

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Berlin
[Direktor: Prof. R. Rössle].)

Beiträge zur Atemmechanik auf Grund von Leichenversuchen.

II. Mitteilung.

Untersuchungen über die Retraktionskraft und die sog. Elastizität der Lunge.

Von

Dr. Otto Thies,

Assistent des Institutes.

Mit 3 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 25. Januar 1932.)

Einleitung.

Das in den vorliegenden Versuchen angewandte ballistische Elastometer wurde von *Gildemeister* und anderen Autoren vorwiegend zur Messung der Härte von Muskeln angewendet. Die von *Gildemeister* gegebene Begriffsbestimmung der Elastizität, für unseren Spezialfall des Eindringungswiderstandes, den die Lunge der Formveränderung entgegengesetzt, wurde bereits in der I. Mitteilung erwähnt, wobei Messung der Vollkommenheit von der Messung der Größe der Elastizität unterschieden wurde. Die Vollständigkeit der Elastizität wird am besten mit statischen Methoden der Gewichtsbelastung nach *Schade* u. a. bestimmt. *Gildemeister* hat besonders hervorgehoben, daß dieses Verfahren infolge der mehr oder weniger starken und verschieden lang dauernden elastischen Nachwirkung für die schnelle und genaue Bestimmung der Größe der Elastizität, also hier der Härte, weniger geeignet ist. Hier ist die ballistische Methode vorteilhafter, sie bestimmt allerdings ausschließlich die Größe der Elastizität gegenüber eindringenden Körpern.

Ebenso wie seinerzeit von *Gildemeister* versucht wurde, Beziehungen zwischen Funktionszustand des Muskels und seiner Härte festzustellen, sollen die folgenden von Herrn Prof. *Rössle* angeregten Versuche dazu dienen, an Leichenlungen über die Funktionstüchtigkeit noch nach dem Tode etwas mehr zu erfahren.

Versuchstechnik.

Zum Verständnis der späteren Ausführungen muß die Schilderung der Versuchsanordnung vorangehen: An der auf dem Rücken liegenden

Leiche wird in die dicht unterhalb des Kehlkopfes quer durchtrennte Trachea ein Glasrohr (f) eingebunden, das luftdicht durch eine Schlauchleitung (l) mit einem T-Hahn (T) in Verbindung steht. Von hier aus kann erstens zu einem einfachen Wassermanometer (M), zweitens zu einer Meßbürette (B), drittens zu beiden zugleich Verbindung gegeben werden (s. Skizze, Abb. I).

Vorversuch. Zunächst wird Verbindung I hergestellt, darauf ein Fenster im 3. oder 4. Intercostalraum rechts angelegt und nach Eröffnung der Pleurahöhle der Druckanstieg in der Luftröhre gemessen. Es folgt die ergänzende Anlegung eines Pleurafensters links und die Messung des gesamten Druckanstieges durch die Retraktionskraft beider Lungen. Die Lungen sind dabei ein Stück zurückgesunken. Jetzt wird noch der Druck bestimmt, der genügt, um die Lungen an die Rippen wieder anzulegen; er ist immer einige Zentimeter höher. Als Grund dafür lassen sich sehr zahlreiche Veränderungen anführen, die bei Eröffnung des Brustkorbs eintreten müssen oder können. Seine Form und der Zwerchfellstand ändern sich im Sinne einer

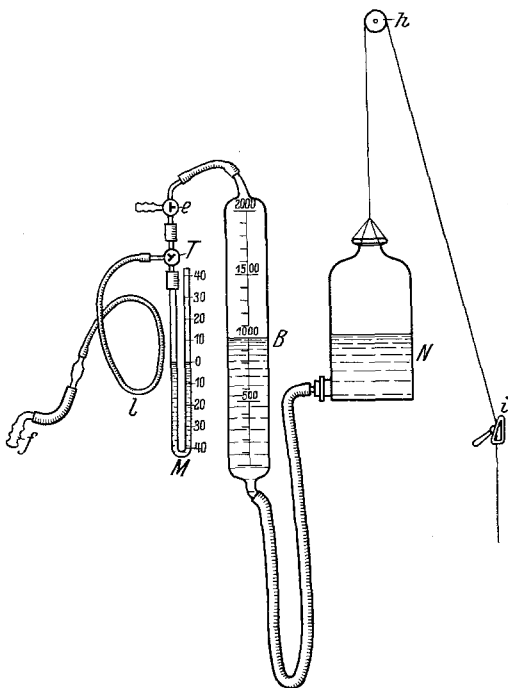


Abb. I.

gewissen Vergrößerung da die in Gegenspannung mit der Lungenretraktionskraft stehenden Brustraumwandkräfte frei werden. Es ist denkbar, daß die Bronchialmuskulatur sich beim mehr oder weniger starken Zusammenfallen der Lungen zusammenzieht und dann der Dehnung erhöhten Widerstand entgegensetzt. Beim Verkleben von Alveolen und kleinsten Bronchiolen kann ein erheblicher Entfaltungsverwiderstand durch Adhäsionskräfte hervorgerufen werden. Ein wenig mag auch das Eigengewicht der Lungen diese nach Eröffnung des Brustkorbs in der Form verändern. Die Erhöhung des Druckes innerhalb der Lunge bzw. Luftröhre geschieht durch Einstellen des T-Hahnes auf Stellung 3 Verbindung von Luftröhre mit Manometer und Bürette. Letztere ist mit einer Niveauflasche in Verbindung und ermöglicht es,

gemessene Luftmengen unter bestimmtem Druck in die Trachea einströmen zu lassen.

Der Blähung der Lungen geht in einigen Experimenten noch ein Kollapsversuch voraus. Das mit der Trachea und der Bürette in Verbindung stehende Manometer (Verbindung 3) wird durch Betätigung der Niveauflasche auf 0 cm Wassersäule Druck einreguliert, worauf die Lungen je nach ihrer Beschaffenheit mehr oder weniger kollabieren und eine gemessene Luftmenge abgeben.

Das Lungenpräparat. Sind die angeführten Vorversuche beendet, so werden die Brust- und Halsorgane im Zusammenhang herausgenommen. Größere Gefäße, wie die Aorta und die Vena cava inferior werden dabei unterbunden. Das Organpräparat kommt in eine Wanne mit Wasser,

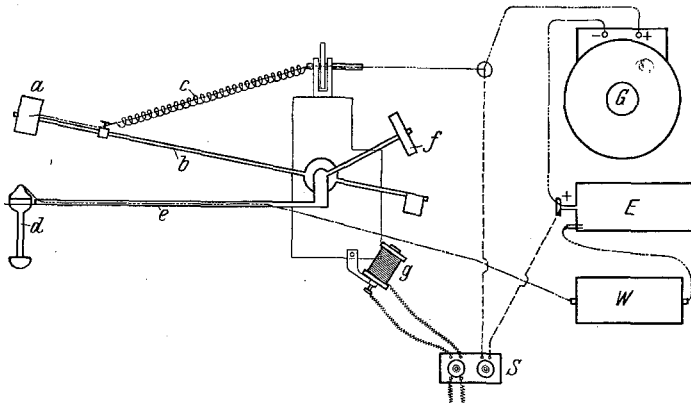


Abb. 2.

in der die Lungen infolge ihres Luftgehaltes schwimmen. Von der Luft-röhre aus wird der für das Experiment erforderliche Druck mit Hilfe des oben geschilderten Manometer-Bürettensystems eingestellt. Für längere Versuche an leicht luftdurchlässigen Lungen (kleinste Verletzungen bei der Herausnahme) wurde der Druck durch eine Sauerstoffbombe mit Reduktionsventil und vorgeschaltetem Wasserventil aufrecht erhalten. Der Druck betrug in der Regel ebenso viel, wie zur Blähung der zuerst kollabiert gewesenen Lunge in situ nötig war.

