

(Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg.)

Die Läppchen und Septa interlobularia der menschlichen Lunge.

Von
H. v. HAYEK.

Mit 9 Textabbildungen.

(Eingegangen am 24. Dezember 1939.)

Die Angaben in der anatomischen Literatur über die Läppchenstruktur der Lunge und die Septa interlobularia sind recht kurz und spärlich. Bei einer Untersuchung über die Lungengefäße, die später veröffentlicht wird, stellte sich heraus, daß diese Angaben überdies nicht durchwegs richtig sind.

Die Läppchen, die eine durchschnittliche Größe von 1 cm haben sollen (MÉREL Hdb.), sind durch eine bindegewebige Hülle voneinander getrennt und enthalten jedes die Endverzweigung eines kleinen Bronchus. Die Läppchengliederung ist in der foetalen Lunge deutlicher als beim Erwachsenen (HEISS, PETERSEN).

Die Verbindung der Läppchen soll nach RAUBER-KOPSCH fest sein, bzw. durch „derbes“ Bindegewebe (PETERSEN) hergestellt sein, während im Gegensatz dazu HYRTL angibt, daß sich die Läppchen besonders bei Embryonen von Säugetieren und vom Menschen leicht isolieren lassen. Die Septen sollen „etwas reichlicher“ kollagene Fasern enthalten als das übrige Lungengewebe (PETERSEN) und außerdem sieb- und gitterartige Blätter glatter Muskulatur (BALTISBERGER). In der Pathologie spielen die Septen eine gewisse Rolle, da sie bei der interstitiellen Pneumonie und beim interstitiellen Emphysem deutlich sichtbar werden durch die in ihnen herrschenden Entzündungserscheinungen oder die in ihnen sitzenden Luftbläschen.

Zur Untersuchung der Läppchen und ihrer Verbindung durch die Septen beim gesunden Erwachsenen eignen sich natürlich am besten die Lungen von jüngeren Hingerichteten, von denen mir einige zur Verfügung standen. Schon durch die Pleura sind die Läppchen besonders am ventralen Lungenrand deutlich sichtbar.

Die Pleura läßt sich leicht ablösen und zwar in zwei Schichten, von denen die dünnere oberflächliche (Endopleura, ARGAUD) vorwiegend aus collagenen Fasern besteht, die tiefere stärkere Schicht im wesentlichen aus einem starken elastischen Netz besteht. Beide Schichten lassen sich getrennt voneinander in Bändern abpräparieren entsprechend ihrer im Häutchenpräparat hervortretenden Faserrichtung. Diese Faserrichtung ist in den beiden Schichten verschieden. sie überkreuzen sich schräge. BLECHSCHMIDT hat die Faseranordnung der Pleura untersucht und beschrieben, doch scheint die Methode der präparatorischen Isolierung der Schichten Bilder zu zeigen, die über das hinausgehen, was BLECHSCHMIDT beschrieben hat. Ich möchte nur betonen, daß die Pleura, die vom Lungengewebe durch das subpleurale vorwiegend kollagene Gewebe getrennt ist, sich in gleicher Weise leicht von dem Lungengewebe wie von den Septen ablösen läßt.

Nach Ablösung der Pleura ist die Läppchenzeichnung wesentlich deutlicher zu sehen als vorher. Es gelingt ohne Schwierigkeit in die Septen einzudringen ohne das Lungengewebe zu verletzen und so die Läppchen voneinander zu lösen (Abb. I).

Zu dieser Untersuchung eignen sich gut in situ fixierte Lungen oder auch frische, die von der Trachea aus gebläht sind, wodurch man eine Kontrolle hat, ob man das eigentliche Lungengewebe bei der Präparation verletzt hat oder nicht.

