Respirationstrakt – Lernskript

Von der Nase bis zur Alveole, dazu Pleura, Mediastinum, Zwerchfell und Atemmechanik. Nach den Folien von Zähres, Theiß und Matschke, dem Histoskript und dem Aufgabenskript zum 2. Kurstag, ergänzt um via medici und Altklausurfragen.

So arbeitest du mit dem Skript

1. **Lies ein Kapitel von vorne nach hinten.** Es folgt dem Weg der Luft. Jeder Abschnitt erklärt, *warum* etwas so gebaut ist – dann musst du weniger auswendig lernen.
2. **Mach dann das Quiz am Kapitelende**, ohne zurückzublättern: erst Teil A (erklären), dann Teil B (echte Klausurfragen), dann Teil C (richtig oder falsch). Die Lösungen stehen auf der Seite danach.
3. **Zum Wiederholen**: Lernziele abhaken, „Kurz gesagt“ lesen, die Tabelle am Kapitelende abdecken und abfragen. Ganz hinten stehen alle Krankheitsbilder und Zahlen.

Fett = Fachbegriff · unterstrichen = der Kontrast, auf den es ankommt · **Merke** **Klinik** **Info** im Text · kleines Hochzeichen **via medici** = nicht aus den Folien, sondern aus via medici · rote Box = Quellen widersprechen sich · am Rand: Folie, Histo-/Aufgabenskript, Klausur und Platz für deine Notizen

Inhalt

	Kapitel	Vorlesung	Klausur	Seite
1	Überblick, Nase und Nasennebenhöhlen	VL Nase	5 Fragen	S. 2
2	Pharynx, Larynx und Trachea	VL Larynx	7 Fragen	S. 16
3	Die Lunge	VL Lungen I, VL Resp. IV	10 Fragen	S. 34
4	Thorax, Pleura, Mediastinum, Zwerchfell und Atemmechanik	VL Übersicht I+II, VL Resp. IV+V	10 Fragen	S. 54
	Übersicht: Klinik und wichtige Zahlen			S. 74

Klausurrelevanz: In der Anatomie-III-Hauptklausur WS 14/15 (die einzige mit offiziellem Lösungsbogen) betrafen 6 von 40 Fragen den Respirationstrakt, das Mediastinum oder das Zwerchfell. In den Altklausurfragen der Fachschaft sind es über 40 Fragen. Am häufigsten gefragt: Mündungen der Nasennebenhöhlen, Kehlkopfmuskeln und N. laryngeus recurrens, Lungensegmente, Hilum und Vasa privata, Wandbau Bronchus → Alveole, Mediastinum und Zwerchfelllücken.

Stand der Folien: Nase 2026, Larynx 2026, Lungen I 2026 (Zähres), Respirationstrakt IV + V (Theiß), Übersicht I + II vom 13.10.2026 (Matschke), Histoskript und Aufgabenskript Kurstag 2 (Moodle, 28.10.2026). Die Übersichtsvorlesungen V und VI (Gesicht, Hals) streifen den Atemtrakt nur am Rand – was daraus wichtig ist (Halsfaszien, Spatium peripharyngeum), steht schon in Zähres' Larynx-Folien und damit in Kapitel 2.

Überblick, Nase und Nasennebenhöhlen

Erst der Überblick über den ganzen Atemweg und sein Epithel – das brauchst du in jedem späteren Kapitel. Dann die Nase von außen nach innen: Skelett, Höhle, Schleimhaut, Nebenhöhlen, Gefäße und Nerven.

Nach diesem Kapitel kannst du …

- ☐ die Atemwege in extra- und intrapulmonale sowie in luftleitende und respiratorische Abschnitte gliedern
- ☐ das respiratorische Epithel mit seinen Zelltypen beschreiben und die mukoziliäre Clearance erklären
- ☐ Wände, Muscheln und Gänge der Nasenhöhle benennen und die Regio respiratoria von der Regio olfactoria unterscheiden
- ☐ jeder Nasennebenhöhle ihre Mündung und ihre Nachbarn zuordnen und daraus die Komplikationen einer Sinusitis ableiten
- ☐ erklären, warum der Locus Kiesselbachi blutet und aus welchen Stromgebieten die Nase versorgt wird
- ☐ die sensible, sensorische und vegetative Innervation der Nase zuordnen

Klausurrelevanz: Frage 9 der Hauptklausur WS 14/15 und sieben Altklausurfragen – fast alle zu den Mündungen der Nebenhöhlen und zur Blutversorgung.

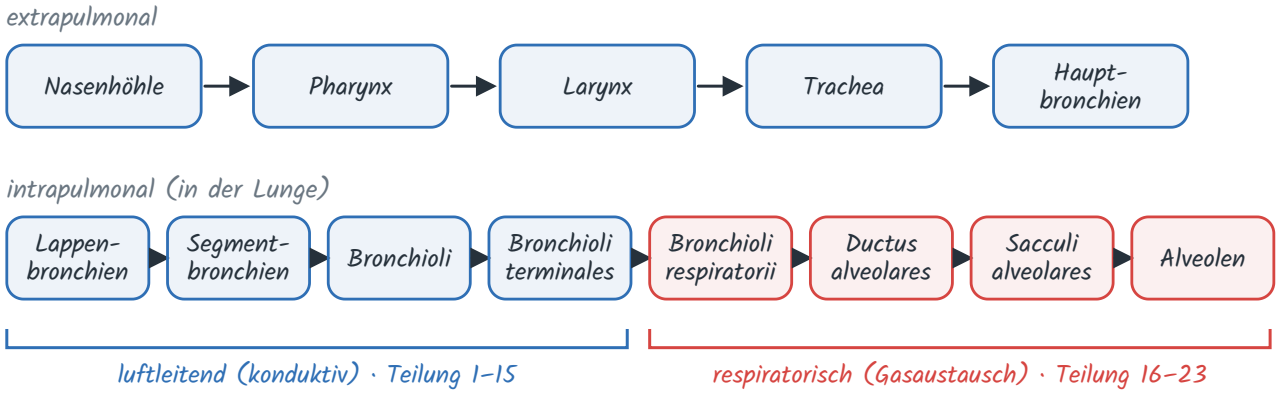
1.1 Der Weg der Luft – die Gliederung des Respirationstrakts

VL Nase · Folie 2–4 · VL Resp. IV+V · Folie 77 · VL Larynx · Folie 42

Bevor du einzelne Organe lernst, lohnt sich der Blick auf das Ganze. Der Respirationstrakt hat zwei Aufgaben, und danach teilt man ihn ein: Er muss die Luft **hinleiten** und dabei reinigen, anwärmen und anfeuchten – und er muss **Gase austauschen**. Das zweite passiert nur ganz am Ende, in den Alveolen.

- **Extrapulmonale Atemwege** liegen außerhalb der Lunge: Nase (mit Nasenrachenraum), Pharynx, Kehlkopf (Larynx), Luftröhre (Trachea) und die beiden Hauptbronchien.
- **Intrapulmonale Atemwege** liegen in der Lunge. Davon sind die konduktiven (luftleitenden) Anteile die Bronchien und Bronchiolen bis zu den Bronchioli terminales; die respiratorischen Anteile sind die Bronchioli respiratorii, Ductus und Sacculi alveolares und die Alveolen mit der Blut-Luft-Schranke.

Luftleitend sind also Nasenhöhle, Nasopharynx, Larynx, Trachea, Bronchi, Bronchioli und Bronchioli terminales. Respiratorisch sind die Bronchioli respiratorii und alle Teile des Alveolarbaumes. Der Bronchialbaum verzweigt sich in etwa **23 Teilungsschritten**: 15 davon sind konduktiv, 8 respiratorisch. Die Hierarchie von innen nach außen lautet: Alveolarsystem – Bronchioli respiratorii – nicht-respiratorische Bronchioli – segmentale Bronchi – lobäre Bronchi – Trachea.



Blau leitet, reinigt, wärmt und befeuchtet die Luft – erst ab den Bronchioli respiratorii gibt es Alveolen.

Eigene Zeichnung nach Zähres (VL Nase, Folie 2–4) und VL Larynx, Folie 42: 23 Teilungen, 15 luftleitend, 8 respiratorisch

1.2 Das respiratorische Epithel und die mukoziliäre Clearance

VL Nase · Folie 5–6, 16–18 · Histoskript S. 2

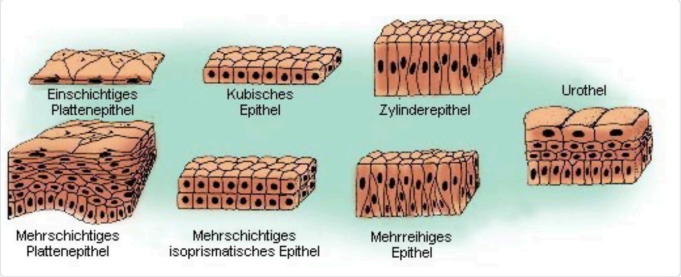
Aufgabenskript A. 3–5

Fast der ganze luftleitende Weg ist mit demselben Epithel ausgekleidet, dem **respiratorischen Epithel**. Es ist ein mehrreihiges Flimmerepithel: Alle Zellen sitzen auf der Basalmembran, aber nicht alle reichen bis zur Oberfläche – deshalb liegen die Kerne in mehreren „Reihen". Mehrreihig ist nicht mehrschichtig (Zähres zeigt dazu die Epitheltypen: einschichtiges Platten-, kubisches und Zylinderepithel, mehrschichtiges Platten- und isoprismatisches Epithel, mehrreihiges Epithel, Urothel). Die Zelltypen:

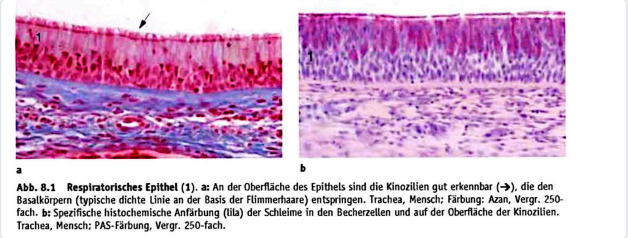
- **Flimmerzellen mit Kinozilien** – sie schlagen den Schleim rachenwärts;
- **Becherzellen** – sie bilden Schleim; stellenweise liegen sie zu mehrzelligen endoepithelialen Drüsen zusammen;
- Epithelzellen mit **Mikrovilli** (unreife Zellen);
- **Sinneszellen**: apikal Mikrovilli, basal Synapsen;
- **Basalzellen** als Reservezellen für die Erneuerung.

Darunter liegt eine auffallend **dicke Basalmembran** (im Histoskript „Glashaut"). Zusammen mit den seromukösen Drüsen der Lamina propria entsteht so ein Reinigungsband, die **mukoziliäre Clearance**. Der Schleim besteht aus zwei Schichten: Oben liegt ein zäher Schleimteppich (Gelphase) aus dem Sekret der Becherzellen und Drüsen, an dem Staub und Keime hängen bleiben. Darunter liegt eine dünnflüssige periziliäre Schicht (Solphase) aus den Flimmerzellen, in der sich die Zilien frei bewegen können. Der Zilienschlag schiebt den Teppich zum Rachen, wo er verschluckt oder abgehustet wird.

Klinik: Bei der **primären Ziliendyskinesie** (Kartagener-Syndrom) ist die Funktion der zilientragenden Zellen genetisch gestört, vor allem im respiratorischen Flimmerepithel. Meist fehlen die **Dynein-Arme** oder funktionieren nicht – sie sind für die Beweglichkeit der Zilien entscheidend. Die mukoziliäre Clearance ist dann erheblich eingeschränkt.



Epitheltypen im Vergleich – das respiratorische Epithel ist mehrreihig, nicht mehrschichtig (VL Nase, Folie 6)



Respiratorisches Epithel der Trachea: a Kinozilien und Basalkörper (Azan), b Schleim in den Becherzellen (PAS) (VL Larynx, Folie 39)

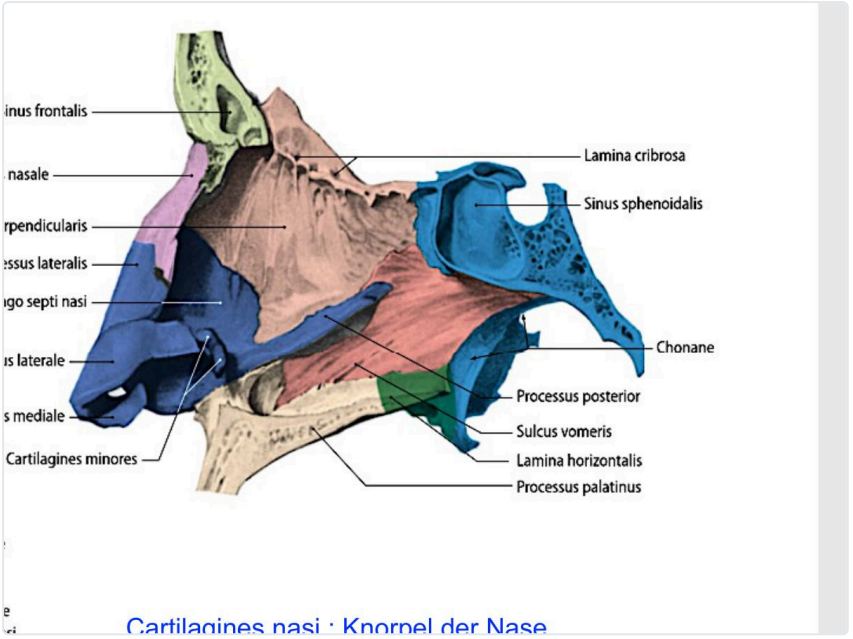
1.3 Die äußere Nase und ihr Skelett

VL Nase · Folie 7–8, 32

Die äußere Nase hat vier Abschnitte: **Nasenwurzel** (Radix nasi), **Nasenrücken** (Dorsum nasi), **Nasenspitze** (Apex nasi) und **Nasenflügel** (Ala nasi). Ihr Skelett ist oben knöchern und unten knorpelig – deshalb lässt sich die Nasenspitze bewegen, die Wurzel nicht.

- **knöchern**: das paarige **Os nasale** (dazu Processus frontalis der Maxilla via medici);
- **knorpelig** (Cartilagines nasi): der **Cartilago septi nasi** mit seinem Processus lateralis, der **Cartilago alaris major** mit Crus laterale und Crus mediale sowie kleine Cartilagines minores.

Am Aufbau der ganzen Nase beteiligen sich sieben Knochen: Os frontale, Os nasale, Vomer, Os ethmoidale, Maxilla, Os palatinum und Os sphenoidale.



Knöchernes und knorpeliges Nasenskelett, Blick auf das Septum (VL Nase, Folie 8)

1.4 Die Nasenhöhle: vier Wände, drei Muscheln, drei Gänge

VL Nase · Folie 9–11, 32

Hinter den Nasenlöchern liegt der **Nasenvorhof** (Vestibulum nasi), dahinter die **Nasenhaupthöhle**. Nach hinten öffnet sie sich mit den beiden **Choanen** in den Nasopharynx. Die Haupthöhle hat vier knöcherne Wände:

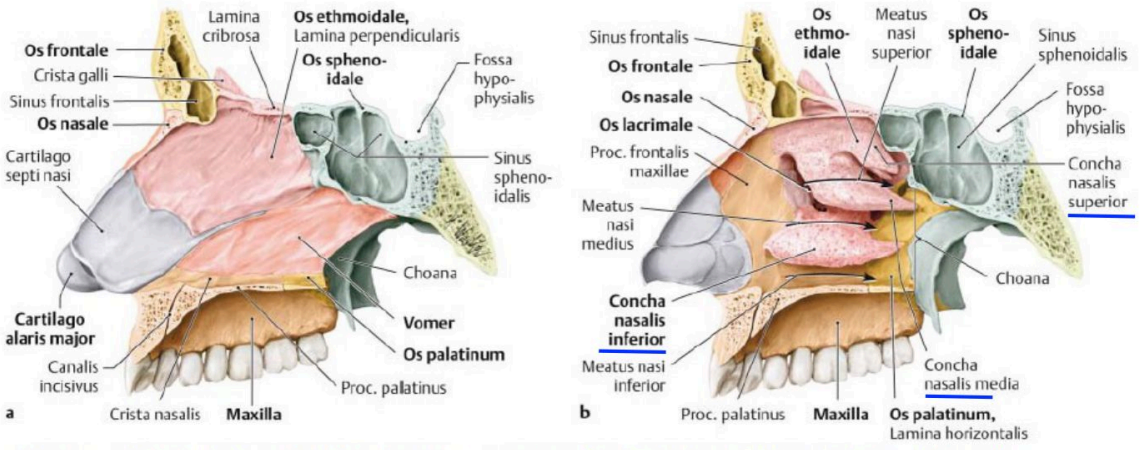
VL Nase · Folie 11

Wand	gebildet von	Bedeutung
Boden	Processus palatinus der Maxilla + Lamina horizontalis des Os palatinum	= Dach der Mundhöhle (harter Gaumen)
Dach	Lamina cribrosa des Os ethmoidale, Corpus ossis sphenoidalis, Teile von Os nasale und Os frontale	Fila olfactoria ziehen durch die Lamina cribrosa zur vorderen Schädelgrube via medici
mediale Wand	Septum nasi: Pars membranacea (Columella), knorpelig der Cartilago septi nasi, knöchern Vomer + Lamina perpendicularis des Os ethmoidale	teilt die Nase in zwei Hälften
laterale Wand	7 Knochen: Os nasale, Maxilla, Os lacrimale, Os ethmoidale, Concha nasi inferior, Os palatinum, Os sphenoidale	trägt die drei Nasenmuscheln

Von der lateralen Wand ragen die drei **Nasenmuscheln** (Conchae nasi superior, media und inferior) in die Höhle. Unter jeder Muschel liegt ein **Nasengang** (Meatus nasi superior, medius, inferior). Die Muscheln vergrößern die Schleimhautfläche – so kommt jede eingeatmete Portion Luft mit warmer, feuchter Schleimhaut in Kontakt. Obere und mittlere Muschel gehören zum Siebbein, die untere ist ein eigener Knochen. via medici

Im mittleren Nasengang liegt unter der mittleren Muschel eine halbmondförmige Spalte, der **Hiatus semilunaris**. Er wird vorne vom Processus uncinatus und hinten von der Bulla ethmoidalis (der größten Siebbeinzelle) begrenzt und führt in eine Rinne, das **Infundibulum ethmoidale**. Hier münden mehrere Nebenhöhlen (→ 1.6).

Klinik: Eine **Septumdeviation** kann die Nasenatmung behindern und mit Hyposmie oder Anosmie sowie mit Kopfschmerzen einhergehen. **Septumhämatome** entstehen meist durch ein stumpfes Trauma (häufig bei Kindern); durch Infektion kann daraus ein Septumabszess werden.



a Das Nasenseptum bildet die mediale Wand und ist hier am Paramedianschnitt in der Ansicht von links-lateral dargestellt.
b In der Sicht auf die laterale Wand der rechten Nasenhöhle sind die Nasenmuscheln sichtbar, unter denen jeweils einer der drei Nasengänge (Pfeile) liegt.

a: Septum nasi von links-lateral; b: laterale Wand der rechten Nasenhöhle mit den drei Muscheln und Gängen (Pfeile) (VL Nase, Folie 11)

1.5 Die Nasenschleimhaut

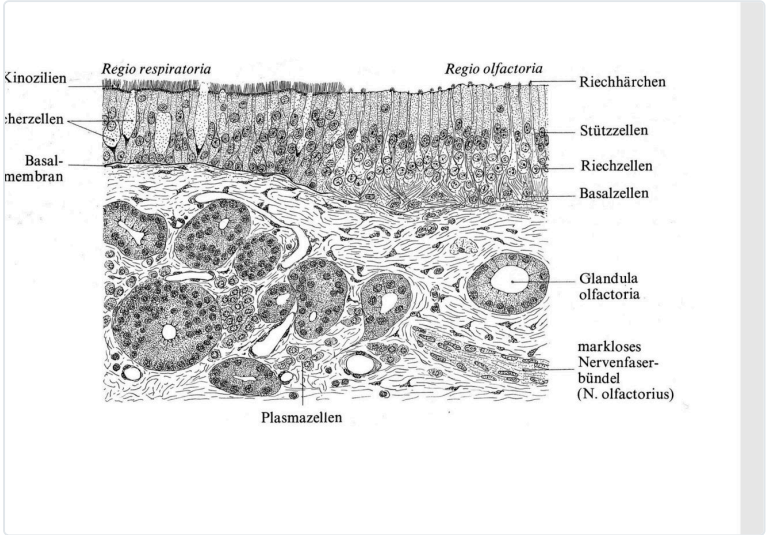
VL Nase · Folie 12–19, 28–29, 32 · Histoskript S. 2

Die Nase ist innen nicht überall gleich ausgekleidet. Von vorne nach hinten gibt es drei Regionen:

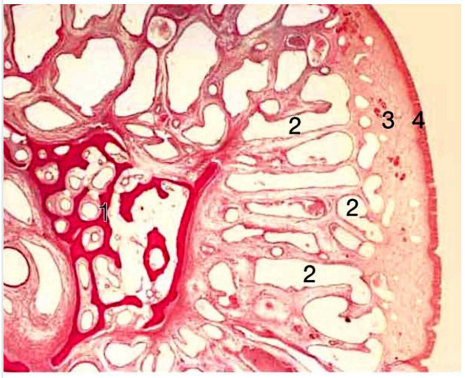
1. **Nasenvorhof** (Regio cutanea): Hier geht die Haut nach innen über. Er trägt mehrschichtiges verhorntes und unverhorntes Plattenepithel mit Haaren (Vibrissen) und Talgdrüsen; darunter liegen ein Venengeflecht, hyaliner Knorpel und Skelettmuskulatur.
2. **Regio respiratoria** (der größte Teil, auch die Muscheln): mehrreihiges Flimmerepithel mit Kinozilien, Basalmembran, seromuköse **Glandulae nasales**, viele freie Zellen (Lymphozyten), ein **Venengeflecht als Schwellkörper** und als Gerüst Lamellenknochen bzw. hyaliner Knorpel.
3. **Regio olfactoria** (oben am Dach, an der oberen Muschel und am angrenzenden Septum via medici): Riechepithel aus Riechzellen mit Riechhärchen, Stützzellen und Basalzellen; darunter die **Glandulae olfactoriae** und marklose Nervenfaserbündel des N. olfactorius.

Warum ein Schwellkörper? In den weitlumigen Venen der Muscheln fließt das Blut langsam. So gibt es viel Wärme und Feuchtigkeit an die Atemluft ab. Arteriovenöse Anastomosen und Drosselvenen regeln, wie stark der Schwellkörper gefüllt ist. Beide Seiten schwellen dabei nicht gleichzeitig: In einem etwa **sechsstündigen Rhythmus** ist abwechselnd die eine Seite angeschwollen und die andere abgeschwollen (Nasenzyklus). Für die Untersuchung kann man die Schleimhaut mit abschwellenden Medikamenten vorbehandeln.

Die Funktionen der Nasenschleimhaut lassen sich daraus ableiten: Vorwärmen und Reinigen der Atemluft; mukoziliärer Transport durch Flimmerzellen und Drüsen; Schwellkörper zur Erwärmung und Regulierung der Einatmungsluft; freie Zellen der Lamina propria zur spezifischen Abwehr (Mukosa-assoziiertes lymphatisches Gewebe, MALT); Drüsensekret zur Anfeuchtung und unspezifischen Abwehr; Schleimfluss zur Bakterienabwehr.



Regio respiratoria (links) und Regio olfactoria (rechts) im Vergleich (VL Nase, Folie 14)



Schleimhaut einer Nasenmuschel: 1 Knochen, 2 weit gestellter Venenplexus, 3 Drüsen, 4 respiratorisches Epithel; HE (VL Nase, Folie 13)

Im Kurs (Präparat 41, mittlere Nasenmuschel, HE-Färbung, Celloidinschnitt): In der Mitte liegt das Knochengerüst (Teil des Siebbeins), außen das hohe respiratorische Epithel mit vielen Becherzellen und endoepithelialen Drüsen. Die kompakte Glashaut trennt es von der Lamina propria. Zwischen Lamina propria und den weiten venösen Bluträumen liegen die mukoserösen Drüsen. Größere Arterienäste (aus der **A. sphenopalatina** über die A. maxillaris) und kleine Nervenfaserbündel findest du nahe am Knochen. Ansammlungen kleiner, dunkler, fast nur aus Kern bestehender Zellen sind Lymphozyten (lymphatisches Gewebe, MALT).

Histoskript S. 2 · Aufgabenskript A. 1–11
VL Nase · Folie 15: endoepitheliale Drüse

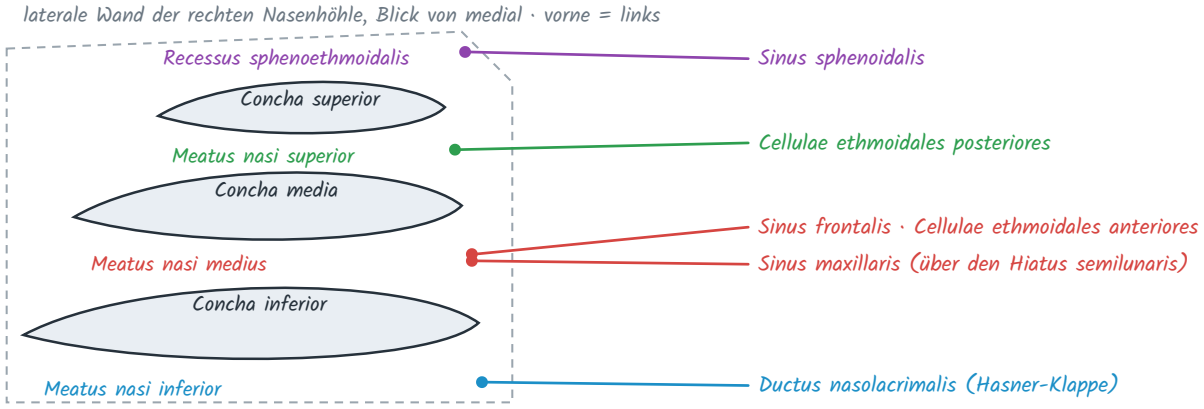
Info: So sehen die Kursfärbungen aus: **HE** – Kerne blau, Zytoplasma und Kollagen rosa-rot, Erythrozyten leuchtend rot. **Elastica** – elastische Fasern dunkelviolett bis schwarz. **Goldner(-Elastica)** – Kerne braunschwarz, Kollagen grün, Muskulatur und Zytoplasma rot, Erythrozyten orange; in der Kombination zusätzlich elastische Fasern schwarz. **Azan** – Kerne rot, Kollagen und retikuläre Fasern blau, Muskulatur rötlich.

Klinik: Eine akute **Rhinitis** kann viral (am häufigsten), bakteriell oder allergisch bedingt sein. Eine chronische Rhinitis kann aus einer akuten entstehen oder auf eine chronische Noxe zurückgehen. Bei der chronisch-hyperplastischen Rhinitis bilden sich **Nasenpolypen**: gestielte Ausstülpungen der Mukosa. Im CT sieht man bei der **Polyposis nasi** eine Schwellung der Nasenschleimhaut, bei Zähres links.

1.6 Die Nasennebenhöhlen und ihre Mündungen

VL Nase · Folie 20–27, 32

Die **Nasennebenhöhlen** (Sinus paranasales) sind luftgefüllte, mit respiratorischem Epithel ausgekleidete Räume in den Knochen um die Nase [via medici]. Es gibt vier paarige: **Sinus frontalis** (Stirnhöhle), **Cellulae ethmoidales** (Siebbeinzellen), **Sinus maxillaris** (Kieferhöhle) und **Sinus sphenoidalis** (Keilbeinhöhle). Jede mündet in einen bestimmten Nasengang – das ist die Klausurfrage zur Nase.



Eigene Zeichnung nach VL Nase, Folie 25: Welcher Gang nimmt was auf? Merkhilfe: oben hinten nur Siebbein (hinten) und Keilbein, unten nur die Tränen – alles andere in den mittleren Gang.

Ort	was mündet dort
Meatus nasi superior	Cellulae ethmoidales posteriores
Meatus nasi medius (Hiatus semilunaris / Infundibulum ethmoidale)	**Sinus frontalis**, Cellulae ethmoidales anteriores, **Sinus maxillaris**

Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 1–4

Ort	was mündet dort
Meatus nasi inferior	Ductus nasolacrimalis (Tränen-Nasen-Gang) – mit der Plica lacrimalis = **Hasner'sche Klappe**
Recessus sphenoethmoidalis (über der oberen Muschel)	**Sinus sphenoidalis**

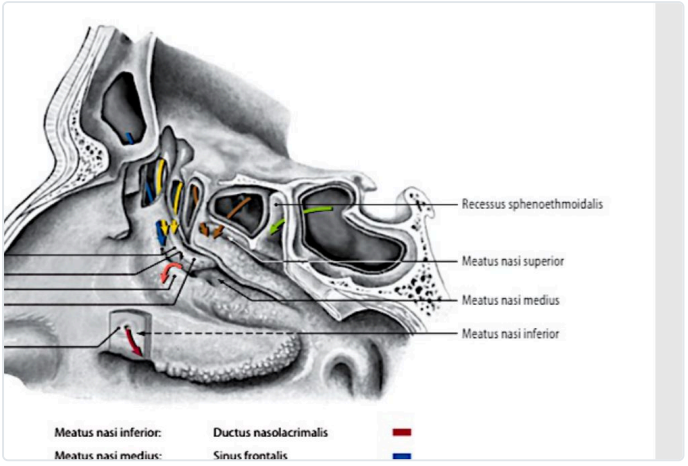
Das Sekret aller Nebenhöhlen fließt zu den Choanen und weiter in den Nasopharynx.

Sinus maxillaris – die geräumigste Nebenhöhle. Sie grenzt oben an die Orbita, medial an die Nasenhöhle, unten an die Oberkieferzähne und den harten Gaumen und dorsal an die Fossa pterygopalatina. Ihr tiefster Punkt liegt über dem 2. Prämolaren bzw. 1. Molaren. Die Öffnung zur Nasenhöhle liegt nahe ihrem Dach im mittleren Nasengang. Daraus folgt Zähres' Satz: **Eiter kann nicht aus der Kieferhöhle abfließen** – er müsste bergauf.

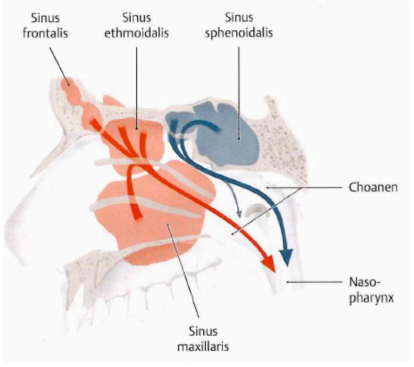
Sinus frontalis – nur eine dünne Knochenlamelle trennt ihn von der Orbita; in der Mitte liegt das Septum sinuum frontalium. Er mündet im mittleren Nasengang.

Cellulae ethmoidales – unvollständig getrennte Kammern. Sie grenzen medial an die Nasenhöhle, lateral an die Augenhöhle, kaudal an die Kieferhöhle und kranial an die vordere Schädelgrube bzw. Stirnbeinhöhle. Sie münden in den mittleren (vordere) und oberen (hintere) Nasengang.

Sinus sphenoidalis – im Keilbeinkörper, mündet in den Recessus sphenoethmoidalis. Hinter ihm liegt die Hypophyse, die man deshalb transnasal operieren kann. via medici



Mündungen nach Entfernung der Muscheln (VL Nase, Folie 25)



Sekretfluss aus den Nebenhöhlen zu den Choanen und in den Nasopharynx (VL Nase, Folie 26)

Sinusitis. Entzündungen der Nebenhöhlen sind in Mitteleuropa häufig. Beim Erwachsenen ist meist die **Kieferhöhle** betroffen, beim Kind die **Siebbeinzellen**. Das erklärt die Entwicklung: Die Siebbeinzellen sind von Geburt an angelegt, Kiefer- und Stirnhöhle werden erst im Lauf der Lebensjahre pneumatisiert (die Nebenhöhlen wachsen aus dem Epithel der lateralen Nasenwand als Knospen aus, bis etwa zum 20. Lebensjahr).

Weil die Höhlen so eng beieinander liegen, greifen Erkrankungen auf die Umgebung über – und umgekehrt. Zähres' Kette: Zahnentzündung → Kieferhöhle → Siebbeinzellen → Stirnhöhle → **retrobulbärer Abszess** und **Meningitis**. Die Siebbeinzellen grenzen ja lateral an die Orbita und kranial an die vordere Schädelgrube. Die Stelle, an der Stirnhöhle, Kieferhöhle und vordere Siebbeinzellen

gemeinsam in den mittleren Gang münden, heißt **ostiomeataler Komplex** via medici: Schwillt hier die Schleimhaut zu, staut sich das Sekret in allen drei Höhlen.

Klinik: Der **mittlere Nasengang** ist der Zugangsweg bei endoskopischen Operationen einer chronischen Sinusitis an Stirnhöhle, Kieferhöhle und Siebbeinzellen.

