

Fachwissen Pflege



Gabriele Iberl · Mavi Schellenberg *Hrsg.*

# Pflegewissen Pneumologie

 Springer

## Fachwissen Pflege

Diese Reihe bietet neuen Kollegen und Wiedereinsteigern Unterstützung bei der schnellen Einarbeitung in einen neuen Bereich oder auf einer neuen Station. Motto: „Keine Angst vor einem Stationswechsel“ Ziel ist es, die Pflegekraft auf Station optimal für ihren Stationsalltag auszustatten und die Qualität der Versorgung zu sichern. Die Spezialisierung der Krankenhäuser in Deutschland nimmt zu. Die Stationen in Kliniken konzentrieren sich auf spezielle Krankheits- und Fachbereiche. Das Pflegepersonal braucht umfangreiches Wissen und praktische Anleitung zu speziellen Pflegemaßnahmen für ihren Stationsalltag. Außerdem kommt es immer wieder zu Personalwechsel und neue Kollegen müssen meist sehr schnell eingearbeitet werden.

Gabriele Iberl  
Mavi Schellenberg  
*Hrsg.*

# Pflegewissen Pneumologie

Mit 73 Abbildungen

*Herausgeber*

**Gabriele Iberl**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik Universitätsklinikum Heidelberg  
Heidelberg  
Deutschland

**Mavi Schellenberg**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik Universitätsklinikum Heidelberg  
Heidelberg  
Deutschland

Fachwissen Pflege

ISBN 978-3-662-52666-8      ISBN 978-3-662-52667-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-52667-5

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: © fotolia/Michael Rosskothén

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Germany

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Vorwort

---

Luft zum Atmen – das erscheint selbstverständlich, und wir merken erst, wie tragend diese Körperfunktion ist, wenn sie eingeschränkt wird. Die Pneumologie lehrt die Bausteine des Atmens, und auch die vielen Defekte, die in diesem komplexen System auftreten können. Wer Luftnot hat, leidet. Eine der Grundfunktionen des Lebens fehlt, unsere Patienten brauchen rasche, kompetente und umfassende Hilfe.

Die Pflegenden stehen dabei im Alltag vor der Herausforderung, diese Not sowie den zunehmenden assistenz- und grundpflegerischen Bedarf der Patienten, den sicheren Umgang mit medizintechnischen Neuerungen, die praktische Umsetzung von komplexen Pflegestandards und die ausgiebige schriftliche Dokumentation gleichzeitig zu meistern.

Umso wichtiger sind ein profundes Verständnis der Pneumologie sowie eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Berufsgruppen, die Patienten versorgen und betreuen. Das erfahren wir jeden Tag in unserer Arbeit.

Unsere Beiträge sind an Kollegen mit abgeschlossener Ausbildung zum Gesundheits- und Krankenpfleger gerichtet. Ziel ist die Sensibilisierung für die Belange chronisch lungenkranker Menschen und die Ergänzung vorhandenen Basiswissens um ein pneumologisches Fachwissen. Anatomie, Physiologie und Krankheitslehre bilden eine medizinische Basis. Die wissenschaftliche Evidenz zur Wirksamkeit atemtherapeutischer Maßnahmen ist jedoch gering, somit basieren viele dieser Behandlungen auf Erfahrungswerten, die sich je nach Einrichtung unterschiedlich darstellen. Der Austausch dieser Erfahrungen ist von hohem klinischen Wert, sodass die Herausgeberinnen hierauf ein besonderes Augenmerk lenken möchten. Einige der hier getroffenen Aussagen sind durch persönliche Erfahrung geprägt und dürfen durchaus kritisch betrachtet werden.

Wir danken an dieser Stelle allen, die dieses Buch ermöglicht haben. Durch die Initiative von Frau Sarah Busch (Springer-Verlag) wurde dieses neue Projekt angeregt, Frau Annette Allée unterstützte uns hervorragend als Lektorin. Ganz besonderer Dank gilt den Autorinnen und Autoren der einzelnen Kapitel, die mit Fachwissen kompetent und ohne Zögern zum Gelingen beigetragen haben.

Weiterbildung macht handlungsfähig. Mehr Wissen verursacht nicht mehr Arbeit, sondern weniger, indem es im Alltag zielstrebig zu Lösungen führt. Interdisziplinäre Zusammenarbeit und das Teilen von Wissen bereichert und erleichtert die tägliche Arbeit.

In diesem Sinne wünschen wir Erfolg (und auch Spaß!) beim Lernen und freuen uns auf Ihre Erfahrungswerte aus dem pneumologischen Alltag.

Gabriele Iberl – Atmungstherapeutin DGP

**Dr. med. Mavi Schellenberg – Fachärztin für Innere Medizin mit Schwerpunkt Pneumologie**  
Im Juli 2016

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Pneumologie</b> .....	1
	<i>M. Schellenberg, G. Iberl, J. Hausmanns, P. Kaukel, D. Gompelmann, S. Harutyunova, J. Op den Winkel</i>	
1.1	Anatomie und Physiologie .....	3
1.2	Diagnostik: Basics .....	17
1.3	Diagnostik: invasiv .....	31
	Literatur.....	38
<b>2</b>	<b>Krankheitsbilder</b> .....	39
	<i>M. Schellenberg</i>	
2.1	COPD und Lungenemphysem .....	41
2.2	Pneumonie.....	45
2.3	Asthma bronchiale .....	47
2.4	Interstitielle Lungenerkrankungen (ILD).....	50
2.5	Tumoren des Thorax.....	52
2.6	Pleuraerguss .....	57
2.7	Pleuraempyem.....	58
2.8	Pneumothorax .....	59
2.9	Lungenödem.....	61
2.10	Bronchiektasen .....	62
2.11	Mukoviszidose (zystische Fibrose, CF) .....	64
2.12	Allergische bronchopulmonale Aspergillose (ABPA) .....	65
2.13	Lungenarterienembolie .....	66
2.14	Pulmonale Hypertonie .....	67
2.15	Tuberkulose und nichttuberkulöse Mykobakterien .....	69
2.16	Sarkoidose .....	71
2.17	Exogen allergische Alveolitis .....	72
2.18	Neuromuskuläre und thorakal-restriktive Erkrankungen .....	74
2.19	Schlafbezogene Atmungsstörungen .....	75
	Literatur.....	77
<b>3</b>	<b>Kausale und symptomatische Therapie</b> .....	79
	<i>G. Iberl, M. Schellenberg, O. Göhl, D. Gompelmann, J. Op den Winkel</i>	
3.1	Medikamentöse Therapie .....	81
3.2	Nichtmedikamentöse Therapie .....	91
3.3	Interventionelle Therapie .....	106
3.4	Sauerstofftherapie .....	114
3.5	Nichtinvasive Beatmungstherapie.....	118
	Literatur.....	128

