

LEHRSKRIPT

Sportphysiologie

ALLEINE AN EINEM VOLLEN
SCHREIBTISCH LERNEN?
NICHT AN DER ACADEMY
OF SPORTS!



Die interaktiven Möglichkeiten des Online Campus führen dich als Teilnehmer zu einer modernen Art des Lernens.

**GEMEINSAM LERNEN FÜR DEINEN
INDIVIDUELLEN LERNERFOLG**

Unser innovativer, interaktiver Online Campus eröffnet dir einen freien Raum für Fragen, den Austausch von Dateien und Apps sowie den Dialog mit anderen Lehrgangsteilnehmern.

Darüber hinaus hast du Zugriff auf weitere Übungslösungen, das Abrufen von zusätzlichen Lerninhalten und vielem mehr!



**JETZT EINLOGGEN UND
DURCHSTARTEN:**
campus.academyofsports.de

WIR WÜNSCHEN DIR **VIEL ERFOLG!**

Kapitel 4

Kapitel 4 – Atmungssystem

4.1 Grundlagen der Ventilation

4.1.1 Obere Luftwege

4.1.2 Untere Luftwege

4.1.3 Atemmechanik

4.2 Gastransport im Blut

4.2.1 Sauerstoffaufnahme

4.2.2 Kohlendioxidabgabe

4.3 Atmungsregulation und körperliche Belastung

Lernorientierung

Nach Bearbeitung dieses Kapitel werden Sie:

- grundlegende Funktionsprinzipien der Ventilation kennen und verstehen;
- den Transport und die Regulation des Sauerstofftransports begreifen;
- die Regulation der Atmung unter körperlicher Belastung kennen.

4.1 Grundlagen der Ventilation

4.1.1 Obere Luftwege

Die oberen Luftwege bestehen aus der Nase und dem Rachenraum. Die Nasenhöhle selbst liegt im oberen Bereich des Schädels und ihren Zugang nach außen bilden die Nasenlöcher. Der innere, hintere Ausgang wird *Choanen* genannt; dort geht die Nasenhöhle in den Rachen über. Durch die Nasenscheidewand wird die Nasenhöhle in einen linken und rechten Teil getrennt, wobei die Nasenscheidewand nur im hinteren Bereich aus Knochen und im vorderen aus Knorpel besteht.

Eine Schleimhaut spannt sich über den gesamten Bereich der Nasenhöhle. Die Hauptaufgabe dieser Schleimhaut ist es, die Atemluft einerseits zu erwärmen, darüber hinaus aber auch zu befeuchten und vor allem zu reinigen. Dies wird über die Oberflächenbeschaffenheit der Schleimschicht erreicht: Das Epithel der Nasenschleimhaut ist dicht mit sogenannten *Flimmerhaaren* überzogen. Zudem befindet sich unterhalb des Epithels ein ausgeprägtes Drüsengewebe, welches fortwährend Nasenschleim absondert, was wiederum die Atemluft befeuchtet. In der obersten Schleimschicht und den Flimmerhaaren bleiben Fremdkörper, die über die Atemluft in die Nasenhöhle gelangen, hängen. Da sich die Flimmerhaare wellenförmig bewegen, werden diese Fremdkörper langsam, aber bestimmt, in Richtung Rachen transportiert. Die Geschwindigkeit ist dabei etwa gleichbleibend, Fremdkörper werden mit bis zu einem Zentimeter pro Stunde bewegt. Dieser Vorgang reinigt entsprechend die Atemluft. Die Erwärmung der Atemluft erfolgt über das Blut, welches durch die Blutgefäße der Nasenschleimhaut strömt. Da das Nasenschleimhautgewebe besonders dicht von Blutgefäßen durchzogen ist, erwärmt das wärmere Blut die kühlere vorbeiziehende Atemluft.



Hinweis

Die Blutgefäße in der Nase kann man sich leicht wie einen Heizkörper in der Wohnung vorstellen: Er ist deutlich wärmer als die umliegende Luft und erwärmt die vorbeiströmende Luft dabei langsam.

Die besondere Dichte der Blutgefäße in der Nasenschleimhaut kann jedoch auch ein Nachteil sein: Die Schleimhaut kann sehr schnell anschwellen, wenn die Blutgefäße stärker mit Blut gefüllt werden. Dies ist etwa bei Heuschnupfen oder einer starken Erkältung oft der Fall. In Folge wird die Atmung durch die Nase deutlich erschwert, da der Atemluft weniger Raum zum Fließen bleibt.