1.7 Gefäße und Nerven der Nase

VL Nase · Folie 30–32

Klausur Altklausur
→ Quiz 5

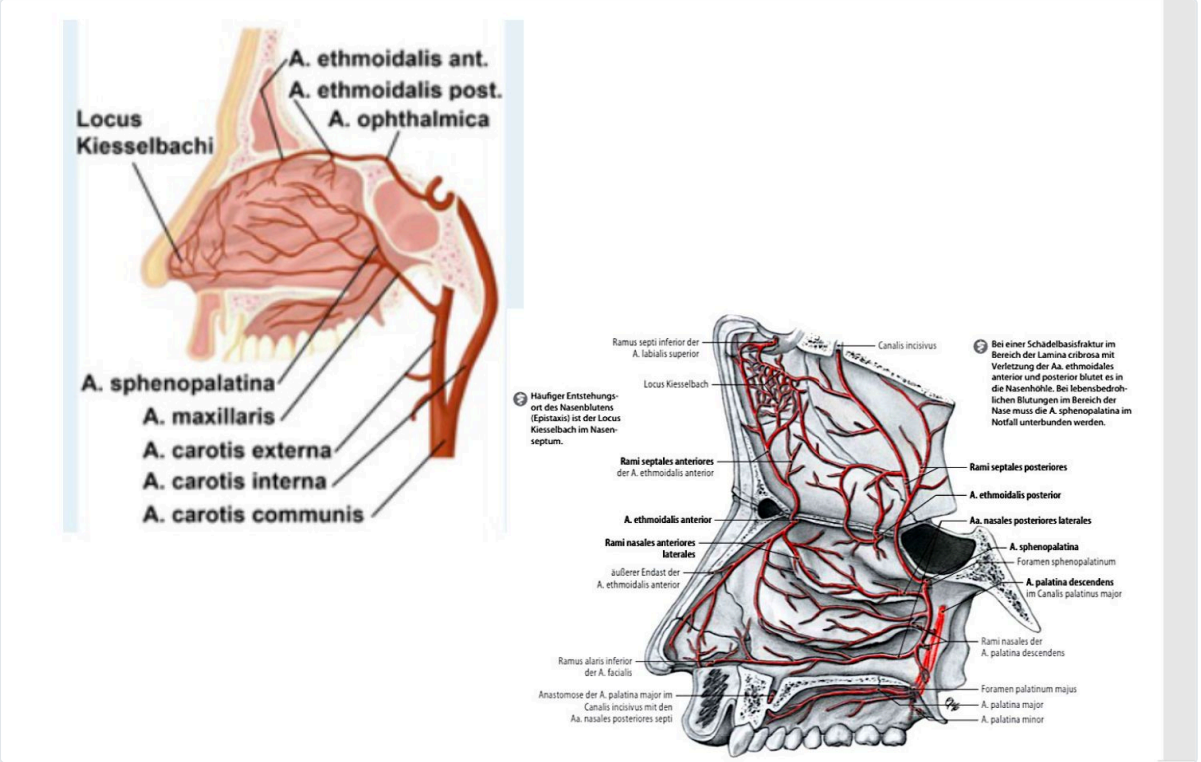
Arterien. Die Nase liegt an der Grenze zweier Stromgebiete, und genau das ist ihre Besonderheit:

- aus der **A. carotis interna** über die A. ophthalmica: **Aa. ethmoidales anterior und posterior** – sie versorgen den vorderen oberen Teil;
- aus der **A. carotis externa** über die A. maxillaris: **A. sphenopalatina** – sie versorgt den hinteren unteren Teil; dazu Rami nasales der A. palatina descendens und der Ramus alaris inferior der A. facialis.

Vorne am Septum treffen sich diese Gefäße in einem dichten, oberflächlichen Netz, dem **Locus Kiesselbachi**. Er wird gespeist von den Rami septales anteriores der A. ethmoidalis anterior, dem Ramus septi inferior der A. labialis superior, den Aa. nasales posteriores septi der A. sphenopalatina und – durch den Canalis incisivus – von der A. palatina major. Weil die Gefäße hier dicht unter der Schleimhaut liegen und leicht verletzt werden, ist der Locus Kiesselbachi die **häufigste Blutungsquelle beim Nasenbluten** (Epistaxis).

Klinik: Bei einer **Schädelbasisfraktur** im Bereich der Lamina cribrosa mit Verletzung der Aa. ethmoidales anterior und posterior blutet es in die Nasenhöhle. Bei lebensbedrohlichen Blutungen im Bereich der Nase muss im Notfall die **A. sphenopalatina** unterbunden werden.

Venen und Lymphe. Das Blut fließt in den **Plexus pterygoideus** (über die Vv. nasales internae) und in die **V. ophthalmica superior** (über die Vv. ethmoidales) – damit besteht eine Verbindung zur Orbita und weiter zum Sinus cavernosus. Die regionären Lymphknoten sind die Nodi retropharyngeales und submandibulares.

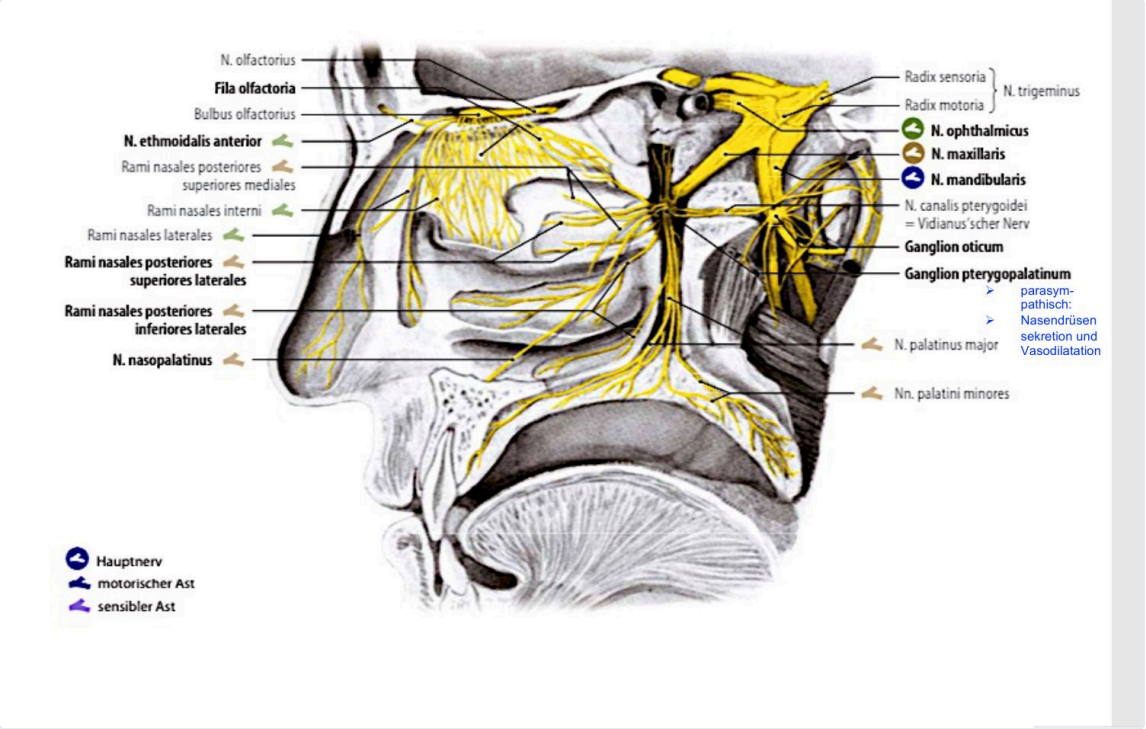


Arterielle Versorgung von Septum (links) und lateraler Wand, mit Locus Kiesselbachi (VL Nase, Folie 30)

Nerven. Die Nase wird von drei verschiedenen Systemen versorgt:

Qualität	Nerv	Weg
sensorisch (Riechen)	N. olfactorius (I)	Fila olfactoria durch die Lamina cribrosa zum Bulbus olfactorius
sensibel vorne oben	N. ophthalmicus (V1)	N. ethmoidalis anterior (und posterior)
sensibel hinten unten	N. maxillaris (V2)	Rr. nasales posteriores superiores laterales und mediales; N. nasopalatinus; Rr. nasales posteriores inferiores laterales; N. palatinus major, Nn. palatini minores
parasympathisch	N. petrosus major (aus N. facialis VII)	über den N. canalis pterygoidei (Vidianus) zum **Ganglion pterygopalatinum** → Drüsensekretion und Vasodilatation
sympathisch	N. petrosus profundus	schließt sich dem N. canalis pterygoidei an, zieht ohne Umschaltung durch das Ganglion

Auf Zähres' Bild ist außerdem das Ganglion oticum am N. mandibularis (V3) eingezeichnet – es versorgt nicht die Nase, sondern die Ohrspeicheldrüse.



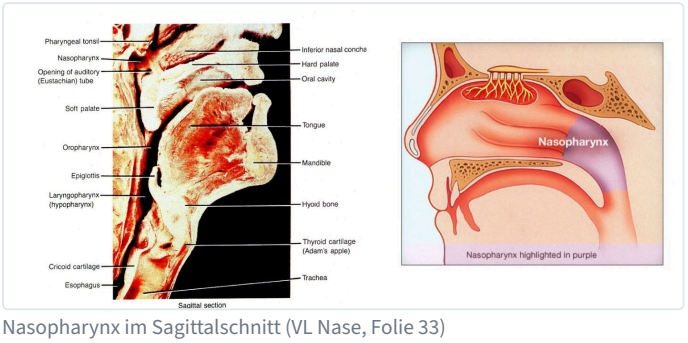
Innervation der lateralen Nasenwand: Fila olfactoria (I), Äste von V1 und V2, Ganglion pterygopalatinum (VL Nase, Folie 31)

1.8 Nasopharynx, Rhinoskopie und Entwicklung

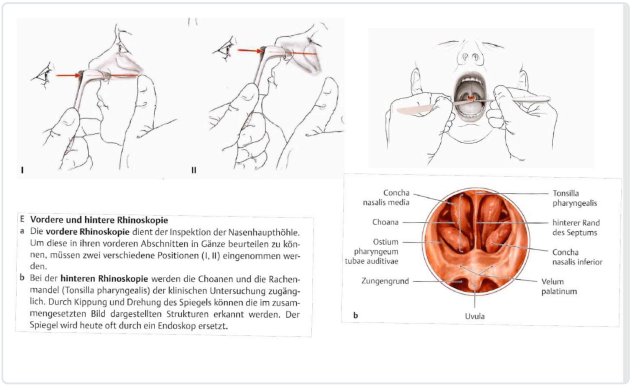
VL Nase · Folie 33–34

Rhinoskopie. Bei der vorderen Rhinoskopie inspiziert man die Nasenhaupthöhle von vorne; um die vorderen Abschnitte ganz zu beurteilen, braucht man zwei Positionen. Bei der hinteren Rhinoskopie blickt man mit einem Spiegel im Rachen nach oben auf die Choanen und die Rachenmandel (Tonsilla pharyngealis). Durch Kippen und Drehen des Spiegels sieht man: Concha nasalis media und inferior, den hinteren Rand des Septums, das Ostium pharyngeum tubae auditivae, das Velum palatinum und den Zungengrund. Heute ersetzt meist ein Endoskop den Spiegel.

Entwicklung. In der 6. Woche sind die **primären Nasenhöhlen** durch die Membrana oronasalis von der Mundanlage getrennt. Reißt die Membran ein, entstehen die primären Choanen. Später entstehen weiter dorsal die definitiven Choanen, und der Nasopharynx bildet sich aus. Das mediane Nasenseptum wächst vom Dach der Nasenhöhle nach unten. Aus dem Epithel der lateralen Nasenwand sprossen Knospen in die Knochen – die späteren Nebenhöhlen (bis zum 20. Lebensjahr).



Nasopharynx im Sagittalschnitt (VL Nase, Folie 33)



Vordere (I, II) und hintere Rhinoskopie mit Spiegelbild der Choanen (VL Nase, Folie 34)

1.9 Kurz gesagt – das Kapitel auf einer Seite

1. Luftleitend sind Nase bis Bronchioli terminales (Teilung 1–15), respiratorisch die Bronchioli respiratorii bis zu den Alveolen (Teilung 16–23).
2. Das respiratorische Epithel ist mehrreihig mit Kinozilien, Becherzellen, Basalzellen und dicker Basalmembran; es transportiert den Schleim rachenwärts (mukoziliäre Clearance).
3. Die Nasenhöhle hat Boden (harter Gaumen), Dach (Lamina cribrosa), Septum und eine laterale Wand mit drei Muscheln und drei Gängen.
4. Der Schwellkörper der Muscheln wärmt und befeuchtet die Luft und wechselt etwa alle sechs Stunden die Seite.
5. Mündungen: oben hintere Siebbeinzellen, Mitte Stirnhöhle + vordere Siebbeinzellen + Kieferhöhle, unten Ductus nasolacrimalis, Recessus sphenoethmoidalis Keilbeinhöhle.
6. Die Kieferhöhle mündet nahe ihrem Dach – Eiter kann nicht abfließen; Sinusitis beim Erwachsenen meist Kieferhöhle, beim Kind Siebbeinzellen, mit Gefahr für Orbita und Meningen.
7. Der Locus Kiesselbachi vorne am Septum wird aus A. carotis interna (Aa. ethmoidales) und externa (A. sphenopalatina) gespeist und ist die häufigste Quelle des Nasenblutens.

1.10 Die Nebenhöhlen auf einen Blick

Nebenhöhle	liegt in	mündet in	Nachbarn	Klinik
Sinus maxillaris	Maxilla	Meatus medius (nahe dem Dach)	Orbita (oben), Nase, Zähne/Gaumen (unten), Fossa pterygopalatina	häufigste Sinusitis beim Erwachsenen, Zahnwurzel-Durchbruch
Sinus frontalis	Os frontale	Meatus medius	Orbita (dünne Lamelle), vordere Schädelgrube	Fortleitung zur Meningitis
Cellulae ethmoidales ant.	Os ethmoidale	Meatus medius	Orbita lateral, vordere Schädelgrube kranial, Kieferhöhle kaudal	Sinusitis beim Kind, Orbitakomplikation
Cellulae ethmoidales post.	Os ethmoidale	Meatus superior	wie oben	–
Sinus sphenoidalis	Os sphenoidale	Recessus sphenoethmoidalis	Hypophyse, Sinus cavernosus, A. carotis interna, N. opticus	transnasaler Zugang zur Hypophyse
(Ductus nasolacrimalis)	–	Meatus inferior	Tränensack	–

Quiz

Beantworte alles zuerst ohne Nachschlagen. Die Lösungen mit Begründung stehen auf der Seite danach.

Teil A · Erklär es dir selbst

Sag oder schreib die Antwort in zwei, drei Sätzen. Das ist schwerer als Ankreuzen – und genau deshalb bleibt es hängen.

1. Warum kann Eiter schlecht aus der Kieferhöhle abfließen, aber gut aus der Stirnhöhle?

2. Warum betrifft eine Sinusitis beim Kind eher die Siebbeinzellen und warum ist das gefährlich?

3. Erkläre, wie die Nase die Atemluft anwärmt und befeuchtet.

4. Warum blutet die Nase meistens vorne am Septum?

5. Wie funktioniert die mukoziliäre Clearance, und was passiert beim Kartagener-Syndrom?

6. Welche Nerven versorgen die Nase, und wofür ist das Ganglion pterygopalatinum zuständig?

Teil B · Echte Klausurfragen

Alle Fragen stammen aus den Anatomie-III-Hauptklausur WS 14/15 (offizieller Lösungsbogen) und den Altklausurfragen der Fachschaft (Community-Deck, ohne Jahresangabe).

1. WS 14/15 Welche Aussage ist richtig?
   A. Der Sinus maxillaris ist die kleinste Nasennebenhöhle.
   B. Die Nasennebenhöhlen sind mit einem mehrschichtigen unverhornten Plattenepithel ausgekleidet.
   C. Der Sinus sphenoidalis mündet im unteren Nasengang.
   D. Der Sinus frontalis mündet im mittleren Nasengang.
   E. Der Ductus nasolacrimalis mündet im oberen Nasengang.

2. Altklausur Welche Aussage zur Nase ist falsch?
   A. Der Sinus maxillaris grenzt oben an die Orbita.
   B. Der Sinus maxillaris mündet in den oberen Nasengang.
   C. Der Sinus frontalis mündet in den mittleren Nasengang.
   D. Die Cellulae ethmoidales münden in den mittleren und oberen Nasengang.
   E. Die Cellulae ethmoidales grenzen lateral an die Orbita.

3. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. Der Sinus maxillaris ist die kleinste Nebenhöhle.
   B. Die Cellulae ethmoidales grenzen lateral an die Augenhöhle.
   C. Die Cellulae ethmoidales münden in den unteren Nasengang.
   D. Die Nasenschleimhaut kennzeichnet Deckzellen mit einer Crusta.
   E. Der Ductus nasolacrimalis mündet in den Meatus nasi medius.

4. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. Die Öffnung des Sinus maxillaris liegt im mittleren Nasengang.
   B. Die Cellulae ethmoidales münden im unteren Nasengang.
   C. Der Sinus frontalis mündet im oberen Nasengang.
   D. Erkrankungen der Nasennebenhöhlen greifen nie auf die Umgebung über.
   E. Die Nasennebenhöhlen kennzeichnet ein ausgeprägter Venenplexus.

5. Altklausur Welche Aussage zur Nase ist falsch?
   A. Die A. ethmoidalis anterior entspringt dem Stromgebiet der A. carotis interna.
   B. Die A. ethmoidalis posterior entspringt dem Stromgebiet der A. carotis interna.
   C. Die A. sphenopalatina entspringt dem Stromgebiet der A. carotis interna.
   D. Die A. sphenopalatina entspringt der A. maxillaris.
   E. A. sphenopalatina und A. ethmoidalis anterior anastomosieren im Locus Kiesselbachi.

Teil C · Richtig oder falsch?

Aussagen aus Altklausuren und von den Folien.

1. „Die Cellulae ethmoidales grenzen kaudal an die Kieferhöhle.“ richtig ☐ · falsch ☐
2. „Das respiratorische Epithel ist ein mehrschichtiges Epithel.“ richtig ☐ · falsch ☐
3. „Der Ductus nasolacrimalis mündet in den Meatus nasi medius.“ richtig ☐ · falsch ☐
4. „Die Siebbeinzellen sind schon bei der Geburt angelegt.“ richtig ☐ · falsch ☐

Lösungen

Teil A · Musterantworten

1. Die Öffnung der Kieferhöhle liegt nahe ihrem Dach – das Sekret müsste gegen die Schwerkraft nach oben. Die Stirnhöhle liegt über dem mittleren Nasengang und entleert sich nach unten (1.6).
2. Nur die Siebbeinzellen sind bei Geburt schon angelegt; Kiefer- und Stirnhöhle pneumatisieren erst später. Die Siebbeinzellen grenzen mit dünner Wand lateral an die Orbita und kranial an die vordere Schädelgrube – Gefahr von Orbitaabszess und Meningitis (1.6).
3. Die Muscheln vergrößern die Schleimhautfläche. Im Schwellkörper der Muscheln fließt das Blut langsam durch weite Venen und gibt Wärme ab; Drüsen und Becherzellen liefern Feuchtigkeit (1.5).
4. Am Locus Kiesselbachi treffen Äste aus A. carotis interna und externa in einem dichten Netz direkt unter der dünnen Schleimhaut zusammen – kleine Verletzungen reichen für eine Blutung (1.7).
5. Becherzellen und Drüsen bilden eine zähe Gelphase, die Partikel fängt; darunter schlagen die Zilien in der dünnflüssigen Solphase den Schleim rachenwärts. Beim Kartagener-Syndrom fehlen die Dynein-Arme, die Zilien schlagen nicht – der Schleim bleibt liegen (1.2).
6. Riechen: N. olfactorius; Sensibilität vorne oben V1 (N. ethmoidalis anterior), hinten unten V2; im Ganglion pterygopalatinum werden die parasympathischen Fasern des N. petrosus major (VII) für Drüsensekretion und Gefäßweitstellung umgeschaltet (1.7).

Teil B · Klausurfragen

1. **D** – Stirnhöhle → mittlerer Gang (1.6). Die Kieferhöhle ist die größte (A), die Nebenhöhlen tragen respiratorisches Epithel (B), die Keilbeinhöhle mündet in den Recessus sphenoethmoidalis (C), der Tränengang in den unteren Gang (E).
2. **B** – Die Kieferhöhle mündet in den mittleren Gang (1.6). Diese Frage kam in mehreren Varianten (auch mit „Cellulae ethmoidales grenzen kaudal an die Kieferhöhle“ – stimmt).
3. **B** – Die Siebbeinzellen liegen zwischen Nasenhöhle (medial) und Orbita (lateral) (1.6). Eine Crusta (D) haben Deckzellen des Urothels, nicht die Nase.
4. **A** – Mittlerer Gang, nahe dem Dach der Kieferhöhle (1.6). D ist das Gegenteil von Zähres' Folie 27; den Venenplexus (E) haben die Muscheln, nicht die Nebenhöhlen.
5. **C** – Die A. sphenopalatina kommt aus der A. maxillaris und damit aus der A. carotis externa (1.7). Die Aa. ethmoidales stammen über die A. ophthalmica aus der interna.

Teil C · Richtig oder falsch?

1. **richtig** – Siebbeinzellen: medial Nase, lateral Orbita, kaudal Kieferhöhle, kranial vordere Schädelgrube (1.6). (Altklausur)
2. **falsch** – Es ist mehrreihig: Alle Zellen berühren die Basalmembran (1.2). (Altklausur)
3. **falsch** – Er mündet in den Meatus nasi inferior (Hasner-Klappe) (1.6). (Altklausur)
4. **richtig** – Deshalb ist die Sinusitis beim Kind meist eine Siebbeinzell-Entzündung (1.6). (VL Nase, Folie 27)

Pharynx, Larynx und Trachea

Hier kreuzen sich Luft- und Speiseweg. Wenn du verstanden hast, wie der Kehlkopf beim Schlucken die Luftröhre schützt und wie seine Muskeln die Stimmritze stellen, ergeben sich Innervation und Klinik fast von selbst.

Nach diesem Kapitel kannst du …

- ☐ die drei Etagen des Pharynx, seine Muskeln und das Spatium peripharyngeum beschreiben
- ☐ erklären, wie beim Schluckakt der Luftweg verschlossen wird
- ☐ Knorpel, Bänder, Gelenke und die drei Etagen des Kehlkopfs benennen
- ☐ jedem Kehlkopfmuskel seine Wirkung auf die Stimmritze zuordnen und begründen, warum der Postikus lebenswichtig ist
- ☐ Innervation und Verlauf der Nn. laryngei erklären und die Folgen einer Recurrensparese ableiten
- ☐ Wandbau, Lage und Versorgung der Trachea beschreiben und begründen, warum Fremdkörper meist rechts landen

Klausurrelevanz: Fragen 27 und 29 der Hauptklausur WS 14/15 und rund zehn Altklausurfragen – vor allem Kehlkopfmuskeln, N. laryngeus recurrens und Epithel der Stimmfalte.

2.1 Der Pharynx: Kreuzung von Luft- und Speiseweg

VL Larynx · Folie 2, 4–7

Der **Pharynx** (Rachen) ist ein Muskelschlauch, der an der Schädelbasis hängt und vor der Halswirbelsäule bis zum Unterrand des Ringknorpels (HWK 5–6) reicht; dort geht er in den Ösophagus über. via medici Er hat drei Etagen, jede mit einer Öffnung nach vorne:

- **Nasopharynx** (Epipharynx): über die Choanen zur Nase. Hier liegen das Ostium pharyngeum tubae auditivae (Ohrtrompete), der Torus tubarius mit lymphatischem Gewebe (**Tonsilla tubaria**) und am Rachendach die **Tonsilla pharyngea** (Rachenmandel); seitlich zieht der „Seitenstrang“ nach unten.
- **Oropharynx** (Mesopharynx): über den Isthmus faucium zur Mundhöhle. Hier liegen Gaumensegel (Palatum molle) mit Uvula, Arcus palatoglossus, **Tonsilla palatina** (Gaumenmandel) und am Zungengrund die Tonsilla lingualis.
- **Laryngopharynx** (Hypopharynx): über den Kehlkopfeingang zum Larynx, dahinter weiter zum Ösophagus.

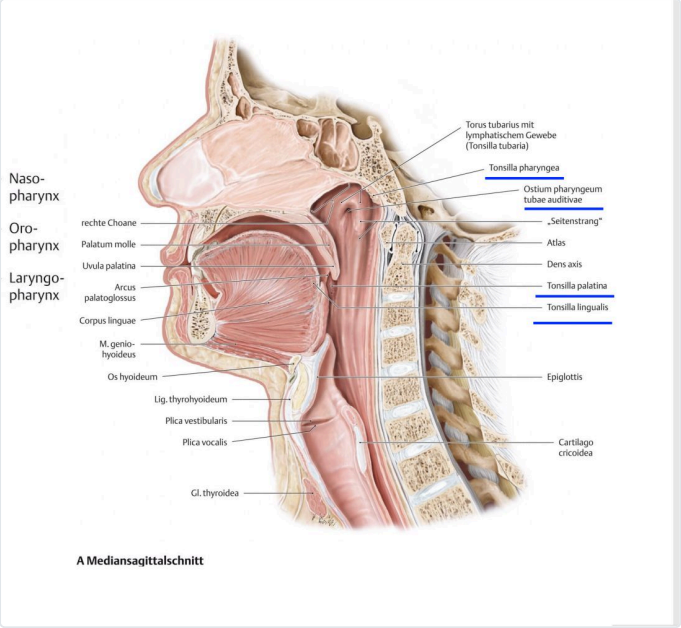
Die Muskelwand besteht aus drei **Schlundschnürern**, die hinten an einer Bindegewebsnaht, der **Raphe pharyngis**, ansetzen; ganz oben ist die Wand nur bindegewebig (**Fascia pharyngobasilaris**). Die Schnürer verengen den Rachen von oben nach unten und befördern so die Nahrung:

Muskel	Innervation
M. constrictor pharyngis superior	Rr. pharyngeales des N. glossopharyngeus (IX)

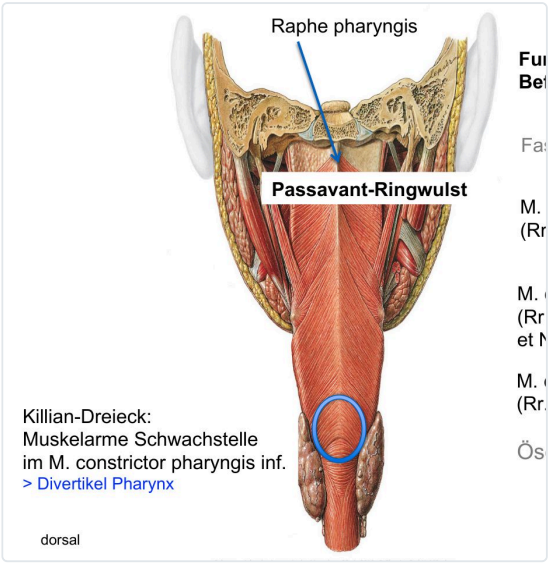
Muskel	Innervation
M. constrictor pharyngis medius	Rr. pharyngeales des N. glossopharyngeus und des N. vagus (IX, X)
M. constrictor pharyngis inferior	Rr. pharyngeales des N. vagus (X)

Dazu kommen die **Schlundheber** (Mm. levatores pharyngis): M. stylopharyngeus (vom Processus styloideus, innerviert vom N. glossopharyngeus), M. salpingopharyngeus und M. palatopharyngeus; sie verkürzen und heben den Rachen beim Schlucken. Am Gaumen wirken M. levator und M. tensor veli palatini sowie M. uvulae. Der kontrahierte obere Schlundschnürer wirft beim Schlucken den **Passavant-Ringwulst** auf.

Klinik: Zwischen den Faserzügen des M. constrictor pharyngis inferior liegt eine muskelarme Schwachstelle an der Hinterwand, das **Killian-Dreieck**. Hier kann sich die Schleimhaut nach dorsal ausstülpen: ein **Pharynxdivertikel** (Zenker-Divertikel{q("vm")}).



Mediansagittalschnitt: Naso-, Oro- und Laryngopharynx mit Tonsillen (VL Larynx, Folie 2)



Schlundschnürer von dorsal: Raphe pharyngis, Passavant-Ringwulst, Killian-Dreieck (Kreis) (VL Larynx, Folie 4)

VL Larynx · Folie 6–7, 34

Im Präparat von dorsal (Zähres, Folie 6) siehst du oben das Foramen magnum mit dem Rückenmark, darunter die bindegewebige Fascia pharyngobasilaris, in der Mitte die Raphe pharyngis und seitlich das Spatium peripharyngeum.

Spatium peripharyngeum. Seitlich und hinter dem Pharynx (lateral vom M. constrictor pharyngis) liegt ein Bindegewebsraum, der von der Schädelbasis bis ins Mediastinum reicht. Er wird in das Spatium lateropharyngeum (parapharyngeum) und das Spatium retropharyngeum gegliedert. Im Spatium lateropharyngeum verlaufen V. jugularis, A. carotis, N. glossopharyngeus (IX), N. vagus (X), N. accessorius (XI) und N. hypoglossus (XII).

Klinik: Entzündungen der Tonsilla palatina oder Stichverletzungen können Bakterien in den ganzen Peripharyngealraum tragen – und weil er bis ins Mediastinum reicht, bis in den Brustraum.

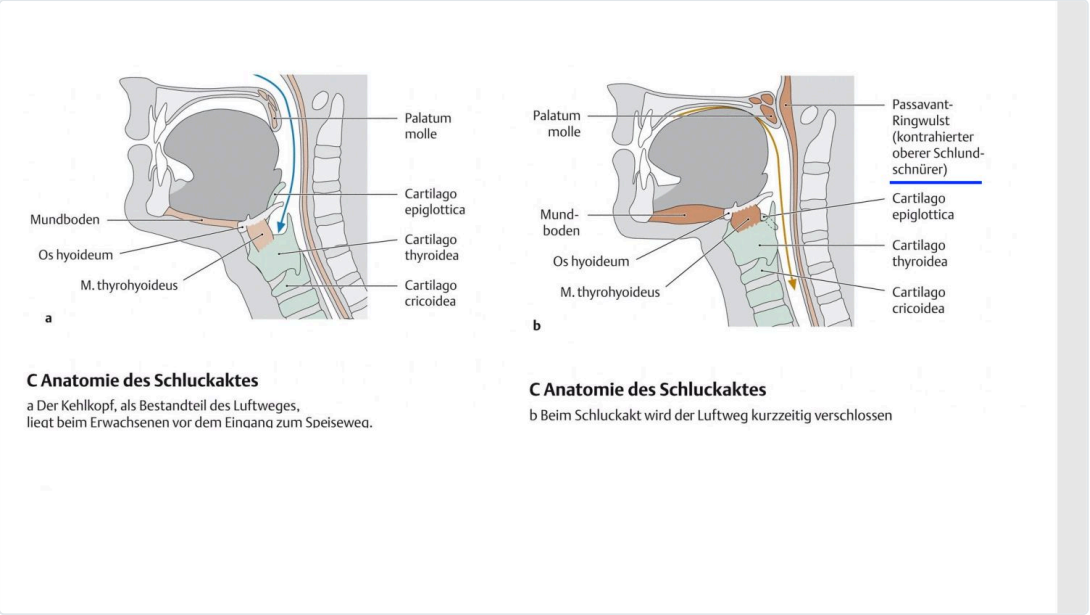
2.2 Der Schluckakt: wie der Luftweg verschlossen wird

VL Larynx · Folie 3, 21

Beim Erwachsenen liegt der Kehlkopf als Teil des Luftweges vor dem Eingang zum Speiseweg. Jeder Bissen muss also über den Kehlkopfeingang hinweg. Deshalb wird der Luftweg beim Schlucken kurzzeitig verschlossen:

1. Das Gaumensegel hebt sich, der obere Schlundschnürer bildet den **Passavant-Ringwulst** → der Nasopharynx ist zu.
2. Die Mundbodenmuskeln ziehen das Zungenbein und mit ihm über den **M. thyrohyoideus** den Kehlkopf nach oben vorne.
3. Dabei kippt die **Epiglottis** über den Kehlkopfeingang (gedrückt vom Fettkörper vor ihr via medici); die Stimmritze schließt sich.
4. Die Schlundschnürer schieben den Bissen über die Recessus piriformes seitlich am Kehlkopf vorbei in den Ösophagus.

Info: Neugeborene können gleichzeitig trinken und durch die Nase atmen: Ihr Kehlkopf steht höher, und die Milch läuft über die Recessus piriformes seitlich vorbei. Ab etwa dem 3. Monat senkt er sich – Voraussetzung fürs spätere Sprechen. via medici



Kehlkopf in Ruhe (a) und beim Schlucken (b): Gaumensegel und Passavant-Ringwulst verschließen den Nasenrachen, die Epiglottis den Kehlkopf (VL Larynx, Folie 3)

2.3 Das Kehlkopfskelett: Knorpel, Bänder und Gelenke

VL Larynx · Folie 11–14, 17, 20

Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 1

Der Kehlkopf liegt beim Erwachsenen etwa auf Höhe HWK 5–7 via medici, unter dem tastbaren Zungenbein (Os hyoideum). Sein Skelett besteht aus:

- **Cartilago thyroidea** (Schildknorpel): zwei Platten (Laminae), die vorne die Prominentia laryngea („Adamsapfel“) bilden, oben die Incisura thyroidea superior; hinten laufen sie in je ein Cornu superius und Cornu inferius aus. Seitlich liegen die Tubercula thyroidea superius und inferius.
- **Cartilago cricoidea** (Ringknorpel): vorne schmaler Bogen (Arcus), hinten hohe Platte (Lamina) – wie ein Siegelring.

