gegend der Brust auf jeder Seite eine kleine Oeffnung; durch die eindringende Luft wurden die Lungen zum Collabiren gebracht. Damit das Zwerchfell während des Versuchs seine Stellung nicht verändern sollte, suchte Goodwyn dasselbe durch Anlegung einer starken Comprime auf den obern Theil des Abdomens in einer nach aufwärts gepressten Situation zu erhalten. Darauf wurde die Brusthöhle durch die Oeffnungen mit Wasser gefüllt. Die Menge des hierzu erforderlichen Wassers

1) The Connexion of Life with Respiration; or an experimental Enquiry into Effects of Submesion, Strangulation and several kinds et of Airs etc. by E. Goodwyn. London 1788. Uebers. von Michaelis. Leipzig 1790.

zeigte dann den Luftinhalt der Lungen; sie betrug in den ersten drei Versuchen 272, 250 und 262 C.-Zoll.

Diese Versuche stellte Goodwyn, wie schon bemerkt, an Leichen von erhenkten Personen an; dieselben sollen aber, bevor noch der Strick um den Hals gelegt wird, — infolge der grossen Angst, — sehr tief inspiriren; nach der Zueschnürung des Stricks, welche sehr schnell gemacht wird, können sie nicht mehr expiriren und ihre Lungen bleiben nach dem Tode sehr ausgedehnt. Aus diesem Grunde hielt Goodwyn die ersten Angaben für zu hoch und wiederholte dieselben Versuche bei einigen Leichen von bejahrten Personen, die eines natürlichen Todes gestorben waren. Bei vier Leichen, deren Lungen nach der Eröffnung des Thorax ordentlich zusammengefallen waren, bekam er folgende Resultate:

Versuch 1 — 120 C.-Z.

„ 2 — 102 „

„ 3 — 90 „

„ 4 — 125 „

Die Mittelzahl aus diesen 4 Versuchen beträgt 109 C.-Z. (1787,6 Cem.). Aus diesen Bestimmungen zieht Goodwyn den Schluss, dass die Lungen eines erwachsenen Menschen nach voller Ausathmung noch 109 C.-Z. Luft enthalten.

Diese Methode ist mit vielen Fehlern verknüpft. Die Leichenstellung des Thorax entspricht nicht immer der äussersten Expirationsstellung beim Leben. Durch das Eingiessen von Wasser wird der Thorax infolge des hydrostatischen Drucks ausgedehnt und der Raum für die Residualluft dadurch vergrössert. Messungen des Brustumfanges vor und nach dem Eingiessen von

Wasser wurden nicht gemacht. Andererseits lässt sich schwerlich die ganze Luft aus den Lungen durch Eingiessen von Wasser in die Brusthöhle austreiben. Durch Eröffnung des Thorax wurden die Lungen zum Collabiren gebracht. Beim Zusammenfallen der Lungen schliessen sich die Bronchioli an ihrer engsten Stelle d. h. am Uebergang ins Infundibulum und versperren damit den Ausgang der Luft, welche noch in den Alveolen zurückgeblieben ist¹⁾. Die Angaben über den pathologischen Zustand der Lungen fehlen ganz und gar. Goodwyn's Messungen können daher keinen Anspruch erheben, die Grösse der Residualluft genau festzustellen.

Auf einem ganz andern Princip beruhen die Bestimmungen der Residualluft, welche Humphry Davy²⁾ im Jahre 1803 an sich selbst ausgeführt hat. Nach einer vollkommenen Expiration machte Davy in ein Quecksilbergasometer, welches 102 C.-Z. (1672,8 Ccm.) reines Wasserstoffgas enthielt, 7 schnelle Ein- und Ausathmungen in etwas weniger als einer halben Minute und beendete den Versuch mit einer tiefsten Expiration. Die T° des Gases betrug vor dem Experiment 59° F. (15° C.). Nach Wiederherstellung derselben T° nahm das Gas im Gasometer einen Raum von beinahe 103 C.-Z. ein. Diese 103 C.-Z. bestanden aus 4,0 C.-Z. kohlsaurem Gas, 3,7 C.-Z. Sauerstoff, 17,3 C.-Z. N und 78,0 C.-Z. H. Es fehlten somit 24 C.-Z. H. Vorausgesetzt, dass das Blut kein Wasserstoffgas absorbiert hatte, und dass der eingeathmete Wasserstoff sich mit

1) Hermann. Nach den Versuchen des Herrn Keller, Arch. f. d. ges. Physiol. XX. 1879.

2) Humphry Davy's Untersuchungen über das oxydirte Stickgas und d. Athmen desselben. Lemgo 1814, Band II, S. 70—82.

der Lungenluft gleichmässig gemischt hatte, so müsste in den Lungen noch 24 C.-Z. Wasserstoff vorhanden sein und der Procentgehalt des H im Gasometer und in den Lungen derselbe sein. Im Gasometer befinden sich 75,7 % H. Daraus lässt sich durch eine einfache Rechnung die Menge der Residualluft bestimmen; für diesen Fall beträgt sie bei 59° F. (15° C.) Wärme 31,7 C.-Z. Bei Erhöhung ihrer T° bis auf 98° F. (36,6° C.) Lungenwärme werden diese 31,8 C.-Z. einen Raum von 37,5 C.-Z. einnehmen.

Bei 2 weiteren Versuchen, bei welchen Davy 182 resp. 141 C.-Z. Wasserstoffgas einathmete, ergab sich für die Residualluft bei 98° F. (36,6° C.) ungefähr 40,4 resp. 36 C.-Z.

Davy berechnete die Ausdehnung des Gases von 59° auf 98° F. nach den Angaben von Guyton und Duvernois, die durch Daltons und Gay-Lussak's Versuche als unrichtig erwiesen wurden. Nach den genaueren Bestimmungen von Gay-Lussak würden die in Davys Versuchen in den Lungen zurückgebliebenen 31,8 resp. 34 C.-Z. nur 34,4 und 36,7 C.-Z. (602 Cem.) betragen¹⁾.

Die Voraussetzung, auf welcher Davy seine Berechnung der Residualluft gründet, ist durchaus berechtigt. Die Methode ist aber mit einem wichtigen Nachtheile verbunden. Nach einer möglichst tiefen Exspiration muss man noch eine halbe Minute Wasserstoffgas einathmen und schliesslich den Versuch mit einer vollständigen Ausathmung beenden. Man bekommt dabei sehr leicht Dyspnoe, und es ist schwer das Experiment mit

1) 1. c., pag. 119. Anmerkungen d. Uebers.

einer forcirten Expiration zu schliessen. So erzählt Davy: „das Gas erregte mir ein unangenehmes Gefühl in der Brust; ich verlor auf Augenblicke das Vermögen der willkührlichen Muskelbewegungen und bekam zuweilen einen vorübergehenden Schwindel. Wegen dieses Schwindels blieben die Resultate einiger von mir angestellten Versuche unentscheidend, indem ich nach dem Ausathmen meine Lippen von dem Mundstück der Respirationsröhre früher entfernte als mein Gehilfe den Hahn des Behälters verschliessen konnte“.

Auf der Voraussetzung, dass im Moment der Expiration die ausgeathmete Luft mit der in den Lungen zurückgebliebenen von gleicher Zusammensetzung war, beruhen auch einige Bestimmungen der Residualluft von Allen und Pepys¹⁾. Nach einer starken Ausathmung athmete ein Mann aus einem Gasometer mit 3260 C.-Z. eines Gemisches aus 97,5% O und 2,5% N — 9,5 Minuten lang und endigte den Versuch mit einer starken Expiration. Die expirirten Luftmassen wurden durch eine besondere Vorrichtung von halber zu halber Minute gesondert in kleinen Quecksilbergasometern aufgefangen; aus jedem Gasometer wurde ein Theil Gas entnommen und alle nachher zusammengemischt. Die eudiometrische Prüfung ergab 11% CO₂, 83% O und 6% N. Die Menge der ausgeathmeten Luft betrug im Ganzen 3193 C.-Z. 191,5 C.-Z. bestanden aus N, weil $6 : 100 = 191,58 : 3193$. Somit waren in der ganzen ausgeathmeten Gasmenge mit 110,08 C.-Z. N mehr, als im Gasometer vor dem Versuch vorhanden war, da

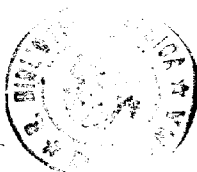
1) Journal für Chemie und Physik v. Schweigger. Bd. I, pag. 200. Nürnberg 1811. — Philosoph. Transact. 1809.

das Gasgemisch vor dem Einathmen nur 2,5 % N hatte. Ausserdem blieb noch ein Theil N in den Lungen. Nach der Menge des Stickgases berechneten Allen und Pepys das Volumen der Residualluft. Die mehr vorhandenen 110,08 C.-Z. N sollen, nach Allen und Pepys herrühren von der in den Lungen, trotz der tiefsten Expiration — zu Anfange des Versuchs, zurückgebliebenen atmosphärischen Luft. Am Anfange des Versuchs soll der Procentgehalt des N in den Lungen 78 % betragen haben. Bezeichnet man die Residualluft mit x , so findet man durch Lösung der Gleichung $x = \frac{110}{0,78}$ die Menge der Residualluft als 141 C.-Z.

In einem andern Fall fanden sie 256 C.-Z.

