

A r c h i v

für

pathologische Anatomie und Physiologie

und für

klinische Medicin.

Bd. 153. (Fünfzehnte Folge Bd. III.) Hft. 2.

XII.

Die physikalische Functionsprüfung der Athmung und ihre Bedeutung.

Vorläufige Mittheilung

von Dr. Anton Brosch,

Regimentsarzt und Prosector des militär-anatomischen Institutes in Wien.

(Mit 2 Textabbildungen.)

I. Ueber Lungenluftmessung im Allgemeinen.

Die Idee einer pneumatischen Behandlung ist schon ziemlich alt, doch eilte wie fast in allen Disciplinen die empirische Therapie der diagnostischen Untersuchungsmethodik weit voraus. Der erste Erfinder auf diesem Gebiete dürfte der englische Arzt Henshan gewesen sein, welcher im Jahre 1664 einen pneumatischen Apparat zur Krankenbehandlung construirte. Nach einer 170jährigen Pause kam der Franzose Junod¹⁾, welcher in einer im Jahre 1836 mit dem Montyou'schen Preis gekrönten Schrift seine neue Methode der Hämospase veröffentlichte. Zur

¹⁾ Junod, Méthode hémospasique et appareils du Dr. Junod: Nouvelles observations sur l'emploi des ses appareils etc. lues à l'Acad. des sciences, Paris 1842, chez Builliére. — Revue méd. Juillet 1843. p. 394. — Gaz. méd. de Paris 1843. 22 Juillet.

Hämospase (Blutzertheilung) verwendete er eigenartig geformte Apparate zur Setzung einzelner Körpertheile oder Körperoberflächen unter verminderten Atmosphärendruck. Unmittelbar darauf ersann Lenoir¹⁾ seinen cyclopneumatischen Apparat, welcher speciell zur Ausführung einer localen Hämospase construirt war.

Zu erwähnen ist ferner noch die pneumatische Reposition von Leistenbrüchen nach Clemens²⁾ und die eines eingeklemmten Nabelbruches von Heidenreich³⁾. Wenn wir noch des Airtractor von Simpson⁴⁾, eines Instrumentes, welches an Stelle der Geburtszange verwendet wurde, gedenken, hätten wir so ziemlich alle Versuche angeführt, die man als Anfänge einer pneumatischen Chirurgie bezeichnen könnte. Ficinus⁵⁾ grosse Recipienten für einzelne Körpertheile und für den ganzen Körper bilden den Uebergang von der äusseren zur inneren Anwendung des Luftdruckes auf den menschlichen Organismus.

Eine Ausbildung der pneumatischen Methode zu diagnostischen Untersuchungszwecken in der inneren Medicin wurde angebahnt von Valentin⁶⁾, Mendelsohn⁷⁾, Hutchinson⁸⁾ und Donders⁹⁾. Seit dieser Zeit wurden von zahlreichen

1) Lenoir, Note sur un nouvel appareil hémospasique. Journ. de méd. par Championnière. Juin 1843.

2) Clemens, Die Luftpumpe als Mittel zur Resorption von Leistenbrüchen. Frankfurt 1840.

3) Heidenreich, Canstatt's Jahresb. 1843.

4) Simpson, Der Luftzieher (Airtractor) statt der Geburtszange. Fro-riep's Notizen. III, IX. 141.

5) Ficinus, Die Hämospasie, Geschichte, Beschreibung und Wirkungen der grossen Ventousen Junod's vom physiologischen und therapeutischen Standpunkte. Leipzig, Voss, 1848.

6) Valentin, Lehrb. der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1847. Bd. I.

7) Mendelsohn, A., Der Mechanismus der Respiration und Circulation oder das explicirte Wesen der Lungenhyperämien. Berlin 1845.

8) Hutchinson, On the capacity of the Lungs. Med. chir. Transactions. 1846. — Von der Capacität der Lungen und von den Athmungsfunctionen u. s. w. Deutsch von Samosch. Braunschweig 1847.

9) Donders, Die Physiologie des Menschen. Bd. I. Deutsch von Theile, Leipzig 1856, und Henle und Pfeufer's Zeitschr. für rationelle Med. 1853.

anderen Forschern wiederholt Versuche unternommen, die Pneumatometrie als diagnostisches Hülfsmittel in die Reihe der exacten klinischen Untersuchungsmethoden einzuführen. Der bedeutendste Vorkämpfer dieser Richtung war Waldenburg, welcher sich nicht damit begnügte, die Pneumatometrie als klinische Untersuchungsmethode zu empfehlen¹⁾, sondern es sogar unternahm, auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse der pneumatischen Behandlung auch als einer wissenschaftlich begründeten exacten physikalischen Methode in der Therapie einen Platz anzuweisen. Sein Lehrbuch²⁾ der pneumatischen Behandlung ist so formvollendet und logisch geschrieben, dass die überzeugende Darstellung desselben zahlreiche andere Forscher bewog, in seine Fussstapfen zu treten. Auf den allgemeinen Enthusiasmus folgte eine ziemlich allgemeine Enttäuschung, denn nicht nur die pneumatische Behandlung, sondern auch die Pneumatometrie als diagnostische Untersuchungsmethode hatte sich so unzuverlässig erwiesen, dass ihr von vielen Seiten die Existenzberechtigung abgesprochen wurde.

Geringer war die Zahl jener, welche sich bemühten, etwaige Fehler dieser Methode aufzudecken, um durch Correctur derselben den diagnostischen Werth der Pneumatometrie zu rehabilitiren. Fehler wurden gemacht und festgestellt, theils in der Methode der Messung von Waldenburg selbst, von Biedert, Lassar, theils in der Beschaffenheit des Instrumentes von Eichhorst, Mordhorst, theils in der Beschaffenheit der Gesichtsmaske von Biedert, Krause u. A., theils endlich in der Deutung der Ursachen des Messergebnisses und der Bestimmung der einzelnen Componenten von Neupauer, Waldenburg u. A.

Da diese Untersucher aber gleichwohl zu keinem übereinstimmenden Resultate gelangten, schien es, als ob das Ergebniss dieser Messungen noch von anderen unbekannten Factoren beeinflusst werde, von Factoren, deren Beurtheilung sich unserer Einsicht und Untersuchung entzieht. Damit schien die weitere Forschung in dieser Richtung jäh beendet und die Arbeit

¹⁾ Waldenburg, L., Berl. klin. Wochenschr. 1871. No. 45.

²⁾ Waldenburg, L., Die pneumatische Behandlung der Respirations- und Circulationskrankheiten im Anschluss an die Pneumatometrie, Spirometrie und Brustmessung. Berlin 1875.

auf diesem anscheinend unfruchtbaren Gebiete für immer begraben.

Heute ist die Lungenluftmessung im Allgemeinen fast in allen modernen Lehrbüchern der klinischen Untersuchungsmethoden sehr kurz abgehandelt und die Pneumatometrie im Besonderen nur noch als Curiosum von rein historischem Interesse erwähnt, während es von den anderen Arten der Lungenluftmessung heisst, dass sie zwar einen hohen wissenschaftlichen Werth, aber leider keinen solchen für die klinische Diagnostik oder für die Krankenuntersuchung überhaupt besitzen.

Angesichts dieser Thatsachen scheint es fast eine verlorene Mühe zu sein, das Gebiet der Lungenluftmessung neuerdings zu Forschungszwecken zu betreten. Ich sage ausdrücklich „Lungenluftmessung“ im Allgemeinen und nicht Pneumatometrie, weil, wie ich später zeigen werde, die Pneumatometrie für sich allein wirklich nur einen geringen Werth hat.

Die Misserfolge dieser Forschungen sind wohl hauptsächlich in dem Umstande zu suchen, dass der geniale Geist Waldenburg's, der den künftigen hohen Werth der Lungenluftmessung vorausahnte, den Forschungen seiner Zeit weit vorauseilte und durch speculative Deductionen Erfahrungen zu ersetzen suchte, welche uns in klarer, unzweideutiger Weise nur das wissenschaftliche Experiment liefern kann.

Der leitende Gedanke des grossen Meisters war, die klinischen Untersuchungsmethoden durch rein objective physikalische Methoden zu bereichern, deren Ergebnisse durch nackte Zahlen sich ausdrücken lassen, und wer da weiss, wie arm die Medicin an solchen Methoden ist, und wer da weiss, wie oft die subjectiven Ansichten hervorragender Aerzte bei der Beurtheilung eines concreten Falles weit auseinandergehen, der muss zugeben, dass Methoden, deren Ergebniss sich durch nackte eindeutige Zahlen ausdrückt, das Ideal der medicinischen Diagnostik sind und auch für alle Zeiten bleiben werden, denn was für die Diagnostik der unseren Sinnesorganen zugänglichen pathologischen Veränderungen Form, Farbe und Schall bedeuten, sind für die Diagnostik der unseren Sinnesorganen nicht direct zugänglichen Veränderungen die Zahlen.

Es verhält sich doch mit der ganzen Aussenwelt so: Ver-

änderungen, die unseren Sinnesorganen nicht zugänglich sind, erschliessen wir durch Messungen und Berechnungen, deren Endresultate Zahlen sind, und wenn wir die Veränderungen in der ganzen übrigen Aussenwelt auf diese Art erschliessen können, so muss das auch in der engeren medicinischen Welt, d. h. bei Erschliessung der Veränderungen im kranken menschlichen Organismus möglich sein. Das war der grosse leitende Gedanke, der Waldenburg bei seinen Forschungen beseelte und der zwar nirgends so greifbar ausgedrückt ist, sich aber wie ein rother Faden durch alle seine Werke zieht. Es bleibt das unbestrittene Verdienst desselben, wenigstens den Versuch gemacht zu haben, diesen Gedanken auch in die Diagnostik der inneren Medicin zu übertragen. Dass dieser Versuch nicht glücklich ist, darf man Waldenburg eben so wenig als Fehler anrechnen, wie man seinen Zeitgenossen als Fehler anrechnen kann, dass die medicinische Forschung nicht schon zu jener Zeit ihre heutige Höhe erreichte.

Gelegentlich meiner Untersuchungen über die künstliche Athmung¹⁾ musste ich mich auch mit der Lungenluftmessung näher befassen und ich konnte mich hierbei des Gedankens nicht erwehren, dass auf diesem Gebiete noch vieles ergänzungs- und verbesserungsfähig sei, und nicht am wenigsten die Zweckmässigkeit und Exactheit der Messinstrumente. Höchst interessant ist die von mir bei den Untersuchungen an menschlichen Leichen gemachte Beobachtung, dass ein hochgradiges Lungenemphysem bei der künstlichen Athmung dieselbe Umkehrung der Pneumatometerwerthe zeigte, wie die Messung an lebenden Emphysematikern.

Diese merkwürdige Beobachtung rief in mir die Ueberzeugung wach, dass ein Lungenemphysem nicht nur durch physikalische Messinstrumente diagnosticirbar, sondern durch zweckmässige Instrumente auch seinem Grade nach messbar sein muss, so wie sich mir die Ueberzeugung aufdrängte, dass das Pneumatometer keineswegs unrichtige Werthe liefere, wohl aber, dass die Pneumatometerwerthe allein nicht ausreichen,

¹⁾ Brosch, A., Theoretische und experimentelle Untersuchungen über die künstliche Athmung Erwachsener Dieses Archiv. Bd. 149. Hft. 2 und 3.

um die Diagnose Emphysem zu stellen, sondern dass erst die Zusammenstellung der Ergebnisse sämtlicher Arten der Lungenluftmessung die Stellung der Diagnose „Emphysem“ oder einer krankhaften Veränderung der Lungen überhaupt ermöglicht.

Wenn eine Lungenluftmessung als Grundlage zu Schlussfolgerungen auf dem Gebiete der Pathologie verwendet werden soll, so muss sie vor Allem vollständig sein. Wenn ich die Vollständigkeit der Lungenluftmessung ganz besonders betone, so thue ich es deshalb, weil die Grundsätze der Logik und der auf dieser basirenden Mathematik auch für die Schlussfolgerungen in der medicinischen Forschung Geltung haben müssen und dies um so mehr, wenn es sich um Messungen mit exacten Instrumenten und um exacte Messmethoden handelt. Es wird beispielsweise keinem Mathematiker einfallen, aus Gleichungen mit mehr Unbekannten als die Zahl der Gleichungen beträgt, eine dieser Unbekannten berechnen zu wollen. Ganz ähnlich verhält es sich mit den physikalischen Untersuchungsmethoden bei der Lungenluftmessung.

Da wir es bei der Diagnostik von Krankheiten mit der Beurtheilung von Messergebnissen zu thun haben, welche am lebenden Menschen gewonnen wurden, so müssen wir folgerichtig nicht nur die Componenten der Lungenluft, sondern auch die bewegende Kraft und die benöthigte Zeit messen, Einzelheiten, deren Inbegriff am gesunden Menschen den normalen Athmungsact bildet.

