

# 11

## Atmungssystem

### 11.1 Auffrischer Anatomie und Physiologie

Die Hauptaufgabe des Atmungssystems ist der **Gasaustausch**, der in der **Lunge** stattfindet. Dabei tritt Sauerstoff aus der Atemluft in das Blut über, während Kohlendioxid aus dem Blut in die Atemluft abgegeben wird. Sauerstoff wird von den Körperzellen für die Energiegewinnung benötigt.

**Atemwege und Lunge** • Die Luft gelangt über die oberen und die unteren Atemwege in die Lunge:

- Zu den **oberen Atemwegen** zählen Nase, Nasennebenhöhlen und Rachen,
- zu den **unteren Atemwegen** Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien und Bronchioli.

In der **Nase** wird die Atemluft angewärmt, gereinigt und angefeuchtet. Sie umschließt die Nasenhöhle, die durch die Nasenscheidewand geteilt wird und mit den **Nasennebenhöhlen** (Kiefer-, Stirn-, Siebbein- und Keilbeinhöhle) in Verbindung steht. In der Nasenhöhle befinden sich auch die 3 Nasengänge (Meatus nasi), der obere, mittlere und unterer Nasengang. Im Bereich des vorderen Nasenseptums befindet sich eine gefäßreiche Schleimhaut, der sog. Locus Kiesselbachii).

Der **Rachen** (Pharynx) verbindet die Nasen- und die Mundhöhle mit der Luft- bzw. der Speiseröhre. Hier liegen auch die Mandeln (**Tonsillen**). Durch Berührung der hinteren Rachenwand kann der Würgreflex ausgelöst werden.

Der **Kehlkopf** (Larynx) verbindet den Rachen mit der Luftröhre. Er erfüllt 2 Funktionen:

- Sein **Kehldeckel** (Epiglottis) verschließt den Kehlkopf beim Schluckvorgang und sorgt zusammen mit dem Rachen dafür, dass beim Schlucken keine Nahrung in die Luftröhre gelangt.
- Durch die an ihm befestigten beiden Stimmbänder ist er für die **Stimmbildung** verantwortlich.

An den Kehlkopf schließt sich die **Luftröhre** (Trachea) an. Sie teilt sich in die beiden **Hauptbronchien**, die in das Lungengewebe eintreten.

Die Lunge besteht aus 2 **Lungenflügeln** (► Abb. 11.1). Der rechte Lungenflügel gliedert sich in 3, der linke in 2 Lungenlappen. Jeder Lungenflügel liegt in einer eigenen Brustfellhöhle. Zwischen den beiden Blättern des Brustfells (**Pleura**) liegt der **Pleuraspalt** mit der Pleuraflüssigkeit. Im Pleuraspalt herrscht Unterdruck. Zwischen den beiden Brustfellhöhlen befindet sich das **Mediastinum** (Mittelfellraum).

