



---

# Atmungssystem

## Trachea, Lungen, Thorax

---

David P. Wolfer  
Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich  
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0151-00 Anatomie und Physiologie I  
Mi 11.12.2019 08:00-09:45 Y24 G55 → Y03 G85

# Trachea

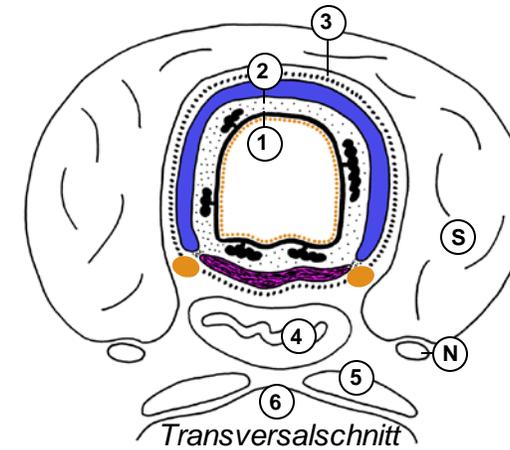
- Trachea = Luftröhre
  - Begin: kaudaler Rand Ringknorpel (Höhe 4. Halswirbel)
  - zervikaler (Hals-), mediastinaler (Brust-) Abschnitt
  - Tracheabifurkation → Hauptbronchien (Höhe 4. Brustwirbel)

## • Wandbau Trachea

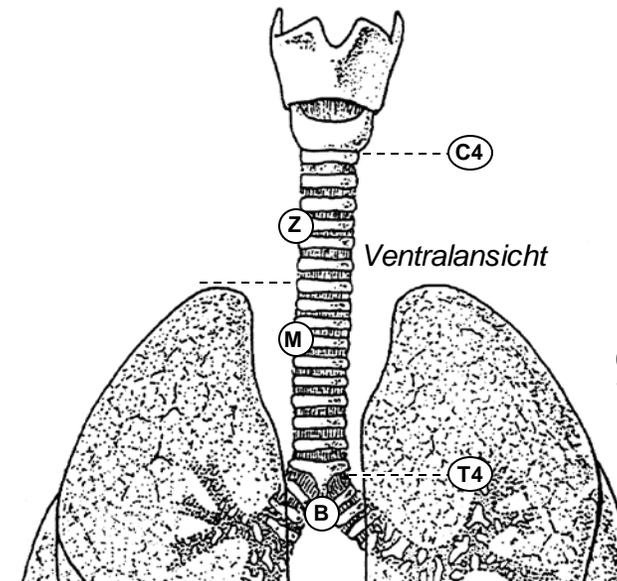
- Tunica mucosa (Schleimhaut): Lamina epithelialis = respiratorisches Epithel + Lamina propria = Bindegewebe mit vielen elastischen Fasern (bewirken Trachealzug) und seromukösen Trachealdrüsen
- Tunica fibrocartilaginea lateral und ventral: hyaline Knorpelspangen, dazwischen Ligamente
- Trachealmuskel nur dorsal (glatte Muskulatur)
- Tunica adventitia: lockeres kollagenes Bindegewebe, Verschiebeschicht gegen Umgebung
- selber Wandbau wie Trachea gilt auch für Hauptbronchien

## • Nachbarschaftsbeziehungen

- zervikaler Abschnitt: N. laryngeus recurrens, Schilddrüse, Oesophagus
- mediastinaler Abschnitt: Oesophagus, grosse Gefässe



