

---

# Atmungssystem

## Trachea, Lungen, Thorax

---

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

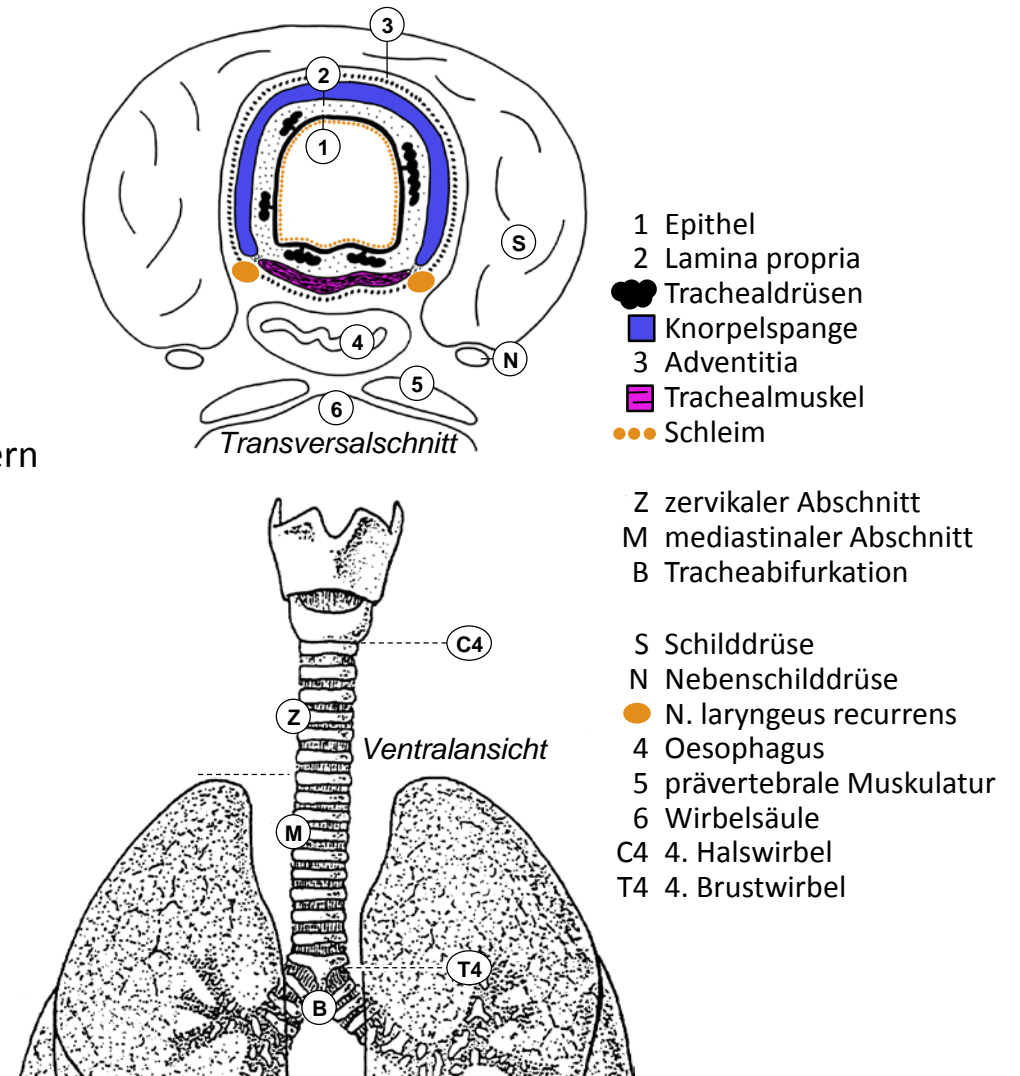
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0151-00 Anatomie und Physiologie I

