



# Lungen- und Bronchialerkrankungen

Ein Lehrbuch der Pneumologie

Von R. Ferlinz

# Lungen- und Bronchial- erkrankungen

Ein Lehrbuch  
der Pneumologie  
von R. Ferlinz

141 Abbildungen  
73 Tabellen



Prof. Dr. med. R. FERLINZ  
Medizinische Universitäts-Poliklinik Bonn

Diejenigen Bezeichnungen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus der Bezeichnung einer Ware mit dem für diese eingetragenen Warenzeichen nicht geschlossen werden, daß die Bezeichnung ein freier Warename ist. Ebensowenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmuster vorliegen.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 1974 Georg Thieme Verlag, D 7000 Stuttgart 1, Herdweg 63, Postfach 732 — Printed in Germany —  
Druck: A. Oelschlägersche Buchdruckerei GmbH, Calw

ISBN 3 13 457701 1

## Geleitwort

Mein ehemaliger Mitarbeiter Prof. R. Ferlinz hat mich gebeten, zu diesem Buch ein Geleitwort zu schreiben. Ich tue dies gerne, da ich seinerzeit als Direktor der Medizinischen Universitäts-Poliklinik Bonn auch bei der Planung beteiligt war. Aus der damals vorgesehenen Fibel ist nun allerdings ein Lehrbuch der Lungen- und Bronchialerkrankungen geworden. In einem allgemeinen und speziellen Teil werden Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie und Klinik des unteren Respirationstraktes eingehend besprochen. Das Hauptgewicht liegt auf der Klinik der Lungen- und Bronchialerkrankungen, die sehr ausführlich dargestellt ist. Neben den häufigen täglichen Krankheitsbildern wie z. B. Bronchitis, Bronchuskarzinom, Lungentuberkulose werden auch seltener Zustände

wie z. B. die allergische exogene Alveolitis als Farmerlunge, Champignonzüchterlunge usw., die Vielzahl der z. T. noch wenig beachteten berufsbedingten Inhalationsschäden, die Lungenbeteiligung bei Systemerkrankungen, Diagnose und Therapie akuter pulmonal bedingter Notfälle und vieles andere mehr klar beschrieben. Ich glaube, daß das Buch eine Lücke füllt und hoffe, daß es dem in Praxis und Klinik tätigen Arzt viele wertvolle Informationen bietet. In diesem Sinne wünsche ich dieser umfassenden Darstellung der Lungen- und Bronchialerkrankungen eine gute Aufnahme.

Zürich, im Frühjahr 1974

W. SIEGENTHALER

## Vorwort

Wenige Bereiche der Medizin haben in den letzten zwanzig Jahren einen so tiefgreifenden Wandel erfahren wie die Pneumologie. Die Tuberkulose, die früher in dieser Disziplin so dominierte, daß „Lungenkrankheit“ gleichgesetzt wurde mit „Tuberkulose“, hat ihre beherrschende Stellung verloren. Andere Krankheitsbilder wie Bronchitis und Bronchuskarzinom traten an ihre Stelle. Eine Vielzahl von inhalativen Schäden, die zu Erkrankungen des broncho-pulmonalen Systems führen, wurde bekannt, immer neue solcher Krankheitsbilder kommen noch dazu. Schließlich lernte man auch, daß die Lungen in ganz erheblichem Maße an systemischen Erkrankungen des gesamten Organismus mitbeteiligt sein können, ja daß sogar von den Lungen die Leitsymptome solcher Erkrankungen ausgehen können. Auf methodischem Gebiet eröffnete sich durch den Ausbau der Lungenfunktionsdiagnostik ein außerordentlich fruchtbares Neuland, das auch der Klinik der broncho-pulmonalen Erkrankungen neue Akzente setzte. Durch die Chemotherapie, durch neue diagnostische und therapeutische Techniken zeigten sich neue, bislang unvorstellbare diagnostische und auch therapeutische Aspekte. Die Pneumologie, die bis dahin fast nur als Phthisiologie weitab vom Tagesgetriebe ein Zaubergebüschlein führte, ist heute eine vielseitige Spezialdisziplin, auf die etwa 10% aller Erkrankungen aus dem Gesamtbereich der inneren Medizin entfallen.

Als mich der Georg Thieme Verlag einlud, eine Lungenfibul zu verfassen, sagte ich gerne zu, da mir in dieser Situation eine zusammenfassende Darstellung aller Krankheitsbilder des Lungen-Bronchialsystems nötig erschien. Doch bald zeigte sich, daß dies den Rahmen einer Fibul überschreitet. So entstand das nunmehr vorliegende Buch. Es geht in manchem für ein klinisches Lehrbuch ungewohnte Wege. Ich hielt es für nötig, der Beschreibung der einzelnen Krankheitsbilder eine speziell auf die Bedürfnisse des Arztes ausgerichtete Darstellung der Anatomie und

der Physiologie vorzustellen, da die Kenntnis der normalen und pathologischen Gestalt und Funktion Voraussetzung für das Verständnis der Klinik und für jeden therapeutischen Ansatz ist. Auch eine eingehende Darstellung der diagnostischen und therapeutischen Methoden schien mir nötig, da das Wissen um Möglichkeiten und Grenzen eines Verfahrens Voraussetzung für seine sinnvolle Anwendung ist. Hier galt es, die neugewonnenen Möglichkeiten kritisch zu sichten, Bewährtes beizubehalten und oftmals schon allzu lange mitgeschleppten Ballast über Bord zu werfen.

