Führt die funktionelle Beanspruchung der Lungen beim Spielen von Blasinstrumenten zu Emphysem?

Von

Erich Becker.

Mit 1 Kurve im Text.

Die für die Ätiologie des Emphysems in Betracht kommenden Theorien kann man zweckmässig — einer hergebrachten Einteilung zufolge — in zwei grosse Gruppen scheiden; einmal werden pathologisch-anatomisch nachweisbare Veränderungen der Lungen selbst als ursächliche Momente genannt; auf der anderen Seite dagegen misst man der mechanischen Entstehung — also der Lungendehnung — durch Erschwerung der Ein- oder Ausatmung eine wesentliche Bedeutung zu. Mit der letzteren Ursache des Emphysems durch Erschwerung der Ausatmung beschäftigen wir uns in folgendem.

Der Frage, ob durch die Ausübung verschiedener Berufsarten, wie z. B. Glasblasen oder durch Spielen von Blasinstrumenten ein echtes Emphysem entstehen könne, ist man verschiedentlich näher getreten. Es sei mir gestattet, die hier in Betracht kommenden Arbeiten und ihre Ergebnisse kurz anzuführen.

Pretin und Leibkind untersuchten im ganzen 230 Glasbläser auf die Frage hin, ob tatsächlich in diesem Berufe Emphysem sich so häufig fand, wie man — nach allgemein gültigen Anschauungen — bisher anzunehmen geneigt war. Bläser, die weniger als 10 Jahre im Berufe tätig waren, wurden von vornherein von der Untersuchung ausgeschaltet. Die Mehrzahl der Bläser waren zwischen 11 und 20 Jahren im Dienst.

Die Methode dieser beiden Autoren bestand in „Messung des Thoraxumfangs mit dem Bandmass, durch Perkussion wurde Stand

und Verschieblichkeit des Zwerchfells bestimmt und der auskultatorische Befund der Lungen erhoben. Spirometrisch wurde die Vitalkapazität gemessen und deren Wert im Verein mit den übrigen Befunden bei der Entscheidung ob Emphysem vorlag, in Betracht gezogen. Die gefundenen Spirometerwerte werden im Mittel zu 3300 cm angegeben.“

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in kurzen Zügen folgende: unter 164 Bläsern konnte kein Fall von Emphysem ermittelt werden; bei 54 Bläsern im Alter von 40—50 Jahren konnte nur in 2 Fällen „ein nicht einmal deutlich ausgeprägtes Emphysem“ konstatiert werden. Von den 12 ältesten Bläsern boten drei das klinische Bild des Emphysems. „Im ganzen also unter 230 Fällen nur fünf wirkliche Emphysematöse“! Daraus ziehen Pretin und Leibkind den Schluss, „dass der Beruf als Glasbläser kein ätiologisches Moment für die Entstehung des Emphysems abgibt.“ „Eher zeigen bei den Glasbläsern die Lungen entschieden eine Angewöhnung an die Anstrengung des Blasens.“ Ein weit wichtigeres, die Entstehung des Emphysems begünstigendes Moment sehen Pretin und Leibkind darin, dass mit dem Beruf ein ständiger Aufenthalt in schlecht gelüfteten, mit Staub und Rauch erfüllten Räumen, der zu hartnäckiger katarrhalischer Bronchitis Veranlassung gibt, verbunden ist. Die Erweiterung der Lungenalveolen durch die Erschwerung der Expiration genügt bei gesunder Lunge nicht, ein Emphysem zu erzeugen, es müssen stets organische Veränderungen des Lungengewebes hinzukommen; nur dem Zusammenwirken beider Faktoren kann die Erzeugung eines echten Emphysems zur Last gelegt werden.

Zu genau dem gleichen Ergebnis kommt H. Fischer durch die klinische Untersuchung von 500 Militärmusikern. Auch die älteren von ihm untersuchten Bläser „zeigten keineswegs den Symptomenkomplex des Lungenemphysems“. Das ausgebildete Emphysem konnte er selbst bei den am längsten im Dienst und Beruf befindlichen Musikern nirgends mit Sicherheit konstatieren. Auch Fischer neigt der Ansicht zu, dass mit dem Spielen von Blasinstrumenten eine Übung der Lungen verbunden ist. Der Aufenthalt in rauchigen, staubigen Lokalen, die meist dabei in erheblichen Quantitäten vertilgten alkoholischen Getränke und die durch dies Leben verursachte chronische Bronchitis sind eher als ursächliche Momente zu beschuldigen, als das Spielen von Blasinstrumenten.