Das Elastometer. Das Elastometer stammt aus dem physiologischen Institut zu Leipzig und ist nach den Angaben von Herrn Prof. *Gilde-meister* hergestellt. Es wird so aufgestellt, daß die auf dem Wasser schwimmenden Lungen an verschiedenen Stellen damit untersucht werden können (s. Abb. 3). Die Hauptteile sind folgende (s. hierzu die Skizze, Abb. 2): Ein durch eine Feder (c) gedämpftes Hämmerchen (a) mit einem verhältnismäßig langen Stiel (b) schwingt um eine horizontale Achse. Es wird elektromagnetisch ausgelöst und schlägt dann aus immer gleicher Höhe auf eine unten halbkugelige Pelotte (d), die die Lungen-

oberfläche (L) in einer horizontalen Ebene berührt. Der Hebel, an dem die Pelotte befestigt ist, schwingt um dieselbe Achse, wie das Hämmerchen. An Pelotte und Hämmerchen sind an den während des Schlages sich berührenden Stellen mit Drahtleitungen in Verbindung stehende Platinkontaktflächen angebracht, so daß im Augenblick der

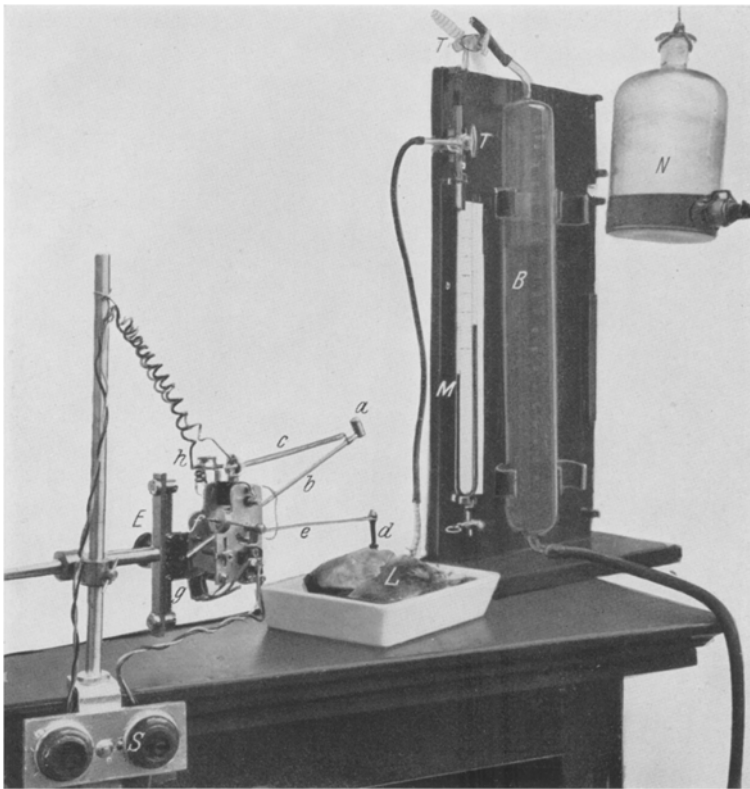


Abb. 3.

Berührung ein Stromkreis geschlossen wird. In diesem Stromkreis sind ein Spiegelgalvanometer (G), ein Trockenelement (E), ein bekannter Widerstand (W) und das Elastometer hintereinander geschaltet, wie es die Skizze angibt. Die Zeitdauer der Berührung zwischen Hämmerchen und Pelotte wird also elektromagnetisch gemessen. Je härter das Objekt, desto kürzer die Kontaktzeit und desto geringer der Stromstoß, den das Galvanometer mißt.

Das verwendete Spiegelgalvanometer (Firma Leybold, Köln) hat einen Eigenwiderstand von 20 Ohm, der kleinste verwertbare Ausschlag von 1 mm bei 1 m Skalenabstand entspricht einer Empfindlichkeit

von $1,2 \times 10^{-8}$ Ampere. Als Stromquelle diente eine Batterie von 1,56 V Spannung, der äußere Widerstand war veränderlich zwischen 3000 und 30 000. Infolge räumlicher Verhältnisse mußte die Skala so angebracht werden, daß 10 Skalenteile 0,0009 Sek. Kontakt entsprachen. Entsprechend der Weichheit des Lungengewebes und der dadurch bedingten verhältnismäßig langen Berührungszeit war bei allen Lungenversuchen ein Widerstand von 30 000 Ohm nötig. Die Härtewerte in Skalenteilen schwankten dann etwa zwischen 30 und 90 und ergaben einen genügend breiten Meßbereich. Aus der Anwendungsart der Apparatur ergab sich die Notwendigkeit, noch einige kleine, in der Photographie erkennbare Ergänzungen anzubringen. Eine besondere Drahtleitung (in der Skizze gestrichelt) ermöglicht es, den Galvanometerkreis unter Ausschaltung des Widerstandes und der Batterie kurz zu schließen, wodurch das Instrument nach jeder Ablesung rasch zur 0-Lage gebracht werden kann. Eine Wasserwaage (h) sichert die immer gleiche Einstellung des Elastometers. Ein Elektromagnet (g), der hinten unten angebracht ist, hält das Hämmerchen an einer Verlängerung seines Stieles. Unterbrechung des Magnetstromes läßt das Hämmerchen herabfallen.

Die Eichung der Apparatur geschah mit einer bekannten Kapazität.

Problemstellung.

Beziehungen zwischen den bei der Atmung wirksamen Kräften und der gemessenen Härte.

Welche Beziehung besteht nun zwischen Härte des Lungengewebes und den bei der Atmung wirksamen Kräften? Nach Rohrer sind unter dynamischen Verhältnissen die bei der Atmung wirksamen Kräfte in der Lunge selbst: 1. der intrapulmonale Luftdruck (bei der Atmung wechselnd), 2. der Strömungswiderstand (ebenfalls wechselnd), 3. der innere Gewebswiderstand der Lunge, 4. die Retraktionskraft der Lunge.

Die genannten Kräfte kommen infolge des eigenartigen Baues der Lunge an ihrer Oberfläche unter physiologischen Verhältnissen gleichmäßig zur Wirkung. Die Untersuchungen von v. Neergaard und Wirz haben neuerdings sogar am lebenden Menschen sehr gut zeigen können, wie der Druck im interpleuralen Spalt (gemessen nach Einfüllung eines kleinen Pneumothorax) als Summe dieser Kräfte aufzufassen ist, die in Gegenspannung stehen mit den äußeren Brustkorb- und Muskelkräften (den Kräften, die in der zwischen Körperstammoberfläche und Brusthöhlenoberfläche gelegenen Masse auftreten). Die Pleuraoberfläche ist die Angriffsfläche der Summe aller äußeren und inneren Atmungskräfte.

Ort der Elastometereinwirkung. Rohrer hat bereits seinerzeit im Handbuch für normale und pathologische Physiologie angegeben, in welcher Größenordnung diese Kräfte ungefähr liegen und wie sie zusammen wirken. Auch das Hämmerchen des Elastometers greift bei unseren

Versuchen an der Lungenoberfläche mit seiner Wirkung an, wenn auch nur an umschriebener Stelle und am isolierten Brusteingeweidepräparat, also unter vollständiger Änderung der Lungenumgebung! Da es an der Oberfläche angreift, kann es von den hier zur Wirkung kommenden Kräften nicht eine einzelne allein, etwa die Retraktionskraft der Lunge oder gar die eigentliche Gewebselastizität, messen, sondern nur die aus dem Zusammenwirken von innerem Luftdruck, Gewebswiderstand und Retraktionskraft resultierende Kraftsumme.

Die bei der Härtemessung an der Lungenoberfläche zur Geltung kommenden Atmungskräfte bei statischen Verhältnissen.