Es ist unmöglich all den vielen Kollegen, Mitarbeitern und auch den Studenten zu danken, die alle ihren Anteil am Zustandekommen dieses Buches haben, da sie durch ihre Ansichten, durch Diskussionen und nicht zuletzt durch Fragen und durch den klinischen Unterricht sicherlich in ganz erheblichem Maße zur Bildung meiner eigenen Meinung beitrugen. Zu besonderem Dank bin ich meinem Lehrer in der Pneumologie, Herrn Prof. J. HEIN, verpflichtet. Ihm verdanke ich vor allem das Verständnis und das Interesse für die Erkrankung des Atmungssystems. Großen Dank schulde ich auch Herrn Prof. W. SIEGENTHALER. Er hat den Anstoß gegeben dieses Buch zu schreiben. Manche lebhaftige Diskussion mit ihm gab mir wohl dazu entscheidende Anregungen. Herr Prof. R. W. MÜLLER hat mir mit vielen wertvollen Literaturhinweisen und Ratschlägen für die Gestaltung des Manuskriptes geholfen. Meinem Mitarbeiter Herrn Dr. J. SCHÖNEN danke ich für die Durchsicht der Korrekturen. Schließlich danke ich Herrn Dr. med. h. c. GÜNTHER HAUFF und den Mitarbeitern des Georg Thieme Verlages, insbesondere Herrn Dr. D. BREMKAMP, für das große Verständnis und die Hilfsbereitschaft, die sie mir bei der Abfassung des Manuskriptes und der Herstellung des Buches immer wieder entgegenbrachten.

Bonn, im Januar 1974

R. FERLINZ

# Inhaltsverzeichnis

Geleitwort . . . . .	III
Vorwort . . . . .	IV
<b>Allgemeiner Teil . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>Grundriß der Lungenstruktur . . . . .</b>	<b>3</b>
Entwicklung der Lungen . . . . .	3
Aufbau der Lungen . . . . .	4
Allgemeine Gesichtspunkte zur Morphologie . . . . .	4
Aufbau der Läppchenstruktur . . . . .	6
Bronchialsystem und bronchopulmonale Segmente . . . . .	6
Histologisches Bild des Bronchialbaumes . . . . .	8
Lungenalveolen . . . . .	9
Nervenversorgung der Lungen . . . . .	10
Lymphgefäße und Lymphwege . . . . .	10
Thorax, Zwerchfell und Pleura . . . . .	12
<b>Grundriß der Physiologie und Pathophysiologie der Atmung . . . . .</b>	<b>16</b>
Allgemeine Grundlagen . . . . .	16
Ventilation . . . . .	18
Alveoläre Ventilation . . . . .	18
Atemmechanik . . . . .	19
Lungendurchblutung (Perfusion) . . . . .	30
Diffusion . . . . .	31
Ventilations-Perfusions-Verhältnis . . . . .	33
Sauerstoff- und Kohlendioxydtransport im Blut . . . . .	37
Sauerstofftransport . . . . .	37
Kohlendioxydtransport . . . . .	39
Die Lungen als Regulationsorgan des Säure-Basen-Haushaltes . . . . .	40
Regulation der Atmung . . . . .	42
<b>Klinik der Lungenkrankheiten . . . . .</b>	<b>45</b>
Symptomatik . . . . .	45
Husten . . . . .	45
Auswurf . . . . .	46
Dyspnoe . . . . .	48
Schmerzen . . . . .	50
Allgemeinbefinden . . . . .	52
Appetit und Gewicht . . . . .	52
Fieber . . . . .	52
Andere Organsymptome . . . . .	52
Klinische Untersuchung . . . . .	53
Anamnese . . . . .	54
Familienanamnese . . . . .	54
Berufsanamnese . . . . .	54