Die Möglichkeit, dass durch die Ausübung verschiedener Berufe ein substantielles Emphysem erzeugt werden könne, gibt auch F. A. Hoffmann zu, wenn er in seiner Monographie „Emphysem

und Atelektase“ sagt: „unter den Beschäftigungsarten sind diejenigen zu fürchten, welche erhebliche und oft wiederholte Anstrengungen mit Steigerung von Druck auf die Lunge zur Folge haben. So gilt vor allen Dingen das Spielen von Blasinstrumenten als schädlich, hier wird die freie Zirkulation der Luft durch das vor den Mund genommene Hindernis geschädigt. Aber es ist doch darauf hinzuweisen, dass ein vernünftiges Blasen sehr wohl so geübt werden kann, dass die Lungen dabei nicht geschädigt werden und wir haben in allen Kapellen ältere, sehr tüchtige und leistungsfähige Bläser. Allerdings müssen sie sehr darauf achten, ihrer Lunge nichts über das Mass zuzumuten und namentlich nach schwächenden Krankheiten nicht zu bald wieder mit der gewohnten Energie zu blasen. Leicht verständlich ist daher der Fall von jenem Trompeter, der nach einer Pneumonie ein Emphysem der ganzen früher pneumonisch infiltrierten Lunge bekam.“

„In ähnlicher Weise ist das Glas- und Lötrohrblasen zu beurteilen, auch hier finden wir, dass der geschickte und geübte Bläser, wenn er sonst gesund ist, ungestraft seiner Tätigkeit obliegen kann.“

Ferner bekennt sich T e n d e l o o in seinem klassischen Werke „Über die Ursachen der Lungenkrankheiten“ zu der Ansicht, dass die Ausübung verschiedener Berufe ätiologische Momente für die Entstehung des Lungenemphysems abgebe. „Es fusst der mechanische Erklärungsversuch des Emphysems, welcher seine Ursache in mechanischen oder dynamischen Störungen der Atmung erblickt, auf einigen unverkennbaren Tatsachen“. Unter den Berufen, die mit Störungen im Mechanismus der Atmung einhergehen, nennt T e n d e l o o Blasmusiker, Glasbläser, Marktschreier, Sänger, Prediger usw.

Der pathologisch-anatomische Prozess bestehe in einer Überdehnung der elastischen Lungenelemente, die sich durch öftere Wiederholung der akuten Lungenblähung entwickle.

Erwähnt sei noch, dass auch T e n d e l o o der Ansicht ist, dass bei Entstehung des Emphysems neben individueller Disposition noch andere Faktoren eine ausschlaggebende Rolle spielen, so sei z. B. der Widerstand des Mundstückes bei den verschiedenen Instrumenten verschieden, ferner verstehe es der eine Bläser besser seinen Atem zu „verteilen“ als der andere, und endlich sind Ausbildung und physikalische Eigenschaften des elastischen Gewebes in den Lungen grossen individuellen Schwankungen unterworfen.

Das durch Expirationsstenose erzeugte Emphysem macht sich nach T e n d e l o o zunächst „in den suprathorakalen Teilen bemerkbar. Der oftmaligen akuten Blähung folgt ein Zustand dauernder

Überdehnung und Vergrösserung. Natürlich erweitert sich auch der Thorax bei der akuten Lungenblähung. Diese zunächst kurz anhaltende Formveränderung des Thorax wird aber bei häufiger Wiederholung der Dehnung dauernd; aus dem vordem normalen Thorax bildet sich ein fassförmiger.“

Bei der klinischen Untersuchung der von uns untersuchten Musiker wurde auf die Vorwölbung und das Verstrichensein der Supra- und Infraklavikulargruben, sowie auf Starrheit des Thorax im ganzen geachtet, es liess sich aber ein derartiger Befund in keinem der von uns untersuchten Fälle nachweisen.

In den Verhandlungen des Kongresses für innere Medizin berichtet neuerdings Lommel unter dem Titel „Zur Pathogenese des Emphysems“ über eine Untersuchungsreihe an den Glasbläsern Jenas.

Lommel benutzte, was sämtliche bisher genannte Autoren nicht taten, als weitere, die klinische Untersuchung ergänzende Methode die Spirometrie. Die einzelnen Komponenten des Lungenluftwechsels wurden nach Bohr bestimmt, die Residualluft nach der Wasserstoffmischmethode Davys. Neben der spirometrischen wurde die klinische Untersuchung geübt, ausserdem die Zwerchfellbewegung orthodiographisch festgestellt.

Die Ergebnisse der spirometrischen Versuche Lommels stimmten — was die absoluten erhaltenen Werte anlangt — mit denen anderer Autoren überein; wichtiger als diese absoluten Werte für einzelne Atemvolumina erscheinen ihm die Relationen zwischen den Volumenergebnissen, so besonders das Verhältnis von Mittellage zu Totalkapazität und Residualluft zu Totalkapazität.

Das Verhältnis Mittellage zu Totalkapazität, das von Bohr in der Norm zu 62% angegeben wird, fand Lommel bei seinen Untersuchungen auf 70—76% erhöht. Ebenso wies auch die Relation Residualluft zu Totalkapazität grössere Werte auf. Der von Bohr verzeichnete Normalwert von 30% wurde „teils wenig, teils bedeutend“ vermehrt gefunden auf 45 und 56%. Damit ist eine dauernde vermehrte Inspirationsstellung des Thorax unzweifelhaft nachgewiesen.

Als echtes chronisches Lungenemphysem möchte es Lommel nicht bezeichnen. Die vermehrte Inspirationsstellung erscheint ihm aber als prädisponierender Faktor in der Pathogenese des Emphysems.

Wir sehen also, dass eine einheitliche Beurteilung der Ätiologie des Berufsemphysems in keiner Weise vorliegt. Auf Anregung von Oberarzt Dr. Bruns habe ich es unternommen, die Frage, ob durch Ausübung eines Berufes, der mit häufig wiederholter akuter Lungen-

blähung einhergeht, Emphysem entstehen könne, durch klinische und spirometrische Untersuchung nochmals zu bearbeiten.