Ein Teil der Schleimhaut im oberen Abschnitt ist von besonders vielen Nervenfasern durchzogen. Dieser Teil der Schleimhaut wird als *Riechschleimhaut* bezeichnet und ermöglicht die Wahrnehmung von Gerüchen. Der Rachen verbindet den Nasenraum und den Mundraum sowie auch den Luft- und Speiseweg miteinander und reicht

von der Basis des Schädels bis zur Speiseröhre. Er wird in drei Teile untergliedert: den Nasenabschnitt, Mundabschnitt und Kehlkopfabschnitt. Öffnen wir den Mund, kann man am Ende des Mundabschnitts das sogenannte *Gaumensegel* erkennen. Dieses Segel ist eine besonders weiche Gewebeplatte, die zum Beispiel beim Schlucken durch die Gaumenmuskulatur angehoben wird und dabei den Nasenabschnitt gegenüber dem Mundabschnitt abschließt.

Im unteren Bereich des Rachens verlaufen sowohl der Luftweg als auch der Speiseweg und kreuzen sich dort. Die Luft nimmt dabei den Weg von oben hinten kommend und fließt nach vorne unten in den Kehlkopfeneingang. Dieser stellt den ersten Teil der unteren Luftwege dar. In der folgenden Abbildung sind die wichtigsten Bestandteile des Atmungssystems aufgeführt.

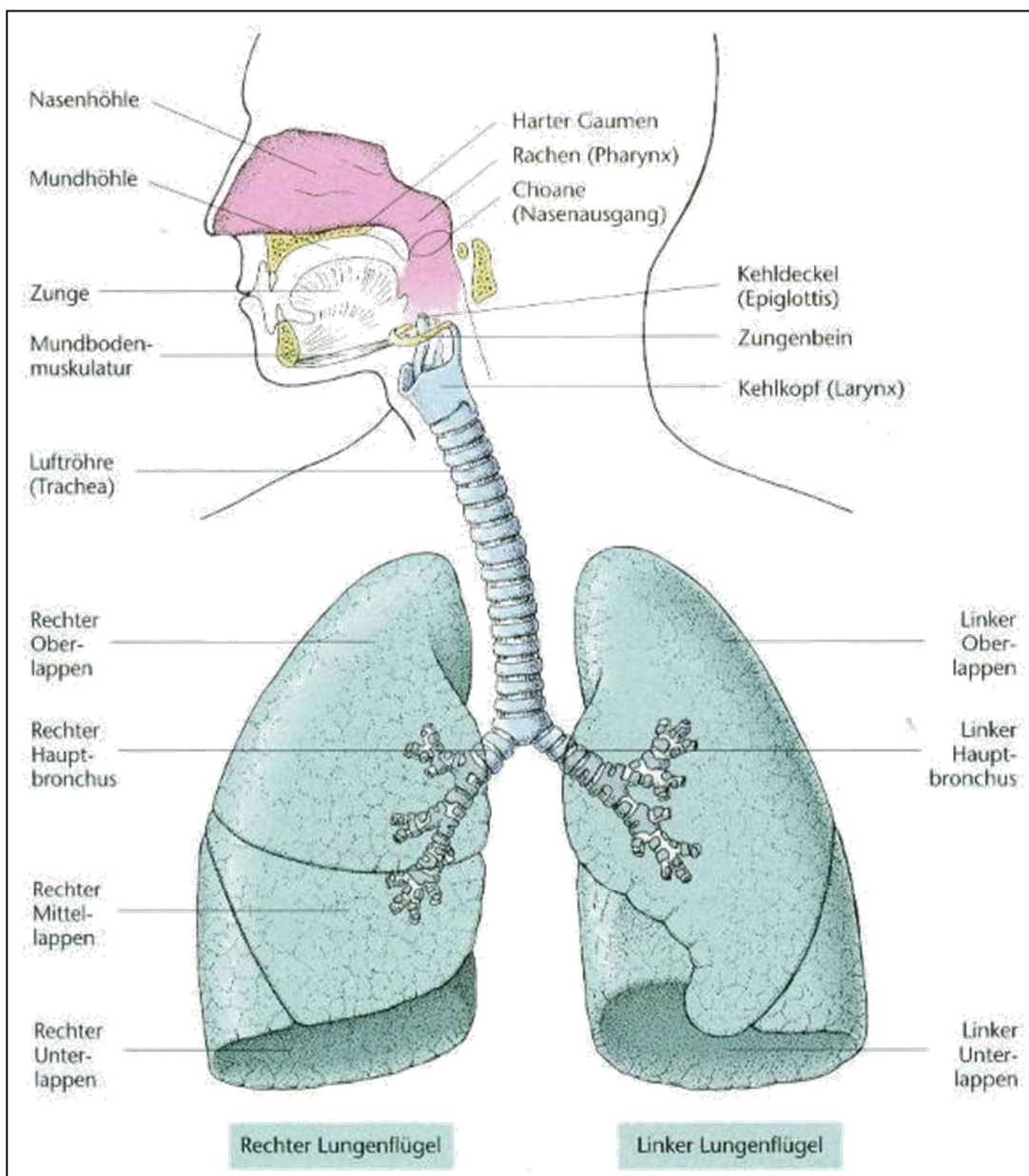


Abbildung 13 – Das Atmungssystem in der Übersicht
(Huch/Bauer, S. 304)

4.1.2 Untere Luftwege

Der *Kehlkopf* ist der erste Bestandteil der unteren Luftwege. Hierzu gezählt werden darüber hinaus auch die *Luftröhre* und der sogenannte *Bronchialbaum*.