Der normale Athmungsact, gemessen in allen seinen Componenten am gesunden Menschen, ergiebt für jene bestimmte Zahlenwerthe, welche wir kurz als Respirations-Coefficienten bezeichnen wollen.

Es ist von vornherein klar, dass diese Coefficienten nicht bei allen gesunden Menschen gleich sein werden, sondern nach Alter, Geschlecht, Körpergrösse, Körpergewicht, Beschäftigung verschieden sein müssen, aber es ist ebenso zweifellos, dass sich durch umfassende Messungen an einer möglichst grossen Anzahl gesunder Menschen Tabellen zusammenstellen lassen müssen¹⁾,

¹⁾ Wie dies bereits in ähnlicher Weise für die Einflüsse auf die Grösse der Vitalcapacität von Hutchinson, Müller, Arnold u. A. gesehen ist.

nach welchen man jederzeit in einfacher Weise die Normalwerthe der Respirations-Coefficienten für einen Menschen von bestimmtem Alter, Geschlecht, Grösse, Gewicht u. s. w. berechnen kann, zur Vergleichung dieser Werthe mit den an einem möglichst ähnlich beschaffenen Individuum gefundenen Werthen.

Differiren die Werthe des untersuchten Individuums von denen des gesunden ähnlich beschaffenen bedeutend, so werden wir im Stande sein, aus diesen Differenzen bestimmte Schlüsse auf pathologische Veränderungen zu ziehen, und zwar in folgender Weise: Betrachten wir die Respirations-Coefficienten eines gesunden Menschen als Zahlen, so werden wir finden, dass dieselben in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehen. Wir wollen dieses Verhältniss — um uns in der Folge kürzer fassen zu können — als normalen Athmungswerth des betreffenden Individuums bezeichnen.

Haben wir nun einen Kranken zu untersuchen, so werden wir uns aus den Tabellen den normalen Athmungswerth desselben bestimmen, dann die Messung sämtlicher Respirations-Coefficienten des Kranken ausführen und hierauf den gefundenen Athmungswerth mit dem für den gesunden Menschen berechneten vergleichen. Die weitere Schlussfolgerung ist sehr einfach: die differirenden Coefficienten geben uns die Art und den Ort, die Grösse der Differenz die Intensität der krankhaften Veränderung an.

Nur so und nicht anders muss logischer Weise die physikalische Messung des Athmungsactes vor sich gehen, wenn sie nutzbringend zu diagnostischen Zwecken verwerthet werden soll. Bisher sind alle derartigen Versuche daran gescheitert, dass erstens die Messungen nicht vollständig waren, und zweitens die theilweise unzweckmässig construirten Instrumente in Wirklichkeit andere Functionen maassen, als man bestimmen wollte.

Auf welche Weise und mit welchen Messinstrumenten man bei der vollständigen Messung des Athmungsactes vorzugehen hat, soll im Folgenden erläutert werden.

II. Die Untersuchung des Athmungsactes.

Bei der physikalischen Analyse des Athmungsactes haben wir zu untersuchen:

- 1) die Athmungskraft,
- 2) das Mengenverhältniss der Athmungsgase,
- 3) das zeitliche Verhältniss der Athembewegung,
- 4) besondere Eigenthümlichkeiten der Versuchsperson, welche den Athmungsact beeinflussen.

1. Die Untersuchung der Athmungskraft.

Da wir es zu dem vorliegenden Zwecke nicht mit einer anatomischen Untersuchung, sondern mit einer Functionsprüfung zu thun haben, so können wir uns das specielle Eingehen auf die einzelnen Respirationsmuskeln ersparen, und uns mit Recht darauf beschränken, nur von den beiden grossen Gruppen der Inspirations- und Expirationsmuskeln zu sprechen, bezw. deren Leistungsfähigkeit gesondert zu messen.

Bei der Functionsprüfung des Athmungsactes ist ein eigenthümliches Verhältniss zu berücksichtigen, welches bisher stets ausser Acht gelassen wurde, und auf welches meines Wissens noch niemand hingewiesen hat, obwohl ohne die Berücksichtigung derselben von vornherein keine brauchbaren Messergebnisse zu erwarten sind.

Dieses eigenthümliche Verhältniss besteht darin, dass wir bei gewissen Componenten des Athmungsactes ganz ausser Stande sind, die thatsächlich aufgewendete Kraft zu messen, weil dieselbe zur Ueberwindung innerer Widerstände verbraucht wird, und schon aus diesem Grunde von einem Messinstrumente — das Messinstrument ist ja in diesem Falle nichts anderes als ein zu dem inneren Widerstande hinzugehaltener künstlicher äusserer Widerstand — nicht angezeigt werden kann.

Ueber das, was wir uns unter den inneren (also nicht messbaren) Widerständen vorzustellen haben, hat sich Neupauer¹⁾ — wenn auch in einer ganz anderen Absicht — ziemlich ausführlich verbreitet. Stellen wir die Frage so: „welche Widerstände muss die Kraft der Respirationsmuskeln überwinden?“ so müssen wir — wie es auch Neupauer gethan hat — diese

¹⁾ Neupauer, J., Die physikalischen Grundlagen der Pneumatometrie und des Luftwechsels in den Lungen. Deutsches Archiv für klin. Med. Bd. 23.

Frage theilen, indem wir gesondert nach den Inspirations- und Expirations-Widerständen fragen.

Zu den inneren Widerständen, welche die Inspirationsmuskeln zu überwinden haben, gehören:

1. Der Widerstand, den die Brustkorbwandungen einer Raumvergrößerung des Thorax entgegenstellen. Je starrer die Brustkorbwandungen und speciell der Rippenknorpel sind, und je kleiner die Excursionsfähigkeit der Rippenwirbelgelenke ist, desto grösser muss — *ceteris paribus* — der hierdurch bedingte innere Widerstand werden.

2. Der elastische Zug der Lungen. Die Lungen suchen sich vermöge ihrer Elasticität auf ein kleineres Volumen zusammenzuziehen, als dem Rauminhalt des Brustkorbes entspricht.

3. Der Widerstand, welchen das Lungenparenchym einer Vergrößerung des Luftinhaltes entgegensetzt. Je starrer und unnachgiebiger das Lungengewebe ist (cyanotische Induration, cirrhotische Veränderungen, chronische Pneumonie, Verwachsungen und Schwartenbildungen der Pleurablätter u. s. w.), desto grösser muss der innere Widerstand sein.

4. Der Widerstand, welchen der Inhalt der Brusthöhle [Transsudate, Exsudate, Geschwülste, Gase (Pneumothorax)] und die Nachbarorgane einer Ausdehnung der Lungen entgegensetzen (Tumoren in der Bauchhöhle, Bauchwassersucht, exsudative Bauchfellentzündungen u. s. w.).

5. Widerstände, welche in den zuführenden Luftwegen gelegen sind (Narbenstenosen, Compressionsstenosen, Fremdkörperstenosen u. dgl.).

Alle diese inneren Widerstände, welche bei pathologischen Veränderungen erhöht sind, können durch das Pneumatometer nicht gemessen werden. Eine einfache Ueberlegung macht dies klar. Was giebt uns der maximale Pneumatometerwerth an?

Der maximale Pneumatometerwerth giebt uns die grösst-mögliche Kraftleistung der Respirationsmuskeln, weniger der zur Ueberwindung der inneren Widerstände verbrauchten Kraft an.

Wenn wir uns die Gesamtkraftleistung der Respirationsmuskeln als eine Summe vorstellen, so besteht dieselbe aus zwei Theilen. Der eine Theil ist der nicht messbare, weil zur

Ueberwindung der inneren Widerstände verbrauchte, also latente Theil, der andere, der durch das Pneumatometer angezeigte, also manifeste Theil der Respirationskraft.

Es wird uns jetzt verständlich, dass bei pathologisch erhöhten inneren Widerständen der latente Theil der Respirationskraft auf Kosten des manifesten Theiles vergrößert ist.

Ueberschreitet der latente Theil ein gewisses Verhältniss zum manifesten, welches Verhältniss zur ungestörten Athmungsfunktion nothwendig ist, so haben wir eine Functionsstörung des Athmungsmechanismus.

Da der latente Theil nichts Anderes ist, als jene Kraftmenge, welche zur Ueberwindung innerer Athmungswiderstände benöthigt wird, so kann folgerichtig der manifeste Theil nichts Anderes sein, als jene Kraftmenge, welcher ausser der gewöhnlichen Athmung noch von den Respirationsmuskeln geleistet werden kann, das ist die Reservekraft. Wir messen demnach mit dem Pneumatometer die Reservekraft der Respirationsmuskeln.

Das gleiche gilt bei der Beurtheilung der Expirationsmessung.

Als innere Widerstände bei der Expiration haben wir:

1. Mangelnde Elasticität des Lungengewebes bei krankhaften Veränderungen.
2. Starrheit und Unnachgiebigkeit der Lungen (chronische Pneumonie, cirrhotische Veränderungen, Pleuraschwarten u. s. w.).
3. Verengerungen in den oberen Luftwegen.

Die übrigen inneren Expirationswiderstände haben keine wesentliche Bedeutung.

Nach diesen Ausführungen ist es klar, dass — ich sage absichtlich nicht „krankhafte Veränderung“, sondern — eine „Functionsstörung“ der Athmung durch das Messergebniss der Athmungskräfte sich ausdrücken muss.

Pathologische Veränderungen können mitunter entweder nur inspiratorische, oder nur expiratorische, innere Widerstände erhöhen, und werden in diesen Fällen entweder nur die inspiratorischen, oder nur die expiratorischen Pneumatometerwerthe herabsetzen. Auch der umgekehrte Schluss muss richtig sein,

aber nur insofern, als man die Diagnose auf pathologische Veränderungen stellt, welche die In- oder Expirationswiderstände erhöhen. In dem Augenblick aber, wo man aus den Pneumatometerwerthen auf eine bestimmte Erkrankung, wie z. B. Tuberculose, Emphysem u. dgl. schliessen will, verlässt man den Boden der Thatsachen und betritt das Gebiet der Hypothesen.

Die Fehler der auf der Pneumatometrie aufgebauten Diagnostik sind vorwiegend zweifacher Natur:

1. Ist die Pneumatometrie allein nicht ausreichend, um die Stellung einer bestimmten Diagnose zu rechtfertigen, sondern es müssen hierzu noch das ziffermässig festgestellte Mengenverhältniss der Athmungsgase und das zeitliche Verhältniss der Athembewegung, sowie der Eigenthümlichkeiten der Versuchsperson herangezogen werden.

2. Ist die pneumatometrische Messung mit den bisherigen Apparaten grossen Fehlern unterworfen und ihre Messergebnisse können schon aus diesem einen Grunde nicht verlässlich sein.

Ad 1. Mit einem Instrumente (Pneumatometer) den Athmungsact zu messen, und daraus bestimmte Schlüsse auf bestimmte Erkrankungen ziehen zu wollen, ist ein von vornherein ganz unlogisches Beginnen. Wenn die von zahlreichen Forschern, wie Waldenburg, Eichhorst, Biedert, Krause, Lassar u. A. vorgenommenen vielfältigen Pneumatometeruntersuchungen zu keinen diagnostisch verwerthbaren Ergebnissen führten, so ist dies eben in der Natur dieser Untersuchungsmethode gelegen und nicht in der Unbrauchbarkeit einer physikalischen Messung des Athmungsactes überhaupt. Es liegt demnach kein stichhaltiger Grund vor, von weiteren Forschungen auf diesem Gebiete abzustehen.

Ad 2. Sowohl Waldenburg, wie fast alle späteren Untersucher haben darauf hingewiesen, wie schwer es oft hält, die Versuchsperson über das richtige Athmen am Pneumatometer zu belehren. Von den einen Untersuchern wurde die Athmung durch die Mundmaske, von anderen durch die Nasenolive, von Waldenburg selbst durch die Gesichtsmaske (welche Mund und Nase umschliesst) vorgezogen. Waren diese Messmethoden schon an sich verschieden, so trat als weitere Fehlerquelle noch

der Umstand hinzu, dass — wie Biedert¹⁾ nachwies — sämtliche Masken bedeutende Mengen von Luft neben dem Apparat ein- und austreten liessen, was natürlich den Werth der Messresultate sehr in Frage stellte. Biedert konnte nachweisen, dass beim stärksten Andrücken von zwei gut passenden Waldenburg'schen Mundnasenmasken selbst nach Anpressen der Seitenwände mit der zweiten Hand noch 500—600 ccm ohnedies, und von schlecht passenden Masken 900—2400 ccm und sogar noch mehr Luft bei $\frac{1}{3\frac{1}{8}}$ Atmosphären Druck in 10 Sekunden durchgelassen wurde. Selbst bei einem sehr geschickten Patienten gingen bei einer Maske, die sich derselbe durch längeren Gebrauch förmlich an das Gesicht modellirt hatte, bei $\frac{1}{5\frac{1}{4}}$ Atmosphären Druck noch 700 ccm neben der Maske durch.