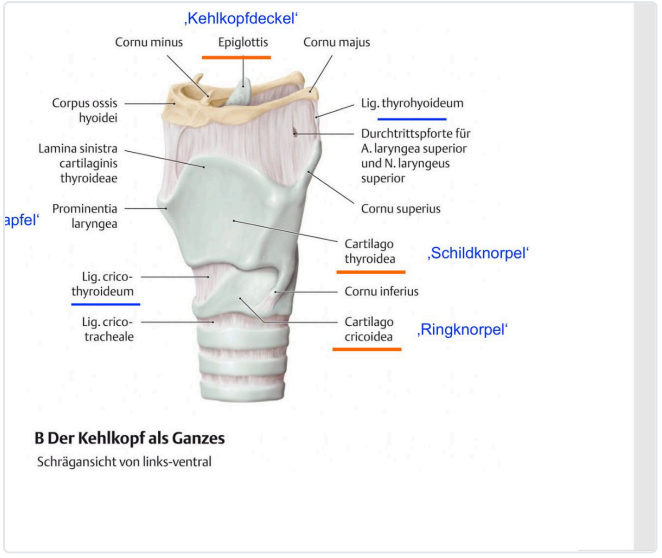
- paarige **Cartilagines arytenoideae** (Stellknorpel): Sie sitzen auf der Ringknorpelplatte. Nach vorne zeigt der Processus vocalis (hier setzt das Stimmband an), nach lateral der Processus muscularis (hier ziehen die Muskeln), nach oben die Spitze (Apex).
- **Cartilago epiglottica** (Kehldeckel) mit seinem Stiel (Petiolus).
- variabel: **Cartilago corniculata** (Santorini-Knorpel) auf der Stellknorpelspitze und **Cartilago cuneiformis** (Wrisberg-Knorpel) in der Plica aryepiglottica.

Alle großen Knorpel sind hyalin – nur der Kehldeckel ist elastisch, damit er beim Schlucken umklappen und wieder zurückfedern kann. Hyaliner Knorpel kann verknöchern: Schild- und Ringknorpel verknöchern teilweise ab dem 3. Lebensjahrzehnt (im Histopräparat eines 70-Jährigen findest du Knochenbälkchen und Knochenmark).

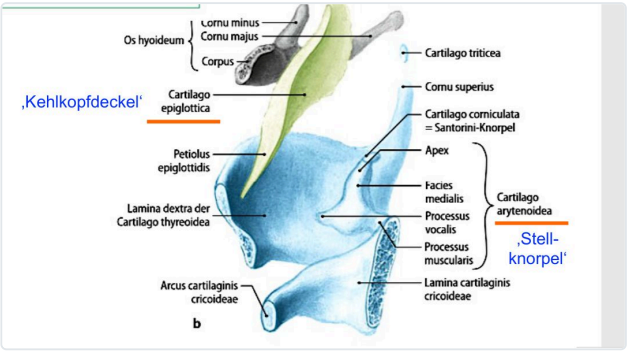
Bänder. Die **Membrana thyrohyoidea** (verstärkt als Lig. thyrohyoideum medianum und laterale) hängt den Schildknorpel ans Zungenbein; durch sie treten A. laryngea superior und N. laryngeus superior (R. internus) ein. Zwischen Schild- und Ringknorpel spannt sich das **Lig. cricothyroideum medianum** (= Lig. conicum), unter dem Ringknorpel das Lig. cricotracheale. Die Epiglottis ist über das Lig. hyoepiglotticum am Zungenbein und über das Lig. glossoepiglotticum (Plicae glossoepiglotticae) an der Zungenwurzel (Radix linguae) befestigt. Wie das alles im echten Präparat aussieht, zeigt Zähres auf Folie 8 (Kehlkopf von vorne und von hinten).

Gelenke. Die **Articulatio cricothyroidea** ist ein Scharniergelenk: Schild- und Ringknorpel kippen gegeneinander, das spannt die Stimmbänder. Die **Articulatio cricoarytaenoidea** ist ein Roll-Gleitgelenk: Die Stellknorpel drehen und verschieben sich und stellen so die Stimmritze.

Klinik: Durch das Lig. conicum kann man bei Erstickungsgefahr einen Notfallzugang zur Luftröhre schaffen (**Koniotomie**). via medici



Der Kehlkopf als Ganzes, schräg von links vorne, mit Durchtrittspforte für A. und N. laryngeus superior (VL Larynx, Folie 12)



Knorpel des Kehlkopfs: Epiglottis, Schild-, Ring- und Stellknorpel mit Processus vocalis und muscularis (VL Larynx, Folie 13)

2.4 Der Kehlkopfinnenraum: drei Etagen

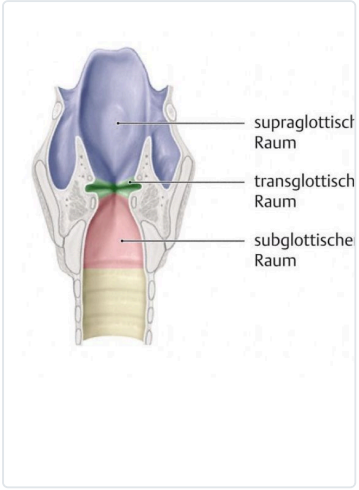
VL Larynx · Folie 9, 14–16 · Histoskript S. 5
Aufgabenskript A. 34
Klausur Altklausur
→ Quiz 2

Zwei Paar Schleimhautfalten gliedern den Innenraum: oben die **Taschenfalten** (Plicae vestibulares), darunter die **Stimmfalten** (Plicae vocales). Zwischen beiden buchtet sich die Schleimhaut seitlich als **Ventriculus laryngis** (Morgagni-Raum) aus. Daraus ergeben sich drei Etagen:

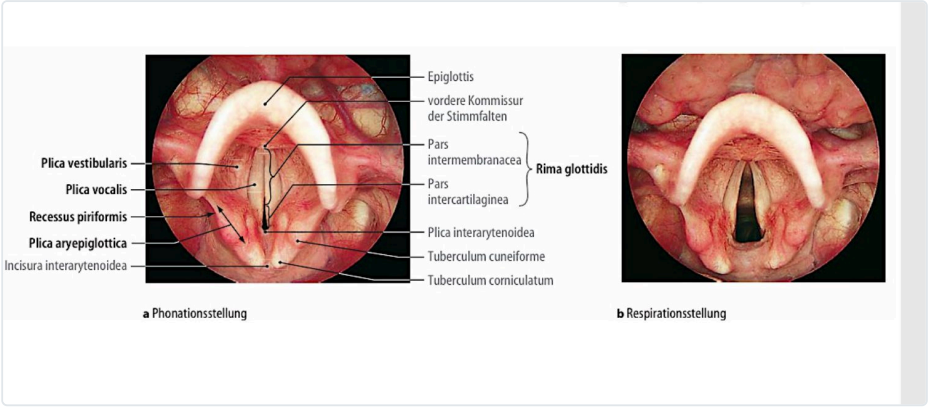
Etage	reicht von … bis …
supraglottischer Raum (Vestibulum laryngis, I)	Kehlkopfeingang (Aditus laryngis) → Taschenfalten
transglottischer Raum (Cavitas laryngis intermedia, II)	Taschenfalten → über den Ventriculus laryngis → Stimmfalten
subglottischer Raum (Cavitas infraglottica, III)	Stimmfalten → Unterrand des Ringknorpels

Die Stimmfalten mit der Spalte dazwischen bilden die **Glottis**; die Spalte heißt **Stimmritze** (Rima glottidis). Ihr vorderer Teil zwischen den Stimmbändern ist die Pars intermembranacea, ihr hinterer Teil zwischen den Stellknorpeln die Pars intercartilaginea. Den Eingang begrenzen seitlich die **Plicae aryepiglotticae**; daneben liegen die **Recessus piriformes**, durch die die Nahrung am Kehlkopf vorbeiläuft. Zwischen Zungengrund und Epiglottis liegt die **Vallecula epiglottica**.

Kehlkopfspiegelung. Mit dem Laryngoskop (Spiegel) sieht man von oben: Epiglottis mit Tuberculum epiglotticum, Taschenfalten, Stimmfalten mit vorderer Kommissur, Ventriculus, Plica aryepiglottica mit Tuberculum cuneiforme und corniculatum, Incisura interarytaenoidea, Sinus piriformis, Ringknorpelbogen und die Trachea. Untersucht wird in zwei Stellungen: **Phonationsstellung** (Stimmritze geschlossen) und **Respirationsstellung** (Stimmritze offen).



Supra-, trans- und subglottischer Raum (VL Larynx, Folie 9)



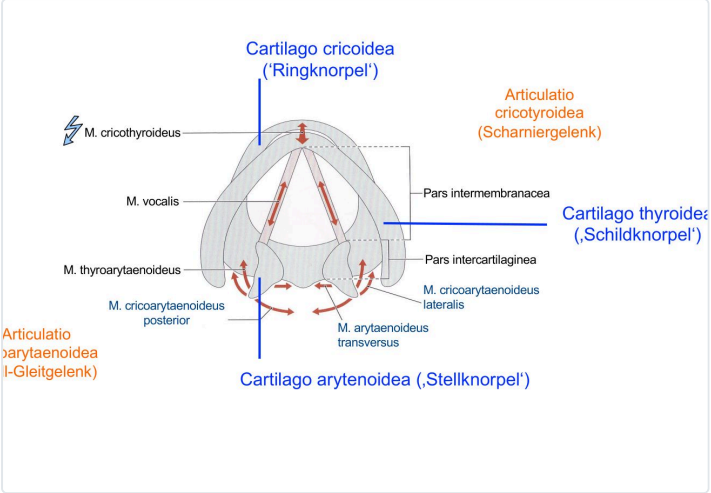
Kehlkopfspiegelung: a Phonationsstellung, b Respirationsstellung (VL Larynx, Folie 16)

2.5 Die Kehlkopfmuskeln: öffnen, schließen, spannen

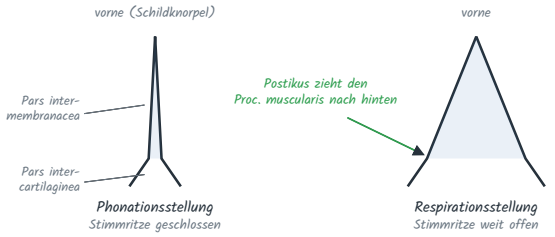
VL Larynx · Folie 17–23

Alle Kehlkopfmuskeln tun letztlich nur drei Dinge: Sie öffnen die Stimmritze (zum Atmen), sie schließen sie (zum Sprechen, Husten, Schlucken) oder sie spannen die Stimmbänder (für die Tonhöhe). Die Richtung ergibt sich daraus, wo der Muskel am

Stellknorpel zieht: Zug am Processus muscularis nach hinten dreht den Processus vocalis nach außen (öffnet), Zug nach vorne-seitlich dreht ihn nach innen (schließt).



Innere Kehlkopfmuskeln von oben: Zugrichtungen am Stellknorpel (VL Larynx, Folie 17)



Eigene Zeichnung: Phonations- und Respirationsstellung. Nur der Postikus zieht den Processus muscularis nach hinten und öffnet.

Muskel	Funktion	Innervation
M. cricoarytaenoideus posterior („Postikus“) – Ringknorpelplatte hinten → Processus muscularis	Abduktion und Hebung des Processus vocalis → maximale Öffnung der ganzen Stimmritze zur Einatmung; **einziger Öffner**. Stabilisiert außerdem den Stellknorpel, wenn der Antikus spannt.	N. laryngeus inferior, R. posterior
M. cricoarytaenoideus lateralis („Lateralis“) – Übergang Bogen/Platte des Ringknorpels → Processus muscularis vorne	Adduktion und leichte Hebung des Processus vocalis → schließt die Pars intermembranacea, öffnet die Pars intercartilaginea (**Flüsterdreieck**)	N. laryngeus inferior, R. anterior
M. arytaenoideus transversus („Transversus“) – zwischen beiden Stellknorpeln hinten	zieht die Stellknorpel zusammen → schließt die Pars intercartilaginea	N. laryngeus inferior, R. posterior
M. arytaenoideus obliquus – Processus muscularis → Spitze des Gegenseiten-Stellknorpels; setzt sich als Pars aryepiglottica zur Epiglottis fort	Adduktion der Stellknorpel, schließt die Pars intercartilaginea; der aryepiglottische Teil bildet die Plica aryepiglottica und senkt den Kehldeckel leicht	N. laryngeus inferior, R. posterior
M. thyroarytaenoideus, Pars externa – Schildknorpelwinkel → Crista arcuata des Stellknorpels; dazu Pars thyroepiglottica zur Epiglottis und Taschenfalte	Adduktion und Senkung des Processus vocalis → schließt die Pars intermembranacea	N. laryngeus inferior, R. anterior
M. vocalis (= Pars interna des Thyroarytaenoideus, „Internus“) – Schildknorpelwinkel → Processus vocalis	schließt die Pars intermembranacea; reguliert die Spannung der Stimmfalten (Feinspannung) und damit den schwingenden Anteil	N. laryngeus inferior, R. anterior
M. cricothyroideus („Antikus“) – Ringknorpelbogen vorne → Unterrand/Unterhorn des Schildknorpels (Pars recta, obliqua, interna)	kippt Schild- gegen Ringknorpel → spannt und verlängert die Stimmfalten (Grobspannung)	**N. laryngeus superior, R. externus**

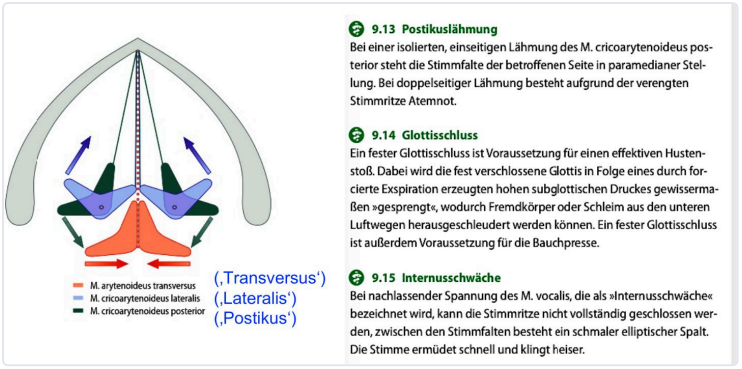
Aufgabenskript A. 30–31, 37
Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 1, 3, 4

Äußere Kehlkopfmuskeln. Zähres zählt dazu den M. cricothyroideus, den **M. constrictor pharyngis inferior** (Pars thyreopharyngea und cricopharyngea; Plexus pharyngeus und R. externus des N. laryngeus superior; hebt den Kehlkopf beim

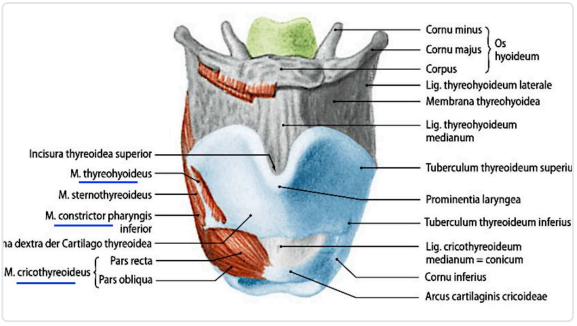
Schlucken, spannt bzw. entspannt die Stimmfalten) und den **M. thyrohyoideus** (Ansa cervicalis C1–2; hebt den Kehlkopf beim Schlucken und fixiert ihn beim Sprechen; darunter die Bursa thyrohyoidea). Der M. thyrohyoideus gehört nur funktionell dazu – seiner Herkunft nach stammt er aus den Halssomiten. via medici nennt den M. cricothyroideus den „einzigen äußeren Kehlkopfmuskel“ via medici; das ist dieselbe Sache aus anderer Sicht.

Merke: Alle inneren Muskeln innerviert der **N. laryngeus inferior** (Endast des N. laryngeus recurrens) – nur den äußeren M. cricothyroideus der **N. laryngeus superior**.

Klinik: Drei Bilder aus der Vorlesung: **Postikuslähmung** – einseitig steht die Stimmfalte der kranken Seite paramedian; beidseitig bleibt die Stimmritze eng → **Atemnot**. **Glottisschluss** – ein fester Verschluss ist Voraussetzung für einen effektiven **Hustenstoß** (die Glottis wird durch den hohen subglottischen Druck „gesprengt“ und schleudert Schleim und Fremdkörper heraus) und für die **Bauchpresse**. **Internusschwäche** – lässt die Spannung des M. vocalis nach, bleibt ein schmaler elliptischer Spalt; die Stimme ermüdet schnell und klingt heiser.



Innere Kehlkopfmuskeln („Transversus“, „Lateralis“, „Postikus“) mit Postikuslähmung, Glottisschluss und Internusschwäche (VL Larynx, Folie 18)



Äußere Kehlkopfmuskulatur: M. cricothyroideus (Pars recta, obliqua), M. thyrohyoideus, M. sternothyroideus, M. constrictor pharyngis inferior (VL Larynx, Folie 20)

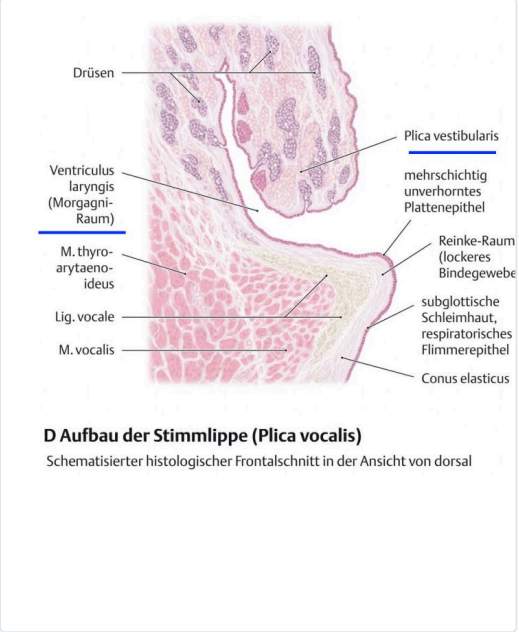
2.6 Histologie und Pathologie des Kehlkopfs

VL Larynx · Folie 10, 24–28 · Histoskript S. 3–5

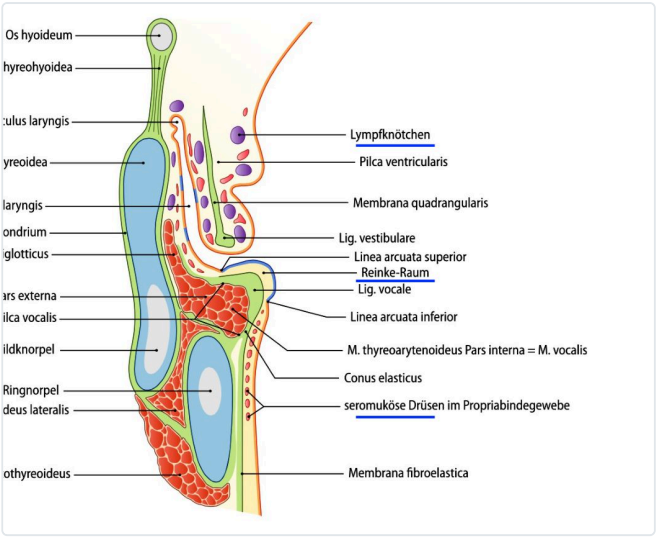
Der Kehlkopf trägt **respiratorisches Flimmerepithel** – mit zwei Ausnahmen, die mechanisch beansprucht werden: die **Plica vocalis** und der Kehlkopfeingang (Vestibulum laryngis bzw. die linguale Seite des Kehldeckels). Dort liegt **mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel**, weil die Stimmfalten beim Sprechen hunderte Male pro Sekunde aufeinanderschlagen. Weitere Merkmale: knorpeliges Skelett, quergestreifte Muskulatur, seromuköse Drüsen und viele elastische Fasern (**Membrana fibroelastica laryngis**).

Aufbau der Stimmfalte von innen (Lumen) nach außen: Plattenepithel → **Reinke-Raum** (lockeres Bindegewebe ohne Drüsen) → **Lig. vocale** (kompaktes Polster elastischer Fasern, oberer Rand des Conus elasticus) → **M. vocalis**. Die Plica vocalis hat keine Drüsen und kein Fett. Die **Plica vestibularis** dagegen enthält Fettgewebe und seromuköse Drüsen und trägt respiratorisches Epithel; ihre bindegewebige Grundlage ist das Lig. vestibulare am Unterrand der Membrana quadrangularis. Unterhalb der Stimmfalte (Subglottis) kehrt das respiratorische Epithel mit Drüsen zurück.

Epiglottis im Kurs (Präparat 1, Elastica): Das Gerüst ist elastischer Knorpel – erkennbar an den dunklen elastischen Fasern in der Matrix. Die konvexe Seite ist der Zunge zugewandt (lingual) und trägt mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel, das sich über die Spitze fortsetzt; die konkave Seite zeigt zum Kehlkopf. Darunter liegen große Blutgefäße, Lymphgefäße (zipfelige Lumina, nur Endothel), Fettläppchen und seromuköse Drüsen am Perichondrium; an der Basis Skelettmuskulatur und Fettkörper – beides wichtig für den Schluckakt.



Aufbau der Stimmlippe: Plattenepithel, Reinke-Raum, Lig. vocale, M. vocalis, Conus elasticus (VL Larynx, Folie 24)



Frontalschnitt: Flimmerepithel (orange), Plattenepithel (blau), Knochenbildung in Schild- und Ringknorpel (VL Larynx, Folie 25)

Klinik: Im lockeren Bindegewebe kann sich Flüssigkeit sammeln: **Reinke-Ödem** – chronisch, verdickt die Stimmbänder → Heiserkeit, Stimmstörung, Atembehinderung. **Larynxödem / Glottisödem** – akut, in der lockeren Schleimhaut des Kehlkopfeingangs und der Epiglottis bei Entzündung oder Allergie (z. B. allergischer Schock) → lebensbedrohliche Atemnot. Auch eine entzündete Epiglottis kann so stark schwellen, dass Schlucken schmerzt und die Atmung behindert ist; Cortison (Spray oder parenteral) bringt sie zum Abschwellen.

Aufgabenskript A. 12–37
Klausur Altklausur
→ Quiz 5

Klinik: **Tumoren**: Gutartige Neubildungen sitzen oft auf dem plattenepithelbedeckten Teil der Stimmfalten – **Sängerknötchen** (bei Überbeanspruchung) und Stimmfaltenpolyp. Der häufigste bösartige Tumor ist das **Plattenepithelkarzinom** (Glottiskarzinom, oft nach langjährigem Rauchen). Leitsymptom aller ist anhaltende **Heiserkeit**, später Druckgefühl am Hals. Abgeklärt wird durch Laryngoskopie mit Biopsie.

2.7 Gefäße und Nerven des Kehlkopfs

VL Larynx · Folie 29–32

VL Übersicht I+II · Folie 57
Klausur Altklausur
→ Quiz 3, 5

Arterien und Venen folgen derselben Zweiteilung wie die Nerven – oben und unten der Stimmritze. Oben: **A. laryngea superior** aus der A. thyroidea superior (A. carotis externa); sie tritt mit dem N. laryngeus superior durch die Membrana thyrohyoidea. Unten: **A. laryngea inferior** aus der A. thyroidea inferior (Truncus thyrocervicalis der A. subclavia). Das venöse Blut fließt oben über die **V. laryngea superior** in die V.

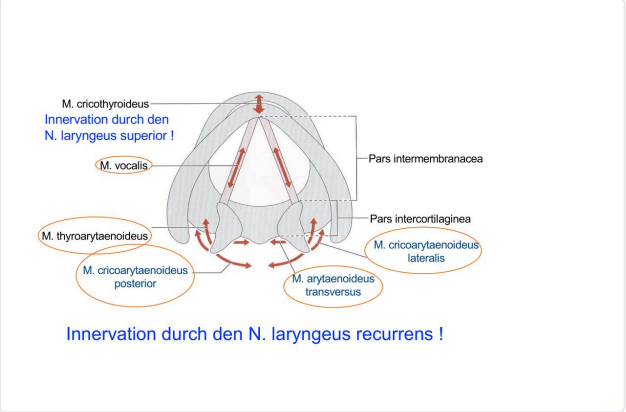
thyroidea superior (und weiter über V. facialis zur V. jugularis interna), unten über die **V. laryngea inferior** in den **Plexus thyroideus impar** und die V. thyroidea inferior zur V. brachiocephalica sinistra; dazu kommen die Vv. thyroideae mediae.

Nerven. Beide Kehlkopfnerven sind Äste des **N. vagus** (X):

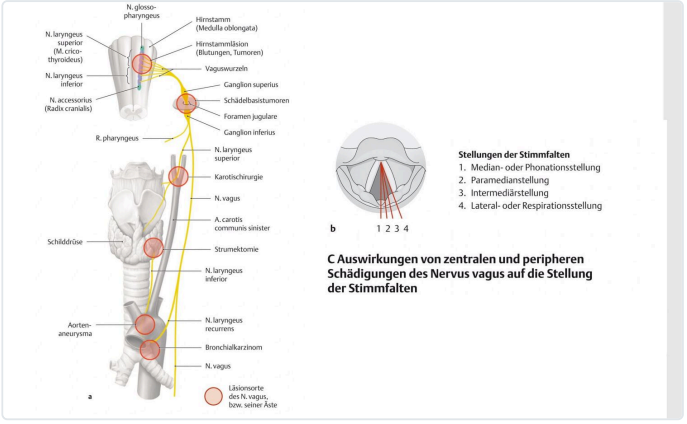
- **N. laryngeus superior**: zweigt hoch am Hals ab. Sein R. externus innerviert motorisch den M. cricothyroideus, sein R. internus sensibel die Schleimhaut oberhalb der Stimmritze.
- **N. laryngeus recurrens**: zweigt erst im Brustraum ab, schlingt sich um ein großes Gefäß und steigt in der Rinne zwischen Trachea und Ösophagus wieder zum Kehlkopf auf. Rechts läuft er um den Truncus brachiocephalicus bzw. die A. subclavia, links um den Aortenbogen. Sein Endast, der **N. laryngeus inferior**, innerviert alle inneren Kehlkopfmuskeln und sensibel die Schleimhaut unterhalb der Stimmritze.

> **Wo schlingt sich der rechte Recurrens herum?** Zähres schreibt auf Folie 29 „um den Truncus brachiocephalicus". Matschke (Übersicht, Folie 57) und via medici schreiben „um die A. subclavia". Beides meint dieselbe Stelle: Der Nerv läuft unter dem Abgang der A. subclavia dextra aus dem Truncus brachiocephalicus hindurch. → Für die Klausur: **rechts A. subclavia (dextra), links Aortenbogen** – und auf keinen Fall „rechts um den Aortenbogen" (häufige Falschantwort).

Warum dieser Umweg? Der Recurrens zieht in der Embryonalzeit unter den Schlundbogenarterien hindurch. Als Herz und Aortenbogen nach unten wandern, nehmen sie den Nerv mit – rechts bleibt er an der A. subclavia hängen, links am Aortenbogen (Ligamentum arteriosum). via medici Der lange Weg macht ihn verletzlich.



Innervation: alle inneren Muskeln über den N. laryngeus recurrens, der M. cricothyroideus über den N. laryngeus superior (VL Larynx, Folie 30)



Läsionsorte des N. vagus und Stellungen der Stimmfalten: 1 Median-/Phonations-, 2 Paramedian-, 3 Intermediär-, 4 Lateral-/Respirationsstellung (VL Larynx, Folie 31)

Zähres' Folie 31 zeigt, wo der Vagus oder seine Äste geschädigt werden können: im Hirnstamm (Blutungen, Tumoren), an der Schädelbasis (Tumoren am Foramen jugulare, wo Ganglion superius und inferius liegen), bei **Karotischirurgie**, bei **Strumektomie** (Schilddrüsen-OP – der Recurrens liegt direkt hinter der Schilddrüse), bei einem **Aortenaneurysma** und beim **Bronchialkarzinom** (beide links, wo der Nerv um den Aortenbogen zieht).

Klinik: Fällt der **Recurrens** aus, fallen alle inneren Muskeln aus, der M. cricothyroideus aber spannt und adduziert weiter – die Stimmfalte steht **paramedian**.

Einseitig: Heiserkeit. Beidseitig: Der einzige Öffner (Postikus) fehlt auf beiden Seiten → die Stimmritze bleibt eng → **Atemnot**. Liegt die Läsion höher (Vagus oberhalb des Abgangs des N. laryngeus superior), fällt auch der Cricothyroideus aus und die Stimmfalte steht weiter offen (Intermediärstellung).

2.8 Die Trachea: Lage, Wandbau und Versorgung

VL Larynx · Folie 33–41, 45–46 · Histoskript S. 6
Aufgabenskript A. 38–48
Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 6, 7

Die **Trachea** ist ein **10–12 cm** langes, bewegliches elastisches Rohr mit **1,5–2 cm** Durchmesser. Sie beginnt auf Höhe **C6–7** unter dem Ringknorpel, hat einen Halsteil (Pars cervicalis) und einen Brustteil (Pars thoracica) und teilt sich an der Bifurcatio tracheae in die beiden Hauptbronchien (→ 2.9). Bei tiefer Einatmung kann sie sich um etwa **5 cm** verlängern – sie folgt der Lunge nach unten.

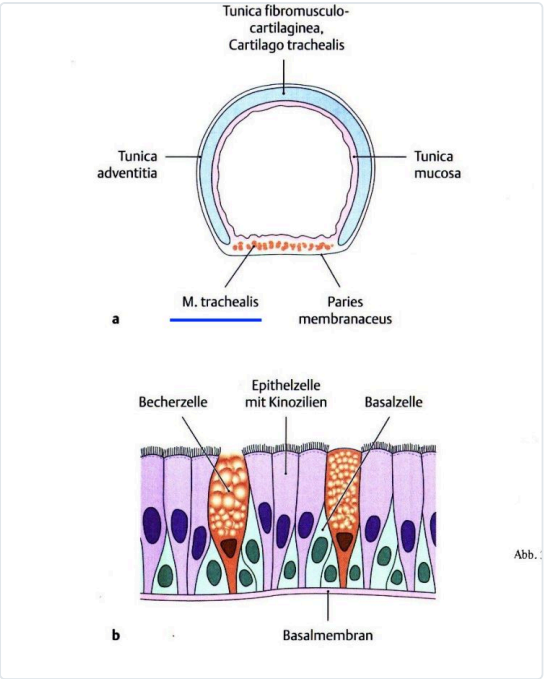
Lage. In der oberen Thoraxapertur liegt sie zwischen den großen Gefäßen: vor ihr die V. brachiocephalica sinistra, hinter ihr der Ösophagus, in der Rinne dazwischen der N. laryngeus recurrens, links hinten der Ductus thoracicus, seitlich die Pleurakuppeln, A. und V. subclavia, A. carotis communis, N. vagus und N. phrenicus. Am Hals ist sie in die Halsfaszien eingebaut: Die **Lamina pretrachealis** (mittleres Blatt) umhüllt die Eingeweide, die Lamina superficialis liegt außen, die Lamina prevertebralis hinten; seitlich liegt die **Vagina carotica** (A. carotis communis, V. jugularis interna, N. vagus).

Wandbau – drei Schichten von innen nach außen:

1. **Tunica mucosa (respiratoria)**: mehrreihiges Flimmerepithel, ausgeprägte Basalmembran, seromuköse **Glandulae tracheales**.
2. **Tunica fibromusculocartilaginea**: **16–20 hufeisenförmige hyaline Knorpelspangen** (Cartilagines tracheales), die das Rohr offen halten; hinten sind sie offen und durch die **Paries membranaceus** mit glatter Muskulatur (**M. trachealis**) und elastischen Fasern geschlossen. Längs verbinden elastische Ligg. anularia die Spangen.
3. **Tunica adventitia**: lockeres Bindegewebe, macht die Trachea im Mediastinum verschieblich.

Warum hinten offen? Hinter der Trachea liegt der Ösophagus. Die weiche Hinterwand gibt nach, wenn ein Bissen durchrutscht, und der M. trachealis kann den Durchmesser verstellen (beim Husten verengt er das Rohr und erhöht die Strömungsgeschwindigkeit).

> **Wie viele Knorpelspangen?** Zähres (Folien 35, 37) und via medici: **16–20**. Das Histoskript (S. 6): „10–15“. → Für die Klausur: **16–20** (so steht es in der Vorlesung).



Wandbau der Trachea: Tunica mucosa, fibromusculocartilaginea, adventitia; hinten M. trachealis und Paries membranaceus (VL Larynx, Folie 36)



8.10 Dorsale und ale Anteile der Tra-wand. 1 Tracheal-; → Trachealepithel; ies membranaceus; :healdrüsen; ✱ glatte ılatur (M. trachealis); rpelspange. Mensch; ng: H. E.; Vergr. 5-fach.