Die Aufgabe des Kehlkopfs ist unter anderem auch die Stimmbildung. Geformt ist der Kehlkopf wie eine Art Schlauch, der vom Zungenbein bis zur Luftröhre reicht. Dieser Schlauch ist mit Knorpeln gestreift, die deshalb als Ringknorpel bekannt sind. Sie halten den Kehlkopfschlauch beständig offen und schützen ihn darüber hinaus. Zwei Knorpelplatten schützen den Kehlkopf nach vorne und zu den Seiten. Sie stoßen in einem relativ stumpfen Winkel zusammen und können als Adamsapfel ertastet werden.

Am oberen Ende des Kehlkopfs liegt der Kehldeckel. Seinem Namen gerecht werdend, kann dieser den Kehlkopf vollständig abschließen, um das Eindringen von Flüssigkeiten oder Nahrung in die Luftwege zu verhindern. Entsprechend spielt er beim Schlucken eine große Rolle.

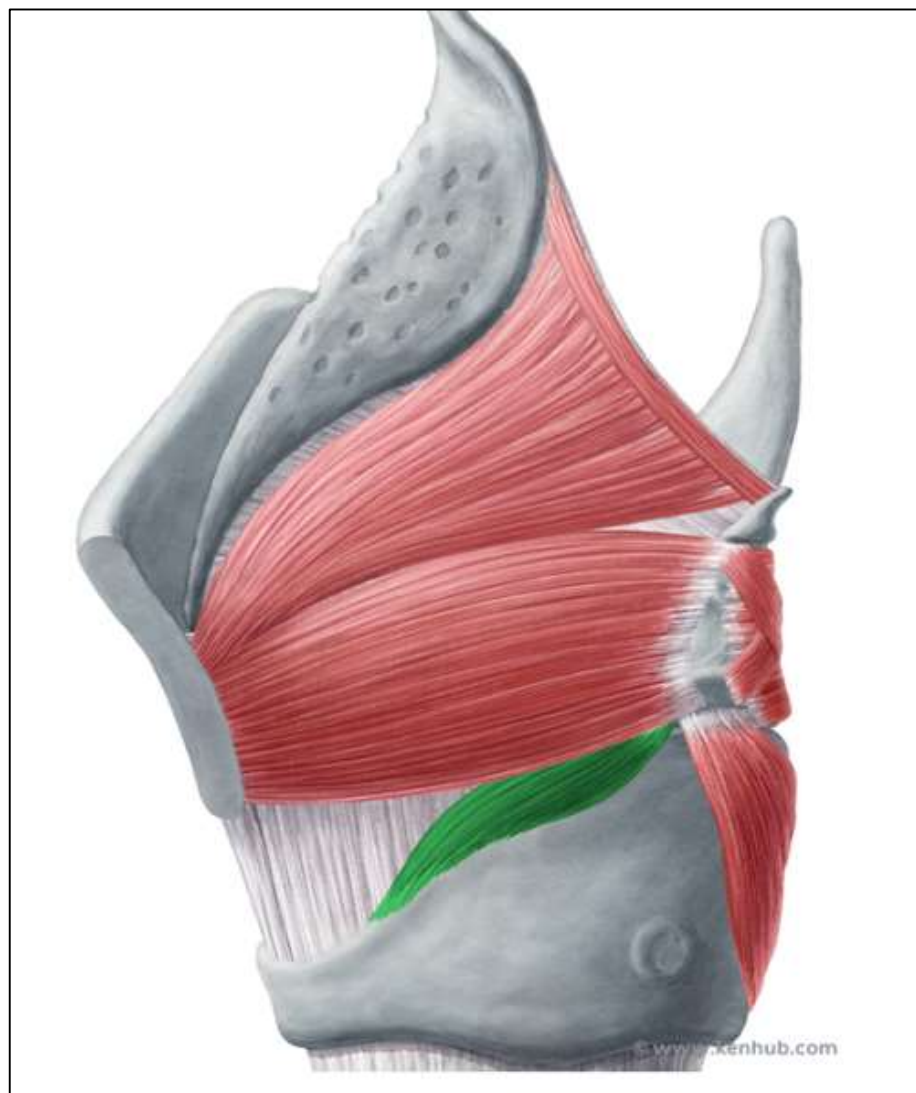


Abbildung 14 – Der Kehlkopf und die Kehlkopfmuskulatur
(Quelle: kenhub.de)

Direkt unter den Ringknorpeln des Kehlkopfs beginnt die Luftröhre. Sie reicht bis in die Bronchien, etwa auf Höhe des fünften Brustwirbels. Durch sogenannte Knorpelspannen wird sie offengehalten und ist – ähnlich der Nasenhöhle – mit Flimmerepithel ausgekleidet. Beim Schlucken kann sich die Luftröhre um bis zu zwei Zentimeter verlängern, da auch sie von elastischen Ringbändern umgeben ist.