<b>4</b>	<b>Überwachung und Pflege</b> .....	131
	<i>G. Iberl, N. Schwabbauer, M. Schellenberg</i>	
4.1	Krankenbeobachtung .....	132
4.2	Vitalzeichenüberwachung allgemein .....	132
4.3	Spezielle Überwachung .....	132
4.4	Spezielle pflegerische Maßnahmen .....	142
	Literatur .....	151
<b>5</b>	<b>Leitsymptome bei pneumologischen Erkrankungen</b> .....	153
	<i>G. Iberl, M. Schellenberg, M. Tempel</i>	
5.1	Sekretretention .....	154
5.2	Husten .....	155
5.3	Dyspnoe .....	157
5.4	Thoraxschmerz .....	159
5.5	Angst und Depressionen .....	160
	Literatur .....	163
<b>6</b>	<b>Fallbeispiele aus dem Alltag</b> .....	165
	<i>M. Schellenberg</i>	
6.1	Klinisches Fallbeispiel 1 .....	166
6.2	Klinisches Fallbeispiel 2 .....	166
6.3	Klinisches Fallbeispiel 3 .....	167
6.4	Klinisches Fallbeispiel 4 .....	168
6.5	Klinisches Fallbeispiel 5 .....	169
6.6	Klinisches Fallbeispiel 6 .....	169
6.7	Klinisches Fallbeispiel 7 .....	170
<b>7</b>	<b>Das interdisziplinäre Team</b> .....	173
	<i>S. Klarmann, G. Iberl, C. Wingerter, O. Göhl, M. Tempel, S. Färber-Awischus, M. Schellenberg</i>	
7.1	Physiotherapie .....	174
7.2	Ernährungsberatung .....	175
7.3	Sozialdienst .....	175
7.4	Rehabilitation .....	176
7.5	Psychologischer Dienst .....	177
7.6	Seelsorge .....	179
7.7	Logopädie .....	180
	Literatur .....	180
	<b>Serviceteil</b> .....	181
	Stichwortverzeichnis .....	182



# Autorenverzeichnis

---

## **Färber-Awischus, Sabine**

Gesundheitszentrum Odenwaldkreis GmbH  
Albert-Schweitzer-Straße 11–13  
64711 Erbach/Odenwald

## **Göhl, Oliver**

Rehaklinik Königstuhl Heidelberg  
Kohlhof 8  
69117 Heidelberg

## **Gompelmann, Daniela, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Harutyunova, Satenik**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Hausmanns, Julia, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Iberl, Gabriele**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Kaukel, Philine, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Klarmann, Silke**

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus  
Kiel  
Arnold -Heller -Str. 3  
24105 Kiel

## **Op den Winkel, Jan, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Schellenberg, Mavi, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Thoraxklinik  
Röntgenstraße 1  
69126 Heidelberg

## **Schwabbauer, Norbert**

Medizinische Universitätsklinik Tübingen  
Otfried-Müller-Straße 10  
72076 Tübingen

## **Tempel, Monika**

Klinikum Donaustauf  
Ludwigstraße 68  
93093 Donaustauf

## **Wingerter, Christiane**

Frankenstraße 7  
67373 Dudenhofen

# Abkürzungen

<b>A.</b>	Arterie	<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlendioxid
<b>ACE</b>	Angiotensin-Converting-Enzym	<b>COP</b>	kryptogen organisierende Pneumonie
<b>ADH</b>	antidiuretisches Hormon	<b>COPD</b>	chronisch obstruktive Lungenerkrankung
<b>ADL</b>	Activities of Daily Living	<b>CPAP</b>	„continuous positive airway pressure“, kontinuierlicher Atemwegsüberdruck
<b>AECOPD</b>	akute Exazerbation der COPD	<b>CRP</b>	C-reaktives Protein
<b>AHB</b>	Anschlussheilbehandlung	<b>CSR</b>	Cheyne-Stokes-Atmung
<b>AHI</b>	Apnoe-Hypopnoe-Index	<b>CT</b>	Computertomografie
<b>AIP</b>	akute interstitielle Pneumonie	<b>CTEPH</b>	chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie
<b>ALG II</b>	Arbeitslosengeld II	<b>DIP</b>	desquamative interstitielle Pneumonie
<b>ALS</b>	amyotrophe Lateralsklerose	<b>DO<sub>2</sub></b>	Sauerstoffangebot
<b>AMV</b>	Atemminutenvolumen	<b>DOA</b>	direkte orale Antikoagulanzen
<b>APC</b>	aktiviertes Protein C	<b>dPAP</b>	diastolischer pulmonalarterieller Druck
<b>APC</b>	Argon-Plasma-Koagulation	<b>DPI</b>	„dry powder inhaler“, Pulverinhalator
<b>APCV</b>	„assisted pressure-controlled ventilation“, assistierte druckkontrollierte Beatmung	<b>EAA</b>	exogen allergische Alveolitis
<b>ARDS</b>	„acute respiratory distress syndrome“, akutes Lungenversagen	<b>EBUS</b>	endobronchialer Ultraschall
<b>ASS</b>	Acetylsalicylsäure	<b>EBUS-TBNA</b>	endobronchiale ultraschallgesteuerte transbronchiale Nadelaspiration
<b>AT-III</b>	Antithrombin III	<b>EBV</b>	endobronchiales Ventil
<b>ATP</b>	Adenosintriphosphat	<b>ED</b>	„extensive disease“ (Tumorstadium)
<b>AZV</b>	Atemzugvolumen	<b>EEG</b>	Elektroenzephalogramm
<b>BAL</b>	bronchoalveoläre Lavage	<b>EF</b>	Ejektionsfraktion
<b>BE</b>	Basenüberschuss	<b>EK</b>	Erythrozytenkonzentrat
<b>BGA</b>	Blutgasanalyse	<b>EKG</b>	Elektrokardiogramm
<b>BiPAP</b>	„bilevel positive airway pressure“	<b>ELVR</b>	endoskopische Lungenvolumenreduktion
<b>BMI</b>	Body-Mass-Index	<b>EMG</b>	Elektromyografie
<b>BODE-Index</b>	„body mass index, obstruction, dyspnoe, exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease“	<b>EOG</b>	Elektrookulogramm
<b>BP</b>	Bodyplethysmografie	<b>EPAP</b>	„expiratory positive airway pressure“, positiver expiratorischer Atemwegsdruck
<b>BTVA</b>	„bronchoscopic thermal vapor ablation“, bronchoskopische Thermoablation	<b>EPP</b>	extrapleurale Pneumonektomie
<b>BWK</b>	Brustwirbelkörper	<b>ERV</b>	expiratorisches Reservevolumen
<b>BWS</b>	Brustwirbelsäule	<b>ESS</b>	Epworth Sleepiness Scale
<b>C1–12</b>	Costae (Rippen)	<b>FEES</b>	flexible endoskopische Evaluation des Schluckakts
<b>CA</b>	„cardiac output“, Herzminutenvolumen	<b>FEV1</b>	forciertes Einsekundenvolumen, Einsekundenkapazität
<b>CAP</b>	„community-acquired pneumonia“, ambulant erworbene Pneumonie	<b>FiO<sub>2</sub></b>	inspiratorische Sauerstoffkonzentration
<b>CAT</b>	COPD Assessment Test	<b>FRC</b>	funktionelle Residualkapazität
<b>CF</b>	„cystic fibrosis“, zystische Fibrose, Mukoviszidose	<b>FVC</b>	forcierte Vitalkapazität
<b>CHT</b>	Chemotherapie	<b>GGT</b>	γ-Glutamyltransferase
<b>CI</b>	„cardiac index“, Herzindex	<b>GINA</b>	Global Initiative for Asthma
<b>CIM</b>	Critical-Illness-Myopathie	<b>GOLD</b>	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
<b>CIP</b>	Critical-Illness-Polyneuropathie		
<b>CMV</b>	Zytomegalievirus		
<b>CO</b>	Kohlenmonoxid		

