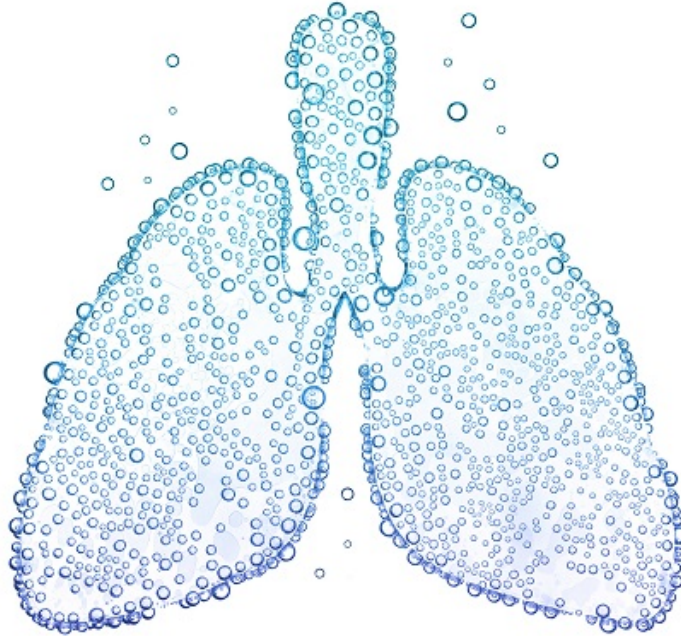


Respiratorisches System



Atmungssystem

- Hauptaufgabe ist der Gasaustausch der Lunge
- Blut nimmt Sauerstoff auf und gibt Kohlendioxid ab
- Gliederung in:
- **Obere Atemwege**
 - Nasenhöhle (Cavitas nasi)
 - Rachen (Pharynx)
 - Kehlkopf (Larynx)
- **Untere Atemwege**
 - Luftröhre (Trachea)
 - Lunge (Pulmo)

Nase und Nasenhöhle

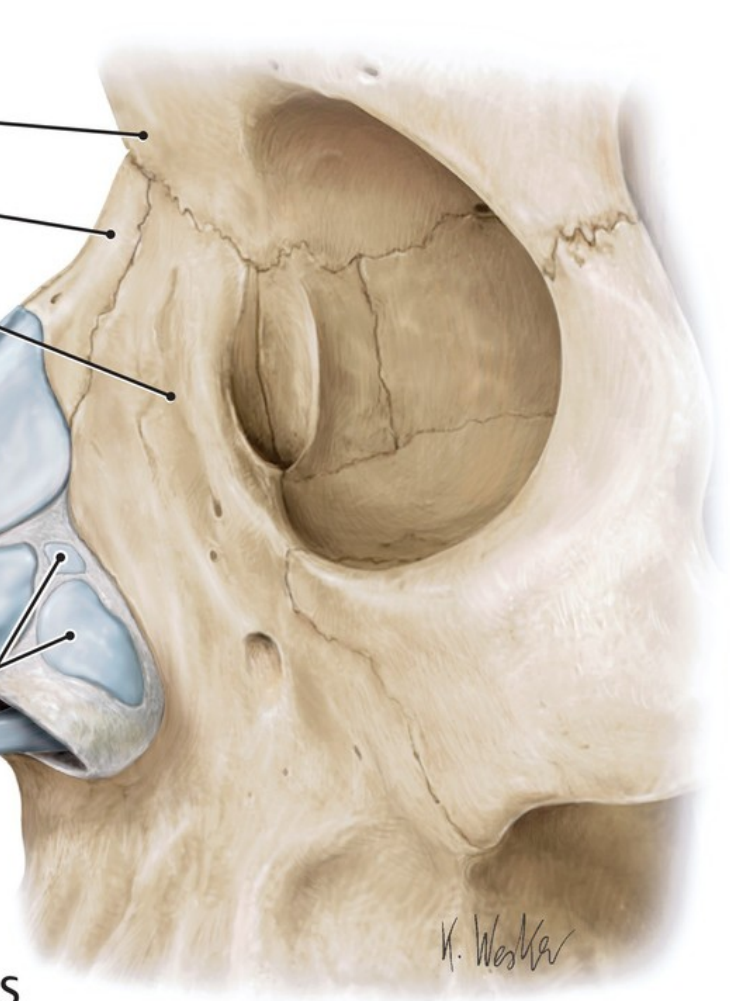
- Hält durch borstenartigen Besatz grobe Partikel zurück
- Absonderung von Sekreten und Schleim
- Wärmt und befeuchtet die eingeatmete Luft
- Reichlich vorhandene Immunzellen binden hier schon Schadstoffe
- Sprachbildende Funktion in Kombination mit Nasennebenhöhlen
- Sitz der Riechschleimhaut (Regio olfactoria)

Äußere Nase (**Nasus externus**)

- Besteht aus knöcherner Nasenwurzel (**Radix nasi**), Nasenknochen (**Os nasale**) und dem **Processus frontalis maxillae**
- Knorpelige Nasenrücken (**Dorsum nasi**), Nasenflügel (**Alae nasi**)
- Anlage zweier Nasenlöcher (**Nares**), getrennt durch das Nasenseptum

Äußere Nase (Nasus externus)

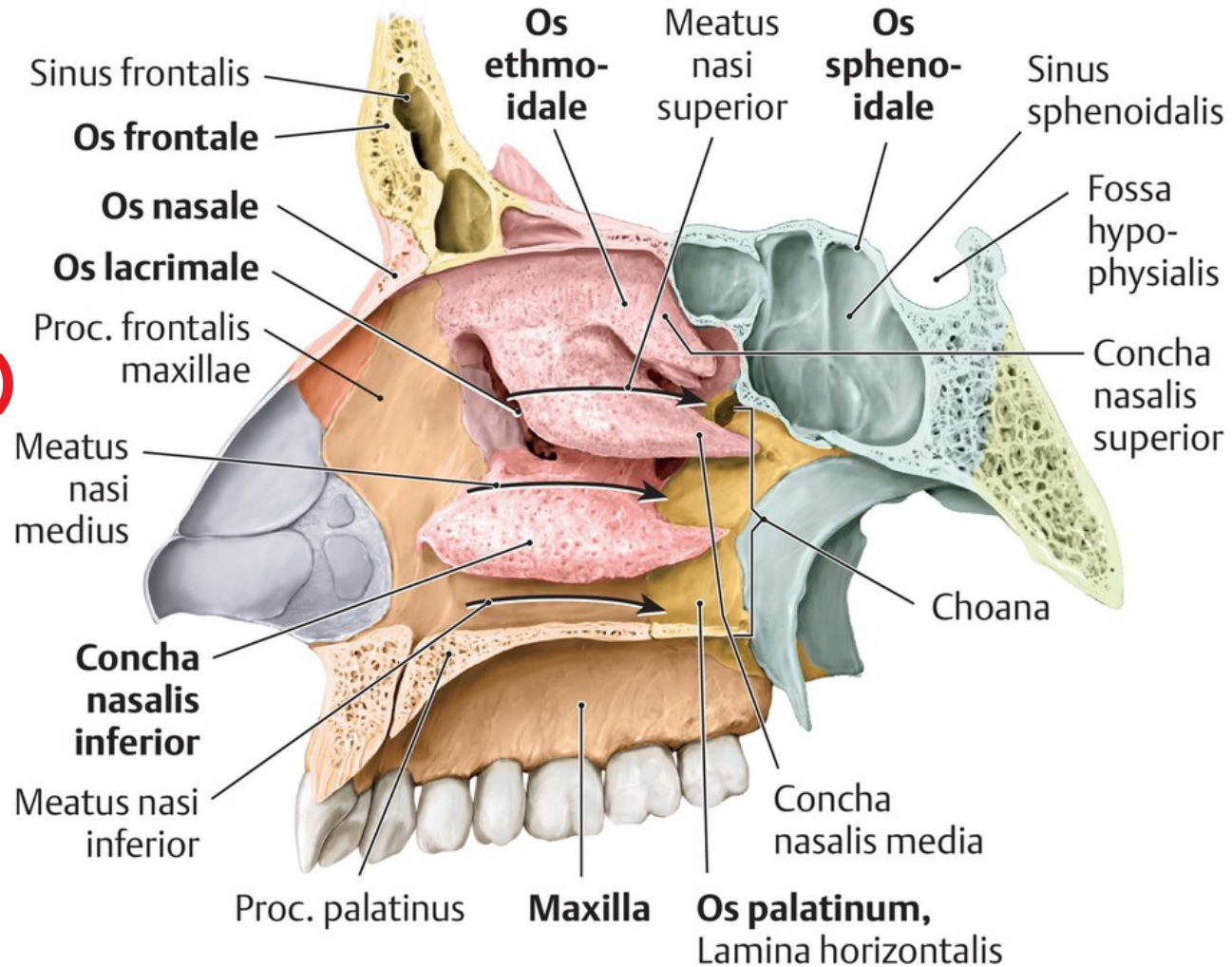
Glabella
Os nasale
Proc.
frontalis
maxillae
Cartilago
septi nasi,
Proc.
lateralis
Cartilago
alaris major
Cartilagine
alares minores



Nasenhöhle (Cavitas nasi)

- Paarig angelegt
- Ist ebenfalls durch das Nasenseptum getrennt
- Das Nasenseptum ist in der Nasenhöhle knöchern
- Hintere Öffnungen (**Chonae**) führen in den Epipharynx (Nasopharynx)
- Bildet mit schwellkörperartigem Gewebe überzogene Nasenmuscheln aus (**Conchae nasalis inferior, media et superior**)
- Steht in Verbindung zu den **Nasennebenhöhlen**

Nasenhöhle (Cavitas nasi)



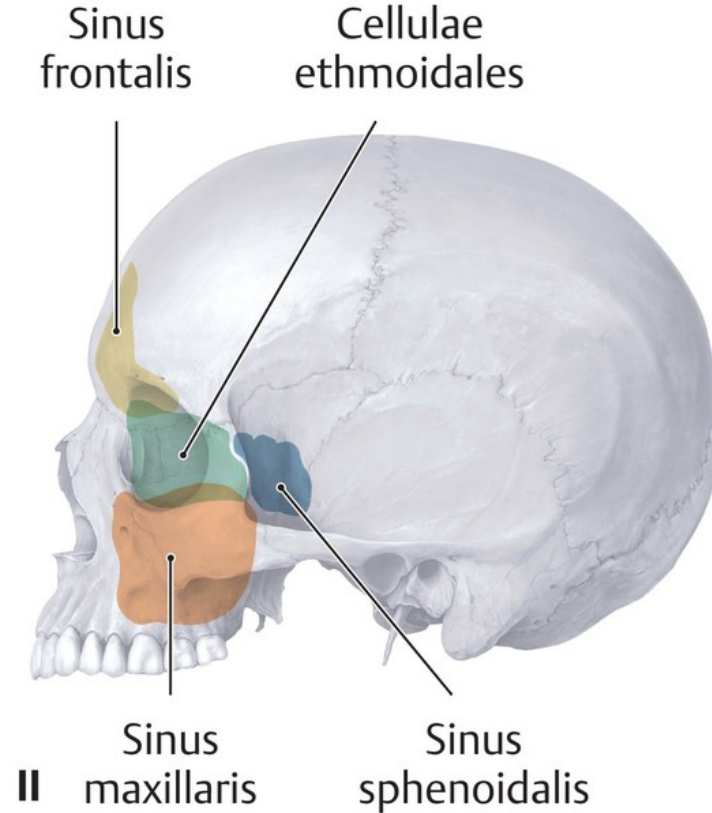
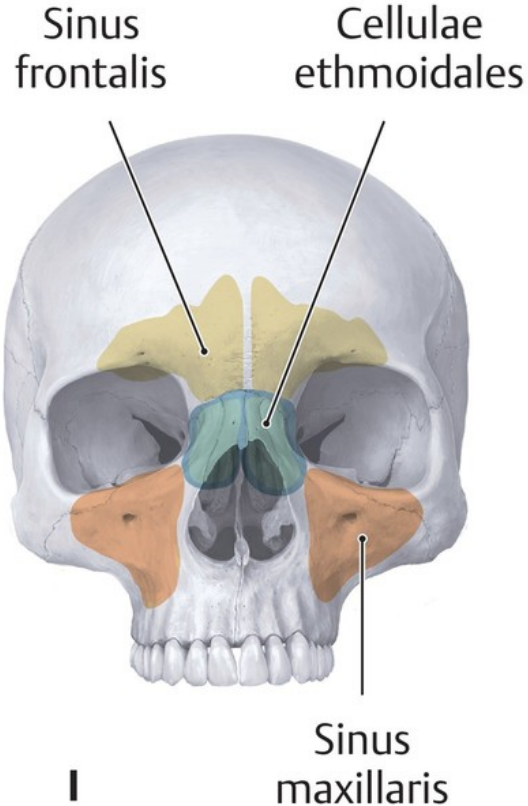
Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales)

- Aussackungen der Nasenhöhle in umliegende **Knochen**
- Bilden sich erst **postnatal** bis zum Jugendalter
- Form und Größe daher sehr verschieden
- Vermindern das Gewicht der Knochen
- Bilden **Resonanzräume**
- Sind nach dem Knochen benannt in den sie hineingewachsen sind

Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales)