Die Luftröhre verzweigt sich in zwei Hauptäste des Bronchialbaums. Dieser hat seinen Namen aufgrund genau dieser Aufteilung: Wie ein (hohler) Baumstamm geht die Luftröhre in zwei große Äste über, die sich in ebenfalls immer kleiner werdende (hohle) Äste verzweigen und in den rechten beziehungsweise linken Lungenflügel reichen.

Wie die Luftröhre und auch die Nasenhöhle besteht die Oberfläche der Bronchien aus Flimmerepithel. Die Bewegung der feinen Flimmerhaare transportiert dabei Fremdkörper, ebenso langsam, aber kontinuierlich wie im Nasenraum, aus den Bronchien heraus. Über die Luftröhre werden diese dann bis in den Rachenraum geleitet und können dort durch Husten aus den Atemwegen befördert werden.

Hinweis

Werden die Rezeptoren der Luftwege gereizt (zum Beispiel durch Staubpartikel), wird über einen Reflexbogen eine stoßweise Ausatmung ausgelöst: niesen beziehungsweise husten.

Beim Husten wird die Luft unter dem Kehlkopfdeckel gestaut, bis dieser sich plötzlich öffnet. Der Druck des Luftstroms reißt Partikel und Schleim dabei mit sich.

Beim Niesen geschieht Vergleichbares, wobei der Luftstrom am Gaumensegel vorbei in die Nasenhöhle geleitet wird.



4.1.3 Atemmechanik

Der Körper benötigt eine andauernde Versorgung mit Sauerstoff. Diese wird über die Atmung gewährleistet, über welche auch das produzierte Kohlendioxid ausgestoßen wird. Grob gesagt vergrößern bei der Einatmung die Atemmuskeln das Volumen des Brustkorbs, wodurch Luft eingesaugt wird. Bei der Ausatmung wird das Volumen verkleinert, so dass Luft ausgestoßen wird.

Die Lungenatmung als Atemzyklus ist somit in zwei Phasen unterteilbar: Die Einatmung, welche als Inspiration bezeichnet wird, und die Ausatmung, die Expiration genannt wird. Gesteuert werden die Phasen des Atemzyklus über das Atemzentrum im Gehirn.

Zur Atmung ist ein Zusammenspiel der Atemmuskeln ebenso nötig wie ein Unterdruck im sogenannten *Pleuraspalt*. Als Pleuraspalt wird der Raum zwischen den zwei Blättern der Pleurahöhle bezeichnet. Die Pleurahöhle umschließt die Lungen und hat eine besonders

wichtige Funktion. Vorstellen kann man sich diese Höhle wie einen doppelwandigen Fahrradschlauch. Außen liegt das Rippenfell, das die Lunge nach außen zu den Rippen schützt und umhüllt. Darunter liegt das Lungenfell direkt und faltenfrei auf der Lunge. Zwischen diesen beiden Fellen (den Blättern) liegt außer einer gleitenden Flüssigkeit fast nichts: dies ist der Pleuraspalt.

Was ist nun die wichtige Funktion dieses Pleuraspalts? In ihm herrscht ein Unterdruck, durch den die Lunge zu den Seiten nach außen gezogen wird. Würde dieser Unterdruck nicht herrschen, würde die Lunge in sich zusammenfallen und eine Atmung verhindern.



Hinweis

Wird der Pleuraspalt verletzt – wie zum Beispiel durch eine Stichverletzung von außen – geht der Unterdruck verloren. Die Lunge fällt aufgrund ihrer elastischen Struktur in sich zusammen. Dies kann lebensbedrohliche Folgen haben.

Bei der Atmung wechseln sich wie erwähnt die folgenden Phasen zyklisch ab: Beim Einatmen wird der Thorax durch die Muskulatur geweitet. Dadurch nimmt der Unterdruck im Pleuraspalt zu, da der Abstand zwischen Rippenfell und Lungenfell vergrößert wird, ohne dass Luft oder Flüssigkeit hinzugeführt wird. Durch den größeren Druck folgt die Lunge der dehrenden Bewegung und vergrößert sich. In Folge ist mehr Raum für einströmende Luft, die sich in der Lunge verteilen kann und Sauerstoff mit sich führt.