Unter statischen Verhältnissen fallen die sehr erheblichen Strömungswiderstände für die Messung weg. Dies darf vor allem deshalb nicht übersehen werden, weil die pathologischen Veränderungen sehr oft gerade diese Widerstände erheblich erhöhen. Die Untersuchung dieser für die Funktion der Lunge äußerst wichtigen Widerstände bzw. Kräfte fällt, wie nochmals betont werden muß, außerhalb der Anwendungsmöglichkeit der elastometrischen Messung.

a) *Innerer Reibungswiderstand.* Der innere Reibungswiderstand des Lungenparenchyms kann seiner Größe nach für statische Untersuchungen vernachlässigt werden. Es bleibt noch der Alveolardruck und die Retraktionskraft der Lunge.

b) *Retraktionskraft.* Die Retraktionskraft der Lunge ist nicht dasselbe, wie Gewebselastizität, sei es Zug- oder Druckelastizität, sondern, wie die Untersuchungen von v. Neergaard besonders eindrucksvoll zeigen, eine Resultante aus Lungengewebselastizität und aus den erheblich größeren Oberflächenkräften, die an der inneren Lungenoberfläche der Lungenalveolen auftreten und anscheinend durch die feinsten Flüssigkeitsüberzüge derselben hervorgerufen werden. Sie wirken seifenblasenartig im Sinne der Verkleinerung des Lungenvolumens und sind, ebenso wie die eigentliche Lungenelastizität von der Dehnungslage der Lunge abhängig. Sie nehmen mit Erhöhung der Dehnungslage zu. Es ist klar, daß sich die innere Oberfläche besonders stark bei pathologischen Fällen verändert, sei es, daß die Alveolen mit Exsudat gefüllt sind, sei es, daß sie erweitert oder verkleinert sind. Die Bedeutung des Krümmungsradius der Alveolen für die Größe der Retraktionskraft ist von v. Neergaard genauer auseinandergesetzt worden. Gleichzeitig macht er auch auf die sehr wahrscheinliche ändernde Wirkung von verschiedenen mehr oder weniger oberflächen-aktiven Substanzen auf den Flüssigkeitsüberzug der Alveolenwandung aufmerksam. Die Art des Einflusses der bekannten verschiedenen pathologischen Lungenveränderungen auf die innere Oberflächenspannung ist noch nicht untersucht. Bei Füllung der Alveolen mit Exsudat, Ödem usw. muß außerdem mehr oder weniger

der Widerstand gegen Form- und Lageveränderung dieser Massen bei der elastometrischen Messung zur Geltung kommen.

c) *Alveolardruck*. Der Alveolardruck ist der im ganzen inneren Luftwegsystem herrschende Luftdruck; unter statischen Verhältnissen bleibt er überall gleich. Unter pathologischen Bedingungen erleidet er vielfach Änderungen in dem Sinne, daß er in einzelnen Lungenteilen infolge Verlegung von Bronchien niedriger oder in vollkommen zusammengefallenen Teilen ganz aufgehoben ist. Allerdings sind exakte unmittelbare Messungen der Druck- und Strömungsunterschiede am Menschen noch nicht möglich. Vielfach wirken dabei die inneren Veränderungen der Luftwege mit einer Kompression von außen durch Exsudat usw. zusammen. Auch am Versuchspräparat, an den auf Wasser schwimmenden Lungen läßt sich sehr leicht mit bloßem Auge an Farbe und Form der Lungenoberfläche erkennen, daß der Luftdruck in der Leichenlunge sehr oft nicht in allen Abschnitten gleich ist. Besonders wenn man mit einem Drucke in der Luftröhre von etwa 5—15 cm Wassersäule arbeitet, also mit Druckwerten, die den bei der angestrengten Atmung auftretenden Druckschwankungen nahekomen, ist dies deutlich¹. Die zu große Viscosität von Schleim, Eiter usw. in den Bronchien wird von dem Luftdruck nicht überwunden. Daß diese Unterschiede, die sich auch elastometrisch feststellen lassen, kaum auf Veränderungen in der physikalischen Beschaffenheit des eigentlichen Parenchyms, sondern in der Hauptsache nur auf Verlegung der Luftwege beruhen, wird weiter unten nochmals auseinandergesetzt werden.

Das „homogen elastische Medium“ der Lunge, seine Struktur und ihre Bedeutung.

Die Bedeutung des eigentümlichen Baues der Lunge, besonders diejenige der Retraktionskraft wurde bereits im 1. Teil auseinandergesetzt. Dort wurde auch auf das Verhältnis zwischen Größe der Retraktionskraft und der Strömungsdruckdifferenz hingewiesen, das sich bei Erhöhung des Widerstandes in den Luftwegen mehr oder weniger stark zu Ungunsten der Retraktionskraft verändern kann. An derselben Stelle wurde auch auf die gute Übertragung der Druckschwankungen im Luftwegsystem auf die Lungenumgebung durch die homogene elastische Beschaffenheit hingewiesen.

Wirkung des Elastometers. Das Elastometerhämmerchen klopft nun auf dieses „homogen-elastische Medium“, das aus tausenden von Fasern und sich anspannenden Flüssigkeitshäutchen zusammengesetzte Parenchym, welches bei der oben geschilderten Versuchsanordnung durch

¹ Nach Rohrer ist die Strömungsdruckdifferenz zwischen Alveolen und Außenluft bei gewöhnlicher Atmung etwa 0,4—0,8 cm Wassersäule, bei angestrengter Atmung etwa 5,0—13,0 cm Wassersäule, beim Husten noch höher, mitunter bis 140 cm Wassersäule.

den trachealen, bzw. alveolären Überdruck gespannt gehalten wird. Im Leben geschieht letzteres nicht durch Überdruck von innen, sondern durch Zug der Brustwand von außen. Dabei ist nicht zu übersehen, daß einzelne Teile des Gewebes, z. B. die sog. elastischen Fasern auf der einen Seite und die seifenblasenartigen Flüssigkeitsüberzüge der Alveolarwände auf der anderen Seite eine sehr verschiedene Dehnungsfestigkeit haben müssen. Die elastischen Fasern wirken mehr nach Art einer Stahlspiralfeder, die im wesentlichen auf Biegung beansprucht wird, da das Material selbst sehr zugfest und kaum dehnbar ist, während die Flüssigkeitshäutchen mit einer mehr oder weniger gedehnten Gummibläse verglichen werden können. Die elastometrische Messung einer Saite oder einer mehr oder weniger geblähten Gummibläse ergibt eindeutig, je stärker die Spannung, desto größer die Härte.

Über weitere Einzelheiten der physikalischen Beschaffenheit einzelner Gewebbestandteile ist zu wenig bekannt. Bei den Bronchien wären z. B. noch die knorpeligen Teile, der Zustand der Bronchialmuskulatur und anderes mehr zu berücksichtigen. Für unsere Versuche könnte die fehlende oder vorhandene Totenstarre der glatten Muskeln der Bronchien von Einfluß sein. Auch für das Lungengewebe gilt: Je stärker die Spannung, desto härter die Oberfläche und um so schneller der Ausgleich der durch das Hämmerchen gesetzten Deformierung.

V Versuchsergebnisse.

An den Anfang möchte ich die Besprechung einer Versuchsreihe stellen, deren Zweck es war, an ein und derselben Lunge bei verschiedenem intratrachealen Druck die Änderung der Elastometerwerte zu verfolgen. Sie lassen sich vergleichen mit den Untersuchungen über die Abhängigkeit der Retraktionskraft der Lunge von der jeweiligen Dehnungslage, wie sie von *Bönniger* u. a. (s. 1. Teil, S. 784) angestellt wurden. Weiterhin ergeben sich aber aus diesen hier vorangestellten Versuchen besonders gute Anhaltspunkte für die Deutung der Unterschiede in den gemessenen Elastizitätswerten der übrigen Versuche, die bei unveränderlichem Druck stattfanden.