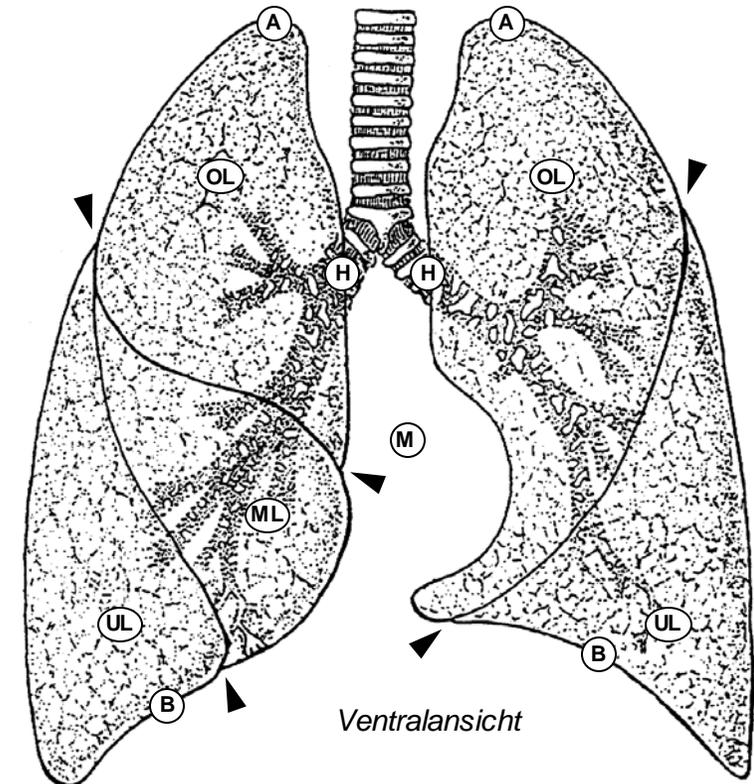
- 1 Epithel
- 2 Lamina propria
- Trachealdrüsen
- Knorpelspange
- 3 Adventitia
- Trachealmuskel
- Schleim



- Z zervikaler Abschnitt
- M mediastinaler Abschnitt
- B Tracheabifurkation
- S Schilddrüse
- N Nebenschilddrüse
- N. laryngeus recurrens
- 4 Oesophagus
- 5 prävertebrale Muskulatur
- 6 Wirbelsäule
- C4 4. Halswirbel
- T4 4. Brustwirbel

# Lunge

- **Gliederung**
  - Lappen: rechte Lunge 3, linke 2: getrennt durch Fissuren (ermöglichen Lappenresektion)
  - Segmente: rechts 10, links 9, getrennt durch vollständige Bindegewebesepten (ermöglichen Segmentresektion)
  - Lobuli (Läppchen): ca. 10,000, Ø 0.8-2cm, getrennt durch unvollständige Bindegewebesepten (Zeichnung auf Lungenoberfläche)
  - Azini: ca. 100,000, Ø 3-8mm, keine Begrenzung durch Bindegewebe, nur mikroskopisch abgrenzbar
  - Alveolen (Lungenbläschen): ca. 350 Mio, Ø 50-250µm, totale Austauschfläche  $\Sigma$  80-130m<sup>2</sup> (halber Tennisplatz)
- **Leitungsbahnen**
  - Luftwege: dichotome Aufteilung bestimmt Gliederung der Lunge
  - Gefäße: Arbeitsblutkreislauf (Lungenarterie & -Venen), Privatblutkreislauf (Bronchialgefäße), Lymphgefäße mit Lymphknoten va beim Hilum und entlang Trachea
  - Gemeinsamer Ein/Austritt der Leitungsbahnen der rechten und linken Lunge durch Hilum
  - Segmente und Lobuli: Luftwege & Arterien verlaufen zentral, Venen separat peripher, Lymphgefäße zentral und peripher