Die grössten Schwierigkeiten boten aber die Versuchspersonen selbst. Fast jeder Mensch, der zum ersten Male am Pneumatometer athmet, beginnt unwillkürlich bei der Inspiration zu saugen und bei der Expiration zu blasen. Diese weitaus grösste Schwierigkeit konnte bisher überhaupt nicht beseitigt werden. Auch meine Bemühungen in diesen Richtungen blieben vollständig resultatlos, bis es endlich meinem Freunde, Herrn Dr. Biehl, gelang, durch einen neu ersonnenen Nasenkatheter eine vollständig luftdichte Verbindung zwischen dem Pneumatometer und der Lungenluft der Versuchsperson herzustellen. Der Biehl'sche Nasenkatheter beseitigt auch die letztgenannte Fehlerquelle, indem er durch seine Construction jedwedes Saugen oder Blasen der Versuchsperson ganz unmöglich macht.

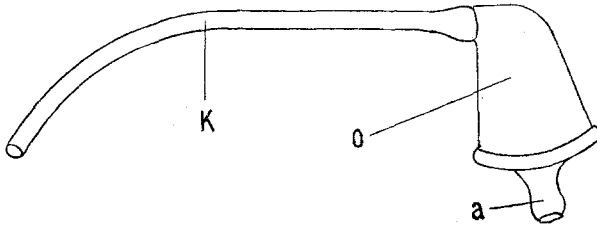
Der Biehl'sche Nasenkatheter (Fig. 1)²⁾ besteht aus zwei Haupttheilen, dem eigentlichen Katheter K und dem Obturator O. Der Obturator ist aus Hartgummi gefertigt und dient zum luftdichten Abschluss der äusseren Nasenöffnung. Er enthält eine Bohrung von dem gleichen lichten Durchmesser, wie der Katheter. Diese Bohrung endet mit einer Oeffnung in dem Schlauchansatz a, welcher zur Verbindung mit dem Mess-

¹⁾ Biedert, Philipp, Die pneumatische Methode und der transportable pneumatische Apparat. Volkmann's Samml. klin. Vorträge. No. 104.

²⁾ Erhältlich bei J. Odelga, k. und k. Hoflieferant, Wien, VI, Schmalzhofgasse 18.

apparate dient. Der eigentliche Katheter K ist 10—14 cm lang und entspricht in seinem Durchmesser den Harnröhren-Katheternummern bis No. 10. In der Regel wird zur Messung der Ka-

Fig. 1.



theter No. 10 verwendet, und nur bei Personen mit sehr engem unteren Nasengange ein schwächeres Numero genommen. Das Katheterrohr ist aus steifem, aber biegsamem Kautschuk, in derselben Weise, wie die bekannten Harnröhrenkatheter hergestellt.

Die Einführung des Nasenkatheters geschieht in der Weise wie die eines gewöhnlichen Nasenspiegels. Sobald man fühlt, dass das Ende des Katheters die hintere Rachenwand berührt, lässt man die Versuchsperson den Kopf im Nacken stark zurückbeugen, worauf die weitere Einführung ohne Schwierigkeit gelingt. Liegt der Katheter bis zum Obturator vollständig in der Nase, so beugt man den Kopf der Versuchsperson wieder nach vorn, wobei der im Rachenraum liegende Theil des Katheters sich entsprechend abbiegt. Das Ende des Katheters liegt unterhalb des Gaumensegels im Cavum pharyngo-laryngeum, und es ist der Versuchsperson hiedurch unmöglich gemacht, den Schlund von der Nasenhöhle abzuschliessen. Der Obturator O verschliesst tamponartig die äussere Nasenöffnung und lässt sich für alle Versuchspersonen mit normaler Nasenbildung verwenden, indem man je nach der Weite der äusseren Nasenöffnung den Obturator nur etwas höher hinauf zu schieben braucht, um eine luftfeste Abdichtung zu erhalten. Der untere Nasengang bietet für die hiedurch bedingten leichten Neigungen des horizontalen Canülen-theiles einen mehr als genügenden Spielraum.

Neben der Kenntniss der Grösse der Reservekraft der Athemmuskeln eines Individuums ist es für uns zur Stellung einer Diagnose auch sehr wichtig zu wissen, unter welchem Druck die Respiration thatsächlich vor sich geht. Dieses Moment ist für sich allein genommen ebenfalls werthlos, da es aber in einer Relation zum zeitlichen Ablauf des Athmungsactes steht, so wird es zusammengehalten mit diesem und den anderen Daten uns gleichwohl werthvolle Aufschlüsse geben können.

Wie schon oben erwähnt, misst das Pneumatometer in der gewöhnlichen Anwendungsweise nicht den Athemdruck, denn die Expiration am Pneumatometer ist im Principe nichts Anderes als ein Valsalva'scher Versuch, nur mit dem Unterschied, dass die Luftmenge des Versuches um den Inhalt des Pneumatometerschlauches vermehrt ist. Das Pneumatometer zeigt uns in diesem Falle an, unter welchen maximalen Druck die Versuchsperson die Lungenluft beim Valsalva'schen Versuche setzen kann.

Desgleichen ist die Messung der Inspiration nichts Anderes als ein Müller'scher Versuch. Das Pneumanometer zeigt uns an, welchen negativen Druck die Versuchsperson durch ihre Muskelkraft erzeugen kann.

Entspricht aber der Valsalva'sche oder der Müller'sche Versuch einer In- oder Expiration? Oder absorbirt er etwa den gleichen Kraftaufwand wie eine forcirte In- oder Expiration? Bei der natürlichen Athmung wird bekanntlich bei der Expiration dasselbe Luftquantum entleert, welches bei der Inspiration aufgenommen wurde. Es muss hier logischer Weise der Ein- und Ausströmungsdruck der Athemluft, also ein aërodynamischer Vorgang gemessen werden. Durch die Pneumatometrie wird aber nicht der während der Respirationsphasen herrschende Druck, sondern nur der Compressions- und Expansionsdruck der Lungenluft, also ein aërostatistischer Vorgang gemessen. Ferner misst die Pneumatometrie nicht jene Muskelkraft, welche dasselbe Quantum Lungenluft auf einen bestimmten Grad zu expandiren, oder zu comprimiren im Stande ist, sondern sie misst die Compression und Expansion sehr verschiedener Luftmengen, nemlich die Compression des

grösstmöglichen und der Expansion des kleinstmöglichen Luftinhaltes der Lungen. Mit anderen Worten: es werden den Respirationsmuskeln die grösstmöglichen Widerstände vorgeschaltet und nun gemessen, wie weit die Athemmuskeln diese Widerstände überwinden können. Die Pneumatometrie in der gewöhnlich geübten Form ist demnach thatsächlich nichts Anderes als eine Messung der Reservekraft der Athemmuskeln.

Zur Messung des Ein- und Ausströmungsdruckes der Respirationsluft kann man das gewöhnliche Pneumatometer entweder mit der Krause'schen Maske¹⁾ verwenden, oder noch besser, indem man bei offenem zweiten Nasenloch durch den Biehl'schen Nasenkatheter athmen lässt, und den letzteren mit dem Pneumatometer verbindet. Krause bemerkt ganz richtig, dass der Strömungsdruck um so höher ist, je näher man bei den Gesichtsöffnungen (Mund oder Nase) misst, doch ist dies für die Beurtheilung von Abnormitäten völlig gleichgültig, wenn man nur bei allen Personen immer dieselbe Entfernung des Messapparates von den Gesichtsöffnungen innehält. Wir wollen in Hinkunft der Kürze halber den grössterreichbaren Druck, unter welchem die Respiration thatsächlich vor sich geht, als maximalen Athmungsdruck und den Druck, welchen die geschlossene Verbindung der Lungenluft mit dem Pneumatometer angiebt, als Reservekraft bezeichnen.

Aus den Krause'schen²⁾ Messungen an 20 gesunden Männern im Alter von 20—40 Jahren ersieht man, dass sowohl für die In- als auch für die Expiration der maximale Athmungsdruck stets kleiner ist als die Reservekraft. Bei der Inspiration beträgt der maximale Athmungsdruck durchschnittlich etwa $\frac{2}{3}$ der Reservekraft. Bei der Expiration nähert sich der maximale Athmungsdruck der Reservekraft noch viel mehr.

¹⁾ Maske mit zwei Röhren, von welchen eine mit dem Pneumatometer, die andere mit der freien Luft communicirt.

²⁾ Krause, F., Pneumatometrische Untersuchungen nach einer neuen Methode. Inaug.-Diss. Berlin 1879.

A. Gesunde Männer.

Fall	Maximaler Athmungsdruck		Reservekraft	
	Insp.	Exp.	Insp.	Exp.
1.	180	280	110	290
2.	120	290	100	280
3.	140	250	204	270
4.	110	250	160	290
5.	110	220	170	260
6.	106	220	120	240
7.	180	260	180	260
8.	102	164	160	164
9.	100	160	200	250
10.	80	150	120	160
11.	64	150	100	140
12.	74	146	90	200
13.	60	140	90	160
14.	84	120	80	124
15.	82	120	90	140
16.	74	120	124	180
17.	72	120	110	140
18.	70	110	90	140
19.	70	100	120	128
20.	65	100	90	160.

B. Emphysem.

Fall	Maximaler Athmungsdruck		Reservekraft	
	Insp.	Exp.	Insp.	Resp.
1.	10	3	28	60
2.	18	6	44	120
3.	22	6	80	140
4.	14	10	30	140
5.	20	18	80	110.

C. Phthisis pulmonum.

Fall ¹⁾	Maximaler Athmungsdruck		Reservekraft	
	Insp.	Exp.	Insp.	Exp.
1.	36	90	80	140
2.	50	98	70	140

¹⁾ Fälle 1—5 Spitzentuberculose, 6 und 7 starke Phthise, 8 und 9 sind einige Tage nach der Untersuchung gestorben.

Fall	Maximaler Athmungsdruck		Reservekraft	
	Insp.	Exsp.	Insp.	Exsp.
3.	60	102	104	170
4.	54	70	90	140
5.	52	80	78	140
6.	22	34	64	90
7.	6	32	44	80
8.	4	10	20	60
9.	4	6	25	42.

D. Pleuritische Exsudate.

Fall	Maximaler Athmungsdruck		Reservekraft	
	Insp.	Exsp.	Insp.	Exsp.
1.	38	76	70	140
2.	20	50	84	140
3.	44	70	72	180
4.	40	54	80	114
5.	42	70	60	110.

E. Hydrops universalis. (Hydrothorax bilat.)

	Maximaler Athmungsdruck.		Reservekraft	
	Insp.	Exsp.	Insp.	Exsp.
	4	6	10	80.

Bei krankhaften Veränderungen der Lungen überhaupt, sowie Ergüssen in die Pleurahöhlen nimmt man ein Sinken sämtlicher Werthe wahr, zunächst ohne Eigenthümlichkeit für irgend eine bestimmte Erkrankung. Es kann dieses Sinken relativ so gering sein, dass es nicht einmal einen Schluss auf eine krankhafte Störung zulässt.

Weit wichtiger ist die bisher einer Beachtung noch gar nicht gewürdigte Erscheinung, dass bei krankhaften Störungen, was immer für einer Art die Differenzen zwischen maximalem Athmungsdruck und Reservekraft eine solche Grösse erreichen, wie wir sie an Gesunden niemals beobachten.

Ich habe früher absichtlich nicht von „krankhaften Veränderungen“, sondern von „Functionsstörungen“ gesprochen. Wir finden in den Krause'schen Messungen zahlreiche Fälle, in welchen sämtliche Werthe deutlich gesunken sind, aber das

normale Verhältniss zwischen maximalem Athmungsdruck und Reservekraft besteht. In diesen Fällen handelte es sich auch nach der klinischen Untersuchung zwar um eine Erkrankung der Lungen, jedoch ohne Functionsstörung, während jene Fälle, wo nicht nur niedrigere Werthe, sondern auch abnorm grosse Differenzen zwischen maximalem Athmungsdruck und Reservekraft gemessen wurden, eine Erkrankung der Lungen mit Functionsstörung aufwiesen.

Ferner waren jene Fälle, wo die Werthe für die Reservekraft noch nicht bedeutend gesunken waren, fast regelmässig beginnende Erkrankungen, oder wenigstens welche mit noch günstigerer Prognose, ganz unbeschadet der colossalen Differenzen zwischen maximalem Athmungsdruck und Reservekraft, während jene Fälle, in welchen auch die Reservekraft etwa unter ein Dritttheil des normalen Durchschnittswerthes herabgesunken war, entweder schon im letzten Stadium der Krankheit lagen, oder zum mindesten eine sehr infauste Prognose gaben.

Ganz auffallend sind die geradezu colossalen Differenzen zwischen dem maximalen expiratorischen Athmungsdruck der expiratorischen Reservekraft beim Emphysem, und zwar sinkt der expiratorische Athmungsdruck tiefer als der inspiratorische.

