

1 Atmungssystem und Lunge – Anatomie und Physiologie

1.1 Aufgaben und Aufbau des Atmungssystems

Wir atmen ununterbrochen: vom ersten Schrei, wenn wir auf die Welt kommen, bis zum sprichwörtlich letzten Atemzug. Jede einzelne Zelle ist auf eine funktionierende Atmung angewiesen. Das Atmungssystem hat dabei die Aufgabe,

- die **Einatemluft** von der Außenwelt über die Atemwege zur Lunge zu leiten,
- die **Ausatemluft** über die Atemwege von der Lunge zur Außenwelt zu leiten
- und vor allem den **Gasaustausch** durchzuführen. Unter Gasaustausch versteht man den physiologischen Vorgang, bei dem Sauerstoff (O₂) innerhalb der Lungenbläschen, der sog. Alveolen, in das Blut aufgenommen sowie Kohlendioxid (CO₂) vom Blut über die Lungenbläschen an die Ausatemluft abgegeben wird.
- Außerdem hilft die Atmung bei der Regulation des **Säure-Basen-Haushalts** mit, indem der Körper je nach Bedarf mehr oder weniger Kohlendioxid abatmet.
- Einige Organe des Atmungssystems dienen neben der Atmung auch der **Stimmbildung** und dem **Geruchssinn**.

Äußere Atmung. Mit dem Begriff **äußere Atmung** bezeichnet man den Transport der Luft hin zu und weg von den Lungenbläschen sowie den Vorgang des Gasaustausches an sich.

Innere Atmung. Im Gegensatz zur äußeren Atmung, an der die luftleitenden Wege und die Lunge beteiligt sind, meint **innere Atmung** die eigentliche **Zellatmung**. Innerhalb jeder einzelnen Körperzelle findet in den Mitochondrien die Verbrennung (Oxidation) von Glukose mithilfe von Sauerstoff statt. Dies ist ein chemischer Vorgang, bei dem Energie gebildet wird. Durch diesen physiologischen Prozess entstehen die Abfallprodukte Wasser und Kohlendioxid. Letzteres wird über das venöse Blut wieder zur Lunge transportiert und dort ausgeschieden.

Anatomische Strukturen. Bei den Organen, die am Atmungssystem beteiligt sind, unterscheidet man zwischen **oberen Atemwegen**, **unteren Atemwegen** und der Lunge. Obere und untere Atemwege fasst man auch unter dem Begriff **luftleitendes System** zusammen.

Zu den oberen Atemwegen (oberer Respirationstrakt) gehören (► **Abb. 1.1**):

- Nase
- Nasennebenhöhlen
- Rachenraum

Zu den unteren Atemwegen (unterer Respirationstrakt) zählen:

- Kehlkopf
- Luftröhre
- Bronchialbaum

Abb. 1.1 Obere und untere Atemwege.

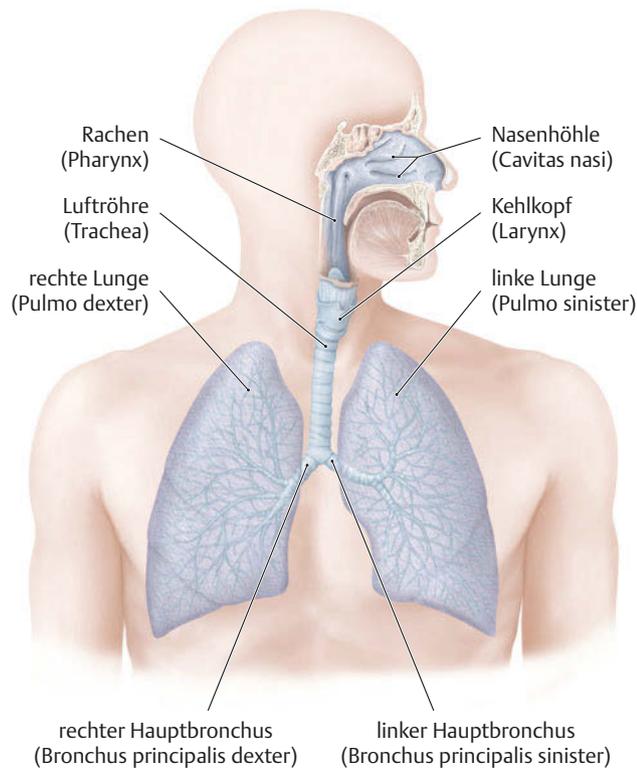


Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

1.2 Obere und untere Atemwege

1.2.1 Nase

Anatomie. Die Nase besteht aus einem äußeren sichtbaren Anteil sowie aus einem inneren Anteil, der **Nasenhöhle** (► Abb. 1.2). Die Nase wird durch die teils knorpelige, teils knöcherne **Nasenscheidewand** in 2 Hälften getrennt.

Den inneren Bereich der Nase nennt man **Nasenhöhle**. Diese Nasenhöhle liegt geschützt im Inneren des Schädels und wird von unten durch den harten Gaumen (Dach der Mundhöhle) begrenzt. Die obere Begrenzung bilden das Siebbein und das Keilbein der Schädelbasis sowie das Nasenbein und das Stirnbein. Die Seitenwände der Nasenhöhle werden rechts und links durch die Oberkieferknochen gebildet. Die beiden hinteren Öffnungen zum Rachenraum nennt man Choanen. Durch sie wird die Atemluft von der Nasenhöhle in den Rachen geleitet.

An den beiden Seitenwänden der Nasenhöhle befinden sich je 3 wulstartige, knöcherne Vorwölbungen, die die **untere, mittlere** und **obere Nasenmuschel** bilden. Diese Nasenmuscheln werden aus Knochenvorsprüngen des Oberkiefers gebildet. Sie sind mit Schleimhaut umkleidet und vergrößern somit die Schleimhautoberfläche der Nasenhöhle. Die 3 furchenartigen Räume, die aus den Nasenmuscheln gebildet werden, bezeichnet man jeweils als **Nasengang**.