Die Analysen von Allen und Pepys sind nicht ganz genau. Die eudiometrische Methode, nach welcher sie ihre Analysen gemacht haben, wurde erst später von Bunsen und Regnault vollkommen ausgebildet. Ludwig¹⁾ behauptet, dass die CO₂-Bestimmungen von Allen und Pepys sicher mit einem Fehler behaftet sind. Da sie aber den Procentgehalt des N durch Abzug der CO₂ + O Menge von der gesamten Luftmasse bestimmt haben, so sind auch die N-Bestimmungen falsch. Ferner steht die Thatsache fest, was übrigens auch Allen und Pepys zugeben, dass es einen Diffusionsstrom des N giebt aus dem Blute in die Lungenluft und in umgekehrter Richtung. Namentlich soll die Ausathmung des N bei Fleischfressern besonders während des Aufenthaltes in einer N-freien Luft ziemlich ergiebig sein. Ich glaube deshalb die Bestimmungen der Residualluft

1) Ludwig's Lehrbuch d. Phys. Th. II, pag. 518. — 1861.



von Allen und Pepys, da sie auf der Berechnung der schwankenden Menge von N beruhen, als unzuverlässig bezeichnen zu dürfen.

Ausser dieser auf chemischem Wege gewonnenen Bestimmungen haben Allen und Pepys noch den Luftgehalt der Lungen eines kräftigen Mannes nach dem Tode gemessen¹⁾. An die durchschnittene Luft-röhre banden sie eine Blase, in welche bei Oeffnung des Thorax die zusammengefallenen Lungen $31\frac{1}{2}$ C.-Z. Luft ausstießen. Durch Vergleichung des spec. und absoluten Gewichts und der Menge Wasser, welche die Lungen verdrängt haben, fanden sie, dass die Lungen noch $59\frac{1}{2}$ C.-Z. Luft enthielten. Den Inhalt des Rachens und Kehlkopfs berechneten sie mit 9 C.-Z. Diese 100 C.-Z. würden bei Erhöhung der T⁰ bis zur Lungenwärme einen Raum von 108 C.-Z. (1771,2 Ccm.) einnehmen.

Sehr gewissenhaft ausgeführte Messungen der Raumverhältnisse des Thorax wurden von Hutchinson im 29. Bande der *Medico chirurgical Transactions* im Jahre 1846 veröffentlicht.

Hutchinson untersuchte 20 Leichen: 14 männliche und 6 weibliche. Er machte oberhalb des Brustbeins eine Oeffnung in der Brust und entfernte mit der Hand das Herz und die Lungen; darauf füllte er die Brusthöhle mit Gyps, brachte das Brustbein wieder in seine natürliche Lage und liess es so lange liegen, bis der Gyps vollkommen hart wurde. Nach Eröffnung der Unterleibshöhle und Entfernung des Zwerchfells

1) *Philos. Trans.* 1809 vol. XCIX, pag. 404--428. — Budge, *Physiologie des Menschen*. Band 1, pag. 87. — 1862.

wurde der Gypsguss entfernt, und nach ihm der Cubikinhalt der Brust (absolute Capacität des Thorax von Hutchinson) bestimmt. Die Abgüsse sowie die entfernten Organe wurden in Bezug auf Länge, Breite und Tiefe zahlreichen Messungen unterworfen. Höhe, Gewicht und Brustumfang der Leichen wurden vorher bestimmt; das Gewicht der Organe erst nach der Entfernung. Die zahlreichen interessanten Angaben findet man in einer sehr anschaulichen Tabelle zusammengestellt¹⁾. Nach diesen Bestimmungen beträgt der Cubikinhalt des völlig entleerten Thorax bei Frauen 195—335 C.-Z. (3198—4379 Ccm.), bei Männern 245—457 C.-Z. (4008—7495 Ccm.).

Durch Messungen des Cubikinhalts will Hutchinson die Grösse des absoluten Athmungsvermögens bestimmen. Als absolutes Athmungsvermögen bezeichnet er im Gegensatz zum vitalen Athmungsvermögen eine Combination aller vier Abtheilungen (Residual-, Reserve-, Athmungs- und Complementärluft). Demnach würde die Residualluft dem absoluten Athmungsvermögen gleich sein minus der vitalen Capacität. Ausserdem müsste man noch den Raum abziehen, welchen das Herz und die Lungensubstanz einnehmen. Sehen wir uns aber etwas näher den unter N. H. auf der Tabelle E (pag. 42) bezeichneten Mann an, dessen vitale Capacität Hutchinson noch bei Lebzeiten untersucht hatte, so finden wir, dass die vitale Capacität mit 3 C.-Z. grösser ist als der Kubikinhalt der Brust. Die Ursache dieser Erscheinung lässt sich sehr leicht erklären,

1) Hutchinson, Med. chirurg. Transact. XXIX. Uebres. u. mit Zusätzen vers. v. Samosch. Braunschweig 1849, pag. 42.

wenn man bedenkt, dass Hutchinson seine Bestimmungen des absoluten Athmungsvermögens an Leichen gemacht hat, deren Thorax sich sehr häufig im Zustande der Expiration befindet. Das absolute Athmungsvermögen kann man aber nur im Zustande der tiefsten Inspiration bestimmen. Nimmt man dagegen an, dass der Cubikinhalte der Brusthöhle dem Expirationszustande des Thorax entspricht, so lässt sich der Raum für die Residualluft finden, wenn man vom gefundenen Cubikinhalte noch den Raum, den die Brustorgane einnehmen, abzieht.

Speck¹⁾ bestimmte nach Hutchinson's Wägungen der Brustorgane den Raum, den sie eingenommen haben, indem er ihr spec. Gewicht gleich dem des Wassers setzte. Der übrigbleibende Raum für die Residualluft beträgt dann bei Frauen 1448—3689 Ccm., bei Männern 2078—5425. Die schwankenden Zahlen, die Hutchinson für das Gewicht der Organe angiebt, lassen sich durch den äusserst verschiedenen Blutgehalt erklären. Wahrscheinlich wird der Blutgehalt der Brustorgane mit kleinem Gewicht bedeutend geringer gewesen sein als im lebendem Zustande. Unter dieser Voraussetzung nimmt Speck an, dass der für die Residualluft übrigbleibende Raum merklich grösser ausfallen wird, als er im Leben gewesen ist.

Die Leichenstellung des Thorax ist nicht sicher bekannt. Wenn man nach Messungen, die Hutchinson bei 2 Individuen vor und nach dem Tode gemacht hat, urtheilen soll, so muss der Luftgehalt der toten Lungen sehr oft grösser sein als die Residualluft. Bei einem Indivi-

1) Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. 33, pag. 72. 1883

duum betrug der Brustumfang beim Leben im gewöhnlichen Zustande 33 Z., — nach dem Tode $30\frac{1}{2}$, beim zweiten — beim Leben 33, — nach dem Tode $34\frac{1}{2}$ Z. Daraus können wir mit Bestimmtheit behaupten, dass in den Lungen des zweiten Mannes ausser der Residualluft noch die ganze Reserveluft vorhanden war. Daher glaubt Speck — mit vollem Recht — zur Bestimmung der Residualluft aus dem Cubikinhalt des leeren Thorax nicht bloss den Raum, den die Brustorgane einnehmen, sondern auch noch ein bestimmtes Quantum Luft davon abziehen zu müssen. Dann werden auch die kleinsten Zahlen, welche Speck auf Grund Hutchinson's Messungen anführt (1448—2078) noch zu gross sein.

Hutchinson selbst hat seine Messungen der absoluten Capacität des Thorax nicht benutzt zur Bestimmung der Residualluft. Er macht nur aufmerksam, dass der Cubikinhalt der Brust keineswegs der Körperlänge entspricht und in keinem Verhältniss zur vitalen Capacität steht.

Die Frage über die Grösse der Residualluft berührt Hutchinson nur mit einigen Worten bei der Prüfung der Elasticität der Rippen und der Lungen: „die mittlere Quantität rückständiger Luft, die ich den Lungen entzog, betrug nur 40 C.-Z.“ Auf welche Weise er die Luft den Lungen entzogen hat, darüber giebt er nichts Näheres an.

Im Hermann'schen Handbuch in der Abhandlung von Rosenthal habe ich die Angabe gefunden, dass Hutchinson auf Grund seiner Bestimmungen an der Leiche die Residualluft auf 1600 Cem. schätzt (pag. 210).

Budge¹⁾ citirt Hutchinsons Zahlen als 1230 bis 1640 Ccm., wie sie zu diesen Zahlen gekommen sind, weiss ich nicht. Im citirten Werk habe ich ausser der oben angeführten Stelle nichts gefunden, was sich auf die Grösse der Residualluft beziehen könnte. Ich möchte noch bemerken, dass Landois in der fünften Auflage seines Lehrbuchs dieselben Zahlen wie Budge auf Grund von Goodwyn's Messungen an der Leiche anführt.

Im Sept. 1854 gab Harless²⁾ eine ganz neue Methode an, um die absolute Capacität der Respirationsorgane zu bestimmen. Das Princip des von ihm dazu empfohlenen Apparats (Pneumatometer) beruht auf dem Mariotteschen Gesetz: $V : v' = h' : h$. Nach einer möglichst tiefen Expiration steht der unbekannte Lungenraum x , bei offen gehaltenen Lippen und Stimmritze unter bekanntem atmosphärischem Druck b . Setzt man nun den offenen Mund in eine luftdichte Verbindung mit dem Pneumatometer, welches einen Kasten darstellt, dessen bekanntes Luftvolumen v unter einem höheren Druck als der atmosphärische, b , sich befindet, so mischt sich die Lungenluft x mit der Kastenluft v . Die entstandene Luftmischung wird unter einem gleichem Druck b , in beiden Hohlräumen stehen, welcher an einem Manometer des Kastens abgelesen werden kann. Da das in einem Volumen enthaltene Luftgewicht gleich ist dem Volum multiplicirt mit dem Druck, unter dem die Luft steht, so war das Gewicht der Lungen- und Kastenluft vor der Mischung $xb + vb$; nach der Mischung, infolge

1) Budge, Lehrbuch der Physiologie, Th. I, pag. 87, 1862.