- Unterteilung der Nasennebenhöhlen:
 - **Sinus maxillaris**
 - **Sinus sphenoidalis**
 - **Sinus frontalis**
 - **Sinus ethmoidalis**

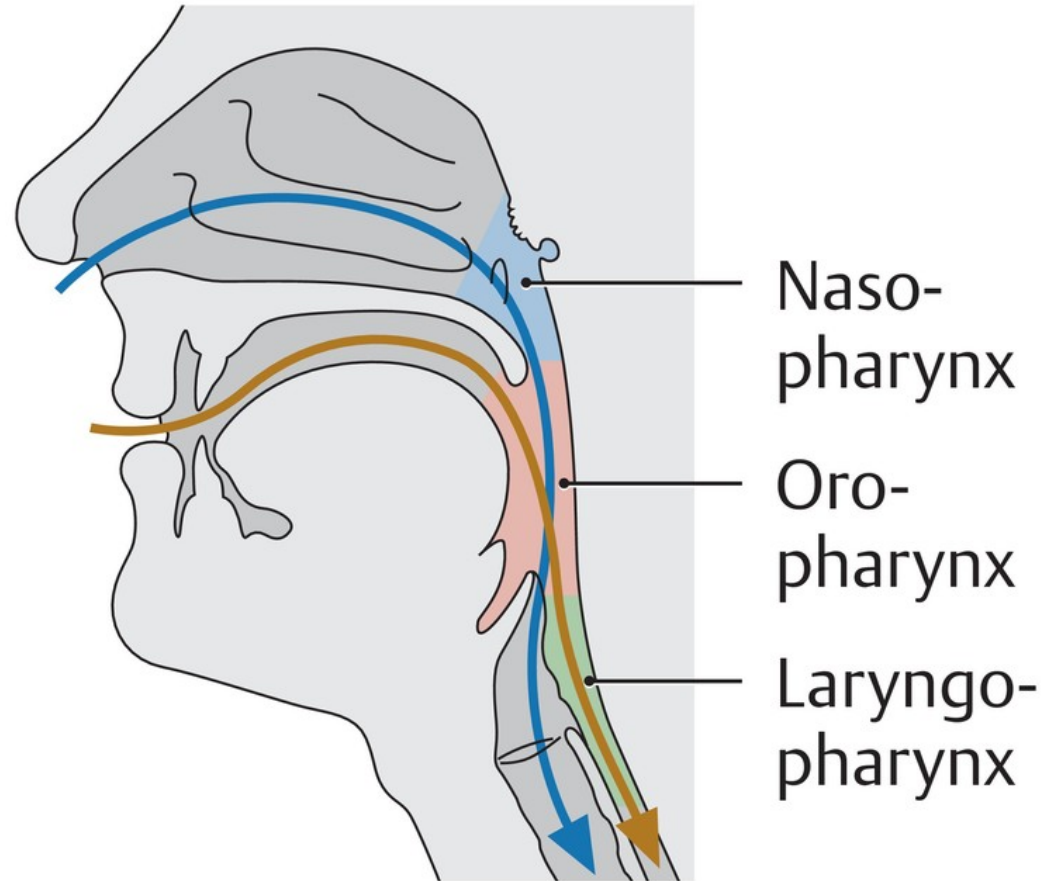
Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales)



Rachen (Pharynx)

- **Weiterleitung der Luft** aus Nasen- und Mundhöhle in Luftröhre (Trachea)
- Weiterleitung von Nahrung und Flüssigkeit in die Speiseröhre (Oesophagus)
- 12-15cm langer Muskelschlauch
- Zieht sich von Schädelbasis bis Höhe des Ringknorpels
- Ist gegliedert in:
 - **Nasopharynx** (Epipharynx)
 - **Oropharynx** (Mesopharynx)
 - **Laringopharynx** (Hypopharynx)

Rachen (Pharynx)



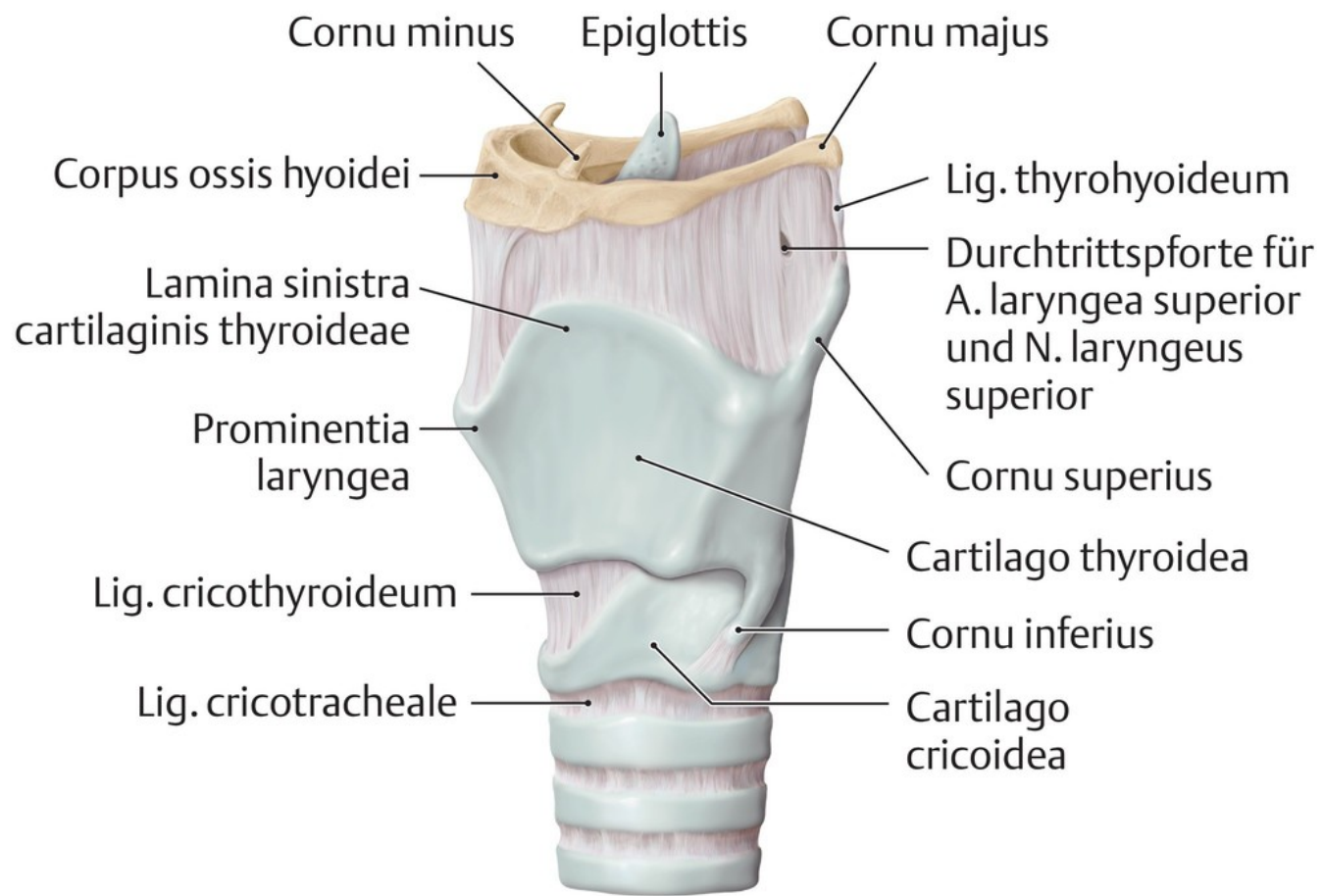
Kehlkopf (Larynx)

- Am Zungenbein (Os hyodeum) aufgehangen
- Übergang von Pharynx zu Trachea
- Knorpelig-muskuläres Verschluss-System
- Erfüllt Atemfunktion, Phonationsfunktion, Schutzfunktion
- Oberer Rand auf Höhe HWKIV

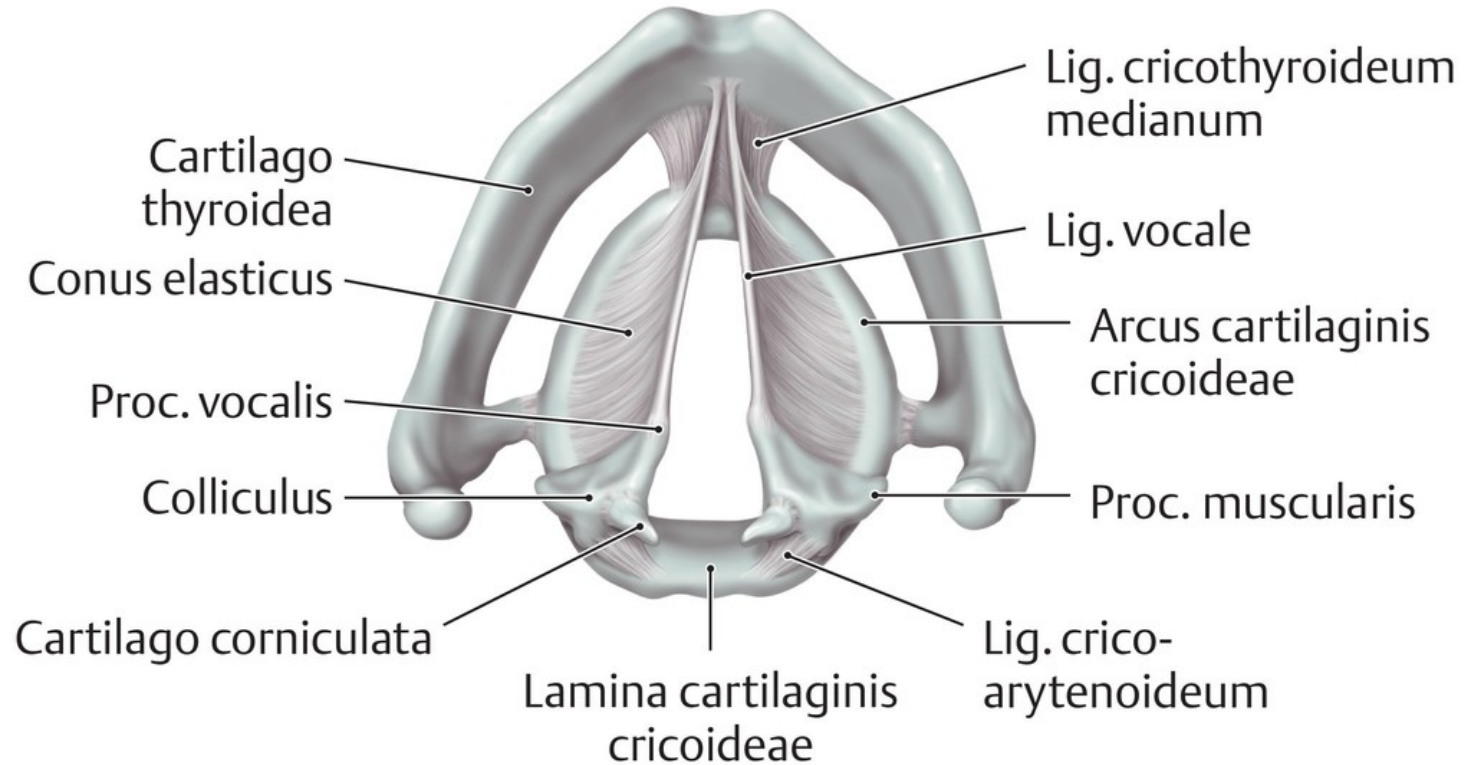
Kehlkopf (Larynx)

- Gelenkig verbundene Knorpelplatten
- Bilden Kehlkopfskelett aus:
 - **Kehldeckel** (Epiglottis)
 - **Schildknorpel** (Cartilago thyroidea)
 - **Ringknorpel** (Cartilago cricoidea)
 - **Stellknorpel** (Cartilago arytenoidea)
- Kann durch Muskelzüge eng oder weit gestellt werden