Das Bindegewebe der Septen ist ein ganz lockeres zellarmes kollagenes Bindegewebe, das, wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, nur wenige elastische Fasern enthält, diese in der Nähe der kleinen Gefäße, meist Venen, die es durch-

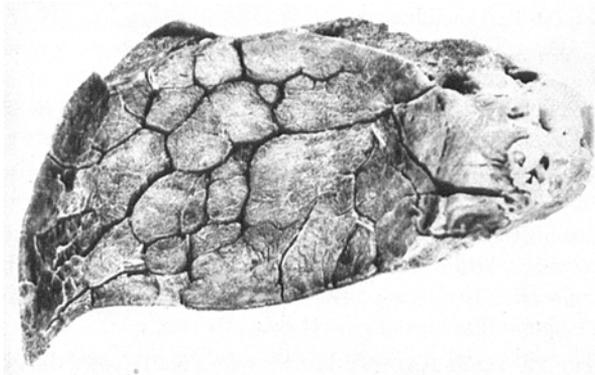


Abb. 1. Cardiale Fläche des rechten Mittellappens. Die Pleura und das interlobuläre Bindegewebe abpräpariert. In situ fixierte Lunge.

ziehen. Die Dicke der Septen und damit die Menge des Bindegewebes ist verschieden. Es ist verständlich, daß dieses außerordentlich lockere Gewebe die Grundlage für die Ausbreitung von Luft oder eitrigem Exsudat in Form des interstitiellen Emphysems oder der interstitiellen Pneumonie dienen kann.

Das außerordentlich leicht verschiebliche Bindegewebe gestattet eine Verschiebung der Läppchen gegeneinander, da die Läpp-

chen, wie an der luftgeblähten oder fixierten Lunge besonders gut erkennbar ist, mechanische feste Gebilde darstellen. Auch an der mit Pleura überzogenen Lunge läßt sich die gegenseitige Verschieblichkeit der Läppchen entsprechend ihren Septen zeigen. Die Anordnung des Bindegewebes der Septen ist eine solche, daß beim Auseinanderziehen der Läppchen die Fasern sich in der Nähe der Lungenränder meist parallel dem Lungenrand ausspannen, auch wenn das Septum schräg zum

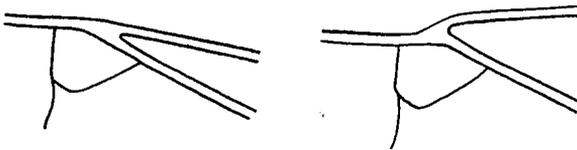


Abb. 2. Verschieblichkeit zweier Nachbarläppchen gegeneinander unter der Pleura.

Lungenrand verläuft. In einiger Entfernung von den Lungenrändern konnte ich eine regelmäßige Anordnung der Bindegewebsfasern jedoch nicht feststellen.

Die Verschiebung der festen Läppchen gegeneinander ist nicht immer eine solche parallel der

Pleuraoberfläche, da die Septen nicht immer senkrecht auf dieser Fläche stehen. So zeigt Abb. 2 die Verschieblichkeit des dünnen Randes eines Läppchens unter der Pleura gegen ein anderes Läppchen, das wiederum durch kleine Septen unterteilt ist. Wenn zwei Läppchen sich mit ihren dünnen Rändern gegeneinander verschieben, so können sie so ein dazwischen gelegenes drittes Läppchen ganz von der Oberfläche und der Pleura abdrängen (Abb. 3). Wenn ein Läppchen stärker gedehnt ist als die Nachbarläppchen (was man erreichen kann, in dem man mit einer Pipette mit Gummiballon einen kleineren Bronchus aufbläht, am frischen Objekt), so schiebt sich das ganze Läppchen gegen die Nachbarläppchen vor, Abb. 4, wie man es auch an der in situ fixierten Lunge manchmal beobachten kann (Abb. 5).