Mi 12.12.2018 08:00-09:45

# 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 Knorpelspangen, dazwischen Ligamente
  - Trachealmuskel nur dorsal (glatte Muskulatur)
  - Tunica adventitia: lockeres kollagenes Bindegewebe, Verschiebeschicht gegen Umgebung
- Nachbarschaftsbeziehungen
  - zervikaler Abschnitt: N. laryngeus recurrens, Schilddrüse, Oesophagus
  - mediastinaler Abschnitt: Oesophagus, grosse Gefässe



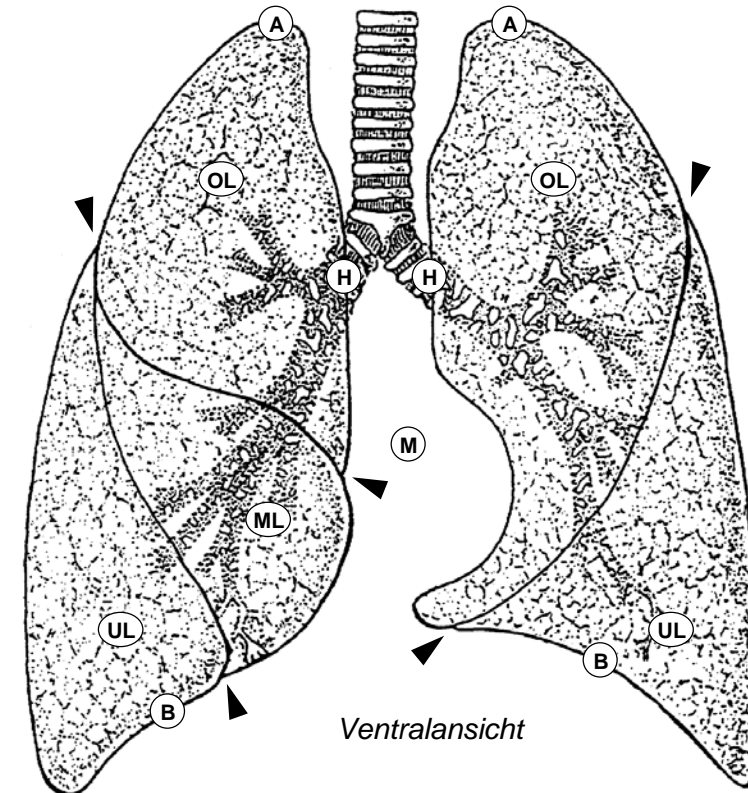
# Lunge

- 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, 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, Austauschfläche  $\Sigma$  80-130m<sup>2</sup> (halber Tennisplatz)

