(Aus dem Anatomischen Institut zu Tübingen.)

Über die glatte Muskulatur der menschlichen Lunge.

Von

Dr. med. **Wilhelm Baltisberger**,
Prosektor am Anatomischen Institut Tübingen.

Mit 18 Textabbildungen.

(Eingegangen am 23. Februar 1921.)

Einleitung.

Unter der glatten Muskulatur der Lunge verstand man, seitdem sie ein Gegenstand des Interesses geworden war, bisher stets diejenige Muskulatur, welche die Äste des Bronchialbaums bis in seine letzten, alveolentragenden Zweige begleitet.

Seit einer Reihe von Jahren ist es jedoch am hiesigen anatomischen Institut bekannt, daß in der menschlichen Lunge außer der Muskulatur, welche die Äste des Bronchialbaums umgibt, auch eine Muskulatur des interstitiellen Lungengewebes in reichlicher Menge sich findet. Da dieselbe in den mikroskopischen Kursen Jahr für Jahr zum Vorschein kam, so konnte es sich dabei nicht etwa nur um zufällige, belanglose Befunde handeln, die, der Erwähnung kaum wert, übergangen werden durften. Man gelangte vielmehr je länger je mehr zu der Überzeugung, daß sie als ein integrierender Bestandteil der menschlichen Lunge anzusehen sei.

Auf Wunsch von Herrn Professor Heidenhain habe ich daher, nachdem schon Frau Dr. Loebner sich mit der Sache beschäftigt, sie aber aus äußeren Gründen wieder hatte fallen lassen, den Gegenstand einer systematischen Prüfung unterzogen.

Es wurde dabei sehr bald notwendig, aus verschiedenen Gründen, auch der Muskulatur des Bronchialbaums, vor allem seiner peripheren Verzweigungen, volle Aufmerksamkeit zu schenken. Es galt nämlich zunächst die Frage zu entscheiden, ob es überhaupt zulässig sei, zwischen einer Muskulatur des Bronchialbaums und einer des Interstitiums zu unterscheiden. Weiterhin stellte sich heraus, daß das Abbildungsmaterial über die Bronchialmuskulatur, wie es sich in den Lehrbüchern der Anatomie und Histologie bis jetzt findet, in ungemeinem Grade der Verbesserung bedürftig ist, und bei Lösung dieser Aufgabe mußte ich Stellung nehmen zu der Frage, wie weit nach der Peripherie hin die Bronchialmuskulatur sich erstreckt und ob sie auch auf die Alveolen sich ausdehnt.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich demnach in zwei Teile. Der erste befaßt sich mit der Muskulatur des Bronchialbaums, insbesondere seiner letzten mit Alveolen besetzten Zweige (Muskulatur des Lungenparenchyms), der zweite hat die Muskulatur des interstitiellen Gewebes der Lunge zum Gegenstand.

Erster Teil.

1. Literaturübersicht über die Muskulatur des Bronchialbaums.

Über das Vorkommen der Muskulatur an den Bronchien und Bronchiolen bestanden von Anfang an keine Zweifel. Dagegen ging der Streit um die Frage, ob den Alveolargängen und ihren blinden Enden, den Infundibula, noch Muskulatur zukomme, und ob auch die Alveolen in ihrer Wand Muskulatur besitzen.

Stieda²⁹⁾ war der Ansicht, daß die Alveolargänge keine Muskulatur in ihrer Wand beherbergen; dagegen traten Kölliker^{15 u. 16)}, Donders⁴⁾, F. E. Schulze²⁷⁾, Eberth⁶⁾, Miller²¹⁾, J. Müller²³⁾ dafür ein, lehnen jedoch eine Muskulatur der Infundibula ab. Hirschmann¹¹⁾ (für die Ferkellunge) und Rindfleisch²⁵⁾ fanden auch an den Infundibula Muskulatur; Moleschott²²⁾, Gerlach⁷⁾, Piso - Borme²⁴⁾, Kölliker¹⁴⁾ (nur anfangs) waren der Ansicht, daß in der eigentlichen Alveolarwand auch glatte Muskelzellen zu finden seien.

Historisch betrachtet, gehören die Forscher, die sich für eine in den Alveolarwänden befindlichen Muskulatur einsetzten, der Zeit an, da man in der mikroskopischen Anatomie sich sehr viel mit der Untersuchung von Zupf- und Isolationspräparaten abgab, wodurch vielleicht zum Teil die Meinungsverschiedenheiten erklärbar sind: Moleschott erwähnt im Jahr 1845 das Vorkommen glatter Muskelfasern in der Wand der Alveolen und Kölliker bestätigte seine Befunde zunächst. Gerlach schreibt 1848 in seinem Handbuch, er habe glatte Muskelfasern, welche denselben Anblick wie die in den Bronchialästchen vorkommenden gewähren, mit größter Bestimmtheit in den Wandungen der Lungenbläschen des Schafes unterscheiden können, habe auch in der Lunge eines zweijährigen Kindes dieselben gefunden; von einer Verwechslung mit Bindegewebe könne keine Rede sein.

Moleschott setzte seine Untersuchungen über diesen Gegenstand fort und trat im Jahre 1860 mit einer neuen Arbeit hervor. Er hatte einerseits Zupfpräparate, welche mit Essigsäure vorbehandelt waren, andererseits aber auch Schnitte von aufgeblasenen und getrockneten Lungen, die vier Monate lang in einer starken Essigsäuremischung gelegen hatten, hergestellt. „Untersucht man“, so führt er aus, „auf die angegebene Weise die Wand der Lungenbläschen, dann findet man, daß die Muskelfasern in der Schweinelunge am häufigsten, weniger häufig in der Ochsenlunge und am seltensten in der Menschenlunge zu finden sind; aber sie finden sich in allen dreien.“ Eine Verwechslung mit Gefäßendothelien und spindelförmigen Epithelzellen hält er für ausgeschlossen, zumal er seine Diagnose nicht nur auf die Gestalt des Kernes, sondern auch auf einzelne Charakteristica des Zelleibes der Muskelfasern zu gründen suchte. Er bedauerte dabei sehr, daß so ansehnliche Mikroskopiker wie Kölliker, Donders u. a. „ihre Stimmen in die entgegengesetzte Wagschale legen“; denn es sei dann nicht zu verwundern, wenn die negative Angabe eine Art Bürgerrecht in den Handbüchern erwerbe.

Für die Ansicht Moleschotts trat als letzter Piso - Borme im Jahre 1870 ein, indem er dessen Untersuchungsbefunde vollkommen bestätigte, nachdem er die Lunge nicht bloß beim Menschen und bei einer Reihe von Säugetieren, sondern auch bei Vögeln und Amphibien durchmustert hatte. „Mit größter

Bestimmtheit“, so erklärt er, „habe ich in allen diesen Wirbeltierklassen glatte Muskelfasern in der Wand der Alveolen beobachtet. Es gelang mir, inmitten der elastischen Fasern der Bläschenwand hier und da zerstreute Muskelfasern zu beobachten, die an der Stäbchenform ihrer Kerne deutlich sichtbar waren. Die Menge der Muskelfasern fand ich am größten in den Lungenbläschen des Schweines nicht nur im Vergleich zum Ochsen und Menschen, sondern auch zu allen anderen Säugetieren.“

Seit diesem Autor hat sich kein Untersucher mehr auf die Seite Moleschotts gestellt; vielmehr stimmten alle mehr oder weniger, was diesen Punkt anlangt, den Veröffentlichungen Köllikers zu, welcher schon etwa zwei Jahre, nachdem er Moleschotts Untersuchungen bestätigt hatte, diese seine bisherige Ansicht widerrief. In seiner „mikroskopischen Anatomie“ spricht er sich folgendermaßen darüber aus: „Ich habe schon vor einigen Jahren (in Bd. I der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie) eine früher von mir über diesen Gegenstand gemachte Behauptung zurückgenommen und muß auch jetzt nach erneuten Untersuchungen mit Adriani und Cramer gegen die Existenz solcher Muskelfasern mich aussprechen. Die zahlreichen länglichen oder rundlichen Kerne, die man namentlich nach Behandlung mit Essigsäure in den Wandungen der Alveolen sieht, gehören ganz bestimmt den Capillaren derselben an und haben mit denen von glatten Muskelzellen nichts gemein. Bei Amphibien, wie beim Frosch, finden sich dagegen zahlreiche glatte Muskelfasern in den vorspringenden Balken, die die Eingänge der Alveolen begrenzen, was jedoch begreiflicherweise für die Verhältnisse größerer Tiere keine Anhaltspunkte geben kann.“ Doch ging Kölliker in dieser seiner neuen Behauptung zu weit, wenn er meinte, auch in den vorspringenden Balken, die die Eingänge der Alveolen begrenzten, keine Muskulatur anerkennen zu dürfen; denn in der Lunge des Hingerichteten Holleber fand er später, daß „alle Alveolengänge mit Leichtigkeit zarte Züge glatter Muskulatur erkennen ließen, die vorwiegend zirkulär liegen und außerdem am Eingang einer jeden wandständigen Alveole und eines jeden Infundibulums einen Ring bildeten, der wie ein Schließmuskel erschien. Dagegen fehlten in den Alveolarwandungen und in den die Alveolen eines Infundibulums trennenden Leisten die Muskeln ganz und gar“.

Auch Donders konnte in der Wand der Lungenbläschen keine Muskulatur finden und hält darum die Ansicht Moleschotts für irrig. Dagegen stellte er fest, daß die Muskelbündel, die an den Bronchien sich finden, peripherwärts sich sicher bis in die Nähe der Infundibula erstrecken.

F. E. Schulze schloß sich der Köllikerschen Ansicht ganz an, so daß letzterer in seiner oben zitierten Arbeit¹⁶⁾ nachträglich sagen konnte, er befinde sich in der Frage, die Muskulatur der Alveolargänge betreffend, mit F. E. Schulze in voller Übereinstimmung.

Eberth und J. Müller, welche nur Tierlungen (Katze, Schaf, Rind) untersuchten, führten ihre Befunde, die sich mit den Befunden Kölliker und F. E. Schulzes decken, näher aus. Sie sprachen sich ebenfalls dahin aus, daß um die Mündungen der wandständigen Alveolen herum ringförmige Muskeln existieren. Doch äußerten sie sich über die Frage der Muskulatur der eigentlichen Alveolarwandungen lediglich in sehr zurückhaltender Weise.

Miller endlich, der sich eingehend mit der Systematik der Lunge beschäftigt und auf Grund seiner Untersuchungen eine neue Nomenklatur vorgeschlagen hatte, äußerte sich ähnlich wie F. E. Schulze und Köl liker; er fand die Muskulatur an dem von ihm genannten „terminal bronchus“, welcher dem distalen Abschnitt des Alveolarganges Köl likers entspricht, in ganzer Ausdehnung, jedoch von dort an peripherwärts nicht mehr.

Mit den zuletzt genannten Autoren zwar einig, selbst aber noch weitergehend, traten Hirschmann und Rindfleisch dafür ein, daß auch die Infundibula von Muskulatur umkreist seien. Hirschmann untersuchte die Ferkellunge; er fügte seiner Arbeit zwei instruktive Zeichnungen bei, deren eine zeigt, wie die freien Ränder der Alveolen eines Infundibulums von Muskulatur umsäumt sind. Dagegen enthalten in dieser Figur die häutigen Alveolarwandungen keine Muskelfasern. Leider drückte er sich im Text etwas unklar aus, indem er immer von der Muskulatur der Alveolarwand spricht und dabei anscheinend die im freien Rand der Alveolarsepten gelegene meint, weshalb ihn Schulze unter die Anhänger Moleschotts rechnet. Man kann sich überhaupt des Eindrucks nicht erwehren, daß die älteren Autoren, wenn sie ihren Arbeiten jeweils einige gute Abbildungen beigelegt hätten, wohl eher übereingekommen wären.

Als feststehend darf, um kurz zusammenzufassen, folglich gelten, daß die Zweige des Bronchialbaums einschließlich der Alveolargänge Köl likers eine mehr oder weniger genau ringförmig angeordnete Muskulatur besitzen, daß ferner in den freien, die Mündungen der wandständigen Alveolen umgebenden Rändern ebenfalls Muskulatur vorhanden ist, die manchmal zirkulär um die besagten Öffnungen herumläuft.

2. Eigene Untersuchungen.

a) Material und Technik.