## Abkürzungen

<b>GOT</b>	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase		(Anticholinergika)
<b>GPT</b>	Glutamat-Pyruvat-Transaminase	<b>LAS</b>	Lung Allocation Score
		<b>LD</b>	„limited disease“ (Tumorstadium)
<b>HAP</b>	„hospital-acquired pneumonia“, nosokomiale Pneumonie	<b>LDH</b>	Laktatdehydrogenase
		<b>LOX</b>	„liquid oxygen“, Flüssigsauerstoff
<b>Hb</b>	Hämoglobin	<b>LTOT</b>	„long-term oxygen therapy“, Langzeit-sauerstofftherapie
<b>He</b>	Helium		
<b>HF</b>	Herzfrequenz	<b>LTRA</b>	Leukotrienantagonist
<b>HFCWO</b>	„high frequency chest wall oscillation“, Hochfrequenz-Brustwandoszillation	<b>LuTx</b>	Lungentransplantation
<b>HIT</b>	heparin-induzierte Thrombozytopenie	<b>LVRC</b>	„lung volume reduction coil“, Lungenvolumenreduktion mittels Coil-Implantation
<b>HIV</b>	„human immunodeficiency virus“, menschliches Immunschwächevirus	<b>LWS</b>	Lendenwirbelsäule
<b>HME</b>	„heat and moisture exchanger“, BefeuchtungsfILTER	<b>M.</b>	Musculus
<b>HMV</b>	Herzminutenvolumen	<b>MEF</b>	maximaler expiratorischer Fluss
<b>HRCT</b>	„high resolution computertomography“, hochauflösende Computertomografie	<b>mMRC</b>	Modified British Medical Research Council
		<b>mPAP</b>	pulmonalarterieller Mitteldruck
<b>HSMN</b>	hereditäre sensomotorische Neuropathie	<b>MPM</b>	Pleuramesotheliom
		<b>MRGN</b>	multiresistente gramnegative Bakterien
<b>HSV</b>	Herpes-simplex-Virus	<b>MRSA</b>	Methicillin-resistente Staphylococcus aureus
<b>HWS</b>	Halswirbelsäule	<b>MRT</b>	Magnetresonanztomografie
		<b>6MWT</b>	Six Minutes Walking Test, 6-Minuten-Gehtest
<b>ICF</b>	International Classification of Functioning, Disability and Health	<b>N.</b>	Nervus
<b>ICR</b>	Interkostalraum	<b>NAT</b>	Nukleinsäureamplifikations-Test
<b>ICS</b>	inhalatives Corticosteroid	<b>NIV</b>	„non-invasive ventilation“, nichtinvasive Beatmung
<b>I:E</b>	Atemzeitverhältnis	<b>NME</b>	neuromuskuläre Erkrankungen
<b>IgE</b>	Immunglobulin E	<b>NO</b>	Stickstoffmonoxid
<b>IgG</b>	Immunglobulin G	<b>N<sub>2</sub>O</b>	Distickstoffmonoxid, Lachgas
<b>IGRA</b>	Interferon-Gamma-Release-Assay	<b>NRS</b>	numerische Ratingskala
<b>IIP</b>	idiopathische interstitielle Pneumonie	<b>NSCLC</b>	„non small cell lung cancer“, nichtkleinzelliges Bronchialkarzinom
<b>ILD</b>	interstitielle Lungenerkrankung	<b>NSIP</b>	nichtspezifische interstitielle Pneumonie
<b>IMC</b>	Intermediate Care	<b>NTM</b>	nichttuberkulöse Mykobakterien
<b>IMT</b>	inspiratorisches Atemtraining	<b>O<sub>2</sub></b>	Sauerstoff
<b>IPAP</b>	„inspiratory positive airway pressure“, positiver inspiratorischer Atemwegsdruck	<b>ODI</b>	„oxygen desaturation index“, Sauerstoffsättigungsindex
		<b>OHS</b>	Obesitas-Hypoventilationssyndrom
<b>IPF</b>	idiopathische pulmonale Fibrose	<b>OSA</b>	obstruktive Schlafapnoe
<b>IPPB</b>	„intermittent positive pressure breathing“, intermittierende Überdruckbeatmung	<b>P0.1</b>	Mundverschlussdruck 0,1 s nach Beginn der Inspiration unter Ruheatmung
<b>IPV</b>	„intrapulmonary percussive ventilation“, hochfrequente offene Überdruckbeatmung	<b>p.-a.</b>	posterior-anterior
		<b>PAH</b>	pulmonalarterielle Hypertonie
<b>IRV</b>	inspiratorisches Reservevolumen	<b>PaCO<sub>2</sub></b>	arterieller Kohlendioxidpartialdruck
<b>ITGV</b>	intrathorakales Gasvolumen	<b>PaO<sub>2</sub></b>	arterieller Sauerstoffpartialdruck
<b>i.v.</b>	intravenös	<b>PAWP</b>	pulmonalarterieller Verschlussdruck
		<b>pBNP</b>	„pro B-Type natriuretic peptide“
<b>KG</b>	Körpergewicht		
<b>KHK</b>	koronare Herzerkrankung		
<b>KM</b>	Kontrastmittel		
<b>LABA</b>	langwirksames Betamimetikum		
<b>LAE</b>	Lungenarterienembolie		
<b>LAMA</b>	langwirksame Muscarinantagonisten		