Die Untersuchungen wurden vorgenommen an 22 Musikern.

Die von uns angewandte Methode der Spirometrie, auf die neben der klinischen Untersuchung das Hauptgewicht gelegt wurde, war folgende:

Wir benutzten bei unseren Versuchen ein nach den Bohr'schen Originalangaben vom Mechaniker Rink des hiesigen physiologischen Instituts in mustergültiger Weise verfertigtes Spirometer. Dasselbe fasst 10 Liter, hat eine sehr leicht bewegliche Glocke, die aber trotz der leichten Beweglichkeit sehr gut gegen ein zwischen zwei senkrechten Schienen sich bewegendes Laufgewicht ausgewogen sein muss. An der Seite des Spirometers ist eine Millimeterteilung angebracht, es entspricht bei unserem Apparat 1 mm Höhenverschiebung der Spirometerglocke 25 ccm gewechselten Luftvolumens.

Zur Bestimmung der Residualluft brachten wir die Davy'sche Wasserstoffmischmethode in Anwendung. Die sämtlichen Atemvolumina wurden in einem Versuche bestimmt nach der von Hasselbalch angegebenen Technik.

Die Versuchsperson sass in einem bequemen Lehnstuhl, der Mund war in gleicher Höhe wie das mittels durchbohrten Gummistopfens an das Zuleitungsrohr des Spirometers angedichtete Mundstück. Die Nasenatmung wurde durch eine federnde, gut geglättete und abgerundete Holzklammer ausgeschaltet. Dass strengstens darauf geachtet wurde, dass die Versuchsperson mindestens 5—6 Stunden nicht geblasen hatte, damit eine vielleicht noch bestehende akute Lungenblähung keine Fehlerquellen ergebe, sei nebenbei erwähnt.

Die Bewegungen der Spirometerglocke wurden auf ein Ludwigsches Kymographion auf berusstes Papier aufgezeichnet (cf. die beiliegende Kurve)¹⁾.

Der Verlauf eines Versuchs gestaltete sich folgendermassen:

Das gut durchlüftete Spirometer wird mit 3 Litern reinem, aus einer Bombe entnommenen Sauerstoff beschickt, dann auf 6 Liter mit atmosphärischer Luft aufgefüllt. Reinen Sauerstoff benutzten wir aus dem Grunde, damit die Fehlerquelle einer etwa nicht ausreichenden Verbrennung des Wasserstoffs von vornherein ausgeschaltet wurde. Den erforderlichen Wasserstoff stellten wir aus käuflichem arsenfreiem Zink im Kipp'schen Apparat dar, leiteten zur grösseren Sicherheit den entwickelten Wasserstoff durch zwei Waschflaschen,

¹⁾ Die in die Kurve eingezeichneten Zahlen geben die im Original gemessenen Ordinatenhöhen an.

die, mit Kaliumpermanganat angefüllt, jede Spur von giftigen Arsenwasserstoffen zurückbehalten sollten. In das Spirometer liessen wir, nachdem eine Zeitlang das sich entwickelnde Gas die Luft des Kipp-schen Apparats verdrängt hatte und in die freie Luft geströmt war, durch Umstellung des Spirometerdreiweghahnes ca. $1-1\frac{1}{2}$ Liter Wasserstoff einströmen. Das Spirometer blieb dann 10 Minuten stehen, damit die Gase in ihm zur innigen Mischung Zeit hätten; abkürzen lässt sich diese Zeit durch kleine stossweise ausgeführte Bewegungen der Spirometerglocke bei geschlossenem Hahn. Bevor wir unsere Untersuchungen an den Musikern begannen, haben wir uns vielfach davon überzeugt, dass ein 10 Minuten langes Stehen des Spirometers verbunden mit einigen kleinen Bewegungen der Glocke genügt, um eine innige Mischung der Gase zu gewährleisten. Ausserdem machten wir oft Bestimmungen aus verschiedenen Höhen des Spirometers, mussten uns aber durch genau die gleichen Resultate der Verbrennung überzeugen, dass die Mischung der Gase eine vollkommene war.

Vor Beginn des Versuchs wurde nun der Prozentgehalt an Wasserstoff in dem Spirometer bestimmt, indem 100 ccm Gasgemisch in eine Gasbürette geleitet wurden und von da zur Verbrennung in einen kleinen Verbrennungsapparat, in dem das Knallgasgemisch an einer mittels elektrischen Stromes glühend gemachten Platinspirale zur Explosion gebracht wurde.

Durch Zurückleiten in die Gasbürette wurde jetzt die Verminderung der Gasmenge festgestellt. Da sich aus den beiden Gasen Wasser gebildet hat, ist die Zahl der weniger abgelesenen ccm so auf die einzelnen Gase zu verrechnen, dass $\frac{2}{3}$ auf den Wasserstoff, $\frac{1}{3}$ auf Sauerstoff kommt. Durch Multiplikation des abgelesenen Wertes mit $\frac{2}{3}$ wird also sofort die Prozentzahl gefunden.

Nachdem weiterhin der Inhalt des Spirometers an der Skala abgelesen ist, ist alles zur Anstellung eines Versuches bereit.