Die Untersuchungen wurden an einer Lunge vorgenommen, welche von einem hier in Tübingen am 10. XI. 1900 hingerichteten 25 jährigen Mann stammt. Die Konservierung des Materials geschah durch Prof. Heidenhain in der Weise, daß das Organ sofort nach der Entnahme aus dem Körper mit 96 proz. Alkohol aufgefüllt und in solchem aufbewahrt wurde. Zur histologischen Untersuchung dienten Stücke aus verschiedenen Teilen der Lunge, welche ausschließlich in Paraffin eingebettet wurden. Als optimale Schnittdicke erwiesen sich 10—15 μ . Dickere 35 μ starke Schnitte wurden nur angefertigt zu dem Zweck, möglichst große Teile der Alveolarwandungen bequem übersehen zu können. Es wurde ausschließlich in Serien geschnitten und grundsätzlich senkrecht zu den Bronchien, um auch im einzelnen Schnitt eine Orientierungsmöglichkeit zu haben. Die dicken Schnitte färbte ich mit Delafieldschen Hämatoxylin oder Azocarmin. Zur Färbung der Mehrzahl der Präparate kam die Heidenhainsche Azocarmin-Anilinblaumethode⁸⁾ in Anwendung, welche allerdings in Anbetracht der Fixierung mit Alkohol etwas modifiziert werden mußte, weil sich zeigte, daß die Zellkerne das Azocarmin nicht so fest hielten, wie sie es nach Anwendung von sublimathaltigen Fixierungsgemischen zu tun pflegen. Der Gang der Färbung war kurz folgender: Die vom Paraffin befreiten Schnitte wurden 1½ Stunden in Azocarmin kalt angefärbt und hernach ganz kurz mit einer

1 promilligen alkoholischen Anilinlösung abgespült. Die nachfolgende Entfärbung des Bindegewebes besorgte eine 5proz. Phosphorwolframsäurelösung in zwei bis drei Stunden. Um schließlich Bindegewebe und Muskelfasern in Kontrast zu bringen, brachte ich die Schnitte in eine 16fach verdünnte Anilinblaulösung, worin sie unter Kontrolle des Mikroskops ungefähr 30 Minuten verblieben. Nach gelungener Färbung waren die Kerne leuchtend, die glatten Muskelfasern etwas blasser rot, das Bindegewebe und die elastischen Fasern an den Alveolargängen leicht blau gefärbt.

Die Annahme, daß diese Lunge bei der histologischen Untersuchung ein normales Bild ergeben würde, erwies sich als richtig; die Schleimhaut der Bronchien bis hinaus in die kleinen Verzweigungen war tadellos erhalten, die Flimmerhaare des Epithels überall gut sichtbar. Irgendeine Infiltration der Bronchialwand oder des Lungenparenchyms fand sich nicht, abgesehen von den stets vorkommenden Anhäufungen lymphatischen Gewebes, dessen Anwesenheit zum normalen Bild der Lunge gehört. Nur eine von der Norm abweichende Eigentümlichkeit konnte ich beobachten, auf welche auch Kölliker in seiner Arbeit über die Lunge des Hingerichteten Holleber aufmerksam gemacht hatte. Diese besteht darin, daß in einzelnen Alveolen, welche so gut wie ausschließlich von einem niedrigen kubischen Epithel ausgekleidet waren, eine Menge abgestoßener Epithelzellen von ziemlich großer, runder Gestalt sich fand, ein- oder zweikernig, zuweilen mit schwarzen Körnchen beladen.

b) Nomenklatur.

Um im folgenden Unklarheiten und Mißverständnisse zu vermeiden, bedarf es zunächst einer Feststellung der Nomenklatur. Die Mannigfaltigkeit in der Verzweigung des Bronchialbaums, insbesondere seiner letzten Äste, zwingt mit Notwendigkeit, die Namengebung möglichst so zu gestalten, daß sie einerseits zwar einfach ist, andererseits aber doch allen zu beobachtenden Variationen in der Verzweigung Rechnung trägt. Ich halte mich dabei an die Untersuchungen Köllikers und F. E. Schulzes und verstehe unter einem Bronchiolus respiratorius denjenigen Teil des Bronchialbaums, welcher sich an die kleinen Bronchiolen anschließt, außer den charakteristischen Merkmalen eines gewöhnlichen Bronchiolus von weniger als 1 mm Durchmesser auch noch wandständige Alveolen aufweist und gleichzeitig eine Umwandlung des Flimmerepithels in niedriges flimmerloses bzw. respiratorisches Epithel erkennen läßt.

Die Alveolen treten dabei zuerst nur an einer Stelle der Wand auf. Diese ist nach meinen Beobachtungen dadurch charakterisiert, daß sie dem Abschnitt der Bronchioluswand direkt gegenüber liegt, an dessen Außenseite der zugehörige Arterienast aus der Pulmonalis in paralleler Lagerung entlang läuft. Nach der Peripherie hin nehmen die Alveolen an Zahl ständig zu, bis schließlich der ganze Umfang des Rohres von ihnen besetzt ist. An dieser Stelle verläßt auch der genannte Arterienast seinen bisherigen Standort, indem er vom Bronchiolus respiratorius etwas abrückt und sich gewöhnlich in mehrere Äste aufspaltet.

Die Alveolen des Bronchiolus respiratorius sind in der Regel von Anfang an mit respiratorischen Epithelien ausgekleidet. Nur gelegentlich finden sich

als eine Art Zwischenstadium unter den jeweils zuerst auftretenden solche, deren Innenwand mit kubischem Epithel überzogen ist (Abb. 2).

Entsprechend der Zunahme der Alveolen an Zahl und Größe findet an dem von Alveolen freien Teil der Wand eine Umwandlung des Epithels statt, derart, daß letzteres zunächst seine Wimpern verliert, dann kubisch wird und schließlich in ein flaches Epithel (Pflasterepithel Kollikers) sich umwandelt. Ungefähr von da ab, wo die Alveolen etwas mehr als den halben Umfang des Bronchiolus respiratorius besetzt halten, findet sich nur noch wimpernloses Epithel, welches nach der Peripherie zu dauernd an Höhe verliert. Sobald aber die Alveolen sich auf den ganzen Umfang zu erstrecken beginnen, ist es kubisch bis flach. Für den Endabschnitt des Bronchiolus respiratorius können demgemäß drei Merkmale angeführt werden: 1. Die Alveolen sind im Begriff, vom ganzen Umfang des Rohres Platz zu ergreifen. 2. Das Epithel an dem von Alveolen freien Wandteil ist kubisch bis flach geworden. 3. Der zugehörige Pulmonalarterienast entfernt sich aus seiner bisherigen Lage.

Sind diese Bedingungen erfüllt, so hat der Bronchiolus respiratorius die Charakteristica erlangt, die ihm Anspruch auf die Bezeichnung Alveolargang verleihen. Gleichzeitig teilt er sich an dieser Stelle vielfach in mehrere Zweige, die man nun Alveolargänge heißt. Doch es kann sich ereignen, daß die Teilung etwas weiter zentralwärts eintritt, so daß die neuentstandenen Gänge strenggenommen die Bezeichnung Alveolargang noch nicht verdienen. Nach einem kurzen Verlauf jedoch haben auch in diesen Fällen die Alveolen vom ganzen Umfang Platz ergriffen.

In den Alveolargängen halten sich die niedrigen Epithelien zunächst noch in größeren, später in kleineren Verbänden auf den die Alveolen voneinander trennenden Zwischenwänden, welche anfangs eine recht beträchtliche Breite besitzen können. Späterhin sind auch diese Zwischenwände von respiratorischem Epithel überzogen.

Die Alveolargänge endigen blind, indem sie sich manchmal etwas erweitern, als sog. Infundibula (Kolliker) oder Alveolarsäckchen (F. E. Schulze). Nach letzterem Autor besitzen sie auch seitliche kleine Ästchen, denen derselbe Name zukommt. Doch ich konnte mich von ihrem Vorkommen in der menschlichen Lunge nicht restlos überzeugen. Dagegen fand ich des öfteren, daß ein Alveolargang sich in zwei symmetrisch gelegene Infundibula teilt. M. E. ist diese letztere Bezeichnung überflüssig; denn es handelt sich ja, wenigstens in der menschlichen Lunge, gar nicht um einen besonderen Abschnitt, sondern stets nur um die blinden Endabschnitte der Alveolargänge.

e) Muskulatur der Bronchien und Bronchiolen.

Wie schon eingangs erwähnt, stehen Anordnung und Verlauf der Muskulatur an Bronchien und Bronchiolen fest, und ich bin, soweit ich mich mit diesem Punkte befaßt, mit den neueren Autoren einig, daß sie nicht ringförmig verläuft, sondern ein mehr oder weniger engmaschiges Geflecht bildet, und daß sich manchmal einzelne Muskelbündel kreuzen, ohne miteinander in Verbindung zu treten.

Um nun aber darüber ins klare zu kommen, wie steil die einzelnen das Geflecht zusammensetzenden Muskelbündel verlaufen, muß man versuchen, mit

Hilfe geeigneter Tangentialschnitte die Muskulatur so zu treffen, daß möglichst große Abschnitte davon in der Schnittebene liegen, so daß der Winkel, den sie mit der Horizontalen bilden, direkt gemessen werden kann. Oder aber, man sucht in seinen Präparaten nach Schiefschnitten durch Bronchien oder Bronchiolen, welche bei einer Schnittrichtung senkrecht auf die großen Bronchien häufiger sind, als reine Tangentialschnitte. Entsprechend dem Umstand, daß die Bronchialzweige im allgemeinen von zylindrischer Form sind, stellen die Schnittfiguren Ellipsen dar, und es ist zu erwarten, daß dieselben bei geeigneter Schnittrichtung Querschnitte von Muskelbündeln in ihrer Wand aufweisen, mit Hilfe deren dann die tatsächliche Verlaufsrichtung der Bündel festgestellt werden kann.

Von einer Ellipse, welche, im Raume aufgestellt, mit der Horizontalen einen gewissen Winkel bildet, wissen wir, daß ihre Projektionsfigur einen Kreis ergibt, dessen Durchmesser gleich ist dem kleinen Durchmesser der Ellipse, während das Verhältnis des großen Ellipsendurchmessers zum Kreisdurchmesser durch den Kosinus des Winkels näher bezeichnet ist, den die Ellipse mit der Ebene bildet, in einer kurzen Formel ausgedrückt:

$$\cos \text{ des Neigungswinkels der Ellipse } = \frac{\text{Kreisdurchmesser}}{\text{gr. Ellipsendurchmesser}}$$

Zur Veranschaulichung des Gesagten diene Abb. 1.

Der Zylinder mit dem Durchmesser a stelle einen Bronchus dar. Die schief in den Zylinder hereingestellte Ellipse entspreche einem Schiefschnitt durch den Bronchus. Der Neigungswinkel sei α . M stelle ein Muskelbündel des den Bronchus umgebenden Muskelgeflechts dar, welches mit der Ebene den Winkel β bildet. Es ist also $\cos \alpha = \frac{a}{b}$, d. h. α ist um so größer, je größer die Differenz zwischen kleinem und großem Ellipsendurchmesser ist.

Trifft man demgemäß in einem Präparat einen elliptisch aussehenden Schrägschnitt durch einen Bronchus an, der gleichzeitig genau quergeschnittene Muskelbündel in seiner Wand zeigt, dann heißt das so viel, daß diese Muskelbündel senkrecht auf der Schnittebene stehen. Durch direkte Messung von a und b erfahren wir die Größe des Winkels α . Der Winkel β selbst ist gleich der Differenz zwischen einem Winkel von 90° und dem Winkel α .

Abb. 1. Schema zur Bestimmung des Winkels, den die Muskelbündel in der Wand eines Bronchus oder Bronchiolus mit der Horizontalen bilden.

a Durchmesser des Bronchialrohres; b großer Durchmesser des elliptischen Schiefschnittes. α = Winkel, den die Schnittebene mit der Horizontalen bildet, β = Winkel, unter welchem das Muskelbündel M zur Horizontalen steht.

d) Muskulatur der Bronchioli respiratorii.

Den bisherigen Betrachtungen zufolge ist es unschwer, sich ein Bild davon zu machen, wie sich der Verlauf der Muskulatur gestalten muß, wenn aus einem gewöhnlichen Bronchiolus ein Bronchiolus respiratorius entstanden ist; wird doch ein Unterschied im Aufbau zunächst nur dadurch hervorgerufen, daß in

letzterem zuerst eine und dann mehrere Alveolen auftreten, welche ihren Weg durch die Maschen des schon vorhandenen Muskelgeflechts nehmen. Die immer zahlreicher und größer werdenden Alveolen bringen es aber mit sich, daß die bisher vorwiegend spitzwinkligen Maschen des Geflechts ausgeweitet werden. Die Bündel, welche die einzelnen Maschen begrenzen, treten aus ihrer Schräglage teils mehr in eine Quer-, teils in eine Längslage, und der geflechtartige Charakter tritt damit noch besser in den Vordergrund (Scymonowicz). Gleichzeitig ändern sich Form und damit Querschnitt der Bündel. Während sie nämlich

Abb. 2. Stück aus der Wand eines Bronchiolus respiratorius, Schnittrichtung quer zum Verlauf der Muskulatur. Vergr. 288,3 fach.

m_1 bis m_4 Muskelbündelquerschnitte, s_1 bis s_3 Alveolenzwischenwände, Höhe des kubischen Epithels $8,1\mu$, Dicke der Muskelbündel m_1 und m_4 je 28μ , m_2 49μ und m_3 41μ , Querspannung der Alveole a $51,7\mu$.

an den Bronchien und Bronchiolen von bandartiger Gestalt sind, werden sie hier oval oder drehrund; sie nehmen also zwar an Breite ab, dafür aber gelegentlich an Dicke sogar zu.