Die Größe und Form der Läppchen ist sehr verschieden, wie das Abb. 6 deutlich zeigt. Kleine, oft zungenförmig längliche Läppchen findet man an den scharfen Lungenrändern, die sich in die Sinus phrenico-costalis und costo-mediastinalis verschieben, größere etwas entfernt von den Rändern und in der Lungenspitze, während im dorsalen Teil der Lunge nahe dem Hilus eine Läppchenunterteilung auch am mikroskopischen Präparat nicht unterschieden werden kann. Man muß also im dorsalen Teil nahe dem Hilus ein Riesenäppchen unterscheiden von einer Größe von 4—5 cm in jeder Richtung. In dieses Riesenäppchen schneiden von verschiedenen Richtungen (Abb. 6) Septen mehr oder weniger tief ein, so daß die an das Riesenäppchen — das ich dorsales Hauptläppchen jedes Lappens nennen möchte — anschließenden kleineren Läppchen von dem Riesenäppchen auch oberflächlich nicht getrennt sind.

Die Trennung der Läppchen voneinander durch die Septen ist so wie die Trennung der Lappen voneinander durch die Fissurae interlobares verschieden ausgebildet. Die Septen können so wie die Fissuren bis auf den von Arterie und Bronchus gebildeten Stiel des Läppchens oder Lappens einschneiden oder weniger tief sein, so daß dann das elastische Lungengewebe der Nachbarläppchen oder Lappen in der Tiefe direkt zusammenhängt. Wenn die Septen bis auf den Läppchenstiel einschneiden, hängt das elastische Netzwerk der Lungenläppchen nicht so direkt zusammen wie dies PETERSEN (S. 567) angibt, sondern nur indirekt über das elastische Gewebe der Bronchien und Gefäße. Die Elastika der kleinen Bronchien hängt direkt mit dem elastischen Netzwerk der Lunge zusammen, ebenso wie das elastische Gewebe der kleineren Gefäße. Die Beziehung der größeren Gefäße, besonders der Arterien zum Lungengewebe, habe ich in einer anderen Arbeit besprochen (HAYEK 1940).

PETERSEN (S. 562) gibt an, daß die Septa interlobularia beim Erwachsenen im mikroskopischen Präparat weniger leicht sichtbar sind als beim älteren Fetus. Untersucht man jedoch Präparate von Lungenstückchen jener Abschnitte, wo die Septen überhaupt vorhanden sind (Lingula, Lungenränder) so findet man hier die Septen am mikroskopischen Präparat sehr deutlich sichtbar, wenn auch verhältnismäßig schmaler als beim Neugeborenen. Dort dagegen, wo die Septen bei der makroskopischen Präparation nicht erkennbar sind, fehlen sie tatsächlich vollkommen und man erkennt am mikroskopischen Präparat die ununterbrochene gleichmäßig zusammenhängende

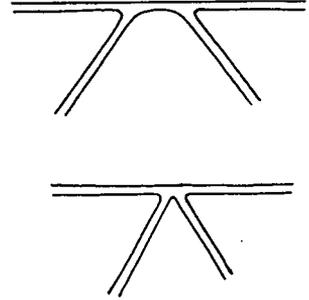


Abb. 3. Verschieblichkeit dreier Läppchen gegen die Pleura. Das mittlere Läppchen kann durch die beiden anderen von der Pleura abgedrängt werden, wodurch die Ausdehnung des Lappens in der Verschiebungsrichtung kleiner wird.

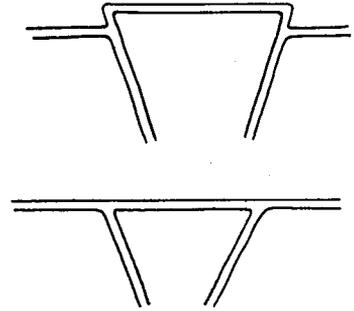


Abb. 4. Isolierte Blähung eines Läppchens unter der Pleura.

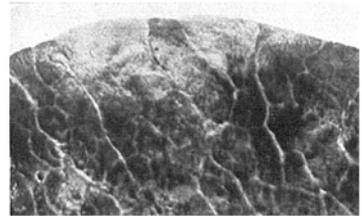


Abb. 5. Ventraler Rand des linken Oberlappens. Zwei geblähte Läppchen ragen gegen die Nachbarläppchen vor.