In Ruhe erfolgt die Kontraktion der Atemmuskeln unbewusst. Atmen wir hingegen bewusst, können zusätzliche *Atemhilfsmuskeln* aktiviert werden und eine noch stärkere Vergrößerung des Thorax ermöglichen. Dadurch, dass dieser bei besonders tiefer aktiver Atmung angehoben werden kann, wird noch größerer Raum und folglich größerer Unterdruck im Pleuraspalt erzeugt.

Neben der Atmung über die Muskulatur der Rippen, die soeben beschrieben wurde, bewirkt auch das Zwerchfell Atmung. Das Zwerchfell bewirkt bei Kontraktion eine Abflachung und zieht den Thorax nach unten – mit den gleichen Auswirkungen wie durch die Rippenatmung. Durch die Bewegung wird Druck auf das Abdomen ausgeübt – was von außen in einer Wölbung der Bauchwand sichtbar wird. Diese sogenannte Zwerchfellatmung macht üblicherweise rund zwei Drittel der Einatmung aus, die Rippenatmung hingegen nur etwa ein Drittel. Abbildung 15 zeigt das Zwerchfell in ventraler Ansicht im Körper.

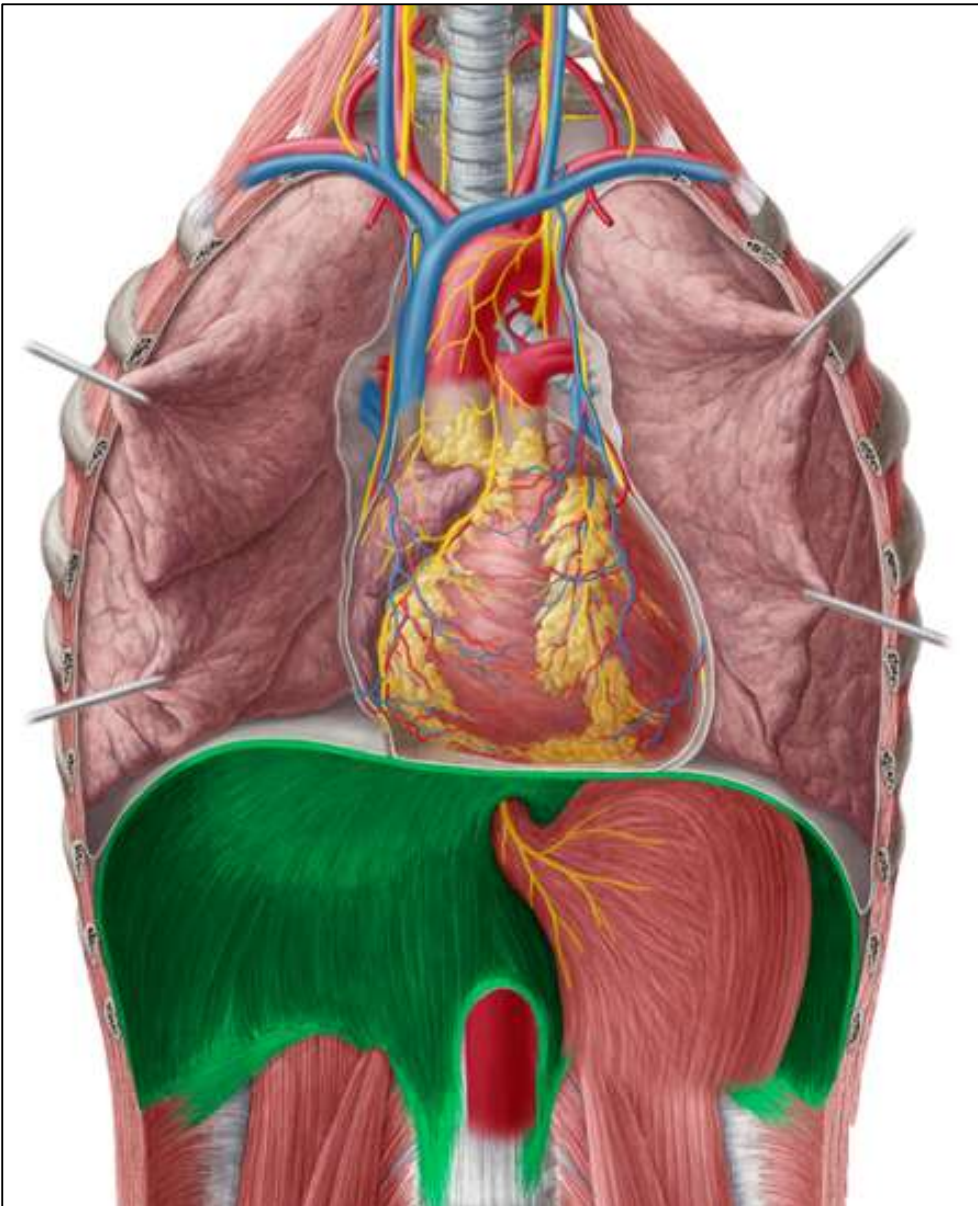


Abbildung 15 – Das Zwerchfell (*Diaphragma*) in ventraler Ansicht
(Quelle: kenhub.de)

Während bei der Inspiration aktivierte Muskeln benötigt werden, ist die Ausatmung in Ruhe – also unbewusst – ohne Beteiligung der Muskulatur möglich. Durch die Elastizität des Lungengewebes zieht sich diese soweit zusammen, wie der Unterdruck des Pleuraspaltes zulässt. Einige wenige sogenannte expiratorische Atemmuskeln unterstützen dabei, werden jedoch nur ganz schwach kontrahiert.