Zur Veranschaulichung des Gesagten dienen die Abb. 2, 3 und 4. Abb. 2, einer Serie durch die Teilungsstelle eines Bronchiolus respiratorius entnommen, zeigt zwei Muskelbündel m_2 und m_3 im Querschnitt, die Bündel m_1 und m_4 in Schieferschnitt. Die Zelleiber der Muskelzellen, in verschiedener Höhe durchschnitten, liegen dicht beisammen, voneinander durch Bindegewebslamellen getrennt. Die Betrachtung der übrigen Schnitte dieser Serie ergibt, daß m_1 mit m_3 verschmilzt, während m_1 sich weiter von m_2 entfernt, um mit einem Nachbarbündel sich zu vereinigen. Allein schon daraus geht die geflechtartige Anordnung die-

ser Muskulatur hervor. Nebenbei sei darauf aufmerksam gemacht, daß die Alveole a von einem kubischen Epithel ausgekleidet ist.

Abb. 3 gibt eine Übersicht über die Endverzweigungen des Bronchialbaumes. Wir betrachten zunächst nur den oberen Abschnitt derselben. br_1 und br_2 stellen zwei Bronchioli respiratorii dar, welche bei T' sich voneinander trennen. Eine räumliche Betrachtung der Abbildung würde ergeben, daß der von ihnen gebildete Teilungswinkel etwas mehr als 90° beträgt. br_1 ist etwa quer, br_2 ungefähr längs getroffen, letzterer jedoch nahe an seinem unteren Umfang; wie nämlich die Serie lehrt, trennt schon in den nächsten Schnitten bei T' ein queres zu der Muskulatur von br_1 gehöriges Muskelbündel die beiden Lumina voneinander. Bei br_1 geht die Diagnose Bronchiolus respiratorius ohne weiteres aus der Abbildung hervor, haben wir doch auf der einen Seite bei fl noch Flimmerepithel,

Abb. 3. Übersichtsbild über die Verzweigungen eines Bronchiolus respiratorius und die zugehörige Muskulatur. Vergr. 42fach.

br₁, Bronchiolus respiratorius, aus welchem durch Teilung der Br. respiratorius *br₂* hervorgeht, *ag₁* und *ag₂* zwei Alveolargänge. *ag₁'* und *ag₁''* ferner *ag₂'* und *ag₂''* vier Alveolargänge, welche aus den vorhergenannten hervorgehen. *i* Infundibulum, *fl* Flimmerepithel, *cy* Zylinderepithel, *cu* kubisches Epithel, *a₁* und *a₂* zwei Alveolen des Bronchiolus resp. *br₁*. *A* Arterie zur Versorgung von *br₁* und *ubr₂*, *A'* Arterie für die Alveolargänge *ag* und *ag₂* mit ihren Zweigen. Durchmesser von *br₁* 0,115/0,532 mm, Länge von *br₂* von *T* bis *sp* 0,85 mm. Länge des Gangabschnittes *ag₁* von *sp* bis *z* 2,1 mm, ganze Länge 2,50 mm. Länge von *ag₁'* 1,51 mm Länge von *ag₂*, *sp* bis *V* 2,07 mm Dicke des Muskelbündels bei 1 in *br₁* 24,5 μ , des Bündels 2 in *br₂* 29,9 μ des Bündels 3 in *ag₁'* 32,6 μ des Bündels 4 in *ag₂* 24,5 μ , des Bündels *a₁'* am Eingange von *a₁'* 17,7 μ . Dicke der Bündel, welche den Anfangsteil von *ag₁'* überbrücken, je 16,4 μ .

bei *cy* Zylinderepithel ohne Flimmern, während ungefähr gegenüber von *fl* die beiden Alveolen a_1 und a_2 sich befinden.

Zur Beurteilung von br_2 genügt der Schnitt, dem dieses Bild entnommen ist, nicht; denn es zeigen die nächsten Schnitte der Serie, daß auch dieser Gangabschnitt noch einen Längsstreifen an seiner Wand aufweist, der frei von Alveolen ist, und zwar läge er bei einer Rekonstruktion des ganzen Rohres auf einer Verbindungslinie zwischen *A* und *A'*, einer Linie, welche gleichzeitig den Verlauf der zugehörigen Arterie angibt. Zylinder- oder gar Flimmerepithel ist jedoch in br_2 nirgends mehr sichtbar. Wir haben es hier also mit demjenigen Abschnitt eines Bronchiolus respiratorius zu tun, welcher den Übergang bildet vom Bronchiolus respiratorius mit Flimmerepithel zum eigentlichen Alveolargang. Nach der Peripherie zu wird br_2 breiter und teilt sich bei *sp* in zwei Schenkel.

Was nun die Muskulatur dieser Gangabschnitte anbelangt, so verhält sie sich folgendermaßen: br_1 zeigt in seiner Wand fünf Muskelbündel; die drei in der Zeichnung nach oben gelegenen sind sämtlich schief getroffen; ihr Verlauf ist derart, daß sie in anderen Schnittebenen unter mehr oder weniger spitzem Winkel aufeinander treffen und somit an der Bildung des das Rohr umspinnenden Muskelgeflechtes teilnehmen. Zu beachten ist, daß am rechten seitlichen Umfang von br_1 ein großer Teil der Wand von Muskulatur frei ist. Diese Stelle entspricht einer Masche des Muskelplexus, durch welche jedoch keine Alveole hindurchragt. Die beiden Muskelbündel rechts und links von *T* sind ungefähr quer geschnitten. Betrachtet man sie aber in späteren Schnitten der Serie, so wird man gewahr, daß sie sich einander nähern, um unter Bildung eines queren Bündels den unteren Umfang desjenigen Muskelringes zu bilden, welcher die Basis des Gangabschnittes br_2 darstellt. Es verhalten sich nämlich die Zweige der Bronchioli respiratorii gegenüber dem Muskelgeflecht des Rohres, aus welchem sie entspringen, genau so wie die Alveolen, d. h. sie nehmen ihren Weg wie jene durch die am Orte ihrer Ausmündung befindlichen Maschen.

Auch die Muskulatur von br_2 bedarf einer näheren Erklärung. Gemäß dem Umstand, daß br_2 ungefähr in der Längsrichtung geschnitten ist, und daß ferner der umspinnende Muskelplexus fast ringsum von Alveolen durchbrochen ist, treffen wir vorwiegend quergetroffene Muskelbündel. Eine genaue Betrachtung der letzteren mit starker Vergrößerung zeigt jedoch ohne weiteres, daß die einzelnen Querschnitte beim Heben und Senken des Tubus ihre Lage verändern, somit auch nicht reine Querschnitte darstellen; man erkennt vielmehr in jedem einzelnen Falle die Tendenz der Bündel, sich mit den Nachbarn auf der gleichen Seite oder auf der Gegenseite zu verbinden und so ein Geflecht zu bilden.

Dieser Längsschnitt stellt ein überaus typisches Bild dar, welches, besonders noch weiter peripher, immer wieder zum Vorschein kommt. Wir sehen das Lumen als freie schon makroskopisch sichtbare Straße dahin ziehen, in sie hinein münden von rechts und links die Alveolen, durch Scheidewände voneinander getrennt. Dabei ist der freie Rand dieser Scheidewände durch die darin verlaufenden Muskelbündel stets keulen- oder knopfartig aufgetrieben. Dadurch wird, räumlich betrachtet, die Basis der Alveolen entsprechend der Dicke des Muskelbündels etwas eingeeengt. Das Muskelbündel bildet eine Art Schwelle, über welche die eintretende Luft hinweg muß, um ins Innere der Alveolen zu gelangen. Diese

Schwelle bedingt andererseits einen gewissen toten Winkel, welcher in seiner Größe direkt von der Dicke der Muskelbündel abhängig ist.

Abb. 4 endlich dient zur Veranschaulichung des einen Bronchiolus respiratorius umspinnenden Muskelplexus in seiner Gesamtheit. Sie stellt ein Schema dar, gewonnen durch Kombination von Bildern, wie sie Längs-, Quer- und Tangentialschnitte in verschiedener Höhe ergeben. Man denke sich dabei den Bronchiolus respiratorius der Länge nach da aufgeschnitten, wo im peribronchialen Gewebe die Pulmonalarterie entlang läuft bzw. da, wo die Wand nicht von Alveolen durchbrochen ist, und ausgebreitet. Die Muskulatur selbst ist dargestellt durch die geflechtartig miteinander verbundenen Streifen. Zentralwärts sind die einzelnen Bündel breit und treffen spitzwinklig aufeinander. Man stelle sich dabei vor, daß die

Maschenhohlräume durch Bindegewebe ausgefüllt sind, während der Überzug nach innen glatt und mit Flimmerepithel bedeckt ist. Sobald die ersten Alveolen auftreten, werden die Bündel etwas schmaler, die Maschen größer, beides Erscheinungen, die als Folge des mechanischen Druckes

Abb. 4. Schema eines der Länge nach aufgeschnittenen Bronchiolus respiratorius.

Die schwarz umrandeten Teile entsprechen den Alveolen.

der sich ausstülpenden Alveolen aufgefaßt werden könnten. Je weiter wir nach der Peripherie kommen, um so zahlreicher treten die Alveolen auf — manchmal sind zwei Alveolen durch eine Masche gesteckt —, bis sie schließlich die ganze Zirkumferenz einnehmen. Dementsprechend wird der von ihnen unbesetzte Anteil der Wand immer kleiner. Das Flimmer- und später Zylinderepithel beschränkt sich schließlich nur auf einen kleinen Streifen, um bald ganz zu verschwinden.

Wie die Bilder in den einzelnen Schnittrichtungen aussehen müssen, ergibt sich leicht aus dem Schema: Denken wir uns einen Querschnitt in der Richtung

des Pfeiles 1, dann haben wir einen Ring von ungefähr der Länge nach geschnittenen Muskelfasern, der an der einen Stelle durch eine Alveole, an der anderen durch Bindegewebe unterbrochen ist. Bei einem Schnitt in der Richtung des Pfeiles 2 ergeben sich drei Alveolen und eine vom Bindegewebe ausgefüllte Masche. Dabei wäre die Muskulatur schief bis senkrecht getroffen und ließe sich als ovaler oder runder Querschnitt in den freien Rändern der interalveolären Septen erkennen. Um sich klarzumachen, wie Längsschnitte aussehen, lege man einen Bleistift oder ein Lineal in die Längsrichtung der Abbildung und vergewärtige sich auf diese Art, was für ein Bild der betreffende Schnitt ergeben würde. Ein Schnitt in der Richtung des Pfeiles 3 würde den Bronchiolus respiratorius größtenteils glattwandig zeigen, mit Flimmer- oder Zylinderepithel besetzt. Muskelbündel würden mit muskelfreien Stellen alternieren. Erst in der Peripherie kämen Alveolen in den Schnitt zu liegen. Wäre dagegen der Bronchiolus in der Richtung des Pfeiles 4 getroffen, so zeigten sich lauter Alveolen, durch verschieden breite Zwischenwände und Muskelbündel voneinander getrennt. Wir hätten dann, wenigstens für die eine Seite, annähernd das Bild, welches uns *br₂* in Abb. 3 darbietet: Ein Gang mit seitlich einmündenden Alveolen und knopfartig angeschwollenen Alveolarsepten. Auf Tangentialschnitten endlich wird deutlich, wie die einzelnen Muskelbündel sich zueinander verhalten. Entweder laufen sie auf eine Strecke weit, um Alveolenbreite voneinander getrennt, einander parallel und quer, oder sie kreuzen bzw. teilen sich T- oder Y-förmig. Bisweilen bemerkt man Kreuzungen nach Art eines X, ohne daß die Bündel ineinander übergehen, Kreuzungen, wie sie auch schon in der Muskulatur der Bronchien und Bronchiolen angetroffen werden.

e) Muskulatur der Alveolargänge.

Über die Existenz der Muskulatur an den Alveolargängen ist man sich heute vollkommen einig. Bei den Erörterungen, die Nomenklatur betreffend, sahen wir, daß der Übergang eines Bronchiolus respiratorius in die nachfolgenden Abschnitte allmählich erfolgt, und zwar in dem Sinn, daß man nicht angeben kann, von welchem topographisch genau zu bestimmenden Punkte an die neue Bezeichnung in Kraft treten soll. Das prinzipiell Neue des Alveolargangs besteht nur darin, daß sich kein zusammenhängender mit Kubenepithel überzogener Längsstreifen mehr findet, sondern daß die Alveolen den ganzen Umfang in Anspruch genommen haben. Daraus folgt notwendig, daß das Muskelgeflecht des Alveolarganges sich ganz ähnlich verhalten muß, wie in den früheren Abschnitten. Ein Punkt ist jedoch besonders zu erwähnen: Man findet, daß die das Geflecht zusammensetzenden Bündel im allgemeinen nach der Peripherie zu ihre Dicke verringern. Demzufolge werden sie sich den Alveolen, welche außerdem vielfach an Größe zugenommen haben, inniger anschmiegen können. Die Folge davon ist, daß die Anordnung des Geflechtes distalwärts an Regelmäßigkeit verliert. Zur näheren Erläuterung der Verhältnisse dienen die Abb. 3 und 5 bis 9.