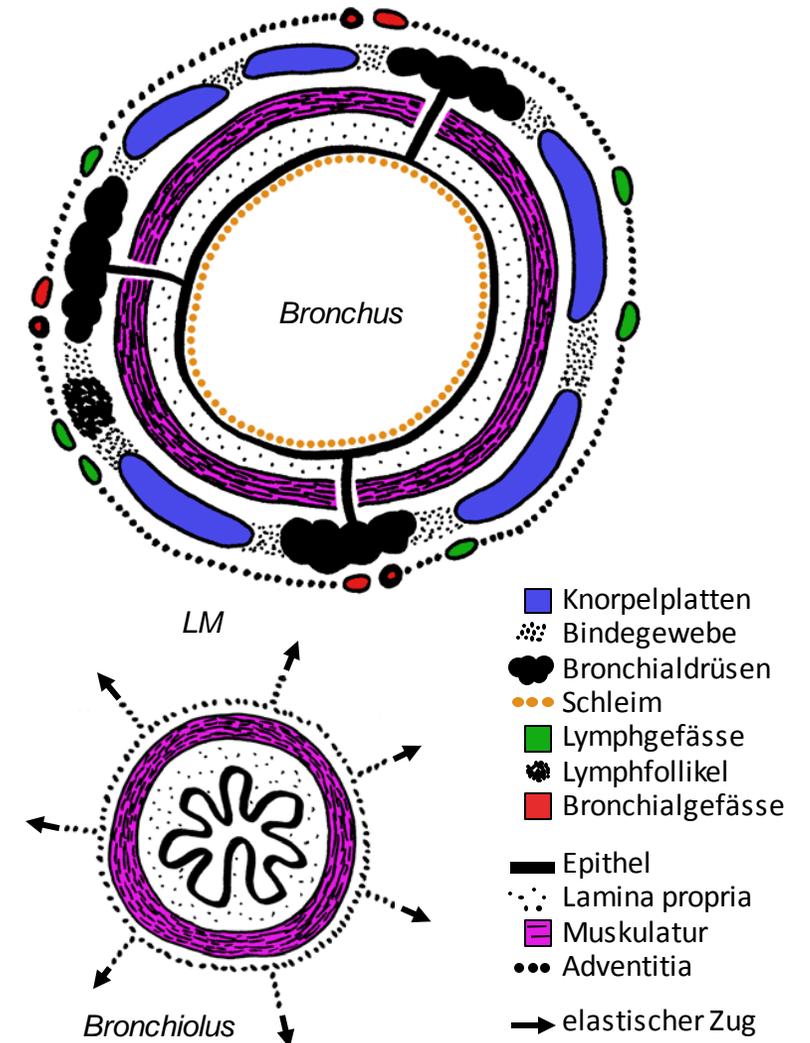


OL Oberlappen (Lobus sup.)      A Lungenspitze (Apex)  
ML Mittellappen (Lobus med.)      B Basis  
UL Unterlappen (Lobus inf.)      M Mediastinum  
H Hilum

▶ Fissuren (Fissura obliqua, horizontalis)