Aufgaben. Neben der Luftleitung **feuchtet** die Nase die Atemluft an, **erwärmt** sie und **reinigt** sie. Auf der Schleimhautoberfläche befinden sich feine Flimmerhärchen, die kleine Fremdkörper, Krankheitserreger und Staubpartikel mithilfe wogender Bewegungen in Richtung Nasen-Rachen-Raum befördern. Außerdem ist die Nase von einem dichten oberflächlich gelegenen Kapillargeflecht durchzogen, das die Atemluft erwärmt. Diese Schleimhaut besitzt Schwellkörper, die anschwellen können und somit die Oberfläche der Schleimhaut stark vergrößern können. Die Becherzellen der Schleimhaut produzieren zusätzlich dazu Schleim, der beim Transport von Fremdpartikeln und Krankheitserregern mithilft.

Abb. 1.2 Die Nase und die Nasennebenhöhlen.

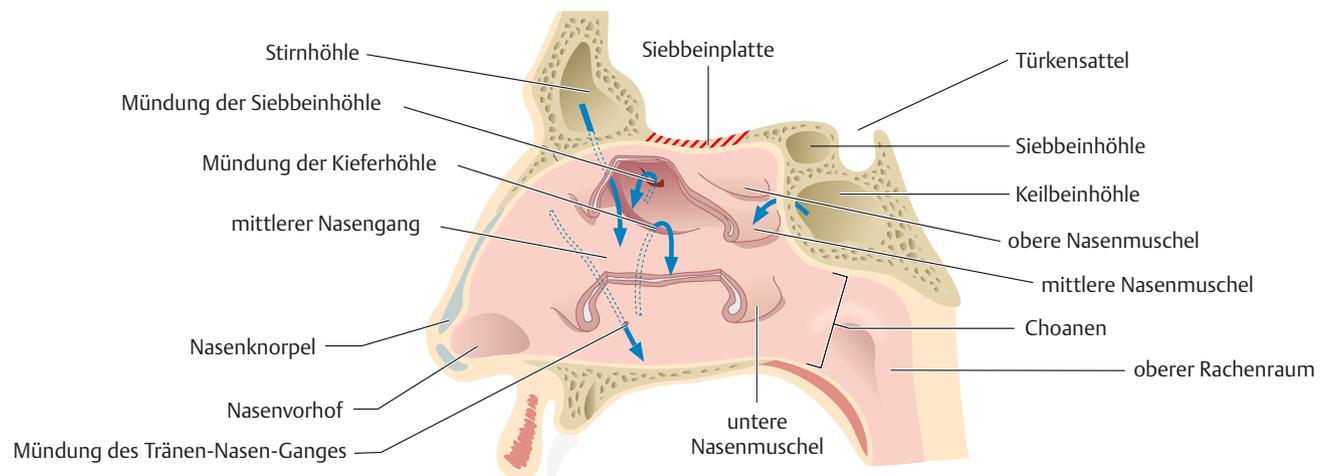


Abb. aus: Schwegler JS, Lucius R. Der Mensch – Anatomie und Physiologie. 5. Auflage. Thieme; 2011

Im Dach der Nasenhöhle, also in den Siebbeinzellen der Schädelbasis, befindet sich die **Riechschleimhaut**. Ihre Sinneszellen (Riechzellen) leiten ihre Informationen weiter an den Riechnerv, der diese seinerseits an das Gehirn weitergibt.

Zusätzlich dient die Nasenhöhle als luftgefüllter **Resonanzraum** für die Stimmgebung. Außerdem steht die Nasenhöhle mit dem **Tränennasengang** in Verbindung. Dieser leitet die Tränenflüssigkeit vom Auge in den Nasenraum ab.

1.2.2 Nasennebenhöhlen

Anatomie. Nasennebenhöhlen sind mit Schleimhaut ausgekleidete, luftgefüllte Hohlräume, die im Oberkieferknochen, im Stirnbein, im Keilbein und im Siebbein vorkommen. Alle Nasennebenhöhlen sind **paarig angelegt** und jeweils **mit der Nasenhöhle über die Nasengänge direkt verbunden**. Über diese Verbindungen mit der Nasenhöhle werden die Nasennebenhöhlen belüftet, und Sekret, das sich in den Nebenhöhlen bildet, kann über die Nase abfließen. Zu den Nasennebenhöhlen gehören (► **Abb. 1.3**):

- die Stirnhöhlen (Sinus frontalis)
- die Keilbeinhöhlen (Sinus sphenoidalis)
- die Siebbeinhöhlen (Sinus ethmoidalis)
- die Kieferhöhlen (Sinus maxillaris)

Aufgaben. Die Nasennebenhöhlen haben zum einen die Aufgabe, das Schädelgewicht zu verringern. Zum anderen erweitern sie den Stimmresonanzraum und vergrößern die Oberfläche der Nasenschleimhaut.

☑☑☑ Fazit – Das müssen Sie wissen

Aufbau und Funktion der Nase

In der Nase wird die Atemluft angewärmt, gereinigt und angefeuchtet. Sie besteht aus der äußeren und der inneren Nase. Die **innere Nase** umfasst die Nasenhöhle, die durch die Nasenscheidewand geteilt wird. In die Nasenhöhle ragen die 3 Nasenmuscheln, die die 3 Nasengänge abgrenzen. Im Bereich der oberen Nasenmuschel befindet sich die Riechschleimhaut. Die Nasenhöhle geht hinten in den Rachen über.

Über Öffnungen in den Nasengängen steht die Nasenhöhle mit den **Nasennebenhöhlen** in Verbindung. Dazu zählen jeweils die linke und rechte Kiefer-, Stirn- und Siebbeinhöhle und die unpaarige Keilbeinhöhle. Auch der Tränennasengang mündet in die Nasenhöhle.