Die Versuchsperson setzt sich bequem in dem Stuhl zurecht, Mund genau in Höhe des Spirometerhahnes, nimmt das mit Alkohol desinfizierte Mundstück zwischen die Lippen und die Zähne; die Nase wird abgeklemmt und nun atmet die Versuchsperson ruhig 10—15 Atemzüge durch den auf die Seitenöffnung eingestellten Dreiweghahn in die Aussenluft ein und aus. Auf Aufforderung des Beobachters erfolgt dann eine tiefe Einatmung, darauf eine tiefste Ausatmung. In der tiefsten Expirationsstellung, die die Versuchsperson durch Heben eines Fingers markiert, muss einen Augenblick ruhig verharret werden. Der Beobachter stellt in diesem Moment durch schnelle Drehung den Hahn auf Verbindung der Versuchs-

person und Spirometer und Abschluss der Nebenöffnung, es besteht dann, vorausgesetzt, dass die Versuchsperson keine Luft neben dem Mundstück entweichen lässt, eine luftdichte Verbindung zwischen Spirometer und Versuchsperson. Es folgen jetzt 5—6 Atemzüge von gewöhnlicher Tiefe, dann eine tiefste In- und tiefste Expiration, nach der das Spirometer unmittelbar ganz abgeschlossen wird. Diese tiefste Expiration muss den Spirometerschreibstift wieder auf die gleiche Höhe einstellen, wie sie zu Anfang des Versuches stand, die Versuchsperson kam ja auch in tiefster Expiration an den Apparat. Als ein Kennzeichen eines gelungenen Versuchs ist es mithin zu betrachten, wenn die auf dem Kymographion aufgezeichnete Endlinie in die Anfangslinie ausmündet. Geringe Differenzen von ca. 50 ccm lassen sich dadurch ausgleichen, dass man zwischen dem Inhalt vor und nach dem Versuch das Mittel nimmt.

Es wird nunmehr durch Entnahme von 100 ccm Gasgemisch und Verbrennung zu Wasser der Prozentgehalt an Wasserstoff nach dem Versuche festgestellt, in der gleichen Weise wie früher.

Der Wert des Spirometerinhaltes vor und nach dem Versuch, event. das Mittel zwischen beiden und der Prozentgehalt an Wasserstoff vor und nach dem Versuch sind genügende Angaben zur Bestimmung der Residualluft.

Dieselbe berechneten wir aus folgender Formel:

$$R = \frac{J h_1}{h_2} - J$$

worin R den Wert der Residualluft, h_1 den Wasserstoffgehalt vor dem Versuche in Prozenten, h_2 den Wasserstoffgehalt in Prozenten nach dem Versuch bedeutet.

J ist der Inhalt des Spirometers (event. das Mittel zwischen Inhalt vor und nach dem Versuch bei kleinen Differenzen).

Es erklärt sich diese Formel auf folgende Weise: bekannt sind der Inhalt des Spirometers und die prozentuale Wasserstoffmenge in ihm, mithin auch die absolute in dem Spirometer befindliche Wasserstoffmenge als das Produkt aus Inhalt mal Prozentgehalt an Wasserstoff. Da nun die Versuchsperson in tiefster Expiration an den Apparat kommt, mit anderen Worten nur mit der Residualluft in den Lungen, so muss — gleich tiefste Expiration vorausgesetzt — der absolute Inhalt des Systems Spirometer und Lungen der Versuchsperson vor und nach dem Versuche gleich sein. Ein Teil des in dem Spirometer befindlichen Wasserstoffs wird zur Mischung mit der Residualluft verbraucht, das Mischungsverhältnis der Lungenluft mit Wasserstoff muss nach einer genügenden Anzahl von Atem-

zügen aus dem Spirometer in den Lungen das gleiche sein, wie im Spirometer. Bezeichnen wir die prozentuale Wasserstoffmenge am Ende des Versuchs mit h_2 , so enthält die in den Lungen befindliche Residualluft R am Ende des Versuchs $R h_2$ Wasserstoff in absolut gemessener Menge, das Spirometer in gleicher Weise $J h_2$.

Die Summe dieser beiden Wasserstoffmengen muss gleich sein der absoluten Wasserstoffmenge des Systems Spirometer und Lungen der Versuchsperson vor dem Versuch, ein Verlust an Wasserstoff ist ja in diesem System nicht eingetreten, nur das Mischungsverhältnis der gleich gebliebenen absoluten Menge $J h_1$ hat sich geändert; es ergibt sich daraus

$$R h_2 + J h_2 = J h_1.$$

Diese Gleichung nach der einzigsten Unbekannten R aufgelöst, ergibt:

$$h_2 (R + J) = J h_1$$

$$R + J = \frac{J h_1}{h_2}$$

$$R = \frac{J h_1}{h_2} - J.$$

Die anderen Atemvolumina sind von der auf dem berussten Papier gezeichneten Kurve zu entnehmen. Da 1 mm Höhenverschiebung der Spirometerglocke 25 ccm gewechselten Luftvolumens entspricht, kann man durch Ausmessung der Kurve mit einem Anlagemasstab leicht die übrigen Volumina, wie Vitalkapazität, Reserveluft, Komplementärluft bestimmen.