- Leitungsbahnen

- Luftwege: 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

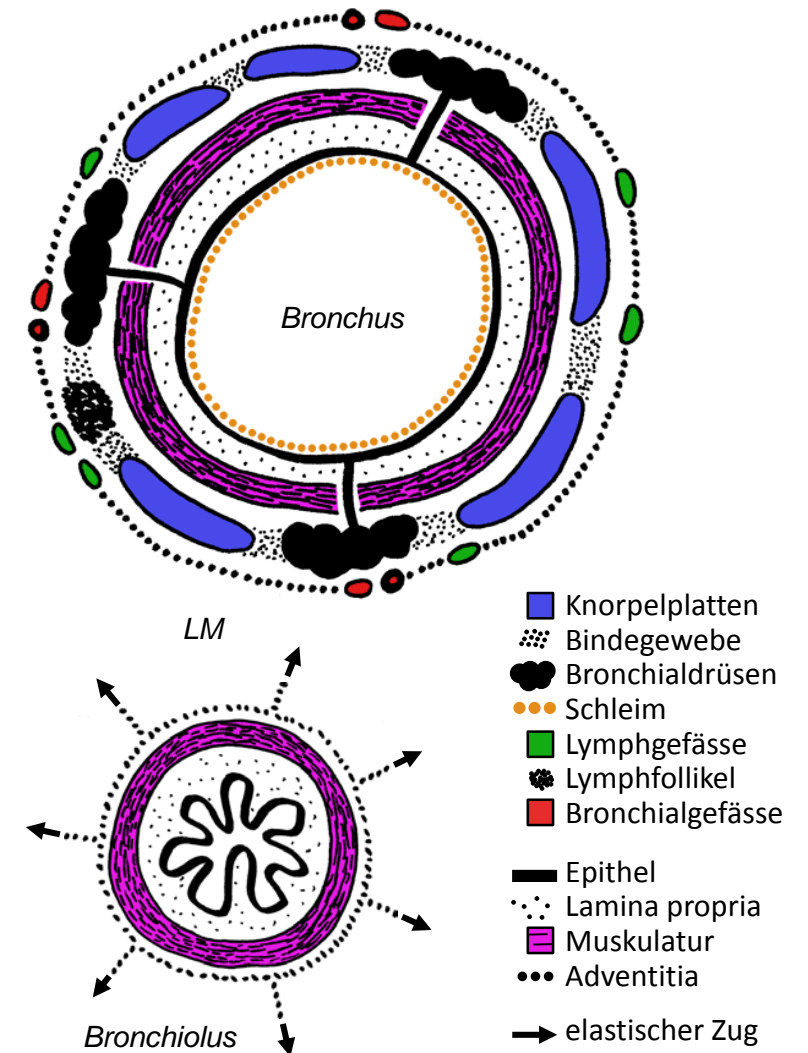


OL Oberlappen (Lobus sup.)      A Lungenspitze (Apex)  
ML Mittellappen (Lobus med.)      B Basis  
UL Unterlappen (Lobus inf.)      M Mediastinum  
H Hilum

▶ Fissuren (Fissura obliqua, horizontalis)