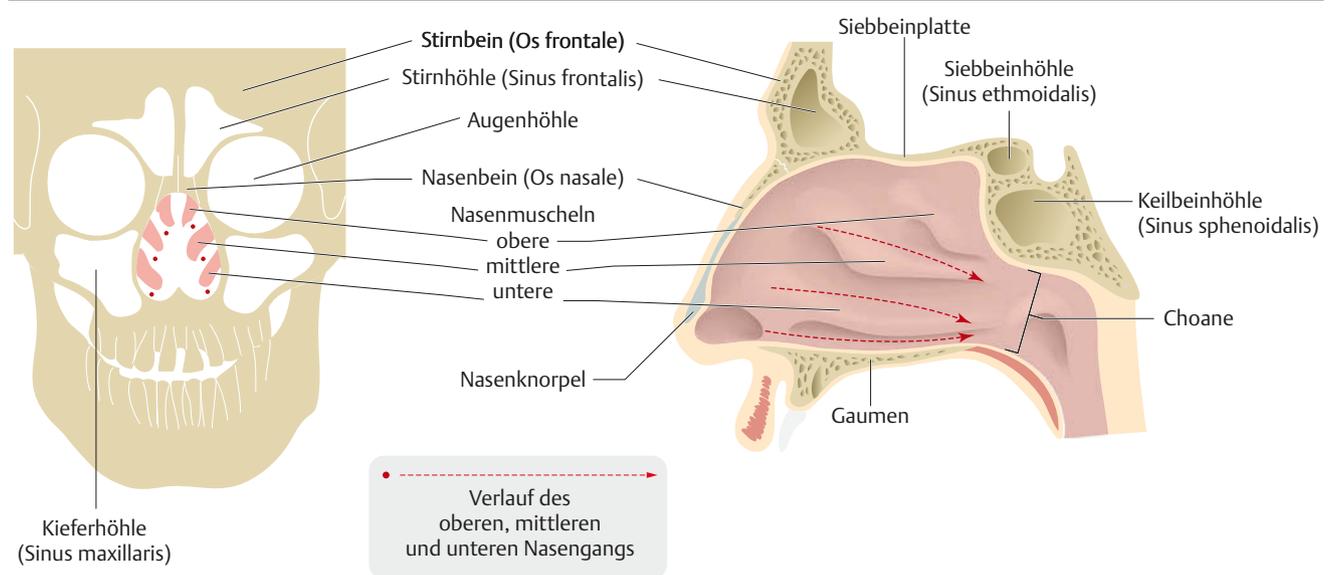
Das Gerüst der **äußeren Nase** und der vorderen Nasenscheidewand besteht aus Knorpel, die übrigen Strukturen haben eine knöcherne Grundlage. Geruchswahrnehmungen werden über den Riechnerv ans Gehirn weitergeleitet.

1.2.3 Rachen (Pharynx)

Anatomie. Der Rachen (Schlund, Pharynx) ist ein muskulärer Schlauch und ca. 12–15 cm lang. Er beginnt oben an den Choanen und endet am Übergang zum Kehlkopf. Am Schluckvorgang ist der Rachen wesentlich beteiligt. Er kann in 3 verschiedene Abschnitte unterteilt werden (► **Abb. 1.4**):

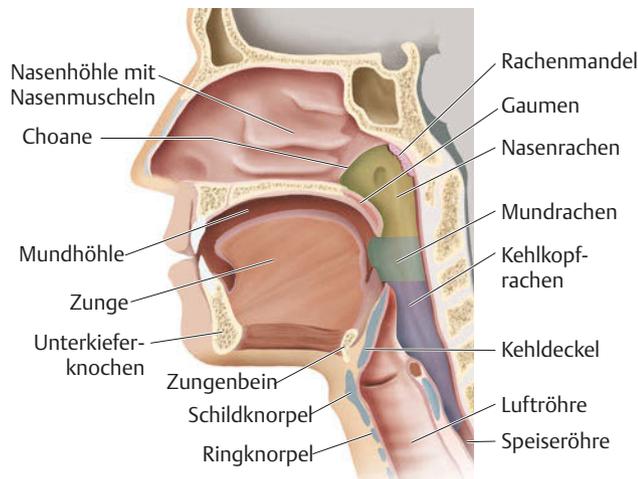
- **Nasen-Rachen-Raum (Epipharynx, Nasopharynx):** Dies ist der obere Abschnitt des Rachenraumes. Er steht über die hinteren Nasenöffnungen (Choanen) mit der Nasenhöhle in Verbindung. Der Nasen-Rachen-Raum erstreckt sich bis zum weichen Gaumen. **Im Nasen-Rachen-Raum befinden sich jeweils die Mündungen der beiden Ohrtrompeten (Tuba auditiva, eustachische Röhre).** Die Ohrtrompete ist eine Verbindung des Mit-

Abb. 1.3 Nasennebenhöhlen, Nasengänge und Nasenmuscheln.



Von vorn sind von den Nasennebenhöhlen nur die Stirn- und Kieferhöhle zu sehen. Im seitlichen Schnitt sind Stirn-, Siebbein- und Keilbeinhöhle sichtbar. Deutlich erkennbar ist, wie die 3 Nasenmuscheln in die Nasenhöhle ragen und die 3 Nasengänge bilden. *Abb. aus: Bommas-Ebert U, Teubner P, Voß R. Kurzlehrbuch Anatomie und Embryologie. 3. Auflage. Thieme; 2011.*

Abb. 1.4 Rachenraum.



Der Nasenrachen stellt über die Choanen die Verbindung mit der Nasenhöhle dar, der Mundrachen schließt sich an, er endet am Kehlkopf. Abb. aus: Schewior-Popp S, Sitzmann F, Ullrich L. Thiemes Pflege. 15. Auflage Thieme; 2020

telohrs mit der Außenwelt und dient dem Druckausgleich des Mittelohrs. Des Weiteren befindet sich im Nasen-Rachen-Raum die unpaarig angelegte **Rachenmandel**.

- **Mund-Rachen-Raum (Mesopharynx, Oropharynx):** Der Mund-Rachen-Raum befindet sich zwischen weichem Gaumen und Kehldeckel und steht in Verbindung mit der Mundhöhle. Im Mund-Rachen-Raum befinden sich die beiden **Gaumenmandeln**.
- **Kehlkopf-Rachen-Raum (Hypopharynx, Laryngopharynx):** Der Kehlkopfrachenraum führt vom Zungenbein bis zum Kehlkopf bzw. zur Speiseröhre. Hier findet der Schluckvorgang statt. Beim Schlucken verschließt sich der Kehlkopf reflektorisch durch den Kehlkopfdeckel, sodass die Luftröhre gegen den Speisebrei abgedichtet wird.