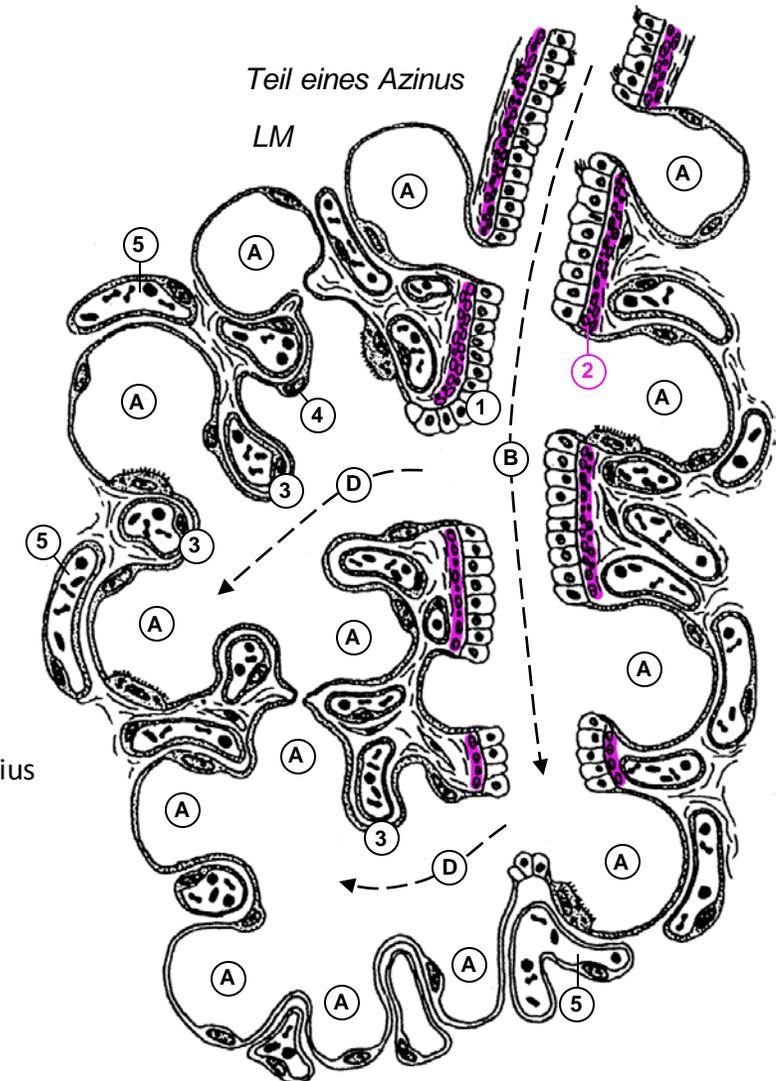
# Intrapulmonale Atemwege, konduktiv

- konduktive Abschnitte
  - wie in extrapulmonalen Atemwegen kein Gasaustausch: «Totraum»
  - fortgesetzte Erwärmung, Befeuchtung und Reinigung der Atemluft
- Bronchus
  - Lappenbronchus, Segmentbronchus
  - Subsegmentbronchus: 6-12 weitere Aufteilungen innerhalb Segment
  - Wandbau: Schleimhaut (respiratorisches Epithel + Lamina propria), Muskelschicht, hyaline Knorpelplatten und muköse Drüsen, Adventitia mit Bronchialarterien, Bronchialvenen und Lymphgefäßen
- Bronchiolus
  - grösste → Lobulus, Durchmesser <1mm, 3-4 Teilungen im Lobulus
  - Bronchiolus terminalis (letzter konduktiver Abschnitt) → Azinus
  - Wandbau: Schleimhaut, dünne und reduzierte Wand (keine Drüsen, kein Knorpel, keine Bronchialgefäße)
  - Zug durch elastisches Lungengewebe verhindert Kollaps bei Expiration, durch Muskelschicht: stark verengbar → Schleimhautfalten
  - Problemstrecke bei obstruktiven Lungenerkrankungen: übermässige Kontraktion der Muskulatur, Verlegung durch Sekret
  - Emphysem: Kollapsgefahr durch Verlust elastischen Zugs



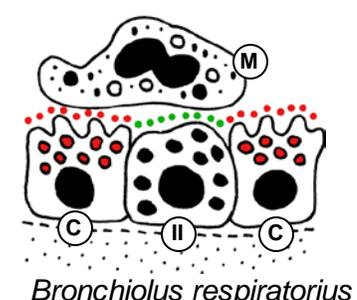
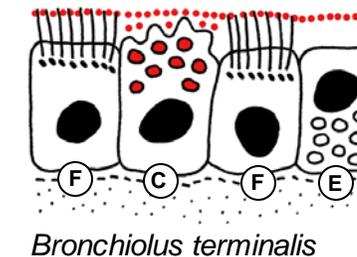
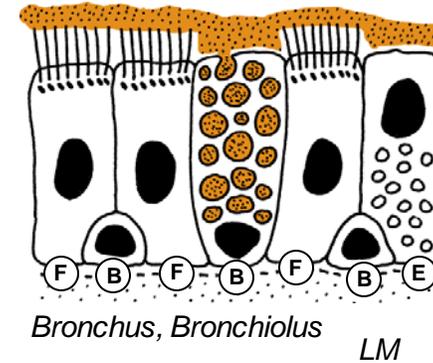
# Intrapulmonale Atemwege, respiratorisch

