

# 1 Anatomische und physiologische Grundlagen

## 1.1 Das Atmungssystem



### LERNZIELE

#### Kenntnisse über:

- Aufbau und Funktion von Brustkorb und Lunge
- die an der Atmung beteiligten Muskeln
- den Aufbau der Atemwege und der Alveolen

Zum Atmungssystem zählen alle Organe, die an der äußeren Atmung beteiligt sind. Als **äußere Atmung** bezeichnet man den Sauerstoff- und Kohlendioxid-austausch zwischen der Atemluft und dem Blut des Lungenkreislaufs. **Innere Atmung** wird der Gasaustausch von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) zwischen dem Kapillarblut des Körperkreislaufs und dem Gewebe genannt.

Das Atmungssystem besteht aus der Nase, den Nasennebenhöhlen, dem Rachen (Pharynx), dem Kehlkopf (Larynx), der Luftröhre (Trachea) und den Lungen mit Bronchialbaum und Alveolarregion. Beim Atmungsvorgang spielen als weitere Strukturen das

Zwerchfell (Diaphragma), das Brustfell (Pleura), der knöcherne Brustkorb (Thorax), die Thoraxwand und alle Muskeln, die das Heben und Senken der Rippen bei der Ein- und Ausatmung ermöglichen, eine wichtige Rolle. Zusätzlich sind an der forcierten Ausatmung die Muskeln der anterolateralen Bauchwand beteiligt. Einige Halsmuskeln wirken bei der Einatmung als Atemhilfsmuskeln.

#### Der Brustkorb (knöcherner Thorax)

Am Aufbau des Brustkorbs sind zwölf Brustwirbel (Vertebrae thoracicae), ihre Bandscheiben (Disci intervertebrales), das Brustbein (Sternum) sowie zwölf Rippenpaare (Costae) beteiligt (s. **Abb. 1.1** und **Abb. 1.2**).

Der Brustkorb umschließt die Thoraxhöhle (Cavum thoracis) mit seiner dorsalen und ventralen Wand sowie seinen lateralen Wänden. Die obere Thoraxöffnung (Apertura thoracis superior) ist deutlich enger als der untere Thoraxrand (Apertura thoracis inferior). Die Rippen bestehen jeweils aus einem knöchernen und einem knorpeligen Teil. Die Form des knöchernen Teils entspricht symmetrisch angeordneten, unregelmäßig gekrümmten Spangen. Die erste und die zwölfte Rippe stehen dorsal mit einem Brustwirbelkörper, die zweite bis elfte Rippe mit zwei Brustwirbelkörpern in gelenkiger Verbindung. Der knorpelige Teil der ersten sieben Rippen ist jeweils gelen-