Der Einfachheit halber sei an einem Beispiel die Ausrechnung dieser Atemvolumina demonstriert (cf. Kurve). Der Wert der Reserveluft wird auf folgende Weise berechnet: Die Differenz des Mittels der höheren Ordinaten und des Mittels der kleineren Ordinaten ergibt das im Mittel mit einem der gewöhnlichen Atemzüge im Abschnitt A B der Kurve gewechselte Volumen, zunächst ausgedrückt als Höhenverschiebung der Spirometerglocke in Millimetern. Da nun 1 mm gleich ist 25 ccm gewechselten Luftvolumens, so ist aus diesen Angaben leicht das Volumen eines der normalen Atemzüge zu bestimmen. Die Hälfte der Höhenverschiebung der Spirometerglocke bei diesem mittleren Atemzuge addiert zu dem Mittel der kleineren Ordinaten ergibt in Millimetern ausgedrückt, die beim Wechsel der Reserveluft erfolgte Höhenverschiebung der Spirometerglocke; die Umrechnung in Volumen ist die gleiche wie oben.

Die Vitalkapazität erhält man durch Ausmessung der den Versuch beschliessenden Zacke C G E. Die hier gemessene senkrechte

Entfernung beträgt 133 mm, daraus berechnet sich die Vitalkapazität zu 3325 ccm. Die Differenz der Werte der Vitalkapazität und Reserveluft liefert den Wert der Komplementärluft. Die Mittellage ist gleich der Summe von Residual- und Reserveluft. Sie ist in der Kurve dargestellt durch die punktierte Linie FG.

Sämtliche Atemvolumina der Versuchsperson sind damit gefunden, aber unter dem im Augenblicke des Versuchs herrschenden Barometerstand und der herrschenden Temperatur. In den Lungen herrscht aber der Druck Barometerstand plus Wasserdampftension bei 37°. Da uns nur das Volumen, das die Luft in der Lunge wirklich einnimmt, interessieren kann, müssen sämtliche gefundenen Werte auf den in den Lungen herrschenden Druck umgerechnet werden. Weiter kann nur daran liegen das Volumen des trocknen Gases zu kennen, nicht des Gases, wie es in den Versuchen in mit Wasserdampf gesättigten Räumen gemessen wird.

Ist ein Gasvolumen über einer Flüssigkeit gemessen, mit deren Dämpfen der Raum gesättigt ist, so steht nach dem Daltonschen Gesetz das trockene Gas unter dem Druck, der gleich ist der Differenz des Gesamtdruckes und der Wasserdampftension bei gleicher Temperatur.

Die hier benutzte Formel ist ausführlich abgeleitet und begründet von Gebhardt, sie lautet:

$$V = v \cdot \frac{1 + \alpha \cdot 37}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{b - s \cdot t}{b - s \cdot 37^\circ}$$

dabei bedeutet

V = das gesuchte Volumen.

v = das beim Versuch gefundene Volumen.

α = 0,00367.

t = Temperatur des Wassers im Spirometer nach Celsiusgraden.

$s \cdot t$ Wasserdampftension bei der Temperatur t .

$s \cdot 37$ = Wasserdampftension bei 37° (= 46,7).

b = der reduzierte Barometerstand.

Sämtliche in anliegender Tabelle gefundenen Werte sind nach dieser Formel auf das Volumen bei dem in den Lungen herrschenden Druck umgerechnet.

Bevor wir zur Deutung unserer Ergebnisse übergehen, sei zunächst noch einiges zur Kritik über die zur Lösung der vorliegenden Frage angewandten Methoden vorausgeschickt.

Pretin und Leibkind und Fischer verwandten vornehmlich die physikalischen Untersuchungsmethoden. Die ersten beiden massen zugleich spirometrisch die Vitalkapazität. Ob die erhaltenen

Werte auf den in den Lungen herrschenden Druck reduziert wurden, darüber vermissen wir eine Angabe; zudem ist zu betonen, dass die alleinige Messung der Vitalkapazität unzureichend ist, über den geblähten Zustand der Lungen Aufschluss zu geben; beim Emphysem ist der Wert der Vitalkapazität vermindert infolge der Fixation des Thorax in vermehrter Inspirationsstellung. Damit man beurteilen kann, ob eine Lunge gebläht ist oder nicht, muss vor allen Dingen die Residualluft bestimmt werden; ihre Bestimmung im Verein mit dem Ergebnis einer erhöhten Mittellage und Herabsetzung der Vitalkapazität sind erst zur Diagnose des Emphysems ausreichend.

Verwendet man die Spirometrie, so müssen sämtliche Atemvolumina bestimmt werden, das Hauptgewicht ist auf die Bestimmung der Residualluft und Mittellage zu legen.

Die von uns angewandte Methode der Spirometrie in der von Hasselbalch angegebenen Technik könnte zu einem Einwand Anlass geben. Die unter starker und ungewohnter Muskelanstrengung eingenommene tiefste Exspirationsstellung erzeugt einen physiologischen Lufthunger und könnte deshalb zu grösseren Atemzügen in erhöhter Mittellage führen.

Wir haben uns nun durch eine Reihe von Versuchen darüber zu unterrichten versucht, inwieweit tatsächlich dieser Einwand berechtigt ist.