Dorsale Trachealwand: 1 Lumen, 2 Paries membranaceus, 3 Trachealdrüsen, ★ M. trachealis, 4 Knorpelspange; HE (VL Larynx, Folie 38)

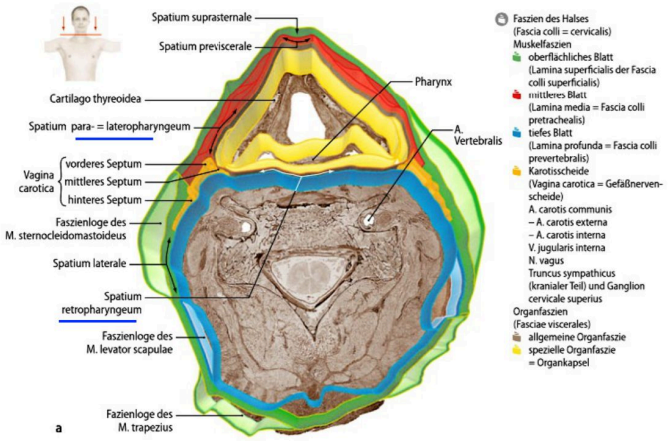
VL Larynx · Folie 39–41, 45–46

Im Kurs (Präparat 43, Goldner-Elastica): Das Perichondrium ist an der Außenseite kräftiger als innen, weil die Spangen vor allem auf Biegung beansprucht werden; zentrale helle Bereiche in der Spange sind altersbedingte Verknöcherungen. Die Trachealdrüsen liegen besonders in der Pars membranacea außerhalb des M. trachealis. Im Elastica-Anteil hebt sich das elastische Polster der Lamina propria von den grünen Kollagenfasern ab; in der Pars membranacea sind die elastischen Fasern längs ausgerichtet und bilden mit dem M. trachealis eine funktionelle Einheit. Warum beide Fasertypen? Kollagenfasern sind zugfest, elastische Fasern holen die Trachea nach jeder Dehnung zurück.

Im Elektronenmikroskop zeigt das Epithel Basalzellen, Becherzellen mit Schleimgranula (Muzin MUC2) und mitochondrienreiche Flimmerzellen; an der Basis jeder Kinozilie liegt ein Basalkörperchen mit Zilienwurzeln. In der PAS-Färbung färbt sich der Schleim lila. Die Zilien schlagen den Schleim in Richtung Mund, wo er abgehustet oder verschluckt wird.

Klinik: Bei starken Rauchern kann sich das Flimmerepithel bei der Regeneration in Plattenepithel umwandeln: **plattenepitheliale Metaplasie** der Bronchialschleimhaut – ein Schritt auf dem Weg zum Karzinom (→ 3.8).

Versorgung der Trachea. Arterien: **Rr. tracheales aus der A. thyroidea inferior** (arterielle Hauptversorgung). Venen: Vv. tracheales → V. brachiocephalica. Lymphe: Nodi paratracheales und pretracheales. Innervation: parasympathisch N. vagus → N. laryngeus inferior (recurrens) → Trachea (auch zum M. trachealis); sympathisch aus den Ganglia thoracica II–V über den Plexus pulmonalis.



Trachea und Halsfaszien im Querschnitt: Spatium peripharyngeum mit Spatium lateropharyngeum und retropharyngeum (VL Larynx, Folie 34)

2.9 Bifurkation, Hauptbronchien, Bronchoskopie und Intubation

VL Larynx · Folie 42–48

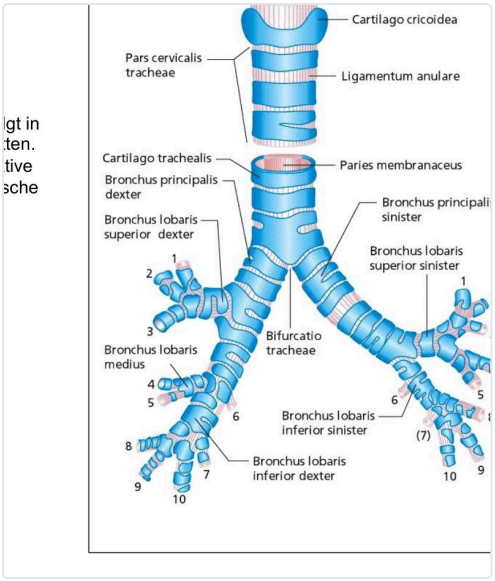
An der **Bifurcatio tracheae** teilt sich die Trachea in den rechten und linken Hauptbronchus. Ihre Höhe ist altersabhängig: beim Neugeborenen auf Höhe **TH2**, beim jungen Erwachsenen etwa auf Höhe **TH4**. Innen springt an der Gabel eine Leiste vor, die Carina tracheae. via medici

Die beiden Hauptbronchien sind nicht gleich. Der **Bronchus principalis dexter** setzt nahezu die Richtung der Trachea fort (nur etwa **20°** abgewinkelt), ist im Durchmesser etwa doppelt so groß und nur rund **2,5 cm** lang. Der linke muss unter dem Aortenbogen hindurch und über das Herz hinweg – er ist länger, dünner und stärker abgewinkelt.

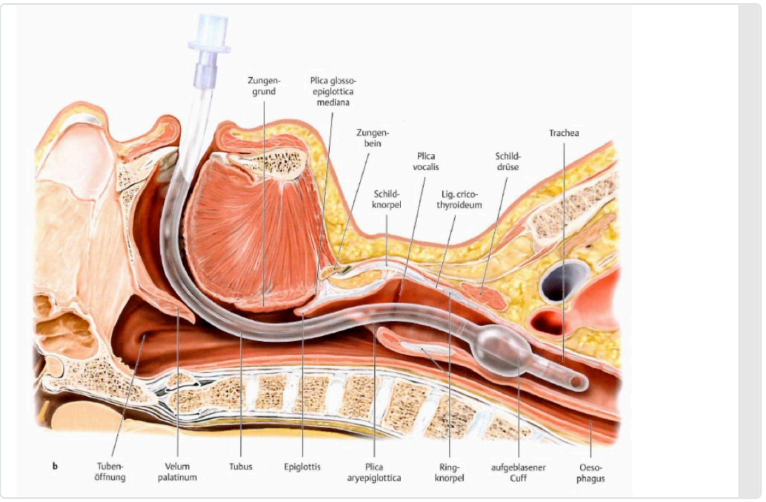
Klinik: Daraus folgt: **Aspirate** (Fremdkörper, Erbrochenes) gelangen meist in den rechten Bronchus – sie fallen einfach geradeaus weiter.

Versorgung der Hauptbronchien. Arteriell Rr. bronchiales aus der Brustaorta, der A. thoracica interna oder der 3. bzw. 4. Interkostalarterie; die Venen münden in die V. azygos und V. hemiazygos (mehr in 3.4).

Bronchoskopie und Intubation. Bei der Bronchoskopie blickt man auf die Bifurkation und in die Hauptbronchien. Bei der endotrachealen Intubation führt man einen Tubus orotracheal (durch den Mund), nasotracheal (durch die Nase) oder pertracheal (durch einen Schnitt) ein. Mit dem Laryngoskop schiebt man die Spatelspitze in die Vallecula epiglottica, hebt den Zungengrund an und sieht so Epiglottis, Plica aryepiglottica, Taschen- und Stimmfalten und den Eingang zur Trachea. Der Tubus liegt mit aufgeblasenem Cuff in der Trachea unterhalb der Stimmfalten – vor dem Ösophagus, nicht in ihm.



Trachea und Bronchialbaum bis zu den Lappenbronchien (VL Larynx, Folie 42)



Endotracheale Intubation: Tubus mit aufgeblasenem Cuff in der Trachea (VL Larynx, Folie 48)

2.10 Kurz gesagt – das Kapitel auf einer Seite

1. Der Pharynx hat drei Etagen (Naso-, Oro-, Laryngopharynx); die Schlundschnürer setzen an der Raphe pharyngis an, das Killian-Dreieck ist ihre Schwachstelle.
2. Beim Schlucken verschließen Gaumensegel und Passavant-Ringwulst den Nasenrachen, der gehobene Kehlkopf und die Epiglottis den Luftweg.
3. Alle Kehlkopfknorpel sind hyalin außer der elastischen Epiglottis; das Lig. conicum liegt zwischen Schild- und Ringknorpel.
4. Taschen- und Stimmfalten teilen den Kehlkopf in supra-, trans- und subglottischen Raum.
5. Der Postikus ist der einzige Öffner der Stimmritze; Lateralis, Transversus, Obliquus und Thyroarytaenoideus schließen; Antikus und Vocalis spannen.
6. Alle inneren Muskeln versorgt der N. laryngeus recurrens (inferior), nur den Cricothyroideus der N. laryngeus superior; der Recurrens zieht rechts um die A. subclavia, links um den Aortenbogen.
7. Die Stimmfalte trägt Plattenepithel über dem Reinke-Raum; die Trachea hat 16–20 hyaline Spangen, hinten den M. trachealis; der rechte Hauptbronchus verläuft steiler – Aspirate gehen nach rechts.

2.11 Kehlkopf und Trachea auf einen Blick

Struktur	Epithel	Gerüst	Besonderheit / Klinik
Epiglottis	lingual Plattenepithel, laryngeal respiratorisch	**elastischer** Knorpel	Epiglottitis, Schluckakt
Plica vestibularis	respiratorisch	Lig. vestibulare, Fett, Drüsen	–
Plica vocalis	**mehrschichtig unverhornt**	Lig. vocale + M. vocalis, keine Drüsen	Reinke-Ödem, Sängerknötchen, Karzinom
Subglottis	respiratorisch mit Drüsen	Conus elasticus, Ringknorpel	Glottisödem
Trachea	respiratorisch, Gll. tracheales	16–20 hyaline Spangen, M. trachealis	Metaplasie bei Rauchern
Hauptbronchus rechts	respiratorisch	Knorpelspangen	steil, kurz, weit → Aspiration

Quiz

Beantworte alles zuerst ohne Nachschlagen. Die Lösungen mit Begründung stehen auf der Seite danach.

Teil A · Erklär es dir selbst

Sag oder schreib die Antwort in zwei, drei Sätzen. Das ist schwerer als Ankreuzen – und genau deshalb bleibt es hängen.

1. Warum ist eine beidseitige Recurrensparese gefährlicher als eine einseitige?

2. Erkläre, warum der linke N. laryngeus recurrens bei Aortenaneurysma und Bronchialkarzinom gefährdet ist.

3. Warum trägt die Stimmfalte Plattenepithel, die Taschenfalte aber respiratorisches Epithel?

4. Beschreibe, was beim Schlucken passiert, damit nichts in die Luftröhre gelangt.

5. Warum landen aspirierte Fremdkörper meist im rechten Bronchus?

6. Warum ist die Trachea hinten nicht knorpelig?

Teil B · Echte Klausurfragen

Alle Fragen stammen aus den Anatomie-III-Hauptklausur WS 14/15 (offizieller Lösungsbogen) und den Altklausurfragen der Fachschaft.

1. WS 14/15 Welche Aussage ist falsch?
   - A. Den Kehlkopf kennzeichnet quergestreifte Muskulatur.
   - B. Der Kehldeckel wird aus elastischem Knorpel gebildet.
   - C. Das Epithel der Plicae vocales ist ein mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel.
   - D. Der N. laryngeus inferior innerviert motorisch die äußeren Kehlkopfmuskeln.
   - E. Der Schildknorpel kann partiell ab dem 3. Dezennium verknöchern.

2. Altklausur Welche der folgenden Strukturen liegt am meisten kranial?
   - A. Cartilago cricoidea
   - B. Plica vocalis
   - C. Plica vestibularis
   - D. M. cricoarytaenoideus lateralis
   - E. M. cricoarytaenoideus posterior

3. Altklausur Welche Aussage zum Larynx ist richtig?
   - A. Die obere Etage des Larynx ist der transglottische Raum.
   - B. Der M. posticus (M. cricoarytaenoideus posterior) verschließt die Glottis.
   - C. Der M. transversus (M. arytaenoideus transversus) öffnet die Glottis.
   - D. Der N. laryngeus recurrens dexter schlingt sich um den Aortenbogen.
   - E. Der N. laryngeus recurrens dexter innerviert den M. posticus (M. cricoarytaenoideus posterior).

4. Altklausur Welche Aussage zum Kehlkopf ist richtig?
   A. Der M. cricoarytaenoideus posterior wird vom N. laryngeus superior innerviert.
   B. Ein fester Glottisverschluss ist die Voraussetzung für einen effektiven Hustenstoß.
   C. Der M. thyroarytaenoideus öffnet die Stimmritze zur Inspiration.
   D. Der M. thyrohyoideus senkt den Kehlkopf beim Schluckakt.
   E. Das Epithel der Plicae vocales ist einschichtig hochprismatisch.
5. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. Die Drüsen im Larynx sind rein serös.
   B. Die Cartilago thyroidea ist aus elastischem Knorpel aufgebaut.
   C. Das Ligamentum vestibulare liegt unter dem Reinke-Raum.
   D. Bei einer Schädigung des N. laryngeus recurrens sind die inneren Kehlkopfmuskeln gelähmt.
   E. Das Epithel der Kehlkopfschleimhaut ist im Bereich der Plicae vocales einschichtig hochprismatisch.
6. Altklausur Welche Aussage ist nicht richtig? Das respiratorische Epithel der Trachea ist gekennzeichnet durch …
   A. Mehrschichtigkeit.
   B. eine ausgeprägte Basalmembran.
   C. einen Zilienschlag in Richtung Pharynx.
   D. Becherzellen.
   E. Basalzellen.
7. WS 14/15 Welche Aussage ist falsch?
   A. In der Schleimhaut der Trachea liegen seromuköse Drüsen.
   B. In den Bronchiolen finden sich Flimmer- und Clara-Zellen.
   C. Die Vasa privata der Lunge stammen unter anderem aus der Aorta thoracica.
   D. In der Tunica fibromusculocartilaginea sind elastische Fasern eingelagert.
   E. Die arterielle Hauptversorgung der Trachea erfolgt aus der A. carotis communis.

Teil C · Richtig oder falsch?

Aussagen aus Altklausuren, Histoskript und Folien.

1. „Der M. arytaenoideus transversus öffnet die Glottis.“ richtig ☐ · falsch ☐
2. „Die untere Etage des Larynx ist der transglottische Raum.“ richtig ☐ · falsch ☐
3. „Die Plica vestibularis enthält seromuköse Drüsen und Fettgewebe.“ richtig ☐ · falsch ☐
4. „Der M. cricoarytaenoideus lateralis öffnet die Pars intercartilaginea.“ richtig ☐ · falsch ☐

Lösungen

Teil A · Musterantworten

1. Der Recurrens versorgt den Postikus, den einzigen Öffner. Fällt er beidseits aus, steht die Stimmritze paramedian und eng – es droht Atemnot. Einseitig bleibt die Gegenseite offen, die Folge ist nur Heiserkeit (2.5, 2.7).
2. Er schlingt sich links um den Aortenbogen und läuft nahe am linken Hauptbronchus und an den Lymphknoten des Hilums – eine Erweiterung der Aorta oder ein Tumor kann ihn dort dehnen oder einwachsen (2.7).
3. Die Stimmfalten schlagen beim Sprechen ständig aufeinander; mehrschichtiges Plattenepithel hält diese mechanische Belastung aus. Die Taschenfalten werden kaum beansprucht und behalten das reinigende Flimmerepithel (2.6).
4. Gaumensegel und Passavant-Ringwulst schließen den Nasenrachen; Zungenbein und Kehlkopf werden gehoben, die Epiglottis kippt über den Eingang, die Stimmritze schließt; der Bissen läuft durch die Recessus piriformes in den Ösophagus (2.2).
5. Der rechte Hauptbronchus setzt die Richtung der Trachea fast fort (ca. 20°), ist weiter und kürzer; der linke ist stärker abgewinkelt (2.9).
6. Hinten liegt der Ösophagus; die weiche Paries membranaceus gibt beim Schlucken nach, und der M. trachealis kann die Weite der Trachea regulieren (2.8).

Teil B · Klausurfragen

1. **D** – Der N. laryngeus inferior versorgt die inneren Muskeln; den äußeren M. cricothyroideus versorgt der N. laryngeus superior (2.5). E stimmt: hyaliner Knorpel verknöchert ab dem 3. Lebensjahrzehnt (2.3). Fast dieselbe Frage gab es mit „Plicae vocales: mehrreihiges Flimmerepithel“ als falscher Aussage.
2. **C** – Die Taschenfalte liegt über der Stimmfalte (2.4); Ringknorpel und die Mm. cricoarytaenoidei liegen auf Höhe bzw. unterhalb der Glottis.
3. **E** – Jeder Recurrens versorgt die inneren Muskeln seiner Seite, auch den Postikus (2.5, 2.7). Die obere Etage ist der supraglottische Raum (A); der Postikus öffnet (B); der rechte Recurrens zieht um die A. subclavia (D). Diese Frage kam in mindestens vier Varianten.
4. **B** – Glottisschluss → hoher subglottischer Druck → Hustenstoß (2.5). Der Thyroarytaenoideus schließt (C), der Thyrohyoideus hebt den Kehlkopf (D).
5. **D** – Der Recurrens versorgt alle inneren Muskeln (2.7). Die Drüsen sind seromukös (A), der Schildknorpel hyalin (B), unter dem Reinke-Raum liegt das Lig. vocale (C).
6. **A** – Es ist mehrreihig, nicht mehrschichtig (1.2, 2.8). In einer anderen Variante war „eine dünne Basalmembran“ die falsche Aussage – die Basalmembran ist dick.
7. **E** – Die Trachea wird hauptsächlich aus den Rr. tracheales der A. thyroidea inferior versorgt (2.8). Die A. carotis communis gibt am Hals keine Äste ab.

Teil C · Richtig oder falsch?

1. **falsch** – Er zieht die Stellknorpel zusammen und schließt die Pars intercartilaginea; der einzige Öffner ist der Postikus (2.5). (Altklausur)
2. **falsch** – Unten liegt der subglottische Raum (Cavitas infraglottica) (2.4). (Altklausur)
3. **richtig** – Beides fehlt der Plica vocalis (2.6). (Histoskript S. 5)

4. **richtig** – Er schließt die Pars intermembranacea und lässt hinten das Flüsterdreieck offen (2.5). (VL Larynx, Folie 22)

Die Lunge

Erst die Makroskopie – Lappen, Segmente, Hilum, Gefäße, Lymphe, Nerven –, dann der Weg ins Mikroskop vom Bronchus bis zur Blut-Luft-Schranke, zum Schluss die Entwicklung. Der rote Faden: Die Lunge ist ein Baum, und fast alles folgt seinen Ästen.

Nach diesem Kapitel kannst du …

- ☐ Lappen und alle zehn Segmente jeder Lunge benennen und erklären, warum ein Segment eine eigenständige Einheit ist
- ☐ die Lage von Bronchus, Arterie und Vene im Hilum beider Seiten beschreiben
- ☐ Vasa publica und Vasa privata nach Herkunft, Verlauf und Funktion unterscheiden
- ☐ den Lymphabfluss der Lunge verfolgen und seine Bedeutung für das Bronchialkarzinom erklären
- ☐ den Wandbau von Bronchus, Bronchiolus, Bronchiolus terminalis und respiratorius im Präparat unterscheiden
- ☐ die Zellen der Alveole und die Schichten der Blut-Luft-Schranke nennen und die Rolle des Surfactant erklären
- ☐ die Phasen der Lungenentwicklung ordnen und das Atemnotsyndrom Frühgeborener ableiten

Klausurrelevanz: Frage 28 der Hauptklausur WS 14/15 und über 15 Altklausurfragen – der größte Block des ganzen Themas.

3.1 Lage, Form und Kennzahlen

VL Lungen I · Folie 3–4, 6 · VL Resp. IV+V · Folie 7–8, 10, 12 · VL Übersicht I+II · Folie 18

Klausur Altklausur

→ Quiz 2

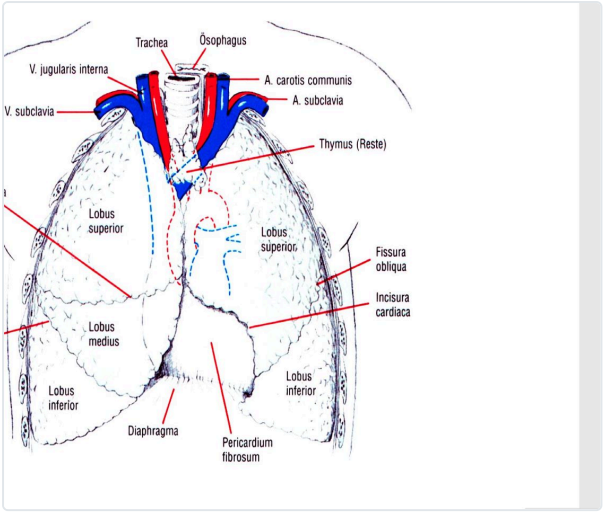
Die beiden Lungen liegen in der Brusthöhle, jede in ihrer eigenen Pleurahöhle, getrennt durch das Mediastinum (→ Kapitel 4). Jede Lunge hat die Form eines abgerundeten Kegels:

- die **Spitze** (Apex pulmonis) ragt über die obere Thoraxapertur hinaus [via medici];
- drei Flächen: **Facies costalis** (zu den Rippen, hinten als Pars vertebralis), **Facies mediastinalis** (mit dem **Hilum**) und **Facies diaphragmatica** (auf dem Zwerchfell);
- zwei Ränder: **Margo anterior** und **Margo inferior**.

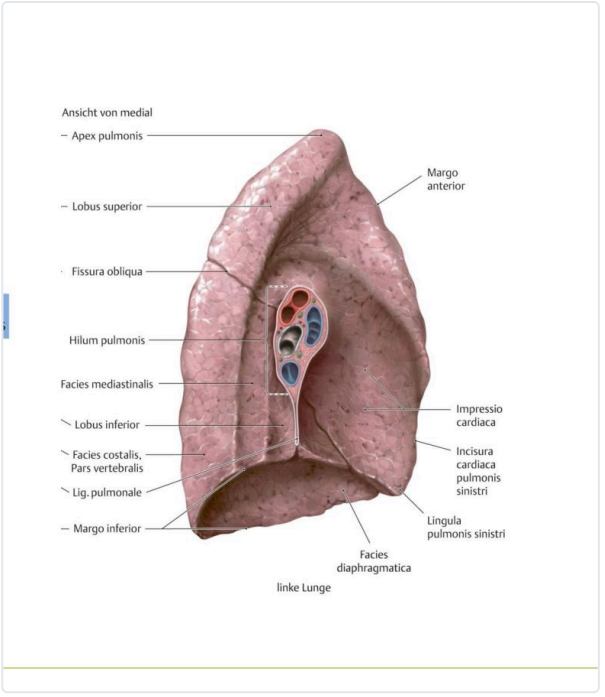
Das Herz liegt links und drückt sich deshalb links stärker ein: Die **Impressio cardiaca** ist links tiefer, der Vorderrand hat dort eine Kerbe, die **Incisura cardiaca**, und darunter einen zungenförmigen Zipfel, die **Lingula**. Vom Hilum zieht nach unten eine Pleurafalte, das **Lig. pulmonale**.

Lappen. Die **rechte Lunge** hat drei Lappen (Lobus superior, medius, inferior), getrennt durch die **Fissura obliqua** und die **Fissura horizontalis** (sie verläuft in Höhe der **4. Rippe**). Die **linke Lunge** hat zwei Lappen (Lobus superior und inferior), getrennt nur durch die Fissura obliqua. Links ist weniger Platz, weil das Herz dort liegt – deshalb ist die linke Lunge kleiner.

Die Zahlen unterscheiden sich je nach Folie: Zähres: ein Lungenflügel ca. **400 g** und 1,4–1,5 l, Austauschfläche ca. **120 m²** bei Inspiration, 300 Mio. Alveolen. Theiß: Volumen 1,5 l rechts und 1,4 l links, Oberfläche ca. **100 m²**, Gewicht ca. **800 g** (gemeint: beide Lungen zusammen). via medici: 60–100 m², 300–400 Mio. Alveolen. → Für die Klausur: **eine Lunge ≈ 400 g, beide ≈ 800 g; Austauschfläche ≈ 100–120 m²; ≈ 300 Mio. Alveolen**.



Lungenlappen von vorne: Fissura horizontalis rechts in Höhe der 4. Rippe, Incisura cardiaca links (VL Lungen I, Folie 4)



Linke Lunge von medial: Hilum, Impressio cardiaca, Lig. pulmonale, Lingula (VL Übersicht I+II, Folie 18)

3.2 Bronchialbaum und Lungensegmente

VL Lungen I · Folie 5–9, 13–15 · VL Resp. IV+V · Folie 9–11, 33–34

Die Lappen sind die makroskopischen Abgrenzungen, die Segmente die funktionellen Einheiten. Das ergibt sich aus dem Bronchialbaum: Der rechte Hauptbronchus teilt sich in **drei** Lappenbronchien, der linke in **zwei**. Jeder Lappenbronchus teilt sich in **Segmentbronchien** – und jeder Segmentbronchus belüftet ein keilförmiges Stück Lunge, das **Lungensegment** (Segmentum bronchopulmonale), mit der Spitze zum Hilum und der Basis zur Oberfläche.

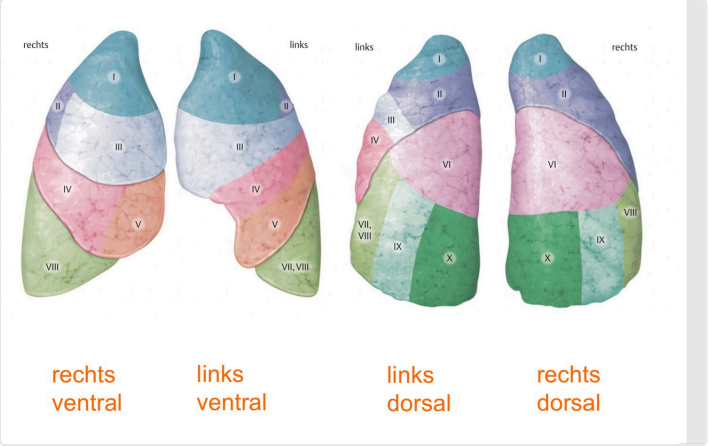
Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 1, 2

	rechte Lunge	linke Lunge
Lobus superior	I apicale · II posterius · III anterius	I+II apicoposterius · III anterius · IV lingulare superius · V lingulare inferius
Lobus medius	IV laterale · V mediale	– (die Lingula entspricht ihm)
Lobus inferior	VI superius · VII basale mediale · VIII basale anterius · IX basale laterale · X basale posterius	VI superius · [VII basale mediale – fehlt meist] · VIII basale anterius · IX basale laterale · X basale posterius

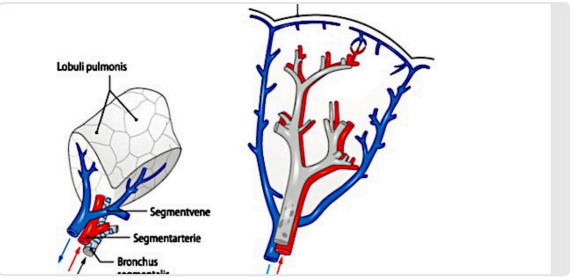
Kurz: **rechts** Oberlappen 1–3, Mittellappen 4–5, Unterlappen 6–10. **Links** Oberlappen 1–5 (4 und 5 sind die Lingula), Unterlappen 6–10, wobei 7 meist fehlt (der Platz geht ans Herz). Links verschmelzen außerdem oft I und II. Die Segmentbronchien tragen dieselben Namen und Nummern (z. B. Bronchus segmentalis apicalis I).

Warum ist ein Segment eine eigene Einheit? Im Zentrum jedes Segments verlaufen der Segmentbronchus und – direkt daneben – der passende Ast der A. pulmonalis. Jedes Segment ist damit ein **bronchoarterielles Segment**, eine voll funktionsfähige, unabhängige Atmungseinheit („bronchoarterielle Einheit"). Die Venen laufen dagegen zwischen den Segmenten (→ 3.4).

Klinik: Deshalb kann man Lungenteile operativ entfernen, ohne die Nachbarn zu schädigen: **Segmentresektion**, **Lappenresektion** (Lobektomie) oder die ganze Lunge (Pneumonektomie). Die Grenzen eines Segments werden sichtbar, wenn man seine Segmentarterie abklemmt. via medici



Lungensegmente von ventral und dorsal (VL Lungen I, Folie 5)



Lungensegment: Segmentbronchus und Segmentarterie zentral, Venen an der Grenze (VL Lungen I, Folie 13)

3.3 Das Lungenhilum

VL Lungen I · Folie 15–17

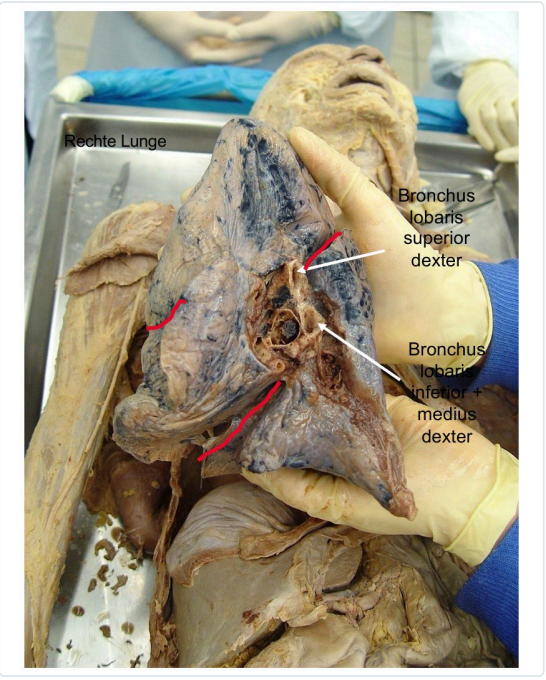
Klausur Altklausur
→ Quiz 3

Am **Hilum** (Lungenpforte) treten Bronchien und Pulmonalgefäße ein und aus, auf Höhe **TH5**. Alles zusammen heißt Lungenwurzel (Radix pulmonis via medici). Die Anordnung zeigt Seitenunterschiede, die gern gefragt werden:

- Die **Vv. pulmonales** liegen beidseits ventrokaudal des Bronchus.
- Rechts teilt sich der **Oberlappenbronchus** sehr früh ab und liegt meist **eparteriell** = über der A. pulmonalis.
- Links liegt der **Hauptbronchus hyparteriell** = unter der A. pulmonalis. Von oben nach unten: **A**rterie – **B**ronchus – **V**ene („ABV").

Warum? Die linke A. pulmonalis muss über den linken Hauptbronchus hinweg, um in die Lunge zu gelangen; rechts zweigt der Oberlappenbronchus schon ab, bevor die Arterie an ihn herankommt.

Am Hilum geht die Pleura visceralis in die Pleura parietalis über. Die Umschlagfalte zieht als **Lig. pulmonale** nach unten.



Rechte Lunge am Präparat, Blick auf das Hilum: Bronchus lobaris superior dexter und Bronchus lobaris medius/inferior dexter (VL Lungen I, Folie 15)

3.4 Zwei Gefäßsysteme: Vasa publica und Vasa privata

VL Lungen I · Folie 11–12, 18, 34 · VL Resp. IV+V · Folie 20, 29–31 · VL Übersicht I+II · Folie 45–46

Klausur Altklausur

→ Quiz 3, 4

Die Lunge hat zwei Kreisläufe, weil sie zwei verschiedene Kunden bedient: den ganzen Körper (Gasaustausch) und sich selbst (Ernährung des Gewebes).

