

---

# Atmungssystem

## Trachea, Lungen, Thorax

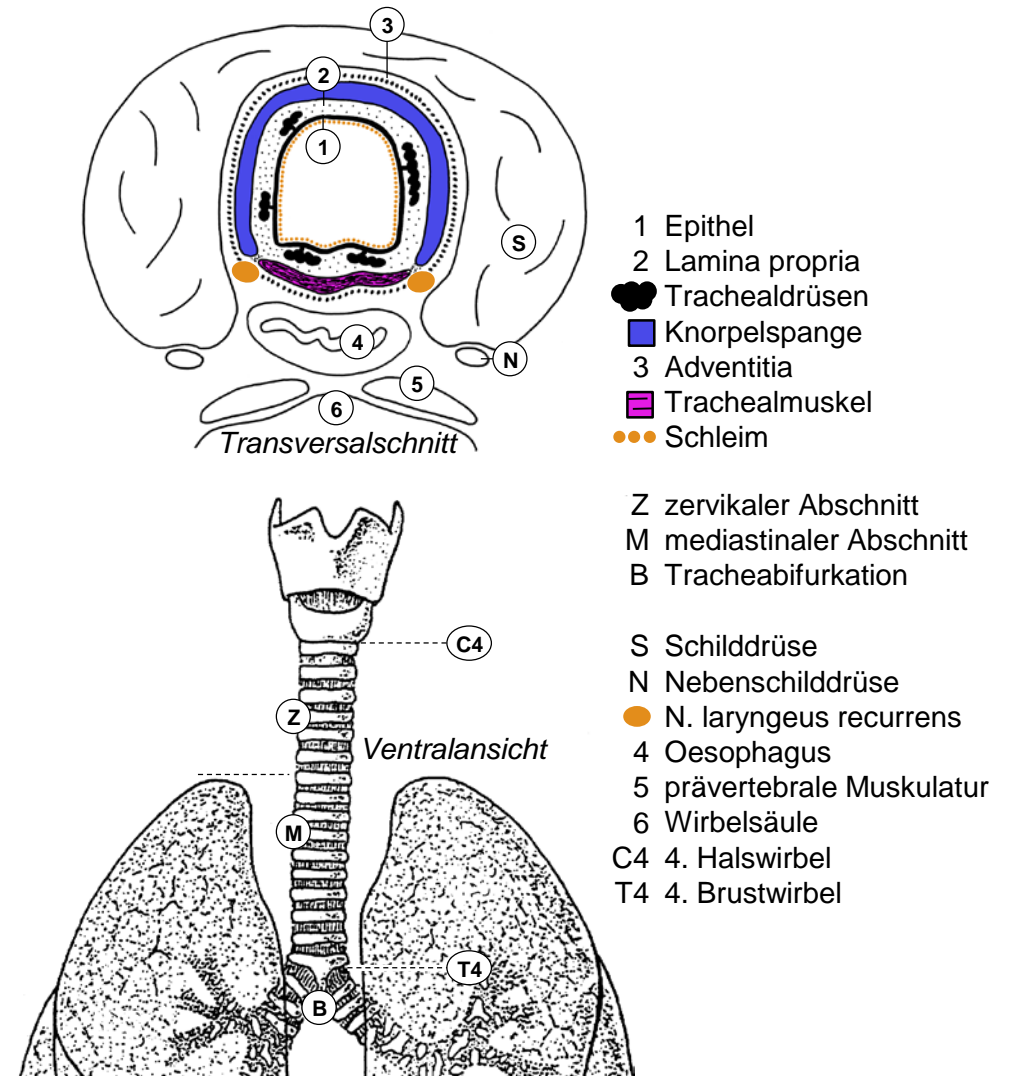
---

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 01.11.2017 08:00

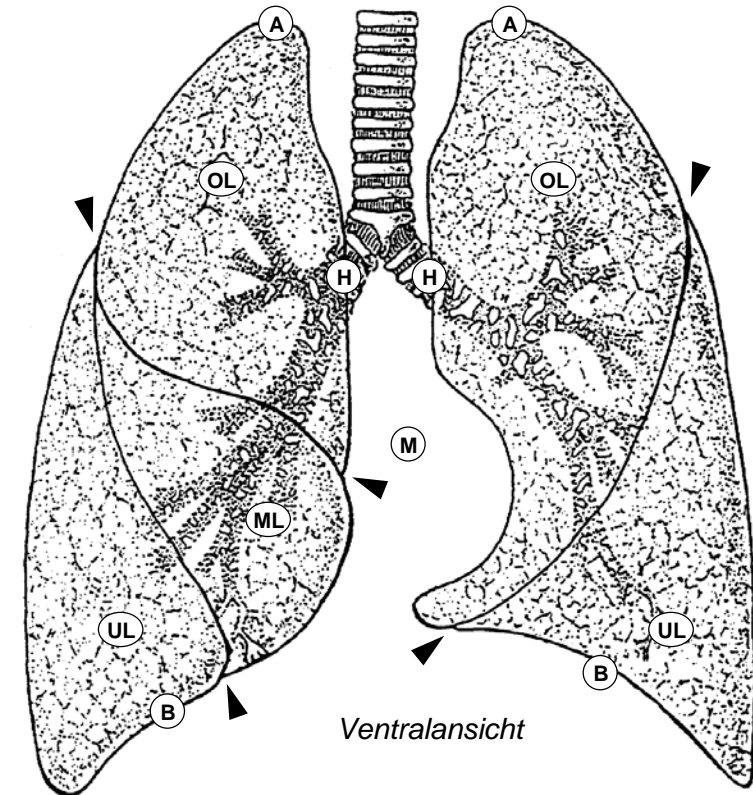
# Trachea

- *Trachea = Luftröhre*
  - *Begin: kaudaler Rand Ringknorpel (Höhe 4. Halswirbel)*
  - *zervikaler, mediastinaler Abschnitt*
  - *Tracheabifurkation → Hauptbronchien (Höhe 4. Brustwirbel)*
- *Wandbau Trachea*
  - *selber Wandbau wie Hauptbronchien*
  - *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 Knorpelspannen, dazwischen Ligamente*
  - *Trachealmuskel nur dorsal*
  - *Tunica adventitia: lockeres kollagenes Bindegewebe, Verschiebeschicht gegen Umgebung*
- *Nachbarschaftsbeziehungen*
  - *zervikaler Abschnitt: N. laryngeus recurrens, Schilddrüse, Oesophagus*
  - *mediastinaler Abschnitt: Oesophagus, grosse Gefässe*



# 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,  $\varnothing$  0.8-2cm, getrennt durch unvollständige Bindegewebesepten
  - **Azini:** ca. 100,000,  $\varnothing$  3-8mm, nur im LM abgrenzbar
  - **Alveolen (Lungenbläschen):** ca. 350 Mio,  $\varnothing$  50-250 $\mu$ m, Austauschfläche  $\Sigma$  80-130m<sup>2</sup> (halber Tennisplatz)
- **Leitungsbahnen**
  - **Luftwege:** Aufteilung bestimmt Gliederung der Lunge
  - **Gefäße:** Arbeitskreislauf (Lungenarterie & -Venen), Privatkreislauf (Bronchialgefäße), Lymphgefäße mit Lymphknoten va beim Hilum und entlang Trachea
  - **Gemeinsamer Ein/Austritt der Leitungsbahnen durch Hilum**
  - **Segmente und Lobuli:** Luftwege & Arterien verlaufen zentral, Venen peripher, Lymphgefäße zentral und peripher