2) Harless, Münchener gelehrte Anzeigen, pag. 93. 1854.

— Ludwigs Lehrbuch d. Phys. Band II, pag. 494. 1861.

des gleichen Drucks in beiden Hohlräumen, $(x + v) b_{,,}$. Das Gewicht hat sich aber nicht verändert und deshalb ist $x b + v b = (x + v) b_{,,}$. Aus dieser Gleichung lässt sich x sehr leicht bestimmen. Die Fehler welche infolge unvollkommener Ausgleichung der T^0 entstehen könnten, werden durch besondere Nebenapparate bestimmt. Ueber die Resultate, welche durch Messungen mit diesem Pneumatometer erzielt wurden, finden sich in der Notiz keine Angaben. Gegen diese sinnreiche Bestimmungsmethode wurde von Ludwig folgender Einwand erhoben: der Brustkasten ist von beweglichen Wänden und von Luft umschlossen, infolge dessen wird das Volumen der Lungen vor und nach der Communication mit dem Pneumatometer nicht dasselbe bleiben. Mit der Aenderung der Spannung wird sich auch das Volumen des Brustkastens verändern. Ist dieses der Fall, so muss man in der zweiten Hälfte der erwähnten Gleichung $x b + v b = (x + v) b_{,,}$ statt $x - y$ einsetzen; dann erhält man aber eine Gleichung mit 2 Unbekannten, die nicht lösbar ist.

Gréhan¹⁾, dessen Zahlen am meisten angeführt werden, hat den Lungenhohlraum im Zustande der gewöhnlichen Expiration nach der Methode von Davy gemessen. Gréhan kannte nicht Davy's Versuche, er hat dieselbe Methode, nämlich die Mischung der Lungenluft mit H_2 noch einmal erfunden. Er liess seine Versuchspersonen nach einer gewöhnlichen Expiration in ein Gasometer mit reinem Wasserstoffgas 5 In- und Expirationen machen. Diese 5 Respirationen genügen

1) Recherches physiques sur la respiration. — Journal de l'anatomie et de la physiologie — 1864.

vollständig um eine gleichmässige Vertheilung des H in den Lungen und im Gasometer hervorzurufen.

Befand sich im Gasometer vor dem Versuch 1 Liter H, so enthielt die Ausathmungsluft

bei der zweiten Expiration 24,8 % H.

„ dritten „ 25,4 % H.

„ vierten „ 23,7 % H.

„ fünften „ 23,5 % H.

„ sechsten „ 23,5 % H.

Viele auf diese Weise angestellte Versuche ergaben dass der Procentgehalt des H von der vierten Expiration constant wird. Das Gasometer, welches bei den Versuchen mit 1 Liter H gefüllt wurde, bestand aus einer in Wasser getauchten Glasglocke, an der oben ein Tubulus und ein T-förmiger Hahn angebracht wurden. Das Gasometer stand mit einem Mundstück in Verbindung. Der T-förmige Hahn ermöglichte bei einer gewissen Stellung die Einathmung von Luft. Beim Versuch athmete die Versuchsperson, um ein gleichmässiges normales Athmen zu erzielen, einige Zeit Luft ein, nach einer gewöhnlichen Expiration wurde der Hahn plötzlich so gedreht, dass H aus der Gasglocke eingeathmet wurde. Durch Umdrehung des Hahns wurde nach der 6. normalen Ausathmung die Gasglocke abgeschlossen. Aus dem Procentgehalt an H in der Glocke, welcher durch Verbrennung im Eudiometer bestimmt wurde, liess sich das Volumen der Luft in den Lungen leicht bestimmen. Gesetzt, der Gehalt an H beträgt nach dem Versuch 23,5 % und 1 Liter sei eingeathmet worden, so wird der Liter H in $\frac{100 \times 1000}{23,5} =$ 4225 Ccm. gleichmässig vertheilt sein. Das Lungen-

volumen ergibt sich nach Abzug von 1 Liter vom Gesamtvolumen, also 3,225. Variationen der Versuche mit kleineren oder grösseren Mengen H gaben gut übereinstimmende Resultate, die Werthe für die Lungen-capacität blieben bei einem und demselben Individuum fast constant. Bei 13 jungen und gesunden Personen von 17 bis 35 Jahren fand Gréhan t 2190 bis 3220 Cem. für die nach einer gewöhnlichen Ausathmung in den Lungen zurückgebliebenen Residualluft + Reserveluft.

Zieht man von diesen Zahlen für die Reserveluft 1200 bis 1800 Cem. (Hutchinson) ab, so erhält man für die Residualluft (die kleinere Zahl von der kleineren, die grössere von der grösseren abgezogen¹⁾) 990 bis 1420 Cem.

Der Nachtheil, mit welchem die Methode von Davy behaftet war, nämlich das schnelle Eintreten von Dyspnoe ist hier ausgeschlossen, weil man den H beim normalen Thoraxstande einathmet, ausserdem ist die Menge des H im Vergleich mit dem in der Lunge bleibenden Luftvorrath klein. Was aber als Einwand gegen die Bestimmung der Residualluft nach Gréhan t's Messungen hervorgehoben werden kann, — ist der Umstand, dass das Volumen der stationären Lungenluft d. h. die Summe der Residual- und Reserveluft ziemlich grossen Schwankungen unterworfen ist. Insbesondere soll der Druck von Einfluss sein, welcher vom Abdomen her auf das Zwerchfell geübt wird. Ferner bietet bei diesen Bestimmungen die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen einige Schwierigkeit, da sie sehr den Rhythmus und Tiefe des Athmens beeinflusst.

1) Speck, l. c. pag. 74.

Die Zahlen, welche auf Grund von Gréhan't's Messungen angeführt werden, differiren sehr, weil die Reserveluft verschieden geschätzt wird. So führt Rosenthal 1600 Cem. an. Gad 1200—1700, Speck 990—1440, Vierordt 1700. Waldenburg zieht überhaupt nichts ab und führt die Residualluft beim Er wachsenen nach Gréhan't 2190—3220 Cem. an¹⁾

Zu den Factoren, die einen Einfluss auf die pneumatometrischen Werthe haben, gehört nach Neupauer²⁾ auch die Menge der Residualluft. Da er von den bisher angeführten Methoden keine als genug zuverlässig finden konnte, um die Menge der Residualluft zu bestimmen, so giebt er einen neuen Modus zu diesen Bestimmungen an, die — seiner Ansicht nach — die zuverlässigsten Resultate geben muss. Das Princip seiner Methode beruht auf dem physikalischen Gesetz, dass sich das Volumen einer Gasmenge umgekehrt verhält zu ihrer Spannkraft. Dehnt sich ein gewisses Luftquantum auf einen grösseren Raum aus, so muss sich seine Spannung im umgekehrten Verhältnisse zum Rauminhalt verkleinern. Lassen wir nach einer möglichst tiefen Expiration am Pneumatometer (ein an einem Holzständer befestigtes Quecksilbermanometer) eine forcirte Inspiration machen, so dehnt sich die Residualluft in demselben Raume aus, welcher, vorausgesetzt, das man beim Inspiriren am Pneumatometer dieselbe Inspirationsstellung des Thorax erlangen kann, gleich ist dem für die Residualluft plus Vitalecapacität.

1) Waldenburg. Die pneumatische Behandlung der Respir. u. Circulationskrankheiten pag. 131. 1880.

2) Die physikalischen Grundlagen der Pneumatometrie. Deutsches Archiv für klinische Medicin. B. 23.

Die Residualluft wird infolge dessen eine Spannungsverminderung erleiden, welche gleich sein wird dem vom Pneumatometer angezeigten Inspirationszug. Ge-
setzt, dass die Residualluft und Vitalcapacität eine Tension von 760 Mm. Hg haben und dass die Tension der Residualluft nach der Inspiration am Pneumatometer 760–110 (Inspirationszug) beträgt, so können wir, wenn die Grösse der Vitalcapacität bekannt ist, auch die Residualluft bestimmen. Bei einer Vitalcapacität von 3000 Cem. findet man den enormen Werth von 19800 Cem.

$$x + (x + 3000) = 660 : 760; \quad x = 19800.$$

Die Thoraxerweiterung am Pneumatometer erreicht aber nie, wegen des behinderten Eindringens der Luft, denselben Grad wie beim freien Athmen in der Atmosphäre. Eine einfache Messung mit dem Centimeterband genügt vollständig, um dies zu beweisen. Neupauer schlägt daher vor im Wasserbad die Differenz zu bestimmen und dann in die Proportion statt $(x + v)$ $(x + v - d)$ einzusetzen; d soll die in Zahlen gefundene Differenz der beiden Brusterweiterungen bezeichnen. Wir würden dann folgende Proportion bekommen:

$$x : (x + v - d) = (t - i) : t,$$
 wo mit t die Tension bezeichnet wird und mit i der Inspirationszug. Neupauer hat selbst keine Bestimmungen nach diesem Modus angestellt und hat den Versuch im Wasserbade nicht ausgeführt. Die „möglichst zuverlässigen“ Resultate zu ermitteln, die diese Methode ergeben muss, hat er anderen überlassen.