Struktur der elastischen Netze der Alveolenwände. Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß beim Neugeborenen die Lymphgefäße in den Septen zahlreicher sind als beim Erwachsenen (Abb. 7 und 8), sowie auch das lockere Bindegewebe in den Septen des Neugeborenen (Abb. 7) reichlicher ist als beim Erwachsenen (Abb. 8), bei dem in den kleineren Septen nur sehr wenig lockeres Bindegewebe mit wenigen Zellen gefunden wird.

Welche Bedeutung hat nun die Gliederung der Lunge in die gegeneinander leicht verschieblichen Läppchen und die ungleich starke Unterteilung der Lunge in diese einzelnen verhältnismäßig festen Bestandteile?



Abb. 6. Die dem Unterlappen zugewendete Fläche des rechten Mittellappens, Pleura und unterlobuläres Bindegewebe abpräpariert. Verschiedene Größe der Läppchen.

Um diese Frage zu erörtern, müssen wir davon ausgehen, auf welche Art und Weise es möglich ist, einen luftleeren Raum wie die Pleurahöhle mit einer luftgefüllten elastischen Blase ähnlich der Lunge auszufüllen. Auch ein runder Luftballon, der ähnlich wie die Lunge in den Thoraxraum eingefügt ist, wird sich allseits der Innenfläche der Thorax anschließen, wenn der Pleuraraum luftleer gepumpt wird. Die Umformung des kugelförmigen Luftballons und seine Anpassung an die Innenfläche des Thorax wird eine sehr verschiedene starke Dehnung der einzelnen Teile der Wand des Ballons zur Folge haben.

Die Lunge dagegen besitzt eine Eigenform, die der Form des Pleuraraumes weitgehend ähnlich ist, denn wenn man die aus dem Thorax herausgenommene Lunge bläht, so erhält man bekanntlich eine Form, die der Form der im Thorax fixierten Lunge sehr ähnlich ist und auch die Abdrücke der Blutgefäße (Aorta, subclavia usw.) bis in alle Einzelheiten zeigt. In manchen Lehrbüchern

wird diese Eigenform der Lunge gar nicht erwähnt, so daß daraus die Vorstellung erwächst, als ob die Lunge gar keine besondere Eigenform besäße und ihre Form nur von der Form des Thorax abhänge. Diese Eigenform beruht im wesentlichen auf dem Bau des elastischen Gewebes der Lunge, das vorwiegend in der Wand der Alveolen angeordnet ist und soviel wir wissen in der ganzen Lunge abgesehen von der Läppchenbildung im wesentlichen den gleichen Feinbau zeigt. In Spannung gehalten wird dieses elastische Gewebe durch die Luft, die von den Bronchien aus gleichmäßig auf alle Teile der Lunge wirkt. Es war daher von vornherein anzunehmen, daß sich die herausgenommene Lunge bei Erhöhung des inneren Luftdruckes auch gleichmäßig nach allen Seiten dehnt, eine Annahme, die durch die Versuche ROHRERS (1921) bestätigt wird, der gezeigt hat, daß auf die Außenseite der Lunge aufgedrückte Gummistempel von Kreisform beim Aufblähen der Lunge ihre Kreisform behalten. Danach ist es wahrscheinlich, daß wenigstens in einer Stellung des Thoraxraumes alle Teile der Lunge gleichmäßig

wie bei der herausgenommenen geblähten Lunge — gedehnt sind. Wenn aber die ganze Lunge ein einheitliches elastisches System darstellt, ist eine gleichmäßige elastische Dehnung der Lunge im Thorax in allen ihren Teilen nur dann möglich, wenn bei den Atmungsbewegungen der Innenraum des Thorax sich ebenfalls im

geometrischen Sinne ähnlich bleibt. Mindestens bei reiner Zwerchfellatmung ist aber eine geometrisch ähnliche Vergrößerung des Thoraxraumes gar nicht möglich, aber auch für andere Formen der Atmung ist dies gar nicht anzunehmen. Besonders gilt dies z. B.