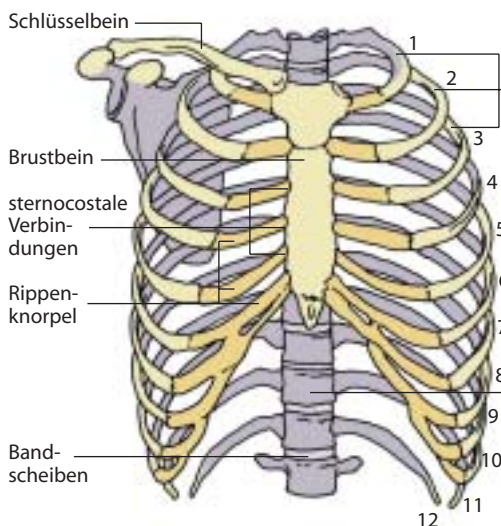


Abb. 1.1. Brustkorb von ventral

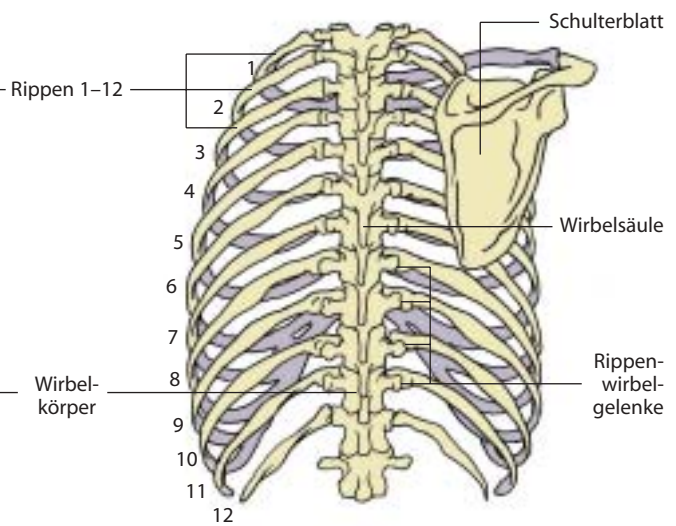


Abb. 1.2. Brustkorb von dorsal

kig direkt mit dem Brustbein verbunden. Die achte, neunte und zehnte Rippe sind nur indirekt mit dem Brustbein verbunden, denn ihr knorpeliger Teil legt sich jeweils dem nächsthöheren an und bildet so den Rippenbogen. Die elfte und zwölfte Rippe enden frei.

Bei der Atmung kommt es zu einer Erweiterung und Verengung des Thorax. Der Bewegungsablauf der Rippen um ihre Rotationsachse erklärt, dass sich bei der Rippenhebung der Brustkorb sowohl in transversaler als auch in sagittaler Ebene erweitert. Bei der Einatmung bewegen sich die oberen Rippen in ventral-cranialer Richtung, die unteren Rippen in lateral-cranialer Richtung, die Brustwirbelsäule extendiert leicht. Bei der Ausatmung bewegen sich die oberen Rippen in dorsal-caudaler Richtung, die unteren Rippen in medial-caudaler Richtung, die Brustwirbelsäule flektiert leicht. Diese komplexen Bewegungen werden durch ein Zusammenwirken von Bewegungen in den Rippenwirbelgelenken und in den sternocostalen Verbindungen mit der Elastizität der Rippenknorpel ermöglicht.

### Die Lunge (Pulmo) und das Brustfell (Pleura)

In der **Lunge** findet die äußere Atmung, der Gasaustausch zwischen Atemluft und Blut statt. Beide Lungenhälften sind vom Brustfell überzogen. Sie füllen die Pleurahöhlen, die mit dem mittleren Teil der Tho-

raxhöhle (Mediastinum) den Thoraxinnenraum gliedern, vollständig aus (s. **Abb. 1.3** und **Abb. 1.4**). Die rechte Lunge wird durch tiefe Einschnitte (Fissurae lobares) in einen Ober-, einen Mittel- und einen Unterlappen geteilt. Die linke Lunge ist etwas kleiner. Sie umfasst einen Ober- und einen Unterlappen (s. **Abb. 1.5** und **Abb. 1.6**). Die Spitzen des rechten und linken Lungenflügels (Apex pulmonis) reichen 2–3 cm bis oberhalb der ersten Rippe bzw. bis zur Höhe des ersten Brustwirbels. Die Lungenbasis (Facies diaphragmatica) passt sich der Form des Zwerchfells an.

Das **Brustfell** besteht aus dem **Lungenfell** (Pleura visceralis), das den Fissuren folgend die Lunge umschließt und dem **Rippenfell** (Pleura parietalis), das die Thoraxinnenwand auskleidet. An der **Lungenwurzel** (Hilum pulmonis), dem Eintrittsort der Bronchien sowie der Blut- und Lymphgefäße in die Lunge, gehen Rippenfell und Lungenfell ineinander über. Zwischen ihnen liegt der **Pleuraspalt**, der mit seröser Flüssigkeit gefüllt ist, sodass Brust- und Rippenfell nicht aneinander reiben. Im Pleuraspalt herrscht ein Unterdruck, durch den Lungen- und Rippenfell einander anliegen, dabei aber gegeneinander verschieblich bleiben. Der Negativdruck gewährleistet, dass die Lunge jeder Formveränderung des Brustkorbs folgt.