Bei der Lungenphthise sind fast sämmtliche Werthe gleichmässig gesunken, und zwar drückt sich die Intensität der Erkrankung deutlich in der Grösse der Zahlen aus. Fall 1—5 Spitzentuberculose, 6 und 7 doppelseitige Cavernentuberculose, 8 und 9 Phthisis ulcerosa in ultimis. Eine Unterscheidung zwischen Phthise, Pleuritis und Hydrothorax kann man durch Feststellung der Athemkraftwerthe nicht machen. Die einzige Erkrankung, welche durch die Athemkraftwerthe allein schon gut charakterisirt ist, ist das Emphysem. Dass aber diese von mir aufgestellten Athemkraftwerthe in ihrer Bedeutung keineswegs identisch sind mit den in früherer Zeit so viel discutirten Pneumatometerwerthen, dürfte aus dem Gesagten schon zur Genüge ersichtlich sein.

2. Die Untersuchung des Mengenverhältnisses der Athmungsgase.

Hutchinson unterscheidet bei den Athmungsgasen der

- 1) Respirationsluft,
- 2) Reserveluft,
- 3) Complementärluft und
- 4) Residualluft.

Die ersteren drei Grössen können mit einem Spirometer gemessen werden, doch verändern sich dieselben je nach dem Zustande und der Thätigkeit des Individuums sehr rasch, weshalb sie nicht geeignet sind zur Erkennung pathologischer Abnormitäten des Athmungsactes. Zu diesem Zwecke eignen sich nur Werthe, die beim gesunden Menschen eine constante Grösse vorstellen. Solche Werthe sind

- 1) die Vitalcapacität und
- 2) die Residualluft.

Unter Vitalcapacität verstehen wir dasjenige Luftvolumen, welches von der höchsten Inspirations- bis zur tiefsten Expirations-Stellung des Brustkorbes und des Zwerchfelles aus den Lungen ausgeathmet werden kann. Dieses Luftvolumen ist ungefähr gleich der Respirationsluft + Reserveluft + Complementärluft. Es beträgt nach Arnold 2700—4350, nach Wintrich 3410 — 4320 ccm, je nach der Körpergrösse bei gesunden Männern. Bei Weibern, Kindern und Greisen ist es geringer.

Da die Vitalcapacität in einer bestimmten Relation zur Residualluft steht, und erst die Vergleichung dieser beiden Grössen werthvolle Aufschlüsse geben kann, so wollen wir sogleich zur Messung der Residualluft übergehen.

Wenn jemals die Angaben verschiedener Forscher über die Werthgrösse eines Dinges weit auseinander gingen, so war dies der Fall bei den Angaben über die Menge der Residualluft. Residualluft nennt man bekanntlich jene Luftmenge, welche nach einer möglichst tiefen Expiration noch in den Lungen zurückbleibt. Davy und Gréhaut berechneten dieselbe auf 1200 bis 1700, Funke auf 1400—2000, Goodwyn auf 1230—1640, Vierordt auf 600, Pflüger auf 400—800, Gad schätzt sie gleich der halben Vitalcapacität, Waldenburg der doppelten

Vitalcapacität (10000—14000), Neupauer endlich berechnete sie gar auf 19800 ccm. Diese enormen Differenzen sind, abgesehen von den verschiedenen Methoden der Bestimmung wohl darauf zurückzuführen, dass die Untersuchungen nicht immer an wirklich normalen Menschen vorgenommen wurden, denn bei pathologischen Veränderungen schwankt die Menge der Residualluft, wie ich im Folgenden zeigen werde, innerhalb weiter Grenzen. Goodwyn maass an Leichen die Menge der Residualluft, indem er die Lungen vorher an der Luftröhre abband und die ausströmende Luft unter Wasser auffing. Davy und Gréhaud berechneten das Quantum der Residualluft nach dem Procentgehalt der Respirationsluft an Wasserstoff, welcher durch einige Zeit aus einem Gefässe ein- und ausgeathmet wurde. Neupauer, Gad und Waldenburg berechneten die Menge der Residualluft nach dem Spannungsgesetz der Gase, Pflüger construirte hiezu ein Pneumonometer, welches gleichfalls auf dem Mariotte-Boyle'schen Gesetze beruhte. Auch ich benutzte das Mariotte-Boyle'sche Gesetz zur Construction eines neuen portativen Pneumonometers, welches sowohl an Leichen als an Lebenden exacte Messungen der Residualluft ermöglicht.

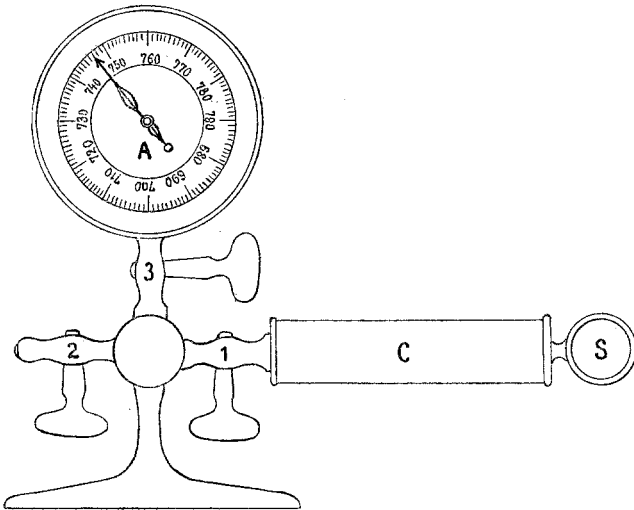
Das portative Pneumonometer.

Das neue Pneumonometer besteht aus einem Aneroid mit einer Scaleneintheilung entsprechend einem Druck von 670 bis 790 mm Quecksilber. Das Aneroid A ist in einem Gehäuse luftdicht eingeschlossen, und dieses letztere steht in Verbindung mit einem Hohlcyylinder C von 25 ccm Inhalt. Der Hohlraum des Cylinders C kann durch Ausziehen oder Einschieben eines Pumpenstempels mittelst des Stempelgriffes S innerhalb 1—25 ccm beliebig verändert werden. Durch den Hahn 2 wird der ganze Apparat mittelst eines Gummischlauches mit der Nasencanüle der Versuchsperson verbunden. Bei den Leichenmessungen benutzte ich eine pistolenförmige Nasencanüle, für die Messungen am Lebenden den Biehl'schen Nasenkatheter.

Die Messung geschieht folgendermaassen: Man legt der Versuchsperson den Biehl'schen Nasenkatheter ein und verbindet denselben durch einen sehr dickwandigen Gummischlauch mit dem Hahn 2 des Pneumonometers. Die Hähne 1, 2 und 3

sind offen, der Pumpenstempel ist ganz eingeschoben, der Stempelgriff ist auf die Marke 0 eingestellt. Nun lässt man

Fig. 2.



die Versuchsperson durch den Mund und das andere noch offene Nasenloch kräftig ausathmen. Am Ende der Ausathmung lässt man den Mund schliessen und ebenso das offene Nasenloch durch Digitalcompression. In diesem Augenblicke zieht man den Stempel des Cylinders C heraus (gewöhnlich bis zur Marke 20) und liest den Stand des Aneroides ab. Damit ist der technische Theil der Messung beendet und man giebt der Versuchsperson das zweite Nasenloch wieder frei.

Sei nun v das Volumen der in den Lungen, Nasenhöhle und im Apparat (ohne Cylinderraum) enthaltenen Luft, b der Barometerstand, den man vor oder nach dem Versuch von dem Aneroid abliest und b_1 der nach dem Herausziehen des Stempels in dem Apparate herrschende Druck, so verhält sich nach dem Mariotte-Boyle'schen Gesetz (wenn man den Stempel bis zur Marke 20 herausgezogen hat) $v : (v + 20) = b_1 : b$ und man kann nun v , das ist das Volumen der Residualluft, genau berechnen.

$$\begin{array}{l|l}
 v : (v+20) = b_1 : b & v \cdot b = v \cdot b_1 + 20b_1 \\
 v = \frac{(v+20)b_1}{b} & vb - vb_1 = 20b_1 \\
 v = \frac{vb_1 + 20b_1}{b} & v(b - b_1) = 20b_1 \\
 & v = \frac{20b_1}{b - b_1}
 \end{array}$$

Will man noch genauer vorgehen, so muss man den Inhalt der (geschlossenen) Mund-, Nasenhöhle und des Rachenraumes und des Apparates, der nicht ganz 100 ccm beträgt, abziehen. Man rechnet dann nach der Formel:

$$v = \left(\frac{20b_1}{b - b_1} \right) - 100.$$

Zur näheren Erläuterung des Apparates sei noch bemerkt, dass der Hahn 3 dazu benutzt werden kann, um unmittelbar nach der Raumvergrößerung des Hohlcylinders C das Aneroid abzusperren. Man kann dann den erhaltenen Werth mit Musse ablesen. Weiter dient der Hahn 3 noch dazu, um jederzeit die Luftfestigkeit des Aneroidgehäuses prüfen zu können. Der Hahn 1 gestattet jederzeit eine gesonderte Untersuchung des Hohlcylinders C auf seine Luftdichtigkeit, während man durch Abschluss des Hahnes 2 die Luftdichtigkeit des gesamten Apparates durch Herausziehen des Stempelgriffes S feststellen kann. Sollte sich bei einem der Hähne eine Undichtigkeit ergeben, so genügt oft ein einfaches Anziehen der an jedem Hahn angebrachten Fusschraube.

Die grösstmögliche Raumvergrößerung wurde aus ganz bestimmten Gründen mit 25 ccm bemessen. Verbindet man den Hohlcylinder mit einem Waldenburg'schen Pneumatometer und vergrössert seinen Innenraum um 20 ccm, so zeigt das Pneumatometer einen negativen Druck von 80 mm Hg an. Da nach den Lassar'schen Messungen die menschlichen Lungen sogar einen negativen Druck von 110 mm Hg für die Dauer des Messungsactes ohne Schaden vertragen können, so liegen die höchst erreichbaren Druckschwankungen des neuen Pneumatometers innerhalb der durch vielfältige Versuche als unschädlich festgestellten Grenzen.

Das Pneumonometer gestattet auch eine Messung mit einer geringeren Volumenvergrößerung der Residualluft auszuführen. Man kann beispielsweise den Raum des Hohlcylinders nur auf

10 ccm vergrössern, muss alsdann nach der Formel

$$v = \frac{10b_1}{b-b_1}$$

die Residualluft berechnen, doch werden die Fehlergrenzen desto grösser, je kleiner die Differenz $b-b_1$ wird.

Die Ausführung der Messung verursacht dem lebenden Menschen das Gefühl einer leichten Athembeklemmung. Dieses Gefühl ist das sicherste Anzeichen dafür, dass die Messung richtig ausgeführt wurde. Das Beklemmungsgefühl entsteht dadurch, dass thatsächlich ein kleiner Bruchtheil der Residualluft durch das Pneumanometer aus den Lungen herausgesaugt wird. Sobald dieses Beklemmungsgefühl von der Versuchsperson nicht wahrgenommen wurde, ist das Messergebniss als unrichtig zu betrachten. Der Grund hierfür liegt fast immer darin, dass entweder der Nasen-Katheter nicht gut eingelegt oder die andere Nasenöffnung nicht luftdicht verschlossen war.

Man muss ein Sortiment von verschiedenen langen Kathetern zur Verfügung haben, und nach der Einführung des Katheters jedesmal von der Mundhöhle aus controliren, wie weit derselbe nach abwärts reicht. Der Katheter hat dann die richtige Länge, wenn sein Ende einige Millimeter unter dem Gaumensegel hervorragt. Von der richtigen Länge des Katheters ist die Ausführbarkeit der Messung abhängig. Ist der Katheter zu kurz, so wird seine Endöffnung durch das Gaumensegel verschlossen, ist er zu lang, so steht er sehr häufig am Zungenrücken auf und wird durch denselben von der Lungenluft abgesperrt. Diese Fehler erkennt man sofort am Pneumometer, indem das Aneroid eine abnorm hohe Druckdifferenz anzeigt.

Es sei beispielsweise der Barometerstand 754 mm und der vom Aneroid bei der Messung abgelesene Druck 680 mm, so erhalten wir nach der Formel

$$v = \frac{20 \cdot b_1}{b-b_1}, \text{ also } v = \frac{20 \cdot 680}{74} = 183 \text{ ccm.}$$

Daraus ersieht man sofort, dass die Messung unrichtig ist, denn 100 ccm ist beiläufig der Inhalt des Apparates, der Nasenhöhle und des Rachenraumes. Die Entstehung dieses Messresultats ist wohl nur so zu erklären, dass zu Beginn der Aspiration durch den Hohlcyylinder etwas Luft in den Katheter eingesaugt, der-

selbe jedoch kurz darauf durch das Gaumensegel oder den Zungenrücken verschlossen wurde.