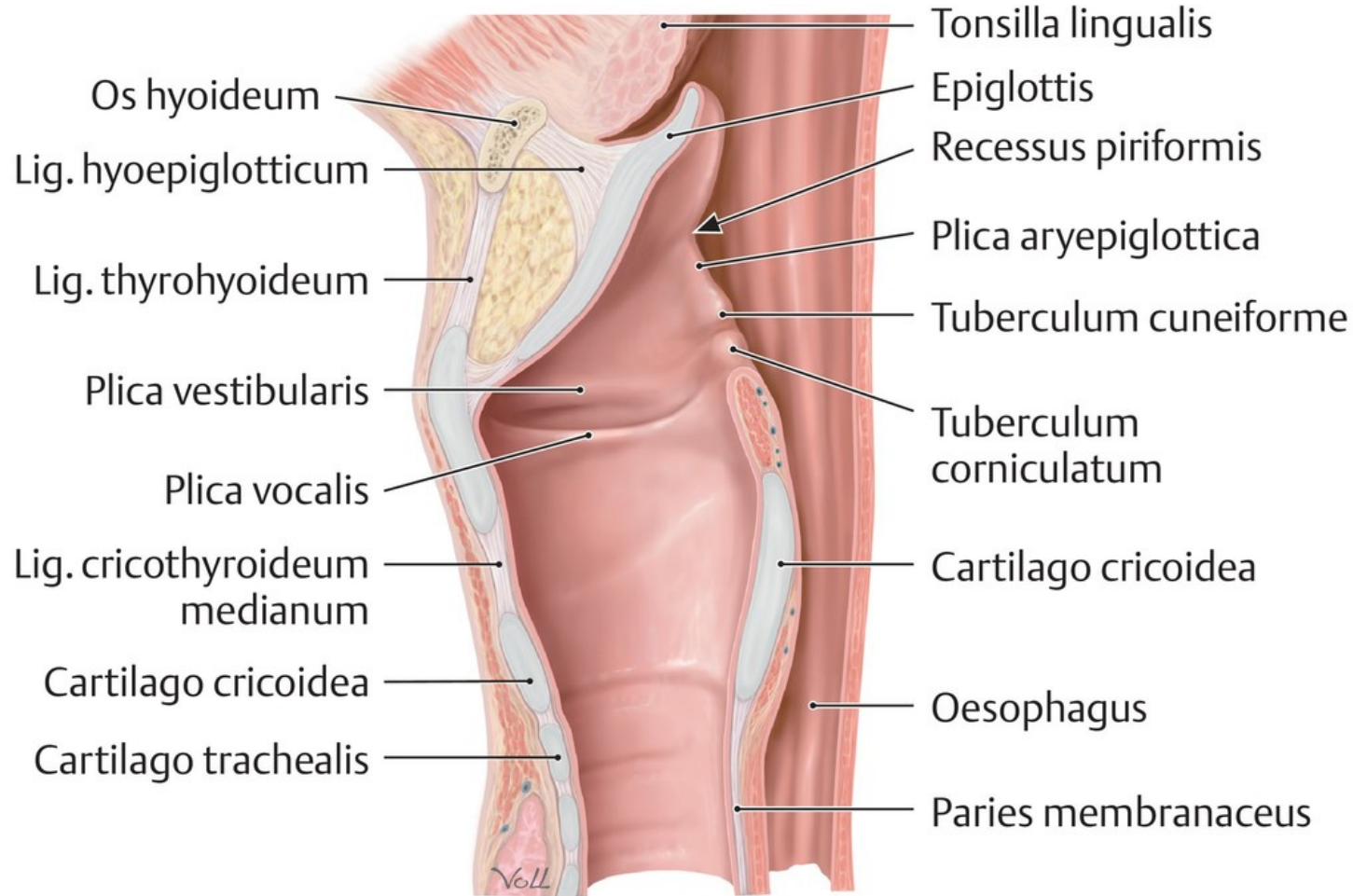
Kehlkopf (Larynx)



Kehlkopf (Larynx)



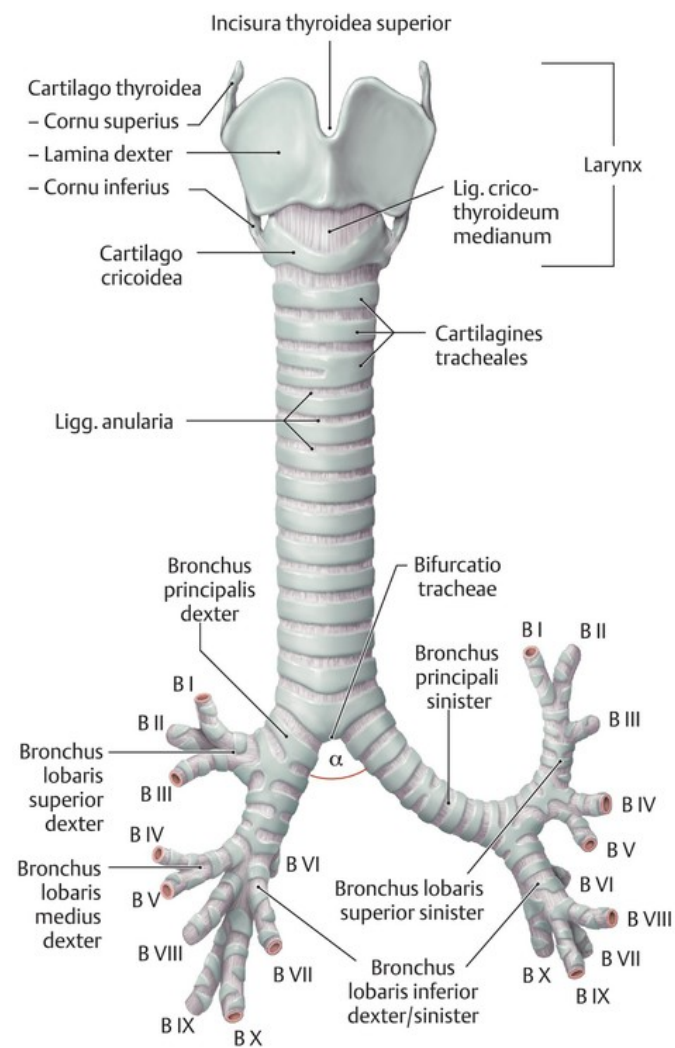
Kehlkopf (Larynx)



Luftröhre (Trachea)

- Die Trachea und die ihr entspringenden Hauptbronchien transportieren Luft zur Lunge
- 10-12cm langes Rohr, Durchmesser ca. 1,5-2cm
- Reicht von **Ringknorpel** bis zu **Bifurkation** (Bifurcatio tracheae)
- HWK VI – BWK IV
- Gliedert sich in:
 - **Pars cervicalis**
 - **Pars thoracica**

Luftröhre (Trachea)



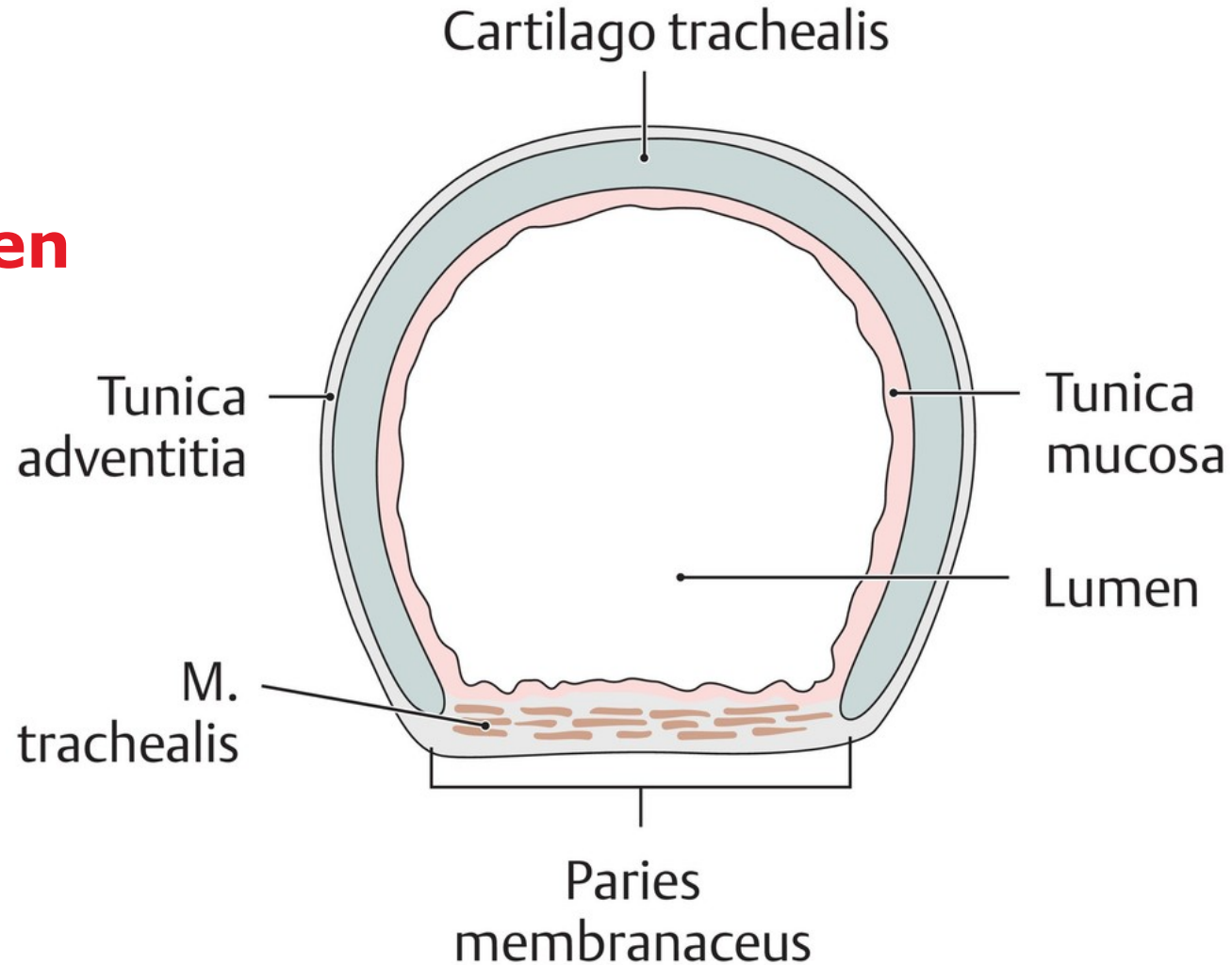
Wandbau der Trachea

- Wird **ventral und lateral** durch hufeisenförmige **Knorpelspangen** stabilisiert
- Halten die Trachea offen
- Knorpelspangen sind durch Ligg. anularia verbunden
- Erlauben **Längsdehnung**
- Dorsal finden sich kein Knorpel (**Pars membranaceus**)
- Dort befindet sich der **Musculus trachealis**, reguliert die Weite der Trachea
- Man unterscheidet drei Wandschichten

Wandschichten der Trachea

- **Tunica mucosa:**
 - **Mehrreihiges Flimmerepithel** (Transport eingeatmeter Partikel Richtung Rachen mit 5mm/min)
 - **Becherzellen** im Epithel (Abgabe von Sekret)
- **Tunica fibromusculocartilaginea:**
 - Ligg. anularia („**fibro**“), Verbindung der Knorpelspangen
 - M. trachealis („**musculo**“)
 - Knorpelspangen („**cartilaginea**“)
- **Tunica adventitia:**
 - Lockeres Bindegewebe, Befestigung der Trachea in die Umgebung

Wandschichten der Trachea



Hauptbronchus (Bronchus principalis)

- An der Bifurcatio tracheae teilt sich die Trachea in **rechten** und **linken Hauptbronchus** (Bronchus principalis dexter et sinister)
- Wandbau **gleich** dem der Trachea
- **Bronchus principalis dexter:**
 - Etwa **20°** von der Verlaufsrichtung der Trachea
 - 1-2,5cm lang, Durchmesser von ca. 14mm
- **Bronchus principalis sinister:**
 - Stärker abgewinkelt: **35°**
 - 4-5cm lang, Durchmesser von ca. 12mm

Innervation des Bronchialbaums

- Versorgung der Hauptbronchien und des nachfolgenden Bronchialbaums über Plexus pulmonalis
- Versorgung erfolgt sensorisch, sympathisch und parasympathisch
- In den Plexus pulmonalis ragen Äste des N. vagus und des Truncus sympathicus

Innervation des Bronchialbaums

- Sensorische Nervenfasern:
 - Dehnungs- und Atmungsrezeptoren
- Parasympathisch:
 - **Aktivierung** der glatten Muskulatur in Ruhe oder bei Expiration
 - **Bronchokonstriktion**
- Sympathisch:
 - Vermitteln über **β_2 -Rezeptoren** eine **Erschlaffung** der Glatten Muskulatur bei Anstrengung oder Inspiration
 - **Bronchodilatation**

Lunge (Pulmo)

- Paariges Organ in der Brusthöhle (**Cavitas thoracis**)
- Hauptorgan der Atmung
- Besteht aus rechtem und linken Lungenflügel (**Pulmo dexter** et **sinister**)
- Beide Lungenflügel bilden eine Funktionseinheit
- Ort des **Gasaustauschs** (O_2 - CO_2)

Lunge (Pulmo)

- Liegen unterhalb der Rippen, seitlich des Mediastinums
- Lungenbasis (**Basis pulmonis**) sitzt dem Zwerchfell auf
- Lungenspitze (**Apex pulmonis**) ragt einige cm über die Thoraxapertur hinaus
- Beide Lungen werden von einem Pleurasack
- Wiegen ca. 800g, ohne Blut ca. 550g