In Abb. 3 teilt sich der Bronchiolus respiratorius *br₂* nach vorheriger Erweiterung in der Höhe von *sp* dichotomisch, und man wäre geneigt, die beiden spitzwinklig abgehenden Äste *ag₁* und *ag₂* gleich von Anfang an als Alveolar-

gänge zu bezeichnen. Tatsächlich darf man dies, nach den anderen Schnitten der Serie beurteilt, nicht tun, da die beiden Gänge erst von einer Linie ab, welche das Arterienlumen A' horizontal halbiert, ringsherum von Alveolen besetzt sind. Erst von dort an verläuft die Arterie im eigentlichen interalveolären Gewebe, während sie bis zu jenem Punkt immer noch eng an das Lumen sich anschmiegte und deshalb eine Alveolenbildung verhinderte. Die Gänge ag_1 und ag_2 geben nach kurzem Verlauf seitlich je zwei Zweige ab, welche zum Teil schief durchschnitten sind. Sie sind bezeichnet als ag'_1 und ag''_1 , ag'_2 und ag''_2 . ag_2 endigt mit dem Infundibulum i an einer Vene V , welche in einem interlobulären Septum liegt. ag_1 ist bei z , wie es wohl scheinen möchte, noch nicht zu Ende, sondern zieht noch eine Strecke weiter, um an dem vorhin genannten Septum, welches man sich ungefähr parallel zum unteren Rand der Zeichnung liegend denken muß, zu endigen. Dasselbst hört auch der Alveolargang ag'_1 auf, welcher seinen Ausgang zwischen den beiden Punkten a_1 und g_1 nimmt.

Die Betrachtung der Muskulatur dieser Gangabschnitte ergibt folgendes: Wir sehen die einzelnen Alveolen, die einen in ihrer größten Weite, die anderen nahe ihrem oberen oder unteren Umfange getroffen, in die verschiedenen Alveolargänge einmünden. Die eigentliche Gangweite wird bestimmt durch die freien Enden der Alveolarsepten, welche auch hier wieder knopfartig aufgetrieben sind durch deutlich sichtbare Muskelbündel. Die meisten dieser „Knöpfe“ sind ungefähr quer oder etwas schief geschnitten, wie das aus der Zeichnung hervorgeht; genau quer getroffen sind nur verhältnismäßig wenige. Wir finden aber dieses Mal auch Muskellängsschnitte, und zwar in der Wand des Alveolarganges ag'_2 , ferner quer über dem Anfangsteil von ag'_2 und im Alveolargang ag_1 links von z . Ziehen wir alle die verschiedenen Schnittrichtungen in Betracht und kombinieren sie, so ergibt sich daraus ebenfalls wieder die geflechtartige Anordnung der Muskulatur. Dieses Geflecht baut sich auf aus ringförmig und schief die gemeinsamen Ganglumina umkreisenden Bündeln, welche ihrerseits wieder durch Bündel verbunden sind, die parallel der Längsachse der Gänge bogenförmig über oder unter den Alveolenmündungen herum verlaufen. Damit sind die freien Ränder der Alveolen an der ganzen Zirkumferenz von Muskulatur gestützt. Man beachte endlich die Entfernung der einzelnen „Knöpfe“ voneinander. Manche sind um die volle Querspannung einer Alveolenmündung voneinander getrennt, andere stehen dicht beisammen, d. h. die betreffenden Bündel sind im Begriff, sich über dem oberen Umfang einer Alveole zu vereinigen, oder sie haben sich eben voneinander getrennt.

Ein sehr schönes Bild von den in Frage stehenden Verhältnissen zeigt Abb. 5, welche ebenfalls einen Alveolargang im Längsschnitt darstellt. Der Schnitt ist so gelagert, daß gegen das Ende des Ganges hin das obere Drittel von den beiden unteren abgehoben wird. In wunderbar regelmäßiger Weise sieht man, vor allem im Anfangsteil, die Alveolen einmünden, durch die mit „Knöpfen“ versehenen Alveolarsepten voneinander getrennt. Bei näherer Betrachtung der „Knöpfe“ zeigt sich deutlich, daß die Muskulatur auch hier nicht nur ringförmig das Lumen des Ganges umspannt, sondern auch, schief durchschnitten, danach trachtet, mit Nachbarmündungen auf der gleichen und auf der Gegenseite Verbindungen einzugehen. Wir treffen hier andererseits „Knöpfe“, z. B. bei 3 und 5, welche

mehr als einen Muskelbündelquerschnitt enthalten. Dies deutet darauf hin, daß die einzelnen Muskelbündel manchmal aneinander liegen, ohne direkt miteinander zu verschmelzen. Die Bündel 10 und 13 sind ungefähr der Länge nach getroffen, über bzw. unter 10 hindurch gelangt man in die anliegenden Alveolen hinein. An den Alveolarsepten 7 und 8 werden die knopfartigen Anschwellungen vermißt, zum Beweis dafür, daß gelegentlich die eine oder andere Masche des Muskelplexus die gemeinsame Mündung für mehrere Alveolen darstellt. Der Seitengang ag_1 ist schief durchschnitten und zieht, wie die anderen Serienschritte zeigen,

Abb. 5. Längsschnitt durch einen Alveolargang ag . Vergr. 74,5 fach.
 ag_1 seitlich abzweigender Alveolargang. Länge des Alveolarganges ag 1,645 mm, anfänglicher Durchmesser 0,31 mm.

unter dem längs geschnittenen Bündel 13 weiter. Seine Ausmündung aus dem Hauptgang ag zwischen den Punkten 11 und 12 verhält sich wiederum zum Muskelgeflecht des letzteren genau so wie irgendeine der Alveolen. Es bilden auch an dieser Stelle die den Ausgang begrenzenden Muskelbündel die Basis, an welche sich der Muskelplexus des Alveolarganges ag_1 ansetzt.

Wie sich der Muskelplexus beim quergeschnittenen Alveolargang ausnimmt, zeigen Abb. 6 und Abb. 7.

Abb. 6 stellt einen reinen Querschnitt des Alveolarganges ag dar. Rosettenförmig angeordnet liegen die Alveolen um das Ganglumen herum, welches durch

die knopfartigen Verdickungen der Alveolarsepten begrenzt wird. Auf den ersten Blick verblüfft es, daß wir auch hier wiederum „Knöpfe“ vor uns haben, ganz ähnlich wie in den Abb. 3 und 5, obschon die Schnittebenen in diesem und in den vorigen Fällen senkrecht aufeinander stehen. Bei „Knopf“ 5 handelt es sich sogar um einen reinen Querschnitt, während in den anderen Fällen die Muskulatur schief getroffen ist. Ein beinahe gleiches Bild, was die „Knöpfe“ anbelangt, ist in Längs- und Querschnitten aber nur dann möglich, wenn die jeweiligen Muskelbündel abwechselungsweise ebenso zueinander gerichtet sind wie die Schnittebenen, also ungefähr senkrecht zueinander verlaufen. Dieser Befund ist absolut zwingend und genügt für sich schon, um die geflechtartige Anordnung der Alveolargangsmuskulatur zu beweisen.

In Abb. 7 dagegen ist die Schnittebene da gelegen, wo die Muskulatur ungefähr zirkulär um den Alveolargang herumläuft. Die Öffnung des Ringes ist längsoval. Es handelt sich demnach nicht um einen reinen Querschnitt, sondern um einen Schiefschnitt. Die Abbildung zeigt deutlich, daß auch

hier die Muskulatur geflechtartig verläuft; denn an einzelnen Stellen dieses Ringes, besonders in der rechten Hälfte, sind die Muskelfasern bei ihrem Austritt

Abb. 6. Querschnitt durch einen Alveolargang *ag*. „Rosettenform“. Vergr. 108 fach. *a*₁ bis *a*₆ zugehörige Alveolen. 1 bis 6 quer- oder schiefgeschnittene Bündel: „Knöpfe“. Entfernung von „Knopf“ 1 zu „Knopf“ 4 0,198 mm.

Abb. 7. Leichter Schiefschnitt durch einen Alveolargang *ag*. „Muskelring“. Vergr. 108 fach. *a*₁ bis *a*₅ zugehörige Alveolen. Dicke des Ringes im linken oberen Quadranten 19,2 µ. *m* Muskelbündel aus dem Muskelgeflecht eines anderen benachbarten Alveolarganges.

aus der Bildebene bündelweise schräg durchschnitten. Der Ring kommt infolgedessen im wesentlichen nur dadurch zustande, daß die sich verflechtenden oder kreuzenden Bündel des Plexus in einer Ebene sich treffen.

Nimmt man sich die Mühe, einen im Querschnitt vorliegenden Alveolargang in ganzer Ausdehnung zu verfolgen, dann wird man gewahr, daß Bilder, wie sie Abb. 6 und 7 darstellen, wechselweise immer wiederkehren, voneinander getrennt durch andere Bilder, in denen wir weder ausgesprochene „Knöpfe“, noch vollständig geschlossene Ringe vor uns haben. Die letzteren werden aber nach der Peripherie hin in dem Maße seltener, als die Anordnung des Geflechts

aus oben angeführten Gründen an Regelmäßigkeit verliert.

Wie endlich ein Tangentialschnitt, durch die freien Ränder der Alveolarsepten eines Alveolarganges gelegt, aussieht, illustriert Abb. 8. Da die Wölbung dieses Gangabschnittes eine verhältnismäßig starke ist, mußte das Bild durch Kombination von zwei aufeinander folgenden Serienschnitten gewonnen werden. Die Darstellung hat trotzdem in keiner Weise gelitten. Die Pfeile geben die Längsachse des Alveolarganges an; das senkrecht stehende Bündel zur Linken liegt

Abb. 8. Tangentialschnitt durch einen Alveolargang. Vergr. 288,3 fach.

Dicke des Bündels bei 1 17,9 μ , bei 2 14,5 μ , zwischen 3 und 4 30,7 μ . a und b zwei Alveolen des Alveolarganges.

proximal. Die einzelnen Muskelbündel sind von ungleicher Dicke und bestimmen so gut wie ausschließlich die Breite der freien Alveolarränder. Sie laufen teils quer, teils schief, oder parallel zur Längsachse des Alveolarganges. Daraus ergibt sich deutlich die Verschiedenartigkeit der vorangehenden Abbildungen.

Um die Ausführungen über die Muskulatur der Alveolargänge kurz zusammenzufassen, diene das Schema unter Abb. 9. Der Zeichnung liegt ein bestimmter Alveolargang zugrunde, der hier der Länge nach aufgeschnitten und flächenhaft ausgebreitet ist. Die Muskulatur ist wiederum dargestellt durch die geflechtartig sich verzweigenden Züge; die ausgesparten, schwarzumrandeten Zwischenräume entsprechen den Alveolenmündungen. Zunächst sieht man mehrere Muskelzüge, welche von einer Seite ziemlich gerade nach der anderen durchlaufen. Würde man im Objekt selbst einer solchen Situation begegnen, so entspräche sie einem Muskelring, wie ihn Abb. 7 etwa darstellt. Dagegen er-

gäbe ein Querschnitt in der Richtung des Pfeiles 1 ein Bild, welches, der Abb. 6 entsprechend, das Aussehen einer Rosette darbieten würde. Die einzelnen quergetroffenen Bündel kämen den das gemeinsame Ganglumen begrenzenden „Knöpfen“ gleich. Denkt man sich einen Längsschnitt entsprechend Pfeil 2 und dessen Spiegelbild, parallel zu ihm stehend, so also, daß die in einer Reihe hintereinander und am seitlichen Umfang des Ganges in gleicher Höhe liegenden Alveolen halbiert würden, dann erhielten wir Verhältnisse, wie sie Abb. 3 und 5 zeigen: Ein gemeinsames längsgetroffenes Ganglumen, begrenzt von zahlreichen „Knöpfen“, zwischen denen die Alveolen einmünden. Würde aber eine Alveolenreihe vom Messer tangential angeschnitten, so, daß jedesmal der obere oder untere Umfang der Alveolen im Schnitt läge, entsprechend Pfeil 3 in unserem Schema, dann hätten wir folgendes: Das Lumen

Abb. 9. Schema eines der Länge nach aufgeschnittenen Alveolarganges.

Ausführung des Schemas analog Abb. 4.

des Alveolarganges wäre nicht von einzelnen „Knöpfen“ begrenzt, sondern von einer Reihe längsverlaufender durch die Alveolenzwischenwände voneinander getrennter Muskelbündel, hinter denen die Alveolen als allseitig geschlossene Kammern sich zeigten. Der Schnitt ginge jedesmal durch den toten Raum der Alveolen hindurch. Solche Stellen finden sich im Alveolargang ag_2' der Abb. 3 oder im peripheren Teil des Ganges ag in Abb. 5. Tangentialschnitte endlich reihen sich an das an, was wir bei Abb. 8 gesehen haben: Y- oder T-förmige Teilungen, ja sogar Achtertouren kämen gelegentlich zum Vorschein.

f) Muskulatur der Infundibula.