Durch Kontraktion der Bauchwandmuskulatur kann jedoch eine bewusste Ausatmung erzwungen werden. Auch das willentliche Husten kann über den *Musculus latissimus dorsi* und die Bauchwandmuskulatur ausgelöst werden.

Das Volumen der Luft, die beim Ein- beziehungsweise Ausatmen durchschnittlich bewegt wird, beträgt etwa einen halben Liter. Auch bei maximaler Ausatmung bleibt jedoch ein Restvolumen in der Lunge zurück; dieses wird Residualvolumen genannt.



Übung – Atmung

Legen Sie Ihre Hände seitlich auf den Thorax. Atmen Sie ruhig ein und aus – wie bewegt sich der Thorax?

Atmen Sie nun bewusst in den Bauch und fühlen Sie auch hier der Bewegung des Bauchraums nach.

Versuchen Sie schneller zu atmen. Was beobachten Sie?

Veröffentlichen Sie Ihre Ergebnisse im *Forum* in der **Lerngruppe** dieser Ausbildung und diskutieren Sie sie mit Ihren Lehrgangskollegen.

Wird die Frequenz der Atmung erhöht, so sinkt üblicherweise das Volumen des Atemzugs. Kranke oder stark geschwächte Personen haben zudem oft das Problem, die Atemmuskulatur stark genug zu kontrahieren, um eine tiefe Atmung mit ausreichendem Volumen zu ermöglichen.

4.2 Gastransport im Blut

Über den Zellstoffwechsel ist der Körper in der Lage, Nährstoffe in Energie umzuwandeln. Dabei wird üblicherweise Sauerstoff benötigt. Dieser kann, im Gegensatz zu den Nährstoffen, nicht im Körper gespeichert werden, so dass eine kontinuierliche Sauerstoffaufnahme notwendig ist. Über das Blut wird der Sauerstoff im Körper verteilt. Als Endprodukt entsteht bei den Stoffwechselfvorgängen Kohlendioxid. Um zu verhindern, dass das Gewebe durch eine Anreicherung mit zu viel Kohlendioxid übersäuert, muss es entsprechend abtransportiert werden.

Wie die Aufnahme von Sauerstoff, sowie die Abgabe von Kohlendioxid geschieht, ist in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

4.2.1 Sauerstoffaufnahme

Durch die Lungenbläschen, die auch als *Alveolen* bezeichnet werden, wird der Sauerstoff aus der Atemluft in die Lungenkapillaren geleitet. Dadurch, dass in den Alveolen ein anderer Druck als in dem zur Lunge fließenden, venösen Blut herrscht, wird der Sauerstoff in das Blut gezogen. Der Sauerstoff wird mit Hämoglobin, dem roten Blutfarbstoff, an die roten Blutkörperchen gebunden. Diese Blutkörperchen werden *Erythrozyten* genannt. Über diese Blutkörperchen wird der gebundene Sauerstoff in die Gewebe des Körpers geleitet. Liegt in einem Gewebe wie etwa einem Muskel eine geringe Sauerstoffsättigung vor, so sinkt der Sauerstoffdruck an dieser Stelle und Sauerstoff wird von den Erythrozyten freigegeben. Die Grundlage des Stoffaustausches in der Lunge wird durch die sogenannte *Diffu-*

sion gebildet. Diffusion bezeichnet den physikalischen Prozess, bei dem zwei Stoffe durchmisch werden indem sich die Teilchen dieser Stoffe bewegen und so allmählich vermischen. Dadurch wandern im Falle der Lungenbläschen Sauerstoffteilchen von Orten geringerer Konzentration zu – in diesem Fall den Kapillargefäßen. In Abbildung 16 ist die Lungenarterie mit den Lungenbläschen dargestellt.