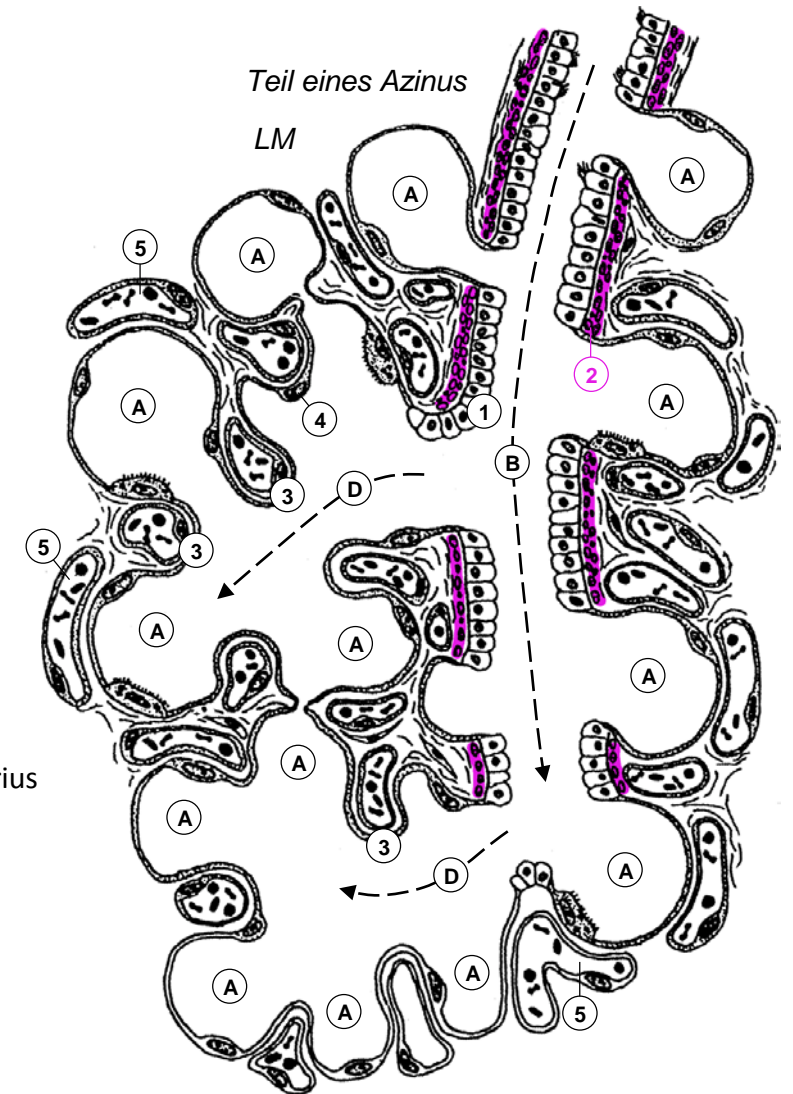
# Intrapulmonale Atemwege, konduktiv

- 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



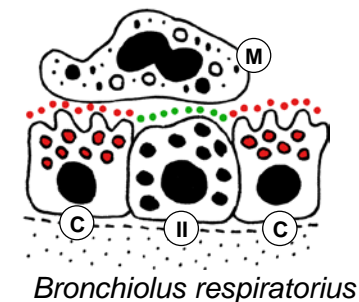
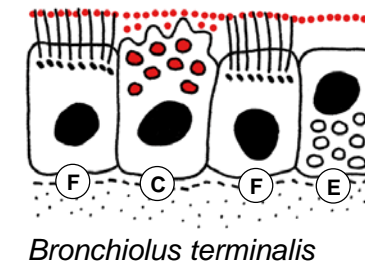
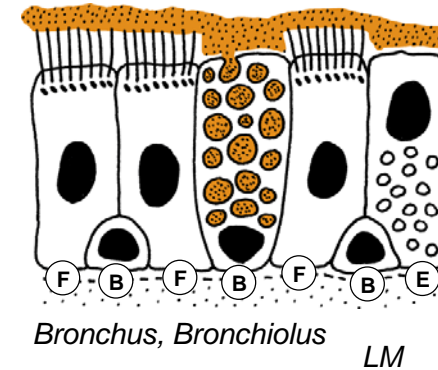
# Intrapulmonale Atemwege, respiratorisch

- 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, 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: Feinstaub, Bakterien, Zelltrümmer