<b>PCF</b>	Peak Cough Flow, Hustenspitzenfluss		(Anticholinergikum)
<b>PCH</b>	pulmonale kapilläre Hämangiomatose	<b>SaO<sub>2</sub></b>	arterielle Sauerstoffsättigung
<b>pCO<sub>2</sub></b>	Kohlendioxidpartialdruck	<b>SAR</b>	„slowly adapting receptor“
<b>PCP</b>	Pneumocystis-Pneumonie	<b>SBAS</b>	schlafbezogene Atmungsstörungen
<b>PCR</b>	„polymerase chain reaction“, Polymerase-Kettenreaktion	<b>s.c.</b>	subkutan
<b>PCT</b>	Procalcitonin	<b>SCLC</b>	„small cell lung cancer“, kleinzelliges Bronchialkarzinom
<b>PCV</b>	„pressure-controlled ventilation“, druckkontrollierte Ventilation	<b>SFS</b>	säurefeste Stäbchen
<b>PDT</b>	Punktionstracheotomie, dilatativ	<b>sIL-2R</b>	löslicher Interleukin-2-Rezeptor
<b>PEEP</b>	„positive endexpiratory pressure“, positiver endexpiratorischer Druck	<b>SMA</b>	spinale Muskelatrophie
<b>PE<sub>max</sub></b>	maximaler Mundverschlussdruck bei forcierter Expiration	<b>SMI</b>	„sustained maximal inspiration“, anhaltende maximale Einatmung
<b>PEF</b>	„peak expiratory flow“ maximaler expiratorischer Spitzenfluss	<b>SO<sub>2</sub></b>	Sauerstoffsättigung
<b>PEG</b>	perkutane endoskopische Gastrostomie	<b>sPAP</b>	systolischer pulmonalarterieller Druck
<b>PEJ</b>	perkutane endoskopische Jejunostomie	<b>SpO<sub>2</sub></b>	pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung
<b>PEP</b>	„positive expiratory pressure“, positiver expiratorischer Druck	<b>sRaw</b>	spezifischer Atemwegwiderstand
<b>PET</b>	Positronenemissionstomografie	<b>SvO<sub>2</sub></b>	zentralvenöse Sauerstoffsättigung
<b>PG</b>	Polygrafie	<b>SWT</b>	Shuttle Walking Test
<b>PH</b>	pulmonale Hypertonie	<b>TBB</b>	transbronchiale Biopsie
<b>Pl<sub>max</sub></b>	maximaler Mundverschlussdruck bei forcierter Inspiration	<b>Tbc</b>	Tuberkulose
<b>P<sub>insp</sub></b>	Inspirationsdruck	<b>TBNA</b>	transbronchiale Nadelaspiration
<b>PLM</b>	„periodic leg movements“, periodische Beinbewegungen	<b>tCO<sub>2</sub></b>	transkutane Kapnometrie
<b>pO<sub>2</sub></b>	Sauerstoffpartialdruck	<b>TEE</b>	transösophageale Echokardiografie
<b>pMDI</b>	„pressurized metered dose inhaler“, mit Treibmittel betriebener Dosier- inhalator	<b>TH1–12</b>	Brustwirbel
<b>PNS</b>	peripheres Nervensystem	<b>THT</b>	Tuberkulin-Hauttest
<b>PR</b>	pneumologische Rehabilitation	<b>Ti</b>	Inspirationszeit
<b>PSG</b>	Polysomnografie	<b>TLC</b>	totale Lungenkapazität
<b>PSV</b>	„pressure support ventilation“, druckunterstützte Beatmung	<b>Tlco</b>	Transferfaktor
<b>PVOD</b>	pulmonale venookklusive Erkrankung	<b>TK</b>	Thrombozytenkonzentrat
<b>PVR</b>	pulmonal-vaskulärer Widerstand	<b>TRE</b>	thorakal restriktive Erkrankungen
<b>RA-Druck</b>	Vorhofdruck	<b>TVT</b>	tiefe Beinvenenthrombose
<b>RADS</b>	„reactive airway distress syndrome“	<b>UACS</b>	„upper airway cough syndrome“
<b>RASS</b>	Richmond Agitation-Sedation Scale	<b>UAS</b>	„upper airway stimulation“
<b>Raw</b>	Atemwegswiderstand	<b>UIP</b>	„usual interstitial pneumonia“, gewöhnliche interstitielle Pneumonie
<b>RB-ILD</b>	respiratorische Bronchiolitis mit interstitieller Lungenerkrankung	<b>V.</b>	Vena
<b>REM</b>	„rapid eye movement“	<b>VA</b>	alveoläres Volumen
<b>Rö-Th</b>	Röntgen-Thorax	<b>VAP</b>	„ventilator-associated pneumonia“, beatmungsassoziierte Pneumonie
<b>RR</b>	Blutdruck	<b>VAS</b>	visuelle Analogskala
<b>RSV</b>	respiratorisches Synzytialvirus	<b>VATS</b>	Videothoraskopie
<b>RT</b>	Radiotherapie	<b>VC</b>	Vitalkapazität
<b>RV</b>	Residualvolumen	<b>VCDS</b>	„vocal chord dysfunction syndrome“
<b>SABA</b>	schnell wirksames Betamimetikum	<b>VCV</b>	„volume-controlled ventilation“, volumenkontrollierte Ventilation
<b>SAMA</b>	schnell wirksamer Muscarinantagonist	<b>VLD</b>	„very limited disease“ (Tumorstadium)
		<b>VT, V<sub>ti</sub></b>	Atemzugvolumen
		<b>WBVT</b>	„whole body vibration therapy“, Ganz- körpervibrationstraining
		<b>Z. n.</b>	Zustand nach
		<b>ZSA</b>	zentrale Schlafapnoe
		<b>ZVK</b>	zentraler Venenkatheter

# Grundlagen der Pneumologie

*M. Schellenberg, G. Iberl, J. Hausmanns, P. Kaukel, D. Gompelmann,  
S. Harutyunova, J. Op den Winkel*

## **1.1 Anatomie und Physiologie – 3**

- 1.1.1 Obere Atemwege – 3
- 1.1.2 Untere Atemwege und Lungenparenchym – 3
- 1.1.3 Knöcherne Strukturen – 6
- 1.1.4 Lungenkreislauf – 8
- 1.1.5 Pleura – 9
- 1.1.6 Ventilation – Diffusion – Perfusion – 9
- 1.1.7 Sauerstofftransport – 12
- 1.1.8 Die Atempumpe – 13
- 1.1.9 Respiratorische Insuffizienz – 15
- 1.1.10 Husten – 16

## **1.2 Diagnostik: Basics – 17**

- 1.2.1 Blutgasanalyse – 17
- 1.2.2 Elektrokardiogramm – 19
- 1.2.3 Lungenfunktion – 20
- 1.2.4 Diffusionskapazität – 23
- 1.2.5 Atemmuskelfkraft – 24
- 1.2.6 Belastungsuntersuchungen – 25
- 1.2.7 Nächtliche Pulsoxymetrie und Kapnometrie – 26
- 1.2.8 Polysomnografie – 27
- 1.2.9 Echokardiografie – 28
- 1.2.10 Bildgebende Untersuchungsverfahren – 29

## **1.3 Diagnostik: invasiv – 31**

- 1.3.1 Diagnostische Bronchoskopie – 31

- 1.3.2 Rechtsherzkatheteruntersuchung – 33
- 1.3.3 Transösophageale Echokardiografie – 36
- 1.3.4 Thoraxchirurgie – 36

**Literatur – 38**

## 1.1 Anatomie und Physiologie

### 1.1.1 Obere Atemwege

*M. Schellenberg*

Die oberen Atemwege sind luftleitende Strukturen und stellen reines Totraumvolumen dar, d. h., es findet kein Gasaustausch statt. Dennoch haben sie wichtige Funktionen: **Säubern, Erwärmen und Anfeuchten** der Atemluft.