In der vorangestellten Gruppe von Versuchen wurde also an vier verschiedenen Stellen der Lunge, vorn am rechten und linken Oberlappen und hinten an beiden Unterlappen die elastometrische Messung vorgenommen (Durchschnittswerte aus mindestens je fünf Messungen an derselben Stelle). Tabelle 1 gibt von jedem Fall den Durchschnittswert aus der Messung an den vier verschiedenen Stellen. Die Abszisse zeigt den jeweiligen intratrachealen Druck an, die Ordinate den Elastometerwert. Die Lungen werden darnach mit zunehmendem Alveolardruck härter. Bereits in dieser Tabelle wird deutlich, daß zu Anfang der Elastometerwert sehr langsam abfällt, dann rascher abnimmt und schließlich

bei 13—15 cm Wassersäule intratrachealen Druckes nicht viel unter einem Wert von 50 sinkt. In den einzelnen Versuchen (Tabelle 2—6) bestehen allerdings noch erhebliche Unterschiede (s. unten), besonders fällt der Versuch Nr. 76, Tabelle 6 erheblich aus dem Rahmen der anderen Versuche heraus. Bei der Berechnung des Durchschnittes für die Kurve der Tabelle 2 wurde er nicht verwertet. Diese Durchschnittskurve zeigt einen zweimal etwas stärker geknickten Verlauf. Der Gesamtverlauf der Kurven kann zunächst nicht anders gedeutet werden, als durch eine Zunahme der Retraktionskraft der Lunge mit steigendem Alveolardruck oder, was schließlich dasselbe ist, mit Zunahme des Lungenvolumens. Wollte man nun entsprechend den oben erläuterten einfachen Beziehungen zwischen Alveolardruck, Retraktionskraft und Härte des Lungengewebes einen Schluß ziehen, indem man nach Art einer physikalischen Rechnung aus zwei Größen die dritte Unbekannte bestimmt, so würde sich für die Retraktionskraft eine bei gleichmäßigem Alveolardruckanstieg ungleichmäßige Veränderung der Retraktionskraft ergeben (Knick in der Kurve). Dem widersprechen die Versuche von *Bönniger*, aus denen sich ergibt, daß im mittleren Druckbereich (bis etwa 15 cm äußerem Unterdruck) der *Donderssche* Druck in der Luftröhre gleichmäßig ansteigt; auch das Lungenvolumen nimmt im mittleren Dehnungsbereich proportional der Druckzunahme zu. In Kurven dargestellt, müßten sich also für den Untersuchungsbereich, in dem der Verfasser seine Beobachtungen anstellte, für Druck und Volumenänderung geradlinige Kurven ergeben. Die nähere Beobachtung der Vorgänge beim Elastometerversuch ergibt, daß das Volumen an den Leichenlungen meist nicht gleichmäßig zunimmt. Einzelne Abschnitte bleiben bei der Blähung zurück oder hellen sich ungleichmäßig auf. Es ist also auch klar, daß der Alveolardruck in verschiedenen Lungenabschnitten mehr oder weniger unter dem Druck in der Luftröhre liegt. Der Grund ist, wie sich besonders aus dem Vergleich der Einzelkurven ein und derselben Lunge mit dem makro- und mikroskopischen Befund zeigt, die verschieden starke Verlegung der Luftwege durch pathologischen Inhalt. Das Elastometer stellt also hierbei überwiegend Unterschiede im Alveolardruck fest, weniger dagegen erkennbare Verschiedenheiten der Retraktionskraft der Lunge. Dies ergibt sich besonders auch daraus, daß die Elastometerwerte gegen das Ende der Kurven ein- und desselben Falles, also bei höheren Druckwerten in der Luftröhre, meist sehr nahe beieinander liegen; aus der gleichzeitigen makroskopischen Beobachtung während des Versuches kann man sogar oft den Augenblick bestimmen, in dem der Luftdruck den Widerstand in den Bronchien überwunden hat, was man an der auf einmal einsetzenden raschen Blähung und Vergrößerung dieses Lungenteiles sieht, die Elastometerwerte des jeweiligen Lungenteiles nähern sich im selben Moment dann rasch den entsprechenden Werten der Durchschnittskurve. Wieweit wirklich in einzelnen Versuchen auch

auf eine Verschiedenheit der Retraktionskraft geschlossen werden kann, wird noch zu erwägen sein.

Um eine Vergleichsbasis für die elastometrischen Untersuchungen an den Lungen zu haben, wurde die elastometrische Messung in allen übrigen Versuchen, außer den oben erwähnten (Tabellen 3—7), nur bei demjenigen trachealen Überdruck vorgenommen, der genügte, um die Lungen den Rippen in situ anzulegen. Dieser Druck schwankte zwischen 6 und 15 cm Wassersäule und es war von vornherein klar, daß diese Vergleichsbasis ungenau sein mußte, je nach den Veränderungen der Brustkorbform und des -inhalts durch Zwerchfellhochstand, Totenstarre, Eigengewicht der Lunge usw. Am schwersten wog unter diesen Bedingungen aber sicherlich die Verschiedenheit des Inhalts der Luftwege. Vielfach gelang es erst mit einem verhältnismäßig hohen Druck, die Lungen den Rippen anzulegen, wodurch die Hindernisse in den Bronchien gesprengt wurden, darnach ließ sich die Lunge jedoch mit erheblich geringerem Druck gebläht erhalten. Für die folgende Zusammenstellung wurde daher als Vergleichsbasis noch der gleiche Druck in der Lufttröhre gewählt, d. h. es wurden immer solche Lungen in den Tabellen untereinander verglichen, die im Vorversuch den gleichen intratrachealen Druck zur Blähung benötigten, um sie zum Anliegen an den Rippen zu bringen. Es sei eine kurze Bemerkung über die Dehnungslage der Lungen in der Leiche eingefügt. Es bestehen hierüber noch Meinungsverschiedenheiten. Auf Grund der Messungen und Beobachtungen, wie sie von *Rohrer* (l. c.) mitgeteilt wurden, ist die Ausatmungslage beim Lebenden gleichzeitig die Ruhelage für die Atemmuskulatur und gleichzeitig das Brustkorbskelet ohne Spannung. Nach dem Tode fällt nun der Tonus der Muskulatur fort, und es ist wahrscheinlich, daß vor dem Eintritt der Totenstarre das Lungenvolumen infolge der Wirkung der Retraktionskraft ein wenig unter dem Volumen der Ausatmungslage, liegt und zwar um so viel, daß die Retraktionskraft mit der im Thorax entstehenden Spannung im Gleichgewicht ist. Mit dem Eintritt der Totenstarre wechselt sicher auch die Lungenlage, besonders das Zwerchfell ändert seine Lage erheblich, wie die Untersuchungen von *Naumann* zeigen. Vom Verfasser konnte hierauf aus äußeren Gründen nicht im einzelnen Rücksicht genommen werden.