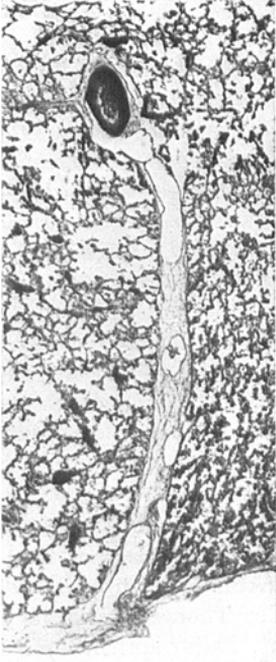


Abb. 7. Ein Septum interlobulare vom Neugeborenen mit zahlreichen Lymphgefäßen. In der Tiefe des Septums eine blutgefüllte Vene, hinter welcher das Lungengewebe kontinuierlich zusammenhängt. 30f.

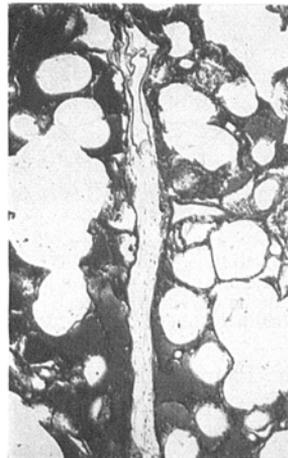


Abb. 8. Ein Septum interlobulare vom Erwachsenen. 40f. mit einem Lymphgefäß und wenig lockerem Bindegewebe.

auch für die sogenannte paradoxe Atmungsbewegung der Bauchwand, wenn beim Inspirium die Bauchwand eingezogen wird. Bei diesen Atmungsbewegungen mit unähnlicher Formänderung des Thoraxraumes würde die Lunge, wenn sie ein einheitliches elastisches System bildete in den verschiedenen Richtungen ungleichmäßig gedehnt werden. Das elastische System der Lunge ist nun aber in die Lappen und Läppchen unterteilt durch die Fissurae interlobulares und die Septen, die wie ich oben gezeigt habe ebenfalls den Charakter einer Verschiebefläche besitzen. Daß die Fissurae interlobulares der Verschiebung der Lappen gegeneinander bei der Atmung dienen, beschreibt schon BRAUS. Er gibt an, daß der Oberlappen bei der Inspiration auf dem Unterlappen nach abwärts gleitet. Ich möchte aber bezweifeln, daß die Art der Verschiebung der Lappen gegeneinander jeder Form der Atmung die gleiche ist, vielmehr scheint es mir wahrscheinlich, daß bei rein thorakaler Inspiration sich die Lappen umgekehrt gegeneinander verschieben als bei rein abdominaler Inspiration, da sich ja in dem einen Falle der Thorax nur in querer Richtung in dem anderen Falle nur in der Längsrichtung vergrößert.

Auch BLECHSCHMIDT (1936) gibt an, daß die Aufgabe der Lappen darin besteht, die ungleichmäßige Gestaltänderung der Lunge bei der Atmung zu ermöglichen. Bei der Inspiration rutschen die beiden ventralen Lappen nach seinen Angaben auf der *facies interlobaris* ausgiebig nach vorne herab. Interessant ist in diesem Zusammenhang eine abnorme Lappen- und Spaltbildung eines Unterlappens vom Neugeborenen, die ich in Abb. 9 wiedergebe. Der Unterlappen ist durch ein im allgemeinen frontal stehendes aber nach vorne ausgeknicktes Septum in zwei Lappen geteilt. Der hintere dieser Lappen schneidet nun keilförmig in den vorderen ein. Eine Verschiebung dieser Lappen gegeneinander ist nun in der Weise vorstellbar und am in Situ fixierten Präparat auch durchführbar, daß der vordere Lappen nach vorn und rückwärts gleitet, wobei sich der keilförmige Abschnitt des hinteren Lappen in dem entsprechenden Einschnitt des vorderen sich etwa so verhält wie der Lungenrand in dem Komplementärraum, das heißt der Einschnitt wird sich mehr oder weniger weit öffnen und schließen. Der Spalt schneidet nicht bis auf den Hilus durch, so daß eine schraubige Verdrehung der Lappen gegeneinander stattfinden muß, wie sie auch BLECHSCHMIDT für die normalen Lappen beschreibt.