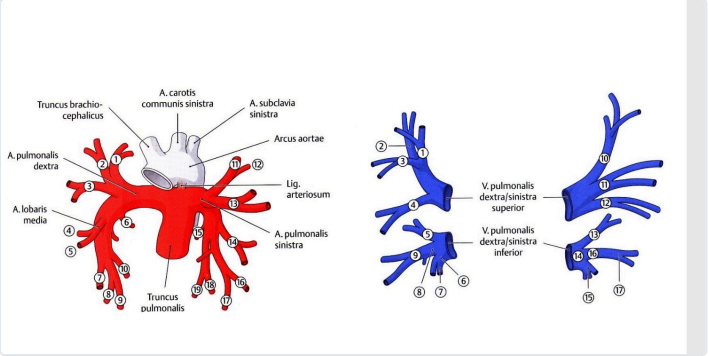
Vasa publica – „öffentlich", für den Körper: die **Aa. und Vv. pulmonales**. Der **Truncus pulmonalis** verlässt die rechte Kammer etwa in Höhe der 3. linken Rippe, umgreift die Aorta ascendens und teilt sich direkt unter dem Aortenbogen (ca. Th4) in A. pulmonalis dextra und sinistra. Die Arterien führen sauerstoffarmes Blut und verzweigen sich mit dem Bronchialbaum, also **intrasegmental**. Die Venen führen sauerstoffreiches Blut und verlaufen **intersegmental**, in den Bindegewebssepten zwischen den Segmenten; meist münden zwei rechte und zwei linke Lungenvenen in den linken Vorhof. via medici

Vasa privata – „privat", für die Lunge selbst:

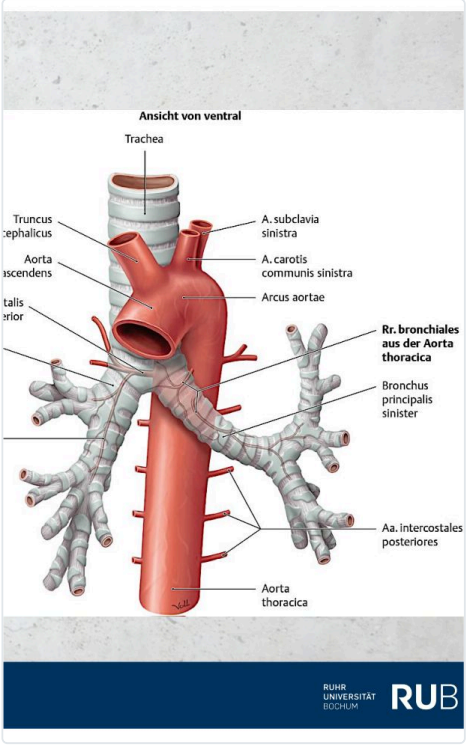
- arteriell: **Rami bronchiales** aus der **Aorta thoracica**, rechts (auch) aus einer A. intercostalis posterior (3. oder 4.); sie ziehen mit dem Bronchialbaum;
- venös: **Vv. bronchiales** – rechts zur **V. azygos**, links zur **V. hemiazygos** (Theiß' Abbildung: V. hemiazygos accessoria) und weiter zur V. azygos; ein Teil fließt in die **Vv. pulmonales**.

Der letzte Punkt erklärt ein Detail aus der Physiologie: Etwas sauerstoffarmes Bronchialvenenblut mischt sich dem frisch oxygenierten Blut der Lungenvenen bei („**Shuntblut**"). Deshalb ist die O_2-Sättigung in den Vv. pulmonales unter 100 %. Zwischen Bronchial- und Pulmonalarterien gibt es außerdem kleine Anastomosen.

Klinik: Lungenembolie: Ein Blutgerinnsel verschließt eine A. pulmonalis. Das Lungengewebe selbst stirbt dabei meist nicht ab – es wird unabhängig über die Rami bronchiales versorgt.



Vasa publica: Arterien (rot gezeichnet, aber sauerstoffarm) laufen mit dem Bronchialbaum, Venen (blau, sauerstoffreich) intersegmental (VL Lungen I, Folie 12)



Vasa privata: Rami bronchiales aus der Aorta, Vv. bronchiales zu V. azygos und hemiazygos (VL Resp. IV, Folie 20)

3.5 Lymphabfluss und Innervation

VL Resp. IV+V · Folie 32–38

→ Teil C

Lymphe. Die Lunge hat zwei Lymphsysteme: ein oberflächliches (subpleurales), das unter der Pleura visceralis beginnt und den Venen in den Septen folgt, und ein tiefes (peribronchiales), das mit den Bronchien läuft. via medici Am Hilum vereinigen sie sich. Der Weg folgt dem Bronchialbaum rückwärts:

> Nodi intrapulmonales → Nodi bronchopulmonales (Hilum) → Nodi tracheobronchiales inferiores und superiores (Bifurkation) → Nodi paratracheales → Truncus bronchomediastinalis → Venenwinkel

Der Truncus bronchomediastinalis mündet rechts und links in den Venenwinkel (rechts über den Ductus lymphaticus dexter, links über den Ductus thoracicus). Zwei Besonderheiten: Die unteren tracheobronchialen Lymphknoten drainieren auch über Lymphbahnen im **Lig. pulmonale** zum Zwerchfell, und ein Teil der Lymphe kreuzt im Mediastinum zur Gegenseite.

Klinik: Hilum- und paratracheale Lymphknoten sind wichtige Filterstationen bei der **Tuberkulose** und beim **Bronchialkarzinom**. Weil die Lymphbahnen kreuzen, kann ein Tumor auch in Lymphknoten der Gegenseite metastasieren (Theiß: „Lymphbahnkreuzung: Metastasierungsweg beim Bronchialkarzinom“). Vergrößerte Hilumlymphknoten verbreitern im Röntgenbild das Hilum. via medici

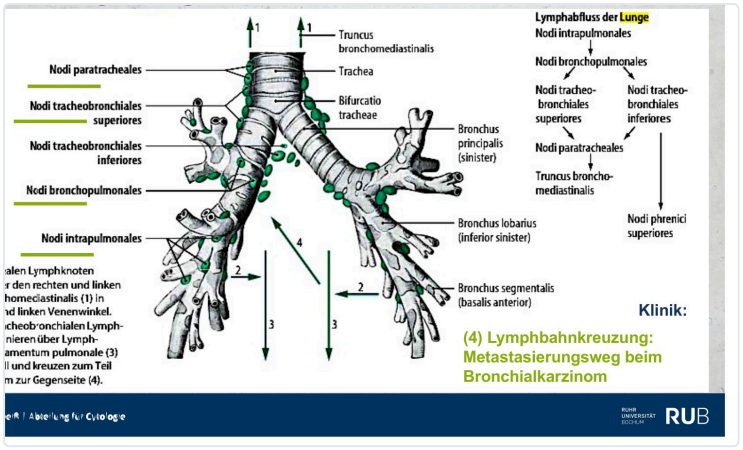
Innervation. Bronchialbaum und Trachea werden vegetativ über den **Plexus pulmonalis** an den Hauptbronchien versorgt:

- **parasympathisch** aus dem **N. vagus** (Rr. bronchiales) → Bronchokonstriktion und Drüsensekretion;

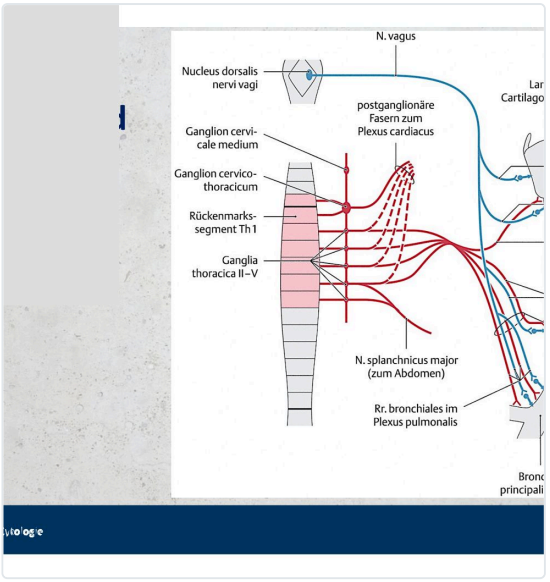
- **sympathisch** aus dem Rückenmarkssegment Th1 und den Grenzstrangganglien (Ganglion cervicothoracicum, Ganglia thoracica II–V) → Bronchodilatation via medici.

Sensible Fasern melden Dehnung und Schmerz und laufen mit dem Vagus zum Atemzentrum (Hering-Breuer-Reflex gegen Überdehnung via medici). Auf Theiß' Abbildung sieht man außerdem den N. splanchnicus major, der aus den Brustganglien zum Bauch zieht, und den N. laryngeus recurrens.

Merke: Sympathikus erweitert die Bronchien (deshalb helfen β_2-Mimetika beim Asthma), Parasympathikus verengt sie.



Lymphknotenstationen von Lunge und Trachea; Lymphbahnkreuzung als Metastasierungsweg (VL Resp. IV, Folie 35)



Innervation von Bronchialbaum und Trachea: N. vagus und Grenzstrang bilden den Plexus pulmonalis (VL Resp. IV, Folie 38)

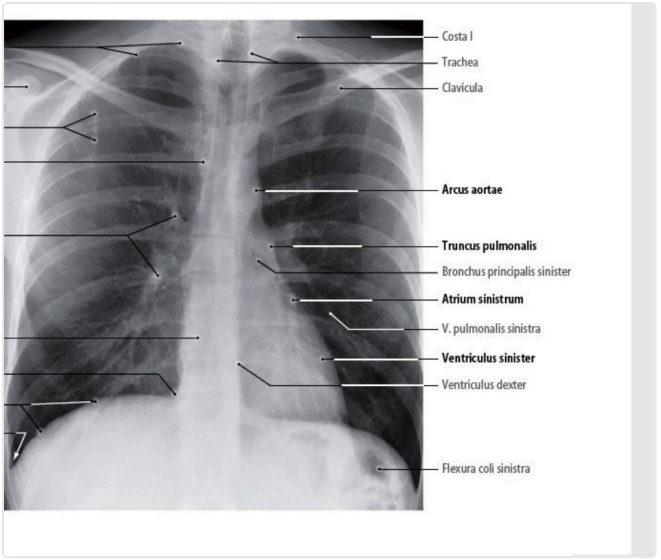
3.6 Die Lunge im Röntgenbild und im CT

VL Lungen I · Folie 19–22 · VL Resp. IV+V · Folie 13–15

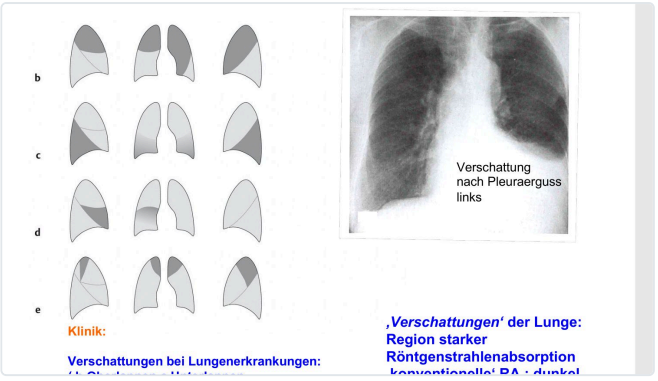
Lungengewebe enthält viel Luft und lässt Röntgenstrahlen gut durch – es erscheint im Röntgenbild dunkel. Hell sind die dichten Strukturen: Rippen, Clavicula, Wirbelsäule, Herz und große Gefäße, das Zwerchfell. Auf Zähres' p.-a.-Aufnahme erkennst du: Costa I, Cupula pleurae, Trachea, Clavicula, Processus coracoideus, Margo medialis scapulae, V. cava superior und Arcus aortae am oberen Mediastinum, das Hilum (Hilus pulmonis), Truncus pulmonalis und linken Hauptbronchus, am Herzrand rechts den rechten Vorhof und die V. cava inferior, links den linken Ventrikel (darüber Vorhof und V. pulmonalis sinistra), das Zwerchfell mit dem Recessus costodiaphragmaticus und darunter links die Luftblase der Flexura coli sinistra.

Verschattungen. Eine „Verschattung" ist eine Region starker Strahlenabsorption – z. B. ein Lungenabschnitt, der mit Flüssigkeit oder Entzündungszellen statt Luft gefüllt ist. Der Name stammt aus der alten Röntgen-Durchleuchtung, auf deren Schirm solche Bereiche dunkel erschienen; im heutigen Röntgenbild sind sie hell. Je nachdem, welcher Lappen betroffen ist, hat die Verschattung eine typische Form (Ober-, Unter-, Mittellappen, apikale Segmente). Zähres zeigt außerdem eine Verschattung nach **Pleuraerguss links**: Die Flüssigkeit sammelt sich unten im Recessus und verwischt den Zwerchfellwinkel (→ 4.5).

CT. Aus Schnittbildern lässt sich der Bronchialbaum dreidimensional rekonstruieren. Im Horizontalschnitt in Höhe von BWK V siehst du: Corpus sterni, Recessus costomediastinalis, Lig. sternopericardiacum, Aorta ascendens, V. cava superior, Truncus pulmonalis mit A. pulmonalis dextra und sinistra, Vv. pulmonales, beide Hauptbronchien, Aa. lobares inferiores, Ösophagus, Aorta thoracica und dorsal den Recessus mediastinovertebralis. Theiß zeigt dazu ein CT bei SARS-CoV-2-Pneumonie mit fleckigen Verdichtungen.



Thorax-Röntgenbild p.-a. mit Beschriftung (VL Lungen I, Folie 19)



Verschattungsmuster einzelner Lappen und Verschattung nach Pleuraerguss links (VL Lungen I, Folie 20)

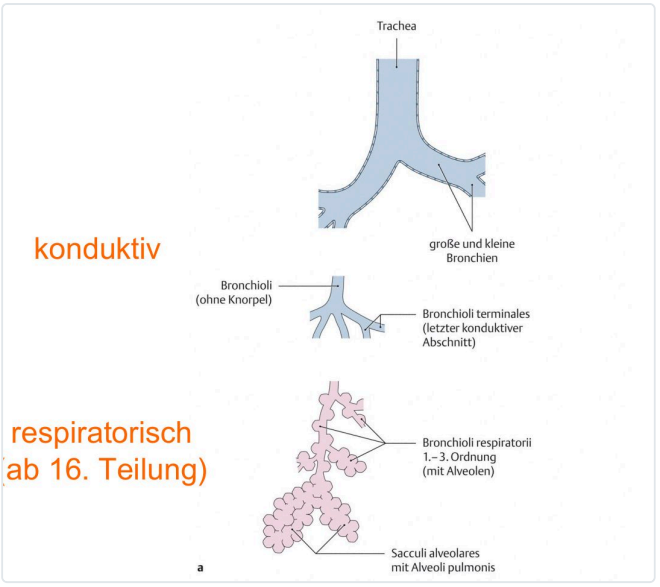
3.7 Was der Bronchialbaum leistet

VL Lungen I · Folie 10 · Histoskript S. 14

Der Bronchialbaum ist mehr als ein Rohr. Zähres nennt seine Funktionen: **Lufttransport** zur Austauschfläche (ca. 120 m^2 bei Inspiration); **Reinigung** durch die mukoziliäre Clearance; **Wasserdampfsättigung** der Luft durch die Glandulae bronchiales; **Aufwärmung** durch einen venösen Plexus.

Klinik: Bei der **zystischen Fibrose** (Mukoviszidose) ist die mukoziliäre Clearance gestört: Durch eine Mutation im **CFTR-Kanal für Cl^--Ionen** wird u. a. das Bronchialsekret zähflüssig und bleibt liegen. Beim **Raucherhusten** nehmen die Schleimzellen zu und die ziliäre Aktivität ab – mehr Schleim, schlechterer Abtransport.

Info: Das Histoskript zeigt als Kurspräparat 10 eine **chronisch fibrosierende Bronchitis**: erweiterte, mit Schleim gefüllte Bronchiolen (**Bronchiolektasen** mit Sekretstau, durchsetzt von Granulozyten und Makrophagen), umgeben von lymphatischen Infiltraten; in der Mitte ist die Entzündung abgeklungen und Kollagen hat das Parenchym als Narbe ersetzt (irreversible **Lungenfibrose**). Prall gefüllte Kapillaren weisen auf eine Linksherzinsuffizienz mit Rückstau in die Lunge hin. Die geordnete Struktur der elastischen Fasern und glatten Muskelzellen ist aufgehoben.



Bronchialbaum: konduktiver Teil bis zu den Bronchioli terminales, respiratorischer Teil ab der 16. Teilung (VL Lungen I, Folie 23)

3.8 Wandbau vom Bronchus zur Alveole

VL Lungen I · Folie 23–33, 44 · Histoskript S. 8–10

Je weiter du in den Bronchialbaum hineingehst, desto dünner wird die Wand. Drei Regeln erklären fast alles:

1. **Knorpel** braucht nur, was nicht kollabieren darf und groß ist: Trachea (Spangen) → Bronchien (unregelmäßige Knorpelplatten) → ab den Bronchiolen kein Knorpel mehr. Bronchiolen werden stattdessen durch den Zug der elastischen Fasern offen gehalten.
2. **Drüsen und Becherzellen** bilden Schleim; den braucht man nur, solange es Zilien gibt, die ihn wegtragen. Seromuköse Drüsen gibt es deshalb bis zu den Bronchien, Becherzellen bis in die Bronchiolen – in den Bronchioli terminales fehlen beide.
3. **Das Epithel wird niedriger**: mehrreihig hochprismatisch mit Kinozilien → einschichtig prismatisch → kubisch fast ohne Kinozilien → in den Alveolen flach.

Abschnitt	Ø	Epithel	Wand
Larynx	ca. 4 cm	respiratorisch; Stimmfalte mehrschichtig unverhornt	komplexes Kehlkopfskelett, quergestreifte Muskulatur
Trachea	ca. 1,5 cm	respiratorisch, seromuköse Gll. tracheales	ca. 20 hufeisenförmige hyaline Knorpelspangen, dorsal Paries membranaceus mit glatter Muskulatur
Bronchien (mittel/klein)	ca. 10–2 mm	respiratorisch, Becherzellen, seromuköse Gll. bronchiales	Schlauch aus netz- und ringförmigen glatten Muskelbündeln unter der ganzen Mukosa; außen einzelne hyaline Knorpelplatten
Bronchiolen	ca. 1–0,4 mm	einschichtig prismatisch mit Flimmer- und Club-(Clara-)Zellen	glatte Muskulatur, **keine Drüsen, kein Knorpel**
Bronchioli terminales	–	kubisch, kaum Kinozilien, **keine Becherzellen**, Club-Zellen	elastische Fasern halten offen – letzter rein luftleitender Abschnitt
Bronchioli respiratorii (1.–3. Ordnung)	ca. 0,2–0,15 mm	prismatisch bis kubisch, viele zilienlose Zellen, Club-Zellen, einzelne Flimmerzellen und Pneumozyten II	einzelne **Alveolen** in der Wand – erster Gasaustausch
Ductus und Sacculi alveolares	–	Alveolarepithel (Pneumozyten I und II)	Wand nur noch aus Alveolen; glatte Muskelzellen und elastische Fasern knopfartig in den Randringen der Septen

Aufgabenskript A. 57–65, 68
Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 5–7, 10

Bronchus. Die Schleimhaut liegt durch die glatte Muskulatur (M. bronchialis, in Scherengitter-Anordnung) oft in Falten und umgibt das Lumen sternförmig – im Präparat eine postmortale Kontraktion. Außen liegen die hyalinen Knorpelplatten und, außerhalb von ihnen, die seromukösen **Bronchialdrüsen** (seröse Endstücke mit antibakteriellen Enzymen, muköse Endstücke und ein Gang mit eosinophilen, mitochondrienreichen Zellen). Zwischen Muskel- und Knorpelschicht laufen Nervenfaserbündel. Neben jedem Bronchus liegt seine **Begleitarterie** (Ast der A. pulmonalis, Arterie vom elastischen Typ); kleine Äste der A. bronchialis (Vasa privata) liegen in der Bronchuswand.

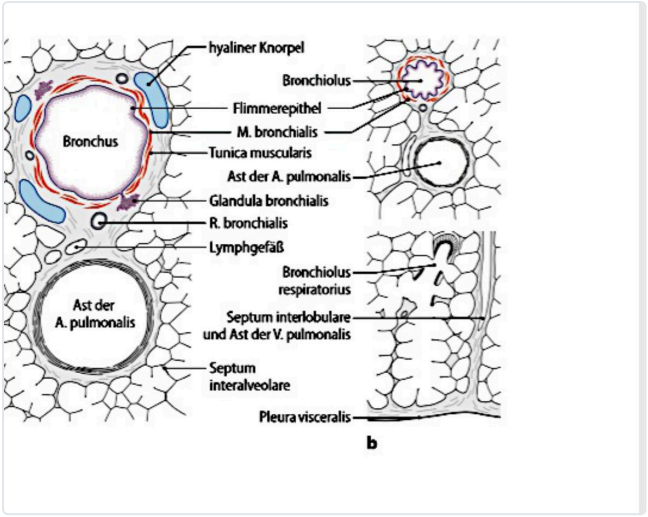
Bronchiolus. Größere Bronchiolen tragen zweireihiges, kleinere einreihiges Flimmerepithel. Ab den **Bronchioli terminales** tauchen die **Club-Zellen** (Keulenzellen, früher Clara-Zellen) auf: zilienlose Zellen, die sich keulenförmig ins Lumen vorwölben. Sie bilden ein seröses Sekret mit Bestandteilen des Surfactant (Surfactantproteine SP-A und SP-D, Club-Zell-Protein CC10/CCSP via medici), das Entzündungen dämpft.

Bronchiolus respiratorius – die erste Station mit Gasaustausch: isoprismatisches, fast zilienfreies Epithel mit Club-Zellen, einzelne Alveolen in der Wand. Er teilt sich in die **Ductus alveolares**, deren Wand ganz aus Alveolen besteht, und diese enden in den **Sacculi alveolares**. Alle Lufträume hinter einem Bronchiolus terminalis bilden einen Azinus. via medici

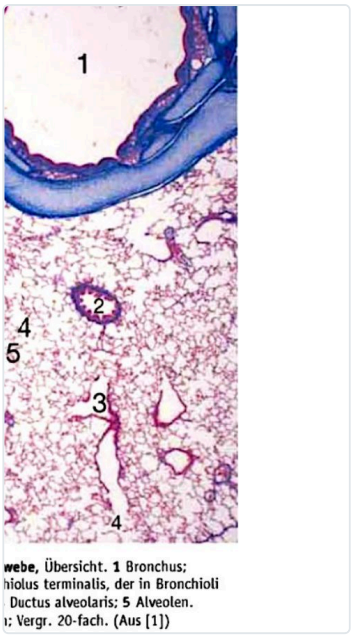
Lage der Leitungsbahnen im Präparat (Aufgabenskript): Bronchus, Ast der A. pulmonalis und Nerven verlaufen zusammen im Zentrum (intrasegmental bzw. im Läppchenzentrum); die Äste der V. pulmonalis liegen außen in den Septen (interlobulär/intersegmental).

Wer macht den Surfactant? Zähres schreibt auf Folie 29 „Clara/Club-Zellen: Surfactant Produktion“. Den Surfactant-Film der Alveolen bilden aber die **Pneumozyten Typ II** (Folie 38–39, Histoskript S. 10); die Club-Zellen geben nur Surfactant-Proteine (SP-A, SP-D) und CCSP ab. → Für die Klausur: Surfactant = Pneumozyt Typ II; Club-Zellen = CCSP und Opsonine (so auch die Zuordnung in Aufgabe 65).

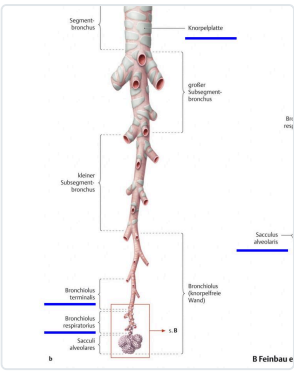
Klinik: Karzinogene Noxen (z. B. Benzopyren im Tabakrauch) → **Plattenepithelhyperplasie** bzw. -metaplasie → **Bronchialkarzinom**.



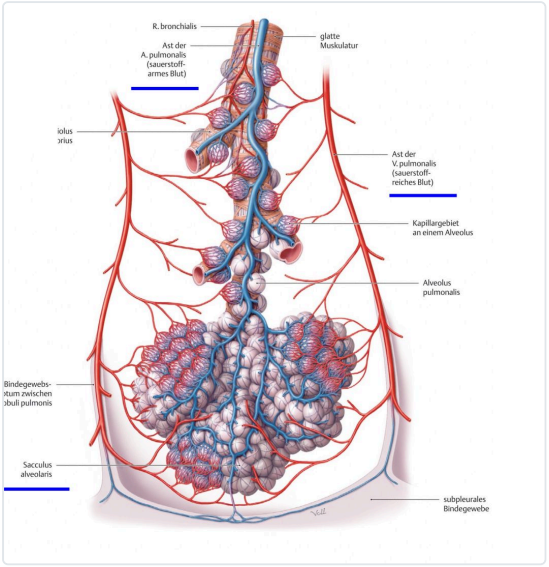
Bronchus (mit Knorpel, Drüsen, Begleitarterie) und Bronchiolus im Vergleich (VL Lungen I, Folie 27)



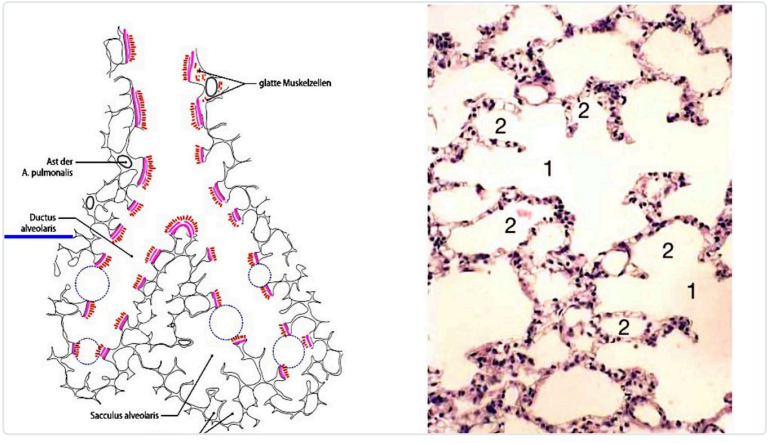
Lungengewebe: 1 Bronchus, 2 Bronchiolus, 3 Bronchiolus terminalis, 4 Ductus alveolaris, 5 Alveolen; Azan (VL Lungen I, Folie 28)



Vom Segmentbronchus zum Sacculus alveolaris (VL Lungen I, Folie 24)



Bronchiolus respiratorius mit Alveolen, Ästen der A. pulmonalis und Kapillarnetz bis zu den Sacculi alveolares (VL Lungen I, Folie 31)



Ductus alveolaris: Schema mit glatten Muskelzellen an den Alveoleneingängen und Histologie (1 Ductus alveolaris, 2 Alveolen; HE) (VL Lungen I, Folie 32)

3.9 Die Alveole und die Blut-Luft-Schranke

VL Lungen I · Folie 35–45, 51 · Histoskript S. 10–13

Aufgabenskript A. 63–66

Klausur Altklausur

→ Quiz 8

Die Alveolen sind mit zwei Zelltypen ausgekleidet:

	Pneumozyt Typ I	Pneumozyt Typ II
andere Namen	kleine Alveolarzelle, **Deckzelle**	große Alveolarzelle, **Nischenzelle**
Form	**ganz flach**, lange dünne Zytoplasmafortsätze	kubisch, sitzt in Nischen; helle Einschlüsse (**Lamellenkörperchen**)
Anteil	ca. 90 % der Oberfläche, aber nur 40 % der Zellen	ca. 10 % der Oberfläche, aber 60 % der Zellen
Aufgabe	bildet die Blut-Luft-Schranke	bildet **Surfactant**; teilungsfähig – **regeneriert die Typ-I-Zellen**

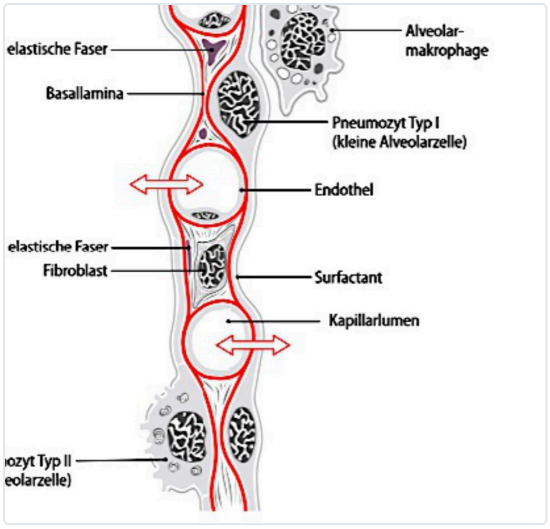
Dazu kommen die **Alveolarmakrophagen** (Staubzellen) im Lumen oder an der Wand, oft mit bräunlichen Einschlüssen. Sie reinigen die Alveolen von Feinstaub und Keimen. Phagozytieren sie lange Asbest oder Quarzstaub, entsteht eine chronische Entzündung im Interstitium und daraus eine **Lungenfibrose**; außerdem treten gehäuft Karzinome auf. Bei Herzinsuffizienz enthalten sie Hämosiderin aus übergetretenen Erythrozyten (**Herzfehlerzellen** via medici). In der Wand zwischen den Alveolen (Septum interalveolare) liegt das **Interstitium** mit Fibrozyten, Kollagen, elastischen Fasern und den Kapillaren (geschlossenes Endothel, geschlossene Basallamina).

Surfactant (Phospholipide und Proteine) setzt die Oberflächenspannung der Alveolen herab. Ohne ihn würde die Spannung des Wasserfilms die kleinen Alveolen zusammenziehen; mit ihm dehnen sie sich beim Einatmen leichter aus.

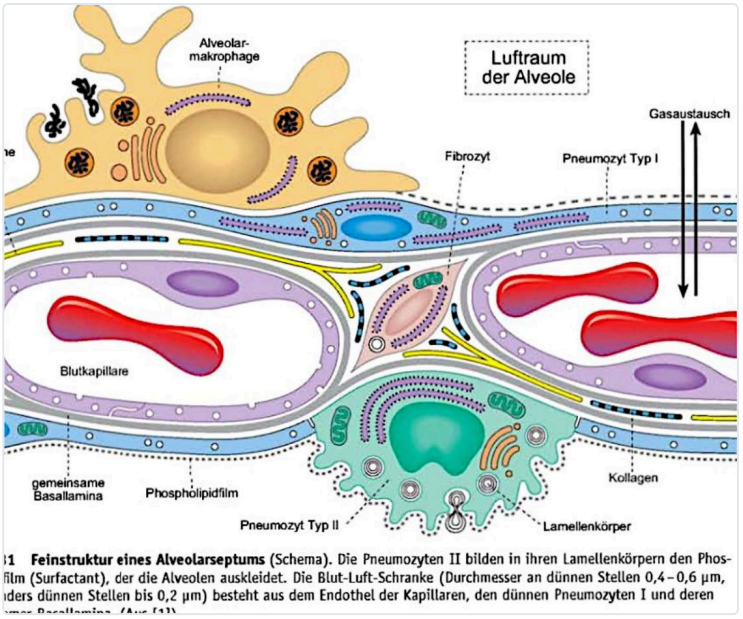
Blut-Luft-Schranke. Sauerstoff aus der Alveolarluft muss bis zum Hämoglobin folgende Schichten passieren:

> Surfactant + Wasserschicht → Pneumozyt Typ I → gemeinsame Basallamina (von Alveolarepithel und Endothel verschmolzen) → Kapillarendothel → Blutplasma → Erythrozytenmembran

Die eigentliche Schranke ist an den dünnen Stellen nur **0,4–0,6 µm** dick, an besonders dünnen Stellen bis **0,2 µm** – deshalb geht die Diffusion so schnell. CO_2 geht den umgekehrten Weg (im Blut großteils als HCO_3^- transportiert).



Alveolarseptum: Pneumozyt I und II, Alveolarmakrophage, Surfactant, Kapillare, elastische Fasern (VL Lungen I, Folie 35)



Feinstruktur der Blut-Luft-Schranke; Pneumozyten II bilden Surfactant in Lamellenkörpern (VL Lungen I, Folie 41)

Im Kurs sind Pneumozyt I und II am besten im **Semidünnschnitt** (Präparat 47, Katze, Toluidinblau) zu erkennen: flache Deckzellen und größere Nischenzellen mit hellen Einschlüssen; die freien Septenränder sind knopfartig verdickt (elastische Fasern, glatte Muskelzellen). Im TEM (Photomappe 66/67) siehst du das Lamellenkörperchen im Pneumozyten II, den Alveolarmakrophagen, die Kapillare mit Erythrozyt und die gemeinsame Basallamina, die sich zur Seite in die eigene Basallamina von Endothel und Pneumozyt I aufspaltet.

Klinik: Werden die **elastischen Fasern** weniger, fehlt die Rückholkraft bei der Ausatmung – die Alveolen bleiben überbläht: **Lungenemphysem**. Die **COPD** (chronisch obstruktive Lungenerkrankung) ist eine dauerhafte Entzündung bis in die Alveolen (durch Rauchen, Luftverschmutzung, Infektionen); Leitsymptome „AHA“: **A**temnot, **H**usten, **A**uswurf; 3–5 Millionen Patienten in Deutschland.

Info: Das Coronavirus **SARS-CoV-2** (Covid-19; (+)ssRNA-Genom) bindet mit seinem Spike-Glykoprotein (S) an den **ACE2-Rezeptor** auf Pneumozyten und respiratorischem Epithel. Nachgewiesen werden Pneumozyten II z. B. immunhistochemisch über Zytokeratin 19. Neue Daten zur Regeneration: **bronchioalveoläre Stammzellen** (BASCs, $CCSP^+/SPC^+$) am Übergang Bronchiolus–Alveole sind eine Hauptquelle für die Erneuerung des distalen Lungenepithels (Club-Zellen $CCSP^+$, AT2-Zellen SPC^+).

3.10 Die Entwicklung der Lunge

VL Lungen I · Folie 46–50 · Histoskript S. 7

Herkunft der Gewebe. Das **Epithel** von Larynx, Trachea und Bronchien stammt aus dem **Endoderm des Vorderdarms**. Aus dem Kiemenbogenmesoderm entstehen Knorpelskelett und quergestreifte Muskulatur des Kehlkopfs und Blutgefäße, aus dem viszeralen Mesoderm Tracheal- und Bronchialknorpel, die glatte Muskulatur und Blutgefäße. Die vegetativen Neurone in der Wand stammen aus dem **Ektoderm** (Neuralleiste).