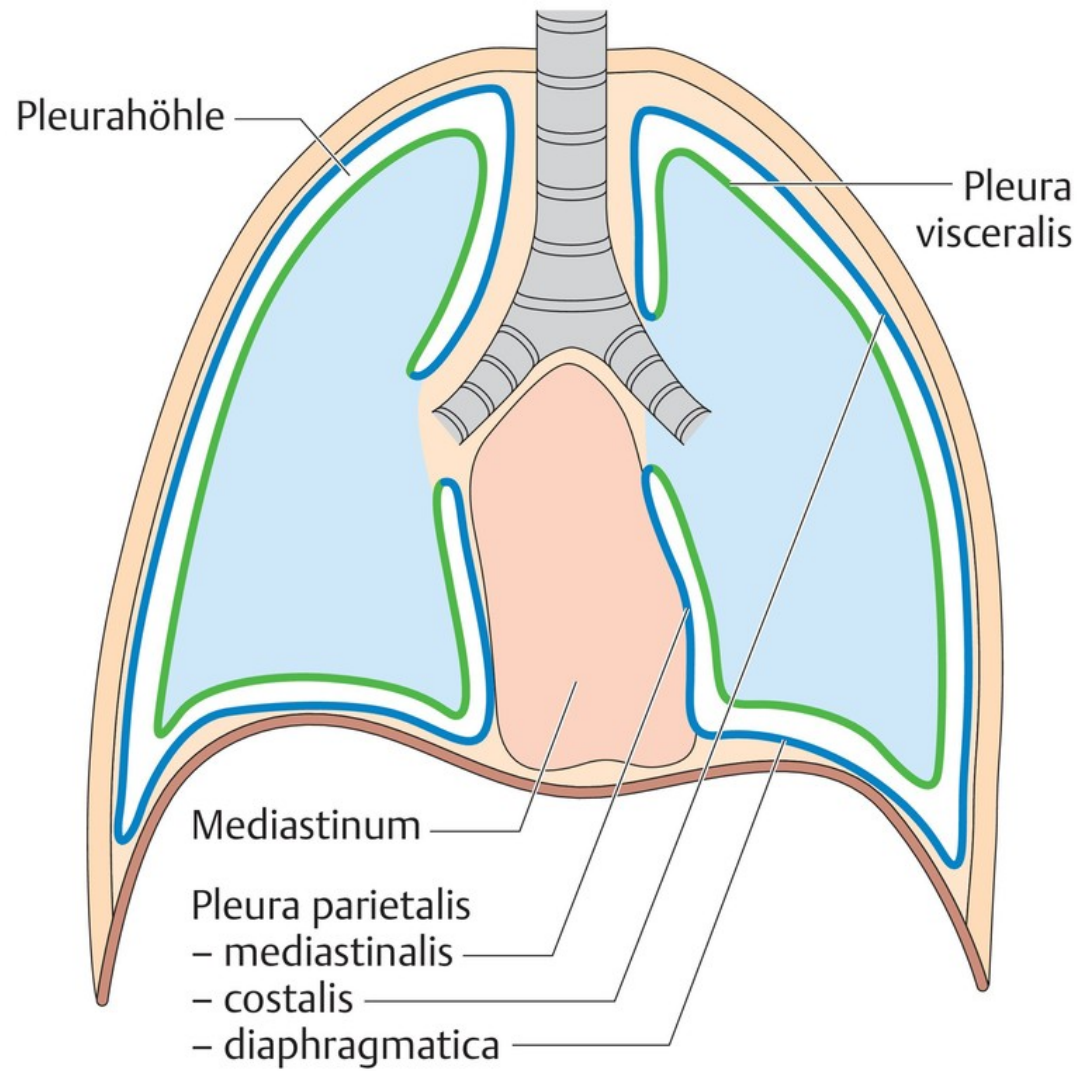
Pleura

- Kleidet als seröse Haut die Pleurahöhle aus
- Besteht aus einem **viszeralen** und einem **parietalen Blatt**
- Die Pleurahöhle dient der Lunge als **Reserveraum** für die Ausdehnung
- Durch in den **Pleuraspalt** abgegebene Flüssigkeit (ca. 5ml) findet diese Ausdehnung reibungsarm statt
- Durch Unterdruck **haftet** die Lunge an parietalem Blatt der Pleura und kann sich so mehr ausdehnen

Pleura

- Die Pleura schlägt sich am **Lugenhilum** aus viszeralem Blatt in parietales Blatt um
- Unterteilung der Abschnitte:
 - **Pars costalis**: Innenseite der Brustwand/ Rippen
 - **Pars diaphragmatica**: auf dem Zwerchfell
 - **Pars mediastinalis**: lateral vom Mediastinum

Pleura



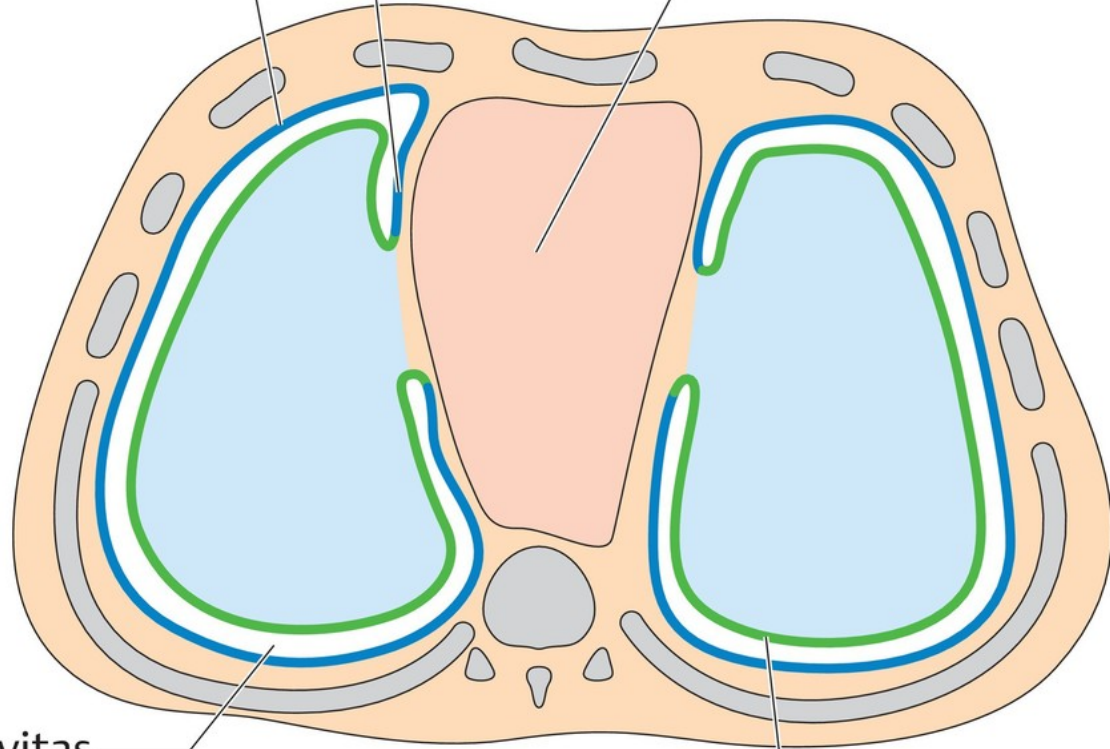
Pleura

Pleura parietalis
– mediastinalis
– costalis

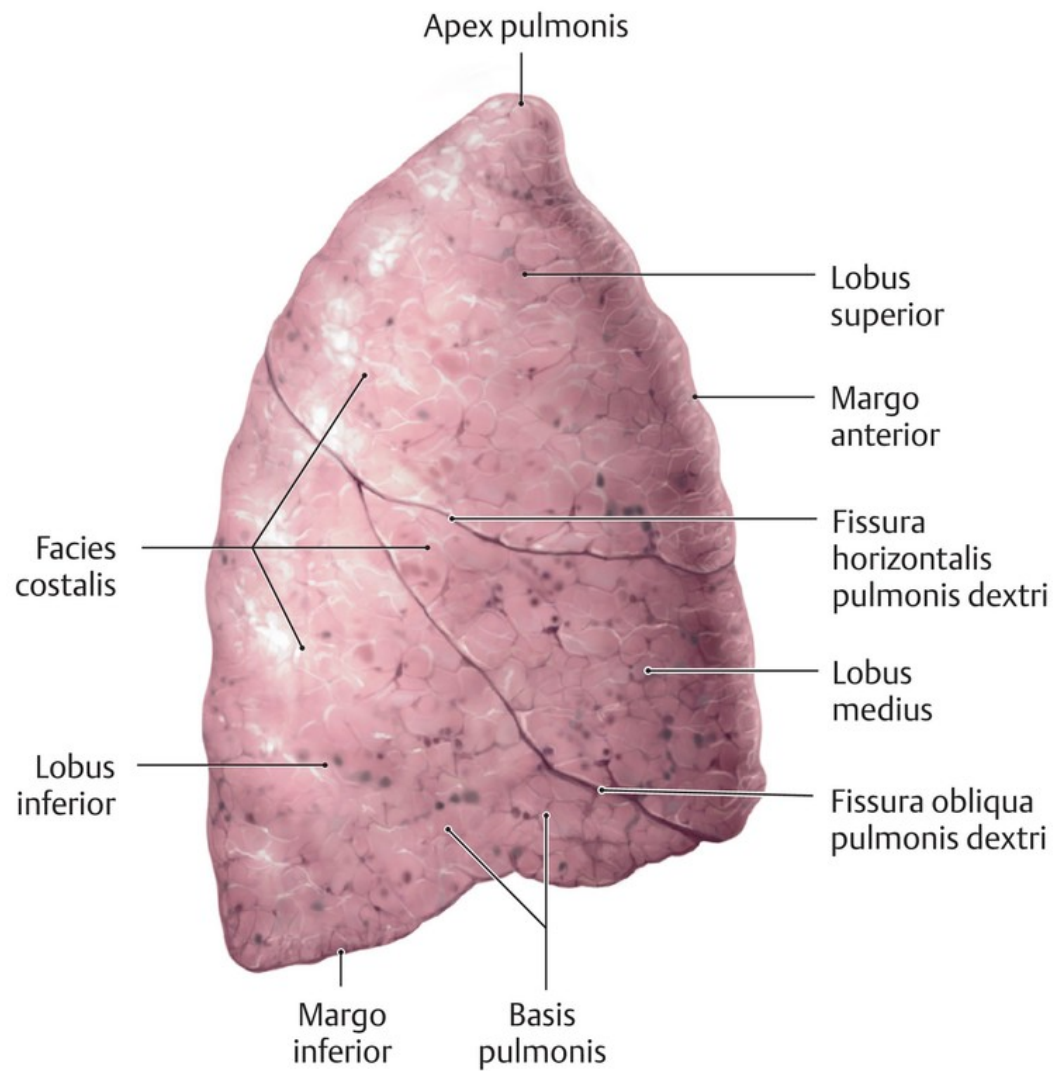
Mediastinum

Cavitas
pleuralis

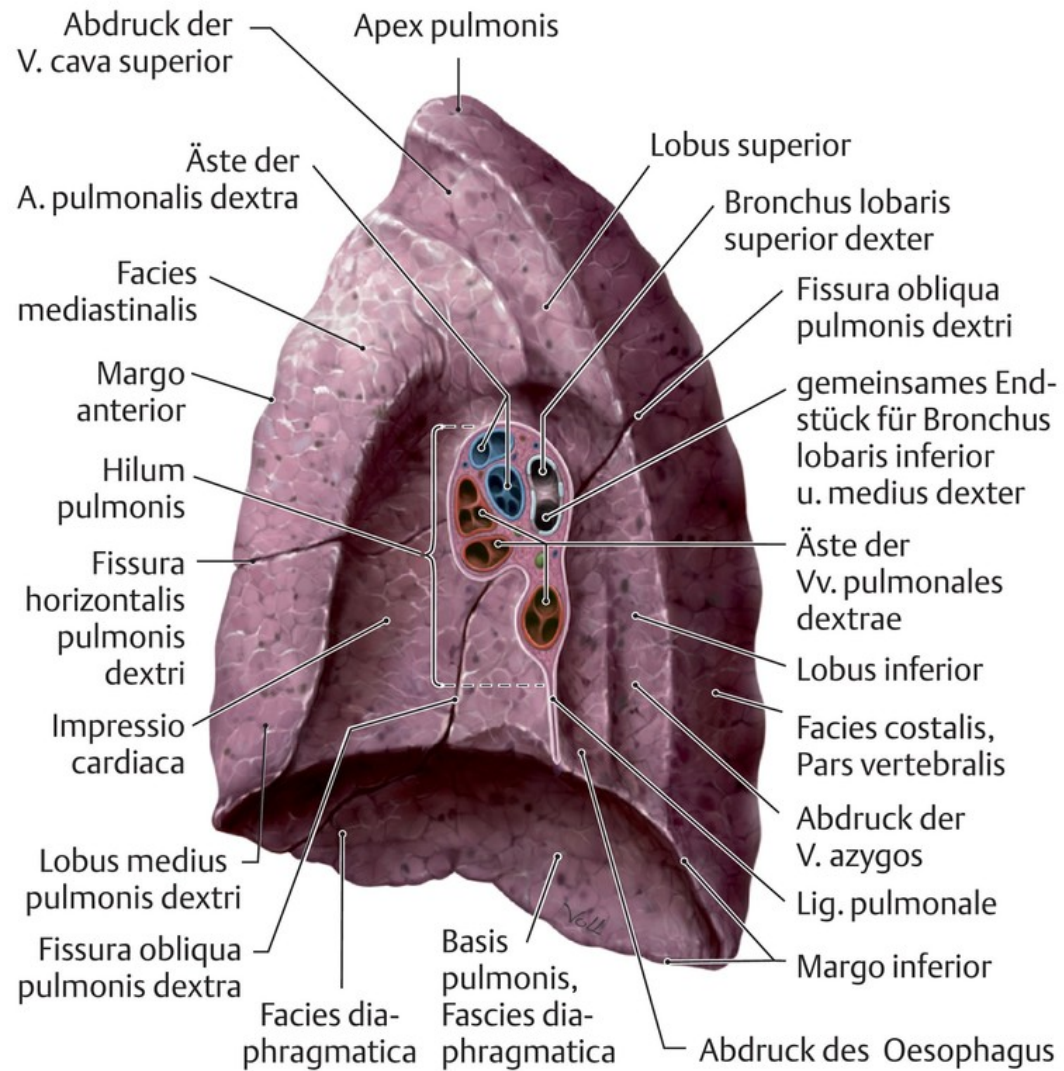
Pleura visceralis



Lunge (Pulmo)