Anatomisch gehören hierzu:

- Nasenhöhlen inkl. Nasenhaare, Nasenschleimhaut sowie Flimmerhärchen
- Nasennebenhöhlen
- Mundhöhle
- Pharynx (Rachen)
- Larynx (Kehlkopf)

Die Schleimhaut der **Nares** (Naseneingänge) ist zunächst verdickt und mit zahlreichen Haaren sowie Talg- und apokrinen Drüsen gespickt. Hier erfolgt eine grobe mechanische Filterung der Einatemluft – Pollen, Staub, Insekten werden abgehalten.

Bereits in der unteren Nasenmuschel findet jedoch ein Übergang statt in die **Regio respiratoria**, eine mit Flimmerepithel bedeckte und mit **Becherzellen** (Schleimdrüsen) ausgestattete Zone. Diese grenzt direkt an die **Lamina propria**, die hauptsächlich aus lockerem Bindegewebe besteht und ausgedehnte Venennetze sowie Schleimdrüsen enthält. Aus diesem Bereich fließen Nasenbluten und Schnupfensekrete.

Das Riechen findet in 4 kleinen Feldern an den oberen Nasenmuscheln statt.

Auch die Nasennebenhöhlen sind mit respiratorischem Epithel ausgekleidet: **Sinus maxillaris** (Kieferhöhle), **Sinus ethmoidales** (Siebbeinzellen), **Sinus frontalis** (Stirnbeinhöhle) und **Sinus sphenoidalis** (Keilbeinhöhle).

Der **Pharynx** (▣ [Abb. 1.1](#)) ist eine schlauchförmige Struktur mit drei Zonen:

- Pars nasalis pharyngis (Nasenrachen): beginnt an der Einmündung der Nasengänge in den Rachen
- Pars oralis pharyngis (Mundrachen): beginnt am Gaumenbogen
- Pars laryngea pharyngis (Schlundrachen): beginnt in Höhe des Kehlkopfes

Nach unten führt der Pharynx ventral in den Larynx, nach dorsal in den Ösophagus.

Der Nasen- und Mundrachen enthält vielfältiges lymphatisches Gewebe als unmittelbares Abwehrsystem. Der Bereich des Kehlkopfes ist dagegen mit dichter sensibler nervaler Versorgung ausgestattet und sorgt so für sofortiges Würgen und Husten bei Eindringen von Fremdkörpern.

Im unteren Pharynx überkreuzen sich die Luft- und Speisewege. In der Regel ist der Luftweg offen, der Speiseweg verschlossen. Im Rahmen des Schluckaktes kehren sich die Verhältnisse um durch Verschließen der **Epiglottis** (Kehldeckel, Teil des Larynx) und somit des Eingangs zur Luftröhre.

Der Larynx hat zwei wesentliche Funktionen: Stimmbildung und Verschluss der unteren Atemwege. Über eine komplexe Struktur an Knorpel, Ligamenten, Muskeln und Membranen werden die Stimmbänder bewegt (Atmen, Sprechen, Husten), das Schlucken und das Husten koordiniert.

### 1.1.2 Untere Atemwege und Lungenparenchym

*M. Schellenberg*

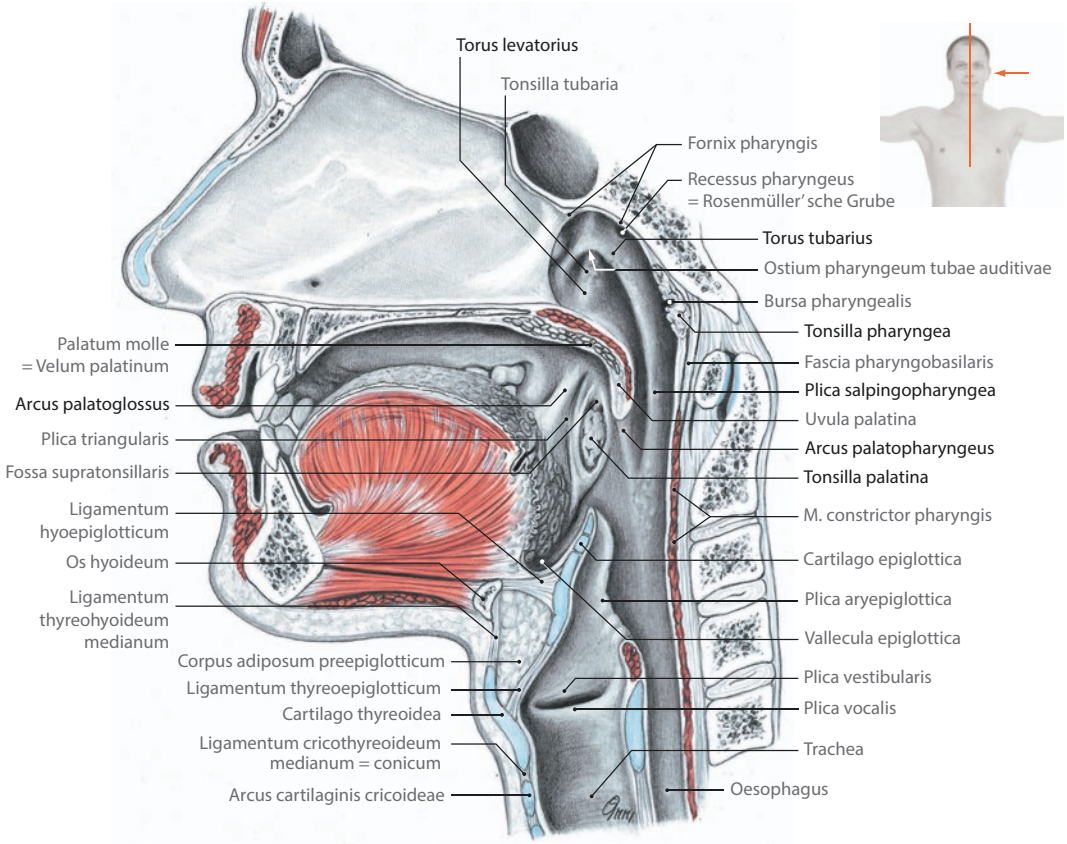
Die unteren Atemwege schließen mit Beginn der **Trachea** (Luftröhre) an die oberen Atemwege an.

Des Weiteren gehören hierzu:

- Bronchien
- Bronchioli (Bronchioli terminales und respiratorii)
- Alveolargänge
- Alveolen

Bis zum Beginn der **Bronchioli respiratorii** erfüllen die Bronchien und Bronchioli ausschließlich eine **luftleitende** Funktion und sind weiterhin „anatomischer Totraum“, sie sorgen für eine Reinigung, Anfeuchtung und Anwärmung der Luft.