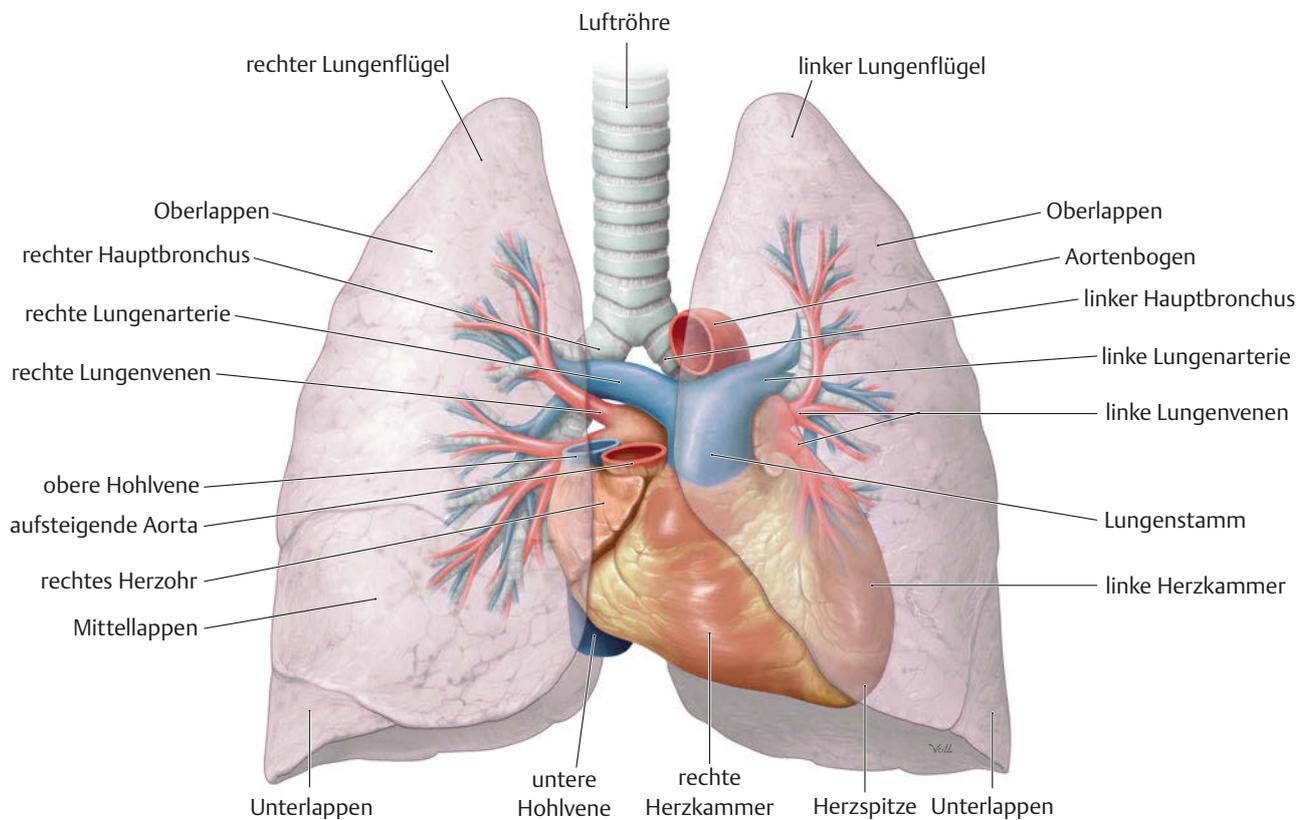
Nach ihrem Eintritt ins Lungengewebe verzweigen sich die Hauptbronchien in kleinere Bronchien und Bronchioli. An die Bronchioli schließen sich die **Lungenbläschen** (Alveolen) an. Über diese findet der Gasaustausch statt. Ebenso wird hier Surfactant gebildet. Zusammen mit dem herrschenden Unterdruck verhindert der Surfactant, dass die Alveolen und die Lunge in der Ausatmung (Expiration) kollabieren.

Das Epithel, das die Alveolen auskleidet, besteht aus 2 Zelltypen:

- **Typ-I-Pneumozyt:** Über diese Zellen findet der Gasaustausch statt.
- **Typ-II-Pneumozyt:** Sie bilden den **Surfactant**, der die Oberflächenspannung in den Alveolen vermindert.



Abb. 11.1 Lunge und Lungenkreislauf.



Lungenflügel, Lungengefäße und Bronchialbaum im Überblick. Gezeigt sind die Arterien (blau) und Venen (rot) des Lungenkreislaufs bis zu ihrem Übergang in die kleinen Segmentarterien. Die Gefäße des Körperkreislaufs sind entfernt. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. Stuttgart: Thieme; 2018

Das zwischen den Alveolen liegende Lungengewebe enthält viele **elastische Fasern**. Sie bewirken zusammen mit der alveolären Oberflächenspannung, dass sich die Lunge zusammenziehen will. Der im Pleuraspalt herrschende Unterdruck und der Surfactant wirken dieser Tendenz entgegen und verhindern, dass die Lunge zusammenfällt.

**Feinbau der Atem- und Luftwege** • Wie die Nasenhöhlen und Teile des Kehlkopfs sind auch die Luftröhre, die beiden Hauptbronchien und die nachfolgenden Bronchien mit **respiratorischem Flimmerepithel** ausgekleidet. Erst ab den Bronchioli respiratorii besitzt das Epithel keine Flimmerhärchen mehr.

Im Alter bilden sich das Flimmerepithel des Bronchialsystems und auch die Aktivität des Hustenreflexes zurück. Dadurch ist die Selbstreinigungsfunktion der Atemwege bei älteren Menschen herabgesetzt, was zu einer erhöhten Anfälligkeit für Lungenerkrankungen führt.