Lungenknospe. In der 3.–4. Woche stülpt sich der ventrale Vorderdarm als Laryngotrachealrinne aus. via medici Das **Septum oesophagotracheale** trennt die Anlage von Trachea (vorne) und Ösophagus (hinten). Die Lungenknospe teilt sich in zwei Knospen, rechts dann in drei, links in zwei Lappenknospen – das erklärt 3 bzw. 2 Lappen. Insgesamt folgen etwa **23 dichotome Teilungen**. Die Knospen wachsen in die Leibeshöhle vor und schieben das viszerale Mesoderm vor sich her: Daraus wird die **Pleura visceralis**, aus dem parietalen Mesoderm die **Pleura parietalis**, dazwischen bleibt die Pleurahöhle.

Klinik: Bleibt die Trennung unvollständig, entsteht eine **ösophagotracheale Verbindung** (Fistel): Der Säugling „atmet" Milch ein → operativer Verschluss.

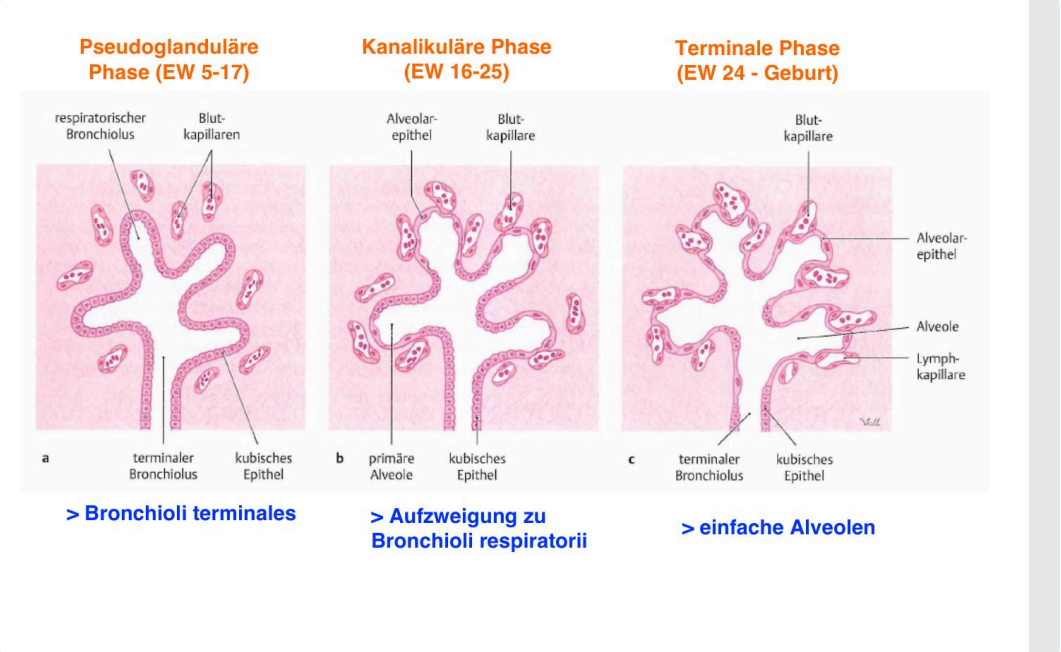
Aufgabenskript A. 49–56
Klausur Altklausur
→ Quiz 9

Phase	Zeit	was passiert
pseudoglandulär	5.–17. EW	Aufzweigung bis zu den **Bronchioli terminales**; noch keine Bronchioli respiratorii, keine Alveolen – die Lunge sieht aus wie eine Drüse
kanalikulär	16.–25. EW	Bronchioli terminales teilen sich in **Bronchioli respiratorii**, diese in Ductus alveolares; Kapillaren lagern sich an
terminal (sakkulär)	24. EW – Geburt	**einfache Alveolen** bekommen Kontakt zu Kapillaren; Pneumozyten I und II differenzieren sich; Lunge beschränkt atemfähig. Bis zur Geburt entstehen **15–20 %** der Alveolen
alveolär	Geburt – ca. 8.–10. Lebensjahr	starke Zunahme der Alveolenzahl (**80–85 %** der 300 Mio. Alveolen entstehen erst jetzt), reife Blut-Luft-Schranke

Das Histoskript nennt fünf Phasen: **embryonal** (Lungenknospe) – pseudoglandulär – kanalikulär – **sakkulär** (= Zähres' terminale Phase) – alveolär. Das Kurspräparat 5 zeigt die kanalikuläre Phase: Das Organ wirkt wie eine in Läppchen gegliederte exokrine Drüse, umgeben von der Pleura visceralis (Mesothel + Subserosa); Bronchien mit fetalem Knorpel und hochprismatischem Flimmerepithel, Aussackungen mit kubischem Epithel, Kapillaren daran, viele Lymphgefäße im Interstitium.

Geburt. Bis zur Geburt ist die Lunge mit Amnionflüssigkeit und Bronchialsekret gefüllt. Mit dem ersten Atemzug entfalten sich die Alveolen, und Luft ersetzt die Flüssigkeit. Das gelingt nur, wenn genug Surfactant da ist.

Klinik: Fehlt Surfactant (angeborener Mangel, v. a. bei Frühgeborenen, deren Pneumozyten II noch unreif sind), bleiben die Alveolen kollabiert: **RDS** (Respiratory Distress Syndrome, Atemnotsyndrom des Neugeborenen).



Alveolenbildung: pseudoglanduläre (EW 5–17), kanalikuläre (EW 16–25) und terminale Phase (EW 24 – Geburt) (VL Lungen I, Folie 48)

3.11 Kurz gesagt – das Kapitel auf einer Seite

1. Rechts 3 Lappen (Fissura obliqua + horizontalis in Höhe der 4. Rippe), links 2 Lappen mit Lingula; je 10 Segmente, links fehlt meist VII.
2. Jedes Segment ist eine bronchoarterielle Einheit: Bronchus und Arterie im Zentrum, Venen intersegmental – deshalb sind Segmentresektionen möglich.
3. Hilum in Höhe TH5; rechts Oberlappenbronchus eparteriell, links Hauptbronchus hyparteriell („ABV“), Venen ventrokaudal.
4. Vasa publica (Aa./Vv. pulmonales) dienen dem Gasaustausch, Vasa privata (Rr. bronchiales aus der Aorta, Vv. bronchiales zu Azygos/Hemiazygos) ernähren die Lunge.
5. Lymphe: intrapulmonal → bronchopulmonal → tracheobronchial → paratracheal → Truncus bronchomediastinalis; Kreuzung zur Gegenseite; Vagus verengt, Sympathikus erweitert die Bronchien.
6. Ab den Bronchiolen kein Knorpel und keine Drüsen, ab den Bronchioli terminales keine Becherzellen, dafür Club-Zellen; Bronchioli respiratorii tragen die ersten Alveolen.
7. Pneumozyt I bildet die Blut-Luft-Schranke (bis 0,2 µm), Pneumozyt II den Surfactant; die meisten Alveolen entstehen erst nach der Geburt, Surfactantmangel führt zum RDS.

3.12 Gefäße, Lymphe und Nerven der Lunge auf einen Blick

System	Herkunft / Ziel	Verlauf	Funktion
Aa. pulmonales	Truncus pulmonalis (rechter Ventrikel)	mit dem Bronchialbaum (intrasegmental)	sauerstoffarmes Blut zum Gasaustausch
Vv. pulmonales	→ linker Vorhof	zwischen den Segmenten (intersegmental)	sauerstoffreiches Blut zum Körper
Rr. bronchiales	Aorta thoracica, rechts A. intercostalis post. (3./4.)	mit dem Bronchialbaum	Vasa privata, Ernährung
Vv. bronchiales	→ V. azygos (rechts), V. hemiazygos (links), z. T. Vv. pulmonales	peribronchial	Shuntblut → Sättigung < 100 %
Lymphe	Nll. intrapulmonales → bronchopulmonales → tracheobronchiales → paratracheales	subpleural + peribronchial	TB, Bronchialkarzinom; Kreuzung
Plexus pulmonalis	N. vagus + Grenzstrang (Th1, Ganglia thoracica II–V)	an den Hauptbronchien	Vagus eng, Sympathikus weit

Quiz

Beantworte alles zuerst ohne Nachschlagen. Die Lösungen mit Begründung stehen auf der Seite danach.

Teil A · Erklär es dir selbst

Sag oder schreib die Antwort in zwei, drei Sätzen. Das ist schwerer als Ankreuzen – und genau deshalb bleibt es hängen.

1. Warum kann man ein einzelnes Lungensegment entfernen, ohne die Nachbarsegmente zu gefährden?

2. Warum führen die Pulmonalarterien sauerstoffarmes Blut, die Bronchialarterien aber sauerstoffreiches?

3. Erkläre, warum die Wand der Bronchioli keinen Knorpel braucht.

4. Beschreibe die Blut-Luft-Schranke von der Alveole bis zum Hämoglobin.

5. Warum haben Frühgeborene oft ein Atemnotsyndrom?

6. Warum kann ein Bronchialkarzinom auch in Lymphknoten der Gegenseite metastasieren?

Teil B · Echte Klausurfragen

Alle Fragen stammen aus den Anatomie-III-Hauptklausur WS 14/15 (offizieller Lösungsbogen) und den Altklausurfragen der Fachschaft.

1. WS 14/15 Welche Aussage ist falsch?
   - A. In der rechten Lunge liegen die Segmente 1 bis 4 im Lobus superior.
   - B. In der linken Lunge liegen die Segmente 4 und 5 im Lobus superior.
   - C. Die Hauptbronchien zeigen ein mehrreihiges Flimmerepithel.
   - D. Im Epithel der Bronchioli terminales fehlen die Becherzellen.
   - E. Die Erbkrankheit Mukoviszidose beruht auf einem Defekt der Chlorid-Kanäle, die für die Verdünnung und den Abtransport von Schleim notwendig sind.
2. Altklausur Welche Aussage zur Lunge ist nicht richtig?
   - A. Jedes Lungensegment ist als bronchoarterielles Segment eine funktionsfähige Atmungseinheit.
   - B. Der Lobus medius der rechten Lunge enthält die Segmente 4–5.
   - C. Der Lobus inferior der linken Lunge enthält die Segmente 1–3.
   - D. Die rechte Lunge kennzeichnet drei Lappen.
   - E. Die Fissura obliqua trennt in der rechten Lunge den Lobus medius vom Lobus inferior.

3. Altklausur Welche Aussage zur Lunge ist falsch?
   A. Die Vv. pulmonales verlaufen „intersegmental“ (zwischen dem Bronchialbaum).
   B. Die Rami bronchiales verlaufen mit dem Bronchialbaum.
   C. Der rechte Oberlappenbronchus liegt meist „hyparteriell“ (unter der A. pulmonalis dextra).
   D. Das Lungenhilum liegt in Höhe TH5.
   E. Die Vv. bronchiales dextrae münden in die V. azygos.

4. Altklausur Welche Aussage zur Lunge ist falsch?
   A. Die Grenze zwischen Lobus superior und Lobus medius der rechten Lunge verläuft in der Höhe der 4. Rippe.
   B. Die Rami bronchiales verlaufen mit dem Bronchus segmentalis.
   C. Der rechte Oberlappenbronchus liegt meist eparteriell, d. h. über der A. pulmonalis dextra.
   D. Die Segmentvenen verlaufen meist ‚intersegmental‘, d. h. zwischen dem Bronchialbaum.
   E. Die Vv. bronchiales dextrae münden in die V. hemiazygos.

5. Altklausur In welchem Abschnitt des Bronchialsystems finden sich seromuköse Drüsen?
   A. Bronchioli
   B. Segmentbronchien
   C. Bronchioli respiratorii
   D. Bronchioli terminales
   E. Ductus alveolares

6. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. In den Segmentbronchien finden sich keine glatten Muskelzellen.
   B. Bronchioli terminales zeigen ein einschichtiges prismatisches Flimmerepithel.
   C. Bronchioli kennzeichnen einzelne Knorpelplättchen.
   D. Im Epithel der Bronchioli respiratorii liegen Becherzellen.
   E. Die Knorpelspangen der Trachea bestehen aus elastischem Knorpel.

7. Altklausur Welche Aussage zum Respirationstrakt ist richtig?
   A. Die Trachea ist ein zirka 18 cm langes Rohr.
   B. In der Schleimhaut der Trachea sind keine Drüsen vorhanden.
   C. Die Muskulatur in den Bronchioli respiratorii ist quergestreift.
   D. Die Bronchioli respiratorii zeigen hyaline Knorpelstücke.
   E. Im Epithel der Bronchioli respiratorii finden sich distal keine Kinozilien.

8. Altklausur Welche Aussage ist nicht richtig?
   A. Die Pneumozyten Typ I werden auch als Deckzellen bezeichnet.
   B. Die Pneumozyten Typ II produzieren Surfactant.
   C. Pneumozyten Typ II sind große, flache Zellen.
   D. Pneumozyten Typ II sind teilungsfähig.
   E. Pneumozyten Typ II bedecken nur einen kleinen Teil der Alveolaroberfläche.

9. Altklausur In welcher Entwicklungsphase werden beim Menschen die meisten Alveolen entwickelt?
   A. 5.–17. Entwicklungswoche
   B. 16.–25. Entwicklungswoche
   C. 24. Entwicklungswoche bis 8. Fetalmonat
   D. 8. bis 9. Fetalmonat
   E. Geburt bis 10. Lebensjahr

10. Altklausur Welche Aussage zu Bronchien und Lungen ist nicht richtig?
    A. Die Bronchien kleidet ein mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel aus.
    B. Der rechte Hauptbronchus ist steiler als der linke.
    C. Nahe der Lungenpforte schlägt die Pleura visceralis in die Pleura parietalis um.
    D. Lungensegmente werden nach Abklemmen von Segmentarterien sichtbar.
    E. Jeder Segmentbronchus ist einem Lungensegment zugeordnet.

Teil C · Richtig oder falsch?

Aussagen aus Altklausuren, Folien und Histoskript.

1. „Bei parasympathischer Aktivierung kommt es über den Plexus pulmonalis zur Erweiterung der Bronchien.“
   richtig ☐ · falsch ☐
2. „Hilumlymphknoten sind wichtige Filterstationen beim Bronchialkarzinom.“ richtig ☐ · falsch ☐
3. „In den Bronchioli respiratorii sind keine Becherzellen zu finden.“ richtig ☐ · falsch ☐
4. „Die O_2-Sättigung in den Vv. pulmonales beträgt genau 100 %.“ richtig ☐ · falsch ☐
5. „Club-Zellen sind zilienlose Zellen der Bronchioli terminales und respiratorii.“ richtig ☐ · falsch ☐

Lösungen

Teil A · Musterantworten

1. Jedes Segment hat zentral seinen eigenen Bronchus und seine eigene Arterie (bronchoarterielle Einheit); nur die Venen liegen an den Grenzen. Bindet man Bronchus und Arterie ab, ist nur dieses Segment betroffen (3.2).
2. Pulmonalarterien kommen aus der rechten Kammer und bringen venöses Blut zum Gasaustausch (Vasa publica); Bronchialarterien kommen aus der Aorta und ernähren das Lungengewebe (Vasa privata) (3.4).
3. Sie werden durch den radialen Zug der elastischen Fasern des umgebenden Lungengewebes offen gehalten; Knorpel brauchen nur die großen Atemwege (3.8).
4. Surfactant und Wasserfilm – Pneumozyt Typ I – gemeinsame Basallamina – Kapillarendothel – Plasma – Erythrozytenmembran; an dünnen Stellen nur 0,2–0,6 µm (3.9).
5. Pneumozyten II reifen erst spät (terminale Phase) und bilden vorher zu wenig Surfactant; ohne Surfactant ist die Oberflächenspannung zu hoch, die Alveolen entfalten sich nicht (3.10).
6. Die Lymphe der unteren tracheobronchialen Knoten kreuzt teilweise im Mediastinum zur Gegenseite (3.5).

Teil B · Klausurfragen

1. **A** – Der rechte Oberlappen hat nur die Segmente 1–3; 4 und 5 bilden den Mittellappen (3.2). B stimmt: Links gehört die Lingula (4, 5) zum Oberlappen. Eine ähnliche Frage fragte „links Segmente 5 und 6 im Oberlappen“ – falsch, 6 ist Unterlappen.
2. **C** – Der Unterlappen enthält 6–10 (links ohne 7) (3.2). E stimmt: Rechts trennt die Fissura obliqua Ober- und Mittellappen vom Unterlappen.
3. **C** – Rechts eparteriell, links hyparteriell (3.3). Die Frage kam mehrfach, auch umgekehrt („rechts eparteriell“ als richtige Aussage).
4. **E** – Rechts münden die Vv. bronchiales in die V. azygos, links in die hemiazygos (3.4). A stimmt: Fissura horizontalis in Höhe der 4. Rippe (3.1).
5. **B** – Drüsen gibt es bis zu den Bronchien; ab den Bronchiolen fehlen sie (3.8).
6. **B** – Laut Schlüssel B: einschichtig prismatisches Epithel mit Flimmer- und Club-Zellen (Zähres' Tabelle, 3.8; das Histoskript nennt es „kubisch“ – im Zweifel die Antwort, deren andere Optionen eindeutig falsch sind). Bronchioli haben keinen Knorpel (C), Bronchioli respiratorii keine Becherzellen (D), die Trachealspangen sind hyalin (E).
7. **E** – Das Epithel wird distal fast zilienfrei (3.8). Die Muskulatur im Bronchialbaum ist immer glatt (C); quergestreift ist nur der Kehlkopf. Eine Variante fragte „Bronchioli respiratorii zeigen keine hyalinen Knorpelstücke“ – richtig.
8. **C** – Flach sind die Typ-I-Zellen; Typ II ist groß, aber kubisch (Nischenzelle) (3.9).
9. **E** – 80–85 % der Alveolen entstehen erst in der alveolären Phase nach der Geburt (3.10). A ist pseudoglandulär, B kanalikulär.
10. **A** – Bronchien tragen respiratorisches Flimmerepithel; Plattenepithel ist dort nur eine Metaplasie bei Rauchern (3.8, 2.8).

Teil C · Richtig oder falsch?

1. **falsch** – Der Parasympathikus (Vagus) verengt die Bronchien; erweitert wird über den Sympathikus (3.5).
   (Altklausur)

2. **richtig** – Ebenso bei der Tuberkulose (3.5). (Altklausur)
3. **richtig** – Becherzellen enden vor den Bronchioli terminales (3.8). (Altklausur)
4. **falsch** – Ein Teil der Vv. bronchiales mündet in die Vv. pulmonales – Shuntblut senkt die Sättigung unter 100 % (3.4). (VL Resp. IV, Folie 20)
5. **richtig** – Sie wölben sich keulenförmig ins Lumen und bilden CCSP und Surfactant-Proteine (3.8). (Histoskript S. 9)

Thorax, Pleura, Mediastinum, Zwerchfell und Atemmechanik

Die Lunge kann sich nicht selbst bewegen. Dieses Kapitel erklärt, wie Brustkorb, Pleura und Zwerchfell sie mitnehmen – und was im Raum zwischen den Lungen, dem Mediastinum, verläuft.

Nach diesem Kapitel kannst du …

- ☐ den knöchernen Thorax und die Orientierungslinien beschreiben und die Projektion von Lungen- und Pleuragrenzen angeben
- ☐ Pleura visceralis und parietalis mit ihren Abschnitten, Reserveräumen und ihrer Innervation unterscheiden
- ☐ den Unterdruck im Pleuraspalt erklären und daraus Atemmechanik und Pneumothorax ableiten
- ☐ die Atemmuskeln in Haupt- und Hilfsmuskeln für Ein- und Ausatmung einteilen
- ☐ das Mediastinum gliedern und den Inhalt jedes Abschnitts nennen
- ☐ Verlauf von N. vagus, N. phrenicus, Azygos-System und Ductus thoracicus beschreiben
- ☐ Teile, Lücken (mit Höhe und Inhalt), Innervation, Hernien und Entwicklung des Zwerchfells erklären

Klausurrelevanz: Fragen 14 und 36 der Hauptklausur WS 14/15 und über zehn Altklausurfragen – vor allem Mediastinum, Zwerchfelllücken und Atemmechanik.

4.1 Der knöcherne Thorax und die Orientierungslinien

VL Übersicht I+II · Folie 5–10

Klausur Altklausur
→ Quiz 5

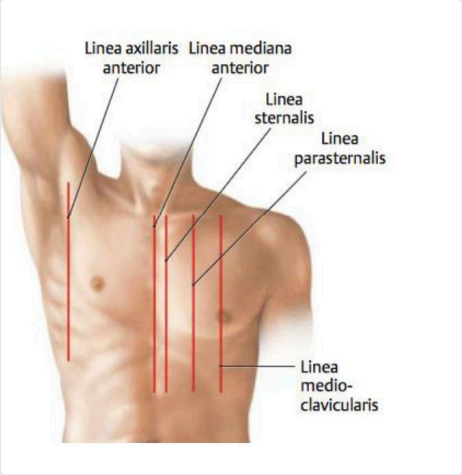
Der Brustkorb besteht aus **12 Rippenpaaren**, **12 Brustwirbeln** und dem **Sternum**. Er begrenzt die Brusthöhle knöchern, gibt ihr Stabilität – und ist trotzdem beweglich (Dynamik), sonst könnten wir nicht atmen. Die Rippen teilt man nach ihrer vorderen Verbindung ein: **Costae verae** (1–7, direkt am Sternum), **Costae spuriae** (8–10, über den Rippenbogen) und **Costae fluctuantes** (11–12, enden frei).

Orientierungslinien braucht man, um Organgrenzen anzugeben:

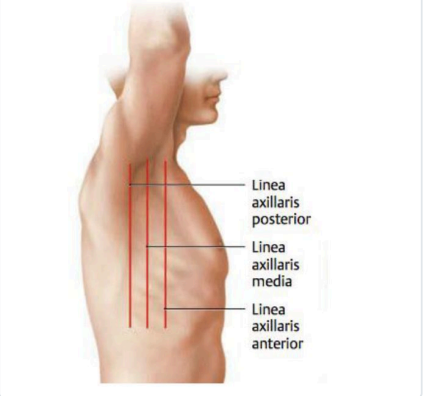
Linie	Verlauf
Linea mediana anterior	Mitte des Sternums, von der Incisura jugularis bis zur Symphyse
Linea sternalis (SL)	seitlicher Rand des Sternums
Linea parasternalis	zwischen Sternal- und Medioklavikularlinie
Linea medioclavicularis (MCL/MKL)	durch die Mitte der Clavicula
Linea axillaris anterior (VAL)	vordere Achselfalte (lateraler Rand des M. pectoralis major)
Linea axillaris media (MAL)	Mitte zwischen vorderer und hinterer – durch den höchsten Punkt der Achselhöhle
Linea axillaris posterior (HAL)	hintere Achselfalte (lateraler Rand von M. teres major und M. latissimus dorsi)
Linea scapularis (SKL)	senkrecht durch den Angulus inferior scapulae

Linie	Verlauf
Linea paravertebralis (PVL)	seitliche Ränder der Wirbelsäule
Linea mediana posterior	über die Dornfortsätze

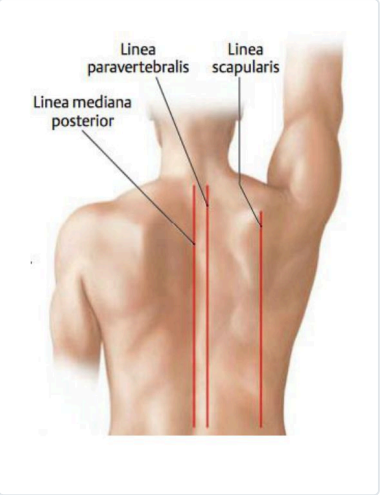
Thoraxaperturen. Die **obere** Apertur ist queroval und wird von der 1. Rippe, dem Manubrium sterni und dem 1. Brustwirbel begrenzt. Durch sie ziehen Trachea, Ösophagus, Truncus brachiocephalicus, Vv. brachiocephalicae dextra und sinistra, A. carotis communis dextra und sinistra, N. vagus, N. laryngeus recurrens – und die Lungenspitzen ragen hindurch. Die **untere** Apertur wird vom Processus xiphoideus, dem Rippenbogen (7.–10. Rippe) und den vorderen Enden der 11. und 12. Rippe begrenzt; das Zwerchfell verschließt sie.



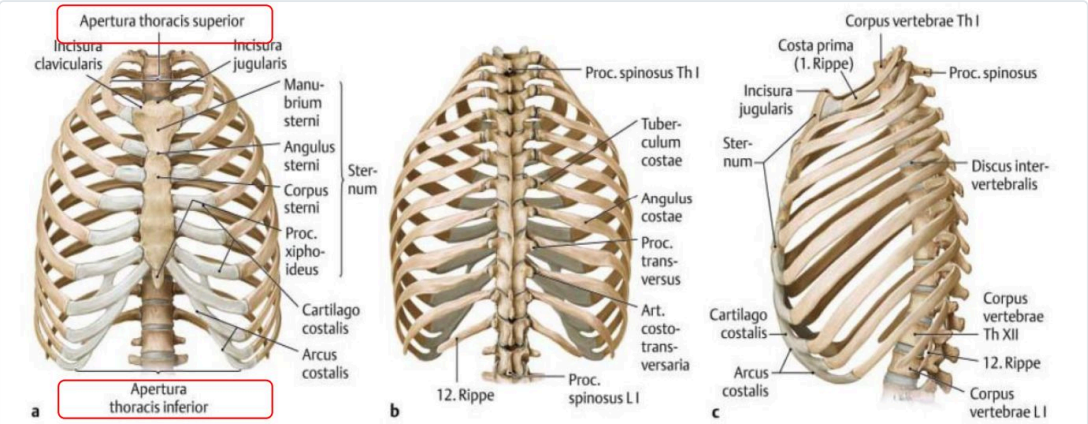
Orientierungslinien von vorne (VL Übersicht I+II, Folie 6)



… von der Seite: Axillarlinien (Folie 7)



… von hinten (Folie 8)



Knöcherner Thorax von ventral, dorsal und lateral mit oberer und unterer Thoraxapertur (VL Übersicht I+II, Folie 9)

4.2 Brusthöhle und Pleura

VL Übersicht I+II · Folie 14–18, 29 · VL Resp. IV+V · Folie 39–47

Klausur Altklausur

→ Teil C

Die **Cavitas thoracis** liegt im Brustkorb zwischen Hals und Bauchhöhle (Grenze: Zwerchfell). Sie enthält drei Räume: die rechte und linke **Cavitas pleuralis** mit je einer

Lunge und dazwischen das **Mediastinum**, einen Bindegewebsraum, in dem die **Cavitas pericardiaca** mit dem Herzen und den herznahen Gefäßen liegt.

Die **Pleura** ist eine seröse Haut aus zwei Blättern. Die **Pleura visceralis** (Lungenfell) überzieht die Lunge und ist mit ihr verwachsen – auch in den Fissuren. Die **Pleura parietalis** (Brustfell) kleidet die Brusthöhle innen aus. Am Hilum gehen beide Blätter ineinander über (Lig. pulmonale, → 3.3). Die Pleura parietalis hat vier Abschnitte:

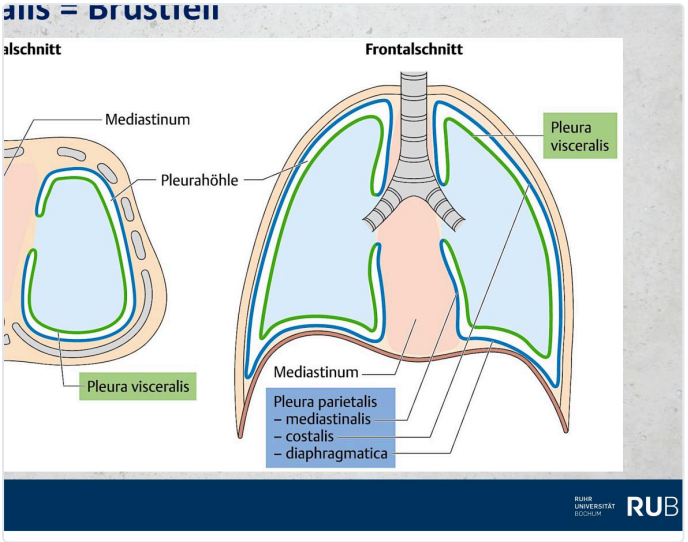
Abschnitt	Lage	anliegende Bindegewebsschicht
Pars costalis	Innenseite des Thorax bzw. der Rippen	Fascia endothoracica
Pars diaphragmatica	auf dem Zwerchfell	Fascia phrenicopleuralis
Pars mediastinalis	laterale Seite des Mediastinums	geht direkt ins mediastinale Bindegewebe über
Pars cervicalis (Cupula pleurae)	apikal, über der Lungenspitze	Membrana suprapleuralis (Sibson-Faszie)

Histologie. Die Pleura visceralis besteht aus einem einschichtigen Plattenepithel, dem **Mesothel**, und der Subserosa mit kollagenen und elastischen Fasernetzen, die sich als Septen ins Lungengewebe fortsetzen. Bei Stadtbewohnern sieht man darunter oft Ablagerungen von Kohlestaub (in Alveolarmakrophagen).

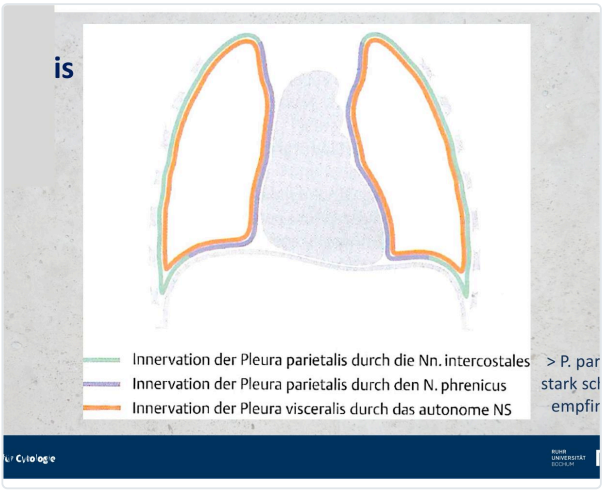
Innervation. Die beiden Blätter sind sehr unterschiedlich schmerzempfindlich:

- **Pleura parietalis**: somatisch über die **Nn. intercostales** (Pars costalis) und den **N. phrenicus** (Pars mediastinalis und diaphragmatica) → stark schmerzempfindlich.
- **Pleura visceralis**: nur über das autonome Nervensystem → kaum schmerzempfindlich.

Klinik: Deshalb schmerzt eine Rippenfellentzündung (Pleuritis) beim Atmen stark, ein Tumor in der Lunge dagegen oft erst, wenn er die Pleura parietalis erreicht.



Pleura parietalis (Pars mediastinalis, costalis, diaphragmatica) und visceralis im Horizontal- und Frontalschnitt (VL Resp. V, Folie 45)



Innervation: Pleura parietalis über Nn. intercostales und N. phrenicus (stark schmerzempfindlich), Pleura visceralis autonom (VL Resp. V, Folie 47)

4.3 Unterdruck im Pleuraspalt und Atemmechanik

VL Übersicht I+II · Folie 19, 21 · VL Resp. IV+V · Folie 48–59, 61

Zwischen den beiden Blättern liegt ein kapillärer Spalt mit nur etwa **5 ml** seröser Flüssigkeit (ein Transsudat). Sie wirkt wie Wasser zwischen zwei Glasplatten: Die Blätter gleiten reibungsarm aneinander, lassen sich aber nicht voneinander abheben (**Adhäsionskraft**). So überträgt der Pleuraspalt jede Bewegung von Brustwand und Zwerchfell auf die Lunge.