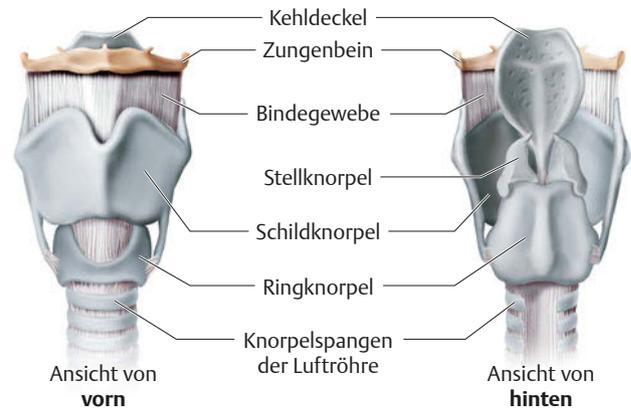
Aufgaben. Der Rachen ist das Verbindungsstück zwischen Nasenhöhle und Luftröhre und gleichzeitig zwischen Mundhöhle und Speiseröhre. Er stellt also gleichzeitig einen Funktionsteil des Atemtrakts und einen Funktionsteil des Verdauungstrakts dar. Der Atemweg und der Speiseweg kreuzen sich im Rachen.

Fazit – Das müssen Sie wissen

Aufbau und Funktion des Rachens

Der Rachen (Pharynx) verbindet die Nasen- und die Mundhöhle mit der Luftröhre bzw. der Speiseröhre. Seine Wand besteht aus Muskulatur. Er spielt eine wichtige Rolle beim Schluckvorgang, da er zusammen mit dem Kehlkopf dafür sorgt, dass keine Nahrung in die Luftröhre gelangt. Durch Berührung der hinteren Rachenwand kann der Würgereflex ausgelöst werden. Im Rachen liegen außerdem die Mandeln (Tonsillen). Im Nasen-Rachen-Raum befinden sich beiderseits jeweils die Mündungen der beiden Ohrtrompeten (Tuba auditiva, eustachische Röhre).

Abb. 1.5 Kehlkopfskelett.



Ansicht von vorn und von hinten. Der Stellknorpel wird in der Vorderansicht vom Schildknorpel verdeckt. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

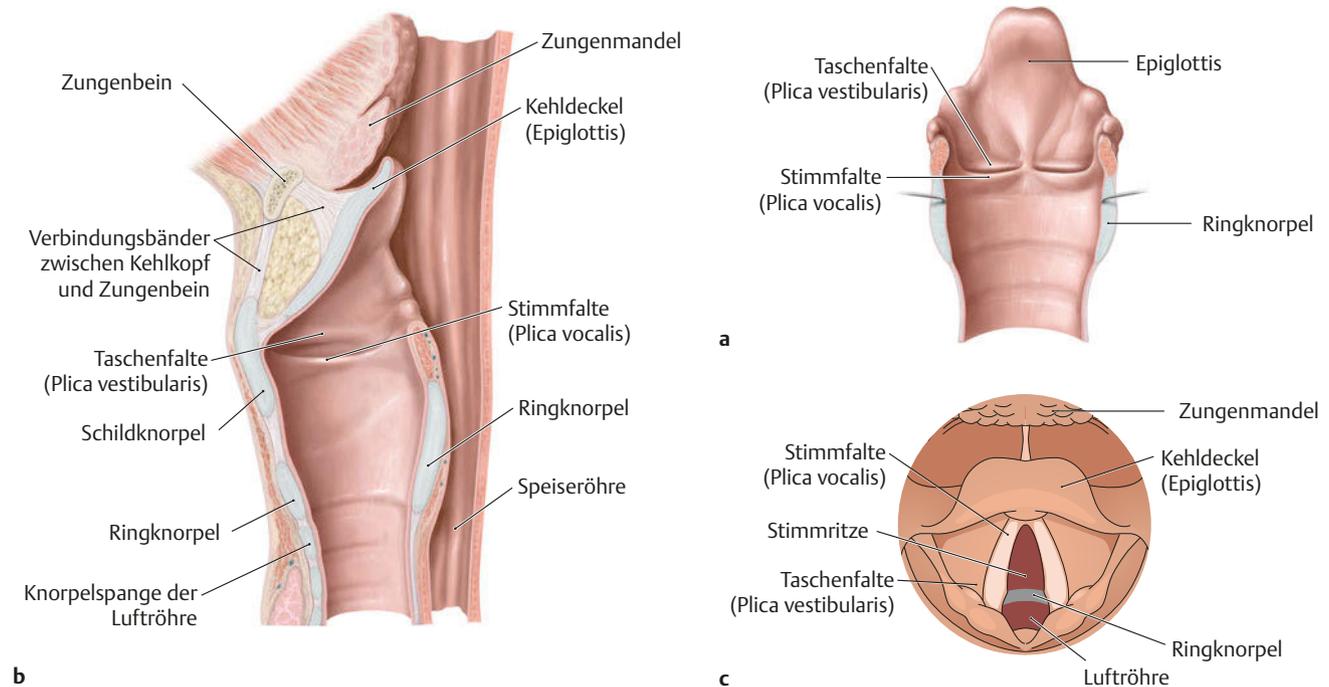
1.2.4 Kehlkopf (Larynx)

Anatomie. Der Kehlkopf wird aus insgesamt 9 verschiedenen Knorpeln gebildet, die durch Gelenke, Muskeln und Bänder miteinander verbunden sind (► Abb. 1.5). Oberhalb des Kehlkopfes befindet sich das Zungenbein. Dies ist ein gebogener Knochen, der direkt unterhalb der Zungenbasis liegt und keinerlei knöcherne Verbindung zu einem anderen Knochen besitzt. Dieser Umstand stellt eine Besonderheit in der menschlichen Anatomie dar. Der Kehlkopf geht an seinem unteren Ende direkt in die Luftröhre über.