Die Lungen reichen meist nicht so weit nach caudal wie die Pleura parietalis. Der Anteil des Rippen-

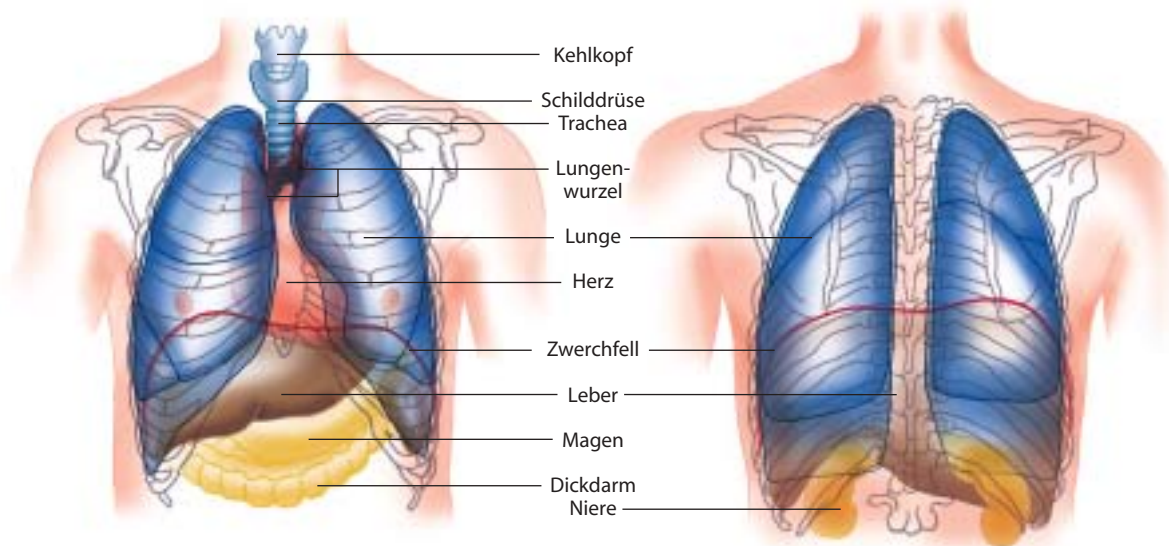


Abb. 1.3. Lage der Lunge von ventral

Abb. 1.4. Lage der Lunge von dorsal

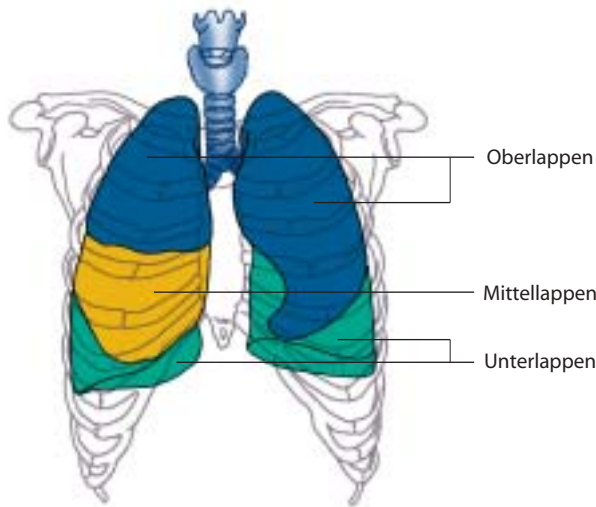


Abb. 1.5. Lage der Lungensegmente von ventral

fells, der dem Zwerchfell aufliegt (Pleura parietalis, Pars diaphragmatica) und der an den Rippen angrenzende Teil (Pleura parietalis, Pars costalis) verlaufen im unteren Bereich parallel. Bewegt sich das Zwerchfell bei der Inspiration nach caudal, gleitet die Lunge in einen sogenannten „Reserveraum“ (Recessus) der Pleurahöhle und kann ihr Volumen somit ausdehnen.