Lunge (Pulmo)



Lunge (Pulmo)

- Form und Abschnitte:
- **Facies diaphragmatica:**
 - Konkaver Teil der Lunge, sitzt der Zwerchfellkuppel auf
- **Facies costalis:**
 - Der den Rippen zugewandte Teil der Lunge
- **Facies mediastinalis:**
 - Ist zum Mediastinum nach innen gerichtet
 - Hier liegt das Lungenhilum (**Hilum pulmonis**)
 - Alle ein- und austretenden Strukturen werden als Lungenwurzel bezeichnet (**Radix pulmonis**)
 - Umschlag der viszeralen Pleura

Lunge (Pulmo)

- Lungengewebe lässt sich Einteilen:
 - **Lungenlappen** (Lobi pulmones)
 - **Lungensegmente** (Segmenta bronchopulmonalia)
 - **Lungenläppchen** (Lobuli pulmonales)
 - **Azini**
- Jedem dieser Gewebe lassen sich dazugehörige Bronchialstrukturen zuordnen

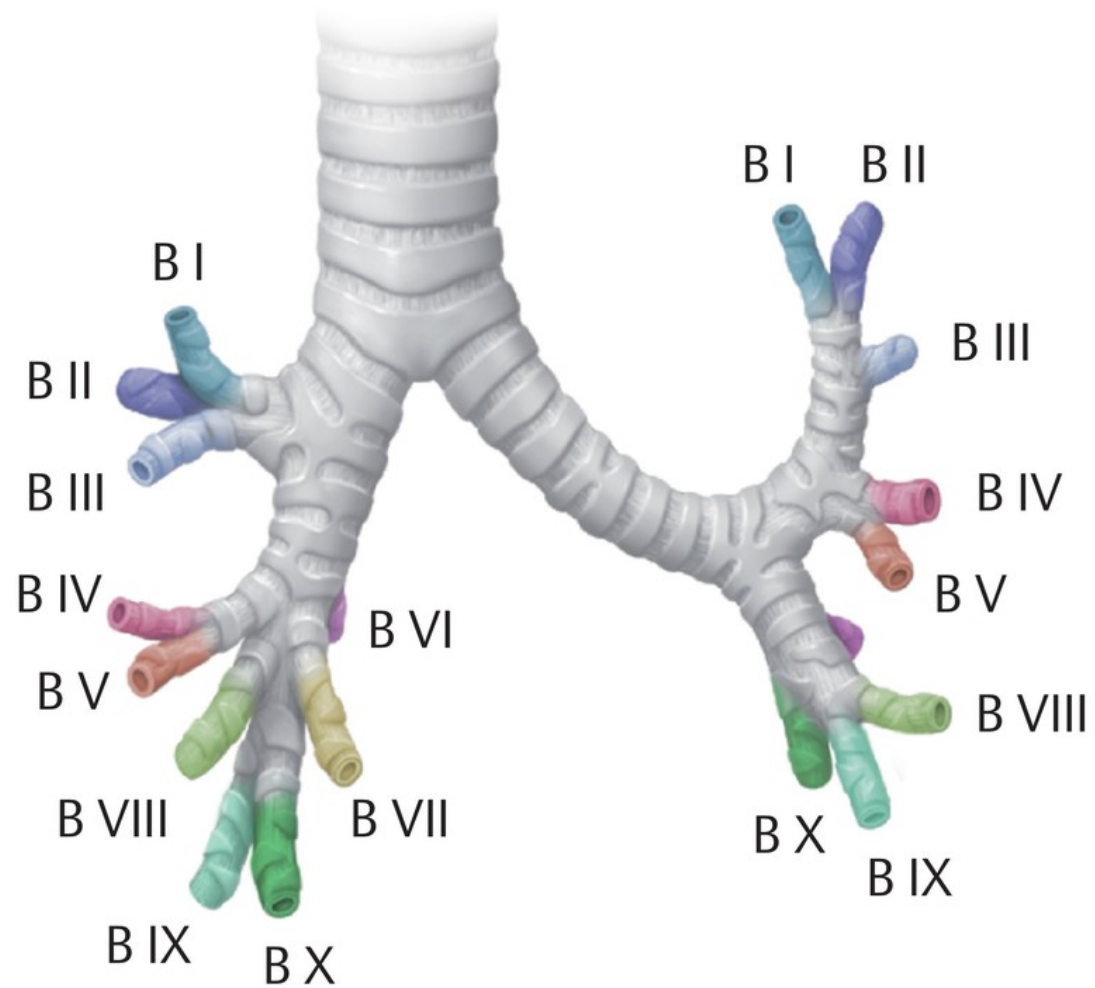
Lungenlappen (Lobi pulmones)

- Sind die größten Bauteile der Lunge
- Die rechte Lunge besitzt **drei** Lungenlappen
 - **Oberlappen** (Lobus superior pulmonis dextri)
 - **Mittellappen** (Lobus medius pulmonis dextri)
 - **Unterlappen** (Lobus inferior pulmonis dextri)
- Die linke Lunge besitzt **zwei** Lungenlappen
 - **Oberlappen** (Lobus superior pulmonis sinistri)
 - **Unterlappen** (Lobus inferior pulmonis sinistri)
- Die Unterschiede lassen sich mit der **linksseitigen Lage des Herzens begründen**
- Alle Lobi sind voneinander getrennt (Fissurae interlobares), dient als Gleitspalt während der Atemexkursionen

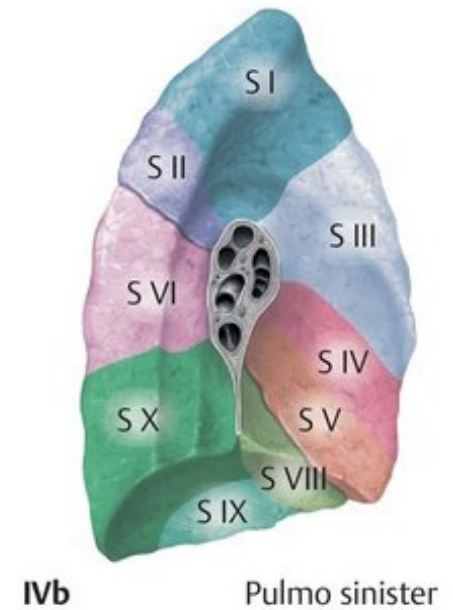
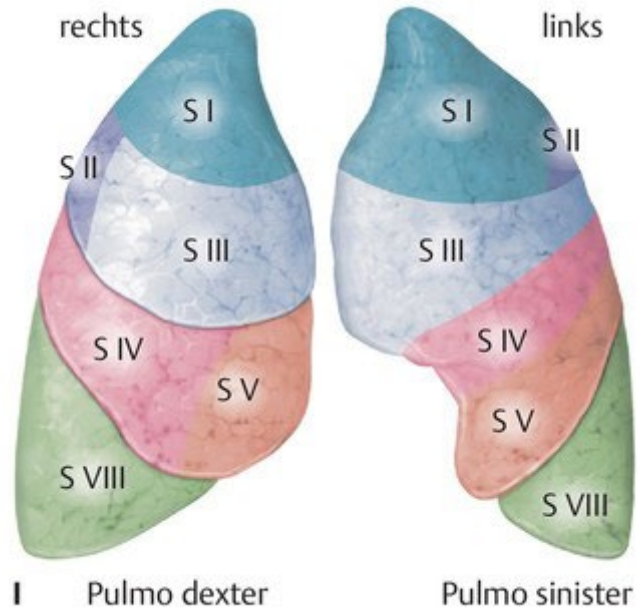
Lungensegmente (Segmenta bronchopulmonalia)

- Lungensegmente bilden die nächste funktionelle Einheit
- In jedes Segment tritt ein **Segmentbronchus** und eine **Segmentarterie** ein (**bronchoarterielles Segment**)
- Die Segmente sind durch Bindegewebe von einander abgegrenzt
- Die **rechte** Lunge besitzt i.d.R. **10 Segmente**
- Die **linke** Lunge besitzt i.d.R. **9 Segmente**

Segmentbronchien



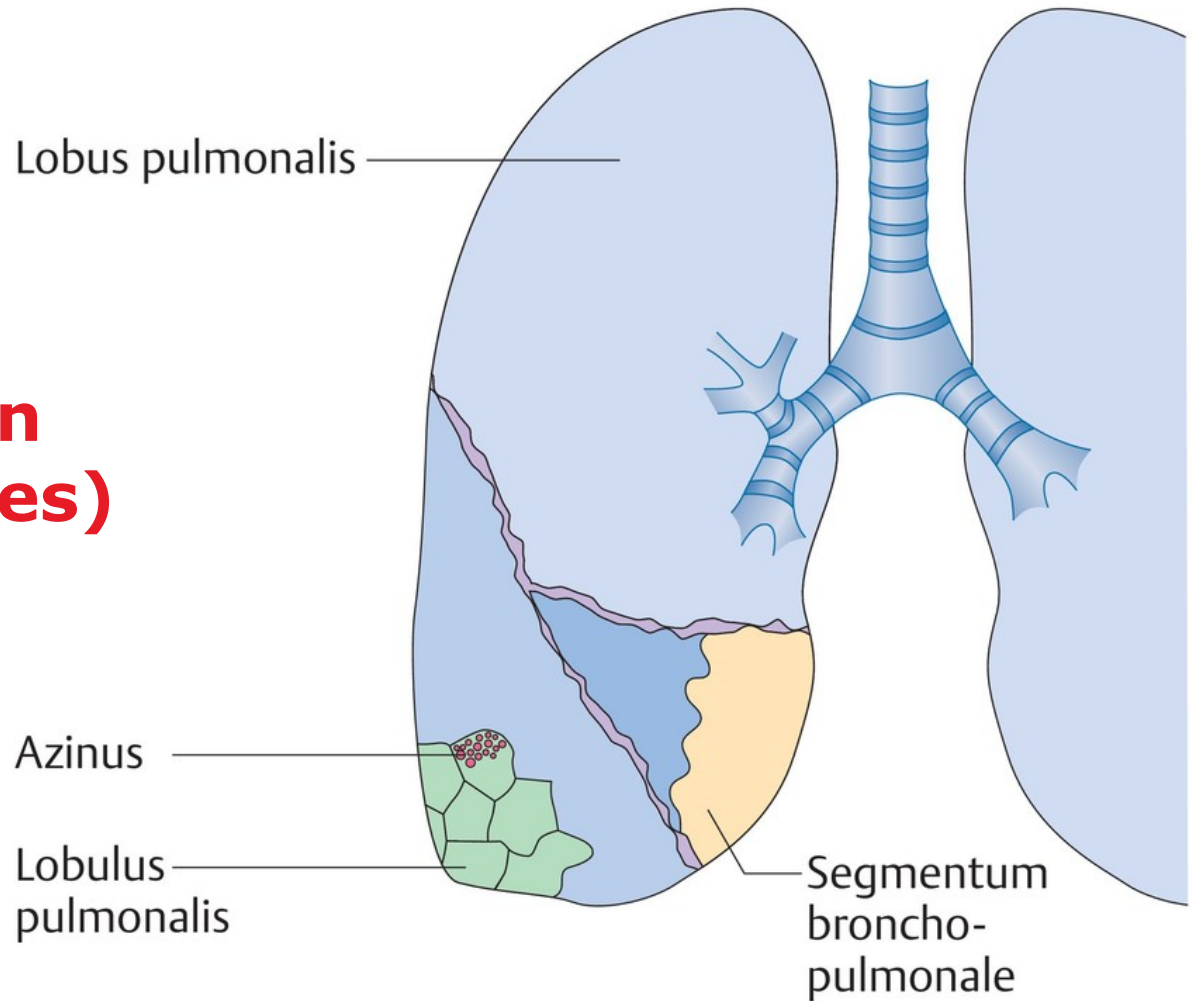
Lungensegmente



Lungenläppchen (Lobuli pulmones)

- Jedes Lungenläppchen entspricht dem **Versorgungsgebiet** eines **Bronchiolus lobularis** (Erste Generation von Bronchioli)
- Alle abzweigenden Teile des Bronchiolus lobularis und A. pulmonalis befinden sich in einem Lungenläppchen

Lungenläppchen (Lobuli pulmones)



Lungenazini

- Entspricht dem Versorgungsgebiet eines **Bronchiolus terminalis**
- I.d.R. 12-18 Azini pro Läppchen
- Sind im Läppchen um den zentralen Bronchiolus lobularia angeordnet