Wichtige anatomische Strukturen des Kehlkopfes sind:

- Der **Schildknorpel**. Dies ist der größte Knorpel des Kehlkopfes und beim Mann meist von außen als so genannter Adamsapfel erkennbar.
- Der **Ringknorpel**. Er bildet nach unten die Verbindung zur Luftröhre und sieht aus wie ein Siegelring, dessen Siegelfläche nach hinten zeigt.
- Der **Kehldeckel (Epiglottis)**. Der Kehldeckel hat in etwa das Aussehen eines kleinen Löffels mit einem kurzen Griff. Dieser ist an der Innenseite des Schildknorpels gelenkig befestigt. Das obere Ende des Kehldeckels ist frei beweglich und verschließt beim Schluckakt reflektorisch den Eingang zur Luftröhre, so dass für den Speisebrei nur der Weg in die Speiseröhre offen bleibt. Bei der Atmung ist der Kehldeckel geöffnet und gewährleistet den ungehinderten Luftdurchfluss zur Luftröhre.
- **2 Stellknorpel**. Diese kleinen Knorpel im Inneren des Kehlkopfes können durch einen Muskel ihre Lage ändern. Dadurch können die an ihnen ansetzenden Stimmbänder in ihrer Länge variieren (► Abb. 1.6). Die beiden **Stimmbänder** liegen nebeneinander und können sich zur Seite hin öffnen oder verschließen. Den Raum, der durch die Öffnung der Stimmbänder gebildet wird, nennt man **Stimmritze**. Den Bereich der Stimmbänder und der Stimmritze nennt man **Glottis**. Ein wichtiger Nerv, der die Stimmbänder innerviert, ist der **N. recurrens**, ein Ast des N. vagus (X. Hirnnerv).

Abb. 1.6 Taschenfalten und Stimmfalten.



- a Blick von hinten auf die vordere Innenfläche des Kehlkopfes. Die kleineren Taschenfalten liegen oberhalb der Stimmfalten.
 b Blick auf die seitliche Innenfläche des Kehlkopfes. Die beiden Falten verlaufen halbmondförmig auf Höhe der Stellknorpel.
 c Blick auf den Kehlkopf von oben. Die Stimmfalten sind wegen ihrer helleren Farbe auch am Patienten bei der Kehlkopfspiegelung gut erkennbar.
 Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

! Cave

Schleimhautödem

Die Oberfläche des Kehlkopfes und insbesondere des Kehldeckels besteht aus Schleimhaut. Wie bei jeder Schleimhaut im Körper kann sich ein Ödem bilden (Glottisödem (S. 32)). Im Bereich der Glottis und der Epiglottis kann dies zu einer lebensbedrohlichen Verlegung der Atemwege führen. Es droht Erstickten, bei Kindern besteht akute Lebensgefahr.

Funktionen.

Der Kehlkopf hat 3 Funktionen:

- Er verbindet den Rachen mit der Luftröhre, die Atemluft passiert dabei den Innenraum des Kehlkopfes, um zur Luftröhre zu gelangen.
- Weiter verschließt er beim Schlucken von Speisebrei den Luftweg, der direkt vor der Speiseröhre liegt, um ein „Verschlucken“ zu vermeiden. Der laienhafte Ausdruck „Verschlucken“ meint dabei ein Eintreten von Speisebrei oder eines anderen Fremdkörpers in die Luftröhre oder die Lunge. Man spricht von der Anatomie eines Fremdkörpers oder von **Aspiration**, bei der die lebensbedrohliche Gefahr des Ersticken besteht.
- Der Kehlkopf ist außerdem maßgeblich an der Stimmgebung beteiligt. Die Atemluft muss durch die Stimmritze hindurchtreten, um zur Lunge bzw. nach außen zu gelangen. Dabei versetzt die Atemluft die beiden Stimmbänder in Schwingungen, die die **Stimmbildung (Phonation)** erzeugen.

📌📌📌 Fazit – Das müssen Sie wissen

Aufbau und Funktion des Kehlkopfes

Der Kehlkopf (Larynx) verbindet den Rachen mit der Luftröhre und ist für die Stimmgebung verantwortlich. Er besteht aus 4 Knorpeln. Der größte Knorpel ist der Schildknorpel, der den Adamsapfel bildet. Der Kehldeckel (Epiglottis) verschließt den Kehlkopf beim Schluckvorgang. Am Kehlkopf sind die Stimmbänder befestigt, die in der Stimmfalte verlaufen. Zwischen den beiden Stimmfalten liegt die Stimmritze. Sie kann durch Bewegungen der Kehlkopfknorpel für die Atmung weit und für die Stimmgebung eng gestellt werden. Stimmfalten und Stimmbänder werden gemeinsam als Glottis bezeichnet. Der Stimmnerv (N. laryngeus recurrens) und der obere Kehlkopfnerv (N. laryngeus superior) sind für die Reizweiterleitung verantwortlich. Beides sind Äste des N. vagus.

1.2.5 Luftröhre (Trachea)

Anatomie. Die Trachea beginnt direkt unterhalb des Ringknorpels des Kehlkopfes und endet auf Höhe des 4. Brustwirbels in der Gabelung der beiden Hauptbronchien. Diese Gabelung bezeichnet man als **Bifurcatio tracheae**. Kurz oberhalb dieser Gabelung wird die Trachea vom Aortenbogen gekreuzt.

Die Luftröhre ist ca. 11 cm lang, hat einen Durchmesser von bis zu ca. 2 cm und besteht aus einem Längsmuskelschlauch, der von ca. 20 hufeisenförmigen Knorpelspangen offen gehalten wird.

Diese Knorpelspannen sind nach hinten geöffnet, also zum direkt dahinterliegenden Ösophagus (Speiseröhre), der mit seiner Muskelwand gleichzeitig die Rückwand der Trachea bildet. Im oberen Bereich, direkt unterhalb des Kehlkopfes, liegt die Schilddrüse der Luftröhre direkt auf. Zwischen den einzelnen Knorpelspannen ist elastisches Bindegewebe eingelagert, das der Luftröhre ihre notwendige Flexibilität gibt. Im Inneren ist die Luftröhre mit einer Schleimhautschicht ausgestattet, die ebenfalls mit feinen Flimmerhärchen überzogen ist.

Funktion. Wie im Nasenraum befördern diese Flimmerhärchen kleinste Fremdkörper sowie Krankheitserreger durch wogende Bewegungen in Richtung Mundhöhle bzw. Speiseröhre.