Wir liessen einen gesunden Laboratoriumsdiener, dessen Residualluft uns aus vielfachen Versuchen bekannt war, zunächst nach der Hasselbalchschen Methode atmen und bestimmten dabei die Reserveluft zu 1440 ccm; dann nach guter Durchlüftung des Spirometers und nach Ausruhen der Versuchsperson, das gleiche Atemvolumen nach der von Bohr befolgten Methode, die darin besteht, dass Residualluft und Mittellage in getrennten Versuchen festgestellt werden und zwar geht Bohr bei Bestimmung der Mittellage so vor, dass die Versuchsperson am Dreiweghahn des Spirometers mehrere Minuten in die Atmosphäre atmet, und dass dann für die Versuchsperson unmerklich die Umstellung des Hahnes auf Kommunikation der Lungen der Versuchsperson mit dem Spirometer erfolgt. Eine tiefste Expiration geht also bei dieser Methode dem Versuche nicht voraus. Der Wert der Residualluft betrug nach dieser Methode 1380 ccm; die erstere Methode ergibt also tatsächlich eine etwas höhere Mittellage. Durch Wiederholung dieser Versuche stellten wir fest, dass die Werte der beiden Mittellagen um meist weniger als 100 ccm differierten.

Zur Klärung dieser Frage ist offenbar die Bestimmung der Reserveluft ausreichend, da die Mittellage sich zusammensetzt aus den Werten für Residualluft und Reserveluft. Die Residualluft ist aber bei den kurz hintereinander folgenden Versuchen als konstant zu betrachten.

Nun die Ergebnisse unserer Tabelle!

Bei der Überlegung, welche Resultate wir zu erwarten haben, ist anzunehmen, dass die Fähigkeit zu extremer Ausatmung, d. h. maximaler Entleerung der Luft aus der Lunge, bei den Musikern durch den Beruf ganz besonders gut entwickelt ist.

In der Tat ergeben nun meine Untersuchungen, dass von 22 Musikern 19 ein an der unteren Grenze der Norm stehendes Prozentverhältnis von Mittellage und Residualluft je zur Totalkapazität aufweisen. Diese 19 Musiker blasen im allgemeinen Instrumente, deren weite Mundstücke es ermöglichen, die vor dem Intonieren eingenommene Luft rasch und vollständig bei den ersten Tönen aus den Lungen zu entleeren.

Das Verhältnis von Mittellage zu Totalkapazität gibt Bohr beim Gesunden zu 62%, bei Sportsleuten zu 54% an. Die meisten der von uns untersuchten Musiker stehen — was die genannten prozentualen Verhältnisse anlangt — den Sportsleuten bei Bohr gleich. Es ist damit bewiesen, dass die Mehrzahl der Musiker mit einer geringeren Lungenfüllung den Anstrengungen des Blasens gerecht zu werden vermag, als es einem andern lungengesunden Menschen möglich wäre.

Dagegen ist bei den beiden ersten Musikern meiner Tabelle das Mundstück des Blasinstruments wesentlich enger. Der dritte Musiker bläst Posaune, die zwar kein enges Mundstück hat, aber die Bewegung grosser Luftquantitäten erfordert. Es findet namentlich bei den ersten beiden Musikern eine erhebliche Pressung des expiratorischen Luftstromes statt.

Infolge des hohen Widerstandes in dem engen Mundstück atmet der Musiker vor dem Intonieren tief ein, um die folgende anstrengende Expiration leichter ausführen zu können. Trotz des hohen expiratorischen Druckes ist aber die Abgabe der Luft infolge des engen Mundstückes erschwert. Die expiratorische Druckerhöhung bedingt daher eine intensive Aufblasung der oberen Lungenteile. Bevor noch die Lunge ihre Luft abgegeben hat, wird der Musiker durch die venöse Beschaffenheit des Blutes zu einer neuen Inspiration gezwungen. Diese Einatmung ist tiefer als die erste. Es wird also

auch durch die folgenden Einatmungen das Lungenvolumen immer mehr vergrößert.

Da also ein Musiker, der ein Instrument mit engem Mundstück bläst, bei jedem Blasen eine mehr oder weniger ausgedehnte akute Lungenblähung bekommt, so ist es nicht verwunderlich, wenn bei ihm sich im Laufe vieler Jahre eine Überdehnung gewisser Abschnitte der Lunge einstellt. Die akute Blähung geht anfangs prompt zurück. Die jahre- und jahrzehntelange Wiederholung derselben kann eine partielle Überdehnung der Lungen bewirken.

Nehmen wir an, dass, wie oben betont, die Reserveluft bei unseren Versuchen um den Wert von rund 100 ccm zu hoch gefunden sei und berechnen wir dann die Abänderung der Prozenttabelle für die ersten drei Nummern unserer Tabelle, so ergeben sich folgende Werte:

	Mittellage in Prozenten der Totalkapazität	Residualluft in Prozenten der Totalkapazität	Reserveluft in Prozenten der Vitalkapazität
1	55,3	35,2	31,1
2	66,3	34,0	49,0
3	60,3	30,5	43,4

Bei diesen drei Musikern übersteigt der absolute Wert der Residualluft den von anderer Seite fixierten Normalwert von 2 L. Die Prozentzahlen der Mittelkapazität und der Residualluft bewegen sich an der oberen Grenze der normalen Werte, oder überschreiten dieselben um ein Geringes. Diese werden von Bohr angegeben zu: Mittellage in Prozenten der Totalkapazität

Min. 47,1 Max. 64,5.