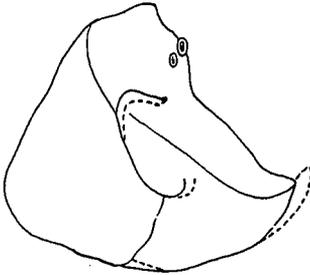


Abb. 9. Varietät des rechten Unterlappens. Teilung durch eine überzählige Fissur in zwei Lappen und deren gegenseitige Verschieblichkeit.

Die Eigenform der ganzen Lunge wird wiederum bedingt durch die Eigenformen der einzelnen Läppchen, die so aufeinander abgestimmt sind, daß bei Blähung der herausgenommenen Lunge die Läppchen nur wenig auseinander klaffen, auch wenn die darüber-

ziehende Pleura über den Septen entfernt ist (Abb. 1 und 6). Die Pleura über den Septen wird also bei einer Erweiterung des Thoraxraumes die der Eigenform der Lunge ähnlich ist nur wenig beansprucht. Dafür spricht auch das die abpräparierte Pleura über den Septen keine wesentliche andre Struktur zeigt als über den Läppchen. Die lockere Verbindung der Pleura mit dem elastischen Stützgewebe der Lunge wird eine gleichmäßige Beanspruchung der ganzen Pleura ermöglichen. Ein Heruntergleiten des Oberlappens auf den Unterlappen wird für die Gesamtform der Lunge bedeuten, daß sich ihr Längsdurchmesser gegen den sagittalen verkürzt und umgekehrt, ein Hinaufgleiten des Oberlappens auf dem Unterlappen, daß sich der Längsdurchmesser der ganzen Lunge gegen den sagittalen Durchmesser vergrößert.

Eine ähnliche Rolle wie die Lappen für die Gesamtform der Lunge spielen die Läppchen für die Form des einzelnen Lappens. Es scheint mir wahrscheinlich, daß die sich in die Pleurasinus vorschiebenden Teile der Lappen eine unähnliche Formänderung durchmachen müssen, so daß dabei eine Verschiebung der Läppchen gegeneinander nötig ist, um eine möglichst gleichmäßige Spannung des elastischen Lungengewebes in allen Teilen zu erreichen. In dem massigen Teil der Lunge dagegen, der von den scharfen Lungenrändern entfernt liegt, scheint mit ein Ausgleich der Spannungen im Lungengewebe ohne Läppchenverschiebung viel eher möglich, und es wäre danach verständlich, daß in diesen Abschnitten viel weniger Septen, d. h. Verschiebflächen zwischen den Läppchen ausgebildet und die Läppchen selbst viel größer sind.

Außer für die Formänderung der Gesamtlunge wird die Verschieblichkeit der Läppchen auch eine Rolle spielen, wenn lokal die Ausdehnungsfähigkeit der Lunge behindert ist. Bei lokalen Verwachsungen (SEEMANN 1929) findet sich in dem Bereich

von Pleuraverwachsungen das Bild kollabierten Lungengewebes, so daß sich die normal erweiternden Abschnitte sich gegen das kollabierte werden verschieben müssen ähnlich wie ich es durch Aufblähen eines kleinen Bronchus mit Luft gezeigt habe (Abb. 4).