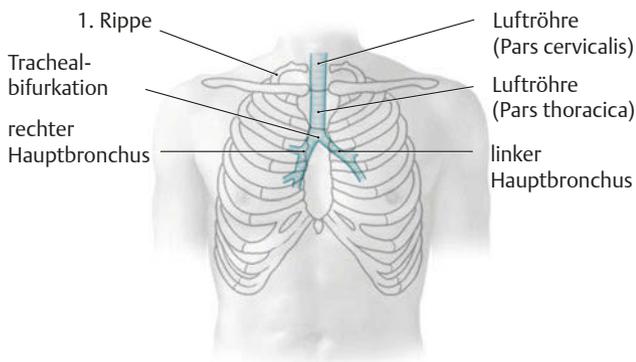
1.2.6 Bronchialraum (Bronchien)

Anatomie. Die Luftröhre (► Abb. 1.7) teilt sich an der Gabelungsstelle in den rechten und linken **Hauptbronchus** auf und tritt am sog. Lungenhilus in den rechten und linken Lungenflügel ein.

Beide Hauptbronchien teilen sich innerhalb der beiden Lungenflügel in mehrere **Lappenbronchien** auf. Der rechte Lungenflügel besteht aus **3 Lungenlappen**, somit gibt es hier 3 Lappenbronchien. Der linke Lungenflügel ist aufgrund der Herzaussparung nur in 2 Lungenlappen aufgeteilt. Demgemäß gibt es in der linken Lunge nur 2 Lappenbronchien. Die Lappenbronchien teilen sich auf jeder Lungenseite wiederum in verschiedene **Segmentbronchien**. Auf der rechten Lungenseite bestehen 10 Segmentbronchien, auf der linken Lungenseite aufgrund der Aussparung des Herzens nur 9. Diese Segmentbronchien teilen sich immer weiter auf, verästeln und verkleinern sich immer mehr. Diese gesamte Aufteilung und Verästelung der Bronchien nennt man **Bronchialbaum** (► Abb. 1.8).

Die einzelnen Bronchien werden durch Knorpelspannen bzw. durch Knorpelstücke offen gehalten. Bei der weiteren Aufteilung in die nachfolgenden Bereiche, den **Bronchiolen (Bronchioli respiratorii)**, die die Endaufzweigung des Bronchialbaumes darstellen, fehlen nun jedoch diese Knorpelanteile. Die Bronchiolen, die kleinsten Verästelungen, werden durch glatte Muskulatur und durch elastische Fasern gebildet.

Abb. 1.7 Lage der Luftröhre und der Hauptbronchien.



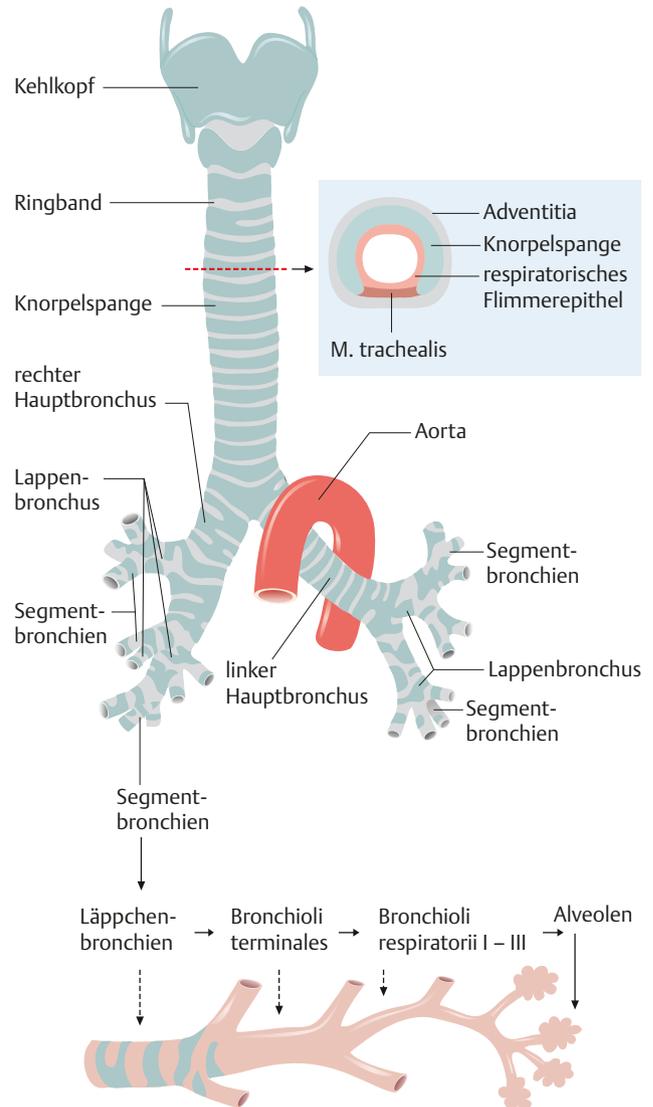
Die Luftröhre liegt genau in der Brustkorbmitte hinter dem Brustbein. Der rechte Hauptbronchus verläuft steiler als der linke. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

HP-Praxis

Fremdkörper

Der rechte Hauptbronchus besitzt dabei eine größere Lichtung als der linke Hauptbronchus und verläuft relativ steil als Fortsetzung der Trachea nach unten. Der linke Hauptbronchus dagegen zieht, bedingt durch die Lage des Herzens, etwas flacher nach unten. Gelangt ein Fremdkörper durch Aspiration in die Lunge, nimmt er deshalb meist den Weg in den rechten Hauptbronchus.

Abb. 1.8 Aufzweigung des Bronchialraums.



Die Luftröhre teilt sich in 2 Hauptbronchien (kleines Bild: Wandaufbau der Luftröhre im Querschnitt). Der rechte Hauptbronchus verzweigt sich erst in 3 Lappenbronchien, die sich in insgesamt 10 Segmentbronchien aufteilen. Links sind es 2 Lappenbronchien und insgesamt 9 Segmentbronchien. Aus den Segmentbronchien gehen die Lappchenbronchien hervor, die durch weitere Aufzweigungen erst zu den Bronchioli terminales und dann zu den Bronchioli respiratorii werden. Deren Ende bilden die Alveolargänge mit den Lungenbläschen. Abb. aus: Bommas-Ebert U, Teubner P, Voß R. Kurzlehrbuch Anatomie und Embryologie. 3. Auflage. Thieme; 2011.