Die Trachea beginnt am Kehlkopf und zieht sich ca. 10–12 cm bis zur **Bifurcatio tracheae** (Aufteilung). Die Hinterwand ist eine bindegewebige Muskelplatte, an der 16–20 hufeisenförmige Knorpelspangen befestigt sind. Dadurch ist die Trachea sehr flexibel und biegsam, um den Zugbewegungen des Zwerchfells zu folgen.



▣ **Abb. 1.1** Nasen- und Mundhöhle, Rachen und Kehlkopf. Mediansagittalschnitt durch Kopf und Hals, Ansicht der rechten Hälfte von medial. (Aus Tillmann 2010)

An der Bifurkation teilt sich die Trachea auf in die Hauptbronchien (links und rechts), die die Struktur der Trachea fortsetzen. An den **Lungenhili** (Lungenpforte) treten sie zusammen mit Pulmonalarterien, -venen, Nerven und Lymphgefäßen in das Lungengewebe ein.

➤ **Der rechte Hauptbronchus ist weiter und verläuft vertikal, somit gelangen Fremdkörper bei Aspiration häufiger in die rechte Seite.**

**Bronchien/Bronchioli**

Die weiteren Verzweigungen (genannt **Generationen**) der Bronchien ähneln den Ästen eines Baumes. Links unterscheidet sich der Verlauf zu rechts durch die Lage des Herzens. Es gibt insgesamt 23 Generationen,

am distalen Ende ist der Übergang zu den **Alveolen** (Lungenbläschen). Ab den Lappenbronchien verlieren sich die festen Knorpelspannen, bis nur noch elastischer Knorpel übrigbleibt (▣ **Abb. 1.2**).

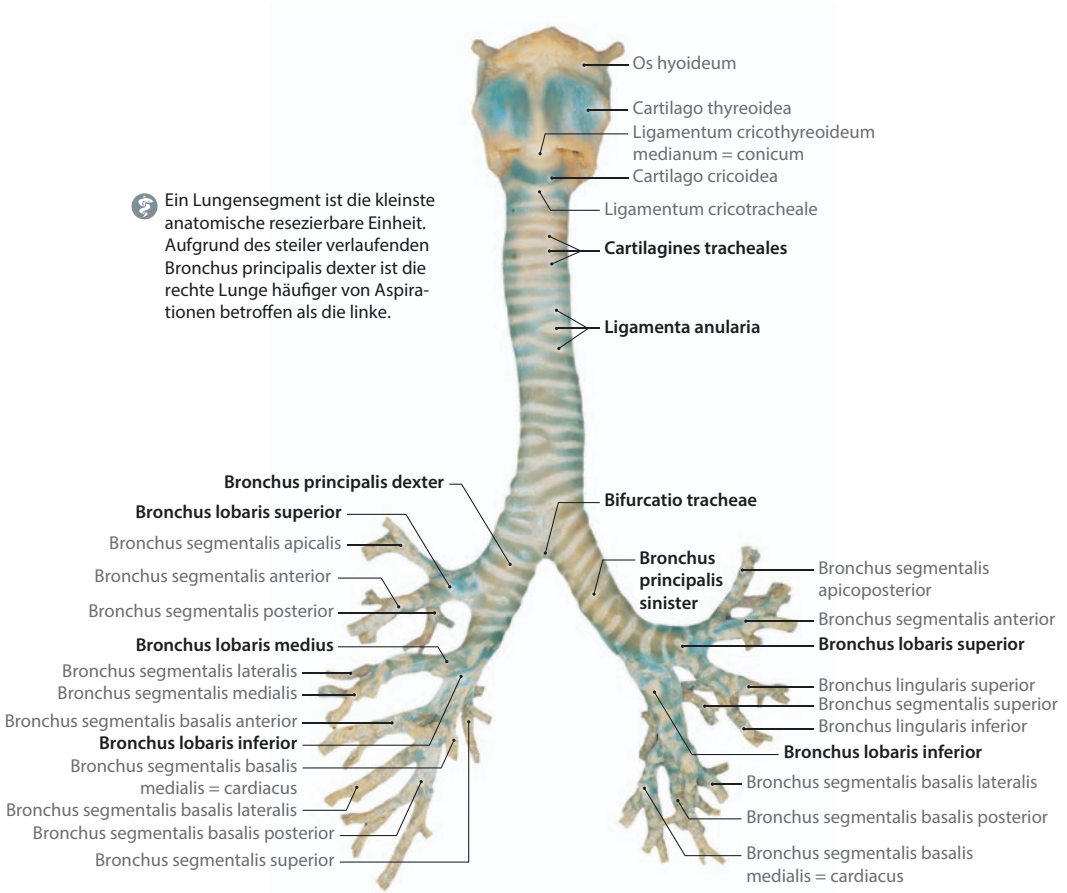
Die Hauptbronchien teilen sich in Lappenbronchien auf:

- Rechts 3 Lappen (Ober-, Mittel- und Unterlappen). Der **Bronchus intermedius** verbindet dabei den Oberlappen mit den darunter liegenden Mittel- und Unterlappen.
- Links 2 Lappen (Ober- und Unterlappen).

Die Lappenbronchien gabeln sich wiederum zu Segmentbronchien:

- Rechts 10 Segmente (S) – Oberlappen: S1–3, Mittellappen: S4–5, Unterlappen: S6–10
- Links 9 Segmente – Oberlappen: S1–3, Lingula: S4–5, Unterlappen: S6, 8, 9, 10, S7 fehlt meist





■ **Abb. 1.2** Kehlkopf, Trachea und Bronchialbaum, Ansicht von vorn. Knorpel mit Toluidinblau angefärbt. (Aus Tillman 2010)

Aus den (Sub-)Segmentbronchien entspringen **Bronchioli**, die knorpellos sind, jedoch viel glatte Muskulatur enthalten.

➤ **Beim Asthma bronchiale kommt es zu Kontraktionen der glatten Muskelfasern der Bronchioli – es entsteht eine bronchiale Obstruktion.**

Der Durchmesser der Bronchioli liegt bei 0,5–1 mm. Darunter besteht der Übergang in

- **Bronchioli terminales** (luftleitend, somit noch immer anatomischer Totraum) und
- **Bronchioli respiratorii** (luftaustauschend).

#### ■ **Wichtig: Mukoziliäre Clearance**

Die Schleimhaut des Bronchialsystems ist ausgekleidet mit Flimmerepithel und enthält Kinozilien (Flimmerhaare) sowie sekretorische Zellen (schleimproduzierend). Die Flimmerhaare sind eingebettet in eine wässrige Solschicht, die eine freie Beweglichkeit der Flimmerhaare ermöglicht, sowie eine zähere Gelschicht, in der Fremdpartikel haften bleiben. Diese Flüssigkeitsschichten werden durch die sekretorischen Zellen sichergestellt. Eine optimale Funktion des Flimmerepithels ist bei physiologischen Bedingungen (37°C und 100% Luftfeuchtigkeit) zu erzielen. Der Bronchialschleim enthält zudem körpereigene Abwehrstoffe.