### Ausgewählte wichtige Atemmuskeln Inspiratorische Atemmuskeln

Die Einatmung erfolgt unter Ruhebedingungen aktiv über die inspiratorischen Atemmuskeln. Das **Zwerchfell** ist der wichtigste Inspirationsmuskel. Es trennt die Brusthöhle von der Bauchhöhle. Ursprung seiner drei muskulären Teile (Pars sternalis, Pars costalis, Pars lumbalis) ist die untere Thoraxwand und die LWS (s. Abb. 1.7 und Abb. 1.8). Von diesem breiten Ursprung ziehen die Fasern zu einer zentralen Sehnenstruktur (Centrum tendineum). Im Zwerchfell befinden sich Öffnungen, die den Durchtritt der Aorta, der Vena cava inferior, der Speiseröhre (Oesophagus) und einiger Nerven bzw. Nervenfasern erlauben. Innerviert wird das Zwerchfell von den Nervi phrenici. Während der Inspiration sinkt das Zwerchfell durch die Kontraktion seiner muskulären Anteile ab. Dabei wirkt die Pars sternalis mit ihrem Ursprung am Brustbein als **Punctum fixum**. Der Thoraxinnenraum wird vergrößert und durch den nachfolgenden Druckausgleich strömt Außenluft in die Lunge ein. Sobald das Zwerchfell in seiner Absenkung durch den Zug der Organe im Mediastinum und den Widerstand der

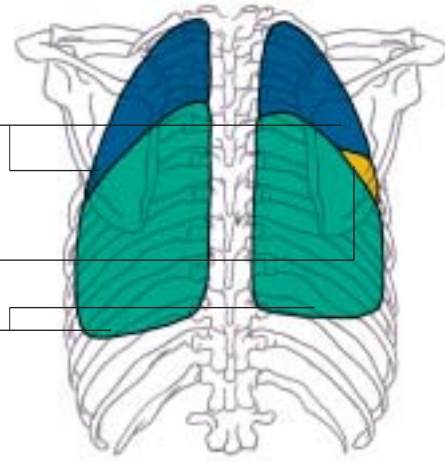


Abb. 1.6. Lage der Lungensegmente von dorsal

Baucheingeweide gestoppt wird, fungiert das **Centrum tendineum** als **Punctum fixum**. Durch das Zusammenspiel der Intercostalmuskulatur und des Diaphragmas erfolgt das Anheben der Rippen. Dies wird als **Eimerhenkel-Bewegung** bezeichnet. Voraussetzung für diesen Effekt ist eine gute Funktion der Bauchmuskulatur. Ein geringer Bauchmuskeltonus vergrößert die Bewegung der Bauchwand zu Lasten der Eimerhenkel-Bewegung der unteren Rippen.

An der Ruhe-Inspiration sind außerdem die **Mm. scaleni** beteiligt, die das erste und zweite Rippenpaar und damit den oberen Teil des knöchernen Brustkorbs anheben. Diese Bewegung nach ventral und cranial wird als **Pumpschwengel-Bewegung** bezeichnet. Die Inspirationsfunktion der **Mm. scaleni** kann durch leichtes Zurückbeugen des Halses verstärkt werden (s. Abb. 1.9).

### Inspiratorische und expiratorische Atemhilfsmuskeln

Die Zwischenrippenmuskeln **Mm. intercostales interni**, die im Rippenknorpelbereich **Mm. intercartilaginei** genannt werden und die **Mm. intercostales externi** sind je nach Rippenstellung an der inspiratorischen (**Mm. intercostales externi** und **Mm. intercostales interni**, Pars intercartilaginei) bzw. expiratorischen Bewegung (**Mm. intercostales interni**) beteiligt. Das absolute Ausmaß ihrer Anteile an der tatsächlichen Bewegung wird in der Literatur noch diskutiert (De Troyer et al., 1985; Wilson et al., 2001). Bei Ruheatmung stabilisieren die **Mm. intercostales interni et externi**