- respiratorische Abschnitte
  - Beitrag zu Gasaustausch
- Bronchiolus respiratorius
  - einzelne Alveolen (Lungenbläschen) in Wand kleinster Bronchiolen
  - weitere Teilungen innerhalb Azinus
- Ductus alveolaris
  - Wand besteht nur aus Alveolen
  - total ca. 8 Mio Ductus alveolares, selbst verzweigt durch weitere Teilungen (total ca. 22-23 Bifurkationen Trachea → Ductus alveolaris)
- Alveolarseptum
  - gemeinsame Trennwand zwischen benachbarten Alveolen: Alveolarepithel, Blutkapillaren, elastisches Bindegewebe



# Intrapulmonale Atemwege, Epithel

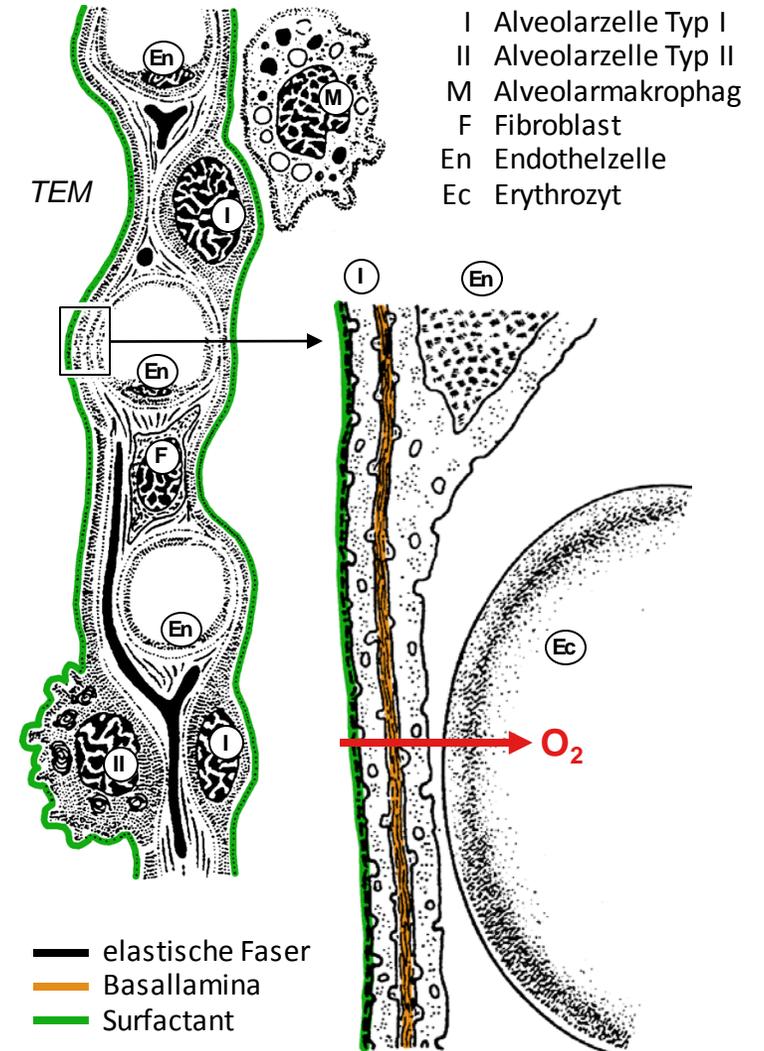
- Bronchus, Bronchiolus
  - hochprismatisch mehrreihiges respiratorisches Epithel wie Nase, Epi-& Hypopharynx, Larynx, Trachea und Hauptbronchien
  - Becherzellen im Bronchus noch durch Bronchialdrüsen unterstützt, Bronchialdrüsen nehmen gegen Peripherie ab, fehlen im Bronchiolus
  - Kinozilien bewegen Schleim in Richtung Pharynx → Aushusten
- Bronchiolus terminalis
  - Clarazellen ersetzen Becherzellen allmählich gegen Peripherie, bilden dünnflüssiges Sekret statt Schleim
  - Epithel wird kubisch und einschichtig
  - Kinozilien bewegen Sekret in Richtung Pharynx → Aushusten
- Bronchiolus respiratorius
  - Clarazellen ersetzen Becherzellen vollständig
  - einzelne Alveolarzellen Typ II: bilden Surfactant → Reduktion der Oberflächenspannung, Verhindert Kollaps → determiniert Lungenreife beim Fetus
  - Keine Schleimbildung und Kinozilien mehr, Reinigung durch Alveolarmakrophagen (residente Makrophagen der Lunge): Feinstaub, Bakterien, Zelltrümmer