Zunächst ist es Waldenburg¹⁾ gewesen, den Neupauer's Arbeit anregte die Residualluft aus den

1) Pneumat. Behandl. d. Circul. u. Respirationskrankh., pag. 131. Berlin 1880.

Luftspannungsverhältnissen zu bestimmen. Um den Fehler zu verringern, auf welchen schon Neupauer aufmerksam gemacht hat, liess Waldenburg zwischen den Lungen und dem Manometer seinen pneumatischen Apparat einschalten, zu dem Zwecke der Versuchsperson bei geringer Anstrengung eine vollkommene Anfüllung des Thorax mit atmosphärischer Luft zu ermöglichen. Der Apparat besteht aus einem äussern oben offenen cylinderförmigen Gefäss von 1 M. Höhe und einem innern oben geschlossenen und unten offenen. Der innere unten durch Wasser abgeschlossene Cylinder dient als Luftbehälter und communicirt durch einen oben angebrachten Schlauch mit einer Waldenburgschen Maske. Ein Quecksilbermanometer zeigt die Spannung der Luft an. Als Versuchsperson wählte Waldenburg einen gesunden Mann von grosser inspiratorischer und expiratorischer Kraft, der mit allen Manipulationen vertraut war. Um einen vollen Spannungsausgleich der Luft in den Lungen und im Apparat zu erzielen, wurde mittelst gut anschliessender Maske mit offenem Munde und offenem Isthmus palatinus geathmet. Die Vitalcapazität dieses Mannes betrug 4500 Ccm., Reserveluft 1700, Complementärluft 1700, Athmungsluft 700. Nach einer gewöhnlichen Expiration machte die Versuchsperson aus dem innern Cylinder des Apparats, in welchem vor dem Versuch 34368 Luft vorhanden war, eine forcirte Inspiration. Nach Vollendung der Inspiration wurde der innere Cylinder durch einen Hahn abgeschlossen. Die Spannung im Luftbehälter verringerte sich um 12,2 Mm. Hg-Druck oder um $\frac{1}{62}$ Atmosphärendruck und das Wasser stieg nach oben. Nach dem Wasserstande im innern Cylinder und nach der

Abnahme der Dichtigkeit berechnete Waldenburg, wie viel Luft dem innern Cylinder entzogen wurde und fand 2339 Ccm. Diese 2339 Ccm. hat die Versuchsperson durch eine forcirte Inspiration nach einer gewöhnlichen Expiration eingeathmet. Der Raum, den diese Luft in den Lungen der Versuchsperson einnimmt, entspricht dem für die Athmungsluft und Complemen-
tärluft und beträgt nach den Bestimmungen am Spirometer 2600 Ccm. Der Mann sollte also mit 261 Ccm. mehr einathmen. ($2600 - 2339 = 261$). Dieses Deficit kann, nach Waldenburg's Ansicht, nur dadurch entstanden sein, dass die Spannung der Luft in den Lungen, ebenso wie im Luftbehälter, sich um $\frac{1}{62}$ Atmosphärendruck verringert hat und somit 261 Ccm. an Dichtigkeit verloren hat. In den Lungen befand sich die Residualluft x und Vitalecapazität v , folglich hat $x + v$ infolge der Spannungsverminderung um $\frac{1}{62}$ Barometerdruck 261 Ccm. an Dichtigkeit verloren. Das können wir folgendermaassen ausdrücken: $261 = \frac{x + v}{62}$; setzten wir statt v den Werth für die Vitalecapazität ein, so bekommen wir $261 = \frac{x + 4500}{62}$, woraus $x = 11682$ Ccm.

Waldenburg nimmt mit Sicherheit an, dass der Brustkasten sich bis zur äussersten Grenze ausgedehnt hat, giebt aber zu, dass auch bei diesem modificirtem Verfahren nicht alle Fehlerquellen zu eliminiren sind. Bei diesen Versuchen kommt es hauptsächlich darauf an, dass am Anfang nur eine flache Expiration und dann eine möglichst tiefe Inspiration gemacht wird. Waldenburg meint, dass die Einübung seiner Versuchsperson als genügende Garantie dienen kann, und

bezeichnet daher die gewonnenen Zahlen als die denkbar zuverlässigsten. Zur Controle liess Waldenburg die forcirte Inspiration nach einer gewöhnlichen Inspiration ausführen und bekam dabei einen Werth für die Residualluft von ca. 10386 Cem. Nach einer ganzen Reihe von Versuchen findet er schliesslich das Verhältniss der Residualluft zur Vitalecapacität wie 2,8:1.

Diesen colossalen Werthen sollen auch die Raumverhältnisse des Thorax ganz gut entsprechen. Waldenburg betrachtet den Thorax seiner Versuchsperson als einen Cylinder von 27 Ctm. Höhe und von 98 Ctm. Umfang (mittlerer Brustumfang bei äusserster Inspiration). Der Inhalt eines solchen Cylinders beträgt 20600 Cem. Davon zieht er ab für die Vitalecapacität 4500 Cem., 3000 Cem. für das Volumen der Lungen, 3000 Cem. für das Herz, Mediastinum und Dicke der Brustwand. Den übrigbleibenden Raum also ca. 10000 Cem. wird die Residualluft einnehmen. Gegen diese Berechnung des Brustinhalts sprechen die sehr gewissenhaft ausgeführte Messungen des Cubikinhalt des Thorax von Hutchinson. Das unter P. (pag. 42) bezeichnete Individuum, welches 5 Fuss 10 Z. (177,8 Ctm.) lang war und einen Brustumfang in der Leichenstellung des Thorax $35\frac{3}{4}$ Z. (91 Ctm.) hatte, würde ungefähr der Versuchsperson von Waldenburg entsprechen. Der bestimmte Cubikinhalt betrug aber nur 5700 Cem. Davon muss man noch den Raum, den die mit Blut gefüllten Brustorgane einnehmen, abziehen.

Aus Hutchinsons Messungen des Cubikinhalt des Thorax ergibt sich ohne Weiteres, dass Waldenburg's Zahlen für die Residualluft falsch sind, und dass sein Versuch, durch Einschaltung des pneumati-

schen Apparats sich von der fehlerhaften Voraussetzung Neupauers zu emancipiren, misslungen ist.

Waldenburgs Versuche wurden später von Speck¹⁾ noch einmal wiederholt und verschiedenen Modificationen unterworfen. Die erlangten Resultate gingen aber so weit auseinander, dass sie zur Ermittlung der Residualluft nicht verwendet werden konnten. Speck machte ausserdem noch eine Anzahl anderer Versuche, um die Menge der Residualluft zu bestimmen. Alle beruhen sie auf demselben Princip wie die von Waldenburg. Bei einer Reihe von Messungen versuchte Speck seine Vitalcapacität durch Ausathmen in ein Spirometer bei normalem Druck und bei höherem Druck zu bestimmen. Beim Ausathmen in comprimirt Luft fällt die Vitalcapacität etwas kleiner aus, da die Residualluft ebenfalls comprimirt wird, und ein Theil der Luft, der bei normalen Verhältnissen in den Lungen keinen Raum findet, wird in den Lungen zurückgehalten. Die Differenz der Grösse für die Vitalcapacität bei gewöhnlichem Druck (748,6 Mm.) und bei einem Ueberdruck von 10,4 Mm. Hg (759 Mm. Hg) war bei mehreren Versuchen 60 Cem. Die Residualluft wurde demnach so comprimirt, dass diese 60 Cem. bei ihr noch Raum fanden, oder die Residualluft x ist bei 748 Mm. Hg ebenso gross, wie $x-60$ bei 759 Mm. Hg. Daraus resultirt für die Residualluft eine Grösse von 4379. Andere Versuche haben ergeben ein Deficit bei einem Ueberdruck von 13,2 Mm. Hg nur 19 Cem. und für x einen Werth von 1294. Um noch einen grösseren Unterschied im Druck her-

1) Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 33, pag. 58.

vorzubringen bestimmte Speck seine Vitalecapacität durch Ausathmung in verdünnte, dann in comprimirt Luft. Er bekam dabei Werthe für die Residualluft von 1387—4938 Ccm. Die Zahlen, die Speck durch mehrfache Modificationen gewonnen hat, leiden an sehr grossen Schwankungen — (32279—364 Ccm.). Ich verzichte daher auf die Wiedergabe der übrigen Variationen seiner Versuche. Zum Schluss spricht er seine Ueberzeugung aus, dass die kleineren Zahlen der älteren Autoren mehr der Wirklichkeit entsprechen, als die von Waldenburg. Seine eigene Residualluft schätzt er auf ca. 700, jedenfalls nicht über 1000 Ccm.