Die Wirkung pathologischen Inhalts der Bronchien konnte für sich allein nur an wenigen Fällen eindeutig und klar beobachtet werden, da zumeist noch weitere erhebliche Veränderungen der Luftwege, wie Ödem, Pneumonie usw., teilweiser Kollaps, die Ergebnisse beeinträchtigten. Es seien zwei besonders klare Fälle angeführt. In dem Falle 61 erklärte sich der hohe Elastometerwert (die Weichheit) über dem rechten Unterlappen durch eine makroskopisch feststellbare, besonders starke schleimig-eitrig-e Füllung des rechten Unterlappenbronchus, die eine mangelhafte Blähung der Lungen hervorrief. Fall 75 (Tabelle 6) zeigt sehr schön

die Wirkung schleimig eitrigter Bronchitis in den Unterlappen, die sich erst viel später blähen als die Oberlappen. Hier kamen allerdings noch Ödem und Exsudat in ihrer Wirkung hinzu. Der Vergleich des Falles 76 (Tabelle 7) mit den Fällen 72—75 (Tabellen 3—5) läßt erkennen, wie stark schleimiger Bronchialinhalt den Luftdruckausgleich in den Lungenluftwegen hemmen kann. Es fanden sich hier in allen Bronchien zähe, schleimige Massen. Erst bei einem Druckwert von 15 cm Wassersäule vermochte der durch die Zähigkeit des Schleimes bedingte Widerstand in einem Teilbezirk der Lungen überwunden zu werden. In einem länger zurückliegenden Versuch, bei dem keine elastometrische Untersuchung durchgeführt wurde, war ein Druck von über 40 cm Wassersäule erforderlich, um die Lunge zu blähen! Ödem und ausgetretenes Blut ergeben kaum derartige Unterschiede in den Elastometerwerten verschiedener Lungenbezirke, wie der Vergleich mit den anderen Fällen zeigt. Bei den erwähnten Fällen 61 und 76 handelt es sich nicht etwa um vollständigen Kollaps der Lunge oder einzelner Abschnitte. Diese waren vielmehr einigermaßen lufthaltig, nur ließen sie sich beim Druck von 5 bis 13 cm Wassersäule nicht wesentlich über ihr Anfangsvolumen hinaus blähen.

Im Anschluß hieran bedürfen noch Fälle einer besonderen Besprechung, in denen Atelektasen vorliegen. Daß mangelhaft geblähte Lungenabschnitte, wie sie durch Verlegung der Bronchien entstehen, weich sind, also höhere Elastometerwerte haben, ging schon aus dem bisher Angeführten hervor. Bei Atelektasen, wo es sich also um Verklebung der Alveolenwände handelt, ist es nicht vorauszusagen, ob hier höhere oder niedrigere Härtewerte als über geblähten Lungenteilen zu erwarten sind, denn es fällt der spannende Alveolardruck weg. Leider konnte ich aus den Versuchen an Erwachsenenlungen hierfür noch keine verwertbaren Ergebnisse gewinnen, da alle in dieser Hinsicht untersuchten Lungenabschnitte, die makroskopisch als Atelektasen anzusprechen waren, sich mikroskopisch als unvollständige fleckförmige Atelektasen erwiesen. Auch beim Fall 73 (s. Tabelle 4) ist eine Entscheidung, ob zu Beginn des Versuches eine vollständige Atelektase des linken Unterlappens bestanden hat, nicht möglich, da der Lappen sich zum Schluß blähte.

Als ein geeignetes Material für die Untersuchung atelektatischer Lungenabschnitte schienen die Lungen von totgeborenen Kindern in Frage zu kommen, die nicht geatmet hatten. Leider stellte sich hierbei heraus, daß die Kleinheit des Organes und der Mangel der Schwimmfähigkeit eine Untersuchung unter den oben geschilderten Versuchsbedingungen sehr erschwerte. Anscheinend ist aber die vollkommene Atelektase erheblich härter als eine gut geblähte oder gar eine unvollständig geblähte Lunge eines Neugeborenen. Es kommt der atelektatischen Neugeborenenlunge doch nur die Elastizität des eigentlichen

Lungenparenchyms zur Geltung, dessen Härte vielleicht größer ist als die eines schwammartigen Gebildes. Wegen des Unterschiedes zwischen einer Neugeborenenlunge und einer Erwachsenenlunge dürfte jedoch ein Schluß auf die Beschaffenheit der Atelektasen von Erwachsenenlungen nicht angängig sein.

Anschließend einige kurze Bemerkungen über den Einfluß von Pneumonie, Ödem und Blutung auf die Retraktionskraft. Es ist naturgemäß sehr schwierig, Lungen oder einzelne Lungenlappen zur Untersuchung zu bekommen, in denen nur eine der genannten Veränderungen sich findet. Fast regelmäßig ist ein bronchopneumonisches Exsudat von Bronchitis begleitet, meist kommen Kreislaufstörungen, Stauung und Ödem hinzu. Ödem geht vielfach in Pneumonie über usw. Aus den elastometrischen Versuchen lassen sich daher nur hier und da vorsichtige Schlüsse auf die Wirkung dieser Veränderungen ziehen. Da die Ausfüllung der Alveolen mit Exsudat, Ödemflüssigkeit oder Blut meist nur unvollständig, fleckförmig verteilt ist, so beobachten wir meist nur die Wirkung der mehr oder weniger starken örtlichen Verminderung des Alveolardruckes, der einen höheren Elastometerwert bedingt. Nur einzelne Fälle seien als Beispiel herausgegriffen. Im Fall 61 und 54 (Tabellen 8 und 9) gibt das Elastometer z. B. härtere Werte über den bronchopneumonischen Stellen an. Es kommt hier vielleicht die Elastizität des Inhalts der Alveolen zur Wirkung. Meist sind keine wesentlichen Unterschiede über den entzündeten Teilen festzustellen. Es wurde deshalb auch auf die Darstellung von weiteren Kurven verzichtet. Es ist möglich, daß sich hier die zwei entgegengesetzten Wirkungen, die Herabsetzung der Retraktionskraft infolge geringeren Alveolardruckes und die Elastizität des Exsudates selbst, aufheben. Eine kruppöse Pneumonie mit vollständiger Hepatisierung eines Lungenlappens ließe vielleicht entsprechend der hohen Elastizität des fibrinösen Inhalts größere Härte erwarten.

Die Versuche, bei denen es sich um Ödem handelte, ergaben im ganzen etwas weichere oder etwa gleiche Lungenbeschaffenheit in den erkrankten Abschnitten. Meist bestanden Kombinationen mit Pneumonie, Blutung oder anderem. Als Beispiel ist Fall 37 (Tabelle 10) angeführt.

Bei der Auseinandersetzung über die Deutung der Unterschiede in den Elastometerwerten bei ein und derselben Lunge wurde bereits klargelegt, daß es sich hierbei im wesentlichen um eine mittelbare Bestimmung des lokal verschiedenen Alveolardruckes handele. Es ist vielleicht aus den Tabellen und Übersichten, die sich mit den Veränderungen bei Bronchitis, Ödem, Pneumonie usw. befassen, bereits klar geworden, wie wenig Aussicht überhaupt besteht, unabhängig von derartigen pathologischen Veränderungen eine nur durch Erkrankung des Parenchyms bedingte Erhöhung oder Erniedrigung der Lungenretraktionskraft

elastometrisch festzustellen. Trotzdem soll der Vollständigkeit halber noch kurz auf das Emphysem eingegangen werden.