- F Flimmerzelle
  - S Stammzelle
  - B Becherzelle
  - E endokrine Zelle
  - C Clara-Zelle
  - II Alveolarzelle Typ II
  - M Alveolarmakrophag
- 
- Basallamina
  - ..... Lamina propria
  - Schleim
  - wässriges Sekret
  - Surfactant

# Alveolarseptum

- Alveolarepithel
  - Alveolarzellen Typ I: sehr flach, Innenauskleidung Alveolen, maximale Fläche und minimale Diffusionsstrecke für Gasaustausch
  - Alveolarzellen Typ II: rundlich, oft in Nischen, bilden Surfactant
- Interstitium («Lamina propria»)
  - Fibroblasten, elastisches Bindegewebe: sorgt für Retraktionskraft der Lunge, speichert während Inspiration Energie für Expiration
  - Blutkapillaren, Endothelzellen: grösstenteils gemeinsame Basallamina mit Alveolarzellen Typ I (minimale Diffusionsstrecke für Gasaustausch)
- Alveolarmakrophagen
  - nach Phagozytose Wanderung in Richtung Bronchioli (→ Schleimteppich), oder Durchtritt in Interstitium (→ Lymphgefässe, Lymphknoten)
  - phagozytierter Feinstaub färbt Interstitium und Lymphknoten dunkel → Grenzen der Lobuli auf Lungenoberfläche dunkel nachgezeichnet
- Emphysem
  - Untergang der Alveolarsepten
  - Verlust an Austauschfläche, Kapillaren und Retraktionskraft
  - oft kombiniert mit chronischer Bronchitis: Obstruktion (kritisch in Bronchiolen: kleines Kaliber, keine steife Wand)



# Atemmechanik: Pleura

- Pleura

- seröse Haut (glatt, feucht, glänzend) mit 2 Blättern, dazwischen Pleuraspalt, Übergang beim Hilum
- Pleura viszeralis (Lungenfell) bedeckt Lunge, dringt in Fissuren ein (nicht zwischen Segmente)
- Pleura parietalis (Brustfell) bedeckt mit 3 Abschnitten (Pleura mediastinalis, diaphragmatica, costalis) Wände der Pleurahöhle, Kuppel überragt erste Rippe
- Kraftübertragung durch Unterdruck im Pleuraspalt bei Inspiration: Ausdehnung der Lunge mit Thorax und in durch Absenkung des Diaphragmas geöffneten Recessus costodiaphragmaticus