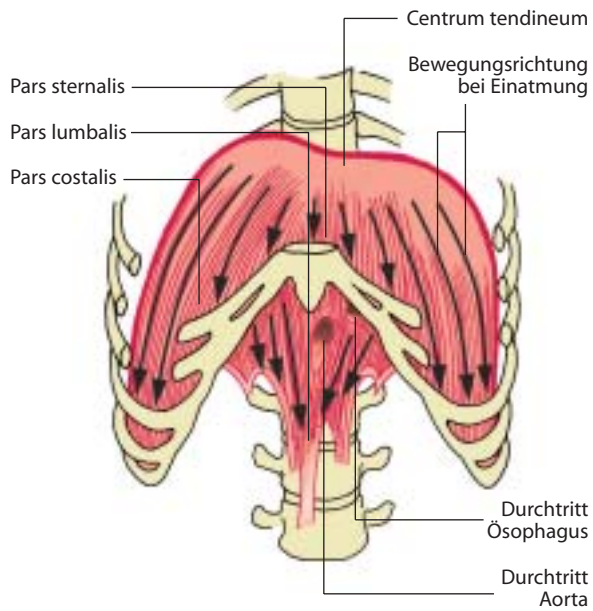


Abb. 1.7. Zwerchfell von ventral

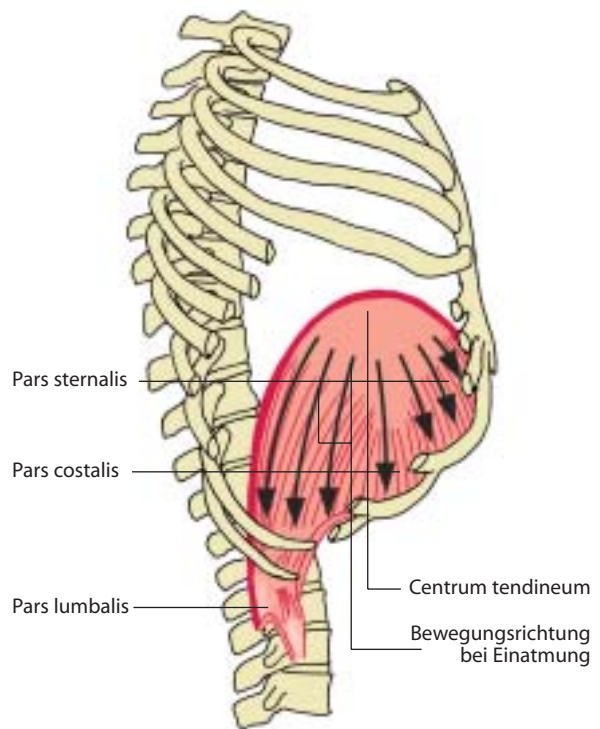


Abb. 1.8. Zwerchfell von lateral

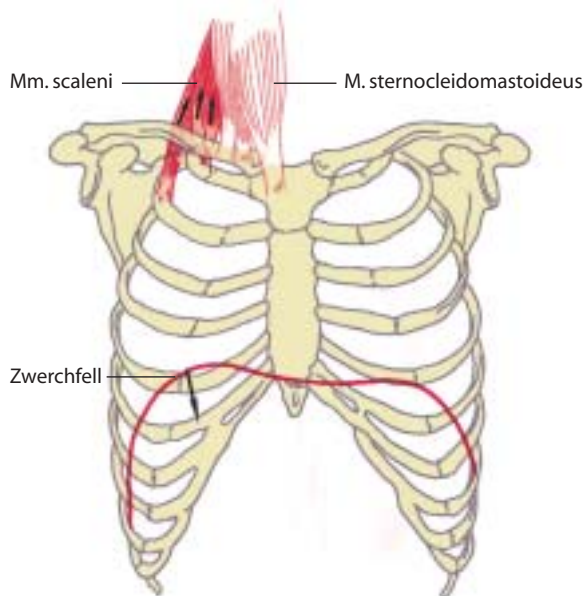


Abb. 1.9. Inspiratorische Atemmuskeln von ventral

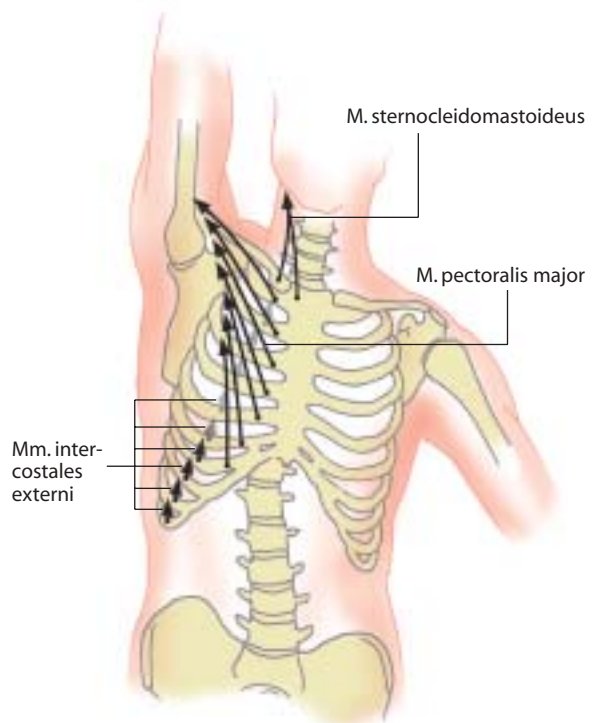


Abb. 1.10. Funktion inspiratorischer Atemhilfsmuskeln von ventral

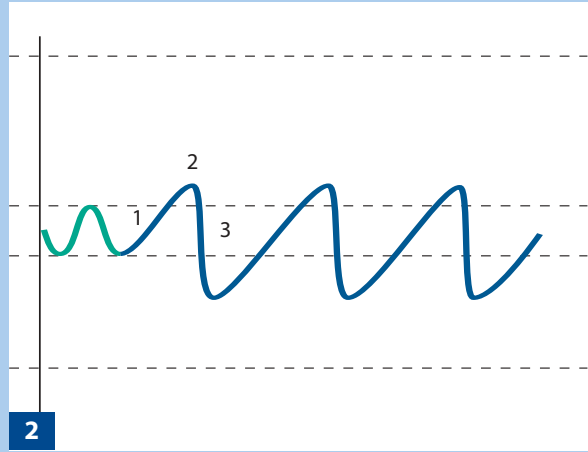
## Hustentechniken und Hustenhilfen

### Huffing



#### Haltung beim Huffing

Nach einer langsamen Einatmung (1) hält der Patient kurz den Atem an (2). Die Ausatmung erfolgt über ein schnelles Aushauchen der Luft (Huffing) ohne Glottisschluss. Eine auf dem Bauch liegende Hand kann die sofortige Muskelaktivität spüren.



#### Huffing

Die schnelle Ausatemungsströmung (3) transportiert das Sekret in den großen Atemwegen rachenwärts. Der dabei aufgebaute Druck ist geringer als beim Husten. Nach zwei oder drei Huffs folgen ruhige, tiefe Atemzüge.

### Hustentechnik bei zu hohem intrathorakalem Druck



#### Lippenbremse vor dem Husten

Baut der Patient beim Husten einen zu hohen Druck auf, wird er aufgefordert, nur mäßig tief einzuatmen und etwas Luft über die dosierte Lippenbremse auszuatmen.