In der Pathologie des Emphysems ist von jeher die Frage erörtert worden, ob die Ursache dieser Erkrankung auch ein Elastizitätsverlust des Lungengewebes sein könnte oder ob wenigstens dieser Elastizitätsverlust für diese Krankheit charakteristisch und bestimmend sei. Dazu gaben verschiedene Beobachtungen Anlaß. Es waren erstens die morphologisch feststellbaren Veränderungen durch Gewebsverlust, Atrophie und Anämie des Lungengewebes; weiterhin bemerkte man, daß die Emphysematikerlunge in der eröffneten Leiche oft kaum kollabierte, daß Fingereindrücke sich nicht ausgleichen usw. *Loeschke* weist mit Recht darauf hin, daß manche Emphysematikerlungen sehr gut zusammenfallen, vor allem aber, daß die Messung des *Dondersschen* Druckes, die von *Perls* und ihm selbst in größerer Anzahl ausgeführt wurden, keineswegs eine Herabsetzung dieser Kraft beim Emphysem ergaben. Oft war die Retraktionskraft der Lunge eines jungen Menschen erheblich geringer, als die eines alten Emphysematikers. *Loeschke* betont gleichzeitig, wieviele Fehler naturgemäß durch den Inhalt der Bronchien bedingt sind. Vom Verfasser wurde gleichfalls bei einer Reihe von über 40 Lungen der *Donderssche* Druck bestimmt. Bei einer weiteren Versuchsreihe wurden die Lungen von der Trachea aus gebläht, Druck und Volumen dabei gemessen. Es ergaben sich die gleichen Tatsachen. Der *Donderssche* Druck erreichte bei den Versuchen des Verfassers als größte Höhe 5,8 cm Wassersäule. *Donders* selbst fand Werte bis 7 cm Wassersäule. Auch die elastometrischen Untersuchungen zeigen keine wesentlichen Unterschiede, die einen Schluß auf Veränderungen der Retraktionskraft beim Emphysem zulassen. In den Tabellen 11 und 12 sind die Ergebnisse von Emphysemlungen und Lungen anderer jüngerer und älterer Menschen gegenübergestellt. Die Diagnose chronisches Emphysem ergab sich aus dem makroskopischen und mikroskopischen Befund. Zu beachten ist der angegebene Wert für den *Dondersschen* Druck und der Alveolardruck, der in der 1. Gruppe überall 9 cm Wassersäule, in der 2. Gruppe überall 11 cm beträgt. Der Vergleich der Elastometerwerte über den Oberlappen mit dem Durchschnittswert für die ganze Lunge ergibt deutlich, daß die emphysematösen Abschnitte nur selten erheblich über, meist etwa in Höhe des Durchschnittes oder etwas darunter liegen. Die Unterschiede sind nach den Ausführungen zu Tabelle 1—7 (S. 803 f.) jetzt besonders leicht verständlich und im wesentlichen aus der Beschaffenheit der Bronchien zu erklären. Eine Gegenüberstellung der Elastometerwerte bei extrem verschiedenen Lebensaltern ergibt keine faßbaren Unterschiede im Elastometerwert. Sowohl auf der einen, wie auf der anderen Seite finden sich hohe und niedrige Werte.

Zum Schluß möchte ich noch einmal darauf zurückkommen, ob überhaupt aus dem Elastometerwert unmittelbar ein Schluß auf die Größe

der Retraktionskraft gezogen werden kann. Meiner Ansicht nach ist dies aus folgenden Gründen abzulehnen: Da selbst bei freien Luftwegen (Bronchitis, Pneumonie usw. seien ausgeschlossen) der Alveolardruck immer genau so groß ist, wie die ihm entgegenwirkende Spannung des Parenchyms, so wird auch ein Lungenteil, dessen Retraktionskraft herabgesetzt ist, sich mit diesem Alveolardruck dadurch ins Gleichgewicht setzen, daß er an Volumen zunimmt. Denn mit erhöhter Dehnungslage nimmt entsprechend den Untersuchungen von *Bönniger* u. a. die Retraktionskraft entsprechend zu. Es wird also höchstens aus einer ungleichen Volumenzunahme der Lungenabschnitte bei Druck-erhöhung in der Luftröhre auf eine örtliche Parenchymveränderung geschlossen werden können. Für die Messung der zu erwartenden Dehnungsunterschiede in den verschiedenen Bezirken derselben Lunge müßte sich noch eine optisches Verfahren finden lassen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß beim Emphysem tatsächlich lokale Unterschiede der Lungenretraktionskraft bestehen. Mitunter geben gerade emphysematöse Lungenbezirke härtere Werte beim Elastometerversuch als die übrige Lunge. Es dürfte dies seinen sehr einfachen Grund darin haben, daß hier die Luftwege mitunter ungewöhnlich erweitert sind und sich der Druck in der Luftröhre bei geringfügigen Sekretmengen in den Bronchien viel besser auf diese Teile der Peripherie überträgt, während in den übrigen Lungenteilen auch schon geringe Sekretmengen in den kleinsten Bronchien den Druckausgleich hemmen.

Zusammenfassung.

Es wird eine Versuchsanordnung zur Messung der Gewebshärte an aus der Leiche entnommenen Lungen angegeben.

1. Besprechung einer Reihe von Versuchen, bei denen mit dem Elastometer nach *Gildemeister* die Härte der Lunge an ihrer Oberfläche bei verschiedenem intratrachealen Druck gemessen wurde. Es ergibt sich eine Abnahme der Elastometerwerte, bzw. eine Zunahme der Härte bei Steigerung des Druckes innerhalb der Luftröhre entsprechend der Zunahme des Pleuradruckes oder des *Dondersschen* Druckes mit Erhöhung der Dehnungslage. Durch den Inhalt der Luftwege wird der gleichmäßige Druckanstieg in der Lungenperipherie mehr oder weniger gehemmt. Aus dem ungleichmäßigen Anstieg der Elastometerwerte ist kein Rückschluß auf Unterschiede in der Retraktionskraft verschiedener Abschnitte ein und derselben Lunge möglich, sondern eher ein Schluß auf mehr oder weniger starke Verlegung der Luftwege. Der Vergleich der Werte verschiedener Lungenabschnitte und verschiedener Lungen miteinander sowie die Nachprüfung durch Sektion und mikroskopische Untersuchung ergibt in einigen Fällen eine gute Erklärung für die elastometrischen Unterschiede durch Verlegung einzelner größerer Bronchien durch Schleim usw.

2. Es folgt die Besprechung von Versuchen, bei denen die Lungen von der Luftröhre aus unter einen Druck gesetzt wurden, der in situ genügt hatte, um dieselben nach Anlegung eines beiderseitigen Pneumothorax der Brustwand wieder anzulegen. Auch hier läßt sich in einigen Versuchen deutlich die Abhängigkeit der Härtewerte von der verschiedenen guten Druckübertragung im Luftwegsystem erkennen.

3. Aus der elastometrischen Messung bei Pneumonie, Ödem und Blutung lassen sich vorläufig noch keine eindeutigen Ergebnisse gewinnen. Verschiedenheiten des Alveolardruckes infolge Verlegung der Luftwege scheinen auch hier das Wesentliche zu sein.

4. Beim Emphysem ergibt die elastometrische Untersuchung aus den eben angeführten Gründen ebenfalls keine Anhaltspunkte für Unterschiede in der Retraktionskraft von emphysematösen Lungen oder Lungenbezirken gegenüber anderen, nicht emphysematösen Lungenabschnitten. Für die Tatsache, daß vielfach gerade emphysematöse Bezirke besonders harte Werte geben, ergibt sich eine sehr einfache Erklärung darin, daß hier durch Schwund von Parenchym und Erweiterung der Luftwege ein besserer Druckausgleich als in anderen Lungenteilen stattfindet. Immerhin ist die Möglichkeit zu erwägen, ob vielleicht durch eine Verbindung des elastometrischen Verfahrens mit einer optischen Messung der Volumenzunahme in verschiedenen Teilen derselben Lunge Unterschiede der Retraktionskraft festgestellt werden können.

Trotz der notwendigen erheblichen Einschränkungen, die einesteiis durch die Unzulänglichkeit der Methoden anderenteils, durch die Eigenart und schwere Zugänglichkeit des untersuchten Objektes notwendig sind, ist doch die Förderung, die die Beurteilung pathologischer Veränderungen der Lungen durch physikalische Methoden, z. B. durch die Elastometrie erfahren kann, deutlich geworden. Sie unterstützt die Bemühungen der Pathologen für die örtlichen Unterschiede in der Funktionsweise krankhaft veränderter Lungen, die entsprechenden Unterlagen auch an der Leiche zu finden.

Die Kurven zu den Tabellen 1—7 stammen von Versuchen, die bei veränderlichem Druck in der Luftröhre angestellt wurden. Die Abszisse gibt jeweilig den Druck in Zentimeter-Wassersäule, die Ordinate den Elastometerwert an. Die hohen Werte bedeuten sehr weiche, die niedrigen Werte härtere Konsistenz. Die Tabellen enthalten die zugehörigen Zahlen.