Aber auch physiologische Atelektasen sollen nach SEMANN vorkommen, hier wird die Verschieblichkeit der Lappchen die gleiche Rolle spielen.

Diesen sogenannten physiologischen Atelektasen entsprechend finde ich an der Lunge eines Hingerichteten, die in Situ mit Formol-Alkohol fixiert war, einzelne Lappchen stark luftgefüllt, dazwischen andere, die beinahe luftleer sind. Die luftgefüllten ragen dabei an der Oberfläche über die Oberfläche vor (Abb. 5), woraus hervorgeht, daß auch hier eine Verschiebung der einzelnen Lappchen gegeneinander entsprechend den Septen stattgefunden haben muß.

Das gleiche wird der Fall sein, wenn bei Verstopfungsatelaktase durch Verlegung eines Bronchus ein Lappchen zusammensinkt.

Auch bei teilweiser Gefäßsperrre in der Lunge, die nach KUHLMANN bei Asthma bronchiale vorkommen soll (sie wurde im Röntgenbild beobachtet), wird der weniger durchblutete Abschnitt eine andere Spannung besitzen als der normale, so daß auch hier Verschiebungen der Lappchen die Folge sein werden.

Solche Gefäßsperrren scheinen sich entsprechend den Lappchen abzugrenzen, da PFEIFER (1934) angibt, daß in der Abgrenzung der unterschiedlich gefüllten Lungenabschnitte die Septen eine wichtige Rolle spielen.

Wenn bei der interstitiellen Pneumonie das Verschiebewebe der Septen mit Exsudat durchsetzt ist, werden seine Fasern angespannt und damit die Verschieblichkeit der Lappchen eingeschränkt werden; das trägt natürlich zur Erhöhung der Konsistenz des erkrankten Lungenabschnittes bei.

Zusammenfassung.

Die Lappchen der Lunge bilden *mechanisch feste Elemente*, deren Grundlage aus dem elastischen Netzwerk besteht, das wiederum vom intrapulmonalen Luftdruck in Spannung gehalten wird.

Die diese Lappchen trennenden *Septa interlobularia* bestehen aus lockerem Bindegewebe, das als Gleitgewebe oder *Verschiebeschicht* zu bezeichnen ist.

Die Größe der Lappchen ist sehr stark verschieden, kleinere finden sich in den Lungenrändern, die größten im dorsalen Teile nahe dem Hilus.

Die *Bedeutung der Lappchen liegt in ihrer gegenseitigen Verschieblichkeit, die bei der geometrisch unähnlichen Formänderung des Thoraxraumes* eine Rolle spielt und eine gleichmäßigere Anspannung des elastischen Lungengewebes ermöglicht als dies ohne die Lappchenunterteilung möglich wäre. Die ungleiche Größe der Lappchen hängt mit der ungleichen Formänderung der verschiedenen Teile des Thoraxraumes zusammen.

Schrifttum.

BALTISBERGER: Z. Anat. **61**, 271 (1921). — BLECHSCHMIDT: Z. Anat. **105**, 14 (1936). — BRAUS: Anatomie, Bd. 2, S. 185, 1924. — HEISS: Handbuch der mikroskopischen Anatomie, herausgeg. von MÖLLENBÖRFF, Bd. V/3, S. 778. — KUHLMANN: Dtsch. med. Wschr. **1939 II**. — MERKEL: BARDELEBENS Handbuch der Anatomie, Bd. VI/1, S. 98. — PETERSEN: Histologie und mikroskopische Anatomie, S. 562ff. 1935. — PFEIFER: Z. Kreislaufforsch. **26**, 906 (1934). RAUBER-KOPF: Anatomie, Bd. 4, 14. Aufl., S. 213. — ROHRER: Schweiz. med. Wschr. **1921 II**. Zit. nach BLECHSCHMIDT. — SEEMANN: Beitr. path. Anat. **81**, 514 (1929). — Histobiologie der Lungenalveole, S. 25. Jena 1931.