Das Gleiten der Gelschicht auf der Solschicht wird durch Surfactant (Phospholipide/Proteine) möglich.

Die Flimmerhaare schlagen etwa 5- bis 25-mal pro Sekunde oralwärts und sorgen somit für eine stetige Reinigung der Bronchien von Schleim, Staub oder anderen Fremdpartikeln. Diesen Mechanismus nennt man mukoziliäre Clearance.

Ist die schützende umgebende Schleimschicht gestört (z. B. durch Zigarettenrauch, Medikamente oder Mikroorganismen), funktioniert der Flimmerschlag nicht mehr, Sekret und Fremdkörper verbleiben in den Bronchien. Es entstehen lokale Entzündungen, in der Folge gehen Flimmerhaare zugrunde. Die Selbstreinigungsfunktion der Lunge lässt weiter nach.

(Trennwände), die mit Poren durchsetzt sind. Spezielle **Alveolarepithelzellen** und das Vorhandensein von **Surfactant** (flüssiger Proteinphospholipidfilm) ermöglichen eine **Diffusion** (Durchwanderung) der Gase durch die Alveolarwände, um dort von dem netzartig umspannenden arteriellen und venösen Blutgefäßsystem aufgenommen bzw. abgegeben zu werden.

Die Masse der Alveolen (ca. 300 Millionen) bildet das **Lungenparenchym** (Lungengewebe).

➤ Eine Pneumonie ist eine Entzündung im Lungenparenchym, eine Bronchitis dagegen eine Entzündung in den Bronchien/Bronchiolen.

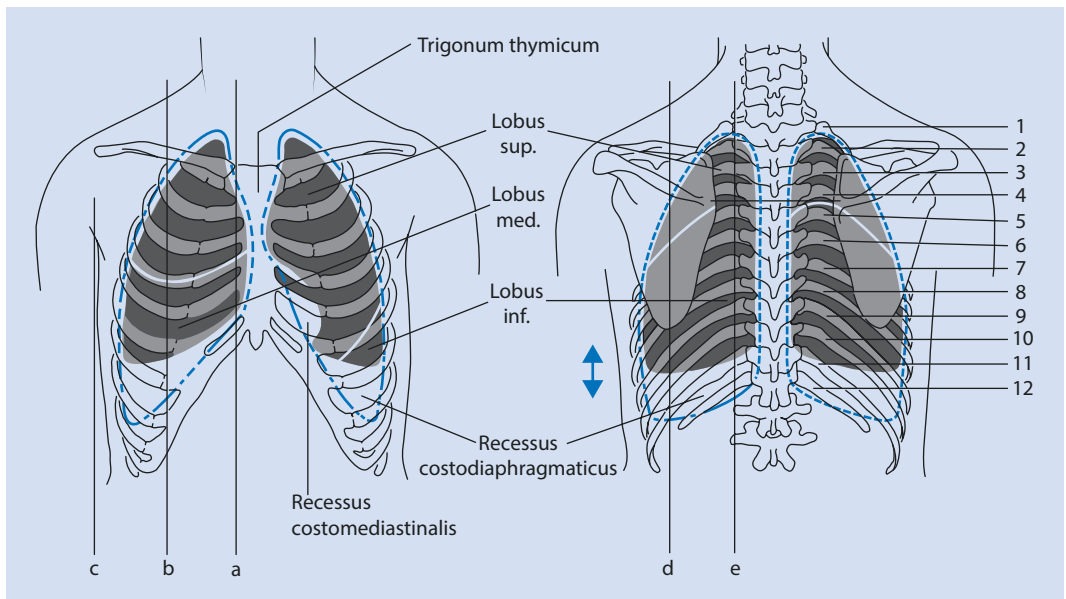
### Alveolen, Lungenparenchym

Alveolen sind sehr kleine (ca. 300 µm) dünnwandige Lungenbläschen, die die respiratorische Funktion (Gasaustausch) übernehmen. Am distalen Ende des Bronchialbaums häufen sich viele Alveolen traubenartig zusammen, die **Sacculi alveolares**. Zwischen den einzelnen Alveolen verlaufen zarte **Septen**

### 1.1.3 Knöcherne Strukturen

M. Schellenberg

Der Begriff **Thorax** (Brustkorb) bezeichnet sowohl den knorpelig-knöchernen Brustkorb, als auch den oberen Rumpf als solches, mitsamt den enthaltenen Organen (▣ Abb. 1.3).



▣ **Abb. 1.3** Lungengrenzen und Pleuragrenzen (blau) in der Ansicht von vorne (links) und von hinten (rechts). Außerdem sind eingetragen: Sternal- (a), Medioklavikular- (b), Axillar (c), Skapular- (d), Paravertebral- (e) und Interspinallinie (f). Pfeil: Verschiebung der Lungengrenze bei forcierter Atmung. Parallel zur 4. Rippe die Fissura horizontalis. Zwischen Lungen- und Pleuragrenzen die Komplementäräume. (Aus Schiebeler 2005)

Der knöcherne Thorax besteht aus:

- Sternum (Brustbein)
- Costae (Rippen, 12 Paare)
- Vertebrae thoracicae (Brustwirbelkörper)

## Sternum (Brustbein)

Das Sternum ist ein platter Knochen, der aus 3 Teilen besteht: Manubrium sterni, Corpus sterni und Processus xiphodeus.

Am oberen Teil, dem Manubrium, setzen seitlich symmetrisch die **Claviculae** (Schlüsselbeine) und die beiden ersten Rippen an die **Incisurae** (Einkerbungen) an. Der obere Rand des Manubriums ist eingebuchtet zur **Incisura jugularis** und bildet den unteren Rand der sog. Drosselgrube.

Nach unten ist das Manubrium mit dem **Corpus sterni** verbunden durch Faserknorpel (**Symphysis manubriosternalis**). Dieser Übergang ist leicht nach vorne abgewinkelt und als tastbare Querleiste, dem **Angulus sterni**, zu spüren. In diesem Bereich liegt auch die **Incisura costalis** der 2. Rippe.

Am Corpus sterni setzen seitlich die Rippenpaare der 3.–7. Rippe an.

Der **Processus xiphodeus** (Schwertfortsatz) ist über die **Synchondosis xiphosternalis** mit dem Brustbeinkörper verbunden.

### Praxistipp

Der Angulus sterni dient als anatomischer Orientierungspunkt: hier setzt die 2. Rippe an, nach unten können die weiteren Rippen bzw. ihre Zwischenräume tastbar abgezählt werden.