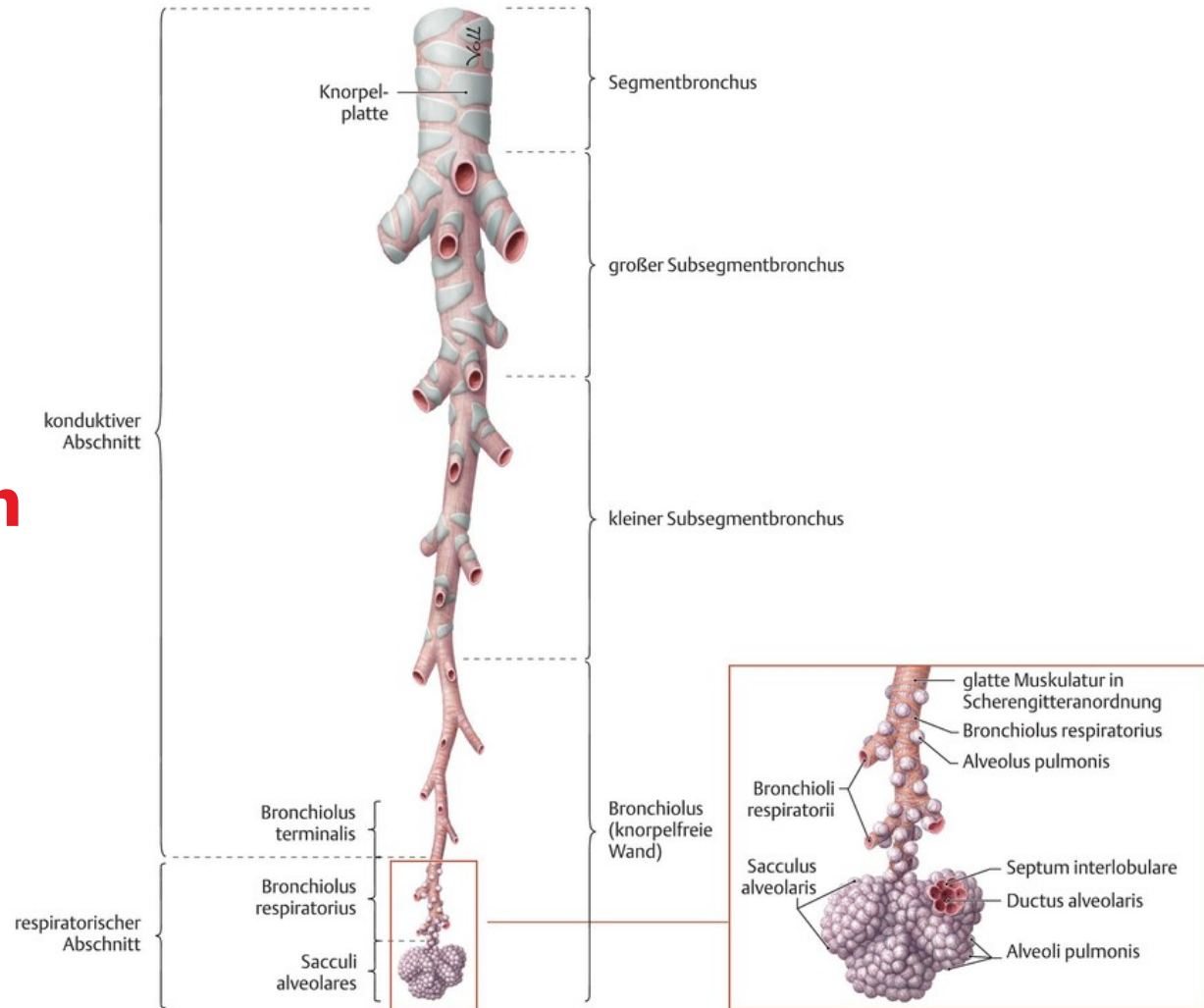
Konduktiver Abschnitt

- **Luftleitende** Abschnitte des Bronchialsystems
- Transportiert Luft zu und ab
- Ist selbst **nicht** am Gasaustausch beteiligt
- Macht den **Totraum** des Atemzugvolumens aus (150-170ml)

Respiratorischer Abschnitt

- Anteile am distalen Ende des Bronchialbaums
- Sind am **Gasaustausch** beteiligt
- Anatomische Abschnitte:
- **Bronchioli respiratorii:**
 - Verzweigungen der Bronchioli terminales, vereinzelte Alveolen an der Wand
- **Ductus alveolaris:**
 - Folgen auf die Bronchioli respiratorii
 - Wände sind fast gänzlich mit Alveolen und Alveolargruppen bedeckt
- **Alveolen:**
 - Wichtigster Teil des Gasaustausches, insgesamt ca. 300-400 Millionen

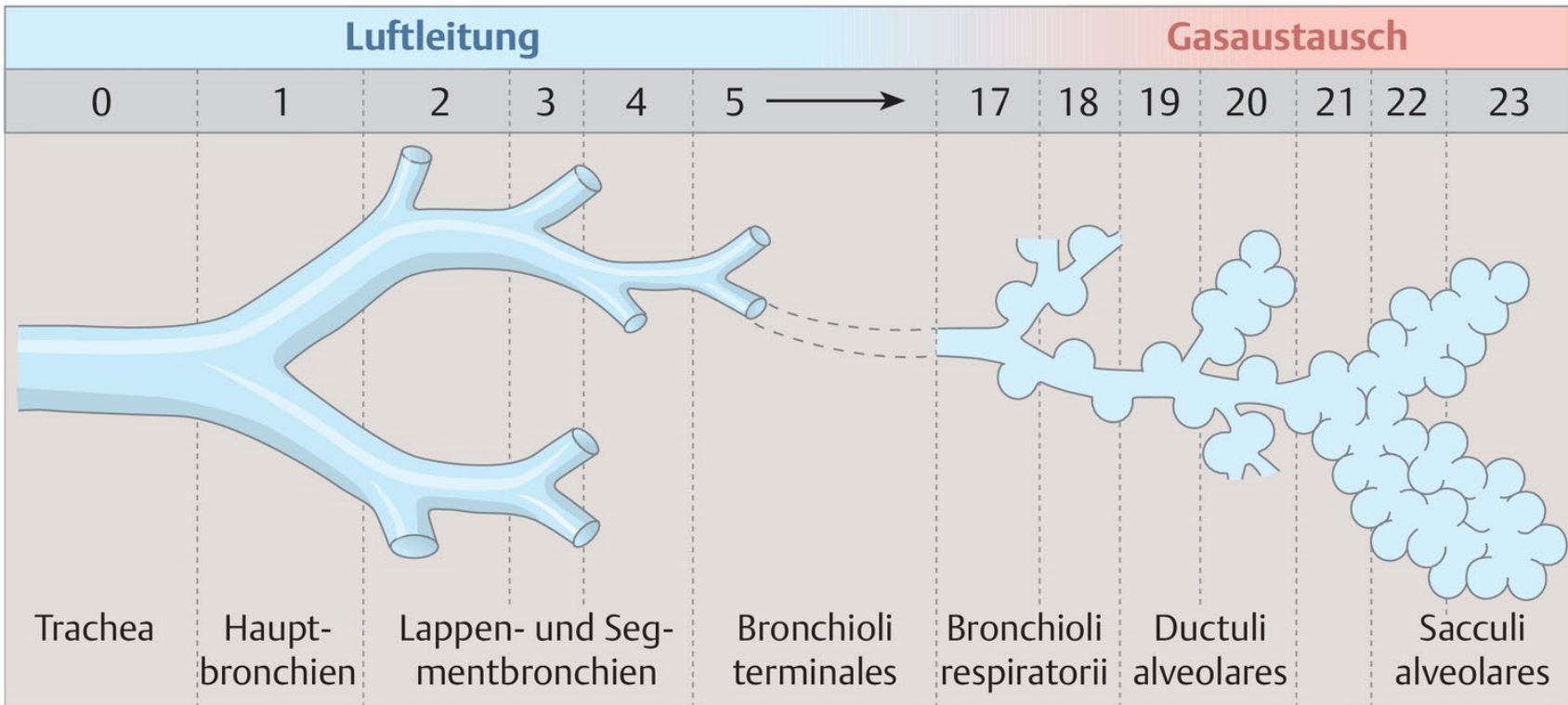
Bronchialbaum



Abschnitte des Bronchialbaums

Gewebe/ Strukturen	Lappen- und Segmentbronchien	Bronchioli	Bronchioli terminales	Bronchioli respiratorii	Ductus alveolares
Epithel	Flimmerepithel mit vielen Kinozilien		teilweise kinozilienfrei	keine Kinozilien	
	mehrschichtig*	zweischichtig, zylindrisch**	einschichtig, kubisch**	einschichtig, kubisch**	einschichtig, platt***
Drüsen					
▶ intraepithelial (Becherzellen)	+	+	-	-	-
▶ subepithelial (Gll. bronchiales)	+	-	-	-	-
Bindegewebe	Tunica fibrocartilaginea	viele elastische Fasern in Lamina propria und peribronchiale Binde- gewebe			elastische Fasern um Ductus alveolaris
Muskulatur	kontinuierliche Tunica muscularis	relativ kräftige Tunica muscularis		Tunica muscularis dünnt sich aus	Basalringe
Knorpel	Knorpelplättchen	-	-	-	-

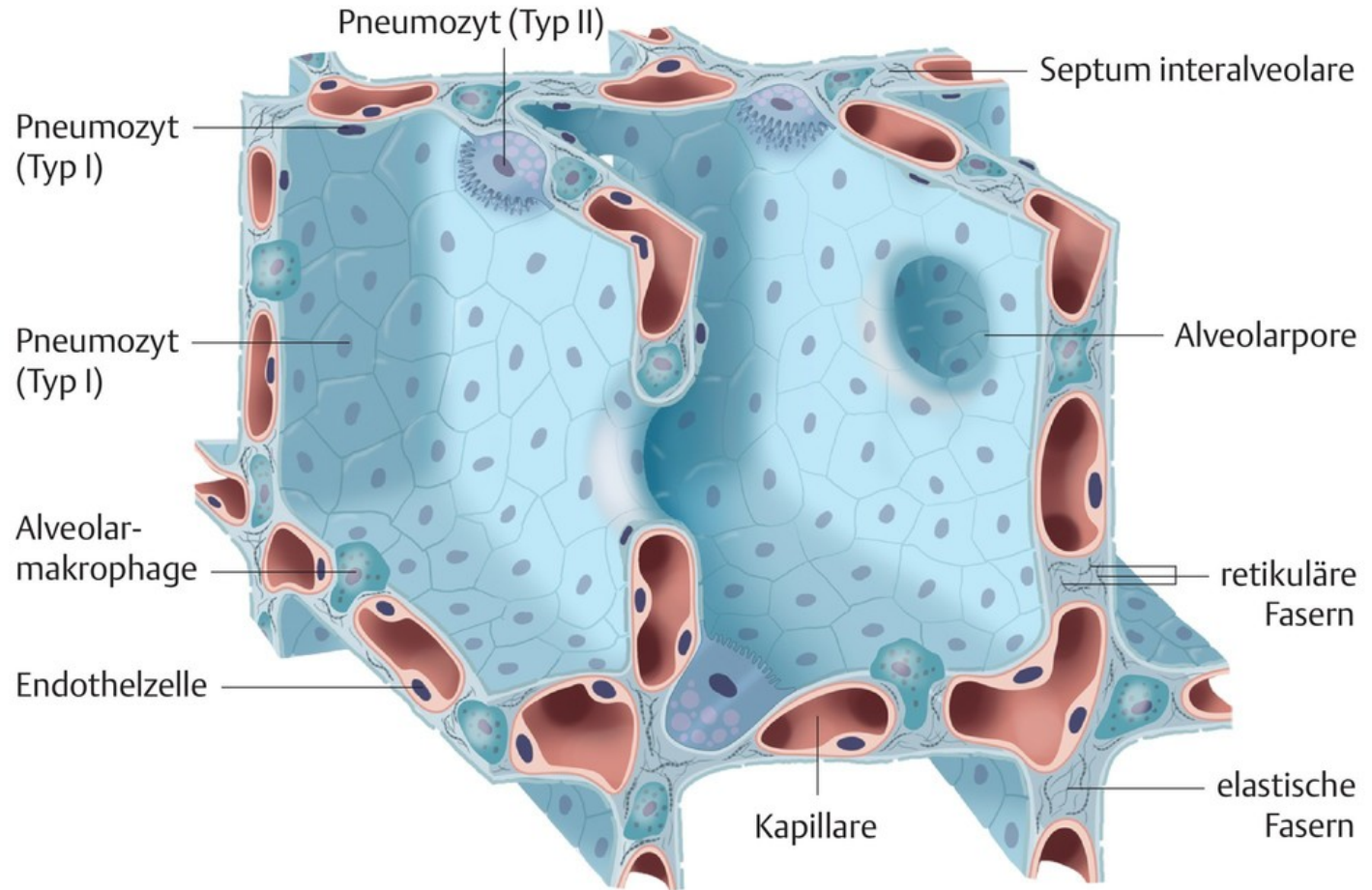
Abschnitte des Bronchialbaums



Alveolen

- Wabenartige Ausstülpungen des Bronchialbaums
- Sehr dünne Wand, die **Gasaustausch** ermöglicht
- Alveolen stehen über Alveolarporen in Kontakt
- Wand besteht aus zwei Zelltypen (**Pneumozyten**):
- **Pneumozyt Typ I**
 - Machen ca. 90% der Alveolarwand aus
- **Pneumozyt Typ II**
 - Bedecken ca. 7% der Alveolaroberfläche
 - Geben Surfactant in den Alveolarraum ab