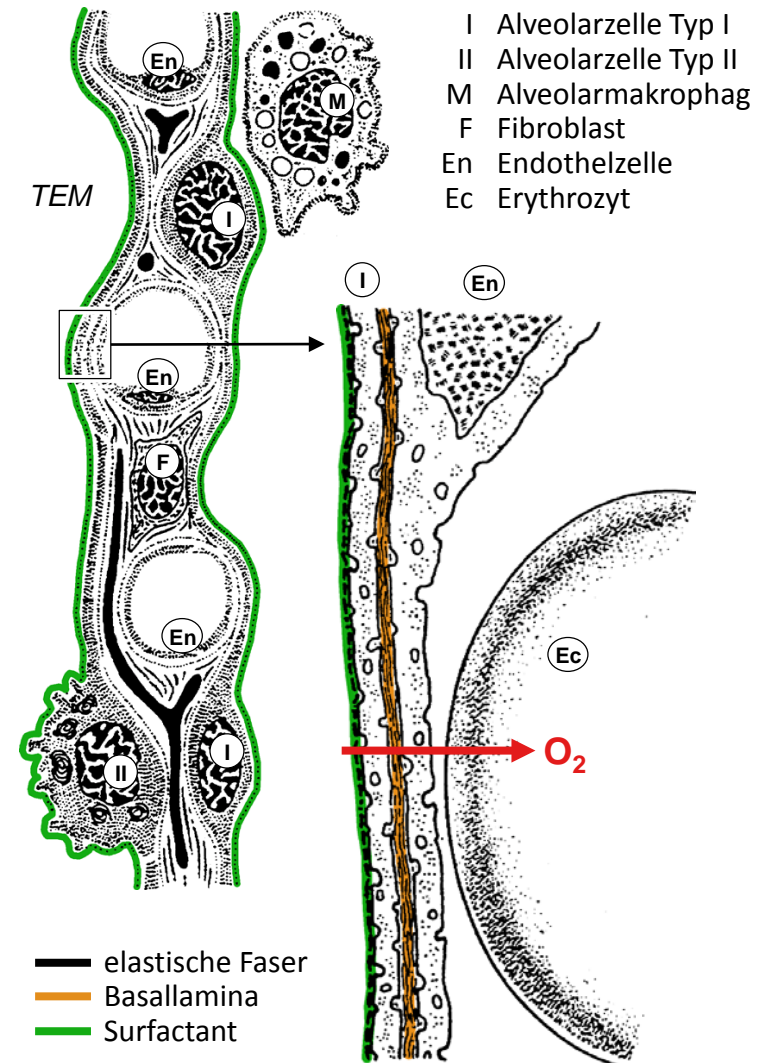


- F Flimmerzelle
- S Stammzelle
- B Becherzelle
- E endokrine Zelle
- C Clara-Zelle
- II Alveolarzelle Typ II
- M Alveolarmakrophag

- 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

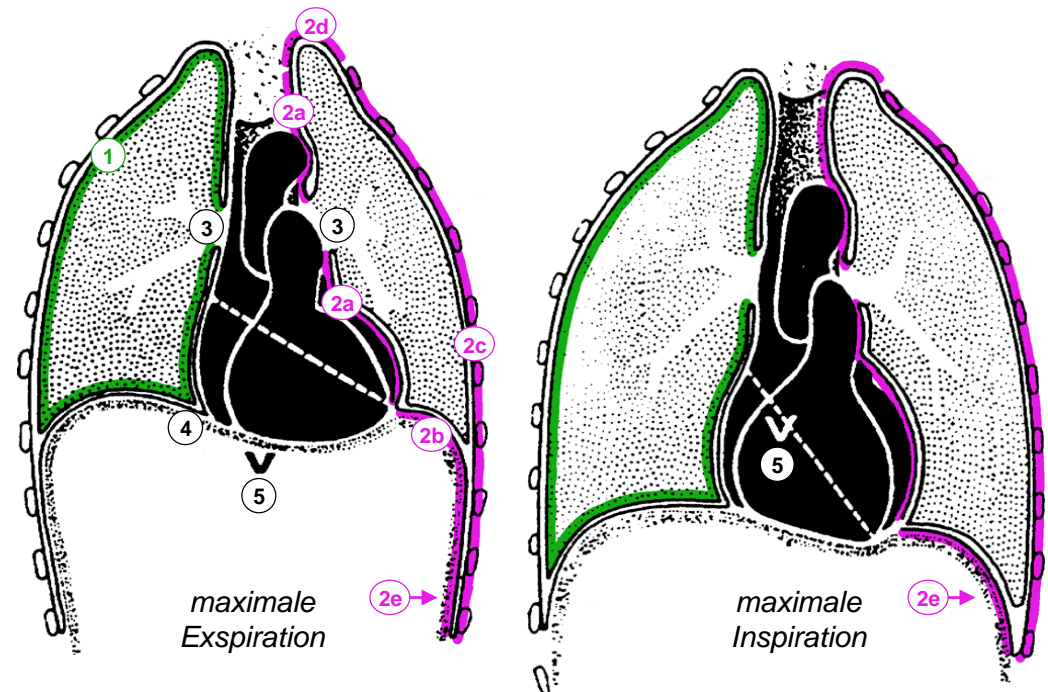
- Luft im Pleuraspalt → Kollaps der Lunge (bei Defekt in Lunge oder Thoraxwand)

- 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

- 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