## Costae (Rippen)

Die Costae sind ebenfalls platte Knochen und bestehen aus einem knöchernen Teil, **Os costale**, und einem deutlich kürzeren, knorpeligen Teil, **Os cartilago**. Es gibt 12 Rippenpaare, man unterscheidet zwischen:

- **Costae verae**, „echte“ Rippen, C1–7, setzen mit der Os cartilago direkt in den Incisurae costales an
- **Costae spuriae**, C8–12, haben keine direkte Verbindung mit dem Brustbein, sondern bilden gemeinsame knorpelige Verbindungen

mit den Rippen darüber und bilden somit den **Arcus costalis** (C8–10) oder enden frei in der Bauchmuskulatur (C11–12)

Es gibt zahlreiche anatomische Varianten der Rippen, so fehlt z. B. oft die 12. Rippe, oder es gibt überzählige Rippen, meist im Bereich der Halswirbel (Halsrippe).

Die einzelnen Rippen bestehen aus:

- **Caput** (Kopf), der per Gelenk am Brustwirbelkörper ansetzt
- **Collum** (Hals), der direkt in den **Corpus** (Körper) der Rippe übergeht. Im Bereich des Halses ist ein kleines Höckerchen, **Tuberculum**, das eine Gelenkfläche mit dem Brustwirbelquerfortsatz bildet

Auf der Innenseite am **unteren Rand** der Rippe ist eine kleine Rinne, in der versorgende Vene, Arterie und der Nerv verlaufen.

- **Drainagenanlagen werden immer auf der Rippenoberkante angelegt, um Verletzungen der Gefäße und Nerven zu vermeiden.**

## Vertebrae thoracicae

Die Brustwirbelsäule (BWS) befindet sich im Thorax und besteht aus 12 Brustwirbeln (TH1–12). Seitlich setzen die Rippen 1–12 an.

Jeder einzelne Wirbel besteht aus einem **Corpus** (Körper), **Arcus** (Bogen) und **Processus** (Fortsatz). Die Körper liegen übereinander und bilden die tragende Säule unserer Wirbelsäule. Zwischen den knöchernen Flächen sind die **Disci intervertebrales** (Bandscheiben), die als weiche bindegewebige Polster die Energie unserer Bewegungen abdämpfen und die Wirbelsäule elastisch und beweglich machen. Die unterschiedliche Dicke der Bandscheiben trägt zu der natürlichen Krümmung der Wirbelsäule bei, die eine doppelte S-Form bildet:

- **Lordose** (ventral konvex) der Halswirbelsäule (HWS) und Lendenwirbelsäule (LWS)
- **Kyphose** (ventral konkav) der BWS und Sakralbereich

Die Wirbelbögen grenzen sich nach dorsal ab und gehen über in die Querfortsätze, an denen Rippen

und Muskulatur ansetzen, sowie dem nach dorsal gerichteten **Processus spinosus** (Dornfortsatz). Die Dornfortsätze sind sehr gut tastbar, besonders die Spitze des 7. Brustwirbels.

Praxistipp
Der Processus spinosus des 7. Brustwirbelkörpers (BWK) lässt sich sehr gut tasten und ist anatomische Marke der Wirbelsäule.

Der Körper und der Bogen der Wirbelkörper bilden einen senkrechten Kanal, durch den das Rückenmark verläuft.

### 1.1.4 Lungenkreislauf

*M. Schellenberg*

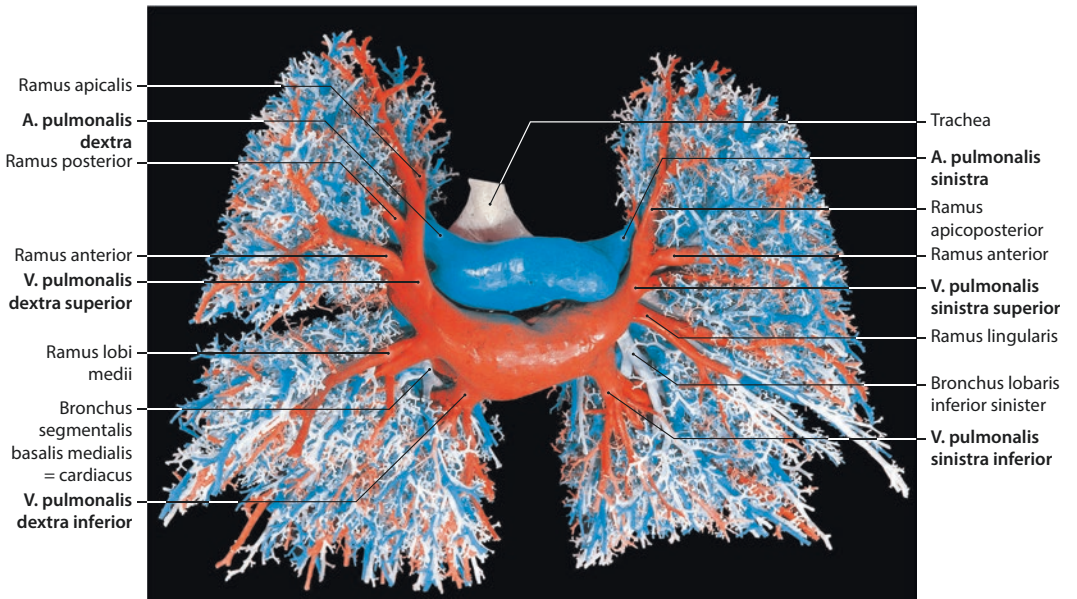
Das Blutgefäßsystem der Lunge gliedert sich in zwei Netzwerke:

- Vasa publica
- Vasa privata

### Vasa publica

Die Vasa publica dienen dem Gasaustausch, sie transportieren das sauerstoffarme Blut (Aa. pulmonales) aus dem Herzen in die Lungen bis zu den Alveolen und das sauerstoffreiche Blut (Vv. pulmonales) wieder zurück zum Herzen (▣ **Abb. 1.4**).

- **Aa. pulmonales:** Aus dem rechten Ventrikel des Herzens entspringt der Hauptstamm **Truncus pulmonalis**, dieser teilt sich an der Tracheabifurkation unterhalb des Aortenbogens auf in die rechte und linke Pulmonalarterie, die am Hilus jeweils in die Lungen eintreten. Unter vielen Aufzweigungen bilden die Pulmonalarterien ein kapillares Netzwerk auf Höhe der Alveolen.
- **Vv. pulmonales:** Beginnen wiederum am Kapillarnetz der Alveolen und bilden über Zusammenschlüsse größere Venen, bis schließlich je Lunge zwei Pulmonalvenen sauerstoffreiches Blut in den rechten bzw. linken Vorhof des Herzens entladen. Im Gegensatz zu den Venen des übrigen Körperkreislaufs haben Pulmonalvenen keine Klappen.



▣ **Abb. 1.4** Darstellung der Lungenarterien (*blau*), der Lungenvenen (*rot*) und des Tracheobronchialbaums (*weiß*) in der Ansicht von vorn. Die Lungenarterien wurden nach der Kunststoffinjektion im Bereich der Bifurcatio trunci pulmonalis und die Lungenvenen im Bereich des linken Vorhofes miteinander verbunden.