Alveolen



Surfactant

- Steht für **Surface active agent**
- Ist eine oberflächenaktive Substanz aus Phospholipiden und Surfactantproteinen
- **Reduziert die Oberflächenspannung** in der Alveole
- Ohne Surfactant würden die Alveolen kollabieren (Atelektase)

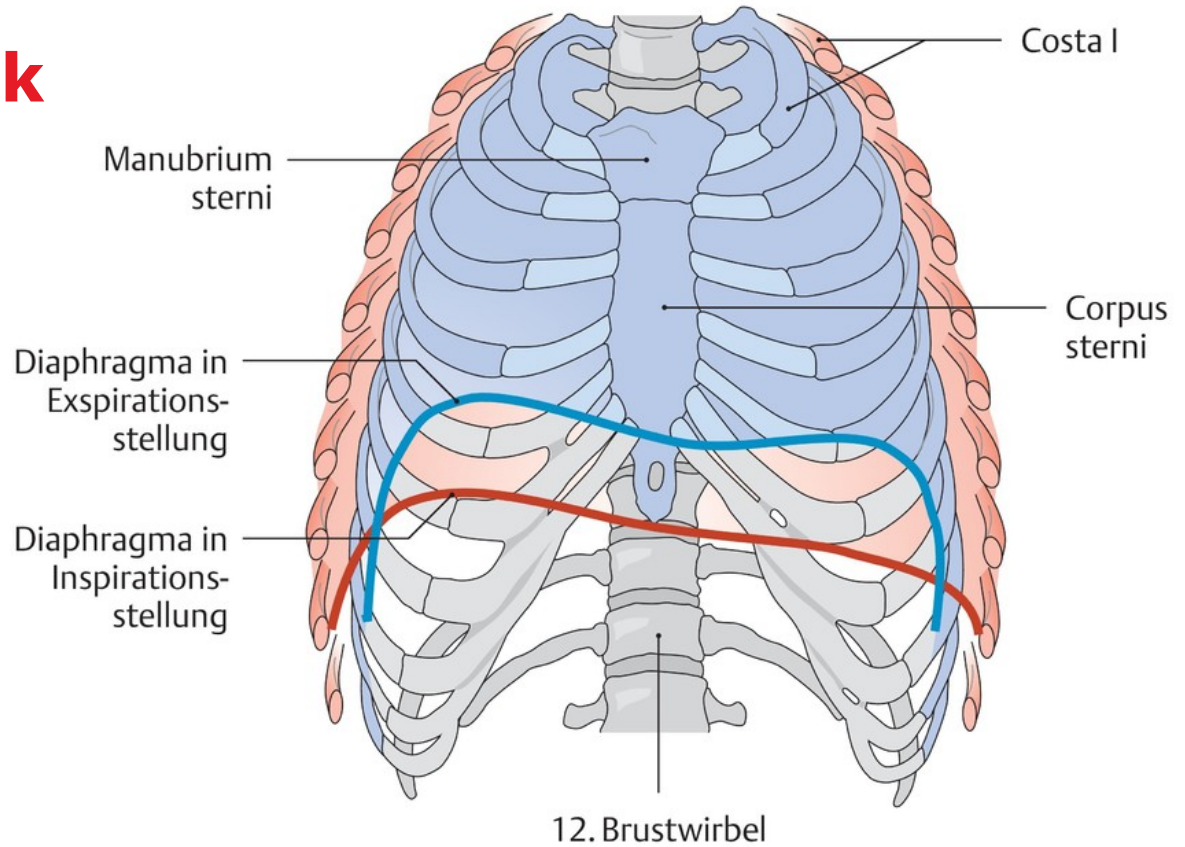
Atemmechanik

- Damit Luft in die Lunge strömt (**Inspiration**), braucht es einen sog. **Strömungsdruck**
- Dieser wird durch die **indirekte** Bewegung der Lunge erreicht
- An der indirekten Bewegung der Inspiration sind beteiligt:
 - Diaphragma (Zwerchfell)
 - Mm. intercostales externi
 - Mm. serrati posteriores und inferiores

Atemmechanik

- Die **Expiration** erfolgt **passiv** durch Relaxation der Atemmuskulatur
- Bei starker Ausatmung der sog. **forcierten Expiration** kommt ebenfalls Muskulatur zu Hilfe:
 - Mm. intercostales interni
 - M. transversus thoracis
 - M. subcostalis

Atemmechanik



Compliance

- Beschreibt die **Dehnbarkeit** der Lunge und der Thoraxwand
- Compliance der **Lunge**:
 - Bedingung ist der Surfactant
 - Wird bei zunehmender Füllung weniger
- Compliance der **Thoraxwand**:
 - Ist der Thorax in Ruhestellung ist die Compliance am höchsten
 - Wird durch Diaphragma und thorakale Muskulatur beeinflusst

Atemruhelage

- Bei Atemruhelage gleichen sich die Retraktionskräfte des Thorax und der Lunge aus
- Die Lunge ist bestrebt ein kleineres Volumen anzunehmen
- Der Thorax ist bestrebt sich auszudehnen
- Bei exakt gleichem Druck gleichen sich die Kräfte aus und es entsteht ein **negativer intrapleuraler Druck** (-5cm H₂O)

Lungenvolumina und Kapazitäten

- **Lungenvolumina:** Einzelne Atemgrößen
- **Lungenkapazitäten:** Atemgrößen aus kombinierten Volumina

Lungenvolumina

- **Atemzugvolumen (AZV):** In Ruhe ca. 500ml
- **Atemminutenvolumen (AMV):** $AZV \times 60 \text{ sek.}$
- **Inspiratorisches Reservevolumen (IRV):** Das Volumen, das über die normale Inspiration maximal eingeatmet werden kann
- **Expiratorisches Reservevolumen (ERV):** Das Volumen, das über die normale Expiration maximal ausgeatmet werden kann
- **Residualvolumen (RV):** Das Volumen, das nach maximaler Expiration in der Lunge verbleibt

Lungenkapazitäten

- **Totalkapazität (TLC):** Das maximale Volumen der Lunge
- **Vitalkapazität (VC):** $AZV + IRV + ERV$
- **Funktionelle Residualkapazität (FRC):** Das Volumen, das sich nach normaler Expiration noch in der Lunge befindet ($ERV + RV$)

Totraum

- Als Totraum wird der konduktive Abschnitt des Bronchialbaums bezeichnet
- Hier findet **kein** Gasaustausch statt
- Es nimmt also nicht das gesamte AZV am Gasaustausch teil
- Typisches Totraumvolumen ist bei 500ml AZV ca. 150ml
- Man unterscheidet also:
 - Totraumventilation
 - Alveolarventilation

Gasaustausch

- Damit der Gasaustausch in der Lunge ablaufen kann muss eine Diffusion der Gase stattfinden
- Als Grundlage gilt hierfür das Fick'sche Diffusionsgesetz:

$$V_{\text{Gas}} = (p_1 - p_2) \cdot \frac{A}{d} \cdot D$$

- V_{Gas} : Transportierte Stoffmenge
- p_1 : Gaspartialdruck im Alveolarraum
- p_2 : Gaspartialdruck im Kapillarraum
- A : Diffusionsfläche
- d : Membrandicke/ Diffusionsstrecke
- D : Spezifischer Diffusionskoeffizient (Löslichkeit etc.)

Gasaustausch

- Es kommt zu einer Angleichung der Partialdrücke
- Die wichtigsten Gase sind hierbei O_2 und CO_2
- Größen des Partialdruckes sind speziell in der Lunge anhängig von:
 - **Ventilation** (Luftzufuhr)
 - **Perfusion** (Durchblutung)

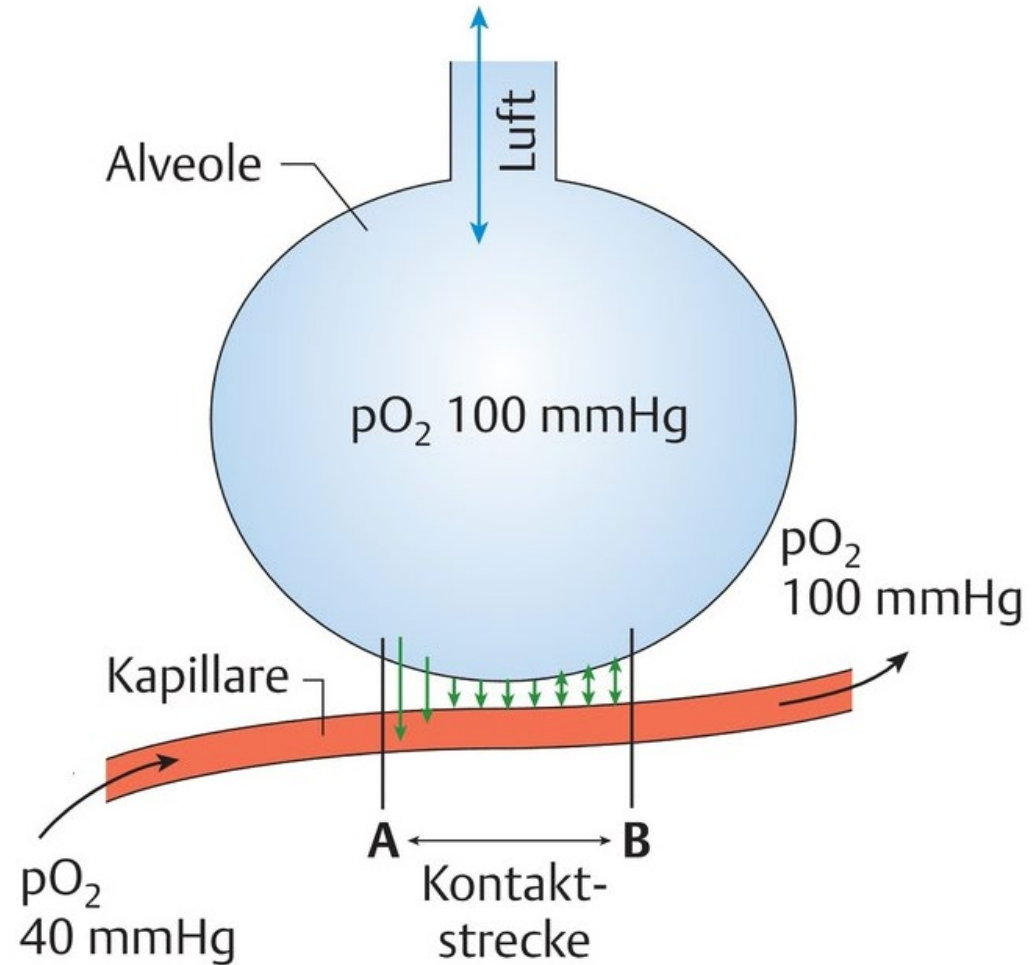
O₂ und CO₂ Partialdrücke

Lokalisation	O ₂ -Partialdruck	CO ₂ -Partialdruck
Umgebungsluft	158,8mmHg	0,3mmHg
Obere Atemwege	149mmHg	0,3mmHg
Alveolen	100mmHg	40mmHg
Arteria pulmonalis	40mmHg	46mmHg
Vena pulmonalis	90mmHg	40mmHg

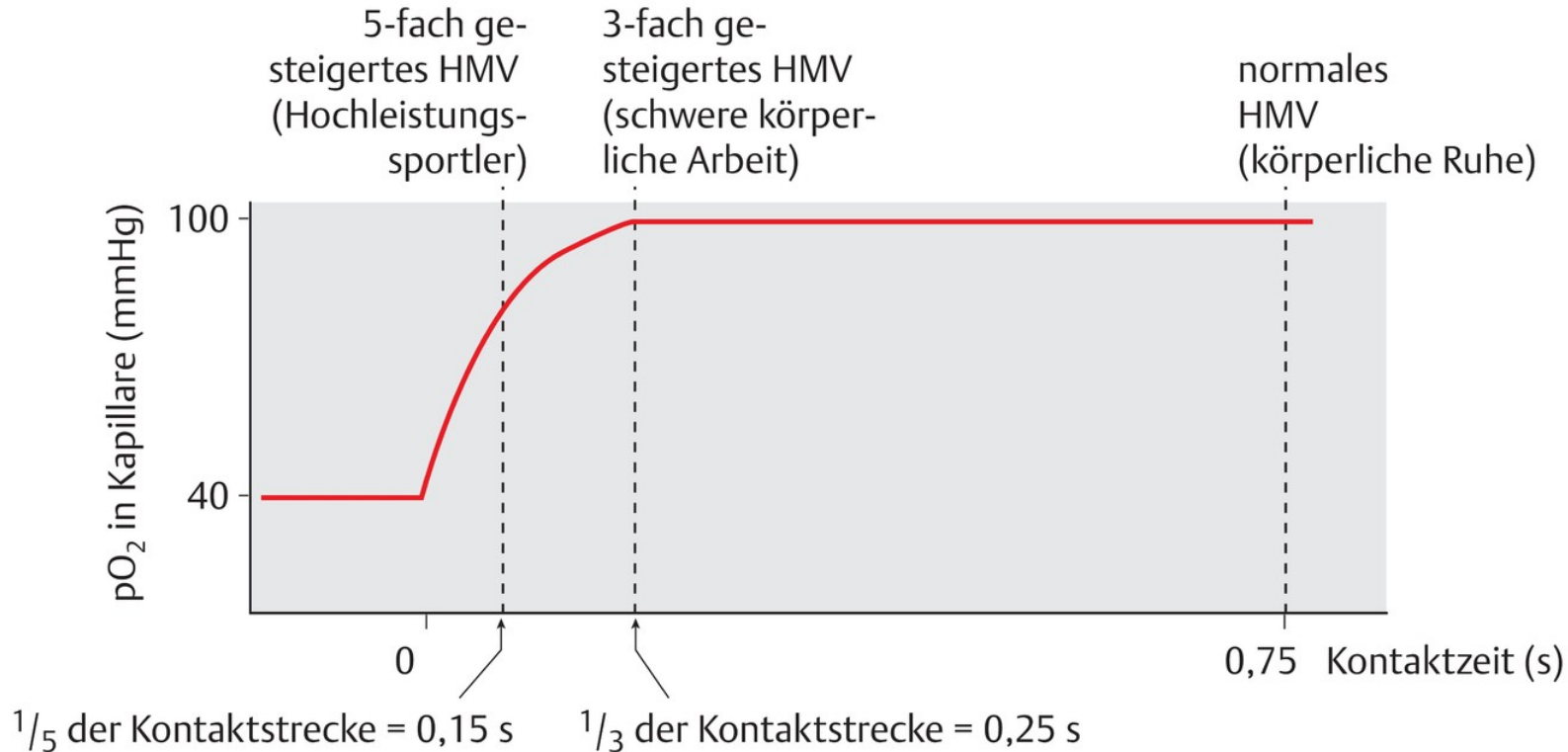
Gasaustausch

- Der Gasaustausch findet an der sog. **Kontaktstrecke** eines Kapillargefäßes und der anliegenden Alveolen statt
- Der Austausch erfolgt i.d.R. nach einem Drittel der Strecke