Bevor wir uns die Frage vorlegen, ob den auf die Alveolargänge folgenden Abschnitten, den Infundibula oder Sacculi alveolares, auch Muskulatur zukommt, ist es notwendig, ihr Verhältnis zu ersteren genauer zu bestimmen. Meiner Ansicht nach sind nämlich nicht alle Infundibula untereinander gleichwertig. Eine weitere Untersuchung müßte lehren, ob nicht einzelne davon, gleichgültig, wo sie sitzen, im Grunde nur eine sehr große und tiefe Alveole darstellen, welche

nachträglich in ihrem Innern Scheidewände ausgebildet hat und auf den Beobachter dadurch den Eindruck eines Infundibulums macht.

Nun zur Frage nach der Muskulatur. Sie ist bisher von den Autoren, die sich besonders damit beschäftigt hatten, wie F. E. Schulze, Kölliker und Miller in abschlägigem Sinne beantwortet worden. Nach meinen Beobachtungen jedoch hängt das Vorkommen von Muskulatur in der Wand der Infundibula mit der unterschiedlichen Länge des vorausgehenden Alveolarganges zusammen.

Abb. 10. Längsschnitt durch ein Infundibulum, Vergr. 108 fach.
Se. i. interlobuläres Septum. *i. M.* interstitielle Muskelbündel. Länge des Infundibulums 0,64 mm, anfängliche Breite 0,17 mm. *m* Tangential geschnittenes Muskelbündel, die Schwelle für die Alveole *a* bildend.

Wand Muskelfasern vermissen ließen, andererseits jedoch, daß ich ebenso bestimmt kurze Alveolargänge antraf, deren Infundibula bis in ihr blindes Ende hinaus glatte Muskulatur aufwiesen.

Als Illustration dafür diene Abb. 10. Die Situation ist folgende: Ein Alveolargang teilt sich nach einem Verlauf von 1,28 mm in zwei Schenkel. Einer davon, in unserer Abbildung dargestellt, läuft noch von der Teilungsstelle 0,64 mm weiter und endet an einem interlobulären Septum (*Se. i.*), seine anfängliche Breite beträgt 0,17 mm. In das gemeinsame Lumen münden auf beiden Seiten mehrere Alveolen, deren Zwischenwände in ihren freien Rändern anfangs stärkere,

Es scheinen mir nämlich diejenigen Alveolargänge besonders lang zu sein, welche sich anscheinend bis zur Erschöpfung ihrer

Wachstumsenergie fortentwickeln konnten und nicht vorzeitig mit ihrem Scheitel an ein Septum oder dergleichen anstießen. Andere dagegen, die eine viel geringere Länge aufweisen, scheinen dies dem Umstand zu verdanken, daß ihr Wachstum im eben genannten Sinne mechanisch gehemmt war.

Für diese meine Auffassung scheint einerseits zu sprechen, daß ich viele, ja die Mehrzahl der Alveolargänge mit Infundibula endigen sah, die in ihrer

später schwächere Muskelbündel erkennen lassen, welche hier als „Knöpfe“ imponieren. Nur die Alveole *a* ist vom Ganglumen getrennt, abgesperrt durch das tangential getroffene Muskelbündel *m*. Das wesentliche an dieser Abbildung ist, daß sämtliche Alveolenzwischenwände mit Ausnahme der mit *zu* benannten im freien Rande ein Muskelbündel beherbergen. Eine Täuschung scheint mir deshalb ausgeschlossen, weil die Serie, der die Abbildung entnommen ist, in ihrer Gesamtheit eine weit größere Dicke hat, als der quere Durchmesser dieses Infundibulums beträgt, dieses daher vollständig und bequem übersehen werden kann.

Was den Verlauf der Muskulatur an den Infundibula im allgemeinen anlangt, so verhält er sich ganz analog demjenigen an den Alveolargängen. Ein Unterschied besteht lediglich in der Stärke der Muskelbündel, welche natürlich nach der Peripherie hin dauernd abnimmt; ja manchmal handelt es sich nur noch um einzelne Muskelzellen, die kein kontinuierliches Geflecht mehr bilden. Es ereignet sich nämlich gelegentlich beim Mikroskopieren eines Infundibulums, daß man in dem einen Schnitt an den fraglichen Stellen Muskulatur zu sehen glaubt, seines Befundes aber beim Durchmustern der nachfolgenden Schnitte wieder unsicher wird.

g) Muskulatur der Alveolen.

Nachdem bisher festgestellt worden war, daß die Alveolargänge bis in ihr Ende hinaus Muskelfasern enthalten können, bleibt noch die Erörterung der Frage übrig, ob den Alveolen als solchen eine eigene Muskulatur zukomme.

Wir hatten oben festgestellt, daß die Alveolen lediglich als Ausstülpungen der Wand und Ausbuchtungen des gemeinsamen Lumens der Bronchialverzweigungen aufzufassen sind mit der Aufgabe, die respirierende Oberfläche zu vergrößern. Von Wichtigkeit ist es darum, sich klarzumachen, daß die Muskulatur der Bronchioli respiratorii und späterhin auch der Alveolargänge das Primäre darstellt, die Alveolen das Sekundäre. Wenn sie dabei gleichzeitig auf Grund ihrer besonderen Anordnung sowohl das gemeinsame Ganglumen als auch die Öffnungen der Alveolen umgibt, so darf dennoch von einem den Alveolen zugehörigen Sphincter im anatomischen Sinne nicht gesprochen werden.

Wie verhält es sich aber nun mit der Muskulatur, wie sie von Moleschott u. a. gesehen, von den neuen Untersuchern einmütig abgelehnt worden ist. Ist es überhaupt denkbar, daß in der Wand der Alveolen, welche ein Stück modifizierter Bronchialwand darstellt, Muskelfasern sich finden? Die Frage muß in diesem Sinne verneint werden; denn wir sahen, daß die Alveolen eben gerade an denjenigen Stellen der Wand entstehen, welche von vornherein von Muskulatur frei sind. Andererseits würde es dem Bauplan der Lunge widersprechen, wenn die Alveolen sich gegen einzelne Bündel des Muskelplexus vorstülpen und diese dann mitnehmen würden.

Demzufolge sind auch meine Bemühungen, Muskelzellen unmittelbar in den Zwischenwänden der Alveolen zu finden, erfolglos geblieben.

Doch damit ist die Frage nach einer Muskulatur, welche sich zwischen den Alveolen, im sog. interalveolären Gewebe, befindet, noch nicht ganz erledigt.

und sie ist es denn auch, die uns alsbald zum zweiten Teil der vorliegenden Arbeit überleitet, der sich mit der Muskulatur des interstitiellen Gewebes beschäftigen soll.

Zusammenfassung des ersten Teiles.

Die peripheren Abschnitte des Bronchialbaums, Bronchioli respiratorii und Alveolargänge, werden von einem Muskelgeflecht umsponnen, das sich im Prinzip von der Muskulatur der Bronchien und Bronchiolen nicht unterscheidet. Die Unterschiede sind lediglich dadurch gegeben, daß die Maschen des Geflechts, die sonst von Bindegewebe ausgefüllt sind, in fortschreitendem Maße durch Alveolen in Anspruch genommen, und daß gleichzeitig die das Geflecht zusammensetzenden Bündel nach der Peripherie zu dünner werden. Vielfach verschwindet die Muskulatur, bevor der Alveolargang einschließlich des zugehörigen Infundibulums endigt. Doch man muß sich vor einer schematischen Betrachtung der Dinge hüten, als ob sämtliche Infundibula der Muskulatur entbehrten. Vielmehr scheint es so zu sein, daß diejenigen Infundibula, welche den peripheren Teil eines nicht zur vollen Entwicklung gelangten Alveolargangs bilden, bis in ihr blindes Ende hinaus von Muskulatur begleitet sind. Den Alveolen jedoch als solchen kommt keine selbständige Muskulatur zu.

Zweiter Teil.

Interstitielle Muskulatur.

Wie eingangs kurz angedeutet, ist unter der interstitiellen Muskulatur diejenige Muskulatur gemeint, welche sich im interstitiellen Gewebe der Lunge ausbreitet. Letzteres besteht aus Bindegewebe, welches die einzelnen Lungenläppchen in Form von Scheidewänden voneinander trennt und gleichzeitig die größeren zwischen den Läppchen verlaufenden Blutgefäße und Bronchien einschließt, ferner die ins Innere der Läppchen eindringenden Gefäße und Bronchiolen mit einem Bindegewebsmantel versieht. Dieser ist besonders um die Gefäße herum bisweilen recht beträchtlich entwickelt, so daß man zum Vergleich etwa einen gefäßhaltigen Milztrabekel heranziehen könnte. Auch die Pleura pulmonalis kann hierher gerechnet werden, stellt sie doch nichts anderes dar als die äußere Begrenzung sämtlicher subpleural gelegener Lungenläppchen. Histologisch besteht dieses interstitielle Gewebe zum großen Teil aus kollagenem Bindegewebe, enthält aber auch zahlreiche elastische Fasern. In ihm verlaufen außer den Verzweigungen der Pulmonalgefäße und Bronchien zahlreiche Ästchen der Bronchialgefäße, ferner reichliche Lymphgefäße.

a) Literatur.

Über eine Muskulatur, die in dem interstitiellen Gewebe der Lunge vorkommen sollte, finden sich in der einschlägigen Literatur sehr wenige Angaben, auch seit dem Jahre 1906 nicht, als M. Heidenhain⁹⁾ in einem kurzen Bericht nachdrücklich auf diesen Gegenstand hingewiesen hatte. Nur Eberth⁶⁾ hatte sich früher einmal an Hand histologischer Untersuchungen an der Katzenlunge bei der Erörterung der Frage, ob die eigentliche Alveolarwand Muskulatur enthalte, darüber ausgesprochen, indem er sagte, er habe sich von dem Vorkommen

contractiler Zellen im interacinösen und interlobulären Gewebe bis jetzt weder an der normalen noch an der kranken Katzenlunge überzeugen können. Dagegen schreibt Sussdorf [nach der Arbeit von J. Müller²³⁾ zitiert], er habe in der Säugetierlunge glatte Muskelzellen zwar nicht in der membranösen Wand der Alveolen selbst, wohl aber auf ihrer äußeren Oberfläche finden können. Es muß dahingestellt bleiben, ob vielleicht Moleschott und seine Anhänger etwas Ähnliches gesehen haben und infolgedessen dazu geführt wurden, von einer Muskulatur der Alveolarwand zu sprechen.

Dagegen sind aus dem Gebiete der Lungenpathologie eine Anzahl Arbeiten vorhanden, die sich neben der Beschreibung ihrer Objekte mit der Frage beschäftigen, von welchem Mutterboden aus muskuläre Hyperplasien und muskuläre Cirrhosen der Lunge entstehen, wie sie sich bei chronisch entzündlichen Affektionen der Lunge, wie chronischer Pneumonie, Lungensyphilis und chronischem Empyem finden. Zu einer einheitlichen Auffassung kamen die einzelnen Untersucher jedoch nicht. Buhl¹²⁾ z. B. zog als Erklärung die Befunde von Moleschott heran. Davidsohn³⁾ erwog verschiedene Möglichkeiten, wenn er meinte, entweder sei die Buhlsche Erklärung zutreffend oder die Muskulneubildung gehe von der Muskulatur der Alveolargänge aus, oder aber es handle sich um eine Art Myombildung. Tanaka²⁰⁾ ist der Meinung, daß in den von ihm beschriebenen Fällen von Lungensyphilis die neugebildeten Muskelzellen auf eine hyperplastische Entwicklung der Wandmuskulatur der kleinen Bronchien zurückzuführen seien und pflichtet damit der Ansicht Kaufmanns¹³⁾ bei. Rössle²⁶⁾ endlich, sowie Arnold¹⁾, der in einem Fall von chronischem Empyem die Wand der Empyemhöhle muskulös ungewandelt fand, glauben an eine Metaplasie des Bindegewebes, und ersterer fügt noch hinzu, es wäre im Hinblick auf das Vorkommen glatter Muskelfasern in den Alveolarwänden bei Amphibien und vielen Reptilien wenigstens keine organwidrige Erscheinung.

Zu einer einheitlichen Erklärung konnten alle diese Untersucher deshalb nicht gelangen, weil ihnen teilweise die anatomischen Grundlagen dazu fehlten, welche zu geben jedoch die oben erwähnte Mitteilung von Heidenhain geeignet war; stellte er doch damals schon fest, daß die vom Hingerichteten Steinacher stammende Lunge „Unmassen glatter Muskulatur enthält an Stellen, wo sie nicht vermutet wurde“. Es fand sich nämlich, „daß parallel den großen Bronchien, zwischen diesen und den Gefäßen, jedoch unabhängig von beiden, ungemein reiche und starke Züge glatter Muskulatur entlangziehen, welche bei mittlerer Vergrößerung schon ganze Gesichtsfelder ausfüllen. Von der genannten Gegend her strahlen dann weiterhin feinere Züge glatter Muskulatur in die derberen Scheidewände der Lungenläppchen weithin aus. So konnten glatte Muskelzellen bis zu 1,5 cm entfernt von den großen Bronchien, scheinbar mitten im Lungenparenchym, gefunden werden“.

Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand fanden seither nicht mehr statt, und so mag es gerechtfertigt erscheinen, wenn ich diese „interstitielle“ Muskulatur einer genaueren Prüfung unterziehe. Die Präparate sind die nämlichen wie oben.

Nicht nur in der Lunge, sondern auch in anderen Organen finden wir in dem dieselben umhüllenden oder sie in Form von Balken durchziehenden Binde-

gewebe glatte Muskulatur, wie z. B. in der Kapsel der Niere sowie in der Kapsel und den Trabekeln der Milz und der Lymphdrüsen. Im Interstitium der Lunge findet sich die Muskulatur kaum je in der Form einzelner Zellen, welche mehr oder weniger diffus im Bindegewebe verbreitet sind, sondern so gut wie immer zu Bündeln vereinigt, welche dann entweder in ungesetzmäßiger Weise miteinander anastomosieren oder aber, nebeneinander liegend und Verbindungen miteinander eingehend, eine Art gefensterter Membranen oder Blätter bilden. Diese Blätter können dabei entweder in einer Ebene liegen oder, um die größeren Lymphgefäße herum gelegt, diese in Form eines ein- bis mehrschichtigen, aus längsverlaufenden Elementen gebildeten Mantels begleiten. Außerdem lassen sich gewisse Prädispositionsstellen unterscheiden. Diese befinden sich einmal in den interlobulären Septen, und zwar sowohl da, wo sie frei sind von größeren Gefäßen, als auch da, wo sie Gefäße und Bronchien in sich einschließen, sodann entlang den Lymphgefäßen, ferner in den bindegewebigen Scheiden der intra-lobulären Blutgefäße und endlich selbständig, ohne nähere Beziehung zu irgendeinem der genannten Teile, als mehr oder weniger große Anhäufungen von glatter Muskulatur nebst Bindegewebe im Parenchym der einzelnen Lappchen.

Muskelblätter.

Die vorhin genannten, flächenhaft ausgebreiteten Membranen oder Blätter sind vor allem in den Septen zu finden; daselbst liegen sie parallel zur Oberfläche und ziemlich nahe derselben. Zur näheren Charakterisierung der Verhältnisse diene Abb. 11. Sie stellt ein 1,48 mm langes Stück eines interlobulären Septums dar, welches sich zwischen einer Vene und einem Bronchus ausspannt. Seine Breite beträgt im Durchschnitt 0,20 mm. Zu beiden Seiten wird es von Parenchym begrenzt. Das Septum enthält in der Mitte die Lymphgefäße l_1 und l_2 , neben diesen aber, durch die Buchstaben m und m' bezeichnet, den Querschnitt eines solchen Muskelblattes. Die dasselbe zusammensetzenden Muskelbündel laufen nicht alle parallel. Vielmehr sind sie nach m' hin längs. in der Mitte quer und nach m hin schief geschnitten. Daß die einzelnen Bündel einander nicht berühren, liegt, wie schon erwähnt, in der Natur dieser Membranen, welche eben ein in einer Ebene liegendes, ziemlich engmaschiges Netz darstellen. Zum Teil stammen die Lücken von durchtretenden Blutgefäßchen, teilweise sind sie aber auch nur von Bindegewebe ausgefüllt. Die Breite dieses Muskelblattes beträgt 1,19 mm, seine größte Dicke 43 μ .

Beim Durchsuchen verschiedener Serien nach solchen Muskelblättern hat man Gelegenheit, alle möglichen Variationen zu beobachten. Gelegentlich nimmt man wahr, wie sich ein Blatt an einer bestimmten Stelle auf eine Strecke weit spaltet und so zwei parallele Schichten bildet, die aber nach kurzer Zeit wieder miteinander verschmelzen; oder die Blätter bestehen aus zwei direkt aneinander liegenden Schichten, wobei die Faserrichtung der einen senkrecht oder schief zur Faserrichtung der andern läuft. Dadurch erhalten solche Blätter beim Blick von der Fläche ein sieb- oder gitterartiges Aussehen. Die Breite solcher Muskelmembranen ist sehr verschieden; sie kann, wie in Abb. 11, mehr als 1 mm betragen, kann aber auch darunter gehen. Hier und da sieht man, daß ein Septum

zu beiden Seiten der Mitte je ein Muskelblatt beherbergt; zwischendrein nehmen meist Lymphgefäße ihren Weg.

Als weitere Prädilektionsstelle ist der Teil der interlobulären Septen zu bezeichnen, welcher Gefäße und Bronchien umgibt. Auch hier liegen die Muskelblätter stets dem Parenchym dicht an. Stoßen jedoch zwei oder mehrere dieser Lumina mit ihrer Adventitia aneinander, so befinden sich die Muskelblätter stets an diesen Berührungsflächen, ungefähr gleich weit von jedem einzelnen der Lumina entfernt. Zur Veranschaulichung des Gesagten diene Abb. 13, welche einen Zwickel darstellt, gebildet durch die Bindegewebsmäntel einer Vene *V*, einer Arterie *A* und eines Bronchus, dessen Nähe durch die Bronchialdrüse *Dr* und den Knorpel *K* dokumentiert ist. Ungefähr gleich weit von allen Lumina, auf einem Kreisbogen gelegen, sind vier Lymphgefäße sichtbar, l_1 bis l_4 , ferner hüben und drüben die Muskelblätter m_1 und m_2 von 0,301 bzw. 0,144 mm Breite. Außerdem befindet sich in der Nähe des Bronchus noch ein Blatt m_3 ,

Abb. 11. Teil eines interlobulären Septums. Vergr. 80,3 fach.
m bis *m'* querschnittenes Muskelblatt, l_1 und l_2 Lymphgefäße, *mz* dem Lymphgefäß l_1 anliegende Muskelzellen.

aus zwei Lagen bestehend, mit einer Breite von 0,432 mm. Denkt man sich nun die Lymphgefäße weg, die sie umgebenden Muskelbündel in einer Reihe ausgerichtet, dann hat man ein Bild, wie es oft zu finden ist.

Muskelmantel der Lymphgefäße.

Im Prinzip gleich, dagegen im Raume andersartig aufgebaut als die eben besprochenen Muskelblätter ist derjenige Teil der interstitiellen Muskulatur, welcher die Lymphgefäße, schon bei sehr kleinem Kaliber beginnend, umgibt.

Was die Lungenlymphgefäße anlangt, so haben sie einen recht verschiedenen Verlauf. Teilweise ziehen sie nämlich, wie Miller¹⁸⁾ näher ausführt, mit den Arterien, Venen und Bronchialzweigen. Dann aber finden wir sehr viele Lymphgefäße in den interlobulären Septen. Sie münden jeweils in die größeren Stämme entlang den großen Gefäßen und Bronchien ein. Interessant ist es, daß man die Lymphgefäße überhaupt nicht, wie die Blutgefäße, in bezug auf die Frage, ob sie zentral oder peripher gelegen sind, in erster Linie nach der Weite des Lumens beurteilen darf. Vielmehr kommt als Kriterium für die Lymphgefäße des Körpers in Frage, wie dick ihre Wandung ist und ob sie Klappen besitzen; für die Lymphgefäße der Lunge jedoch, ob und in welchem Maße sie von Muskulatur

begleitet sind. Die Lymphcapillaren der Lunge, ob eng oder weit, werden nicht von Muskelfasern begleitet. Erst proximal von diesen tritt an den Lymphgefäßen Muskulatur auf, zentralwärts an Mächtigkeit zunehmend. An denjenigen Lymphgefäßen jedoch, welche die intralobulären Bronchiolen, Arterien und Venen begleiten, lassen sich keine Muskelzellen feststellen, ob sie eng oder weit, proximal oder distal gelegen sind.

Die Anordnung der glatten Muskulatur um die Lymphgefäße herum gestaltet sich nun folgendermaßen: Die periphersten, mit Muskulatur versehenen Lymphgefäße zeigen in der Regel eine einfache, vielfach unterbrochene Lage von längsverlaufenden glatten Muskelzellen, welche, ihrer Wand dicht anliegend, entweder den ganzen Umfang einnimmt oder sich auf einen Teil desselben beschränkt. Ringförmig angeordnete Muskulatur läßt sich weder hier noch an proximalwärts gelegenen Gefäßen finden. Werden die Gefäße durch Aufnahme von Seitenästen größer, dann schwellen gleichsam die einzelnen Muskelfasern zu Muskelbündeln an, welche teilweise der Wand der Lymphgefäße ebenfalls

Abb. 12. Teil eines interlobulären Septums. Vergr. 74,5 fach.
 l_1 und l_2 Lymphgefäße, v Wand einer benachbarten Vene. M Muskelmantel.

dicht anliegen, gelegentlich aber auch dadurch etwas davon entfernt sind, daß sich Bindegewebe dazwischen geschoben hat. Diese Bündel nun, ob sie dicht an der Lymphgefäßwand oder in einiger Entfernung davon verlaufen, ziehen nicht isoliert für sich dahin, sondern sie verbinden sich mit ihren Nachbarn und bilden so auch wiederum eine Art zylinderförmiges, mit mehr oder weniger weiten Maschen versehenes Geflecht, einen durchbrochenen Muskelmantel. Dieser Muskelmantel, anfänglich nur einschichtig, wird allmählich zwei- und dreischichtig. Dabei ist das Prinzip des Flechtwerks stets gewahrt, wenn auch die einzelnen Bündel hier und da der Breite nach sich zusammenschließen und ein der Größe des Gefäßradius entsprechend gewölbtes Blatt darstellen. In diesen Bündeln oder Blättern verlaufen die Muskelfasern gewöhnlich parallel; gelegentlich kommen aber auch fiederartige Durchkreuzungen vor.

Zur Illustration des Gesagten dienen die Abb. 11, 12 und 13. In Abb. 11 finden wir ungefähr in der Mitte des Septums zwei Lymphgefäße l_1 und l_2 . Letzteres lehnt sich direkt an das Muskelblatt mm' an. Dagegen wird l_1 , welches schief durchschnitten ist und einen Durchmesser von 76μ besitzt, von eng anschließenden Muskelzellen (mz) begleitet.

Abb. 12 stellt die Hälfte eines interlobulären Septums von 0,96 mm Breite dar, welches außer dem Lymphgefäß l_1 noch eine Vene enthält, deren eine Wand V auf der Abbildung mit angegeben ist. Das Lymphgefäß l_1 , vom Messer so durchtrennt, daß man den Schnitt praktisch als Längsschnitt ansehen kann, hat einen Durchmesser von 0,13 mm. Seine Wand besteht aus einer dünnen Bindegewebshaut und dem Endothel. Ihr anliegend finden wir eine Lage von Muskelzellen, die verschiedene Lücken aufweist und in der Richtung auf das Lymphgefäß l_2 zu mit den äußeren Lagen des Muskelmantels zusammenhängt. Der letztere erweist

Abb. 13. Bindegewebszwickel zwischen einer Vene V , einer Arterie A und einem Bronchus, dessen Nähe durch die Drüse Dr und den Knorpel K deutlich ist. Vergr. 58,5 fach.

l_1 bis l_4 vier Lymphgefäße, m_1 bis m_3 drei Muskelblätter, P Parenchym, f Fettgewebe.

sich jedoch auch nicht als kontinuierliche Schicht, sondern zeigt beträchtliche Lücken. Im Querschnitt würde dieses Lymphgefäß etwa ein Bild ergeben, wie es in Abb. 13 mit l_1 bezeichnet ist.

Wie die Muskelmäntel der Lymphgefäße aussehen, die den größeren Blutgefäßen und Bronchien parallel laufen, zeigt Abb. 13. Die Lumina l_1 bis l_4 stellen vier quer- bzw. etwas schiefgeschnittene Lymphgefäße dar; l_3 ist das größte, seine Durchmesser betragen 0,116/0,201 mm. Sein Muskelmantel ist zwei-, an einzelnen Stellen dreischichtig. Nach dieser Abbildung würde man schließen, daß die Mächtigkeit des Muskelmantels mit der Geräumigkeit des Gefäßes wächst, was aber durchaus nicht immer zutrifft; denn gerade an solchen Stellen finden sich manchmal Lymphgefäße mit relativ engem Lumen und sehr starkem Muskel-

mantel, dessen einzelne Bündel stellenweise konfluieren und so im Querschnitt einen fast lückenlosen Ring darstellen.