Die von Neupauer vorgeschlagene Verwerthung des pneumatometrischen Werthes des Inspirationszuges zur Ermittlung der Residualluft hat somit keine zuverlässigen Resultate erzielt. Der Grund lag darin, dass Neupauer sowie Waldenburg unterlassen haben, die genaue Bestimmung der Volumänderung des Thorax während des forcirten Inspirationszuges am Pneumatometer auszuführen. Diese Lücke wurde von Gad¹⁾ im Jahre 1881 ausgefüllt. Vermittelst seines Aëroplethysmographen gelang es Gad die Volumänderung des Thorax während des Athmens graphisch darzustellen. Die Versuchsperson befindet sich dabei in einem geräumigem Luftbehälter und ist durch eine Wand vom Volumschreiber getrennt. In der Wand sind zwei Röhren angebracht. Athmet die Versuchsperson durch ein Rohr Luft aus dem Freien ein, so entweicht durch das andere Rohr eben so viel Luft

1) Tageblatt der 54. Versammlung deutscher Naturf. und Aerzte in Salzburg. 1881.

aus dem Behälter, als die Ausdehnung des Thorax während der Inspiration beträgt. Das zweite Rohr wird verbunden mit dem Aëroplethysmographen, welcher die Athemvolumcurven auf einer rotirenden Fläche aufzeichnet. Am Athemrohr, welches an seinem äussern Ende leicht zugeklemmt werden konnte, befand sich seitlich in der Nähe der Klemme eine Verbindung mit einem Pneumatometer. Die Ausschläge des Pneumatometers wurden ebenfalls auf einer rotirenden Fläche aufgeschrieben. Beim Athmen durch das offene Athemrohr schrieb der Volumschreiber Athemcurven, während das Pneumatometer in Ruhe blieb. Auf diese Weise wurden normale Athemcurven und Curven für die Vitalcapacität aufgeschrieben. Nach Abklemmung des äusseren Endes des Athemrohres machte die Versuchsperson einen kräftigen Inspirationszug am Pneumatometer, dessen pneumatometrischer Werth sowie die Thoraxerweiterung auf der rotirenden Fläche gleichzeitig aufgezeichnet wurde. Man erhielt dadurch 2 Curven, aus denen man die zeitlich zusammengehörigen Werthe des Inspirationszuges und der Thoraxerweiterung entnehmen kann. Als Mittel aus dreizehn Versuchen, die Gad an sich selbst angestellt hat, fand er ein Verhältniss zwischen Vitalcapacität und Residualluft wie 1 : 0,58.

Die letzten Bestimmungen der Residualluft auf pneumatometrischen Wege wurden von Kochs¹⁾ mit dem neuen Pneumatometer von Pflüger²⁾ ausgeführt. Kochs glaubt, dass der Fehler keineswegs 10 % des

1) Zeitschrift für klinische Med. Bd. 7, pag. 487, 1884.

2) Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. XXIX, 244—246.

gefundenen Werthes erreichen dürfte. Das Princip des Pflüger'schen Verfahrens beruht wie bei allen anderen bisher beschriebenen pneumatometrischen Methoden auf dem Mariotteschen Gesetze: $v : v' = d' : d$ (Druck). Wenn d' kleiner ist als d , so muss $v' = v + \Delta$, wo Δ eine positive Zahl bedeutet. Setzt man in die Proportion statt v' $v + \Delta$ ein, so erhält man $v : (v + \Delta) = d' : d$,

woraus $v = \frac{\Delta d'}{d - d'}$. Ist der Druck d gleich dem Barometerdruck b , so kann man d' durch $b - m$ ausdrücken

wo m die bestimmte Grösse, um welche sich der Barometerdruck verringert, bezeichnet. Die Formel

$v = \frac{\Delta d'}{d - d'}$ würde dann folgendes Aussehen bekommen

$v = \Delta \frac{b - m}{m}$. Kennt man b , m und Δ , d. h. die Vo-

lumeinheiten, um welche sich das Volumen v unter dem Druck $b - m$, bei gleicher Temperatur, ausgedehnt hat, so ist sehr leicht auch die Grösse von v zu berechnen.

Das Pneumatometer von Pflüger (Z. f. kl. M. pag. 490) besteht aus einem grossen 2 M. hohen Cylinder, welcher oben durch eine Glocke mit Wasserverschluss hermetisch verschliessbar ist. Dieser Cylinder steht in Verbindung mit einem 1,2 M. hohen Spirometer durch einen 2 Ctm. weiten Gummischlauch und mit einer 0,5 M. hohen Glasglocke durch einen 1 Ctm. weiten Schlauch. Die Glasglocke ist auf einer Mahagoniplatte luftdicht aufgesetzt. Durch Hebung der inneren Glocke des Spirometers, welche bekanntlich sehr stark ansaugt, wird die Luft im grossen Cylinder und in der Glasglocke in gleicher Weise, infolge der Communication, verdünnt werden. Unter der Glasglocke befindet sich ein 0,2 M.

hoher oben offener mit Wasser gefüllter Glascylinder; in denselben ragt ein 20 Ctm. langer 1 Ctm. weiter in Cubikcentimeter getheilter Maasscylinder hinein, der unten offen und oben in eine dicht durch die Mahagoniplatte durchgehende Glasröhre übergeht. Ein 6 Mm. weiter Schlauch verbindet die Glasröhre mit einer trichterförmig sich erweiternden Canüle im Innern des grossen Cylinders. Während des Versuchs befindet sich die Versuchsperson im grossen Cylinder und bringt nach einer forcirten Expiration ihre Lungenluft durch die trichterförmig sich erweiternde Canüle mit dem Maasscylinder in Verbindung. Auf Commando wurde dann durch Hebung der innern Glocke des Spirometers eine plötzliche Verdünnung der Luft im grossen Cylinder und in der Glasglocke hervorgerufen. Die Residualluft in den Lungen dehnt sich infolge dessen aus und ein Theil entweicht in den Maasscylinder. Das Wasserniveau im Maasscylinder sinkt etwas tiefer und giebt in Cem. die Ausdehnung der Luft an. Während der Messung musste die Versuchsperson sich ganz ruhig verhalten und keine Muskelbewegungen machen, damit das Lungenvolumen unveränderlich bleiben sollte. Vor der Verdünnung herrschte im grossen Cylinder der Atmosphärendruck b , nach der Verdünnung ein Druck von $b - m$, welcher am Manometer abgelesen wurde; Δ — der Grad der Ausdehnung der Residualluft wurde durch das Sinken des Wasserstandes im Maasscylinder in Cem. angegeben.

Beim Versuch mit dem Herrn Stud. med. E. war der Barometerdruck 752,5, die Druckverminderung 10 Mm. Hg., die Ausdehnung der Residualluft betrug 10 Cem. Setzen wir diese Werthe in der früher angeführten

Formel $v = \Delta \frac{b-m}{m}$ ein, so bekommen wir für die Residualluft eine Grösse von 742,5 Cem. ($v = \frac{10 \cdot (752,5 - 10)}{10}$). Davon muss man noch den Inhalt der

Canüle und des Schlauches abziehen. Nach Abzug von 150 Cem. beträgt der Raum für die Residualluft 592,5 Cem.

Um dem Einwand zu entgehen, dass bei der forcirten Expiration viele Alveolen von den Bronchien abgeschlossen sind, und daher nicht die ganze in den Lungen zurückbleibende Luft an der Ausdehnung theilnehmen kann, bestimmte Kochs an seinen Versuchspersonen auch das Lungenvolumen bei der tiefsten Inspiration. Beim Herrn Stud. E. ergab die Messung 4371. Zieht man davon die Residualluft ab, so muss man die Grösse der Vitalcapacität bekommen. $4371 - 592 = 3779$. Am Spirometer ergab sich für die Vitalcapacität ein Werth von 3700 Cem.

Die Versuche wurden an jeder Person mehrere Male ausgeführt und gaben gut übereinstimmende Werthe. Als Mittel für die Residualluft bei einem Erwachsenen nimmt Kochs 500 Cem. an.

Zur Feststellung der Fehlergrenzen wurden mittelst dieses Pneumatometers bekannte Volumina gemessen. Eine starre Flasche bei 400 Cem. Inhalt lässt sich bis auf 5 Cem., also 1,25%, genau messen. Der Fehler wird aber grösser, wenn man den Inhalt eines Trichters, dessen obere Oeffnung mit einer Kautschukmembran überspannt ist, bestimmen will. Nach Kochs sind die Fehler bedingt durch den Reibungswiderstand der langen und relativ dünnen Röhrenleitung. Dagegen spricht aber der Vorversuch zur

Prüfung der Leistungsfähigkeit des Apparats (pag. 492). Der Grund liegt viel mehr darin, dass die Wände des Hohlraums nicht starr sondern nachgiebig sind. Durch die plötzliche Druckverminderung im grossen Cylinder werden sich auch die nachgiebigen Wände des Thorax etwas ausdehnen, weil sich der Druck ausserhalb und innerhalb des Thorax nicht gleichzeitig verändert, da der Lungenraum durch das Wasser im Maasscylinder abgesperrt ist. Jede Ausdehnung des Thorax muss aber eine Verkleinerung der gefundenen Werthe nach sich ziehen.

Um die Veränderung des Lungenvolums zu vermeiden, verlangte Kochs (pag. 494) von seinen Versuchspersonen, dass sie ihre Athemmuskeln während der Messung absolut ruhig verhalten sollten. „Die geringste Contraction irgend welcher Athemmuskeln, welche das Lungenvolumen nur um wenige Cubikcentimeter verändert während der Messung, beeinträchtigt die Genauigkeit sehr bedeutend.“ Mir scheint es unwahrscheinlich zu sein, dass die Versuchspersonen im Stande waren, nach einer möglichst tiefen Expiration oder Inspiration — mit einer grossen Canüle im Munde sich einige Zeit absolut ruhig zu verhalten. Will man nach einer forcirten Expiration den Thorax noch einige Zeit im Expirationszustande erhalten, so muss man die ganze Zeit expiratorische Anstrengungen machen, denn hören die activen Muskelkräfte auf, so muss der Thorax wieder in seine Normalstellung zurückkehren und es erfolgt unwillkürlich eine Inspiration¹⁾. Ich habe mich bei meinen Experimenten davon vielfach überzeugen können. Dafür spricht auch folgende

1) Hermann's Handbuch, I. c. pag. 178.