Residualluft in Prozenten der Totalkapazität

Min. 12,9 Max. 32,3.

Unser Ergebnis bei diesen drei Musikern bewegt sich in derselben Richtung wie das Ergebnis Lommels an den Glasbläsern der Jenenser Industrie. Die jugendlichen von ihm untersuchten Bläser wiesen Zahlen auf, die denen von trainierten Sportsleuten gleichkamen, die älteren Leute namentlich im vierten Jahrzehnt hatten eine abnorm hohe, 70—76% betragende Mittellage.

Auch die Prozentzahlen der Residualluft fand Lommel „teils wenig, teils bedeutend über den Normalwert von 30% vermehrt“.

Damit ist der Beweis geliefert, dass bei Glasbläsern noch mehr als bei unseren Musikern der Thorax in eine gewisse inspiratorische Stellung kommt. Dass dabei die Glasbläser die höheren Werte erlangen, liegt wohl in den Unterschieden des Berufes. Der Glasbläser übt die expiratorische Pressung unstreitig häufiger und stärker aus als der Musiker.

Lommel hebt ausdrücklich hervor, dass seine Glasbläser frei waren von allen subjektiven Beschwerden. Das gleiche fanden wir bei den von uns untersuchten Musikern. Die Beschwerden des Emphysematikers rühren eben nicht von der Überdehnung der Lungensubstanz her, sondern im wesentlichen von der begleitenden Bronchitis, der Abnahme der Pumptätigkeit des Thorax und den aus diesem mangelnden Ventilationsvermögen sekundär sich herausbildenden Herz- und Kreislaufsanomalien.

Zum Schluss wollen wir versuchen, die Ergebnisse der Spirometrie einmal gegenüber zu halten den Ansichten Tendeloos, die derselbe auf Grund langjähriger pathologisch-anatomischer Erfahrung und Untersuchung in seinem Lehrbuch „Über die Ursachen der Lungenkrankheiten“ niedergelegt hat.

Tendeloo führt aus, dass expiratorische Druckerhöhung bei Verengerung bzw. Verschluss der Atemöffnungen zu einer Aufblähung der oberen Lungenpartien führe. Der häufigen akuten Blähung folge die dauernde Überdehnung. Die dauernde Blähung fixiert auch den Thorax in inspiratorischer Stellung und bedingt die Dehnungsatrophie der Alveolarsepten.

Widerspricht nun diese Ansicht Tendeloos den Ergebnissen unserer spirometrischen Untersuchungen, die im Kernpunkt das gleiche ergaben wie die Untersuchungen Lommels?

Ich glaube diese Frage verneinen zu müssen. Wir haben bei unseren Fällen diese dauernde Blähung eines umschriebenen Lungenabschnittes spirometrisch durch Erhöhung der Lungenmittellage und Residualluft nachweisen können.

Die Feststellung des Sitzes dieser umschriebenen Blähung entzieht sich allerdings auch der spirometrischen Untersuchung vollkommen, ebenso wie die klinische Untersuchung an Lungen und Herz keinerlei Abnormitäten erkennen liess.

Es scheint demnach, — und das sei als Ergebnis unserer Untersuchungen hier ausgesprochen — dass die Ansichten Tendeloos sehr wohl in Einklang zu bringen sind mit dem Resultate unserer Untersuchungen. Was der pathologische Anatom „als

Blähung der suprathorakalen Lungenteile, als partielle Überdehnung“ bezeichnet, macht sich spirometrisch in der erhöhten Mittellage und Vermehrung der Residualluft kenntlich.

Wenn wir also hier mit Tendelaoo übereinstimmen, so muss andererseits hervorgehoben werden, dass das diffuse chronische Lungenemphysem erfahrungsgemäss meist infolge der durch chronisch-entzündliche Bronchialverengerung bedingten Atemstörungen eintritt.

Name	Alter	Grösse	Ge- wicht	Im Beruf Jahre	Atem- exkursion in cm	Halbes Atemvolum	Vital- kapazität	Residual- luft	Total- kapazität	Reserveluft
1. K.	20	1,68	59,5	7	82:88	410	4500	2440	6940	1500
2. Pr.	25	1,70	70,0	11	86:91	550	4490	2310	6800	2300
3. Schm.	20	1,80	78,1	6	88:96	420	5810	2470	8280	2620
4. Er.	27	1,62	61,9	13 ¹ / ₂	87:91	680	5810	1070	6880	2620
5. R.	18	1,70	56,0	4 ¹ / ₂	83:88	420	3590	720	4310	1700
6. Sp.	30	1,71	70,0	14	86:93	440	5000	1330	6330	1460
7. H.	21	1,68	67,0	8	81:87	320	4750	1250	6000	1770
8. En.	19	1,67	59,1	5	78:84	280	3660	1180	4840	1370
9. St.	21	1,71	66,1	7	86:91	270	4780	1160	5940	2050
10. Kr.	30	1,63	65,1	16	88:83,5	285	4130	840	4970	1540
11. J.	29	1,69	70,0	16	88:94	340	3810	1540	5350	1040
12. Bi.	24	1,76	90,0	12	97:101	470	4490	1320	5810	1360
13. Le.	29	1,75	81,6	16	89:93	500	5260	1410	6670	2040
14. Bl.	27	1,70	73,0	14	92:96	340	4190	790	4980	1340
15. Bö.	27	1,72	69,2	12 ¹ / ₂	84:92	250	4240	1260	5500	1480
16. L.	21	1,62	67,0	7	85,5:89,5	285	3750	1510	5260	1330
17. Bre.	24	1,78	65,0	8	82:89	330	4530	1220	5750	1720
18. Brül.	25	1,69	69,0	12	102:106	590	4340	1670	6510	1320
19. M.	27	1,71	62,9	14 ¹ / ₂	78:84	285	4070	1450	5522	1720
20. V.	28	1,73	80,0	13 ¹ / ₂	101:106	275	5230	1010	6240	1780
21. R.	26	1,72	72,0	8	86:92	290	3710	990	4700	1690
22. P.	24	1,69	67,0	10	84:90	305	5400	1480	6880	1730