Ueber die Ausführung der Messung ist noch Einiges zu bemerken: Man darf den Stempel des Hohlcylinders C erst dann herausziehen, wenn die Versuchsperson mit der Expiration wirklich zu Ende ist. Den Verschluss der Nasenöffnung am Ende der tiefen Ausathmung besorgt am besten ein Assistent. Sei beispielsweise der Barometerstand 754 mm. Nehmen wir an, der Assistent hält die Ausathmung für beendet und verschliesst die Nase der Versuchsperson. Nun zeigt das Aneroid plötzlich statt 754, 765 oder gar 770 an. Das heisst nichts Anderes, als dass die Nase zu früh verschlossen wurde, und die Versuchsperson bei verschlossener Nase noch weiter in den Apparat expirirte. In dem Falle wird die Messung natürlich unrichtig, doch kann dieser Fehler nicht übersehen werden, da er vom Aneroid schon vor der Messung sofort angezeigt wird. Nach kurzer Uebung bringt man es bald zu der nöthigen Geschicklichkeit, um den Nasenverschluss im richtigen Augenblicke auszuführen. Es gelingt dies noch leichter, wenn man die Versuchsperson anweist, zuerst durch den Mund, und gegen das Ende der Expiration nur durch das zweite freie Nasenloch auszuathmen. Man hört dann nicht nur das Athemgeräusch, sondern man sieht auch an dem Aneroid — welches in diesem Falle als Athemdruckmesser functionirt — ganz genau, wie lange die Ausathmung dauert, bezw. wenn sie aufhört. Nehmen wir an, das Aneroid zeigt während der Ausathmung durch das offene Nasenloch constant auf 765 und plötzlich sinkt es auf 754. In diesem Augenblicke hört die Expiration thatsächlich auf und in diesem Augenblick muss der Assistent die Nase der Versuchsperson verschliessen, und der messende Arzt den Stempel des Hohlcylinders C bis zur Marke 20 herausziehen. Das Aneroid sinkt nun bis der Zeiger beispielsweise auf 738 steht. Auf dieser Zahl bleibt der Zeiger nun einen Moment stehen, um dann sofort wieder zurückzugehen. Das sofortige Zurückgehen des Zeigers, bezw. Steigen des Aneroides wird bedingt erstens durch das Einstürmen einer vergrösserten Blutmenge und das Abfliessen einer verminderten Blutmenge in die nunmehr unter einem geringeren Aussendruck

stehenden Thoraxgefässe und zweitens durch eine reflectorisch ausgelöste neuerliche Expirationsbewegung, durch welche die Versuchsperson unwillkürlich bemüht ist, den saugenden Zug in den Lungen zu mildern. Es ist demnach die vom Aneroid angezeigte niederste Zahl zur Berechnung der Residualluft zu verwenden.

Als Beweis, dass wirklich die Residualluft gemessen wurde, hat man erstens das Gefühl der Versuchsperson. Alle Personen, bei welchen die Messung gelungen war, gaben an, dass es sie „auf der Brust zusammenziehe“¹⁾. Zweitens das Aneroid selbst: verschliesst man das Ende des Nasenkatheters und zieht nun den Stempel des Hohleylinders C bis zur Marke 20 heraus, so zeigt das Aneroid einen Druck von 680 — die niedrigste Zahl, die das Aneroid noch enthält — an. Ist dagegen der Katheder gut eingeführt und sonst alles nach den angegebenen Regeln ausgeführt, so zeigt das Aneroid je nach der Versuchsperson Drucke von 732—748 an, auf jeden Fall eine enorme Differenz gegen den Druck der Luft des für sich allein abgeschlossenen Apparates (680). Diese enorme Differenz kann nur durch ein im Vergleich zur Apparatluft 6—20fach grösseres Luftvolumen erzeugt worden sein, und dieses grössere Luftvolumen kann nirgends anders sein als eben nur in den Lungen und aus diesem Grunde kann dieses Luftvolumen gar nichts Anderes als nur die Residualluft sein. Uebrigens stimmen die mit meinem Pneumometer gemessenen Residualluftmengen gesunder Personen mit den von Pflüger gleichfalls durch ein auf dem Mariotte-Boyle'schen Gesetze beruhendes Pneumometer eruirten Werthen so überein, dass dieser Umstand allein schon als Beweis für die Richtigkeit des Messverfahrens und der Exactheit des Messinstrumentes gelten kann.

¹⁾ Es sind mir auch Personen untergekommen, welche — obwohl durch wiederholte Controlversuche festgestellt wurde, dass die Messung zweifellos richtig war — angaben, kein derartiges Gefühl wahrgenommen zu haben. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Erscheinung eine Bedeutung für die Diagnose einer bestimmten pathologischen Veränderung zukommt. Ich behalte mir vor, in einer späteren Arbeit ausführlich auf diesen Umstand zurückzukommen.

Mit dem neuen Pneumonometer kann man nicht nur die Residualluft messen, sondern sämtliche Athemkraftwerthe bestimmen.

Um die Reservekraft zu messen, schliesst man den Hahn 1 und lässt die Versuchsperson bei geschlossener zweiter Nasenöffnung und fest geschlossenem Munde eine tiefe Inspiration und nach einer kurzen Unterbrechung des Versuches eine tiefe Expiration machen. Die entsprechenden Werthe erhält man nach den Formeln für die Inspiration $I = b - b_1$ und für die Expiration $E = b_1 - b$, wobei b den Barometerstand und b_1 den beim Versuch vom Aneroid angezeigten Druck bedeutet.

Den maximalen Athmungsdruck misst man auf dieselbe Weise, nur lässt man hierbei die Versuchsperson mit offener zweiter Nasenöffnung athmen.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass man mit dem neuen Pneumometer auch die Vitalcapacität bestimmen kann. Man verbindet die Versuchsperson in der oben geschilderten Weise mit dem Pneumonometer, bei welchem aber der Stempel S bis zur Marke 20 herausgezogen sein muss, und lässt nun durch das freie Nasenloch und den Mund eine möglichst tiefe Inspiration machen und weist die Versuchsperson an, sofort nach Beendigung der Inspiration Mund und Nase zu schliessen. Sobald dies erfolgt ist, schiebt man den Stempel S bis zur Marke 0 in den Cylinder C, und liest gleichzeitig den Druck vom Aneroid A ab.

Sei nun v das Volumen der in den Lungen und im Apparate nach einer möglichst tiefen Inspiration enthaltenen Luft, b der Barometerstand, und b_1 der beim Versuche nach dem Einschieben des Stempels S vom Aneroid angezeigte Druck, so erhalten wir:

$$\begin{array}{l|l} v : (v - 20) = b_1 : b & vb - vb_1 = -20b_1 \\ v = \frac{(v - 20)b_1}{b} & vb_1 - vb = 20b_1 \\ v = \frac{vb_1 - 20b_1}{b} & v(b_1 - b) = 20b_1 \\ vb = vb_1 - 20b_1 & v = \frac{20b_1}{b_1 - b} \end{array}$$

Bezeichnen wir die Vitalcapacität mit V und die Residualluft mit R , so haben wir die Formel

$$V = \frac{20b_1}{b_1 - b} - R,$$

vorausgesetzt, dass R nach der Formel $v = \frac{20b_1}{b_1 - b}$ und nicht nach der Formel $v = \frac{20b_1}{b_1 - b} - 100$ bestimmt wurde, da die genauere Formel für die Vitalcapacität ebenfalls $V = \left(\frac{20b_1}{b_1 - b} - 100 \right) - R$ lauten würde.

Bei der Messung der Vitalcapacität muss man das ursprüngliche Luftvolumen verkleinern, also einen positiven Druck erzeugen, weil die durch einen negativen Druck erzeugte Volumenvergrößerung der Lungenluft von der Versuchsperson unwillkürlich durch eine partielle Expiration ausgeglichen würde. Im Uebrigen muss ich hervorheben, dass die Messung der Vitalcapacität viel einfacher und in einer für die Versuchsperson weniger unangenehmen Weise mit dem Spirometer vorgenommen wird, weil dieses Instrument die sofortige Ablesung der gesuchten Werthe gestattet, ohne dass erst die Berechnung nach einer Formel vorgenommen werden muss. Zur Messung der Residualluft ist hingegen das neue Pneumonometer das einzige portative Instrument, mit welchem man diese Grösse zu jeder Zeit an jeder Person ohne besondere Vorbereitungen feststellen kann.

Der Einwand, dass bei expiratorischer Stellung des Thorax ein Theil der Alveolen mit den grösseren Bronchien nicht communicire, dürfte kaum zutreffen, da bekanntlich die Alveolen bei der Expiration niemals ihre Luft vollständig entleeren, und es gar nicht einzusehen ist, warum dies gerade die kleinsten Bronchien thun sollten, und selbst, wenn dies der Fall wäre, so würde dies ein constanter Fehler von etwa 100 ccm sein. Für die Vergleichung der Residualluftwerthe mehrerer Personen wäre dieser Fehler schon deshalb gegenstandslos, weil er ja bei allen Personen eine constante Grösse vorstellt, die an dem Verhältniss der Werthe der verschiedenen Personen zu einander und an dem Verhältniss der Athemwerthe einer und derselben Person gar nichts ändert.

Da die Messungen der Residualluft mit dem portativen Pneumonometer neu sind, will ich zur Illustration dieser Methode einige Leichenversuche anführen. Es wurde theilweise mit einer pistolenförmigen Nasencanüle, theilweise durch eine luftdicht eingesetzte Trachealcannüle gemessen.

Residualluftmessungen an Leichen.

1.

G. P., 21 Jahre alt. Sectionsbefund: Miliartuberculose beider Lungen. Residualluft 200 ccm.

2.

W. P., 50 Jahre alt. Sectionsbefund: Ueber faustgrosses Aneurysma der aufsteigenden Aorta und des Aortenbogens, Hydrothorax dexter ($\frac{3}{4}$ Liter), Hydropericard, hypostatische Pneumonie.

Körperlänge 169 cm, Brustumfang 77,5 cm¹⁾, Residualluft 112 ccm.

3.

A. Sch., 24 Jahre alt. Sectionsbefund: Eitrige Bauchfellentzündung nach Perforation eines Darmgeschwürs. Fassförmiger Thorax.

Körperlänge 170 cm, Brustumfang 87,5 cm, Residualluft 2344 ccm.

4.

J. K., 21 Jahre alt. Sectionsbefund: Actinomykose der linken Lunge mit Durchbruch in die Pleurahöhle. In der linken Pleurahöhle²⁾ 5 Liter Exsudat. Herz nach rechts verdrängt. Residualluft 73 ccm.

5.

J. C., 26 Jahre alt. Sectionsbefund: Fassförmiger Thorax, chronische Lungentuberculose mit grossen Cavernen. Residualluft 6930 ccm.

6.

A. B., 50 Jahre alt. Sectionsbefund: Chronische Tuberculose der Lungen mit über faustgrossen Cavernen in beiden Oberlappen. In den übrigen Theilen zahlreiche infiltrirte Heerde. Zwerchfellstand beiderseits am 5. Rippenknorpel.

Körperlänge 175 cm, Brustumfang $\left\{ \begin{matrix} o & 75 \\ m & 74,5 \\ u & 73 \end{matrix} \right\}$ cm³⁾, Residualluft 4840 ccm.

¹⁾ In der Höhe der Brustwarzen gemessen.

²⁾ Der Bronchialbaum communicirte durch eine grosse Perforationsöffnung mit der eitergefüllten linken Pleurahöhle, daher Messung unrichtig, bezw. unmöglich.

³⁾ o bedeutet unmittelbar unter den Armen, m über den Brustwarzen, u am Ansatz des Schwertfortsatzes gemessen.

7.

J. S., 29 Jahre alt, Selbstmörder. Sectionsbefund: Kopfschusswunde, Volumen pulmonum auctum, breiter und tiefer Brustkorb.

Körperlänge 175 cm, Brustumfang $\left\{ \begin{smallmatrix} o & 87,5 \\ m & 84 \\ u & 80,5 \end{smallmatrix} \right\}$ cm, Residualluft 7445 ccm.

8.

A. D., 20 Jahre alt, Selbstmörder. Sectionsbefund: Schussverletzung des Kopfes (Schädelbasis), in den Luftwegen sehr viel flüssiges Blut.

Körperlänge 172,5 cm, Brustumfang $\left\{ \begin{smallmatrix} o & 86 \\ m & 85 \\ u & 85,25 \end{smallmatrix} \right\}$ cm, Residualluft¹⁾ 303 ccm.

9.

A. S., 71 Jahre alt. Sectionsbefund: Faustgrosses Aneurysma der absteigenden Brustaorta mit Perforation in den linken Brustfellraum. Die linke Pleurahöhle enthält 3 Liter theilweise geronnenes Blut.