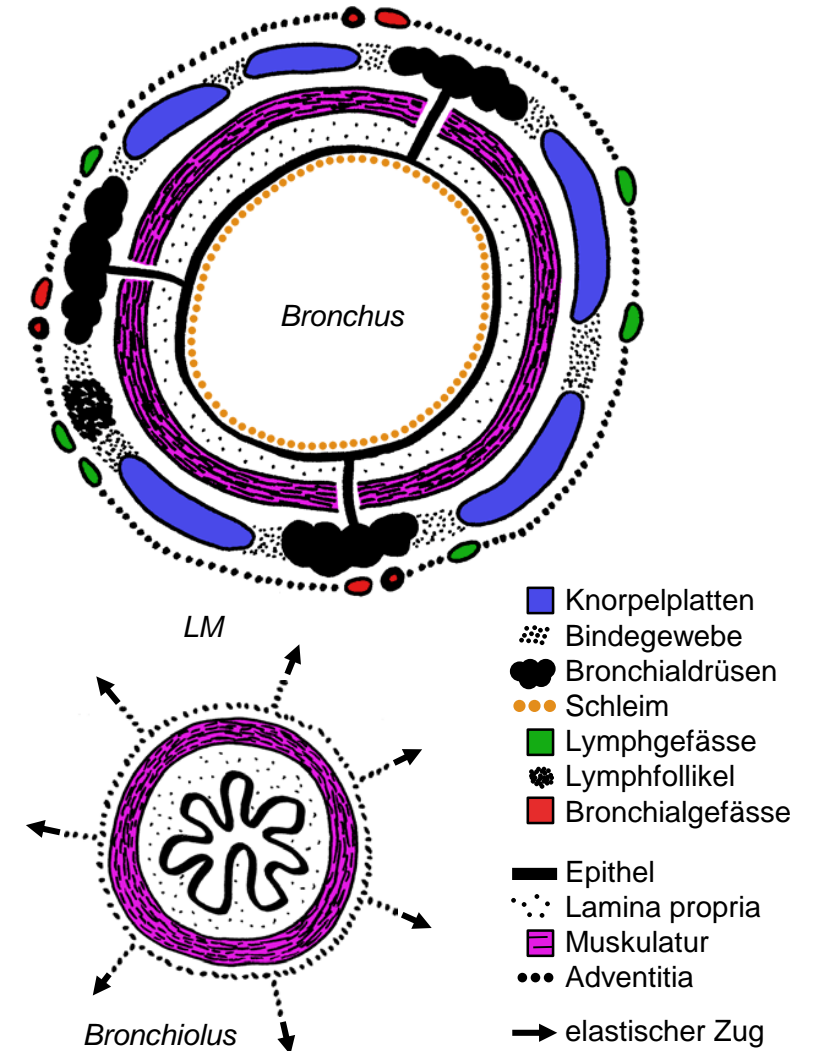


OL Oberlappen (Lobus sup.)      A Lungenspitze (Apex)  
ML Mittellappen (Lobus med.)      B Basis  
UL Unterlappen (Lobus inf.)      M Mediastinum  
H Hilum

► Fissuren (Fissura obliqua, horizontalis)