## VI Inhaltsverzeichnis

Inspektion . . . . .	54
Perkussion und Auskultation . . . . .	57
Röntgendiagnostik . . . . .	62
Lungenfunktionsdiagnostik . . . . .	76
Untersuchung des Sputums . . . . .	97
Diagnostik mittels Antigen-Antikörper-Reaktionen . . . . .	104
Bronchologische Untersuchungsmethoden . . . . .	107
Diagnostische Pleurapunktion . . . . .	112
Biopsische Untersuchungsmethoden . . . . .	114
<b>Spezielle Therapiemethoden bei Lungenerkrankungen . . . . .</b>	<b>121</b>
Respiratorbehandlung . . . . .	121
Inhalationstherapie . . . . .	125
Medikamente für die Aerosoltherapie . . . . .	127
Sauerstofftherapie . . . . .	128
Physikalische Atemtherapie . . . . .	131
Atemgymnastik . . . . .	131
Lagerungsdrainage . . . . .	132
Totraumvergrößerung . . . . .	132
<b>Therapeutische Eingriffe an der Pleura . . . . .</b>	<b>134</b>
Spülbehandlung des Empyems . . . . .	134
Dauerdrainage des Empyems . . . . .	134
Saugdrainage der Pleurahöhle . . . . .	135
Resektionstherapie . . . . .	135
Grenzen der Operabilität . . . . .	136
Dekortikation . . . . .	137
Resektion der Pleura . . . . .	138
Kollapstherapie . . . . .	138
Strahlentherapie . . . . .	139
Klimakuren . . . . .	143
<b>Spezieller Teil . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>Erkrankungen der Atemwege . . . . .</b>	<b>143</b>
Bronchitis . . . . .	143
Akute Bronchitis . . . . .	143
Chronische Bronchitis . . . . .	149
Emphysem . . . . .	170
Asthma bronchiale . . . . .	181
Obstruktives Syndrom . . . . .	190
Bronchiektasen . . . . .	191
<b>Entzündliche Lungenerkrankungen . . . . .</b>	<b>197</b>
Pneumonien . . . . .	197
Mykoplasmapneumonie . . . . .	201
Viruspneumonien . . . . .	204
Bakterielle Pneumonien . . . . .	212
Lungenmykosen . . . . .	231
Aktinomykose und Nokardiose . . . . .	246
Aktinomykose . . . . .	246
Nokardiose . . . . .	248
Rickettsien-Pneumonien . . . . .	249

Pneumocystis-Carinii-Pneumonie (interstitielle, plasmazelluläre Säuglings- pneumonie)	251
Toxoplasmose	253
Amöbiasis der Lunge	255
Aspirationspneumonien	256
Strahlenpneumonien und Strahlenfibrose	261
Transplantationslunge	263
Lungenabszeß	263
Tuberkulose	267
Mykobakterien	312
<b>Lungenechinokokkus</b>	<b>316</b>
<b>Lungenverschattungen mit Bluteosinophilie</b>	<b>319</b>
Flüchtiges eosinophiles Infiltrat	319
Tropische pulmonale Eosinophilie (Weingarten-Syndrom)	321
Panarteriitis nodosa und Wegenersche Granulomatose	321
<b>Vorwiegend berufsbedingte Lungenerkrankungen</b>	<b>322</b>
Erkrankungen durch Inhalation von toxischen Gasen	322
Pneumokoniosen	328
Anthrakose	329
Pneumokoniosen durch siliziumhaltige Stäube	329
Pneumokoniosen durch metallische Stäube und Dämpfe	341
„Benigne Pneumokoniosen“	349
Allergische exogene Alveolitis	350
<b>Tumoren der Lungen</b>	<b>356</b>
Bronchuskarzinom	356
Alveolarzellkarzinom	370
Pancoast-Tumor	373
Seltene Lungentumoren	374
Bronchusadenom	374
Neurogene Tumoren	377
Hamartom	378
Lungenhämangiom (arteriovenöse Lungenfistel)	379
<b>Lungenerkrankungen unbekannter Ätiologie</b>	<b>382</b>
Maligne Retikulosen	382
Lymphogranulomatose	382
Lymphosarkom und Retikulumzellsarkom	384
Leukämie	386
Lungenbeteiligung bei anderen malignen Systemerkrankungen	387
Kollagenosen	387
Rheumalunge	387
Lupus erythematoses disseminatus (visceralis)	388
Sklerodermie	391
Wegenersche Granulomatose	392
Panarteriitis nodosa (Periarteriitis nodosa, Polyarteriitis nodosa)	394
Sarkoidose	395
Hamman-Rich-Syndrom (diffuse idiopathische progressive Lungenfibrose)	407
Busulfan-Lunge	410

## VIII Inhaltsverzeichnis

Goodpasture-Syndrom . . . . .	410
Idiopathische Lungenhämosiderose (Ceelensche Erkrankung) . . . . .	412
Mukoviszidose (zystische Fibrose, zystische Pankreasfibrose). . . . .	413
Atemnotsyndrom (Respiratory Distress Syndrom, hyaline Membrankrankheit) . . . . .	416
Alveolarproteinose . . . . .	417
<b>Lungenzysten-Zystenlunge-Wabellunge</b> . . . . .	<b>419</b>
Erworbene Lungenzysten . . . . .	419
Angeborene Lungenzysten . . . . .	419
<b>Erkrankungen der Pleura</b> . . . . .	<b>422</b>
Entzündliche Pleuraerkrankungen. . . . .	423
Fibrinöse (trockene) Pleuritis . . . . .	423
Exsudative Pleuritis . . . . .	424
Tumoren der Pleura . . . . .	434
Primäre Pleuratumoren . . . . .	435
Metastatische maligne Pleuratumoren . . . . .	436
Maligne Pleuraergüsse bei Systemerkrankungen . . . . .	438
Pleurale Erkrankungen bei primären Tumoren der Thoraxwand . . . . .	438
<b>Akute pulmonal bedingte Krankheitsbilder</b> . . . . .	<b>439</b>
<b>Anhang</b> . . . . .	<b>461</b>
<b>Literatur</b> . . . . .	<b>481</b>
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	<b>485</b>