Mittellage	Komplementärluft	Mittellage in % der Totalkapazität	Residualluft in % der Totalkapazität	Reservevitalkapazität in % der Totalkapazität	Instrument	Schwierigkeitsgrad der Instrumente
3940	3000	56,8	35,2	53,3	Waldhorn	enges Mundstück, starkes Pressen nötig.
4610	2190	67,8	34,0	51,2	Waldhorn	"
5090	3190	61,5	30,5	45,1	Posaune, I. Stimme	schwer, viel Luft nötig.
3690	3190	53,6	15,6	45,1	Trompete, I. Stimme	schwer wegen Melodieführung.
2430	1890	56,1	16,7	47,9	Tuba	viel Luft nötig, keine Pressung, da weites Mundstück.
2780	3540	43,9	21,0	29,2	Tbna	"
3010	2980	50,2	20,8	37,3	Waldhorn	s. o.
2550	2290	52,7	24,4	37,4	Posaune, II. Stimme	mittelschwer.
3220	2730	54,2	19,5	42,9	Posaune, II. Stimme	"
2380	2590	47,9	16,9	37,3	Flügelhorn	leicht.
2580	2770	48,2	28,8	27,3	Espikolo	schwer, enges Mundstück, Pressung d. Luft, Melodieführung.
2680	3130	46,1	22,7	30,3	Trompete	schwer.
3450	3220	51,7	21,1	38,8	Tenorhorn	leicht.
2130	2850	42,8	15,9	32,0	Flügelhorn, I. Stimme	schwer, in der Höhe blasen.
2740	2760	49,8	22,9	34,9	Tuba	s. o.
2840	2420	54,0	28,7	35,5	Flügelhorn	s. o.
2940	2630	51,1	21,2	32,0	Tenorhorn	leicht.
2990	3520	45,9	25,6	27,2	Flügelhorn, II. Stimme	leicht.
3170	2350	57,4	26,3	42,3	Posaune und Bariton	s. o., M. ist nur Bläser.
2790	3450	44,7	16,2	34,0	Waldhorn und Klarinette	s. o., nur Bläser.
2680	2020	57,0	21,1	45,5	Flügelhorn	s. o.
3210	3670	46,7	21,5	32,0	Trompete, II. Stimme	leicht.

An dieser Stelle möchte ich Gelegenheit nehmen, meinem hochverehrten Lehrer und Chef Herrn Professor Dr. Brauer für die Überlassung der Apparate der Klinik, sowie Herrn Oberarzt Dr. O. Bruns für die Anregung und die dauernde Förderung meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

1. Bohr, Die funktionelle Änderung in der Mittellage und Vitalkapazität. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 88. S. 385.
 2. Bruns, O., Die Bedeutung der spirometrischen Untersuchung von Emphysematikern und Herzkranken. Med. Klinik. 1910. Nr. 39.
 3. Fischer, Ist Lungenemphysem eine Folge des Spielens von Blasinstrumenten? Münch. med. Wochenschr. 1902. Nr. 17.
 4. Gebhardt, Über Spirometrie. Münch. med. Wochenschr. 1902. Nr. 47.
 5. Hasselbalch, Über die Einwirkung der Temperatur auf die vitale Mittellage der Lungen.
 6. Derselbe, Über die Totalkapazität der Lungen. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 93. Heft 1 u. 2.
 7. Hofmann, Emphysem und Atelektase. Nothnagels Handbuch XIV. 2.
 8. Lommel, Zur Pathogenese des Lungenemphysems. Verhandl. d. deutsch. Kongr. f. inn. Med. 27. Kongr. S. 777.
 9. Pretin und Leibkind, Kann durch Glasblasen ein Lungenemphysem erzeugt werden? Münch. med. Wochenschr. 1904. Heft 6.
 10. Strauch, Über die vitale Mittellage der Lungen bei Tuberkulose und Emphysem. Inaug.-Diss. Halle 1910.
 11. Tendeloo, Ursachen der Lungenkrankheiten. Wiesbaden, Bergmann 1902.
- Bei der Ausrechnung der Tabelle wurde benutzt:

Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik.

Schlömilch, Fünfstellige Logarithmen.