- Pneumothorax

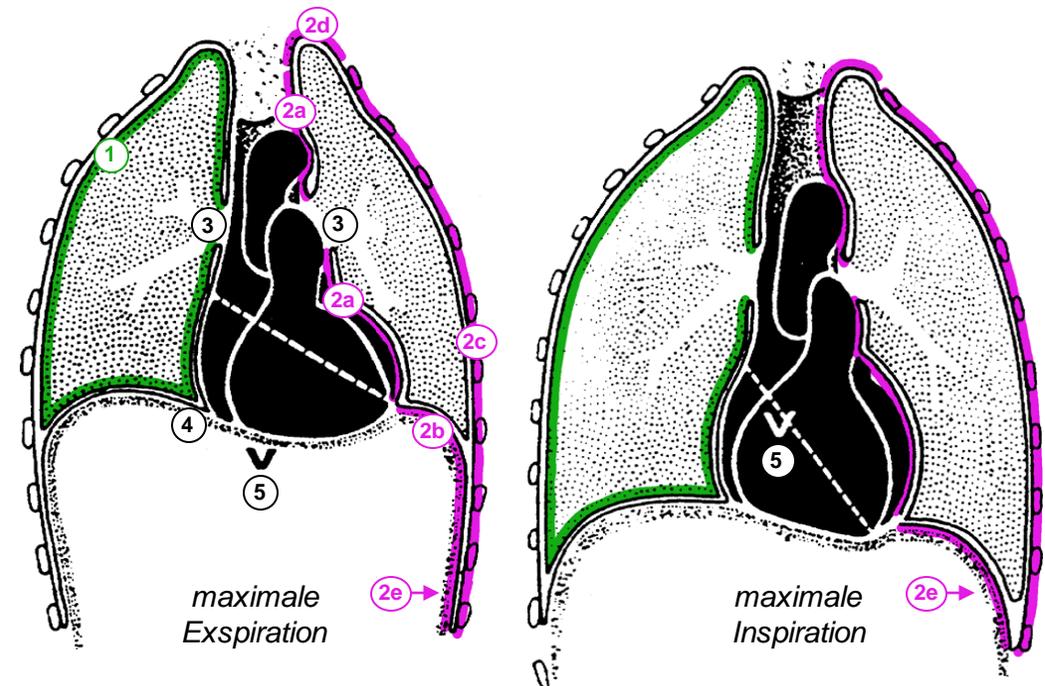
- Luft im Pleuraspalt → Kollaps der Lunge (bei Defekt in Lunge oder Thoraxwand)

- Pleuraerguss

- Flüssigkeit im Pleuraspalt (Kreislaufstörung, Entzündung, Tumor)

- 1 Pleura viszeralis
- 2 Pleura parietalis
  - 2a mediastinalis
  - 2b diaphragmatica
  - 2c costalis
  - 2d Pleurakuppel
  - 2e Recessus costodiaphragmaticus

- 3 Hilum
- 4 Diaphragma
- 5 Xyphoid (Brustbein)



# Atemmechanik: Atemmuskeln

- Ruheatmung: va. Zwerchfellatmung
- Arbeit oder erhöhte Atemwiderstand:  
Zuschaltung der Rippenatmung, ev Hilfsmuskeln
- **Inspiration**
  - Zwerchfellatmung: Senkung des Diaphragma durch Kontraktion, Zunahme des axialen Thorax-Durchmessers & Öffnung Recessus costodiaphragmaticus, Zwischenrippenmuskeln stabilisieren Thorax
  - Rippenatmung: Anheben der Rippen durch äussere Zwischenrippenmuskeln, Zunahme des transversalen Thorax-Durchmessers
  - inspiratorische Hilfsmuskeln helfen Rippen heben
- **Expiration**
  - Zwerchfellatmung: Anheben des Diaphragma durch elastische Lungenretraktion
  - Rippenatmung: Senken der Rippen durch innere Zwischenrippenmuskeln
  - Bauchmuskeln helfen Rippen senken, erhöhen Druck im Abdomen: expiratorische Hilfsmuskeln für Zwerchfell- und Rippenatmung