# Allgemeiner Teil



# Grundriß der Lungenstruktur

## Entwicklung der Lungen

Die Entwicklung der Lungen beginnt in der 3. Embryonalwoche. Die Anlage der Lunge liegt im Entoderm des Kopfdarmes hinter der des Herzens. Am Ende des ersten Embryonalmonats hat sich aus der Lungenanlage ein Säckchen gebildet, das nunmehr kranialwärts der Herzanlage liegt, sich nach ventral und kaudal zu vorstülpt und weiter nach kaudal

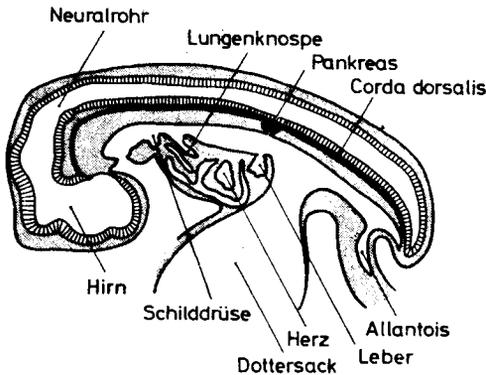


Abb. 1 Menschlicher Embryo am Ende der dritten Embryonalwoche mit Beginn der Entwicklung der Lunge. Die Lunge entwickelt sich aus dem Vordarm unterhalb der Anlage der Schilddrüse

in das Mesenchym zwischen der Herzanlage und dem späteren Ösophagus hineinwächst (Abb. 1). Bald darauf teilt sich der Entodermschlauch in zwei Knospen, die die primären Hauptbronchien bilden. Von hier erfolgt nun die weitere Knospung. Etwa am Ende der 3. Embryonalwoche finden sich rechts zehn, links neun Verzweigungen, die bereits weitgehend den bronchopulmonalen Segmenten der Erwachsenenlunge entsprechen. Durch immer weitere Aussprossungen

bilden sich schließlich zwei baumartige Gebilde aus Endothelschläuchen. Der Stamm dieser beiden Bäume entspricht den späteren Hauptbronchien. Das die Bäumchen umgebende undifferenzierte Mesenchym differenziert sich sukzessiv zu glatten Muskelfasern, Knorpel, Bindegewebe und bildet schließlich an der Oberfläche eine Lage seröser Deckzellen, die zur Pleura werden.

Bis zum 6. Embryonalmonat ist die Aussprossung des primären Bronchialschlauches, die *kanalikuläre Entwicklungsperiode*, beendet. Von da an beginnt die *alveoläre Entwicklungsperiode*, in der sich die respiratorischen Einheiten ausbilden. Gleichzeitig mit der Aussprossung des Bronchialschlauches wächst vom Truncus arteriosus her die Anlage der Pulmonalarterien auf die Lungenknospe hin. Mit Ausbildung der Aortenbögen ordnen sich diese Gefäße dem 6. Aortenbogen zu. Der dorsale Anteil des 6. Aortenbogens verschwindet dann auf der rechten Seite bald wieder, während links bis zur Geburt eine weite Verbindung zwischen Aorta und Pulmonalarterie als Ductus arteriosus (Botalli) bestehen bleibt. Die Äste der Pulmonalarterien treten in engen Konnex mit dem primären Bronchialschlauch und begleiten dessen Verzweigungen bis in die Peripherie. Sie liegen dabei immer im Lappchenzentrum. Etwa ab der 20. Embryonalwoche beginnt sich das alveolenumspinnende Kapillarnetz auszubilden.

Die Bronchialarterien entstammen den paarig angelegten, von der dorsalen Aorta ausgehenden Segmentarterien; sie wachsen zunächst in die sich vergrößernde Lungenanlage ein. Die meisten von ihnen verschwinden wieder, nur

das erste Paar bleibt in der Regel bestehen und bildet ein Stämmchen, das meist am oberen Rande des linken Hauptbronchus von der Aorta entspringt und sich unmittelbar nach dem Abgang in je einen Ast für die rechte und linke Lunge teilt. Der Abgang der Bronchialarterien ist sehr variabel, je nachdem, aus welcher Segmentarterie sie sich ausbilden.

Die Lungen- und Bronchialvenen entwickeln sich aus einem gemeinsamen Stamm, der über den Sinus venosus in den gemeinsamen Vorhof des Herzens einmündet. Mit der Weiterentwicklung des Herzens wird dieser gemeinsame Stamm dann in den linken Vorhof einbezogen. Die Verzweigungen des Pulmonalvenenstammes gewinnen Anschluß an das arterielle Gefäßsystem, ihre Sammelgefäße liegen aber niemals zentrilobulär wie die Pulmonalarterien, sondern verlaufen im interlobulären oder interlobären Bindegewebe.