Thatsache, (die Waldenburg in seiner Arbeit über Pneumatometrie anführt (pag. 19) „Lässt man aufs tiefste plötzlich und forcirt inspiriren, so steigt das Hg im Manometer schnell bis zu einem Maximum, kann aber selten kaum 1 Secunde auf diesem Maximum durch die Inspirationskraft erhalten werden, sondern sinkt sehr bald wieder zu einem niederen Werthe, das gleiche geschieht bei schneller forcirter Expiration. Lässt man gleich tief aber langsam und nur allmählich bis zur vollsten Kraftentwicklung ansteigend inspiriren, so erhebt sich das Hg langsam bis zu einer gewissen Höhe, kann jedoch eine oder mehrere Secunden auf dieser oder niedrigeren Höhe durch die Inspirationskraft erhalten werden. Gewöhnlich bleibt dabei das Hg nicht starr auf demselben Punkte, sondern pendelt herauf und herab zwischen 2 Werthen, die etwa 10—20—40 Mm. auseinander liegen.“

Ferner möchte ich auf das Verhalten des Zwerchfells und der Darmgase aufmerksam machen. Die Gewalt, die wir auf das Zwerchfell ausüben können, ist äusserst gering, und ich glaube nicht dass sich das Zwerchfell bei einer plötzlichen Verdünnung der Luft im grossen Cylinder ganz indifferent verhalten wird, weil die Verdünnung der Luft wahrscheinlich auch eine Druckveränderung der Darmgase nach sich ziehen wird; die letzten sind aber nach Vierordt gewissermassen als Antagonisten des Zwerchfells aufzufassen. Ausserdem füllen sich nach der Verdünnung der Luft auch die Lungencapillaren stärker, was ebenfalls auf das Volumen der Lungen verändernd einwirken wird. Ist das richtig, so sind Kochs Messungen mit einem Fehler verknüpft, der sich nicht genau bestimmen lässt.

Vor vier Jahren wurden im physiologischen Institut zu Königsberg von Jacobson ¹⁾ neue Bestimmungen der Residualluft an Leichen ausgeführt. Sie sollten zunächst mit Sicherheit bestimmen, welche von den so ungemein abweichenden Resultaten, die durch die bisher angeführten Untersuchungsmethoden gewonnen wurden, mehr der Wirklichkeit entsprechen. Jacobson hat seine Messungen nach einer vom Herrn Geheimr. Hermann vorgeschlagenen Methode gemacht ²⁾. An frischen Leichen wurde der Thorax in eine möglichst tiefe Expirationsstellung gebracht, indem ein Gehilfe auf dem Abdomen kniete und mit beiden Händen die Brust sehr kräftig zusammendrückte. Nach Unterbindung der Luftröhre wurden die vorsichtig aus dem Thorax entfernten Lungen mit einem Gewicht von bekanntem Volumen in ein Gefäß mit Wasser versenkt. Das Gefäß wurde mit so viel Wasser gefüllt, bis nach dem Aufsetzen einer glattgeschliffenen Glasplatte alle Luftblasen verschwanden. Dann wurden die Lungen wieder vorsichtig aus dem Gefäß entfernt und aus einem Maasseylinder so viel Wasser in das Gefäß hineingegossen, bis es wieder ganz voll war. Die Menge des dazu nöthigen Wassers ergab nach Abzug des Volums des beschwerenden Gewichts das Volumen der Lunge und das der Residualluft. Das Lungenvolumen lässt sich aus dem abs. Gewichte der Lungensubstanz bestimmen, indem man dasselbe durch das spec. Gewicht dividirt. Jacobson hat bei seinen Berechnungen ein

1) Beiträge zur Frage nach d. Betr. d. Residualluft. Dissert. Königsberg i. Pr. 1887.

2) Archiv. f. d. ges. Phys. Bd. XLIII pag. 236. 440.

spec. Gewicht von 1,06 zu Grunde gelegt. Durch Abzug des Lungenvolums vom Gesamtvolumen lässt sich die Menge der Residualluft bestimmen. Ist a das Gesamtvolumen, b das Gewicht der Lungensubstanz, n das spec. Gewicht, so ist die Residualluft $x = a - \frac{b}{n}$.

Der Mittelwerth aus 9 Versuchen beträgt 981 Cem. und das Mittel aus 2 Fällen mit ganz normalen Lungen 914,5 ¹⁾. Die Ergebnisse dieses rohen aber möglichst einfachen directen Verfahrens erheben keinen Anspruch, die Residualluft genau festzustellen. Von den Bestimmungsmethoden an Leichen ist diese ganz bestimmt die genaueste. Die Fehler sind nicht sehr bedeutend, der Thorax wurde in eine tiefe Expirationsstellung gebracht und der pathologische Zustand der Lungen in Betracht gezogen. Die Resultate zeigen daher mit Sicherheit, dass die Werthe von Neupauer und Waldenburg unrichtig sind. Am nächsten den gewonnenen Resultaten stehen die Werthe von Davy und Kochs. Indessen bleiben die Verschiedenheiten doch ziemlich gross. Der Mittelwerth von Kochs beträgt ca. 500 Cem., der von Hermann und Jacobson für eine vollständig gesunde Lunge 914,5 Cem., also fast 2 Mal so gross. Zur vollständigen Lösung der Frage über den Betrag der Residualluft schlug mir Herr Geheimr. Hermann Messungen an lebenden Menschen auszuführen, nach einem von ihm ersonnenem Verfahren.

1) Ich citire die Zahlen nach d. Berichtigung zu Jacobsons Untersuchungen von Hermann. Archiv. f. ges. Phy. Bd. XLIII. 440.

Eigene Untersuchungen.

Beschreibung der Methode.

Die Methode, nach welcher ich meine Bestimmungen der Residualluft ausgeführt habe, ist eigentlich nur eine Modification des Davy-Gréhant'schen Verfahrens. Das Princip ist bei beiden dasselbe. Beide beruhen auf derselben Voraussetzung, dass nach 5 bis 6 Ein- und Ausathmungen in ein Gasometer mit Wasserstoffgas im Moment der letzten Expiration die Zusammensetzung der Luft in den Lungen und im Gasometer eine gleichartige sein wird. Gréhant's Analysen bestätigen diese Annahme. Der Unterschied meiner Methode von dem Davy'schen Verfahren besteht darin, dass ich den Versuch nicht nach einer möglichst tiefen Expiration, sondern, wie es auch Gréhant gemacht hat, nach einer gewöhnlichen Expiration, oder sogar nach einer gewöhnlichen Inspiration, beginnen liess. Das Eintreten von Dyspnoe war infolge dessen garnicht zu befürchten. Kein einziges Mal (bei ca. 65 Versuchen) beklagte sich Jemand von den Versuchspersonen über ein unangenehmes Gefühl oder sonstige Beschwerden. Von den Gréhant'schen Bestimmungen weichen meine insofern ab, als ich nicht den Luftvorrath in den Lungen nach einer gewöhnlichen Expiration, sondern direkt den Residualluftraum

gemessen habe. Um dies zu erzielen, benutzte ich zu meinen Versuchen nach dem Vorschlag des Herrn Geheimr. Hermann 2 gleich construirte Spirometer **A** und **B**¹⁾ (s. Abbildung), die auf einem ziemlich hohen Tisch in einer Entfernung von ca. 25 Ctm. von einander standen. Auf einem Klotz zwischen **A** und **B** wurde ein Dreiwegehahn aus Messing mit 1 Ctm. weiten Bohrungen befestigt. Der Hahn hat drei zapfenförmige Fortsätze, an welchen 1,5 Ctm. weite Gummischläuche befestigt sind. Zwei von diesen Schläuchen **s** und **s** verbinden die Oeffnungen des Hahnes rechts und links mit den Mündungen der Luftröhren von **A** und **B** und setzen sich etwas oberhalb derjenigen Hähne **H** und **H** an, welche die Athmungsröhren abschliessen. Vorne verbindet ein 30 Ctm. langer Schlauch **S** von derselben Weite den Dreiwegehahn mit einer Waldenburgschen Maske. Je nach der Stellung des Hahns communicirt die Maske entweder mit dem Wasserstoffgas enthaltendem Spirometer **A**, oder mit **B**, in welchem sich ein bekanntes Volumen atmosphärischer Luft befindet. Steht der Hebel des Hahnes gerade in der Mitte, gegenüber der Versuchsperson, so communicirt die Maske nur mit

1) Die Spirometer wurden nach den Angaben des Herrn Geh. Hermann von C. Wipprecht in Königsberg construiert. Der äussere Cylinder ist 36 Ctm. hoch und 18 Ctm. weit. Die Rollen, auf welchen sich die Gewichte bewegen, gehen in spitze Nadeln über; der Reibungswiderstand ist sehr klein und die innere Glocke steigt beim Athmen sehr leicht auf. Die 1,2 Ctm. weite Athmungsröhre hat beim Austritt aus dem äusseren Cylinder eine Oeffnung, durch welche man das Wasser, welches manchmal in die Röhre hineinfliesst, abfliessen lassen kann. Der äussere und innere Cylinder sind aus Kupfer, die Hähne aus Messing. Im Uebrigen unterscheiden sich die Spirometer nicht von den gewöhnlichen.