Es erhebt sich nun die Frage, ob diese Muskelgeflechte, welche die Lymphgefäße begleiten, mit zur Gefäßwand zu rechnen sind oder nicht. Die Beschaffenheit der Lymphgefäßwand überhaupt ist aus Köllikers Arbeiten¹⁵⁾ bekannt. Nach seinen Angaben besitzen bereits Lymphgefäße mit nur 0,2 mm Durchmesser drei Schichten, wobei die mittlere Schicht Ringmuskulatur, die äußere Längsmuskulatur enthält. Von einer dreischichtigen Wand in diesem Sinne ist in unserem Falle jedoch nichts wahrzunehmen. Vielmehr begleitet die in Frage stehende Muskulatur die Lungenlymphgefäße bis zu sehr kleinen Kalibern herunter ausschließlich in der Längsrichtung und steht anscheinend nur topographisch zu ihnen in Beziehung. Man könnte von den Lymphgefäßen der Lunge sagen, es handle sich bei ihnen lediglich um Kanäle, welche im interstitiellen Bindegewebe der Lunge ausgespart sind, und es könnten zum Vergleich die kleineren, in den Trabekeln der Milz verlaufenden Venen herangezogen werden; findet man doch hier wie dort nur eine dünne, mit Endothel besetzte Bindegewebsschicht als Wand, welche ohne scharfe Begrenzung in die Umgebung übergeht. Die die Lymphgefäße begleitende Muskulatur dagegen nimmt sich so aus, als ob sie einen Teil der interstitiellen Muskulatur darstellte, welcher sich von ungefähr dem Verlauf der Lymphgefäße angeschlossen hat. Dafür würde der Umstand sprechen, daß sie in vielen Fällen mit der eigentlichen interstitiellen Muskulatur zusammenhängt, und sie würde somit als eine besondere Erscheinungsform der letzteren anzusehen sein.

Des Zusammenhangs wegen sei noch erwähnt, daß man beim Mikroskopieren der Lymphgefäße, welche den Bronchien entlangziehen, oft in die Lage kommt, ein Lymphgefäß von einer Bronchialvene unterscheiden zu müssen und dabei in Verlegenheit gerät; denn beide sehen sich vielfach auf den ersten Blick täuschend ähnlich. Beide besitzen nämlich eine dünne Wand, beide dieselben zum Teil enganliegenden Muskelfasern. Dagegen unterscheiden sie sich durch die Art ihres Endothels und dadurch, daß die Bronchialvenen Ringmuskulatur besitzen, die Lymphgefäße aber nicht. Das Endothel der Lymphgefäße zeigt längliche, das der Venen elliptische bis rundliche Kerne, letztere stets mit einem deutlichen Kernkörperchen versehen. Schließlich kann noch als Unterschied gelten, daß die Venenwand gegen ihre Umgebung ziemlich gut abgesetzt ist, die Wand der Lymphgefäße dagegen nicht.

Interstitielle Muskulatur ohne typische Anordnung.

Nicht alle im interstitiellen Lungengewebe vorkommende Muskulatur läßt sich in die bisher beschriebenen Typen einordnen. Es existieren vielmehr noch Formationen glatter Muskulatur von zum Teil ansehnlicher Größe, bei denen man vergeblich nach einem bestimmten Bauplan forscht. So finden sich in manchen interlobulären Septen bzw. im perivaskulären Gewebe größerer Gefäße, welche daselbst verlaufen, ganze Reihen längs- oder quergetroffener, nebeneinander liegender Muskelbündel, die zwar vielfach parallel zueinander verlaufen und miteinander anastomosieren, aber keinerlei Beziehungen zu Blut- oder Lymphgefäßen zeigen. Abb. 14 soll dazu dienen, diese Verhältnisse zu erläutern.

Es handelt sich um einen Ausschnitt aus dem perivaskulären Gewebe einer zwischen zwei Lungenläppchen verlaufenden, in einem Septum eingeschlossenen Vene. Diese Bindegewebsmasse grenzt direkt an das Parenchym und gibt in letzteres hinein zwei bindegewebige Fortsätze ab, pr_1 und pr_2 , welche sich zwischen die Alveolen hineindrängen. Das Auffallende sind in dem Bindegewebe die zahlreichen, teils quer-, teils längs- oder schiefgetroffenen Muskelbündel, welche bis ins interalveoläre Gewebe sich erstrecken und stellenweise, vom Mutterboden gleichsam abgeschnürt, wie auf einer Insel (bei i) zwischen den Alveolen sitzen. Denkt man sich die Darstellung eines senkrecht zu dieser Abbildung verlaufenden Schnittes, dann hätte man lauter der Längsachse nach dahinziehende, untereinander anastomosierende Muskelbündel vor sich, ein Bild, wie man es des öfteren in den Serien antreffen kann.

Dieselben Bilder sieht man oft in den bindegewebigen Hüllen der innerhalb der Lungenläppchen dahinziehenden Gefäße. Auch hier verlaufen zahlreiche Bündel glatter Muskelfasern parallel zur Achse des eingeschlossenen Gefäßrohres, die einzelnen Gefäßäste bis zu ihren letzten Verzweigungen begleitend. Manchmal ereignet es sich, daß die Beziehungen dieser Muskulatur zum perivaskulären Gewebe im einzelnen Schnitt nicht erkennbar sind; man findet nämlich häufig zwischen den Alveolen allerhand Muskelbündel, ähnlich wie in Abb. 14, deren Herkunft man sich nicht ohne weiteres erklären kann. Erst das Durchsehen der nächsten Serienschnitte zeigt dann jeweils, daß sie in irgendeiner Weise dem bindegewebigen perivaskulären Mantel zugehören.

Außer den bindegewebigen Massen, welche die Septen bilden und die Gefäße einschneiden, kommen in der Lunge noch eigentümliche knotenartige Verdickungen des interalveolären Bindegewebes vor. Räumlich muß man sich diese Bildungen vorstellen als dreidimensionale kleine Blöcke oder Anhäufungen von Bindegewebe, die vielfach mit einem Fuß als Basis von einem interlobulären Septum ausgehen und sich dann verschieden weit in das Parenchym eines Lungen-

Abb. 14. Perivaskuläres Bindegewebe aus der Umgebung einer interlobulären Vene mit zahlreichen glatten Muskelbündeln im Schief- und Querschnitt, Verg. 58,5 fach.

a Alveolen, oberhalb der Alveole a_1 das Parenchym etwas zusammengeschoben, pr_1 und pr_2 bindegewebige Fortsätze, i interalveoläre Verdickung des Bindegewebes mit glatten Muskelbündeln.

lappchens hinein erstrecken. Die Oberfläche dieser Gebilde ist, wie man sich leicht vorstellen kann, keineswegs glatt, sondern abwechselnd mit kleinen Dellen und Stacheln versehen, davon erstere durch die angrenzenden Alveolen bedingt sind, letztere ins interalveoläre Gewebe hineinragen. Meist verzünden sich diese Formationen allmählich und laufen schließlich in einen oder mehrere bindegewebige Züge aus, die dann an intralobulären Bronchiolen oder Gefäßen endigen.

Diese Gebilde nun enthalten sonderbarerweise immer glatte Muskulatur, und zwar in solcher Menge, daß es manchmal scheint, als bestünden sie fast nur aus Muskelbündeln, die ihrerseits durch Bindegewebe voneinander getrennt sind.

Zur Erläuterung des Gesagten diene Abb. 15; sie stammt aus der Mitte eines Lungenlappchens und stellt einen der eben beschriebenen bindegewebigen Blöcke im Schnitt dar. Er ist von dreieckiger Form. Der Rand zeigt mancherlei Vorsprünge und Buchten, den Alveolen (*a*) und deren Zwischenwänden entsprechend. Einzelne Alveolen erscheinen vollständig in die Randpartien versenkt. Nach

unten hin in der Abbildung besteht eine direkte breite Verbindung mit dem peribronchialen Bindegewebe eines Bronchiolus respiratorius (*br*). Am auffallendsten gestaltet sich nun die Muskulatur: Zahlreiche längs-, schief- und quergetroffene Muskelbündel, zum Teil von beträchtlicher Länge und Dicke, beherrschen das Gesichtsfeld, vielfach sich verzweigend und in die Nachbarbündel übergehend. U. a. hat das Bündel, welches senkrecht von oben nach unten durchzieht, eine Länge von 1,15 mm. Wie die Abbildung deutlich zeigt, erstrecken sich diese Bündel bis in die Spitzen der interalveolären Fortsätze hinein.

Abb. 15. Querschnitt durch einen intralobulären Bindegewebsstock. Vergr. 58,5 fach.

a Alveolen, *l* Lymphgefäße, *M* Muskulatur, *br* Bronchiolus respiratorius.

Beim Durchsehen der zu diesem Schnitte gehörigen Serie wurde ich gewahr, daß letztere sich als dünne Bindegewebszüge weit von ihrer Basis aus ins Parenchym hinein erstrecken, in ihrem Innern meist ein kleines Muskelbündel beherbergend, so daß wir auch hier wieder der oben schon geschilderten Situation begegnen: Mitten zwischen den Alveolen tritt plötzlich ein Muskelbündel auf, dessen Herkunft zunächst nicht klar ist; dagegen bringt ein Durchmustern der Serie den gewünschten Aufschluß. Versucht man, diese Muskulatur sich räumlich vorzustellen, so ergibt sich ein schwammartiges, mit spitzwinkligen Hohlräumen erfülltes Flechtwerk aus Bündeln glatter Muskelfasern. Durch die Hohlräume oder Maschen hindurch winden sich neben zahlreichen Bindegewebsbündeln viele kleine Lymphgefäße (*l*), in deren Umgebung manchmal Kohlenpigment abgelagert ist, und gelegentlich auch kleine Venen. In der Umgebung des Pigments sind dann jeweils zahlreiche Lymphocyten eingestreut. Das Pigment kann aber geadesogut fehlen, während die Muskulatur in gleicher Weise vorhanden ist; zum Beweis, daß diese sonderbaren Muskelbündel nicht etwa als Antwort auf den chronischen, durch das Kohlenpigment gesetzten Reiz aufzufassen sind.

Die Frage, woher denn diese merkwürdigen Bildungen stammen, muß zweifellos entwicklungsgeschichtlich erklärt werden. Nach den Untersuchungen von Kotzenberg¹⁷⁾ ist die Bronchialmuskulatur mesenchymalen Ursprungs; man könnte sich darum vorstellen, daß es sich auch bei der in den beschriebenen intralobulären Inseln vorkommenden Muskulatur um selbständig entwickeltes Bildungsgewebe handelt, das seiner eigentlichen Bestimmung nicht zugeführt worden ist. Hierfür spricht folgendes: Ich habe gelegentlich Stellen gefunden, an denen diese interalveoläre interstitielle Muskulatur mit der Muskulatur der Bronchioli respiratorii zusammenhängt. Schon in Abb. 15 z. B. sieht man, wie nach unten hin an zwei Stellen zarte Muskelbündel in die Wand des Bronchiolus respiratorius (*br*) einstrahlen. Die weiteren Schnitte derselben Serie zeigen dies noch deutlicher. An einer anderen ähnlichen Stelle beobachtete ich, daß ein etwa 35 μ starkes Muskelbündel von der beschriebenen Art direkt in ein ringförmig verlaufendes Bündel des angrenzenden Bronchiolus respiratorius übergeht. Derartige Befunde deuten doch wahrscheinlich darauf hin, daß der Ursprung dieser räumlich getrennten Muskulatur in beiden Fällen derselbe sein muß.

Muskulatur der Pleura.

In der Einleitung hatten wir gesehen, daß das interstitielle Bindegewebe in der Richtung auf die Oberfläche der Lunge hin überall kontinuierlich mit der Pleura zusammenhängt. Es ergab sich daher die Frage, ob auch die Pleura visceralis glatte Muskulatur enthalte. Ich habe daraufhin Vertikal- und Flachschnitte durch die Pleura untersucht und habe dabei gefunden, daß sie eine große Menge glatter Muskulatur beherbergt. Diese findet sich aber lediglich in den tieferen Schichten, und zwar wiederum vielfach im Zusammenhang mit den Lymphgefäßen. Letztere liegen hier in zwei Schichten und bilden so einen oberflächlichen und einen tiefen Plexus, wie Dybkowski⁵⁾ es schon für die Lymphgefäße der Pleura beim Hunde beschrieben hat. Dementsprechend ist die Muskulatur ebenfalls oft in zwei voneinander getrennten Schichten angeordnet.

Abb. 16. Pleura visceralis mit Muskulatur. Vergr. 58,5 fach.

OM Oberflächliche Lage, TM tiefe Lage der Muskulatur. l_1 bis l_3 Lymphgefäße des oberflächlichen Plexus. l_1 Lymphgefäß, dem tiefen Plexus zugehörig. P Lungenparenchym, bl Blutgefäß.

Abb. 17. Tangentialschnitt durch die Pleura. Vergr. 80,3 fach.

l tangential getroffenes Lymphgefäß, a subpleurale Alveolen, m , m_1 und m_2 Muskulatur der tiefen Muskelschicht.

Doch zeigen manche Stellen eine Abweichung von dieser Regel, derart, daß sie sich nicht nur an die beiden Lymphgefäßplexus hält, sondern auch zwischen ihnen sich ausbreitet und so eine einheitliche Schicht von stellenweise beträchtlicher Dicke darstellt.

Auch in der Pleura finden wir die Muskulatur geflechtartig angeordnet mit mehr oder weniger weiten Maschen. Rücken jedoch die einzelnen Bündel nahe aneinander, so entstehen wiederum förmliche Muskelblätter.