Lymphgefäße findet man am Ende des zweiten Embryonalmonats in der Hilusregion und

etwa um den 70. Embryonaltag in der Lunge. Um den 100. Tag sind klappentragende Lymphgefäße in Lunge und Pleura vorhanden.

Die Nervenversorgung mit motorischen und sensiblen Nerven ist um die 15. Embryonalwoche im Bronchialsystem vorhanden, um die 18. Embryonalwoche in den Pulmonalarterien, den größeren Pulmonalvenen und der Pleura.

Die Entwicklung der Lungen ist mit der Geburt nicht beendet. Die nervöse Versorgung der Bronchialarterien ist erst zwei Monate nach der Geburt voll entwickelt, zur selben Zeit, in der die bronchialen Schleimdrüsen auch voll entwickelt sind, die von den Bronchialarterien versorgt werden. Zum Geburts termin existieren etwa 17 Generationen von Bronchialverzweigungen, beim reifen Erwachsenen bis zu 24. Die Anzahl der Alveolen und die Alveolaroberfläche vergrößert sich kontinuierlich zunehmend bis zum 18.—20. Lebensjahr.

## Aufbau der Lungen

### Allgemeine Gesichtspunkte zur Morphologie

Die rechte Lunge besteht normalerweise aus drei Lappen, Ober-, Mittel- und Unterlappen, die linke Lunge aus zwei Lappen, Oberlappen und Unterlappen. Der Oberlappen hat einen Anhang, die Lingula. Sie entspricht etwa dem Mittellappen rechts. Die Lungenlappen sind von Pleura pulmonalis, die auch Pleura visceralis genannt wird, überzogen. Die Oberlappen liegen beiderseits in der Pleurakuppe, die Basis der Unterlappen sitzt der jeweiligen Zwerchfellhälfte auf. Am Lungenhilus treten Bronchien, Arterien, Venen, Lymphgefäße und Nerven in die Lungen ein bzw. aus und bilden den Lungenstiel. Kaudal vom Lungenstiel liegt eine bindegewebige

Platte, das Lig. pulmonale. Dieses zieht vom Herzbeutel zur medialen Fläche der Unterlappen. Die Pleura visceralis umkleidet Lungenstiel und Lig. pulmonale in einer Umschlagfalte, die in die Pleura parietalis übergeht. Lungenstiel und Lig. pulmonale bilden zusammen das Mesopneumonium (Lungengekröse, Abb. 2).

Die Lappen teilen sich in Segmente, jeder Oberlappen normalerweise in drei, Mittellappen und Lingula in zwei, der rechte Unterlappen in fünf, der linke Unterlappen in vier Segmente. Die segmentale Gliederung der Lungen ist für die klinische Diagnostik und die röntgenologische Zuordnung pathologi-

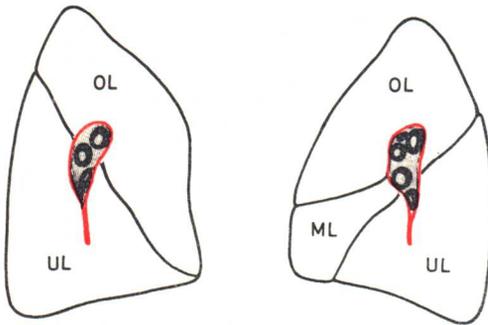


Abb. 2 Das Mesopneumonium (rot) und die in ihm befindlichen Gebilde. Links = linke Lunge, rechts = rechte Lunge, beide Lungen von der medialen Seite her gesehen. Man erkennt, daß das Mesopneumonium in Form einer Pleuraduplikatur noch ein Stück unterhalb unter die Gebilde des Lungenstieles hinunterreicht. OL = Oberlappen, ML = Mittellappen, UL = Unterlappen

scher Veränderungen von großer Bedeutung, ebenso für die Resektionstherapie. Jedes Segment ist von einem zentralverlaufenden Segmentbronchus versorgt, mit dem auch die Segmentarterie verläuft. Die Venen liegen dagegen immer zwischen zwei Bronchi und den dazugehörigen Arterien, das bedeutet,

daß jede Vene Blut aus dem Verzweigungsgebiet zweier bronchoarterieller Einheiten aufnimmt. Die größeren Venen liegen somit intersegmental. Dieses unterschiedliche Verhalten von Arterien und Venen ist für die Resektionstherapie bedeutungsvoll (Abb. 3). Die Einteilung in Lappen und Segmente entspricht sowohl den morphologischen Gegebenheiten als auch ganz besonders den Anforderungen der Klinik. Das bronchopulmonale Segment stellt eine morphologische und funktionelle Einheit dar, die häufig pathologische Prozesse umgrenzt. Das gilt besonders für Prozesse, die vom Bronchus oder der A. pulmonalis ausgehen.