A, wird der Hebel um 90° nach rechts gedreht, so entsteht eine Communication mit B. Ein Anschlag des Hahnes **a** gestattet die Umdrehung des Hebels von der primären Stellung nur um 90° nach rechts auszuführen. Eine Verbindung zwischen beiden Spirometern kann nicht zu Stande kommen. Die Luftdichtigkeit der Apparate wurde aufs Sorgfältigste geprüft. Der Rauminhalt, welcher beim verschiedenem Stande des inneren Cylinders entspricht, wird auf einer an der rechten Kupferstange sehr genau angebrachten Scala in Ccm. abgelesen. Die Ablesungen wurden bei Atmosphärendruck gemacht; um dies zu erzielen, wurde die innere Glocke mit der Hand leicht hinabgedrückt, damit die Flüssigkeit in beiden Schenkeln des Wassermanometers **M** auf gleicher Höhe sich befinden soll. Der Nullpunkt der Scala befindet sich ganz unten.

Das Wasserstoffgas zu den Einathmungen wurde aus chemisch reinem Zink und verdünnter Schwefelsäure dargestellt. Um das Gas von schädlichen Beimengungen, wie Arsenwasserstoff, zu befreien, wurde es durch eine Wulf'sche Flasche mit concentrirter Kupfersulfatlösung langsam durchgeleitet.

Ich füllte direct vor dem Versuch **A** mit ungefähr 4000 Ccm H. Zum Einleiten des Gases in das Spirometer diente der 0,2 Mm. weite, auf einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre aufgesetzte Schlauch **s**. Das andere Ende der Glasröhre ging durch den Gummistöpsel **g** in die Athmungsröhre durch und brachte so eine Communication mit der innern Glocke des Spirometers zu Stande. Der Schlauch **s**, ist durch eine Klemme luftdicht verschliessbar. Während der Füllung von **A** mit H stellte ich die innere Glocke von **B** so ein, dass

ihr Luftraum 5500 Ccm. betragen hat. Die Hähne **H** und **H** blieben die ganze Zeit geschlossen und wurden nur vor den Einathmungen geöffnet. Der Versuch wurde so ausgeführt, dass die Versuchsperson nach einer gewöhnlichen Expiration oder Inspiration die Maske luftdicht auf das Gesicht aufsetzte und zuerst bei freier Verbindung mit **A** reines Wasserstoffgas athmete. Die Ein- und Ausathmungen wurden mit geschlossenem Munde recht tief gemacht. Nach der sechsten — möglichst tiefen Expiration wurde der Hebel des Hahns plötzlich um 90° nach rechts gedreht und 6 Mal aus **B** reine atmosphärische Luft eingeathmet. Die Maske musste während der ganzen Zeit ($\frac{3}{4}$ Min.) auf dem Gesicht luftdicht aufsitzen. Gleich nach dem Versuch entnahm ich aus beiden Spirometern Proben des Gasgemisches zur gasometrischen Bestimmung des H. Zum Durchleiten des Gases aus dem Spirometer in ein Eudiometer diente derselbe Schlauch s.,

Die gasometrischen Bestimmungen des Procentgehalts an **H** habe ich nach den Vorschriften von Bunsen ausgeführt. Alle Ablesungen wurden mittelst des Fernrohrs gemacht. Zwischen 2 Ablesungen liess ich bis 2 Stunden verstreichen, nach einer Explosion sogar mehr. Die T° im Zimmer variirte während der Dauer einer Analyse nicht sehr stark — Maximum um $1,5^\circ \text{C}$. Die beobachteten Gasvolumina wurden auf ihren Werth im Zustande der Trockenheit auf 0° und 1^m Quecksilberdruck reducirt. Die Explosion wurde durch den elektrischen Funken hervorgebracht. Um die Salpetersäurebildung bei den Gasverbrennungen ganz zu vermeiden, habe ich auf 100 Vol. nicht brennbares

nie mehr als 40 Vol. brennbares Gas angewandt. Bei der Analyse des Gasmisches aus **B**, in dem der Wasserstoffgehalt nicht besonders hoch war, fügte ich noch eine Menge elektrolytisches Knallgas hinzu, bis das erwähnte Verhältniss ungefähr eintrat.

Nach der ersten Hälfte des Versuchs muss der Procentgehalt des H in den Lungen und in **A** derselbe sein. In den Lungen ist nur die Residualluft **x** zurückgeblieben. Beträgt der Gehalt an H **a**%, so muss die Residualluft $x - \frac{xa}{100}$ Cem. H enthalten. Die-

ser H mischt sich gleich darauf gleichmässig mit dem bekanntem Volumen atmosphärischer Luft **v** in **B**. Hat die Analyse des Gasmisches aus **B** **b**% H ergeben, so ist in **x** + **v** (Residualluft + bekanntes Volumen in **B**) $\frac{(x + v)b}{100}$ Cem. H enthalten. Da das

Blut in den Lungen während der zweiten Phase des Experiments ein sehr geringes Quantum H absorbiren konnte, so begehen wir einen ganz kleinen Fehler, wenn wir die beiden Grössen als gleiche betrachten.

$$\frac{xa}{100} = \frac{(x + v)b}{100}; \quad xa = xb + vb; \quad x = \frac{bv}{a-b}.$$

V, **a** und **b** lassen sich sehr leicht bestimmen. Bei einem Versuch, den ich an mir selbst ausgeführt habe, betrug **v** 5610 Cem. (5500 in der innern Glocke und 110 in der Athmungsröhre von **B**), **a** = 52,86% und **b** = 8,62. Durch Einsetzung dieser Werthe in der Formel

$$x = \frac{bv}{a-b} \text{ bekam ich für } x \text{ eine Zahl von } 1002;$$

$$(x = \frac{8,62 \times 5610}{52,86 - 8,62}).$$

Von dieser Grösse muss man noch den Inhalt der Maske und der Schläuche **S+s** abziehen, da nach der ersten Phase des Versuchs auch in diesen **H** nachbleibt, der sich in der zweiten Phase mit der atmosphärischen Luft in **B** mischen wird. Der Raum wurde durch Eingiessen von Wasser bestimmt. Der Inhalt beträgt ca. 300 Ccm. Beim Eintauchen des Gesichtes in die gefüllte Maske fliesst mehr als 50⁰ Ccm. aus, so dass ich den Fehlerraum für mich auf ca. 250 Ccm. schätze. Nach Abzug der 250 Ccm. erhalten wir die Luftmenge, welche in unserem Athemorgan, — also in der Alveolen der Lungen und in den Leitungswegen bis zur Nasenöffnung, — nach einer möglichst tiefen Expiration zurückbleibt.

Die ersten Versuche habe ich an mir selbst ausgeführt. Die Resultate waren sehr befriedigend; die gewonnenen Werthe für die Residualluft schwankten bis 50 Ccm. (790—752—740). Darauf stellte ich noch an 18 gesunden Personen Versuche an. Bei den meisten habe ich mehrere Male die Residualluft bestimmt. Vor dem Füllen des Spirometers mit **H**, liess ich die Versuchspersonen mir einige Mal den Versuch vormachen. Uebrigens sind die Anforderungen, die an die Versuchspersonen gestellt wurden so gering, dass die meisten sofort einsahen, worauf es ankam. Der grösste Theil meiner Versuchspersonen waren junge, gesunde Studenten der Medicin. Die Vitalcapacität wurde bei jedem vor oder nach dem Versuche bestimmt. Die Resultate meiner Messungen habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle über Messungen der Residualluft an 16 männl.
und 3 weibl. Individuen.

Anfangsbuch- staben.	Geschlecht.	Alter.	Körper- länge.	Brust- umfang			Vitalcapa- cität.	Residual- luft.	Verhältniss zw- ischen Vitalcapac. und Residualluft.	Beruf.
		Jahre.	Ctm.	bei tief- ster Inspir.	bei tief- ster Exspir.	Ctm.				
M. B.	männl.	25	175	89	80	3800	752	5,0		Arzt.
W.	"	22	166	92	84	3600	682	5,2		Cand.med.
F. M.	"	25	170	95	87	4000	789	5,0		Arzt.
L.	"	40	160	92	87	3700	740	5,0		Professor.
S. L.	"	23	169	91	86	3600	759	4,7		Cand.med.
D.	"	22	169,5	88	80	4000	715	5,6		Stud. med.
K.	"	22	163	86	80	3200	560	5,8		Stud. med.
B.	"	44	159,5	105	100	2900	630	4,6		Portier.
F. B.	"	11	135	65	60	1800	440	4,1		Schüler.
Z.	"	22	179	98	92	4400	839	5,2		Stud. med.
F.	"	20	175	93,5	85	4300	947	4,5		Stud. med.
H.	"	21	175	93,5	86,5	4400	1058	4,1		Stud. med.
K.	"	18	174,5	89	82	4600	1150	3,9		Stud. med.
E. F.	"	18	163	91	82	3700	750	4,9		Stud. med.
W. F.	"	20	172	88	78	4600	1250	3,7		Stud. med.
P. W.	"	13	148	75	69	2500	681	3,7		Schüler.
C. R.	weibl.	28				2000	347	5,8		
J. B.	"	21				2200	526	4,0		
B.	"	19				2500	561	4,4		

Der Mittelwerth aus den Grössen der Residual-
luft für meine 19 Versuchspersonen beträgt 758 Ccm.
Da aber unter ihnen verhältnissmässig viel mehr Männer,
als Frauen gewesen sind, so ist es richtiger den Mittel-

werth für die Männer besonders anzugeben, und zwar beträgt derselbe 807 Ccm. Die Residualluft der Frauen ist kleiner; aus meinen 3 Versuchen ergibt sich eine Zahl von 478 Ccm. Indessen, beachtet man das Verhältniss der Vitalcapacität zu der Residualluft, so muss man zugeben, dass die Residualluft bei den weiblichen Individuen auch grösser sein kann. In 12 Fällen ist das Verhältniss wie ca. 5:1, in den übrigen 8 ca. 4:1. Die Vitalcapacität meiner weiblichen Versuchspersonen ist nicht besonders hoch, desshalb habe ich auch einen verhältnissmässig kleinen Werth herausgefunden. Im Allgemeinen möchte ich die Meinung aussprechen, dass die Grösse der Residualluft von der Vitalcapacität abhängt.