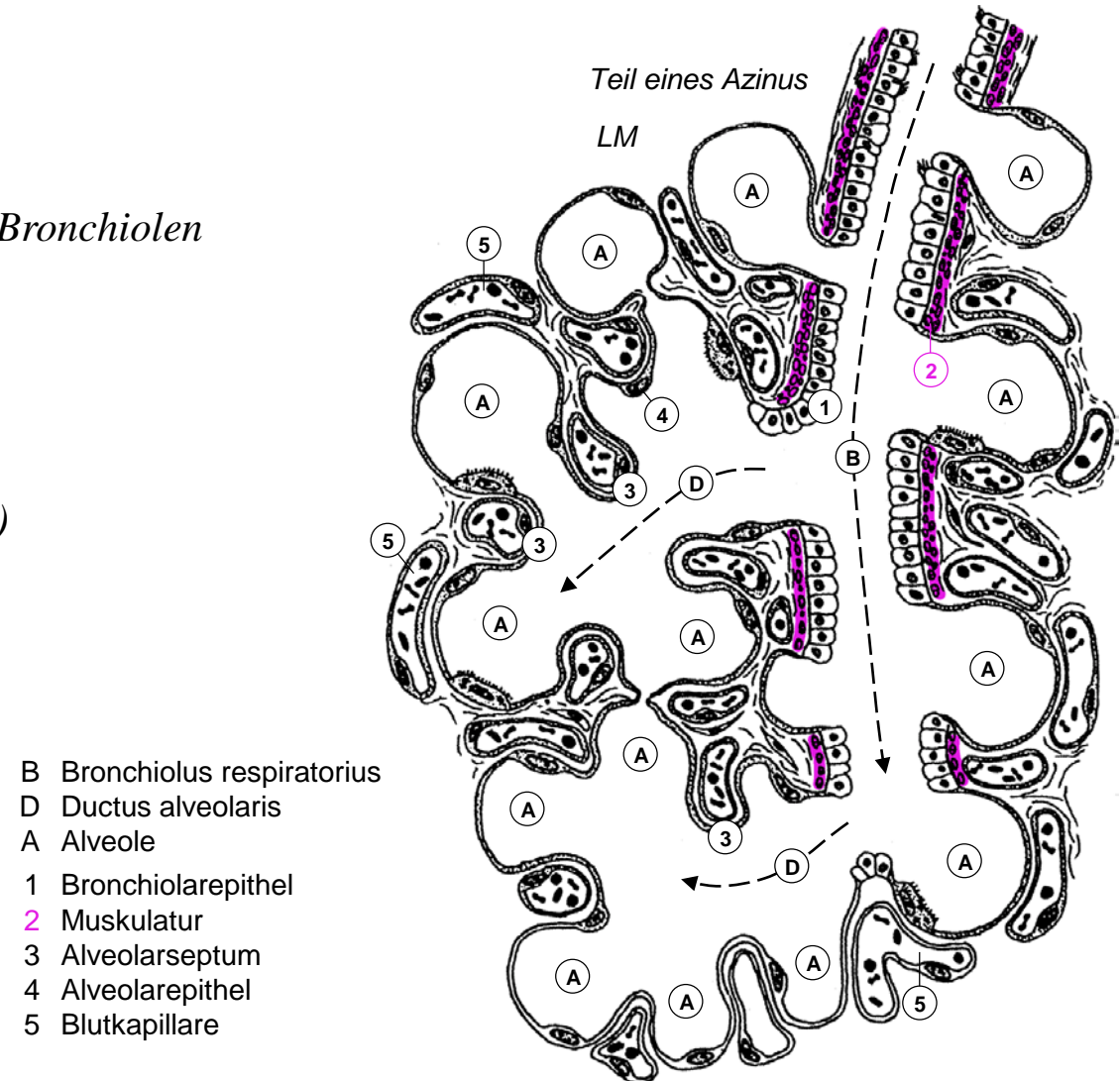
# Intrapulmonale Atemwege, konduktiv

- *konduktive Abschnitte*
  - *kein Gasaustausch: für Physiologie = 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: keine Drüsen, kein Knorpel, keine Bronchialgefäße*
  - *Zug durch elastisches Lungengewebe verhindert Kollaps bei Expiration, durch Muskelschicht: stark verengbar*
  - *Problemstrecke bei obstruktiven Lungenerkrankungen: übermässige Kontraktion der Muskulatur, Verlegung durch Sekret*
  - *Emphysem: Kollapsgefahr durch Verlust elastischen Zugs*



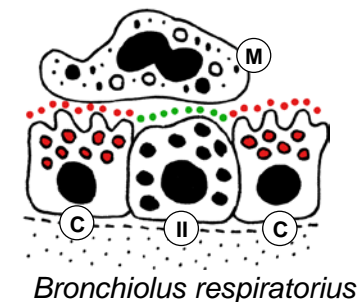
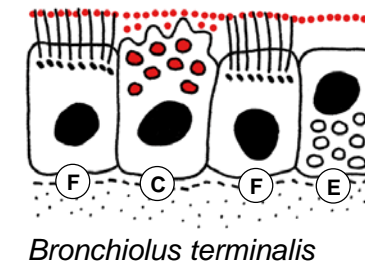
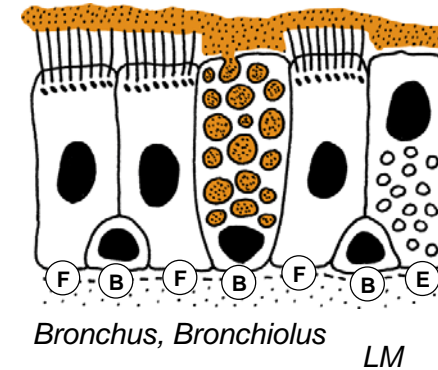
# Intrapulmonale Atemwege, respiratorisch