Eine andere Einteilung hat gleichfalls in der Klinik Bedeutung erlangt (Abb. 4). Danach werden die Lungen eingeteilt in drei Zonen: 1. Hiläre Zone (Lungenkern, innere Zone). Sie umfaßt das Gebiet der Lappenbronchien, der großen Gefäße, der hilären Lymphknoten, der in die Lungen im Hilus eintretenden Nerven und das zwischen diesen Gebilden liegende Bindegewebe, enthält aber kein

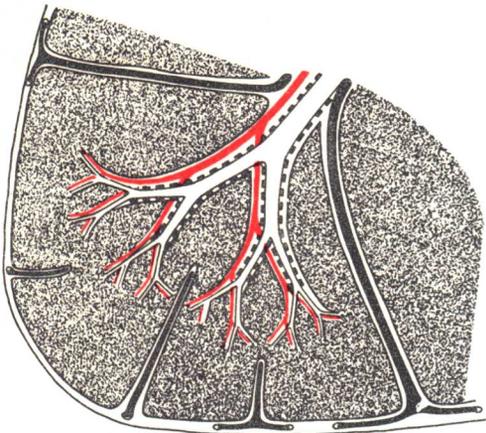
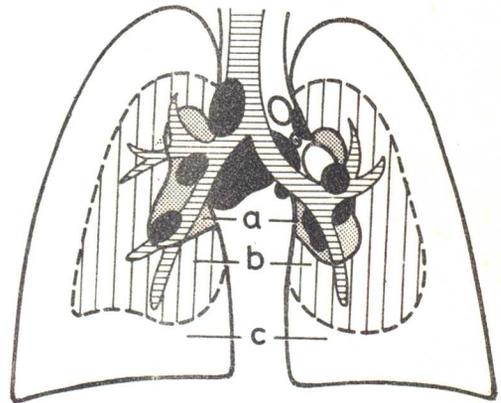


Abb. 4 Die Einteilung der Lunge in Lungenkern, lus. Die Arterien (rot) verlaufen neben dem Bronchus, in der Regel nach cranial und lateral zu vom Bronchus gelegen, die Venen (schwarz) in den interlobulären Septen. Sie führen das Blut aus der subpleuralen Gegend zentripetal zu ab



-  Lungenkern (a)
-  Intermediärzone (b)
-  Lungenmantel (c)
-  Tracheobronchiale Lymphknoten

Abb. 4 Die Einteilung der Lunge in Lungenkern, Intermediärzone und Lungenmantel

eigentliches Lungenparenchym. In ihrem Bereich sind die Lungen am Mediastinum fixiert. Durch den Wandbau der die hiläre Zone aufbauenden Elemente bekommt diese Zone eine besonders feste, derbe Struktur. Sie bildet den Lungenstiel, an ihr hängt wie an einem Hebel die gesamte Lunge, die sich auf diese Weise gewissermaßen gelenkig am Mediastinum, an dem sie fixiert ist, bewegen kann.

2. *Intermediäre Zone (Markzone)*. In dieser Zone liegen die großen Bronchien und Gefäße etwa der 2. bis 4. Teilungsgeneration. Die Lungenläppchen, die in der intermediären Zone liegen, werden von kleinen Bronchien, die rückläufig von einem Segmentbronchus monopodial abgehen, versorgt.

3. *Kortikale Zone (Lungenmantel)*. Hier liegen die peripheren Bronchialverzweigungen, die in Lungenläppchen enden. Im Gegensatz zur Intermediärzone sind die Lungenläppchen hier relativ groß und bilden meist vierseitige Pyramiden, deren Basis an der Lungenoberfläche liegt.

## Aufbau der Läppchenstruktur

Die Lungenstruktur ist so gestaltet, daß eine möglichst große Gasaustauschfläche im Thorax untergebracht werden kann. Die Größe der Gasaustauschfläche schwankt zwischen In- und Expirationsstellung erheblich, sie wird auf minimal 30 m<sup>2</sup> in maximaler Expirationsstellung und maximal bis zu 100 m<sup>2</sup> in maximaler Inspirationsstellung geschätzt. Die kleinste morphologische Einheit des Lungenparenchyms ist der Azinus. Ein Azinus wird von einem Bronchiolus terminalis versorgt. Die Angaben über die Anzahl der Azini schwanken von 30 000 bis ca. 65 000 in der Lunge des jugendlichen Erwachsenen. Etwa 5 Azini bilden ein Lungenläppchen oder Lobulus. Dieser ist bereits von fibrösen Septen umgeben, die von der viszeralen Pleura her einstrahlen. Dadurch wird eine voneinander unabhängige Verschiebbarkeit der Lungenläppchen ermöglicht. In den interlobulären Sep-

ten verlaufen die das Blut aus den Azini abführenden Äste der V. pulmonalis. Mehrere Lobuli bilden ein bronchopulmonales Segment (Sublobus). Auch hier verläuft in der Tiefe der intersegmentalen Septen je eine große Vene, die das Blut aus den benachbarten Segmenten sammelt. Je nach dem entsprechenden Lungenlappen bilden 2—5 Segmente einen Lobus oder Lappen.