Gasaustausch



Gasaustausch und HMV



Hypoxische Vasokonstriktion

- Fällt der pO_2 in im Alveolarraum ab, kommt es in den hinführenden Gefäßen zu einer Vasokonstriktion
- Das bedeutet, dass die Lunge ihre Perfusion an die mit O_2 versorgten gebiete anpasst
- Dies wird als **Euler-Liljestrand-Mechanismus** bezeichnet

Hypoxische Vasokonstriktion

- An der Gefäßmuskulatur der zuführenden Gefäße befinden sich **O₂-sensitive K⁺-Kanäle**
- Die K⁺-Kanäle sind bei normalem pO₂ **geöffnet**
- Sinkt nun der pO₂ verschließen sich die Kanäle und depolarisieren die Muskelzellen
- Als Folge öffnen sich spannungsgesteuerte **Ca²⁺-Kanäle**
- Dadurch kommt es zu erhöhtem Ca²⁺-Einstrom und damit zu erhöhtem Muskeltonus

Sauerstofftransport

- Da der Sauerstoff in gelöster form nicht ausreichen würde, wird dient das **Hämoglobin** als Transportmedium
- Die Bindung von Sauerstoff an das Hämoglobin wird mit der **Sauerstoffbindungskurve** beschrieben
- Die Form dieser Kurve leitet sich von verschiedenen Eigenschaften des Hämoglobins ab

Hämoglobin

- Hämoglobin untergliedert sich in vier **Hämgruppen** und einer **Globineinheit**
- O_2 bindet sich an je ein **Fe^{2+}** an den Hämgruppen
- Jede Hämgruppe ist außerdem über das Fe^{2+} mit dem Globin verbunden
- Das Globin selbst kann **kein** O_2 binden, beeinflusst diese aber erheblich

Hämoglobin

- Funktionen des Globin:
 - Verhindert die Oxidation benachbarter Hämgruppen (**Autoxidation**)
 - **Verminderung** der Affinität zu CO, NO und H₂S
 - Bedingt den typischen **sigmoidalen** Verlauf der Bindungskurve
 - Erlaubt **Regulation** der O₂-Bindung durch externe Faktoren

Verhinderung der Autoxidation

- Einzelne Hämgruppen können O_2 nicht reversibel binden
- Kommen sich zwei Hämgruppen zu nahe bildet sich zwischen ihnen eine **Fe-O₂-Fe-Brücke**
- In diesem Fall oxidiert das **Fe²⁺** irreversibel zu **Fe³⁺**
- Das Globin **verhindert** diese räumliche Annäherung der Hämgruppen

Verminderung der Affinität

- Ohne Globin weisen Hämgruppen eine deutlich höhere Affinität insbesondere zu CO, NO und H₂S auf
- Durch die Einlagerung in Globin werden diese Affinitäten verhindert
- Beispiel CO:
 - Ohne Globin wäre die Affinität von CO zu einer Hämgruppe ca **25000** mal höher als O₂
 - Mit Globin sind es lediglich **300** mal

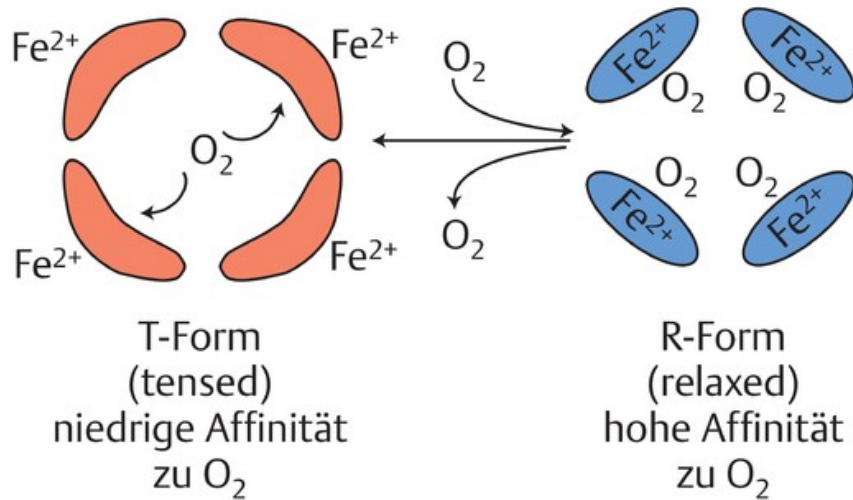
Beeinflussung der Bindungskurve

- Grundlegend dafür ist der Perutz-Mechanismus:
 - Bindet ein Hämoglobin an ein O_2 steigt die Affinität der restlichen Hämgruppen zu O_2
- Dafür verantwortlich ist die **räumlich-mechanische Interaktion** von Hämgruppen und Globin
- Bildet sich eine $Fe-O_2-Fe$ -Brücke ändert sich die räumliche Struktur des Globins und **zieht** die Fe^{2+} -Atome in die Hämebene
- Dadurch **erhöht** sich die Affinität zu O_2 enorm

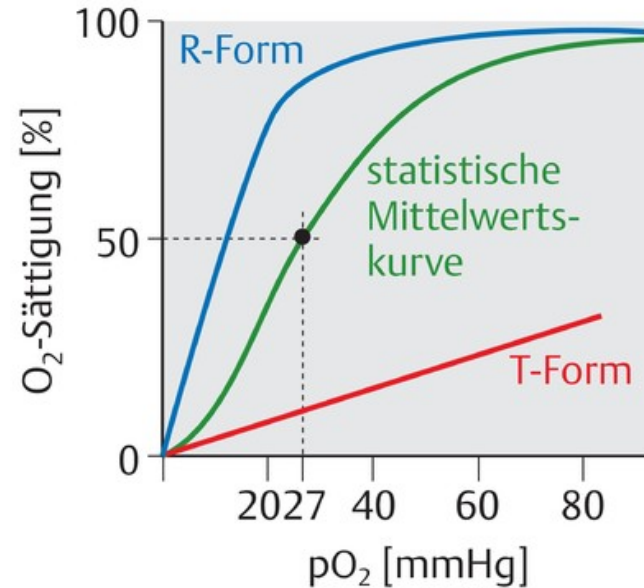
Beeinflussung der Bindungskurve

- Befindet sich kein O_2 an einer Hämgruppe, befinden sich die Hämgruppen räumlich in einer **gestreckten**, wenig reagiblen Formation: **T-Form** (**T**ension: Spannung)
- Nach der O_2 -Bindung ändert sich die Formation in eine „entspannte“, reagible Form: **R-Form** (**R**elaxed: entspannt)

Beeinflussung der Bindungskurve



a Konformationszustände
des Hämoglobins.



b Sauerstoffbindungskurve
des Hämoglobins.

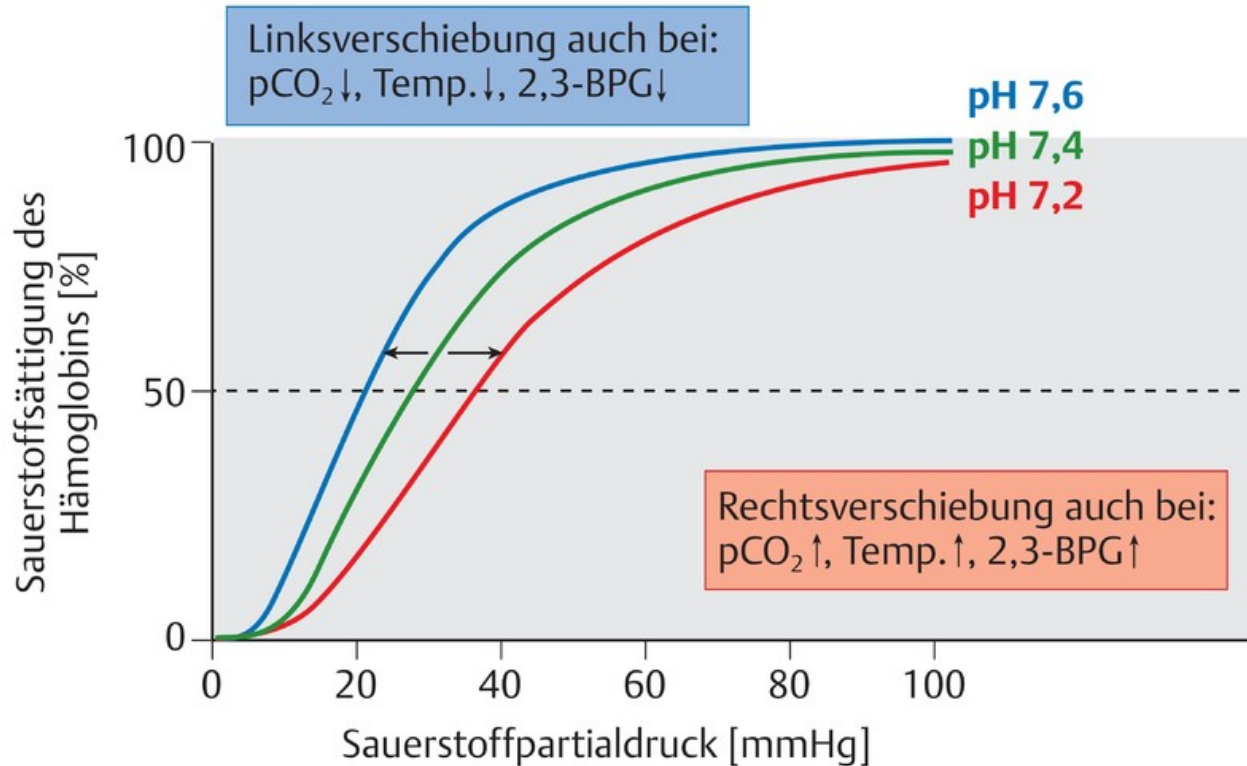
Beeinflussung durch externe Faktoren

- Externe Faktoren können entweder die T- oder R-Form des Hämoglobins beeinflussen:
- Stabilisierung der T-Form
 - Verschiebung der Kurve nach rechts
- Stabilisierung der R-Form
 - Verschiebung der Kurve nach links

Beeinflussung durch externe Faktoren

- Für eine Stabilisierung der T-Form sorgen:
 - Erhöhung der H^+ -Konzentration
 - Erhöhung der CO_2 -Konzentration (Carbaminobindung)
 - Temperaturanstieg
 - (Erhöhung der Konzentration von 2,3-Bisphosphoglycerat)
- Eine Linksverschiebung tritt bei den Gegenteilen dieser Faktoren auf

Beeinflussung durch externe Faktoren



Bohr-Effekt

- Der Bohr-Effekt beschreibt die sinkende O_2 -Affinität bei steigender CO_2 und H^+ -Konzentration in der kapillären Umgebung
- Besonders **metabolisch aktive** Gewebe weisen eine hohe Konzentration auf
- Somit wird dort die Bindungskurve nach rechts verschoben
- **Schlussfolgerung:** Je metabolisch aktiver ein Gewebe ist, desto leichter kann sich das O_2 aus dem Hämoglobin freigesetzt werden

Exkurs: Methämoglobin

- Tauscht man verschiedene Aminosäuren im Hämoglobin kann sich trotz der Globinfunktionen Fe^{3+} bilden
- **Methämoglobin** kann auch infolge einer Intoxikation entstehen: besonders bei Nitraten
- Physiologisch wird Methämoglobin durch das Enzym **Methämoglobinreduktase** wieder in Hämoglobin gewandelt
- **CAVE:** Säuglinge haben eine sehr niedrige Aktivität dieses Enzyms; es besteht also eine besonders hohe Gefahr im Zusammenhang mit Nitraten



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Alle Abbildungen: Duale Reihe: Anatomie, Georg Thieme Verlag, Duale Reihe: Physiologie, Georg Thieme Verlag