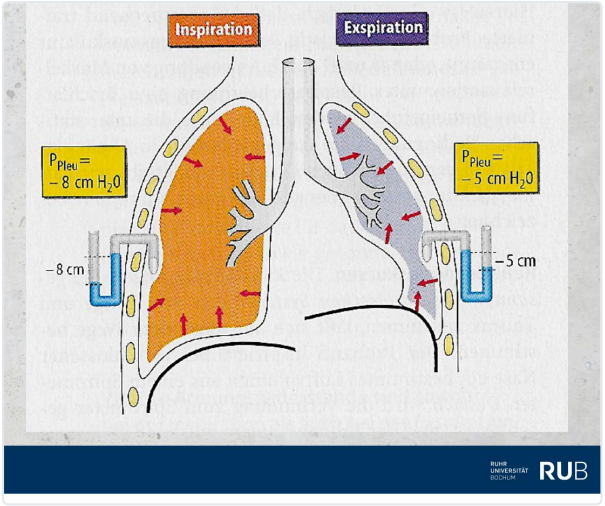
Dazu kommt ein **Unterdruck** im Pleuraspalt gegenüber der Außenluft:

> bei Inspiration ca. **–0,8 kPa** (–8 cm H_2O) · bei Exspiration ca. **–0,5 kPa** (–5 cm H_2O)

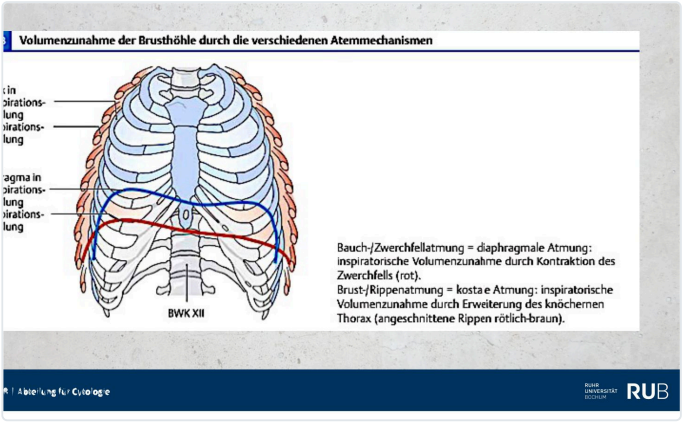
Woher kommt er? Die Lunge will sich zusammenziehen – durch ihre elastischen Fasern (**Retraktionskräfte**) und die **Oberflächenspannung** der Alveolen. Der Brustkorb hält dagegen. Dieser elastische Zug („Rückstellkräfte“) erzeugt im Spalt einen negativen Druck, der die Lunge an die Wand zieht, sodass sie den Bewegungen von Brustwand und Zwerchfell folgt.

Einatmung ist aktiv, Ausatmung passiv. Bei der Inspiration vergrößern die Atemmuskeln den Thorax; der Druck in der Lunge (intrapulmonaler Druck) sinkt kurz auf etwa –1 cm H_2O, und Luft strömt ein. Bei ruhiger Atmung sind das etwa 0,5 l pro Atemzug in rund 2,5 s. Bei der Exspiration ziehen die elastischen Rückstellkräfte (Elastinfasern der Alveolen – altersabhängig!) die Lunge von selbst wieder zusammen; der intrapulmonale Druck steigt auf etwa +1 cm H_2O, die Luft strömt aus.

Der Thorax vergrößert sich in drei Richtungen: in der **Längsachse** durch das Zwerchfell (**Bauch- bzw. Zwerchfellatmung**, diaphragmale Atmung: das Zwerchfell kontrahiert und senkt sich) und in **Transversal- und Sagittalachse** durch die Rippen (**Brust- bzw. Rippenatmung**, kostale Atmung: der knöcherne Thorax wird weiter; vor allem die Mm. intercostales externi heben die Rippen via medici).



Der elastische Zug der Lunge erzeugt im Pleuraspalt einen Unterdruck: –8 cm H_2O bei Inspiration, –5 cm H_2O bei Exspiration (VL Resp. V, Folie 51)



Volumenzunahme der Brusthöhle: Zwerchfellatmung (Längsachse) und Rippenatmung (VL Resp. V, Folie 55)

Gruppe	Muskeln
Hauptatemmuskeln	Diaphragma, Interkostalmuskeln

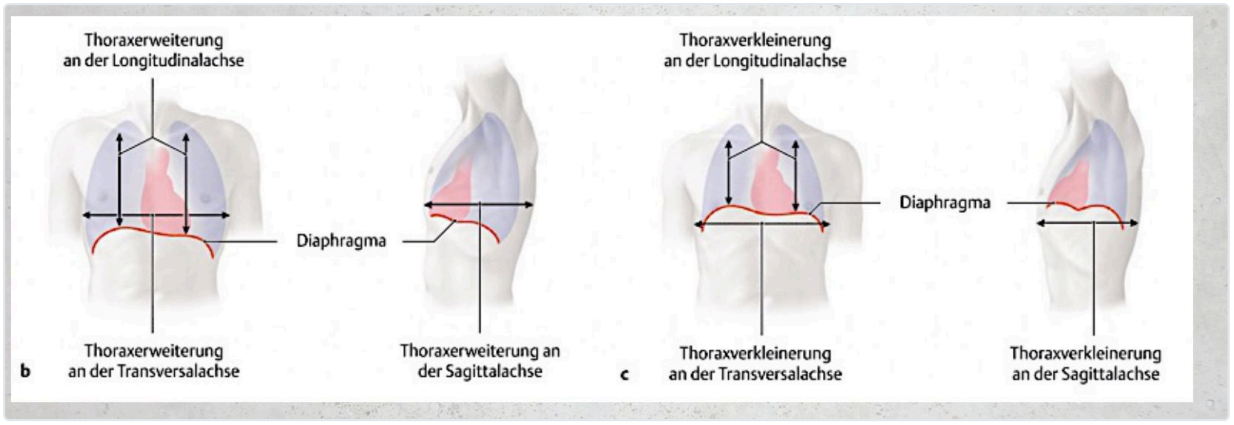
VL Resp. IV+V · Folie 49

Klausur Altklausur

→ Quiz 6

Gruppe	Muskeln
inspiratorische Atemhilfsmuskeln (heben den Brustkorb, wenn Arme/Kopf fixiert sind)	M. sternocleidomastoideus, Mm. scaleni, M. pectoralis major und minor, M. serratus posterior superior, M. serratus anterior
exspiratorische Atemhilfsmuskeln (nur bei forcierter Ausatmung)	M. rectus abdominis, M. transversus abdominis, M. obliquus externus und internus abdominis, M. quadratus lumborum, M. latissimus dorsi, M. serratus posterior inferior

Merke: Bei ruhiger Atmung arbeiten nur Zwerchfell und Interkostalmuskeln, und die Ausatmung ist passiv. Bauchmuskeln und M. pectoralis major helfen nur bei forcierter Atmung – die Bauchmuskeln bei der Ausatmung, der Pectoralis bei der Einatmung.



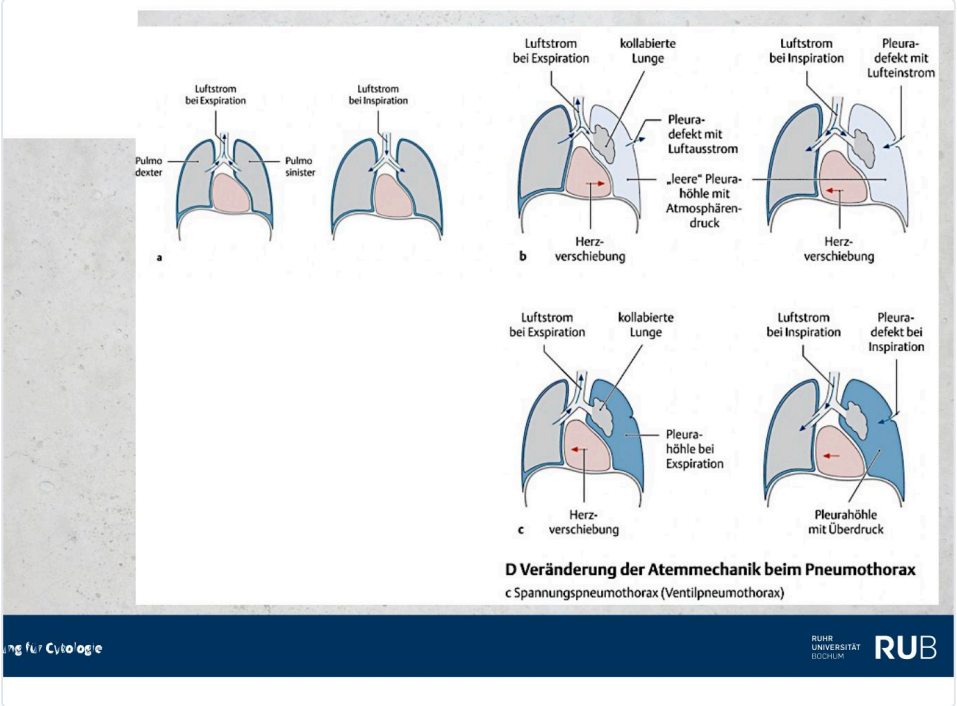
Thoraxerweiterung beim Einatmen und Verkleinerung beim Ausatmen an Longitudinal-, Transversal- und Sagittalachse (VL Resp. V, Folie 61)

4.4 Pneumothorax

VL Übersicht I+II · Folie 20 · VL Resp. IV+V · Folie 50, 60 · Histoskript S. 10

Ein **Pneumothorax** ist Luft im Pleuraraum. Dann ist der relative Unterdruck zwischen den Blättern aufgehoben: Die Lunge folgt dem Brustkorb beim Einatmen nicht mehr und **fällt durch ihre eigenen Rückstellkräfte zusammen**. Die „leere" Pleurahöhle hat Atmosphärendruck. Theiß unterscheidet drei Bilder:

- Luft dringt durch einen **Defekt der Brustwand** ein (offener Pneumothorax, z. B. Stichverletzung): Bei jeder Einatmung strömt Luft ein, das Herz bzw. Mediastinum verschiebt sich.
- Luft tritt durch einen **Defekt der Pleura visceralis** aus der Lunge aus (z. B. geplatzte Alveolen): Das Histoskript erklärt, dass die Luft aus dem Alveolarraum in den Pleuraspalt gelangt, aber nicht zurückgeführt werden kann.
- **Spannungspneumothorax (Ventilpneumothorax)**: Der Defekt wirkt als Ventil – bei der Einatmung strömt Luft hinein, bei der Ausatmung kann sie nicht hinaus. Mit jedem Atemzug steigt der Druck; es entsteht ein Überdruck, der Herz und Mediastinum zur Gegenseite drückt und die gesunde Lunge mit einengt – lebensbedrohlich.



Veränderung der Atemmechanik beim Pneumothorax: Pleuradefekt mit Luftein- bzw. -ausstrom; c Spannungspneumothorax mit Überdruck und Herzverschiebung (VL Resp. V, Folie 60)

4.5 Reserveräume und Projektion von Lunge und Pleura

VL Übersicht I+II · Folie 22–26 · VL Resp. IV+V · Folie 62–69

Die Pleura parietalis ist größer als die Lunge in Ruhe. Dort, wo zwei ihrer Abschnitte ineinander umschlagen, bleiben Spalträume, in die sich die Lunge bei tiefer Einatmung ausdehnt: die **Recessus pleurales** (Reserveräume).

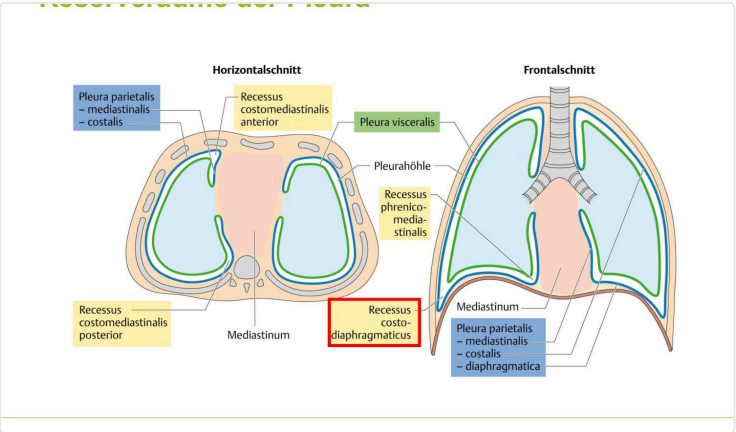
- **Recessus costodiaphragmaticus** – zwischen Pars costalis und Pars diaphragmatica, unten seitlich; der größte und wichtigste. Er reicht dorsal bis unter die 12. Rippe. Selbst bei tiefer Inspiration füllt die Lunge ihn nicht ganz aus.
- **Recessus costomediastinalis anterior** – vorne zwischen Pars costalis und Pars mediastinalis, vor dem Herzen.
- **Recessus costomediastinalis posterior** (Recessus mediastinovertebralis) – hinten neben der Wirbelsäule.
- **Recessus phrenicomediastinalis** – zwischen Pars diaphragmatica und Pars mediastinalis.

Klinik: Im Stehen sammelt sich ein **Pleuraerguss** der Schwerkraft folgend im Recessus costodiaphragmaticus. Dort wird er auch **punktiert** – am Oberrand der Rippe, weil A., V. und N. intercostalis am Unterrand verlaufen (Theiß, Folie 62).

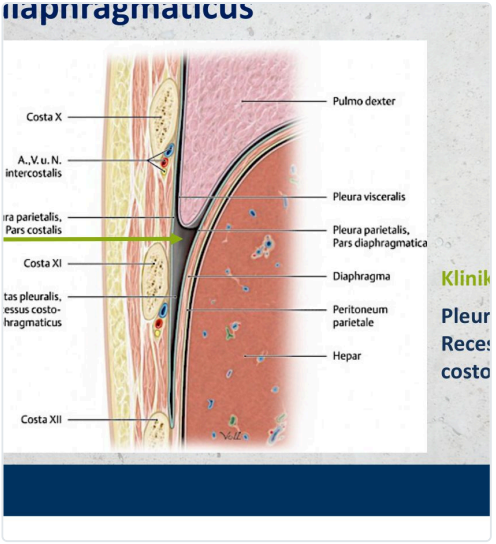
Herzdämpfung. Beim Abklopfen (Perkussion) klingt die luftgefüllte Lunge sonor, das flüssigkeitsgefüllte Herz gedämpft (Theiß: „heller" Klopfschall). Wo der Recessus costomediastinalis mit Lunge vor dem Herzen liegt, ist die Dämpfung nur **relativ**; wo das Herz direkt der Brustwand anliegt (pleurafreies Dreieck), ist sie **absolut**. Am Lungenunterrand geht der sonore Klopfschall in die Leberdämpfung über.

Pleurafreie Bereiche. Hinter dem Sternum kommen sich die beiden Pleurahöhlen (in Höhe der 2.–4. Rippe via medici) sehr nahe; oben und unten weichen sie auseinander. Es bleiben zwei Dreiecke ohne Pleura: oben das **Trigonum thymicum** (mit dem

Thymus), unten das **Trigonum cardiacum** (dort liegt das Herz der Brustwand direkt an).



Reserveräume der Pleura im Horizontal- und Frontalschnitt (VL Übersicht I+II, Folie 22)



Recessus costodiaphragmaticus: Punktion, Pleuraerguss, A., V. und N. intercostalis am Unterrand der Rippe (VL Resp. V, Folie 62)

Projektion der Grenzen in Atemruhelage. Merke dir die Lunge (6 – 8 – 10 in MCL, MAL und Skapularlinie) und die Pleura jeweils etwa eine bis zwei Rippen tiefer, weil dort der Recessus liegt:

VL Übersicht I+II · Folie 26 · VL Resp. IV+V · Folie 68–69

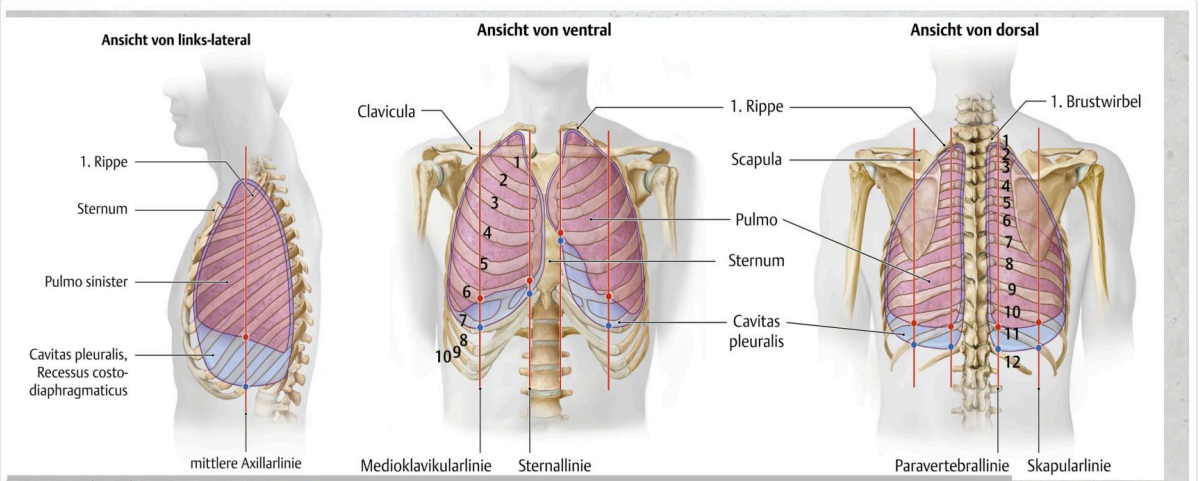
Klausur Altklausur

→ Quiz 7, 8

Linie	SL	MCL	VAL	MAL	HAL	SKL	PVL
Lunge	6. Rippe	6. Rippe	7. Rippe	8. Rippe	9. Rippe	10. Rippe	11. Rippe
Pleura	6. Rippe	7. Rippe	8. (7.–8.) Rippe	9. (9.–10.) Rippe	10. Rippe	11. Rippe	12. Rippe

Werte nach Matschke (Folie 26); Theiß (Folie 69) gibt für die Pleura in VAL und MAL die Spannen in Klammern an. Rechts und links sind fast gleich; links weicht die vordere Grenze wegen des Herzens (Incisura cardiaca) nach lateral ab.

Bei tiefer Ein- und Ausatmung verschieben sich die unteren Lungengrenzen in der Axillar- und Skapularlinie um bis zu **10 cm**.



Projektion von (rechter) Lunge und Pleura in Atemruhelage

Orientierungslinie	Lunge	Pleura
Medioklavikularlinie	6. Rippe	7. Rippe
vordere Axillarlinie	7. Rippe	7.–8. Rippe
mittlere Axillarlinie	8. Rippe	9.–10. Rippe
hintere Axillarlinie	9. Rippe	10. Rippe
Skapularlinie	10. Rippe	11. Rippe
Paravertebrallinie	11. Rippe	12. Rippe

Projektion von Lunge und Pleura von links-lateral, ventral und dorsal, darunter die Grenzen in Atemruhelage als Tabelle (VL Resp. V, Folie 69)

4.6 Das Mediastinum

VL Übersicht I+II · Folie 33–36

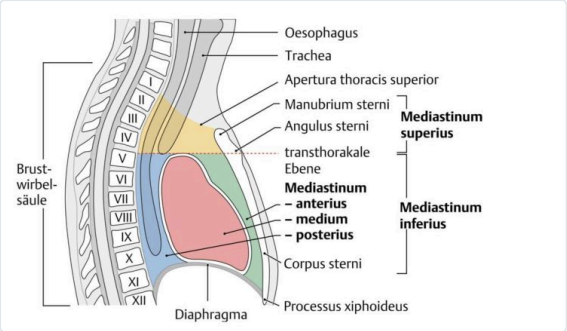
Das **Mediastinum** ist der zylinderförmige Bindegewebsraum zwischen den beiden Pleurahöhlen – eine „Durchgangsstraße“ für Nerven, Gefäße und Lymphbahnen, die außerdem Organe enthält. Grenzen: oben die obere Thoraxapertur, unten das Zwerchfell, vorne das Sternum, hinten die Wirbelsäule, seitlich die Pars mediastinalis der Pleura. Es wird gegliedert in das **Mediastinum superius** (oberhalb des Herzbeutels) und das **Mediastinum inferius** (auf Höhe von Perikard und Herz), dieses weiter in **anterius** (zwischen Sternum und Perikard), **medium** (das Perikard selbst) und **posterius** (zwischen Perikard und Wirbelsäule).

Abschnitt	Organe	Gefäße	Nerven	Lymphe
superius	Thymus, Trachea (kaudal mit Bifurkation und Hauptbronchien), Ösophagus	Arcus aortae mit Truncus brachiocephalicus, A. carotis communis sinistra, A. subclavia sinistra; Vv. brachiocephalicae, V. cava superior; Aa./Vv. thoracicae internae	Nn. vagi, N. laryngeus recurrens sinister, Nn. cardiaci, Nn. phrenici	Ductus thoracicus, Truncus lymphaticus dexter, Trunci bronchomediastinales, Nll. mediastinales ant./post.
anterius	–	Vasa thoracica interna	–	Nll. parasternales
medium	Herz mit Herzbeutel	Aorta ascendens, Truncus pulmonalis, V. cava sup. und inf., Mündung der V. azygos, Vv. pulmonales, **Vasa pericardiacophrenica**	**Nn. phrenici**	–
posterius	Ösophagus	Aorta thoracica, V. azygos, V. hemiazygos	**Nn. vagi**, Trunci sympathici, Nn. splanchnici	Ductus thoracicus

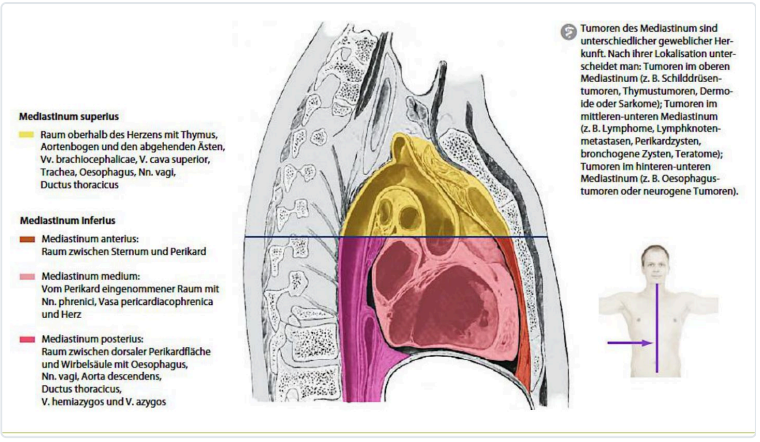
Merke: Der N. phrenicus läuft vor dem Lungenhilum im Mediastinum medium (mit den Vasa pericardiacophrenica zwischen Perikard und Pleura), der N. vagus hinter dem Hilum ins Mediastinum posterius.

Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 1, 3, 4

Klinik: Tumoren des Mediastinums haben verschiedene Gewebeherkunft und werden nach ihrer Lage eingeteilt: **oben** z. B. Schilddrüsen- und Thymustumoren, Dermoide, Sarkome; **Mitte unten** Lymphome, Lymphknotenmetastasen, Perikardzysten, bronchogene Zysten, Teratome; **hinten unten** Ösophagustumoren und neurogene Tumoren.



Gliederung im Sagittalschnitt: Mediastinum superius über der transthorakalen Ebene, inferius mit anterius, medium, posterius (VL Übersicht I+II, Folie 34)



Die Abschnitte farbig mit ihrem Inhalt und den typischen Tumoren je Lage (VL Übersicht I+II, Folie 35)

4.7 Arterien, Venen und Lymphe im Mediastinum

VL Übersicht I+II · Folie 39–51 · VL Resp. IV+V · Folie 16–29, 37

Klausur Altklausur

→ Quiz 9

Aorta. Die **Aorta ascendens** steigt 5–6 cm auf, liegt noch im Perikard und gibt die beiden Koronararterien ab. Der **Arcus aortae** liegt außerhalb des Perikards im Mediastinum superius; er gibt den Truncus brachiocephalicus (→ A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra), die A. carotis communis sinistra und die A. subclavia sinistra ab. Die A. subclavia gibt die A. thoracica interna ab (→ A. epigastrica superior, A. pericardiacophrenica). Über den Isthmus aortae und das Lig. arteriosum geht der Bogen in die **Aorta descendens** (thoracica) über, die hinter dem Herzen links neben der Wirbelsäule absteigt und durch den Hiatus aorticus den Brustraum verlässt. Ihre Äste:

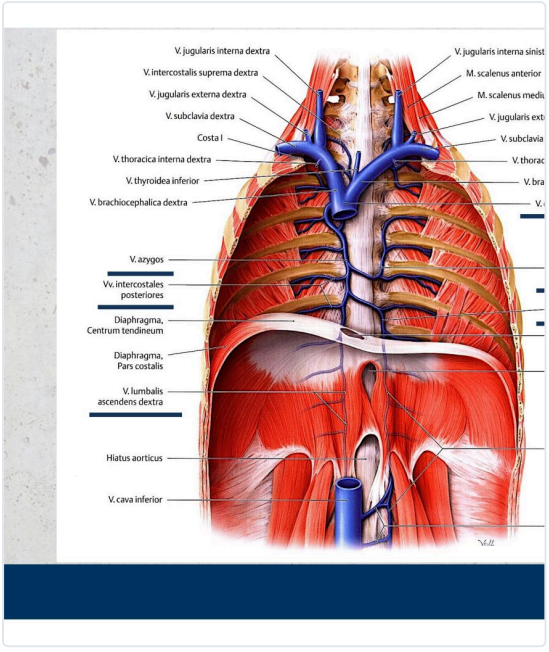
- **viszeral**: Rami bronchiales (Vasa privata der Lunge), Rami oesophageales (3–6 Äste), Rami mediastinales (hinteres Mediastinum), Rami pericardiaci, Aa. phrenicae superiores;
- **parietal**: **Aa. intercostales posteriores** (sie anastomosieren vorne mit den Rami intercostales anteriores der A. thoracica interna) und Aa. subcostales.

In jedem Zwischenrippenraum liegen von oben nach unten **V**ena, **A**rteria und **N**ervus intercostalis posterior („VAN“ via medici) im Sulcus costae am Unterrand der Rippe.

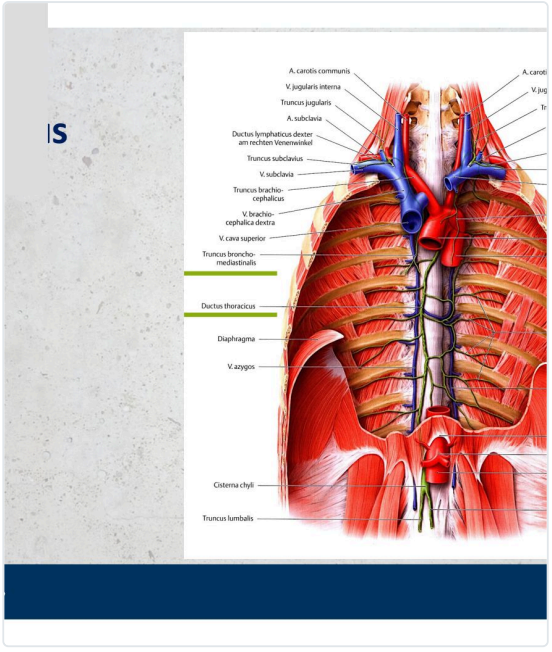
Venen. Die **V. cava superior** entsteht aus dem Zusammenfluss der beiden Vv. brachiocephalicae (jede aus V. subclavia + V. jugularis interna) in Höhe der rechten 1. Rippe; sie sammelt das Blut der oberen Körperhälfte und zieht rechts vorne vom Mediastinum superius zum rechten Vorhof. Die **V. cava inferior** sammelt die untere Körperhälfte, tritt durch das Foramen venae cavae und erreicht sofort den rechten Vorhof – sie hat im Thorax keine weiteren Zuflüsse. Die Brustwand dagegen drainiert das **Azygos-System**:

- **V. azygos** – nur rechts; Fortsetzung der rechten V. lumbalis ascendens aus dem Bauch; nimmt die rechten Vv. intercostales posteriores auf, zieht über den rechten Hauptbronchus nach vorne und mündet in die V. cava superior.
- **V. hemiazygos** – links; Fortsetzung der linken V. lumbalis ascendens; Zuflüsse: Vv. intercostales posteriores, V. subcostalis sinistra, V. hemiazygos accessoria; kreuzt etwa in Höhe **BWK VIII** hinter der Aorta zur V. azygos (Anastomose).
- **V. hemiazygos accessoria** – sammelt die 4.–8. linke V. intercostalis posterior und die V. intercostalis superior sinistra, anastomosiert mit der V. hemiazygos und mündet in die V. azygos.

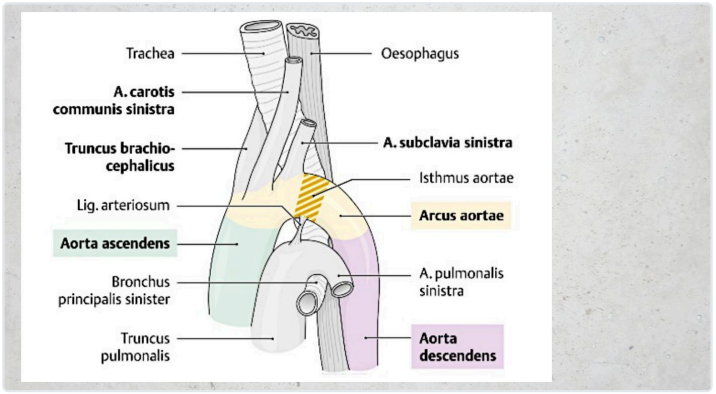
Lymphe. Der **Ductus thoracicus** sammelt die Lymphe der ganzen unteren Körperhälfte (über die Cisterna chyli), der linksseitigen Brustorgane, des linken Arms und der linken Kopfhälfte. Er zieht durch den Hiatus aorticus in den Thorax, zwischen Aorta und Wirbelsäule nach oben und mündet in den **linken Venenwinkel**. Der **Ductus lymphaticus dexter** sammelt nur die rechte obere Körperhälfte und mündet in den rechten Venenwinkel.



Venöse Drainage: V. cava superior, V. azygos, V. hemiazygos und hemiazygos accessoria (VL Resp. IV, Folie 24)



Ductus thoracicus vom Hiatus aorticus zum linken Venenwinkel (VL Resp. IV, Folie 37)



Aorta ascendens, Arcus aortae mit seinen drei Abgängen, Isthmus aortae und Aorta descendens; Lig. arteriosum zur A. pulmonalis sinistra (VL Resp. IV, Folie 16)

4.8 Nerven im Mediastinum

VL Übersicht I+II · Folie 52–63

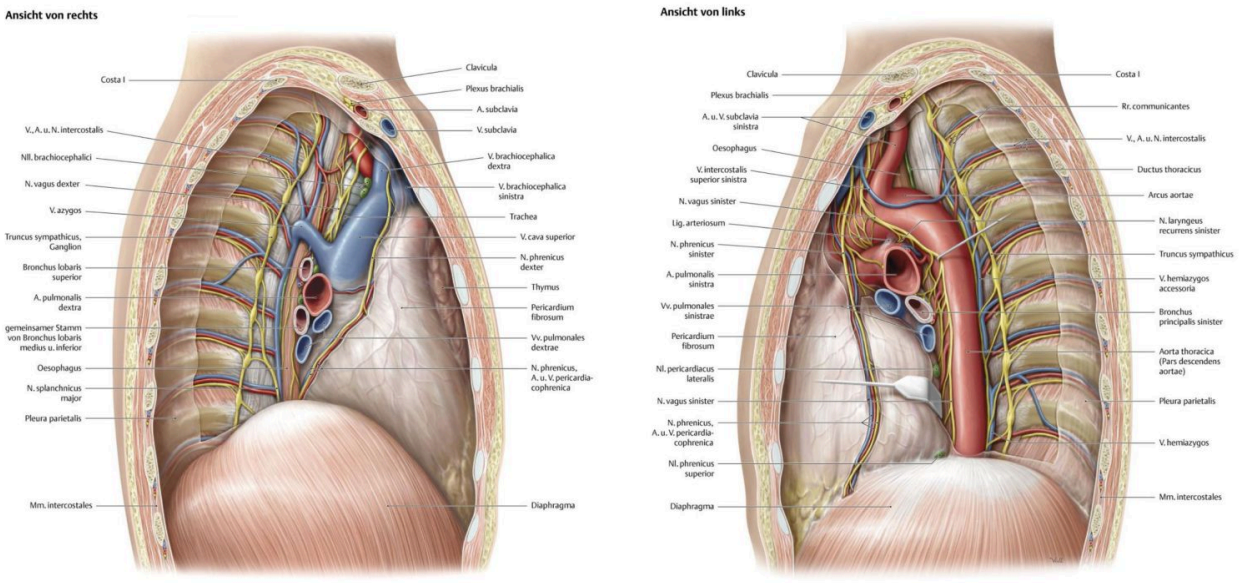
Klausur WS 14/15 · Altklausur
→ Quiz 2, 4

N. vagus (X). Am Hals läuft er in der Vagina carotica. Im oberen Mediastinum liegt er rechts zwischen Truncus brachiocephalicus und V. brachiocephalica, links zwischen A. carotis communis und A. subclavia, hinter der V. brachiocephalica sinistra. Beide Vagi geben den N. laryngeus recurrens ab (rechts um die A. subclavia, links um den Aortenbogen; beide steigen zwischen Trachea und Ösophagus zum Kehlkopf auf, → 2.7), dazu Rr. cardiaci thoracici zum Herzen und Rr. bronchiales zur Lunge. Dann ziehen sie **hinter dem Lungenhilum** zum Ösophagus ins hintere Mediastinum und bilden den **Plexus oesophageus**. Daraus gehen die **Trunci vagales** hervor – der linke Vagus wird zum Truncus vagalis anterior, der rechte zum Truncus vagalis posterior (weil sich der Magen in der Entwicklung nach rechts dreht) – und ziehen durch den Hiatus oesophageus in den Bauch.