## Bronchialsystem und bronchopulmonale Segmente

Das Bronchialsystem besteht aus einer Anzahl von Röhren, die einerseits eine Funktion als leitende Luftwege besitzen, andererseits aber auch das wichtigste Stabilitätsorgan der Lungen darstellen. Neben der Luftleitung wird die Luft in den Bronchien mit Wasserdampf gesättigt und von Schmutzpartikeln gereinigt. Das Bronchialsystem beginnt am Kehlkopf mit der Trachea. Diese spaltet sich in den rechten und linken Hauptbronchus, der rechte Hauptbronchus zieht etwas mehr in Richtung der Trachea nach rechts, der linke, von der Trachea stärker abgewinkelt als der rechte, nach links. Von beiden Hauptbronchien geht zunächst der Oberlappenbronchus ab. Rechts folgt dann der Zwischenbronchus, von ihm geht nach vorne zu der Mittellappenbronchus ab und etwa vis à vis davon nach rückwärts der Bronchus für das apikale Unterlappensegment. Nach basal-lateral zu zieht der Rest des Unterlappenbronchus, der sich in die basale Unterlappensegmentgruppe aufspaltet. Links geht gleichfalls vom Hauptbronchus nach lateral der Oberlappenbronchus ab, dieser spaltet kurz nach seinem Abgang den Lingulabronchus ab und teilt sich anschließend in seine Segmente, während der Hauptbronchus selbst nach dem Abgang des Oberlappenbronchus als Unterlappenbronchus weiter nach basal und lateral zu zieht und zunächst den Segmentbronchus für das apikale Unterlappensegment links abgibt und sich

distal von diesem in die basale Segmentgruppe aufteilt (Abb. 5 und Tab. 1). Das Lumen des Bronchialsystems verjüngt sich peripherwärts, breitet sich aber durch Dicho- und Trichotomie ständig weiter aus. Daraus ergibt sich das klinisch insbesondere für Atemwegserkrankungen bedeutsame Faktum, daß die physiologische Engstelle des Bronchialsystems in der Höhe der Abgänge der Segmentbronchien liegt. Distal davon

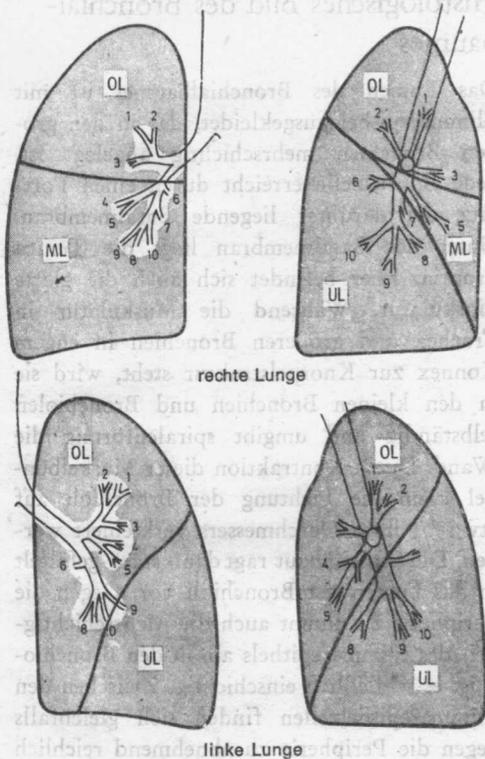


Abb. 5 Die topographische Anordnung der Lappen und der bronchopulmonalen Segmente, im linken Teil der Abbildung von vorne gesehen, im rechten Teil der Abbildung von lateral gesehen. Man erkennt, daß der Mittellappen der rechten Lunge der vorderen Thoraxwand anliegt, der Unterlappen dagegen der lateralen und hinteren Thoraxwand. Die Zahlen, die neben den Segmenten eingetragen sind, bedeuten die Nummern des jeweiligen Segmentes. Das erste und zweite Segment links gehen mit einem gemeinsamen Stamm vom linken Oberlappenbronchus ab, das siebte Segment fehlt links in der Regel. Nomenklatur der Segmente in Tabelle 1

Tabelle 1 Segmente der Lunge.

Segmente der rechten Lunge

Oberlappen

1. Apikales Segment
2. Posteriores Segment
3. Anteriores (pektoriales) Segment

Mittellappen

4. Laterales Segment
5. Anteriores Segment

Unterlappen

6. Apikales Segment
7. Mediobasales (kardiales) Segment
8. Anterobasales Segment
9. Laterobasales Segment
10. Posterobasales Segment

Segmente der linken Lunge

Oberlappen

- |                                     |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Apikales Segment                 | } Häufig gemeinsamer Ursprung |
| 2. Posteriores Segment              |                               |
| 3. Anteriores (pektoriales) Segment |                               |
| 4. Oberes (superiores) Segment      |                               |
| 5. Unteres (inferiores) Segment     |                               |