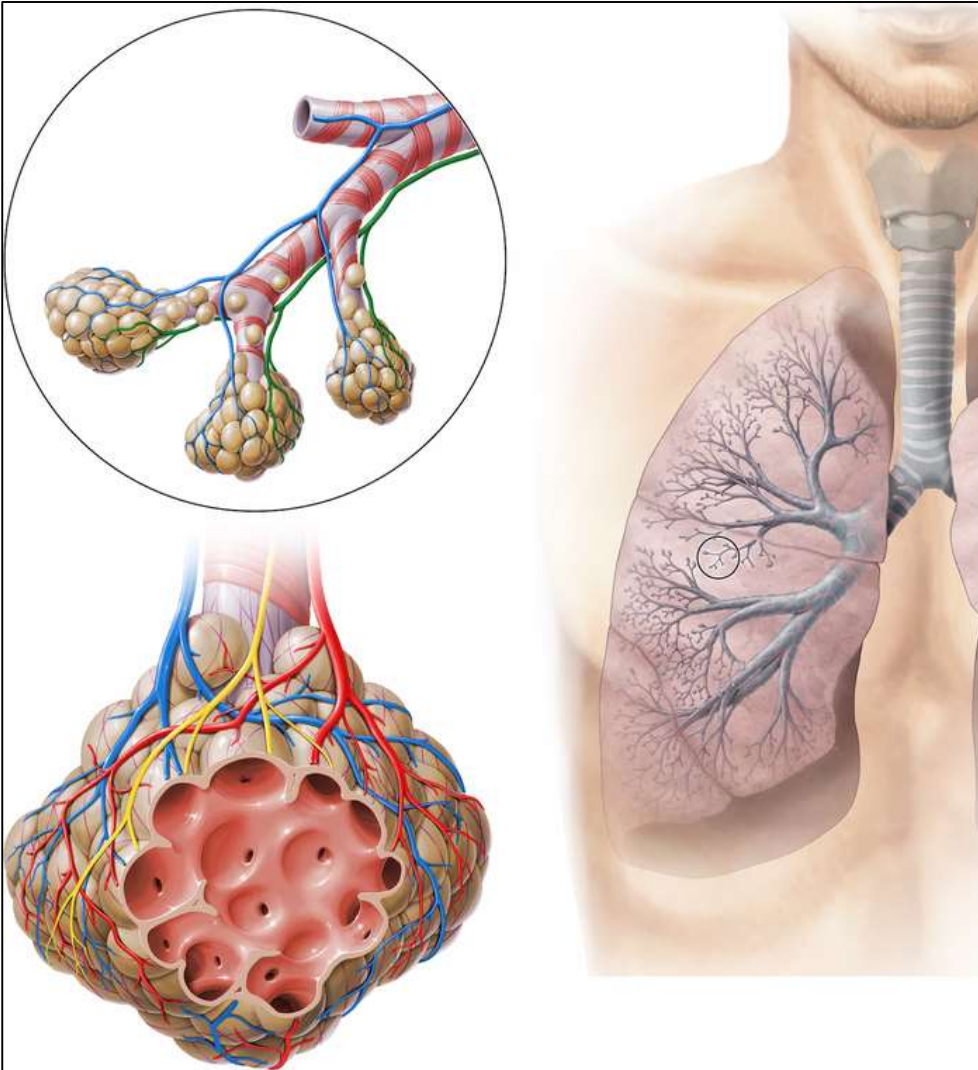


Abbildung 16 – Die Lungenarterie mit den Lungenbläschen (Alveolen)
(Quelle: kenhub.de)

Wird ein Muskel aktiviert, so steigt der Sauerstoffbedarf des Gewebes. Damit die Lunge eine entsprechend gesteigerte Menge Sauerstoff zur Verfügung stellt, veranlassen die Gehirnstrukturen, die auch die Muskelaktivität steuern, zusätzlich eine gesteigerte Atmung. Über die Tiefe der Atmung wie auch die Frequenz kann das Atemminutenvolumen beeinflusst werden, also das Atemvolumen, was pro Minute umgesetzt wird.

4.2.2 Kohlendioxidabgabe

Durch den Zellstoffwechsel entsteht Kohlendioxid, so dass in den Zellen ein höherer Kohlendioxiddruck aufgebaut wird als er im Blut vorliegt. Über diesen Druck diffundiert das Kohlendioxid in das Blutplasma, was den flüssigen Anteil des Blutes darstellt, den man bei Zentrifugation erhält. Es enthält keine Blutzellen mehr. Auch das Kohlendioxid wird mittels Hämoglobin an die Erythrozyten gebunden. In der Lunge wird das Kohlendioxid dann über die Alveolen an die Atemluft abgegeben. Über diese kann es dann abgeatmet werden.

Abgabe von Kohlendioxid und Aufnahme von Sauerstoff stehen in Verbindung und begünstigen einander. Ähnlich der Sauerstoffaufnahme wird ein erhöhtes Atemvolumen über die Aktivierung der Muskeln mitgesteuert, da mit einer stärkeren Muskelarbeit auch eine größere Kohlendioxidproduktion einhergeht. Darüber hinaus melden Rezeptoren den Kohlendioxidgehalt des Blutes an das Atemzentrum, wodurch das Atemvolumen gegebenenfalls angepasst wird.