Die *Tabelle 1* gibt die Durchschnittswerte der in den Tabellen 3—7 dargestellten Fälle wieder. Es zeigt sich die ziemlich gleiche Richtung der Kurven von den ersten vier Fällen, nur die Kurve 7 fällt durch ihren fast horizontalen Verlauf auf. Es wird hier deutlich, wie mit dem Druckanstieg in der Trachea auch die Härte der Lungen zunimmt. Die Erklärung für das eigenartige Verhalten der letztgenannten Kurve s. bei *Tabelle 7*.

Die *Tabelle 2* gibt die Durchschnittswerte aus den Fällen 3—6 zu einer einzigen Kurve vereinigt wieder. Sie zeigt zwei etwas stärker geknickte Stellen. Der in der Theorie zu fordernde gleichmäßige Anstieg der Lungenhärte, bzw. der gleichmäßige Abfall der Elastometerwerte parallel dem Druckanstieg in der Trachea, wird durch den mehr oder weniger pathologischen Inhalt der Luftwege verhindert.

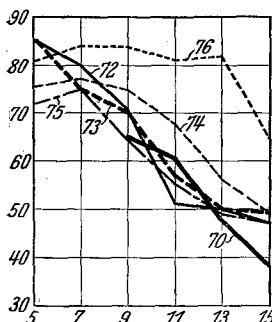


Tabelle 1.

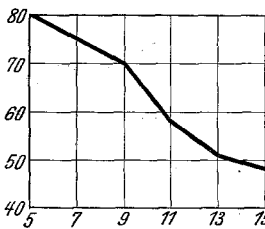


Tabelle 2.

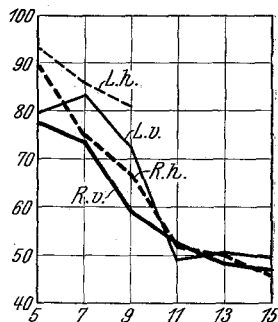


Tabelle 3.

Die Lungen zu den Tabellen 3—7 wurden an vier Stellen beklopft: Beiderseits vorn über den Oberlappen und beiderseits hinten über den Unterlappen. Die dicke Linie bedeutet rechte Seite, die dünne linke, die vollausgezogene Linie jeweils den Oberlappen, die punktierte den Unterlappen.

Tabelle 3: (72) Die Elastometerwerte sinken gleichmäßig und rasch ab. Bei 11 cm Wassersäule intratrachealen Druckes wird bereits der tiefste Wert erreicht. Bei ziemlich schweren Veränderungen durch Ödem und Pneumonie zeigen die Bronchien makroskopisch verhältnismäßig wenig Inhalt, vorwiegend in den Unterlappen reichlicher schaumige Flüssigkeit (N.B. Wiederholung des Versuches am nächsten Tage an denselben Lungen ergab im ganzen etwa gleiche Werte).

Tabelle 4: (73) Die Unterlappen blähen sich beide schlechter als die Oberlappen, besonders auf der linken Seite. Daher verzögertes Abfallen der Elastometerwerte an diesen Stellen. Als Grund findet sich mikroskopisch Atelektase, besonders links und schleimiger Bronchialkatarrh, besonders rechts. Die etwas emphysematösen Oberlappen zeigen sehr raschen Abfall der Werte, dabei ist der Knick in der Kurve des linken Oberlappens nicht erklärbar.

Tabelle 5: (74) Deutlich verzögertes Absinken der Elastometerwerte, besonders L. h., erklärt sich aus der schleimigen Bronchitis. Die

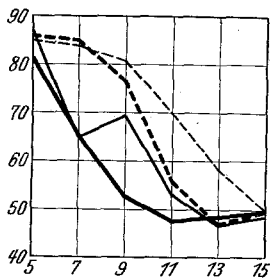


Tabelle 4.

Werte des rechten Unterlappens fallen etwas durch Unregelmäßigkeit auf. Es war hier eine besonders ungünstige Gestaltung der Pleuroberfläche infolge teilweiser fleckförmiger Atelektase vorhanden, weshalb die Elastometerpelotte nicht ganz gleichmäßig aufgesetzt werden konnte.

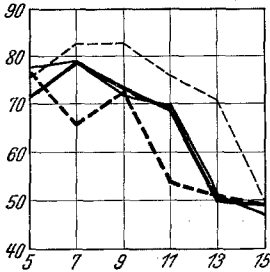


Tabelle 5.

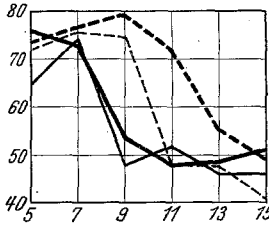


Tabelle 6.

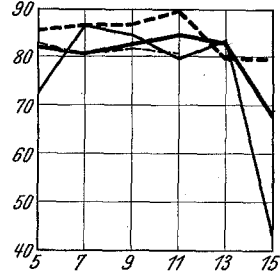


Tabelle 7.

Tabelle 6: (75) Sehr frühes Absinken der Elastometerwerte über den Oberlappen, anscheinend obere Luftwege im Zusammenhang mit Emphysem recht weit und gut durchgängig. Die Unterlappen zeigen neben reichlichem Schleim in den Bronchien starke Anfüllung der Alveolen mit Ödem und Exsudat. Die Kurve der Unterlappen daher später absinkend als die der Oberlappen.

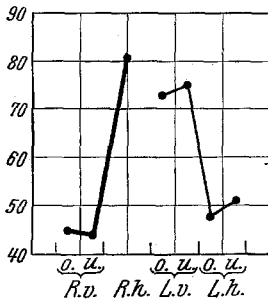


Tabelle 8.

Tabelle 7: (76) Hochgradige Ausfüllung der Bronchien mit zähem Schleim, läßt eine fast bis zuletzt annähernd horizontale Kurve entstehen.

Die Kurven zu den Tabellen 8—10 stammen von Versuchen, bei denen der intratracheale Druck so gewählt wurde, daß er dem Druck entsprach, bei dem in situ die Lungen den Rippen anlagen (s. oben, Versuchsanordnung). Es handelt sich bei den Tabellen 8—10 nicht um Kurven, die eine Härteänderung ein- und derselben Stelle wiedergeben. Es sind nur die Werte der untersuchten Stellen (beiderseits je vier) durch Linien verbunden, um die Unterschiede deutlich zu machen. Die unten stehenden Buchstaben bedeuten R rechts, L links, v vorn, h hinten, o oben, u unten.

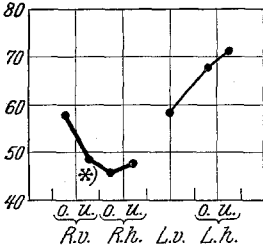


Tabelle 9.

Tabelle 8: (61) Auf der rechten Seite war die Füllung des Unterlappenhauptbronchus mit schleimig-eitrigem Inhalt auffallend stark, was mangelhafte Blähung und damit hohe Elastometerwerte zur Folge hatte (die Weichheit des linken Oberlappens ließ sich nicht ganz erklären [Verstopfung von Bronchien + Emphysem]).

Tabelle 9: (54) Über dem bronchopneumonischen Bezirk des rechten Unterlappens, der an drei Punkten beklopft wurde, die härtesten Werte, besonders deutlich im Gegensatz zum linken Unterlappen und beiden Oberlappen.

Tabelle 10: (37) Beide Unterlappen sind stark ödematös und geben in den untersten Abschnitten weichere Werte als der Durchschnitt beträgt.

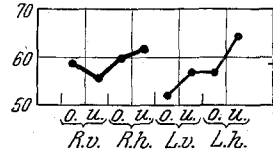


Tabelle 10.

Tabelle 11. Druck in der Luftröhre überall 9 cm Wassersäule.