Körperlänge 165,5 cm, Brustumfang $\left\{ \begin{smallmatrix} o & 90 \\ m & 88 \\ u & 87 \end{smallmatrix} \right\}$ cm, Residualluft 288 ccm.

10.

J. K., 23 Jahre alt. Sectionsbefund: Sarcom der rechten Nebenniere mit Metastasen in der Leber und der retroperitonealen Lymphdrüsen. Doppelseitiger Hydrothorax mit Hydrops ascites (8 Liter).

Körperlänge 169 cm, Brustumfang $\left\{ \begin{smallmatrix} o & 87 \\ m & 89,5 \\ u & 92 \end{smallmatrix} \right\}$ cm, Residualluft 235 ccm.

11.

A. S. 72 Jahre alt. Sectionsbefund: Cor taurinum (viti-um), Hydrothorax und rechtsseitige fibrinöse Pleuritis. Voll-

¹⁾ Die Alveolarluft war durch die blutüberfüllten mittleren Bronchien abgesperrt und konnte in Folge dessen nicht mitgemessen werden.

ständige Atelektase der rechten Lunge, linksseitiger Hydrothorax, Hydrops ascites et anasarca.

Körperlänge 159 cm, Brustumfang $\begin{Bmatrix} o & 93 \\ m & 95,5 \\ u & 96 \end{Bmatrix}$ cm, Residualluft 225 ccm.

12.

J. H., 22 Jahre, Sectionsbefund: Croupöse Pneumonie des linken Unterlappens, vicariirendes Emphysem der übrigen Lungen-theile.

Körperlänge 177,5 cm, Brustumfang $\begin{Bmatrix} o & 92 \\ m & 90 \\ u & 87 \end{Bmatrix}$ cm, Residualluft 4100 ccm.

13.

V. W., 53 Jahre alt. Sectionsbefund: Lungentuberculose mit einzelnen Cavernen. Der linke Oberlappen, der rechte Ober- und Mittellappen luftleer und derb infiltrirt.

Körperlänge 175 cm, Brustumfang $\begin{Bmatrix} o & 78,5 \\ m & 77 \\ u & 75,5 \end{Bmatrix}$ cm, Residualluft 276 ccm.

Die bei den Leichenmessungen sich so häufig ergebenden abnorm niedrigen Werthe für die Residualluft sind vermuthlich bedingt durch eine postmortale Durchfeuchtung der Lungen (Fall 2, 10 und 11).

Die bei den Versuchen No. 5, 6, 7 und 12 gefundenen Werthe entsprechen offenbar der Residualluft+Reserveluft, da sich der Thorax an einer Leiche nicht in tiefster Expirationsstellung befindet, und die Messung daher jenen Werthen entsprechen muss, die man an lebenden Menschen nach einer gewöhnlichen (oberflächlichen) Ausathmung feststellen kann.

Im Uebrigen ersieht man aus den Ergebnissen dieser Leichenmessungen, dass Leichen mit pathologischen Veränderungen kein brauchbares Material bilden, um sich eine richtige Vorstellung von der Grösse der Residualluft lebender, gesunder Menschen zu bilden. Sie scheinen im Gegentheil noch mehr Verwirrung in

unsere ohnedies ziemlich dunklen Vorstellungen über diese Werthgrösse zu bringen.

Um aber doch einigermaassen Licht in die Sache zu bringen, habe ich es unternommen, noch auf eine andere Art in der Leiche die Residualluftmenge zu bestimmen. Dieses Verfahren, dem von Hutchinson nachgebildet, will ich ausführlich wiedergeben.

An einer menschlichen Leiche wird an der Vorderseite der Brustwand ein Fenster ausgeschnitten, eben noch gross genug, um mit der geballten Faust bequem ein- und ausgehen zu können. Die Mitte des Sternums wird herausgesägt, das Jugulum mit den Sternoclaviculargelenken, und ebenso der unterste Theil des Corpus sterni werden geschont, damit der Umfang des Brustkorbes möglichst erhalten bleibe. Die Rippenknorpel zu beiden Seiten des herausgesägten Sternaltheiles werden ebenfalls in entsprechender Breite entfernt. Durch dieses Fenster werden nun zuerst das Herz und dann nach einander beide Lungen herausgenommen. Schliesslich wird die Luftröhre und die Aorta abgebunden, das in der Brusthöhle vorfindliche, aus den Gefässen der abgeschnittenen Organe entleerte Blut sorgfältig ausgeschöpft und gemessen. Die Hautöffnung wird durch Näthe möglichst verkleinert und der nunmehr ganz leere Brustkorb mit Wasser angefüllt.

Von dieser Wassermenge ist nun abzuziehen jene Wassermenge, welche verdrängt wird von

- 1) dem im Brustkorb und den Organen vorgefundenen Blute,
- 2) dem Herzen,
- 3) den beiden Lungen.

Diese Wassermengen werden auf folgende Weise ermittelt: Ein mit abgeschliffenem Rande versehenes Glasgefäss wird auf eine Untertasse gestellt und bis zum Rande mit Wasser angefüllt. Der Inhalt des Gefässes ist bekannt. Es werden nun die zu messenden Organe unter das Niveau des Wassers getaucht und das überfliessende Wasser in einem graduirten Gefässe genau bestimmt. Bei den Lungen wird vorher die Pleura überall skarificirt und die Luft, so gut dies möglich ist, ausgepresst und ausgequetscht. Zu dem Versuche wurde eine mit ziemlich normalen Lungen versehene Leiche verwendet.

J. G., 23 Jahre alt. Sectionsbefund: Ileotyphus.

Volumen der Brusthöhle	3500 ccm,
davon ab das	
Volumen des in der Brusthöhle vorgefundene Blutes	395 -
- des Herzens	250 -
- der linken Lunge	640 -
- der rechten Lunge	760 -
	<hr/>
verbleiben	1455 ccm,
davon noch weiter ab Reserveluft etwa . .	500 -
	<hr/>
verbleiben für die Residualluft	955 ccm.

Bei einer zweiten Leiche wurde in gleicher Weise gemessen, nur das Herz wurde nicht herausgenommen, sondern im Brustkorbe belassen.

S. O., 23 Jahre alt, gestorben an Herzlähmung nach Rachen-diphtherie.

Körperlänge 177 cm, Brustumfang 90 : 89 : 87,5¹⁾.

Volumen der Brusthöhle	3500 ccm,
davon ab das	
Volumen des in der Brusthöhle vorgefundene Blutes	100 -
- der linken Lunge	950 -
- der rechten Lunge	750 -
- des herausgeschnittenen Theiles des Brust-	
beines ²⁾	140 -
	<hr/>
verbleiben	1560 ccm,
davon noch weiter ab Reserveluft etwa . .	500 -
	<hr/>
verbleiben für die Residualluft	1060 ccm.

Wie man sieht, stimmen diese an Leichen gewonnenen Werthe sehr gut mit den im Folgenden bei der Untersuchung Lebender eruirten Grössen überein. Die Residualluftmessungen an der Leiche, und zwar an Leichen mit nahezu normalen Lungen ergeben Durchschnittswerthe von etwa 1000 ccm. Hierbei ist aber zu bemerken, dass die Grösse der Reserveluft mit 500 ccm wahrscheinlich zu gering bemessen ist. Nimmt man

¹⁾ Gemessen 1) unmittelbar unter den Armen, 2) über den Brustwarzen, 3) in der Höhe des Ansatzes des Processus xyphoideus.

²⁾ Weil das Wasser bis zum Niveau der äusseren Haut nachgefüllt worden war.

die Reserveluft mit etwa 1000 ccm an, so würde die Residualluft an den beiden Leichen etwa 500 ccm betragen. Nach Landois beträgt die Reserveluft 1284—1804 ccm. Eine genaue Messung der Residualluft an Leichen ist schon deshalb nicht möglich, weil der Brustkorb der Leichen sich in einer Stellung befindet, der am Lebenden der Stellung nach einer oberflächlichen Expiration entspricht. Die Lungen der Leiche enthalten demnach Residualluft und Reserveluft und die letztere kann auch durch eine künstliche Expiration nur zum Theile entfernt werden. Es werden daher an der Leiche selbst nach einer künstlichen Expiration — normale Lungen vorausgesetzt — die Residualluftbestimmungen viel zu grosse Werthe ergeben.

Wenn auch die absoluten Werthe der Residualluft an Leichen im Allgemeinen zu gross gefunden werden, so zeigen uns doch die Ergebnisse der mit dem Pneumonometer ausgeführten Leichenmessungen, dass die Residualluft bei pathologischen Veränderungen der Lungen, des Brustkorbes und der Nachbarorgane innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt (112—7445 ccm).

Die Kenntniss dieser Thatsache ist für uns um so bedeutungsvoller, als wir auch wissen, dass die Residualluftmenge bei gesunden lebenden Menschen nur innerhalb relativ sehr geringer Grenzen variirt. Wie die im Folgendem angeführten Pneumonometeruntersuchungen zeigen etwa von 500—1000 ccm. Wir werden aus diesen Gründen die Residualluftbestimmung als eine ziemlich empfindliche Methode zum Nachweise gewisser Veränderungen schätzen lernen.

Residualluftmessungen an lebenden Menschen.

Alle Messungen, die ich an lebenden Menschen versuchte, scheiterten daran, dass die Versuchspersonen im Augenblick der Luftverdünnung unwillkürlich durch das Gaumensegel die Nasenhöhle ventilartig absperren und so die Messung der Lungenluft unmöglich machen. Die Messung durch den Mund wird im gleichen Falle durch unwillkürliches Aufstellen des Zungenrückens und Abschluss der Mundhöhle vereitelt.

Aus diesem Grunde war es mir sehr willkommen, als mir von meinem Freunde, Herrn Dr. Biehl, dem Vorstande der Abtheilung für Ohren-, Nasen- und Halskranke im Garnisonsspitale

No. 1 eine Patientin mit einem partiellen Defect des weichen Gaumens zu Messungszwecken zur Verfügung gestellt wurde, wofür ich dem genannten Herrn an dieser Stelle meinen besten Dank sage.

Die Patientin ist eine 153 cm grosse, 19 Jahre alte Jungfrau und trägt ein festgeschnürtes Mieder. Eine mit kurzen Unterbrechungen dreimal wiederholte Messung ergab für die Residualluft stets die gleiche Grösse von 883 ccm.

Als ich die Messungen in Gegenwart des Herrn Dr. Biehl vornahm und jede Wiederholung des Versuches genau denselben Werth ergab, gelangten wir zu der Ueberzeugung, dass sich die Residualluft auf diesem Wege bei jedem lebenden Menschen feststellen lassen muss, wenn es gelingt, die Versuchsperson daran zu hindern, während der Luftverdünnung den Nasenraum durch das Gaumensegel abzuschliessen. Diese Wahrnehmung veranlasste Herrn Dr. Biehl zur Construction seines oben geschilderten Nasenkatheters.

Ich will noch kurz einige Residualluftmessungen an lebenden Menschen anfügen. Die Personen sind sämmtlich Soldaten im Alter von 21 bis 23 Jahren.

	Körperlänge	Brustumfang			Residualluft- messungen	Profession
1. B.	175,5	99,	100,	97	2896	Landmann
2. K.	171,5	99,	89,	80	512	Feilenhauer
3. O.	182,5	91,	92,	88	773	Maurer
4. S.	170,5	82,	82,	80	885	Maschinenschlosser
5. St.	180	91,	91,5,	86,5	958	Schuster
6. P.	169	87,5,	82,5,	81	958	Musiker
7. Sch.	176	92,	93,	89	958	Drechsler
8. P.	173	92,	88,	80	665	?

Wenn wir von dem Fall 1 absehen, wo uns schon die Maasse des Brustkorbes durch ihre Grösse auffallen und wo der Untersuchte angab, seit etwa 5 Jahren an Bronchialkatarrhen zu leiden — so finden wir, dass die Residualluft bei sonst gesunden Menschen von 173—180 cm Körpergrösse mit 82—93 cm Brustumfang (in der Höhe der Brustwarzen gemessen) etwa 500 bis 1000 ccm betragen kann.

Ein Ueberschreiten dieser Grenze nach auf- oder abwärts weist schon auf eine Veränderung. Diese geringeren Grade sind aber noch nicht pathologische Veränderungen nach unseren

heutigen Begriffen, auch nicht Functionsstörungen, sondern wir müssen für diese Veränderungen, welche weder eine anatomische Veränderung, noch eine Functionsstörung erkennen lassen, aber gleichwohl durch die physikalische Messung scharf nachgewiesen werden können, einen neuen Begriff aufstellen: Störung des physiologischen Verhältnisses.

Die Versuchsperson 1 ist ein mittelgrosser kräftiger Soldat, welcher allen Anforderungen des Dienstes in körperlicher Hinsicht gewachsen ist und niemals über Athembeschwerden geklagt hat. Es kann demnach von einer Functionsstörung keine Rede sein und eine pathologische Veränderung der Lungen ist durch die klinische Untersuchung nicht nachweisbar. Trotzdem ist es für uns nicht mehr zweifelhaft, dass hier eine Störung des physiologischen Verhältnisses der Athmungscoefficienten vorliegt, vielleicht der Beginn, oder sagen wir noch vorsichtiger, die Disposition zur Entwicklung eines Lungenemphysems.