Unterlappen

6. Apikales Segment
7. Mediobasales (kardiales) Segment (fehlt meist)
8. Anterobasales Segment
9. Laterobasales Segment
10. Posterobasales Segment

werden zwar die einzelnen Bronchialäste ständig enger, der Gesamtquerschnitt der Bronchien nimmt aber nach distal wieder zu, er ist im Bereich der Bronchioli respiratorii ungefähr zehnmal so groß wie am Abgang der Segmentbronchien. Die Teilung der Bronchien erfolgt im Zentrum bis zu den Segmentbronchien durch Dichotomie. Von den in der Intermediärzone gelegenen Abschnitten der Segmentbronchien gehen zahlreiche monopodiale kleine Äste zentripetal ab und versorgen dort ihre Lobuli. Nach peripher zu teilen sich die Bronchien durch Dicho- oder Trichotomie weiter. Die Anzahl der Teilungen ist variabel, je nach der Länge des Bronchus existieren etwa 6 bis 24 Teilungsgenerationen. Die verhältnismäßig kurzen Bronchien der Oberlappen haben die ge-

ringste Anzahl! von Teilungsgenerationen, die großen und langen Bronchien der basalen Unterlappenanteile die höchste.

Die kleinsten knorpeltragenden Bronchien haben einen Durchmesser von ca. 1 mm. Distal davon tragen die Bronchien keinen

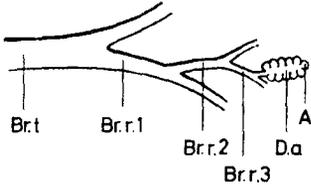


Abb. 6 Der Bau der terminalen Luftwege. Br. t. = Bronchiolus terminalis; Br. r. 1, Br. r. 2, Br. r. 3 = Bronchiolus respiratorius 1., 2. und 3. Ordnung, D. a. = Ductus alveolaris, A = Alveole

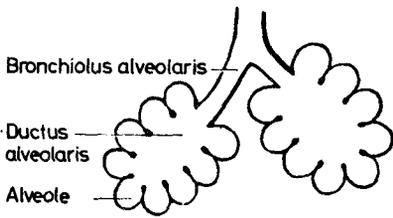


Abb. 7 Schematische Darstellung der terminalen Luftwege. Die Bronchioli alveolares gehen direkt in den jeweiligen Ductus alveolaris über, an dem wie kleine Körbchen die einzelnen Lungenalveolen hängen. Der Eingang zu den einzelnen Lungenalveolen ist durch zirkulär laufende glattmuskuläre Bündel wulstförmig verengt

Knorpel mehr und werden als Bronchiolen bezeichnet. Manche Autoren bezeichnen allerdings als Bronchiolen auch die zentral in einem Azinus gelegenen Bronchien. Die Bronchiolen enden schließlich im Bronchiolus terminalis. Für sich allein gesehen stellt der Bronchiolus terminalis die engste Stelle des Bronchialsystems dar. Er zweigt sich in zwei Bronchioli respiratorii oder alveolares auf. Diese teilen sich wiederum mehrfach, so daß man Bronchioli respiratorii 1., 2. und 3. Ordnung unterscheiden kann. Sie sind etwa 1 bis 3,5 mm lang und etwas weiter als die Bron-

chioli terminales. Jeder Bronchiolus respiratorius III. Ordnung mündet in zwei Ductus alveolares, deren Wand von Alveolen besetzt ist. Die Ductus alveolares öffnen sich gegen die Alveolen hin an den sog. Alveolarringen, das sind durch glatte Muskelfasern bedingte ringförmige Verdickungen, hinter denen sich die Alveole wiederum sackförmig erweitert (Abb. 6 und 7).

### Histologisches Bild des Bronchialbaumes

Das Lumen des Bronchialbaumes ist mit Flimmerepithel ausgekleidet, das in den großen Bronchien mehrschichtig angelegt ist. Jede Epithelzelle erreicht durch einen Fortsatz die darunter liegende Basalmembran. Unter der Basalmembran liegt die Tunica propria. Hier befindet sich auch die glatte Muskulatur. Während die Muskulatur in Trachea und größeren Bronchien in engem Konnex zur Knorpelstruktur steht, wird sie in den kleinen Bronchien und Bronchiolen selbständig und umgibt spiralenförmig die Wand. Durch Kontraktion dieser Muskelbündel kann die Lichtung der Bronchioli auf etwa  $\frac{1}{4}$  ihres Durchmessers verkleinert werden. Die Schleimhaut ragt dann stark gefaltet in das Lumen der Bronchioli vor. Gegen die Peripherie zu nimmt auch die Mehrschichtigkeit des Flimmerepithels ab, in den Bronchioli ist es schließlich einschichtig. Zwischen den Flimmerepithelzellen finden sich gleichfalls gegen die Peripherie zu abnehmend reichlich Becherzellen, in den Bronchioli terminales fehlen diese. Jede Flimmerzelle trägt 9 gleichmäßig angeordnete Flimmerhaare, die aus Ausstülpungen des Zellprotoplasmas bestehen und von der Zellmembran überzogen sind. Diese Flimmerhaare schlagen in regelmäßigen Bewegungen oralwärts zu und können so das Bronchialsystem einem Fließband vergleichbar, von eingedrungenen Fremdkörpern reinigen. Der Flimmerepithelstrom beträgt bei normalem flüssigem Bronchialsekret, etwa 2,5 mm/min. Nikotin und Alkohol