Nr.	Alter	Geschlecht	Elastometerwerte			Donders-scher Druck	Hauptbefund der Lunge	Mikroskopischer Befund	Elastometerwertkritik
			R.v.	L.v.	D.				
50	71	♂	60,1	58,6	61,0	3,2	chronisches Emphysem	Emphysem, ausgesprochen in der ganzen Lunge am stärksten R.u.L.v.	etwa Durchschnitt
61	51	♀	45,0	73,7	59,9	3,4	starkes chronisches Emphysem	Emphysem L.v. > R.v. schleimig-eitrige Bronchitis, besonders R.h.u.	R. unter, L. über Durchschnitt
66	62	♂	51,6	63,7	58,3	—	mäßiges Emphysem	Emphysem der Oberlappen, Ödem und Bronchopneumonie beider Unterlappen	R. unter, L. über Durchschnitt
72	73	♂	59,2	73,4	70,5	1,5	chronisches Emphysem	starkes Emphysem, schweres Ödem und Blutung mit Übergang in Pneumonie	R. unter, L. wenig über Durchschnitt
73	61	♀	53,0	70,4	70,7	2,2	chronisches Emphysem	Emphysem der Oberlappen, fleckförmiges Ödem der Unterlappen, besonders links, Bronchialkatarrh	R. unter, L. Durchschnitt
74	66	♀	73,2	72,6	75,5	3,6	chronisches Emphysem	starkes Emphysem, chronische interstitielle Pneumonie, kaum Bronchialkatarrh	beiderseits etwa Durchschnitt

Fortsetzung von Tabelle 11.

Nr.	Alter	Geschlecht	Elastometerwerte			Donders- scher Druck	Hauptbefund der Lunge	Mikroskopischer Befund	Elastometer- wertkritik
			R.v.	L.v.	D.				
75	66	♀	53,2	48,3	64,5	1,9	Bronchitis	Mäßiges Emphysem, eitrig-katarhalische Bronchitis, schweres Ödem R.h.	beiderseits unter Durchschnitt
59	41	♂	71,6	57,5	68,6	2,5	eitrig Bronchitis, Ödem, neurotische Blutungen	Hyperämie, Bronchopneumonie und Blutung besonders R.h.	R. etwas über L. erheblich unter Durchschnitt
45	36	♂	58,2	59,8	60,7	1,9	(Urämie), Hypostase, Bronchitis	Bronchopneumonien, Ödem und Hypostase L.h.	beiderseits nahe Durchschnitt
62	23	♂	80,5	73,5	76,1	5,2	geringe Bronchitis	starke Hyperämie, schleimiger Bronchialkatarrh	R. über, L. etwas unter Durchschnitt
70	19	♂	64,2	66,4	65,3	3,6	neurotische Blutungen	starke Hyperämie mit Blutungen. Katarhalisch-eitrig Bronchitis	beiderseits etwa Durchschnitt

Tabelle 12. Druck in der Luftröhre überall 11 cm Wassersäule.

Nr.	Alter	Geschlecht	Elastometerwerte			Donders- scher Druck	Hauptbefund der Lunge	Mikroskopischer Befund	Elastometer- wertkritik
			R.v.	L.v.	D.				
38	72	♀	59,9	42,0	53,9	1,2	mäßiges chronisches Emphysem	Emphysem mäßig stark, Induration (besonders R.v. und L.h.o.)	R. über, L. unter Durchschnitt
72	73	♂	53,6	49,6	51,8	1,5	chronisches Emphysem	starkes Emphysem, schweres Ödem und Blutung mit Übergang in Pneumonie	R. etwas unter, L. etwas über Durchschnitt
73	61	♀	48,6	53,6	57,3	2,2	chronisches Emphysem	Emphysem der Oberlappen, fleckförmiges Ödem der Unterlappen, besonders links, Bronchialkatarrh	R. und L. unter Durchschnitt

Fortsetzung von Tabelle 12.

Nr.	Alter	Geschlecht	Elastometerwert			Donders- scher Druck	Hauptbefund der Lunge	Mikroskopischer Befund	Elastometer- wertkritik
			R. v.	L. v.	D.				
74	66	♀	69,6	70,0	67,6	3,6	chronisches Emphysem	starkes Emphysem, chronische interstitielle Pneumonie, kaum Bronchialkatarrh	beiderseits etwa Durchschnitt
75	66	♀	48,0	52,8	55,4	1,9		Mäßiges Emphysem, eitrig-katarhalische Bronchitis, schweres Ödem R.h.	R. und L. unter Durchschnitt
58	44	♂	55,0	57,0	57,3	2,8	neurotische Lungen- blutungen, Broncho- pneumonie	starke Hyperämie, beginnende Bronchopneumonie, Blutung und Ödem der Unterlappen	R. etwas unter, L. Durch- schnitt
39	30	♂	60,5	61,6	61,7	2,4		starkes Ödem, beider Unterlappen	beiderseits etwa Durchschnitt
57	31	♂	54,1	59,3	57,5	2,4	schleimig-eitrige Bronchitis	fleckiges Ödem, Hyperämie	R. etwas unter, L. etwas über Durchschnitt

Tabelle 11 und 12: In beiden Tabellen sind Fälle zusammengestellt, die bei demselben intratrachealen Druck untersucht wurden. Dieser betrug im ersteren Falle 9 cm Wassersäule, im zweiten 11 cm Wassersäule. Der Vergleich der Durchschnittswerte (unter „D“) beider Gruppen gibt hier wie dort ähnliche Werte. Im oberen Teil sind jeweils eine Reihe Emphysemfälle, unten als Gegenstück eine Reihe anderer Fälle angeführt. Die Werte für die von Emphysem vorwiegend befallenen Oberlappen (R.u. und L. u.) liegen in Höhe der Durchschnittswerte oder sind eher einmal etwas niedriger als die Durchschnittswerte. Die emphysematösen Partien erscheinen also härter.

Schrifttum.

Bethe, Albrecht: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Muskeln bei verschiedenen funktionellen Zuständen. 1. Mitt.: Einführung und neue Methode zur Bestimmung der Zugelastizität. *Pflügers Arch.* **205** (1924). — *Gerlach, W.*: Postmortale Form- und Lageveränderungen mit besonderer Berücksichtigung der Totenstarre. *Erg. Path.* **20**, II. Abt., 1. Teil 259 (1923). — *Gildemeister, M.*: Über die sog. Härte tierischer Gewebe und ihre Messung. *Z. Biol.* **63**, 183 (1914). — Über die Elastizität von Leimgallerten. *Z. Biol.* **63**, 175 (1914). — *Gildemeister, M.* u. *L. Hoffmann*: Über Elastizität und Innendruck der Gewebe. *Pflügers Arch.* **195**, 153 (1922). — *Kauffmann, Fr.*: Untersuchungen über die Muskelhärte. *Z. exper. Med.* **29**, 443 (1922). — *Nakamura, T.*: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Muskeln bei verschiedenen funktionellen Zuständen. 3. Mitt.: Die Änderungen der Zugresistenz des quergestreiften Kaltblütermuskels während der Toten- und Wärmestarre. *Pflügers Arch.* **205**, 294 (1924). — *Naumann*: Zit. nach *Gerlach*. — *Schade*: Gewebselastometrie zu klinischem und allgemein ärztlichem Gebrauch. *Münch. med. Wschr.* **1926**, 2241. — *Springer, R.*: Untersuchungen über die Resistenz (die sog. Härte) menschlicher Muskeln. *Z. Biol.* **63**, 201 (1914). — *Steinhausen, W.*: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Muskeln bei verschiedenen funktionellen Zuständen. 2. Mitt.: Zur Theorie des ballistischen Elastometers. *Pflügers Arch.* **205**, 76 (1924). — Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Muskeln bei verschiedenen funktionellen Zuständen. 4. Mitt.: Elastizitätsmodul und Kontraktion. *Pflügers Arch.* **212**, 31 (1926).