Wir wissen bereits aus den Untersuchungen älterer Autoren, dass eine Reihe von Emphysemen sich schon durch die pneumatometrische Messung (Messung der Reservekraft) allein diagnosticiren lässt (Herabsetzung der inspiratorischen Reservekraft). Ich habe bereits oben gezeigt, dass ein weiteres diagnostisches Merkmal für das Emphysem das Herabsinken des maximalen inspiratorischen Athemdruckes unter den maximalen expiratorischen Athemdruck ist. Ein drittes und zwar weit schärferes diagnostisches Merkmal als die beiden vorgenannten ist eine (augenscheinlich mit dem Grade des Emphysems steigende) auffallende Differenz zwischen dem maximalen Athemdruck und der entsprechenden Reservekraft. Ein viertes diagnostisches Merkmal bildet die nunmehr gleichfalls leicht constatirbare Zunahme der Residualluft. Ein fünftes Merkmal ist das Sinken der Vitalcapazität und ein sechstes endlich die Brustmaasse. Alle diese Untersuchungsergebnisse lassen sich durch Zahlen wiedergeben und es ist vorläufig noch gar nicht abzusehen, ob die Untersuchung durch physikalische Messinstrumente nicht noch weitere diagnostisch und differentialdiagnostisch verwertbare Resultate ergeben wird und bis zu welchem Grade von Genauigkeit die Messergebnisse Schlüsse auf die Intensität der Erkrankung und der Prognose zulassen,

nur eines ist sicher — wie Donders schon vor 40 Jahren schrieb, — dass man nicht unbelohnt die Untersuchungen auf diesem Felde verfolgen werde.

Es kann beispielsweise vorkommen, dass ausser der Residualluftvermehrung die Resultate der übrigen Messungen keine Anhaltspunkte für ein Lungenemphysem geben. In diesem Falle muss man denken an eine ausgedehnte Verwachsung der Lungenpleuren mit dem Rippenfell. Beweisend hiefür ist die Residualluftvermehrung allein noch nicht. Doch erhalten wir bei der Pneumonometermessung noch einige andere Symptome, sowohl subjective als objective, welchen sehr wahrscheinlich für die Diagnose einer Verwachsung der Pleurablätter eine besondere Bedeutung zukommen dürfte. Diese Symptome sind erstens das Ausbleiben des Beklemmungsgefühles und zweitens das verhältnissmässig lange und ruhige Stehenbleiben des Aneroidzeigers auf der niedrigsten Marke. Auf die präzise Ausführung der Bedeutung dieser Symptome für die Diagnose einer bestimmten pathologischen Veränderung werde ich erst in einer Fortsetzung dieser Arbeit zurückkommen, bis mir eine grössere Reihe von Messresultaten zur genaueren Beurtheilung dieser Erscheinungen zur Verfügung steht.

Es ist klar, dass bei pathologischen Erweiterungen der Lungen (Volumen pulmonum acutum, Emphysem, Bronchiektasie, grossen Cavernen) die Vitalcapacität auf Kosten der Residualluft bedeutend herabgesetzt sein muss. Die Herabsetzung der Vitalcapacität ist bei Emphysem am bedeutendsten, wie dies ebenfalls aus den Krause'schen Messungen ersichtlich ist. Sie giebt sich oft schon am absoluten Spirometerwerth zu erkennen.

gesunden Männern	Vitalcapacität bei		
	Emphysem	Tuberculose	pleurit. Exsudat.
4450	1700	2400	1550
4400	1350	2150	2600
3650	1300	2500	2200
4450	1950	1900	2700
4650	850	3050	2050
3600	1800	1700	1000
4000	1050	1400	1850
4600	3000	1700	1150
3300	1400	1400	1650.

Der absolute Spirometerwerth allein genügt aber nicht zur Stellung einer Diagnose, denn die Vitalcapacität kann auch herabgesetzt sein bei pathologischen Veränderungen, welche den Luftgehalt der Lungen verminderten (tuberculösen Infiltrationen, pneumonischen Heerden, pleuritischen Exsudaten und Pneumothorax, endlich durch Exsudate oder Tumoren in der Brust- oder Bauchhöhle). Bei diesen Veränderungen ist auch die Menge der Residualluft herabgesetzt.

Gleichzeitige beträchtliche Herabsetzung der Vitalcapacität und der Residualluft deutet auf das Vorhandensein von Luft oder Flüssigkeit in den Pleurahöhlen, Infiltrationen oder Tumoren in den Lungen oder in der Brusthöhle überhaupt, endlich auf ähnliche Veränderungen in der Bauchhöhle sofern sie eine bedeutende Verengerung des Brustraumes bedingen.

3. Das zeitliche Verhältniss der Athembewegung.

Den zeitlichen Verlauf der Athmung kann man graphisch darstellen durch die Pneumatographen von Vierordt und Ludwig, den Riegel'schen Stethograph, den Marey'schen Pneumograph, den Brondgeest'schen Pansphygmograph und andere ähnliche Registririnstrumente, doch wollen wir uns mit diesen Apparaten nicht weiter befassen, weil wir nicht die graphische Darstellung, sondern lediglich die Darstellung der verschiedenen Factoren des Athmungsactes durch abstracte Zahlen im Auge haben.

Wir können uns zur Zeitmessung der In- und Expiration eines einfachen Chronometers mit Stoppvorrichtung bedienen, wenn wir auf eine in Bruchtheilen von Secunden ausgedrückte Dauer der In- oder Expiration reflectiren. Nothwendig ist dies aber nicht, weil es für die praktische Diagnostik einen sehr geringen Werth hat. Wichtiger ist es zu constatiren, ob die Ein- oder Ausathmung gegen die Norm verlängert oder verkürzt ist. Die Dauer eines vollständigen Athmungsactes zu messen ist schon deshalb nicht absolut nothwendig, weil uns die Frequenz der Athmung hiervon ein viel genaueres und unserem Vorstellungsvermögen geläufigeres Bild giebt.

Neben den absoluten Zahlenwerthen für die Dauer der In-

und Expiration werden wir noch auf die Relation dieser Werthe zu einander zu achten haben, denn es kann bei pathologischen Veränderungen eine der Athemphasen im Vergleich zu den anderen abnorm verlängert sein.

4. Besondere Eigenthümlichkeiten der Versuchsperson, welche den Athmungsact beeinflussen.

Zu diesen Eigenthümlichkeiten gehören Alter, Geschlecht, Körpergrösse, Körpergewicht, der Umfang des Brustkorbes und die Beweglichkeit des Brustkorbes, bezw. der Rippen. Bei Frauen, welche ihren Brustkorb durch Mieder einschnüren, muss auf diesen Umstand besonders geachtet werden, denn hierdurch werden die Excursionen des Brustkorbes bedeutend eingeschränkt.

Den Umfang des Brustkorbes misst man in den verschiedenen Höhen: 1) unmittelbar unter den Oberarmen, 2) über den Brustwarzen, 3) in der Höhe des Ansatzes des Schwertfortsatzes. Als bequemste Stellung zur Messung benutzt man die ruhige Expirationsstellung. Die Messung des Brustumfanges in drei verschiedenen Höhen hat den Vortheil, dass sie uns eine genauere Vorstellung von dem Raum-Inhalt und mitunter auch von der Form des Brustkorbes giebt. Wie die Arme bei der Messung gehalten werden, ist ziemlich gleichgültig, nur muss man alle Personen bei derselben Stellung der Arme untersuchen. Ich möchte jene Stellung empfehlen, bei welcher die Arme schlaff herabhängen, weil in diesem Falle der Brustkorb am wenigsten in seinem Rauminhalt und in seiner Form verändert wird. Frölich¹⁾ hingegen empfiehlt zur Messung die Arme wagerecht seitwärts zu halten und die Messung in einer Linie vorzunehmen, welche vorn durch die beiden Brustwarzen und rückwärts durch die Schulterblattwinkel gegeben ist. Ich bin weit entfernt davon, diesen auf Grund zahlreicher Messungen (Wiener med. Presse. 1867—1870) aufgestellten Anschauungen entgegenzutreten, doch hatte Frölich hierbei nur die Brustmessung für sich allein im Auge und war bemüht, den Zahlenwerthen dieses Messverfahrens eine grössere Bedeu-

¹⁾ Frölich, H., Das zweckmässigste Brustmessungsverfahren. Dieses Archiv. Bd. 54.

tung zuzuerkennen. Wir aber benutzen die Brustmessungsergebnisse nur als Werthe, die mit dazu beitragen sollen, durch ihr Verhältniss zu den übrigen Athemwerthen uns ein möglichst anschauliches Bild von der Beschaffenheit, bezw. Leistungsfähigkeit des Individuums zu geben. Wir verzichten von vornherein darauf, den Brustmessungswerthen für sich allein irgend eine Bedeutung beizulegen. Von Wichtigkeit für uns ist nur das Verhältniss derselben zu den übrigen Athemwerthen und die Veränderungen dieses Verhältnisses an einem und demselben Individuum.

Zu einer genaueren Messung des Brustspielraumes (Excursionsgrösse bei extremer In- und Expiration) ist ein sehr empfehlenswerthes Instrument das Thoracometer von Waldenburg. Dasselbe besteht aus einem Lederstreifen von 20 cm Länge, 5 cm Breite, befindet sich links von der Mitte bis zu seinem Ende — an diesem letzteren festgenäht, in der Mitte frei — ein Gummiband, welches sowohl an seinem befestigten, wie an seinem freien Ende mit einem Schneidermaass verbunden ist. Dieses hat an ersterem eine Eintheilung in Centimeter von 1—60, an letzterem von 71—140 cm. Das von 1—60 zeigende, linksseitige Maass besitzt an seinem Ende eine Oese, desgleichen bei 50 und bei 40 cm. Das andere, von der Mitte ausgehende rechtsseitige Maass ist an dem freien Ende des Gummibandes durch eine Oese befestigt, welche einen als Zeiger hervorspringenden Stift trägt und durch eine Schraube unbeweglich in der Mitte des Leders festgehalten werden kann. An diesem befindet sich von der Mitte aus nach rechts eine genaue Millimeter-Eintheilung zu 9 cm. Das Maass geht durch eine lederne Oese am Ende des Leders, vermittelst welcher es diesem anliegend erhalten wird.

Will man nun messen, so legt man den Lederstreifen auf die Brust, je nach der Höhe, in der man untersuchen will, schlingt die Maase um die Brust und zieht das Ende der einen Seite durch die Oese der anderen durch. Man zieht zuvor die Schraube auf dem Lederstreifen an, so dass der Zeiger nicht beweglich ist, lässt expiriren, schlingt das Maass fest an und liest den Brustumfang an dem durchgezogenen Maass ab. Da die Zahlenreihe an dem durchgezogenen (linksseitigen) Maass

dort beginnt, wo sie am Ende des anderen, rechtsseitigen Maasses aufhört, nemlich bei 60 cm, so erspart man eine Addition und hat einfach abzulesen. Ist die Brust sehr schmal, so zieht man das Maass nicht durch die letzte Oese, sondern durch die Oese bei 50 oder 40 cm durch und muss dann beim Ablesen selbstverständlich 10, bezw. 20 cm von der angegebenen Zahl abziehen.

Will man die Brusterweiterung messen, so hält man das Maass in der Expirationsstellung mit den Fingern fest, öffnet die Schraube und lässt tief inspiriren. Sofort dehnt sich das Gummiband, und an der Millimeter-Eintheilung des Leders liest man ab, um wie viel die Brust sich erweitert hat.

Waldenburg empfiehlt sein wirklich höchst einfaches und zweckdienliches Thoracometer, insbesondere der Aufmerksamkeit der Militärärzte bei den Brustmessungen der Rekruten.

III. Die Bedeutung der physikalischen Functionsprüfung der Athmung.

Bezüglich der physikalischen Functionsprüfung der Athmung im Allgemeinen betone ich nochmals, dass die Bestimmung einzelner Athmungs-Coefficienten so gut wie keinen Werth hat, dass hingegen der Bestimmung sämtlicher Athmungs-Coefficienten und die übersichtliche Zusammenstellung derselben zu diagnostischen Zwecken einen sehr grossen Werth haben wird. Behufs übersichtlicher Zusammenstellung der Athmungs-Coefficienten empfiehlt es sich, nebenstehendes Schema anzuwenden.

Dasselbe Schema kann man auch benutzen, um die Ergebnisse wiederholter Untersuchungen an einer und derselben Person übersichtlich zu verzeichnen, sei es, um Veränderungen im Verlaufe einer Krankheit, oder während eines systematischen Trainings (Ausbildung der Rekruten) festzustellen.