Die Fehler, mit welchen diese Methode verknüpft ist, verändern die gefundenen Resultate nicht wesentlich. Als erste Fehlerquelle kommt hier die Absorption des H vom Blut in der zweiten Phase des Versuchs in Betracht. Vorausgesetzt, dass der Absorptionscoefficient des Blutes für H dem des Wassers analog — ungefähr 0,019 ist, so können die 2500 Ccm.¹⁾ Blut, welche die Lunge in einer halben Minute passiren, nur 4—8 Ccm. H aufnehmen, weil der Partialdruck des H mit der ersten Inspiration aus dem Spirometer **B**, in welchem sich atmosphärische Luft befindet, sehr stark sinkt und nicht mehr wie 8—9% beträgt. Nach der möglichst tiefen Expiration in **A**, betrug der Gehalt an H in der Residualluft ca. 50% — (60—50). Dies dauerte aber nur einige Secunden; nach der Umdrehung des Hahns machten fast alle Versuchspersonen eine sehr tiefe Inspiration, die fast der Vitalcapacität gleich war. Infolge der Mischung der Residualluft mit der atmo-

1) Hermann's Handbuch. Bd. IV, Th. II, pag. 102.

sphärischen Luft wurde selbstverständlich der Procentgehalt an H geringer und die Aufnahme des H, welche nur vom Partialdruck abhängt, fast verschwindend klein. Eine Verringerung von 4—8 Ccm. hat einen sehr kleinen Einfluss bei der Bestimmung des Procentgehalts an H in einem Gasgemisch von 5850 Ccm. atmosphärischer Luft und 350 Ccm. H. Eine andere Fehlerquelle befindet sich in der Bestimmung des Inhalts der Maske und der Schläuche **S** und **s**, weil nicht bei allen Versuchspersonen beim Eintauchen des Gesichts dieselbe Menge Wasser aus der gefüllten Maske abgeflossen wäre, wie es bei mir der Fall gewesen ist. Indessen ist der Fehler so klein, dass man ihn mit Recht vernachlässigen kann.

Zur Controle versuchte ich einmal den Inhalt der Lungen nach einer möglichst tiefen Inspiration zu bestimmen. Ich möchte die Menge der Luft in den Lungen nach einer tiefsten Inspiration als Maximalluft bezeichnen (absolute capacity — von Hutchinson). Die Maximalluft wurde schon von Kochs mit dem Pneumatometer von Pflüger gemessen. Ich habe meine Maximalluft nach Davy bestimmt. Das Spirometer **B** wurde mit 2700 Ccm. 94,4 % H gefüllt, demnach waren in **B** 2548,8 Ccm. H enthalten. Nach einer möglichst tiefen Inspiration machte ich mittelst der Waldenburg'schen Maske 7 Ein- und Ausathmungen in das Spirometer **B**. Die Analyse des entstandenen gleichmässigen Gasgemisches ergab 34,7 % H. Die 2548,8 Ccm. H müssen infolgedessen in $\frac{100 \cdot 2548,8}{34,7}$ Ccm. (7633,4 Ccm.) gleichmässig vertheilt sein. Ziehen wir davon 2700 Ccm., die im Spirometer vor dem Einathmen waren, 250 für den Inhalt der

Maske ab, und schlagen wir den Fehler infolge der Aufnahme von H ins Blut auf ca. 50 Ccm. an, (in diesem Falle ist der Partialdruck höher und ausserdem kommt es hier auf die absolute Menge des H an), so bekommen wir für die Maximalluft einen Werth von 4643 Ccm. Beim Versuch am Spirometer ergab sich für die Vitalcapacität 3800 Ccm., die Residualluft beträgt nach meinen Messungen 752—782 Ccm. $3800 + 782 = 4582$. Die Differenz ist also gar nicht beträchtlich. Diese Bestimmung der Maximalluft könnte vielleicht als Beweis für die Richtigkeit meiner Methode dienen, allein die Fehler, mit welchen die Methode verknüpft ist, bleiben bei den Bestimmungen der Residualluft wie bei denen der Maximalluft dieselben. Desshalb stimmen auch die Werthe für diese beiden Grössen von Kochs so gut zu einander.

Bei den Bestimmungen der Residual- und Maximalluft habe ich, wie es auch bei anderen Untersuchungs- methoden der Fall gewesen ist, den Inhalt der Alveolen und der Luftwege bis zur Nasenöffnung gemessen. Zur Schätzung der Volumsveränderungen bei den tiefsten In- und Expirationen muss man den Rauminhalt der Luftwege bis zu den Infundibulis abrechnen, da bei der Ausdehnung der Lungen fast nur die Alveolen sich theiligen. Die genaue Bestimmung des Raumes bis zu den Infundibulis ist sehr schwer; Gréhant schätzt ihn auf 138 Ccm. Beträgt die Residualluft im Mittel 800 Ccm., die Maximalluft 4500 Ccm., so wird dementsprechend das Lungenvolumen, wenn die Athemzüge die Grösse der Vitalcapacität erreichen, wenn also die respiratorischen Kräfte voll in Anspruch genommen werden, um das sechsfache bis siebenfache wachsen.

R é s u m é.

Die angeführten Untersuchungsmethoden lassen sich in 2 grosse Gruppen eintheilen.

- 1) Bestimmungen der Residualluft an Leichen.
- 2) Bestimmungen der Residualluft am lebenden Menschen:
 - a) Pneumatometrische Methoden.
 - b) Bestimmungen durch Einathmung von Gasen.

Die Resultate, die durch diese Methoden gewonnen wurden, weichen von einander ziemlich stark ab. Die Ursache der grossen Differenzen glaube ich eher durch die mehr oder weniger fehlerhaften Versuchsanordnungen erklären zu dürfen, als durch etwaige Fehler der Principien einzelner Methoden. Mit der Vervollkommnung der Methoden werden die Werthe für die Residualluft kleiner.

Die Ergebnisse meiner Messungen stimmen am besten zu denjenigen von Davy, Gréhan t und Jacobson. Davy hat bei einer Vitalecapacität von 3493 Cem. die Grösse der Residualluft auf 672 Cem. bestimmt. (Die Zahlen sind infolge der falschen Temperaturberichtigungen etwas zu gross.)

Addirt man zu meinen Zahlen noch 1800—1500 für die Reserveluft, so bekommt man ziemlich ähnliche Werthe wie Gréhan t. Leider finden sich bei Gréhan t keine Angaben über die vitale Capacität seiner

Versuchspersonen, sonst könnte man auch das Verhältniss der Vitalecapacität zur Residualluft vergleichen. Jacobson's Mittelwerth ist etwas grösser; infolge der künstlichen Compression des Thorax wurden die Lungen wahrscheinlich nicht so kräftig zusammengedrückt, wie es bei einer forcirten Expiration der Fall ist.

Die Zahlen von Kochs sind, wenn man das Verhältniss der Vitalecapacität zur Residualluft in Betracht zieht, bedeutend kleiner, als die von mir ermittelten. Zahlreiche Messungen bei drei Personen, von denen Kochs berichtet hat, ergaben ein Verhältniss wie ca. 8 : 1. Ich habe schon früher aufmerksam gemacht, dass Kochs Messungen mit einigen Fehlern verknüpft sind. Auf Grund meiner, im Vergleich zu anderen Autoren zahlreichen Messungen, glaube ich Kochs Zahlen als etwas zu klein ansehen zu dürfen, und schlage den Mittelwerth für die Residualluft bei einem Erwachsenen Manne auf ca. 800 Ccm. an. Das Verhältniss der Vitalecapacität zur Residualluft schwankt zwischen 5 : 1 und 4 : 1.

Die Frauen haben demgemäss eine kleinere Residualluft.

Zum Schluss möchte ich noch Herrn Prof. Dr. Langendorff für das liebenswürdige Entgegenkommen und allen Damen und Herren, die sich so bereitwilligst der Messung der Residualluft unterzogen haben, meinen wärmsten Dank ausdrücken.

Königsberg in Pr.,

Physiologisches Institut im Februar 1891.

Thesen.

1. Eine genaue Feststellung der Grösse für die Residualluft kann nur durch Messungen am lebenden Menschen gewonnen werden.
2. Die Stellen der Grosshirnrinde, deren Läsionen aphatische Störungen nach sich ziehen, sind keine Sprachcentra.
3. Die totale Pankreasexstirpation ruft nicht bei allen Wirbelthieren Diabetes mellitus hervor.
4. Die Excision der erkrankten Schleimhauttheile bei Trachom ist zu verwerfen.
5. Die differentielle Diagnose zwischen Pneumonie und Pleuritis ist unter Umständen eine der schwierigsten diagnostischen Aufgaben.
6. Das Schnüren ist die allerhäufigste Entstehungsursache der beweglichen Nieren.