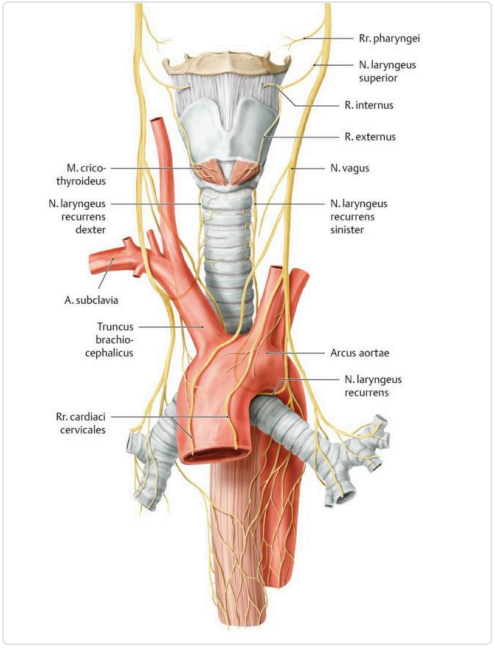
N. phrenicus. Ein **gemischter** Nerv aus **C3–C5** (Plexus cervicalis). Er läuft auf dem M. scalenus anterior nach unten, über die Vorderseite der Pleurakuppel, und tritt zwischen A. und V. subclavia durch die obere Thoraxapertur. Rechts zieht er zwischen Pars mediastinalis der Pleura und V. cava superior, **vor dem Lungenhilum**, am rechten Vorhof und an der V. cava inferior entlang zum Foramen venae cavae. Links zieht er vor dem Hilum zwischen Perikard und Pleura mediastinalis zum Zwerchfell. Funktion: motorisch das Zwerchfell; sensibel Pleura parietalis, Perikard und über die Rr. phrenicoabdominales dexter und sinister das Peritoneum am Zwerchfell.

Klinik: Weil der N. phrenicus Peritoneum unter dem Zwerchfell sensibel versorgt und aus C3–5 stammt, strahlen Schmerzen von Leber, Gallenblase oder Zwerchfell in die rechte Schulter aus (Dermatom C4). via medici

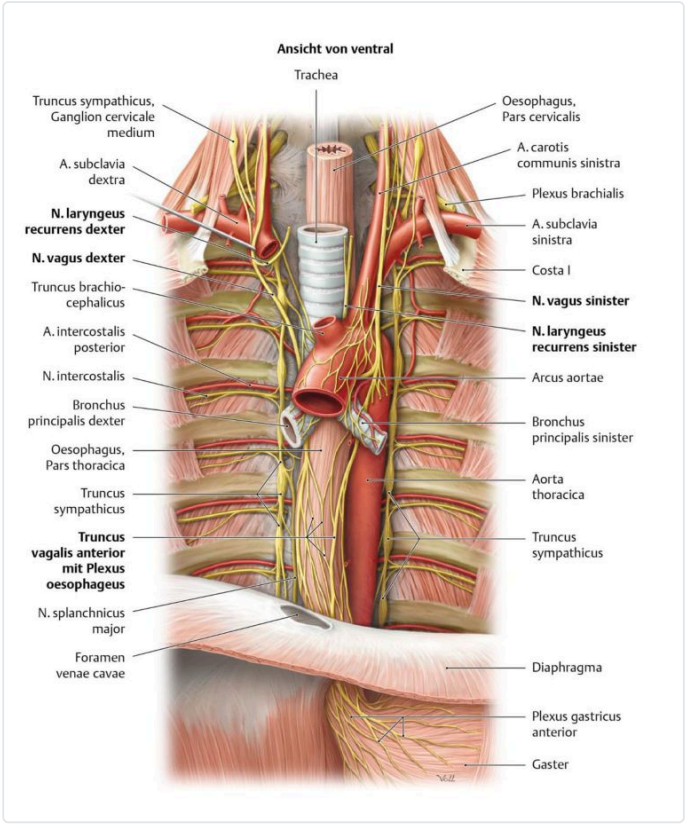
Truncus sympathicus. Eine Kette paariger Ganglien rechts und links neben der Wirbelsäule. Hier werden präganglionäre sympathische Fasern auf postganglionäre Neurone umgeschaltet. Vom Hals- und Brustgrenzstrang (Ganglion cervicale superius, medium, cervicothoracicum, Ganglia thoracica) gehen Fasern zu den Plexus caroticus externus, internus und communis, Plexus vertebralis, subclavius, aorticus thoracicus, pulmonalis und cardiacus; aus den unteren Brustganglien ziehen die **Nn. splanchnici major und minor** zum Bauch. Parallel bildet der Vagus Plexus pharyngeus, oesophageus und pulmonalis, Rr. cardiaci und die Trunci vagales.



Mediastinum von rechts (links im Bild) und von links: N. vagus hinter, N. phrenicus vor dem Lungenhilum; V. azygos, Truncus sympathicus, Ductus thoracicus (VL Übersicht I+II, Folie 52)



Nn. laryngei recurrentes: rechts um die A. subclavia, links um den Aortenbogen; Rr. cardiaci (VL Übersicht I+II, Folie 57)



Hinteres Mediastinum von ventral: N. vagus mit Plexus oesophageus und Trunci vagales, Truncus sympathicus, Nn. splanchnici (VL Übersicht I+II, Folie 59)

4.9 Das Zwerchfell

VL Übersicht I+II · Folie 64–66 · VL Resp. IV+V · Folie 53–54, 70–76

Das **Diaphragma** verschließt die untere Thoraxapertur muskulär und trennt Brust- und Bauchhöhle. Es ist eine Muskelkuppel mit einer Sehnenplatte in der Mitte, dem

Centrum tendineum. Nach ihrem Ursprung unterscheidet man drei Muskelteile:

- **Pars sternalis** – von der Hinterfläche des Processus xiphoideus;
- **Pars costalis** – von den Innenseiten der unteren sechs Rippen via medici;
- **Pars lumbalis** – mit einem **Crus dextrum** und **Crus sinistrum** (jeweils Crus mediale und laterale) von den Lendenwirbelkörpern und zwei Sehnenbögen über M. psoas major (**Psoas-Arkade**, Lig. arcuatum mediale) und M. quadratus lumborum (**Quadratus-Arkade**, Lig. arcuatum laterale via medici).

Zwischen den Teilen bleiben muskelschwache Dreiecke: das **Trigonum sternocostale** (Larrey-Spalte) zwischen Pars sternalis und costalis und das **Trigonum lumbocostale** (Bochdalek-Lücke) zwischen Pars costalis und lumbalis.

Durchtritt	Höhe	was durchtritt
Foramen venae cavae (im Centrum tendineum)	BWK 8	V. cava inferior · R. phrenicoabdominalis des rechten N. phrenicus (der linke durchbohrt die Muskulatur)
Hiatus oesophageus (Pars lumbalis)	BWK 10	Ösophagus · Trunci vagales anterior und posterior
Hiatus aorticus (hinter den Crura)	BWK 12 / LWK 1	Aorta (Pars descendens) · **Ductus thoracicus**
Spalten im Crus mediale (mediale Lumbalspalte)	–	V. azygos (rechts), V. hemiazygos (links) · N. splanchnicus major (manchmal minor)
Spalte zwischen Crus mediale und laterale (laterale Lumbalspalte)	–	Truncus sympathicus · meist auch N. splanchnicus minor
Trigonum sternocostale (Larrey)	–	A. und V. thoracica interna → werden zu A. und V. epigastrica superior
Trigonum lumbocostale (Bochdalek)	–	nichts – nur eine Schwachstelle

Merkhilfe für die drei großen Lücken: **„8 – 10 – 12“** und von vorne nach hinten **„Cava – Ösophagus – Aorta“**. Die Aorta geht eigentlich gar nicht durch den Muskel, sondern hinter ihm durch – deshalb wird sie bei der Atmung nicht abgedrückt, die V. cava im Centrum tendineum wird sogar aufgezogen.

Klausur Altklausur
→ Quiz 10

Innervation und Gefäße. Motorisch nur der **N. phrenicus** (C3–5). Arteriell die **Aa. phrenicae inferiores** aus der Bauchaorta (sie geben die A. suprarenalis superior ab), die Aa. phrenicae superiores aus der Aorta thoracica und die A. pericardiacophrenica.

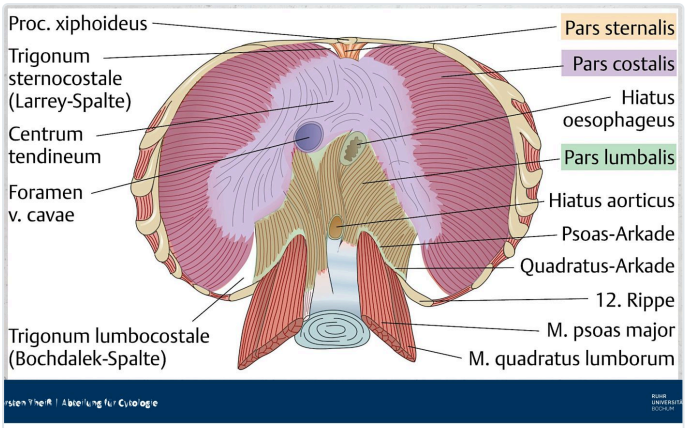
Klinik: Eine beidseitige Durchtrennung des N. phrenicus, z. B. bei einer hohen Querschnittsläsion oberhalb von C3–5, führt zu einer beidseitigen Zwerchfelllähmung – meist tödlich.

Hiatushernien. Die Bruchpforte eines Zwerchfellbruchs ist meist der **Hiatus oesophageus**, weil der Ösophagus sich gegen das Zwerchfell bewegen können muss – der Hiatus kann deshalb nicht eng anliegen. Zwei Formen:

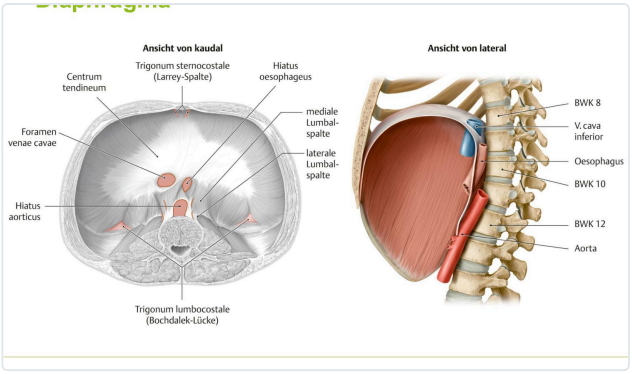
- **axiale Hiatushernie** (Gleitbruch, ~ **90 %**): Der Bauchteil des Ösophagus gleitet mitsamt dem anschließenden Magen in den Brustraum.
- **paraösophageale Hiatushernie**: Der Ösophagus liegt normal, aber der Magenfundus oder ein Darmabschnitt zwängt sich daneben durch den Hiatus in den Brustraum.

Entwicklung. Das Zwerchfell entsteht aus vier Teilen, die die ungeteilte Leibeshöhle (intraembryonales Zölom) verschließen: dem **Septum transversum** von ventral (→ Centrum tendineum), den **Pleuroperitonealmembranen** von dorsal (sie vereinigen sich in der 7. Schwangerschaftswoche), dem **Mesenterium des Ösophagus** (→ Lendenteil, Crura) und der Muskelanlage aus der lateralen und dorsalen Körperwand (4. Monat). Die Muskelzellen stammen aus Myoblasten der Halsmyotome – deshalb wird das Zwerchfell vom N. phrenicus aus C3–5 versorgt, der beim „Deszensus" des Zwerchfells mitwandert.

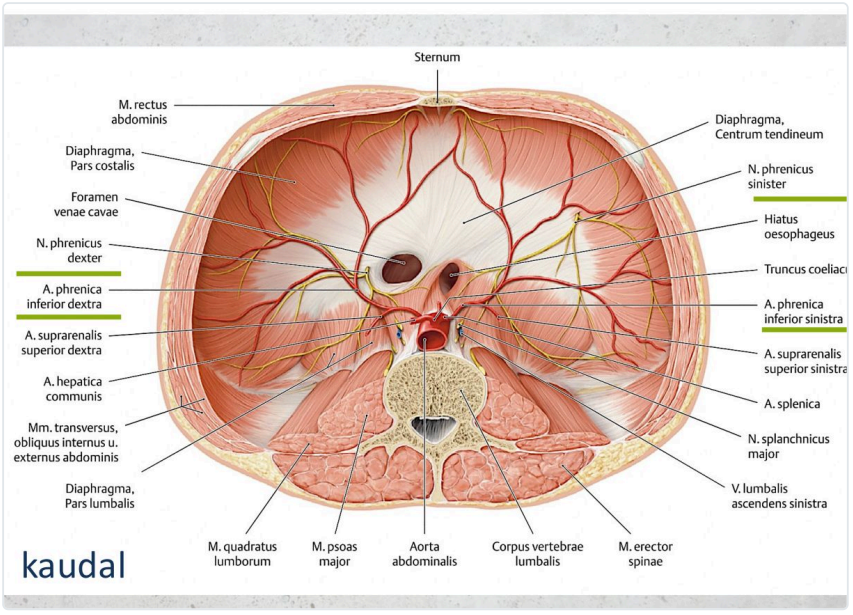
Klinik: Schließt sich der linke Pleuroperitonealkanal nicht vollständig, bleibt das Trigonum lumbocostale offen: **Bochdalek-Hernie** – Bauchorgane (z. B. der Magen) prolabieren in die linke Brusthöhle. via medici



Zwerchfell von kranial: Pars sternalis, costalis, lumbalis, Centrum tendineum, Lücken und Arkaden (VL Resp. V, Folie 53)



Zwerchfell von kaudal und von lateral: Foramen venae cavae (BWK 8), Hiatus oesophageus (BWK 10), Hiatus aorticus (BWK 12) (VL Übersicht I+II, Folie 65)



Zwerchfell von kaudal mit N. phrenicus und Aa. phrenicae inferiores (VL Resp. V, Folie 74)

4.10 Kurz gesagt – das Kapitel auf einer Seite

1. Die Pleura parietalis (Pars costalis, diaphragmatica, mediastinalis, cervicalis) ist über Nn. intercostales und N. phrenicus schmerzempfindlich, die Pleura visceralis nicht.

2. Im Pleuraspalt (ca. 5 ml Flüssigkeit) herrscht Unterdruck (–0,8 kPa Inspiration, –0,5 kPa Exspiration) durch Retraktionskraft und Oberflächenspannung; Einatmung aktiv, Ausatmung passiv.
3. Beim Pneumothorax fällt der Unterdruck weg und die Lunge kollabiert; beim Spannungspneumothorax entsteht Überdruck mit Mediastinalverschiebung.
4. Lungengrenze 6 – 8 – 10 (MCL, MAL, SKL), Pleura 7 – 9 – 11; Pleuraerguss im Recessus costodiaphragmaticus, Punktion am Rippenoberrand.
5. Mediastinum medium: Herz, Nn. phrenici, Vasa pericardiacophrenica; posterius: Ösophagus, Aorta, Azygos/Hemiazygos, Nn. vagi, Grenzstrang, Ductus thoracicus.
6. Vagus hinter, Phrenicus vor dem Hilum; der Phrenicus (C3–5) ist gemischt; V. hemiazygos kreuzt bei BWK VIII zur V. azygos.
7. Zwerchfell: Cava 8 (Centrum tendineum, R. phrenicoabdominalis dexter), Ösophagus 10 (Trunci vagales), Aorta 12 (Ductus thoracicus); Larrey vorne, Bochdalek hinten; axiale Hiatushernie ~90 %.

Quiz

Beantworte alles zuerst ohne Nachschlagen. Die Lösungen mit Begründung stehen auf der Seite danach.

Teil A · Erklär es dir selbst

Sag oder schreib die Antwort in zwei, drei Sätzen. Das ist schwerer als Ankreuzen – und genau deshalb bleibt es hängen.

1. Warum fällt die Lunge bei einem Pneumothorax zusammen, obwohl ihr selbst nichts fehlt?

2. Warum ist die Einatmung aktiv, die Ausatmung in Ruhe aber passiv?

3. Warum schmerzt eine Pleuritis, ein Lungentumor anfangs aber nicht?

4. Wo punktierst du einen Pleuraerguss, und warum dort?

5. Nenne die drei großen Zwerchfelllücken mit Höhe und Inhalt.

6. Warum wird das Zwerchfell von einem Halsnerv innerviert?

Teil B · Echte Klausurfragen

Alle Fragen stammen aus den Anatomie-III-Hauptklausur WS 14/15 (offizieller Lösungsbogen) und den Altklausurfragen der Fachschaft.

1. WS 14/15 Welche Aussage ist richtig? Im Mediastinum inferius medius liegt/liegen der/die …
   A. Vv. brachiocephalicae.
   B. Trachea.
   C. Vasa pericardiacophrenica.
   D. Thymus.
   E. Oesophagus.

2. WS 14/15 Welche Aussage zum Plexus cervicalis bzw. seinen Nerven ist falsch?
   A. Der N. transversus colli versorgt das Dermatom C2 und C3.
   B. Der N. phrenicus ist ein rein motorischer Nerv.
   C. Der N. phrenicus stammt aus den Rückenmarkssegmenten C3–C5.
   D. Der Erb-Punkt liegt am Hinterrand des M. sternocleidomastoideus.
   E. Die Radix motoria des Plexus cervicalis versorgt unter anderen die Mm. scaleni.

3. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. Das Mediastinum anterius enthält den Ductus thoracicus.
   B. Das Mediastinum superius ist der Raum oberhalb der Clavicula.
   C. Das Mediastinum medium enthält die Vasa thoracica interna.
   D. Das Mediastinum posterius enthält die V. hemiazygos.
   E. Das Mediastinum anterius enthält die V. cava inferior.

4. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. Der Ductus thoracicus sammelt Lymphe aus der kompletten rechten Körperhälfte.
   B. Die V. azygos durchtritt gemeinsam mit der A. epigastrica superior das Trigonum sternocostale.
   C. Der Arcus aortae befindet sich im Mediastinum posterius.
   D. Die Nn. vagi durchlaufen das Mediastinum posterius.
   E. Die Pleura visceralis wird vollständig vom N. vagus innerviert.
5. Altklausur Welche Aussage ist falsch? Die folgenden Strukturen reichen durch die Apertura thoracis superior:
   A. Mediastinum medium.
   B. Trachea.
   C. Oesophagus.
   D. Rechte und linke Lungenspitze.
   E. Truncus brachiocephalicus.
6. Altklausur Welche Aussage zur Lunge ist richtig?
   A. In der Pleurahöhle herrscht bei Inspiration ein Überdruck (Interpleuralspalt gegenüber Außenraum).
   B. Bei Exspiration wird das Lungenvolumen durch die elastischen Rückstellkräfte des Lungengewebes vergrößert.
   C. Bei Inspiration wird das Diaphragma kontrahiert.
   D. Der M. pectoralis major ist bei ruhiger Einatmung tätig.
   E. Die Bauchwandmuskeln sind bei ruhiger Ausatmung tätig.
7. Altklausur Welche Aussage zu den Lungen ist nicht richtig?
   A. Zwischen Pleura visceralis und Pleura parietalis herrscht Unterdruck.
   B. Die Pleura ist eine Serosa.
   C. Kranial reicht der Apex der Lunge bis über die Thoraxapertur hinaus.
   D. Die Lunge wird über Vasa privata, die aus der Aorta abzweigen, versorgt.
   E. Bei Druckerhöhung im Thorax erweitern sich die Lungen in die Recessus.
8. Altklausur Welche Aussage zu den Recessus ist richtig?
   A. Der Recessus costomediastinalis ist rechts größer als links.
   B. Der Recessus costodiaphragmaticus reicht dorsal bis unter die 12. Rippe.
   C. Lungenanteile dringen nur bei tiefer Ausatmung bis in die Recessus vor.
   D. Die äußere Wandung des Recessus costomediastinalis ist die Pleura visceralis.
   E. Dorsal medial berühren sich rechter und linker Recessus costodiaphragmaticus.
9. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
   A. In der Medioklavikularlinie befindet sich die Grenze der Pleura auf Höhe der 5. Rippe.
   B. Der N. phrenicus verläuft im Mediastinum posterius.
   C. Der Ramus phrenicoabdominalis sinister tritt durch den lateralen Lumbalspalt in den Thorax.
   D. Die V. hemiazygos mündet auf Höhe BWK VIII in die V. azygos.
   E. Der N. vagus innerviert motorisch das Zwerchfell.
10. Altklausur Welche Aussage ist richtig?
    A. Das Trigonum sternocostale befindet sich auf Höhe des LWK II.
    B. Das Foramen venae cavae ist im Centrum tendineum lokalisiert.
    C. Der Ramus phrenicoabdominalis des linken N. phrenicus zieht durch das Foramen venae cavae.
    D. Der Ductus thoracicus verläuft im mittleren Mediastinum.
    E. Die Nn. vagi verlaufen im Mediastinum medium und Mediastinum posterius.

Teil C · Richtig oder falsch?

Aussagen aus Altklausuren der Fachschaft (diese Fragen haben dort keinen Lösungsschlüssel; die Bewertung folgt den Folien).

1. „Der Ductus thoracicus zieht durch den Hiatus oesophageus des Zwerchfells.“ richtig ☐ · falsch ☐

2. „Der R. phrenicoabdominalis dexter des N. phrenicus zieht durch das Foramen venae cavae.“
   richtig ☐ · falsch ☐
3. „Die Trunci vagales gelangen durch den Hiatus oesophageus in den Bauchraum.“ richtig ☐ · falsch ☐
4. „Die V. azygos zieht durch das Trigonum sternocostale.“ richtig ☐ · falsch ☐
5. „Die Pleura visceralis wird vollständig vom N. vagus innerviert.“ richtig ☐ · falsch ☐
6. „Bei unvollständigem Verschluss des linken Pleuroperitonealkanals kann der Magen in die Brusthöhle prolabieren.“ richtig ☐ · falsch ☐

Lösungen

Teil A · Musterantworten

1. Die Lunge wird nur durch den Unterdruck und die Adhäsion im Pleuraspalt an der Brustwand gehalten; ihre elastischen Fasern und die Oberflächenspannung ziehen sie ständig zusammen. Dringt Luft ein, fällt dieser Halt weg, und die Lunge kollabiert (4.3, 4.4).
2. Zum Einatmen müssen Zwerchfell und Interkostalmuskeln den Thorax gegen den elastischen Zug der Lunge erweitern. Beim Ausatmen genügen die gespeicherten Rückstellkräfte der elastischen Fasern (4.3).
3. Die Pleura parietalis ist somatisch (Nn. intercostales, N. phrenicus) und stark schmerzempfindlich; Lunge und Pleura visceralis sind nur autonom innerviert (4.2).
4. Im Recessus costodiaphragmaticus, weil sich die Flüssigkeit im Stehen dort sammelt – und am Oberrand der Rippe, weil Vene, Arterie und Nerv am Unterrand verlaufen (4.5).
5. Foramen venae cavae BWK 8: V. cava inferior, R. phrenicoabdominalis dexter. Hiatus oesophageus BWK 10: Ösophagus, Trunci vagales. Hiatus aorticus BWK 12/LWK 1: Aorta, Ductus thoracicus (4.9).
6. Seine Muskulatur stammt aus Myoblasten der Halsmyotome (C3–5); beim Abstieg des Zwerchfells nimmt sie ihren Nerv, den N. phrenicus, mit (4.9).

Teil B · Klausurfragen

1. **C** – Die Vasa pericardiacophrenica laufen mit dem N. phrenicus am Perikard (4.6). Vv. brachiocephalicae, Trachea und Thymus liegen oben, der Ösophagus hinten.
2. **B** – Der N. phrenicus ist gemischt: motorisch Zwerchfell, sensibel Pleura, Perikard, Peritoneum (4.8).
3. **D** – Azygos und Hemiazygos liegen im hinteren Mediastinum (4.6). Die Vasa thoracica interna (C) gehören ins Mediastinum anterius, der Ductus thoracicus (A) ins posterius.
4. **D** – Die Vagi ziehen hinter dem Hilum zum Ösophagus (4.8). Der Ductus thoracicus sammelt die linke obere und die ganze untere Körperhälfte (A); die V. azygos zieht durch die Pars lumbalis (B); der Bogen liegt im Mediastinum superius (C).
5. **A** – Das Mediastinum medium ist das Perikard mit dem Herzen – es liegt unten auf dem Zwerchfell (4.1, 4.6).
6. **C** – Das Zwerchfell kontrahiert und senkt sich bei der Einatmung (4.3). Im Pleuraspalt ist immer Unterdruck (A); die Rückstellkräfte verkleinern (B); Hilfsmuskeln arbeiten nur forciert (D, E). Dieselbe Frage gab es mehrfach.
7. **E** – In die Recessus dehnt sich die Lunge bei tiefer Einatmung aus, wenn der Thorax sich erweitert und der Druck fällt (4.3, 4.5).
8. **B** – Die Pleuragrenze liegt in der Paravertebrallinie an der 12. Rippe (4.5). Recessus sind Räume der Pleura parietalis (D); die Lunge dringt bei Einatmung vor (C); links ist der vordere Recessus wegen des Herzens größer (A).
9. **D** – Kreuzung hinter der Aorta bei BWK VIII (4.7). Pleura in der MCL an der 7. Rippe (A); Phrenicus im Mediastinum medium (B); der linke R. phrenicoabdominalis durchbohrt die Muskulatur (C).
10. **B** – Die V. cava liegt in der Sehnenplatte – sie wird bei der Einatmung aufgezogen (4.9). Durch das Foramen venae cavae zieht nur der rechte R. phrenicoabdominalis (C).

Teil C · Richtig oder falsch?

1. **falsch** – Er zieht mit der Aorta durch den Hiatus aorticus (4.9). (Altklausur)
2. **richtig** – Der linke durchbohrt dagegen die Muskulatur (4.9). (Altklausur)

3. **richtig** – Sie liegen dem Ösophagus an (4.8, 4.9). (Altklausur)
4. **falsch** – Durch die Larrey-Spalte ziehen A. und V. thoracica interna; die V. azygos durch eine Spalte im Crus mediale (4.9). (Altklausur)
5. **falsch** – Sie wird autonom innerviert und ist kaum schmerzempfindlich; die Pleura parietalis versorgen Nn. intercostales und N. phrenicus (4.2). (Altklausur)
6. **richtig** – Bochdalek-Hernie durch das offene Trigonum lumbocostale (4.9). (Altklausur)

ZUM SCHLUSS

Übersicht: Klinik und wichtige Zahlen

Krankheitsbild	Ort / Ursache	Mechanismus	Folge
Primäre Ziliendyskinesie / Kartagener (1.2)	Dynein-Arme der Zilien fehlen	mukoziliäre Clearance gestört	chronische Infekte der Atemwege
Septumdeviation, Septumhämatom (1.4)	Fehlstellung bzw. stumpfes Trauma (Kinder)	Abszess möglich	behinderte Nasenatmung, Hyposmie, Kopfschmerz
Rhinitis, Nasenpolypen (1.5)	viral (häufigst), bakteriell, allergisch; chronisch-hyperplastisch	gestielte Mukosa-Ausstülpungen	verlegte Nase
Sinusitis (1.6)	Erwachsene Kieferhöhle, Kinder Siebbeinzellen	Kieferhöhle mündet am Dach → kein Abfluss; Fortleitung	retrobulbärer Abszess, Meningitis
Epistaxis (1.7)	Locus Kiesselbachi	oberflächliches Gefäßnetz aus ACI und ACE	Notfall: A. sphenopalatina unterbinden
Pharynxdivertikel (2.1)	Killian-Dreieck	muskelschwache Stelle im M. constrictor inf.	Schluckbeschwerden
Peripharyngeale Infektion (2.1)	Tonsillitis, Stichverletzung	Ausbreitung im Spatium peripharyngeum	bis ins Mediastinum
Postikuslähmung / Recurrensparese (2.5, 2.7)	Strumektomie, Aortenaneurysma, Bronchialkarzinom	einziger Öffner fällt aus	einseitig Heiserkeit, beidseitig Atemnot
Internusschwäche (2.5)	M. vocalis zu schlaff	elliptischer Spalt	Heiserkeit, schnelle Ermüdung
Reinke-Ödem, Glottisödem (2.6)	Noxen bzw. Allergie/Entzündung	Flüssigkeit im lockeren Bindegewebe	Heiserkeit bzw. lebensbedrohliche Atemnot
Larynxkarzinom (2.6)	Rauchen	Plattenepithelkarzinom der Stimmfalte	anhaltende Heiserkeit
Plattenepithelmetaplasie (2.8, 3.8)	Rauchen, Benzopyren	Flimmer- → Plattenepithel	Vorstufe des Bronchialkarzinoms
Aspiration (2.9)	Fremdkörper	rechter Hauptbronchus steil und weit	meist rechts
Mukoviszidose (3.7)	CFTR-Cl^--Kanal	zähes Sekret	Clearance gestört, Infekte
Lungenembolie (3.4)	Thrombus in A. pulmonalis	Vasa privata versorgen weiter	Gewebe meist erhalten
Bronchialkarzinom (3.5, 3.8)	Rauchen	Lymphweg zum Hilum, Kreuzung zur Gegenseite	Metastasen, Recurrensparese links
Lungenfibrose (3.7, 3.9)	Asbest, Quarz, chronische Entzündung	Kollagen ersetzt Parenchym	irreversibel
Lungenemphysem / COPD (3.9)	Rauchen, Verschmutzung, Infekte	elastische Fasern ↓ → keine Rückholkraft	Atemnot, Husten, Auswurf
RDS (3.10)	Frühgeburt, Surfactantmangel	Oberflächenspannung zu hoch	Alveolen entfalten sich nicht
Ösophagotracheale Fistel (3.10)	Septum oesophagotracheale unvollständig	Verbindung Trachea–Ösophagus	Säugling aspiriert Milch
Pneumothorax / Spannungspneumothorax (4.4)	Brustwand- oder Pleura-visceralis-Defekt	Unterdruck weg bzw. Ventil → Überdruck	Lungenkollaps, Mediastinalverschiebung
Pleuraerguss (4.5)	z. B. Herzinsuffizienz, Entzündung, Tumor	sammelt sich im Recessus costodiaphragmaticus	Punktion am Rippenoberrand
Phrenicusausfall (4.9)	hoher Querschnitt	beidseitige Zwerchfelllähmung	meist tödlich

Krankheitsbild	Ort / Ursache	Mechanismus	Folge
Hiatushernie (4.9)	Hiatus oesophageus	axial (Gleitbruch, ~90 %) oder paraösophageal	Magen im Thorax
Bochdalek-Hernie (4.9)	linker Pleuroperitonealkanal offen	Trigonum lumbocostale	Bauchorgane links im Thorax

Die wichtigsten Zahlen

Was	Wert	Abschnitt
Teilungen des Bronchialbaums	≈ 23 (15 konduktiv, 8 respiratorisch)	1.1
Nasenzyklus	≈ 6 Stunden	1.5
Trachea	10–12 cm, Ø 1,5–2 cm, Beginn C6–7, 16–20 Spangen, +5 cm bei Inspiration	2.8
Bifurcatio tracheae	Neugeborenes TH2, junger Erwachsener TH4	2.9
Rechter Hauptbronchus	≈ 20°, ≈ 2,5 cm, doppelter Ø	2.9
Lunge	≈ 400 g pro Flügel, 1,4–1,5 l; 100–120 m^2; ≈ 300 Mio. Alveolen	3.1
Hilum	TH5	3.3
Blut-Luft-Schranke	0,4–0,6 µm, bis 0,2 µm	3.9
Pneumozyten I / II	90 % / 10 % der Fläche · 40 % / 60 % der Zellen	3.9
Alveolen vor / nach der Geburt	15–20 % / 80–85 %	3.10
Pleuraflüssigkeit	≈ 5 ml	4.3
Druck im Pleuraspalt	–0,8 kPa (Insp.), –0,5 kPa (Exsp.)	4.3
Grenzen Lunge / Pleura	MCL 6/7 · MAL 8/9 · SKL 10/11 · PVL 11/12	4.5
Atemverschiebung der Lungengrenze	bis 10 cm	4.5
Zwerchfelllücken	Cava BWK 8 · Ösophagus BWK 10 · Aorta BWK 12/LWK 1	4.9
Hemiazygos → Azygos	BWK VIII	4.7
N. phrenicus	C3–C5	4.8
Aorta ascendens	5–6 cm	4.7

Quellen: Folien „Respirationstrakt: Nase“, „Respirationstrakt: Pharynx, Larynx, Trachea“, „Respirationstrakt: Lungen – Übersicht, Bronchialbaum, Histologie“ (Prof. Dr. Holm Zähres, WS 26/27) · „Respirationstrakt IV und V“ (Prof. Dr. Carsten Theiß) · „Anatomie III – Übersicht I + II“ (PD Dr. Veronika Matschke, 13.10.2026) · Histoskript 2. Kurstag Respirationstrakt (Petrasch-Parwez, Burger, v. Düring) · Aufgabenskript Kurstag 02 · Leitfaden Anatomage „Respiratorisches System“ (Moodle Anatomie III, WS 26/27) · via medici (Thieme) Anatomie 085–090, 195, 200, 201, 075 und Histologie 070–072 · Anatomie-III-Hauptklausur WS 14/15 Version A mit offiziellem Lösungsbogen · Altklausurfragen der Fachschaft (Community-Deck „3. Semester › Anatomie › Altklausuren“). Abbildungen: Folien der Dozenten; drei eigene Zeichnungen (Atemweg, Mündungen der Nebenhöhlen, Stimmritze).