Da fast alle in der obigen Tabelle angezeichneten Coefficienten des Athmungsactes in bestimmten Relationen zu einander stehen, so ist es sehr leicht möglich, eine Ungeschicklichkeit, Böswilligkeit oder gar eine Simulation von Seite der Versuchs-

Charge, Name, Truppenkörper	Tag der Messung	Alter	Körpergrösse	Gewicht	Brustumfang			Brustspielraum	Maximaler Athemdruck		Reservekraft		Dauer der Ein- Aus- athmung	Vitalcapazität	Residualluft	Atemfrequenz	
					1.	2.	3.		Ein- athmung	Aus- athmung	Ein- athmung	Aus- athmung					
Corporal Karl Hofer 24. Inf.-Reg. 16. Comp.	14. Juni 1897	23	170	68	87,5	84	80,5	8	74	120	124	180	1,6	1,2	4110	885	16

Anm. Beim Brustumfang bedeutet: 1. gemessen unter den Armen, 2. über den Brustwarzen und 3. in der Höhe des Ansatzes des Schwertfortsatzes. Der Brustspielraum in der Höhe des Schwertfortsatzes gemessen. Athendruck und Reservekraft sind in mm Hg angegeben. Vitalcapacität und Residualluft in Cubikcentimeter. Dauer der Ein- und Ausathmung in Sekunden. Athemfrequenz pro Minute bestimmt.

person zu erkennen, insbesondere genau werden solche Fehler bei den Messungen mit dem neuen Pneumonometer von dem Instrumente selbst angezeigt.

Fruchtbare Ideen dürfen nicht eingedämmt werden, sondern sie müssen, um wahrhaft nutzbringend zu wirken, immer weitere Kreise ziehen und immer zahlreichere Berührungspunkte suchen mit den anderen verwandten Methoden der medicinischen Forschung, welche alle einem einzigen grossen Ziele zustreben: der Erkennung und Feststellung der normalen oder pathologisch veränderten Organfunctionen des menschlichen Organismus.

Dies muss auch der leitende Gesichtspunkt für alle weiteren Arbeiten auf diesem Gebiete sein. Wenn man bedenkt, wie hoch bereits die physikalische Functionsprüfung des Muskels und insbesondere des Herzens ausgebildet ist, so drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, dass diese Prüfungen im Vereine mit der Functionsprüfung der Athmung, uns Anhaltspunkte geben müssen zur Beurtheilung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Menschen, und zwar werden wir erkennen lernen, ob ein bestimmtes Individuum noch leistungsfähiger gemacht werden kann, oder ob die Leistungsfähigkeit desselben schon die für das betreffende Individuum höchst erreichbare Grenze erlangt hat. Darin muss im wohlverstandenen Interesse der Erreichung des Endzweckes der Schwerpunkt für die Beurtheilung des Individuums bei den Rekruten-Aushebungen gelegen sein, und für diese Beurtheilung werden uns in Hinkunft Zahlenwerthe zur Verfügung stehen, welche die enormen Differenzen der rein subjectiven Anschauungen sehr beträchtlich vermindern müssen.

Wer da weiss, wie häufig Personen wegen allgemeiner Schwächlichkeit oder eines bestimmten Gebrechens als nicht wehrfähig für derzeit oder für immer zurückgestellt wurden, welche dann in irgend einem Sporte durch systematisches Training ganz colossale Leistungen vollbrachten, die die Leistungen eines normalen Durchschnittsmenschen weit hinter sich liessen, — der muss zugeben, dass die Beurtheilung der Wehrfähigkeit eines Individuums gegenwärtig auf einer sehr unsicheren Basis beruht.

In unserer Zeit, wo nicht nur die numerische Stärke, son-

dern auch die individuelle Tüchtigkeit des Heeres die Grundlage für die Machtstellung eines Staates bildet, muss, um diesen höchsten Anforderungen zu entsprechen, jede vermeidbare Fehlerquelle bei der Beurtheilung der Wehrfähigkeit ausgeschaltet werden. Am sichersten geschieht dies durch Untersuchungsmethoden, deren Resultate aus nackten Zahlen bestehen.

Um die höchsten Anforderungen zu erfüllen, muss noch ein Zweites geschehen. Es muss die Beurtheilung der Wehrfähigkeit eines Individuums auf eine andere Basis gestellt werden wie bisher. Es ist in Anbetracht des Endzweckes ganz unlogisch, dass ein Individuum wegen einer constatirten pathologischen Veränderung an sich als untauglich, oder auch nur als zum Waffendienst untauglich erklärt wird, gleichviel, ob dieses Gutachten nur für derzeit oder für immer lautet. Man wird in Zukunft bei Beurtheilung der Wehrfähigkeit unterscheiden müssen zwischen pathologischen Veränderungen mit Functionsstörungen und solchen ohne Functionsstörung. Schliesslich giebt es noch eine grosse Anzahl von Individuen, welche mit einer pathologischen Veränderung behaftet sind, deren körperliche Leistungsfähigkeit aber noch enorm steigerungsfähig ist. Gerade zur Erkennung dieser letzteren haben wir bis jetzt keine Untersuchungsmethoden gehabt, und aus eben diesem Grunde sind die sicherlich nicht geringen Procentsätze solcher Individuen bisher dem Wehrdienste grösstentheils entgangen.

Noch ein drittes Moment muss zur Erhöhung der numerischen und individuellen Kraft eines Heeres herangezogen werden. Es kommt sehr häufig vor, dass Individuen als zu schwächlich für derzeit untauglich erklärt werden. Was geschieht nun in einer grossen Zahl dieser Fälle? Die betreffenden Personen wissen das sehr genau und vermeiden nun mit einer unglaublichen Beharrlichkeit Alles, was ihren Körper kräftigen könnte, bis sie endlich als für immer untauglich zurückgestellt werden. In diesen Fällen wird der Militärarzt in Zukunft die Aufgabe haben, durch die Untersuchung zu erkennen, ob die körperliche Leistungsfähigkeit des betreffenden Individuums steigerungsfähig ist oder nicht. Im ersteren Falle wird man

in Ansehung des Endzweckes die betreffende Person logischer Weise nicht als derzeit untauglich zurückstellen, und sich selbst überlassen dürfen, sondern die Person muss eingestellt werden, um in der ersten Zeit unter militärärztlicher Aufsicht und Controlle eine Steigerung ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit zu erlangen.

Für diese zwar körperlich minderwerthigen, aber in ihrer Leistungsfähigkeit steigerungsfähigen Personen, muss der erste Officier, dem sie zugewiesen werden, der Militärarzt sein, welcher sie als Pädagog, Turnlehrer, Exerziermeister und Arzt zugleich mit der nöthigen Vorsicht und Schonung behandeln wird. Der einem solchen höheren Zwecke dienende Militärarzt müsste sinngemäss verpflichtet sein, die ihm zugewiesenen Leute periodisch mittelst der im Reglement vorzuschreibenden Methoden zu untersuchen, und die zahlenmässigen Untersuchungsergebnisse für jeden einzelnen Mann in übersichtlichen Tabellen zu verzeichnen. Erst dann, wenn einer dieser Leute die nöthige Stufe körperlicher Leistungsfähigkeit erreicht hat, dürfte er unter das Commando der Truppenofficiere überstellt werden. Auf diese Weise könnte sehr viel ursprünglich minderwerthiges Menschenmaterial zu einer guten körperlichen Entwicklung gebracht werden, der Staat würde hiedurch ungemein segensreich wirken, indem er damit seine Volkskraft hebt und seine Wehrkraft auf eine breitere und solidere Basis stellt. Niemand wird das Gesagte als eine Utopie bezeichnen, der da weiss, dass selbst für ein strenges schulgerechtes Training 2 bis 3 Monate ausreichen.

Diese in kurzen groben Zügen geschilderten Ideen konnten bis nun nur Ideen bleiben, da das bindende Glied, die Möglichkeit der Uebersetzung in die Praxis, fehlte. Das bindende Glied sind streng objective Untersuchungsmethoden mit ziffermässigen Endresultaten.

Eine nutzbringende Uebersetzung in die Praxis wurde versucht von Waldenburg mit der Pneumatometrie, und von Frölich mit der Brustmessung. Jeder Versuch eine einzelne, wenn auch noch so genaue Untersuchungsmethode zur Beurtheilung der Functionstüchtigkeit und Leistungsfähigkeit eines Indi-

viduums heranzuziehen musste logischer Weise scheitern. Was bei einem sichtbaren Gegenstände Eigenschaften sind, sind bei einem unsichtbaren Dinge durch Messungen erhaltene Zahlen. So wie wir im ersteren Falle den Gegenstand uns um so plastischer und genauer vorstellen, und um so besser wiedererkennen, je mehr Eigenschaften uns bekannt sind — so wird im letzteren Falle ein unsichtbares Ding oder ein unsichtbarer Vorgang in unserem Bewusstsein um so plastischer sich hervorheben, je mehr wir uns dessen Dimensionen und Wirkungen durch Zahlen versinnbildlichen können.

An dieser ewigen Wahrheit kann Niemand rütteln, sie muss die Grundlage jeder wissenschaftlichen Forschungsarbeit bilden, wenn diese nicht bei ihrem Entstehen schon zugleich den Todeskeim in sich tragen soll.

Das Ergebniss der physikalischen Prüfung der Muskel-, Herz- und Athmungsfunction in Zahlen ausgedrückt, muss für uns die Grundlage bilden zur Beurtheilung der Organfunctionen und der Leistungsfähigkeit eines Individuums, sofern es sich um körperliche Kraftleistung und deren Steigerungsfähigkeit handelt.

Auf diesem Gebiete giebt es noch unabsehbar viele Fragen von sehr actuellem Interesse zu beantworten, viel, enorm viel ist schon geleistet worden, aber mehr noch ist zu erforschen übrig. Wer soll sich an diese Arbeit wagen? Hier kann man leider nicht antworten: „Jeder, der ein Interesse daran findet“, sondern man muss auch hinzufügen, „und der in der Lage ist, solche Arbeiten ausführen zu können“. Das „Können“ bezieht sich hier weniger auf die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit des Untersuchers als vielmehr auf die Gelegenheit, oder mit anderen Worten „das Verfügen über das nöthige Untersuchungsmaterial“, bezw. Menschenmaterial. Von diesem letzteren Gesichtspunkte aus kommen zur Ausführung dieser Arbeit und zur Lösung dieser Fragen — ich möchte sagen — mit zwingender Nothwendigkeit fast ausschliesslich die Militärärzte in Betracht.

Um möglichst rasch für die weiteren Forschungen auf diesem Gebiete eine möglichst breite und sichere Basis zu gewinnen, müssen vor Allem die Messungen in der angegebenen Weise an einer möglichst grossen Anzahl normaler Menschen

vorgenommen werden, und diesen — ich möchte sagen — Anfang der grossen Arbeit zur Ermöglichung von Forschungen auf dem Gebiete der Pathologie, können überhaupt nur die Militärärzte machen, weil nur ihnen dieses grosse, normal beschaffene Menschenmaterial zugänglich ist. Freilich könnte dasselbe auch hervorragenden Gelehrten zu Forschungszwecken zugänglich gemacht werden, die nicht dem Militärstande angehören, doch zweifle ich nicht im Geringsten daran, dass solche Gelehrte, und wenn sie die grössten Leuchten der Wissenschaft wären, es schon aus natürlichem Tactgefühl unbedingt ablehnen würden, in ein Gebiet hinüber zu greifen, das nicht in ihrem Wirkungskreis liegt. Ich habe dies nur erwähnt, um die Militärärzte davon zu überzeugen, dass sie zu dem ersten Theile dieser Arbeit, nemlich zur Ausführung der Messungen an einem möglichst grossen normalen Menschenmaterial thatsächlich die einzig Berufenen sind, und für den zweiten Theil: die Erforschung pathologischer Veränderungen durch physikalische Messmethoden wird man ihre Mithülfe gewiss nur ungern vermissen wollen.

Zweck dieser Zeilen war es, nur in groben Zügen die Idee zu skizziren. Aufgabe der folgenden Arbeiten, die ich in Gemeinschaft mit meinem Collegen Dr. Biehl bereits begonnen habe, wird die wissenschaftliche und technische Ausbildung der physikalischen Functionsprüfung der Athmung sein, als einem integrirenden Bestandtheil der Untersuchung zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit des Individuums. Es werden in der Fortsetzung dieser Arbeit die Messergebnisse von 1000 gesunden Männern und später die Messresultate bei verschiedenen Erkrankungen folgen.

Den Schleier, der die Bedeutung der Messresultate in den einzelnen Fällen verhüllt, will ich vorläufig noch nicht lüften, nur so viel will ich sagen, dass ich jetzt schon die bereits vor 21 Jahren geäusserte Ansicht Biedert's theile: „die pneumatische Diagnostik werde für uns eine ähnliche Bedeutung erlangen wie die Functionsprüfung des Auges“.