HP-Praxis

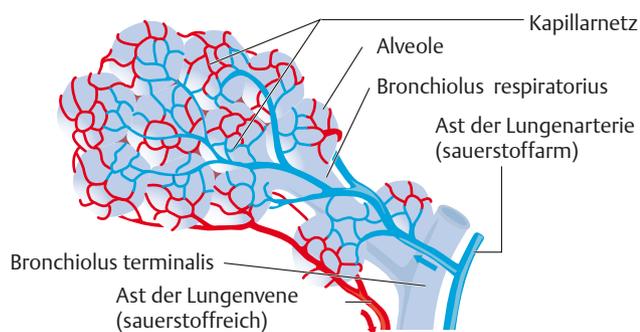
Bronchospasmus

Da die Bronchiolen keinen knorpeligen Anteil besitzen, sondern nur aus Bindegewebe und vor allem glatter Organmuskulatur bestehen, kann sich dieses Muskelgewebe, z. B. zum Schutz vor dem Eindringen von Allergenen oder Krankheitserregern, pathologisch verkrampfen. Dies nennt sich **Bronchospasmus**. Dieser Bronchospasmus ist unter anderem der Auslöser einer Atemnot bei Erkrankungen wie Asthma bronchiale.

Funktion. An die Bronchiolen schließen sich die **Lungenbläschen (Alveolen)** an. Diese sind als Alveolengruppe traubenförmig angeordnet (► **Abb. 1.9**). In den Alveolen findet der Gasaustausch statt. Jedes Lungenbläschen ist von einem dichten Blutkapillarnetz umgeben, aus dem Sauerstoff ein- bzw. Kohlendioxid austreten kann. Diese sehr dünnen Wandschichten zwischen Alveolen und Blutkapillaren nennt man **Blut-Luft-Schranke**. Insgesamt gibt es im menschlichen Körper ca. 300 Millionen Lungenbläschen. Ausgebreitet ergäbe dies eine Gesamtfläche von ca. 100 m². Der Raum zwischen den einzelnen Lungenbläschen ist mit Bindegewebe ausgefüllt. Dies bezeichnet man als Lungeninterstitium.

Damit sich die Lungenbläschen nicht überdehnen und andererseits nicht in sich zusammenfallen, bilden spezielle Zellen in der Lunge den sog. **Oberflächenfaktor (Surfactant-Faktor)**. Dieser Faktor setzt die Oberflächenspannung herab und hält die Alveolen dadurch geöffnet. Er ist somit wesentlich an der Elastizität der Lunge beteiligt.

Abb. 1.9 Alveolengruppe.



Die Lungenbläschen sind von einem dichten Kapillarnetz umgeben. Sie gruppieren sich um die Alveolargänge, die auf dem Bild nicht sichtbar sind, da sie innen liegen. Die Alveolargänge sind die Endaufzweigungen der Bronchioli respiratorii, die aus den Bronchioli terminalis hervorgehen. Die Pfeile zeigen die Richtung des Blutflusses an.

Abb. aus: Schwegler JS, Lucius R. *Der Mensch – Anatomie und Physiologie*. 6. Auflage. Thieme; 2016

Fazit – Das müssen Sie wissen

Luftröhre und Bronchien

Die Luftröhre (Trachea) und die Bronchien leiten die Luft in die Lungenbläschen, in denen der Gasaustausch stattfindet. Die Luftröhre beginnt am Kehlkopf und teilt sich im Brustkorb in die beiden Hauptbronchien, die in die Lunge eintreten und sich dort in immer kleinere Äste (Lappen-, Segment- und Läppchenbronchien und Bronchioli) verzweigen. Am Ende des Bronchialbaums stehen die Alveolargänge, an denen die Lungenbläschen (Alveolen) sitzen. Die Wand der Luftröhre und der größeren Bronchien enthält Knorpel einlagerungen, während sich die Wand der kleineren Bronchiolen aus einer dicken Muskelschicht und elastischen Fasern zusammensetzt. Dieser Aufbau ermöglicht eine Eng- oder eine Weitstellung der Bronchiolen durch den Parasympathikus bzw. den Sympathikus.

1.3 Lunge

1.3.1 Lungenkreislauf

Auch das Blutgefäßsystem der Lunge folgt im Grunde dieser Baumstruktur. Der arterielle **Lungenstamm (Truncus pulmonalis)**, der vom rechten Ventrikel des Herzens kommt, teilt sich im Bereich des Lungenhilus in die rechte und linke **Lungenarterie (A. pulmonalis dextra und A. pulmonalis sinistra)**. Diese teilt sich wiederum in verschiedene Abschnitte auf, die dem Bronchialbaum folgen. Der Durchmesser der arteriellen Blutgefäße verkleinert sich dabei immer mehr. Im Bereich der Alveolen gehen die Arterien in die Lungenkapillaren über. Hier erfolgt der Gasaustausch. Die Lungenvenen, die nun das **sauerstoffreiche (!)** Blut von den Alveolen wegführen, vereinen sich auf ihrem Weg zum Lungenhilus immer mehr und bilden dort jeweils 2 rechte und 2 linke **Lungenvenen (Vv. pulmonales)**, die dann zum linken Atrium des Herzens zurückziehen.

HP-Praxis

Euler-Liljestrand-Mechanismus

Bei der Durchblutung der Lungenkapillaren (**Perfusion**) gibt es eine physiologische Besonderheit, die unter pathologischen Umständen eine große Rolle spielt: Der Körper ist grundsätzlich bestrebt, gut belüftete Alveolen auch entsprechend zu durchbluten. Dies nennt man den **Euler-Liljestrand-Mechanismus**. Dies bedeutet aber, dass Alveolen oder Lungenbereiche, die – pathologisch – nicht mehr entsprechend belüftet werden, auch nur noch wenig oder gar nicht mehr durchblutet werden. Welche massiven Auswirkungen dies haben kann, sehen Sie im Abschnitt „Lungenembolie“ (Kap. 3.5.2).

1.3.2 Lage und äußerer Aufbau der Lunge

Die beiden Lungenflügel liegen in der **Brusthöhle (Thorax)** direkt den Rippen auf. Die untere Begrenzung bildet als Lungenbasis das **Zwerchfell (Diaphragma)**. Die beiden oberen Lungenspitzen reichen bis zu den Schlüsselbeinen. Der Raum, den die beiden Lungenflügel für den Herzbeutel aussparen, nennt man **Mediastinum**.