Scannen Sie diesen QR-Code ab und sehen Sie sich das Lehrvideo zu dem Thema **Atmung** an.

Alternativ finden Sie das Lehrvideo im *Online Campus* in der **Lerngruppe** dieses Lehrgangs.



4.3 Atmungsregulation und körperliche Belastung

Pro Minute atmen wir im Durchschnitt etwa 15 bis 25 Mal ein und aus. Über den Tag hinweg wird dadurch rund 10.000 Liter Atemluft in die Lungen gezogen und wieder ausgeatmet. Dabei wiederholen wir den Atemzyklus rund 20.000 Mal am Tag. Das alles geschieht unbewusst und unwillkürlich, ohne dass wir es aktiv steuern müssten. Während wir immerhin dreißig Tage ohne Nahrungszufuhr auskommen und ein paar Tage ohne Wasser, schaffen wir gerade einmal ein paar Minuten ohne zu atmen. Atmung ist die Basis für jegliche Art von menschlichem Leben. Auch und besonders, wenn wir unseren Körper bewegen, wird die Atmung beeinflusst – und andersherum bestimmt Atmung unsere Bewegung mit.

Atmung und Bewegung beeinflussen sich hierbei einerseits physiologisch, also etwa durch die Atemhilfsmuskulatur und die Lunge selbst. Darüber hinaus sind beide Vorgänge auch psychologisch in Verbindung zu setzen: Stress und Nervosität wirken sich auf unser Nervensystem aus, was auch Auswirkungen auf die Atmung hat.

Ist der Sympathikus stark aktiviert, etwa unter Anspannung durch Prüfungsdruck oder sonstige Stresssituationen, ist der Körper ganz auf Flucht oder Kampf eingestellt. Die Atmung wird unter starker Aktivierung des Sympathikus auf Rippenatmung fokussiert und die Zwerchfellaktivierung gesenkt. Wie aus dem vorangegangenen Kapi-

tel hervorging, wird durch reine Kontraktion der Atemhilfsmuskulatur der Rippen der Thorax lediglich ausgedehnt und angehoben – was im Vergleich zur Zwerchfellatmung in den Bauchraum ein deutlich geringeres Volumen ermöglicht. Dadurch wird weniger Luft und so weniger Sauerstoff eingeatmet, so dass sich die Zusammensetzung des Blutes ändert. Trainiert man also die Atmung des Zwerchfells, auch unter Stress oder direkt anschließend an eine Belastung, kann die Sauerstoffversorgung verbessert werden.

Hinweis

Die besonders starke Aufblähung der Lungen, die Hyperinflation genannt wird, begünstigt die Aktivität des Sympathikus. Das Gegenteil, die Entspannung und das ruhige Fließenlassen des Atems, regt hingegen den Parasympathikus an.

Achtet man im Liegen auf das entspannte Atmen, so wird der Parasympathikus aktiviert und der Körper entspannt sich.



Atmung ist ein Vorgang, der angeboren ist und zumeist unbewusst erfolgt. Jedoch kann sich Atmung qualitativ unterscheiden, ähnlich wie unsere Fähigkeiten wie Sitzen oder Stehen. Je nach Belastung und Anforderung im Alltag verändern sich die Qualität der Ausführung und die Bewegungsmuster. Besonders durch das viele Sitzen, was mit den meisten modernen Tätigkeiten einhergeht, wird vermehrt über die Brust geatmet und die Zwerchfellatmung immer weniger stark mit einbezogen. Im Alltag Zwerchfellatmung durchzuführen ist eine gute Möglichkeit, den Körper zu entspannen und die Sauerstoffaufnahme zu optimieren.

Übung – Bauchatmung

Legen Sie sich auf den Rücken und stellen Sie die Füße auf. Im Liegen wirkt weniger Spannung auf Rumpf und Zwerchfell ein, da die Rumpfmuskulatur nicht den Körper gegen die Schwerkraft halten muss. Dadurch wird die Bauchatmung vereinfacht.

Legen Sie eine Hand auf den Bauch und atmen Sie langsam durch die Nase. Durch die Atmung soll die Hand durch den Bauch auf und ab bewegt werden; idealerweise mit wenig Bewegung im Brustraum. Pressen Sie dabei nicht die Luft in den Bauch, sondern lassen Sie diese ganz entspannt fließen. Was fühlen Sie?

Veröffentlichen Sie Ihre Ergebnisse im *Forum* in der **Lerngruppe** dieser Ausbildung und diskutieren Sie sie mit Ihren Lehrgangskollegen.



ACADEMY OF SPORTS GMBH

Willy-Brandt-Platz 2, 71522 Backnang

TEL **0800 589 12 54** (gebührenfrei)

+49 7191 907 14-30 (aus dem Ausland)

FAX **+49 7191 907 14-50**

info@academyofsports.de

WWW.ACADEMYOFSPORTS.DE