- *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, weitere Teilungen (ca. 22-23 Bifurkationen Trachea → Ductus alveolaris)*
- *Alveolarseptum*
  - *gemeinsame Trennwand zwischen benachbarten Alveolen, Blutkapillaren, elastisches Bindegewebe*



# Intrapulmonale Atemwege, Epithel

- *Bronchus, Bronchiolus*
  - *respiratorisches Epithel wie Nase, Epi- & Hypopharynx, Larynx, Trachea und Hauptbronchien*
  - *Becherzellen im Bronchus noch durch Bronchialdrüsen unterstützt, nehmen gegen Peripherie ab, fehlen im Bronchiolus*
  - *Kinozilien bewegen Schleim in Richtung Pharynx → Aushusten*
- *Bronchiolus terminalis*
  - *Clarazellen ersetzen Becherzellen (allmählicher Übergang), bilden dünnflüssiges Sekret statt Schleim*
  - *Kinozilien bewegen Sekret in Richtung Pharynx → Aushusten*
- *Bronchiolus respiratorius*
  - *Clarazellen statt Becherzellen*
  - *einzelne Alveolarzellen Typ II: bilden Surfactant*  
→ *Reduktion der Oberflächenspannung, Verhindert Kollaps*  
→ *determiniert Lungenreife beim Fetus*
  - *Keine Kinozilien mehr, Reinigung durch Alveolarmakrophagen: Feinstaub, Bakterien, tote Zellen*

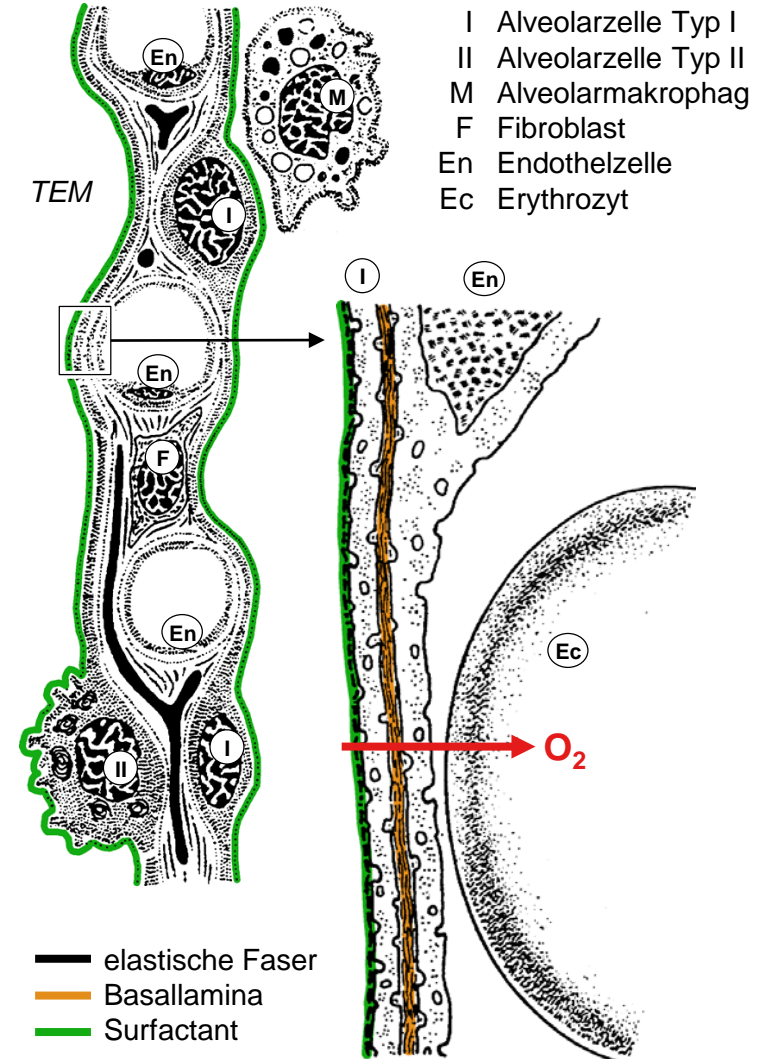


- F Flimmerzelle
- S Stammzelle
- B Becherzelle
- E endokrine Zelle
- C Clara-Zelle
- II Alveolarzelle Typ II
- M Alveolarmakrophag