Lungenhilus. Am **Lungenhilus** der beiden Lungenflügel, der mittig in Richtung Mediastinum liegt, treten jeweils die beiden Hauptbronchien, die Lungenarterien, Lungenvenen, Nerven, Lymphgefäße sowie Bronchialarterien und Bronchialvenen ein und aus. Bronchialarterien und -venen versorgen das Lungengewebe mit Sauerstoff.

Lungenlappen und Lungensegmente. Die Lunge kann rein äußerlich anhand schräg verlaufender Einschnitte, die von außen mit bloßem Auge sichtbar sind, auf der linken Hälfte in 2 Lappen und auf der rechten Seite in 3 Lappen aufgeteilt werden. Genauso wie die luftleitenden Strukturen teilen sich diese Lappen wiederum in verschiedene Segmente: Auf der linken Seite sind 9 Segmente vorhanden, auf der rechten Seite 10. Allerdings sind diese Segmente nicht mehr äußerlich erkennbar.

Brustfell. Die beiden Lungenflügel sind mit der **Pleura (Brustfell)** überzogen. Dies ist eine hauchdünne Organhülle, die wie z. B. der Herzbeutel aus 2 Blättern besteht. Die Blätter sind gegeneinander verschieblich und gehen am Lungenhilus ineinander über. Das innere Blatt der Pleura, das der Lunge direkt aufliegt, nennt man **Lungenfell (Pleura visceralis)**, das zweite äußere Blatt, das direkt der Brustwand aufliegt, nennt man **Rippenfell (Pleura parietalis)**. Beide Blätter, Lungen- und Rippenfell, bilden einen luftdicht abgeschlossenen Spalt, in dem sich eine geringe Flüssigkeitsmenge als Gleitmittel befindet. Dieser **Pleuraspalt**, in dem ein Unterdruck herrscht, lässt die Lungen elastisch am Rippenfell anhaften und somit den Atembewegungen des Thorax folgen.

1.3.3 Atemmechanik

Atemmuskulatur. Die Atemmuskulatur besteht aus dem **Zwerchfell (Diaphragma)** und der äußeren **Zwischenrippenmuskulatur (Interkostalmuskulatur)**. Das Zwerchfell, der wichtigste Atemmuskel, wölbt sich im entspannten Zustand etwas nach oben in Richtung Thorax. Bei der Einatmung tritt es nach unten und wirkt wie der Kolben einer Pumpe. Bei der sog. Bauchatmung ist die Bewegung des Zwerchfells an den Bewegungen der Bauchdecke von außen sichtbar. Außerdem stellen sich die Rippen während der Einatmung aufgrund der Kontraktion der äußeren Zwischenrippenmuskulatur wie bei einem Lamellenvorhang nach außen (► **Abb. 1.10**).

Bei einer verstärkten Atmung wird zusätzlich die **inspiratorische Atemhilfsmuskulatur** eingesetzt, die im Ruhezustand nicht an der Atmung beteiligt ist. Die Atemhilfsmuskulatur besteht aus folgenden Muskeln:

Abb. 1.10 Atemmechanik.

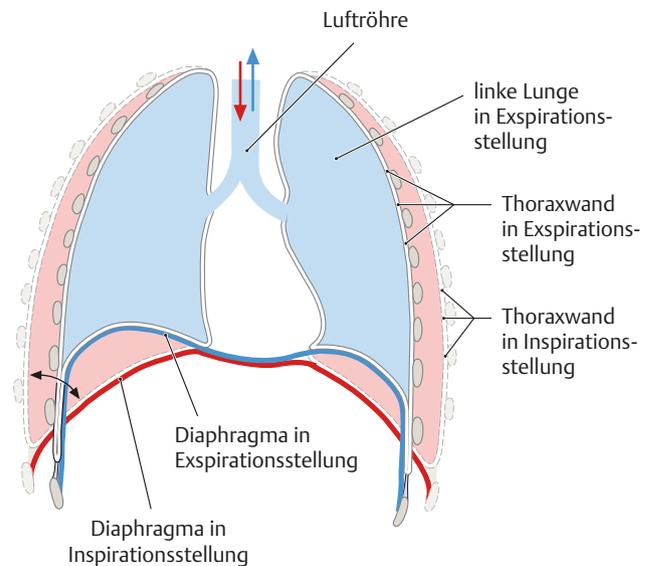


Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LemAtlas der Anatomie. Innere Organe. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018

- großer und kleiner Brustmuskel (M. pectoralis major und M. pectoralis minor)
- Sägezahnmuskel (M. serratus)
- Treppenmuskel (M. scalenus)
- Kopfwender (M. sternocleidomastoideus)

Einatmung. Die Kontraktion der Atemmuskulatur während der **Einatmung (Inspiration)** bewirkt eine Ausdehnung des knöchernen Brustkorbs, sodass sich der Thorax weitet. Durch den Unterdruck im Pleuraspalt folgt die Lunge passiv der Brustkorbbewegung und dehnt sich somit ebenfalls aus. Dies ergibt einen Unterdruck in den luftleitenden Wegen der Lunge, was praktisch zu einem Einsaugen der Umgebungsluft führt. Die Dehnbarkeit des Lungengewebes, die man als **Compliance** bezeichnet, spielt dabei eine wichtige Rolle. Pathologisch kann diese Dehnbarkeit eingeschränkt sein und somit zu einer Einschränkung der Atmung führen.

Ausatmung. Da das Lungengewebe viele elastische Fasern enthält und die Lungenbläschen eine hohe Oberflächenspannung besitzen, hat die Lunge grundsätzlich die Neigung, sich zusammenzuziehen. Man spricht von den **Rückstellkräften** der Lunge. Wenn nun die Atemmuskeln während der **Ausatmung (Expiration)** erschlaffen, überwiegen diese Rückstellkräfte, der Thorax kommt in seinen Ausgangszustand zurück und die Lunge verkleinert sich wieder. Dabei strömt die Luft aus der Lunge über die Atemwege nach außen, es kommt zur Ausatmung.