Zur näheren Erläuterung dienen die Abb. 16, 17 und 18. Abb. 16 stellt einen senkrechten Schnitt durch die Pleura dar. Die oberflächlichen, das Endothel tragenden Schichten sind in der Zeichnung weggelassen, weil in ihnen keine Muskelzellen nachweisbar sind, l_1 , l_2 und l_3 stellen Quer- und Schiefschnitte durch einzelne Teile des oberflächlichen Lymphgefäßplexus dar, welcher hier vollständig in die Muskelschicht OM eingebettet ist. Die Richtung der diese Schicht zusammensetzenden Muskelfasern ist eine nach allen Seiten hin ziehende. Die Schichtdicke beträgt zwischen l_1 und l_2 76μ . Die tiefere Muskelschicht ist hier durch ein einzelnes Bündel TM angedeutet. Die

Lymphgefäße des tiefen Plexus haben zum Teil einen weit größeren Durchmesser, als das Lymphgefäß in der Abbildung es zeigt, und sind, wenn sie nicht in ein Muskelblatt eingebettet liegen, von Muskelmänteln umhüllt,

wie wir sie an den Lymphgefäßen des interstitiellen Lungengewebes schon angetroffen haben.

Abb. 17 zeigt einen Flachschnitt durch die tiefsten Schichten der Pleura, daran erkenntlich, daß rechts die Kuppen einiger Alveolen abgehoben sind. Das ovale Lumen l_1 stellt ein tangential angeschnittenes Lymphgefäß dar; m , m_1 und m_2 die in der unmittelbaren Nachbarschaft des Gefäßes liegende Muskulatur; ihren zum Teil ungeordneten Verlauf erkennt man deutlich bei m_1 und m_2 .

Abb. 18 endlich gibt uns eine Vorstellung von dem merkwürdigen Aufbau eines in der Pleura liegenden Muskelblattes; es handelt sich dabei um einen

Abb. 18. Tangentialschnitt durch die Pleura, Muskelblatt von der Fläche gesehen.
Vergr. 80,3 fach.

Flachschnitt. Der Einfachheit halber sind Muskelkerne und Bindegewebe in der Abbildung weggelassen. Der Schnitt, dem das Bild entnommen ist, hat eine Dicke von $10\ \mu$. Die wechselnde Anordnung der einzelnen Muskelbündel ist geradezu erstaunlich. Natürlich gehen auch manche Bündel aus der Schnittebene heraus und sind darum schief durchtrennt. Dieses Muskelblatt besitzt im ganzen eine Dicke von 50 bis $60\ \mu$ und hängt durch seine Zipfel mit anderen Muskelblättern, welche in derselben Tiefenlage sich befinden, zusammen.

Zu einer Untersuchung der Pleura parietalis, welche des Zusammenhangs und des Vergleichs wegen am Platze gewesen wäre, fehlte leider das Material. Man geht aber kaum fehl, wenn man annimmt, daß sie ebenfalls glatte Muskulatur enthält, ist doch solche schon makroskopisch sichtbar und beschrieben als *M. pleurooesophageus*.

Zusammenfassung des zweiten Teiles.

Im interstitiellen Bindegewebe der Lunge, wie es die einzelnen Lappchen voneinander trennt und die Gefäße einscheidet, sowie in der Pleura pulmonalis finden sich glatte Muskelzellen in großer Zahl. Zum Teil sind sie in Form von vielfach gefensterten Membranen angeordnet, welche entweder, glatt ausgebreitet, in den interlobulären Septen liegen, teils in Form von Muskelmänteln die Lymphgefäße des Lungeninterstitiums umgeben und begleiten. Außerdem finden sich aber zahlreiche Bündel im perivaskulären Gewebe, vornehmlich der Lungenvenen, welche keinen bestimmten Aufbau zeigen, sondern nur in Form von längs dahinziehenden, untereinander durch Anastomosen verbundenen Bündeln vorkommen. Schließlich weisen einzelne Lungenlappchen starke, von einem dreidimensionalen, ganz unregelmäßigen Muskelplexus erfüllte Verdickungen des interalveolär gelegenen Gewebes auf, deren Herkunft am besten durch die Annahme erklärt ist, es handle sich dabei um aberrante Muskelkeime.

Die Muskulatur der Pleura ordnet sich in ein oder zwei Schichten an, deren Lage hauptsächlich an diejenigen Schichten geknüpft ist, welche die Lymphgefäße der Pleura beherbergen.

Funktion der glatten Muskulatur der Lunge.

Über die Funktion der bisher bekannten Muskulatur der Lunge sprechen sich die einzelnen Untersucher verschieden aus. Pieso - Borme²⁴⁾ z. B. glaubt, daß sie zwar mit den rhythmischen Atembewegungen nichts zu tun habe, dagegen bei den periodisch sich einstellenden vertieften Atemzügen in Funktion trete. Ludwig¹⁸⁾ und Hermann¹⁰⁾ schreiben ihr die Fähigkeit zu, das Lungenvolumen zu verkleinern; Landois - Rosemann¹⁹⁾ glaubt, ihre Wirkung bestehe darin, dem erhöhten Druck bei allen forcierten Atembewegungen Widerstand zu leisten. Eine Durchschneidung der Vagi bringt nämlich nach verschiedenen Beobachtungen eine Vergrößerung des Lungenvolumens mit sich. Huckert¹²⁾ gelang es, an Rinderbronchien mit Pilocarpin eine Kontraktion der Muskulatur und als Effekt davon eine Verkürzung der Bronchien hervorzurufen, während nach seinen Versuchen Atropin die entgegengesetzte Wirkung hatte. Lohmann und Müller [zitiert aus Huckert¹²⁾] konnten bei verschiedenen Versuchstieren durch elektrische Reizung des peripheren Vagusstumpfes eine Verkleinerung des Lungenvolumens und damit eine Drucksteigerung in der Trachea erzielen.

Betrachtet man einmal Blutgefäße und Bronchien samt ihren Verzweigungen nebeneinander, so stellt man fest, daß zwischen beiden hinsichtlich des Aufbaues eine gewisse Ähnlichkeit herrscht. Beide sind röhrenförmig, beide enthalten in ihrer Wand elastisches Gewebe und glatte Muskulatur, so daß sie sich trotz der anatomisch verschiedenen Anordnung in beiden Fällen funktionell ähnlich verhalten müssen. Von den Gefäßen weiß man genau, daß sich sie erweitern und verengern bzw. verkürzen und verlängern können. Man wird darum von den Zweigen des Bronchialbaums dasselbe annehmen dürfen, nämlich daß sie je nach der nervösen Beeinflussung ihrer Muskulatur verschiedenen Spannungsgraden ausgesetzt sind, welche unter der Einwirkung abnorm starker Reize so groß werden können, daß sie die normale Atmung erheblich beeinträchtigen,

wie z. B. bei Asthma bronchiale. Es wäre aber noch zu untersuchen, unter welchen Umständen physiologischerweise der Tonus der Muskulatur des Lungenparenchyms zu- bzw. abnimmt, ferner ob sie lediglich als Unterstützung des elastischen Gewebes dient, derart, daß sie zeitweilig dessen Spannung ganz oder teilweise auf sich nimmt. Vielleicht würden in dieser Frage Untersuchungen über den Muskelgehalt des Lungenparenchyms bei Emphysem zum Ziele führen. An der Atmung als solcher dürfte diese Muskulatur wohl kaum einen Anteil haben, zumal sie doch nur bei der Expiration mitwirken könnte und dabei eher im hemmenden Sinne auf die austretende Luft wirken würde.

Was die Funktion der interstitiellen Muskulatur anlangt, so ist anzunehmen, daß sie synchron mit der Muskulatur des Parenchyms sich kontrahiert und dabei auf die bindegewebigen Anteile der Lunge sowie auf die dünnwandigen Lymphgefäße im verkürzenden Sinne wirkt.

Schluß.

Die vorliegende Arbeit diene verschiedenen Zwecken. Einmal machte sie sich zur Aufgabe, zu zeigen, daß die Muskulatur des Bronchialbaums (des Parenchyms) nach absolut einheitlichem Plan sich aufbaut, welcher selbst bis in die blinden Endigungen der Alveolargänge durchgeführt ist. Sodann sollte sie dartun, daß auch das interstitielle Gewebe der Lunge einschließlich der Pleura visceralis glatte Muskulatur beherbergt, welche an einzelnen Stellen mit der erstgenannten untrennbar zusammenhängt. Damit wollte sie u. a. der pathologischen Forschung anatomische Grundlagen an die Hand geben, deren sie zwecks einer Erklärung dafür bedarf, von welchem Mutterboden aus muskuläre Hyperplasien der Lunge und der Pleura ihren Ursprung nehmen.

Möglicherweise wechselt der Gehalt der Lunge an Muskulatur, sowohl des Parenchyms als auch des Interstitiums, wobei zu erwarten ist, daß an dem Wechsel besonders der Teil der interstitiellen Muskulatur Anteil hat, der sich aus anscheinend liegengebliebenen, im Parenchym frei befindlichen Muskelkeimen entwickelte. Trotzdem scheint es gerechtfertigt, die menschliche Lunge zu den an glatter Muskulatur reichen Organen zu rechnen, und man geht wohl nicht fehl, wenn man annimmt, daß kaum ein Kubikmillimeter Lungengewebe existiert, der nicht glatte Muskulatur enthielte.

Zum Schluß erlaube ich mir, meinem verehrten Chef, Herrn Prof. Heidenhain, für die Überlassung des Materials sowie für die vielseitige Unterstützung meinen Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ Arnold, Neubildung glatter Muskelfasern in der Pleura. Virchows Archiv **39**, 270. — ²⁾ Buhl, Lungenentzündung, Tuberkulose und Schwindsucht. 2. Aufl. 1872. — ³⁾ Davidsohn, Über muskuläre Lungencirrhose. Berl. klin. Wochenschr. 1907, Nr. 2. — ⁴⁾ Donders, Physiologie des Menschen 1859. — ⁵⁾ Dybkowski, Über Aufsaugung und Absonderung der Pleurawand. Verhandl. d. sächsischen Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig 1866. — ⁶⁾ Eberth, Hyperplasie des Lungenparenchyms. Virchows Archiv **72**, 96. — ⁷⁾ Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speziellen Gewebelehre 1848. — ⁸⁾ Heidenhain, Über die Mallorysche Bindegewebsfärbung mit Carmin und Azocarmin als Nach-

farben. Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie **32**. 361. — ⁹⁾ Heidenhain, Protokoll des Medizinisch-naturwissenschaftl. Vereins Tübingen. Münch. med. Wochenschr. Nr. 36. 1906, — ¹⁰⁾ Hermann, Lehrbuch der Physiologie. 4. Aufl. 1889. — ¹¹⁾ Hirschmann, Zur Lehre über den feineren Bau des Lungenparenchyms bei Säugetieren. Virchows Archiv **36**, 335. — ¹²⁾ Huckert, Die Muskulatur des Bronchialbaums. J. D., Marburg 1913. — ¹³⁾ Kaufmann, Lehrbuch der speziellen Pathologie. 6. Aufl. 1911, S. 257. — ¹⁴⁾ Kölliker, Bericht der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Bd. I, 1849. — ¹⁵⁾ Kölliker, Mikroskopische Anatomie. 2. Aufl. 1852. — ¹⁶⁾ Kölliker, Verhandl. der Physikalisch-medizinischen Gesellsch. zu Würzburg. Bd. 16, N. F. 1881. — ¹⁷⁾ Kotzenberg, Zur Entwicklung der Ringmuskelschicht an den Bronchien der Säugetiere. Arch. f. mikr. Anat. **60**. — ¹⁸⁾ Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. Bd. 2. 1861. — ¹⁹⁾ Landois-Rosemann, Lehrbuch der Physiologie. 12. Aufl. Bd. 1. — ²⁰⁾ Miller, Die Lymphgefäße der Lunge. Anatomischer Anzeiger **12**. — ²¹⁾ Miller, Das Lungenlappchen, seine Blut- und Lymphgefäße. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abteilung 1900. — ²²⁾ Moleschott, Ein Beitrag zur Kenntnis der glatten Muskelzellen. Untersuchungen zur Naturlehre. Bd. 6. 1860. — ²³⁾ Müller, J., Zur vergleichenden Histologie der Lungen unserer Haussäugetiere. Arch. f. mikr. Anat. **69**. 1907. — ²⁴⁾ Pissoborne, Anatomisch-physiologische Studien über die Gegenwart glatter Muskelfasern in den Lungenbläschen der Wirbeltiere. Untersuchungen zur Naturlehre Bd. 10. 1870. — ²⁵⁾ Rindfleisch, Die Muskulatur der kleinen Bronchien und des Lungenparenchyms. Med. Zentralbl. **5**. 1872. — ²⁶⁾ Rössle, Über Lungensyphilis. Münch. med. Wochenschr. 1918, Nr. 36. — ²⁷⁾ Schulze, Fr. E., Die Lungen. Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871. — ²⁸⁾ Schulze, Fr. E., Beiträge zur Anatomie der Säugetierlunge. Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akademie d. Wissensch. **1**. 1906. — ²⁹⁾ Stieda, Bau und Entwicklung der Säugetierlunge. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. **30** Suppl. 1878. — ³⁰⁾ Tanaka, Beiträge zur Kenntnis der Lungensyphilis beim Erwachsenen, zugleich über muskuläre Lungeneirrhose. Virchows Archiv **208**. 1912.