- Basallamina
- Lamina propria
- Schleim
- wässriges Sekret
- Surfactant

# Alveolarseptum

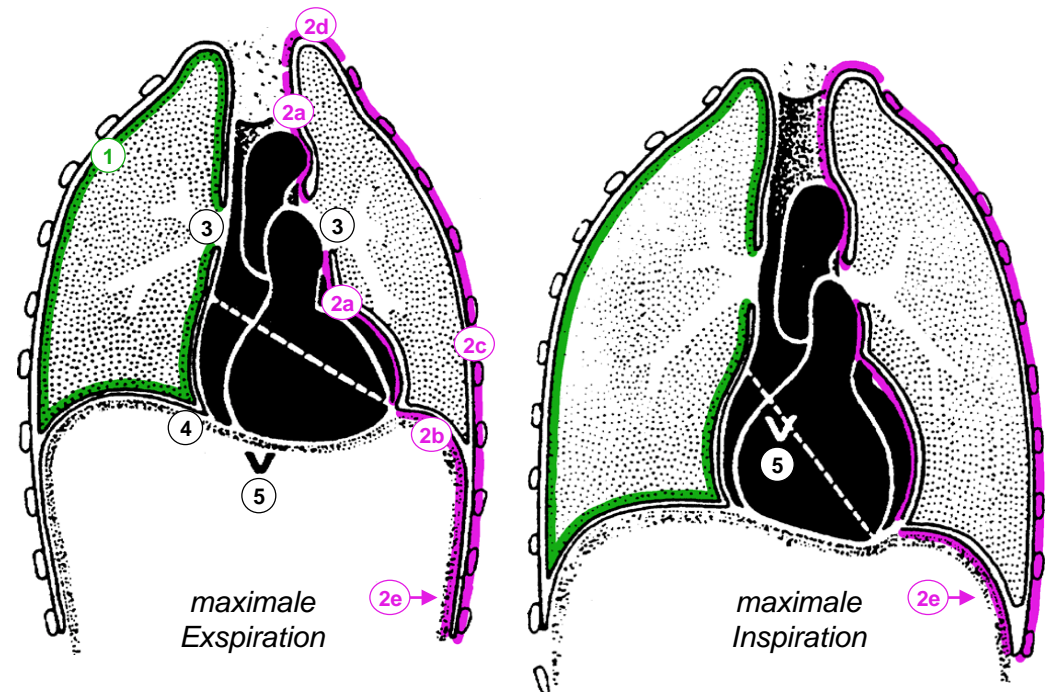
- *Alveolarepithel*
  - *Alveolarzellen Typ I: sehr flach, Innenauskleidung Alveolen, minimale Diffusionsstrecke für Gasaustausch*
  - *Alveolarzellen Typ II: rundlich, oft in Nischen, bilden Surfactant*
- *Interstitium*
  - *Fibroblasten, elastisches Bindegewebe: sorgt für Retraktionskraft der Lunge, speichert während Inspiration Energie für Expiration*
  - *Blutkapillaren, Endothelzellen: gemeinsame Basallamina mit Alveolarzellen Typ I*
- *Alveolarmakrophagen*
  - *wenn satt, Wanderung in Richtung Bronchioli (→ Schleimteppich), oder Durchtritt in Interstitium (→ Lymphgefäße, Lymphknoten)*
  - *phagozytierter Kohlestaub färbt Interstitium und Lymphknoten schwarz*
- *Emphysem*
  - *Untergang der Alveolarsepten*
  - *Verlust an Austauschfläche, Kapillaren und Retraktionskraft*
  - *oft kombiniert mit chronischer Bronchitis*



# 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*
  - *bei Inspiration Ausdehnung der Lunge mit Thorax und in 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

- *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*

- *Exspiration*

- *Zwerchfellatmung: Anheben des Diaphragma durch elastische Lungenretraktion*
- *Rippenatmung: Senken der Rippen durch innere Zwischenrippenmuskeln*
- *Bauchmuskeln helfen Rippen senken, erhöhen Druck im Abdomen: exspiratorische Hilfsmuskeln für Zwerchfell- und Rippenatmung*