#### Husten gegen vorgehaltene Hand

Das Sekret wird mit zwei bis drei kurzen Hustenstößen herausbefördert. Hält der Patient eine Hand vor den Mund, kann er die Intensität des Hustens kontrollieren.

### Hustentechnik bei zu niedrigem intrathorakalem Druck



1

#### Vor dem Husten

Ist der Patient zu schwach, das schon hörbare Sekret abzu husten, wartet der Therapeut nicht auf einen spontanen Husten, sondern gibt Anweisung zum Hustenvorgang. Der Therapeut fordert den Patienten auf, tief einzuatmen und danach den Atem kurz anzuhalten.



2

#### Kompression beim Husten

Nach dieser Einatemphase gibt der Therapeut das Kommando zum Husten und verstärkt den Hustenstoß durch eine manuelle Thoraxkompression.

### Hustenhilfe durch Kompression



1

#### Manuelle Thoraxkompression

Der Patient sitzt oder liegt mit erhöhtem Kopfteil. Beobachtet der Therapeut, dass die Muskelkraft beim Husten zu gering ist, unterstützt er den folgenden spontanen Hustenstoß mit einer Thoraxkompression.



2

#### Thoraxkompression mit Tuch

Der Patient legt im Sitz selbst ein Tuch um den unteren Thoraxrand und greift es an den Enden über Kreuz. Im Hustenrhythmus zieht er an beiden Tuchenden und komprimiert so den Thorax.