**Blutversorgung** • Die Funktionsgefäße der Lunge bilden den **Lungenkreislauf**: Der **Truncus pulmonalis** führt das sauerstoffarme, kohlendioxidreiche Blut aus dem rechten Ventrikel über die Lungenarterien zum Kapillarnetz, das sich um die Alveolen spannt. Dort kommt es zum Gasaustausch und die Lungenvenen transportieren das jetzt sauerstoffreiche, kohlendioxidarme Blut aus der Lunge zurück zum den linken Vorhof des Herzens.

Die **Bronchialgefäße** sind kleine Gefäßabgänge aus der Aorta. Sie versorgen als Eigengefäße das Lungengewebe mit Sauerstoff.

**Atmung** • Die **Atemfrequenz** liegt bei Säuglingen bei 40–50 Atemzügen/min, bei Kindern bei 20–30 Atemzügen/min und beim Erwachsenen bei 14–16 Atemzügen/min. Mit zunehmendem Lebensalter steigt die Atemfrequenz wieder an. Durch den Elastizitätsverlust des Lungengewebes und die zunehmende Starrheit des Brustkorbes kommt es zur Abnahme des Lungenvolumens und der Vitalkapazität. Die Lungen selbst nehmen insgesamt weniger Sauerstoff auf, weshalb mit zunehmendem Alter der Sauerstoffgehalt im Blut immer niedriger wird.

Die Luftmengen, die während der Ein- und Ausatmung bewegt werden, werden als **Atemvolumina** bezeichnet. Sie können durch Lungenfunktionsprüfungen gemessen werden.

Bei der **Einatmung** (Inspiration) zieht sich das Zwerchfell als wichtigster Atemmuskel zusammen, wodurch sich der Brustraum erweitert. Da die Lunge der Bewegung der Brustwand folgt, wird sie gedehnt. Dadurch entsteht in der Lunge ein **Unterdruck**, und Luft wird eingesogen. Die Dehnbarkeit der Lunge wird als **Compliance** bezeichnet. Neben dem Zwerchfell sind auch die äußeren Zwischenrippenmuskeln an der Einatmung beteiligt.

Weil sich die Lunge aufgrund ihrer elastischen Eigenschaften von selbst zusammenzieht, erfolgt die **Ausatmung** (Expiration) ohne Muskelbeteiligung. Nur bei verstärkter Ausatmung wird die Ausatmung durch Muskulatur unterstützt.

Die Atmung wird vom **Atemzentrum** reguliert. Den stärksten Anreiz für eine Steigerung der Atmung stellt ein **erhöhter Kohlendioxid-Partialdruck** im Blut dar.

Für den **Atemwegswiderstand** (Resistance) sind wegen ihres geringen Gesamtdurchmessers hauptsächlich die Luftröhre und die großen Bronchien verantwortlich. Die kleinen Bronchien und Bronchiolen können von Parasympathikus bzw. Sympathikus eng- bzw. weitgestellt und so ihr Atemwegswiderstand verändert werden.

**Transport der Atemgase** • Der in die Lunge aufgenommene **Sauerstoff** wird im Blut fast vollständig an das **Hämoglobin** der roten Blutkörperchen gebunden transportiert. Der überwiegende Teil des in den Kapillargebieten der Organe aufgenommenen **Kohlendioxids** wird im Blutplasma als **Bikarbonat** gelöst. Dieses wird bei Erreichen der Lunge wieder zu Kohlendioxid und abgeatmet.

## 11.2 Diagnostik

### 11.2.1 Anamnese

#### Beschwerden der oberen Atemwege

Bei Verdacht auf Erkrankungen der Nase und der Nasennebenhöhlen ist wichtig zu erfahren, ob Flüssigkeit (Blut, Sekret, Eiter, weitere Flüssigkeiten) aus der Nase ausgetreten ist und/oder ob die Nasenatmung behindert ist. Des Weiteren sollten Fragen zu einem eventuellen Druckgefühl, Schmerzen im Gesicht und zum Geruchsempfinden gestellt werden. Wird eher an Erkrankungen des Rachens (Pharynx) gedacht, wird vorwiegend nach Halsschmerzen und Schluckbeschwerden gefragt.

#### Beschwerden der unteren Atemwege

Bei Verdacht auf Erkrankungen des Kehlkopfs spielen Fragen zu **Halsschmerzen**, **Schluckproblemen** und **Veränderungen der Stimme** (Heiserkeit, Probleme beim Sprechen) eine große Rolle.

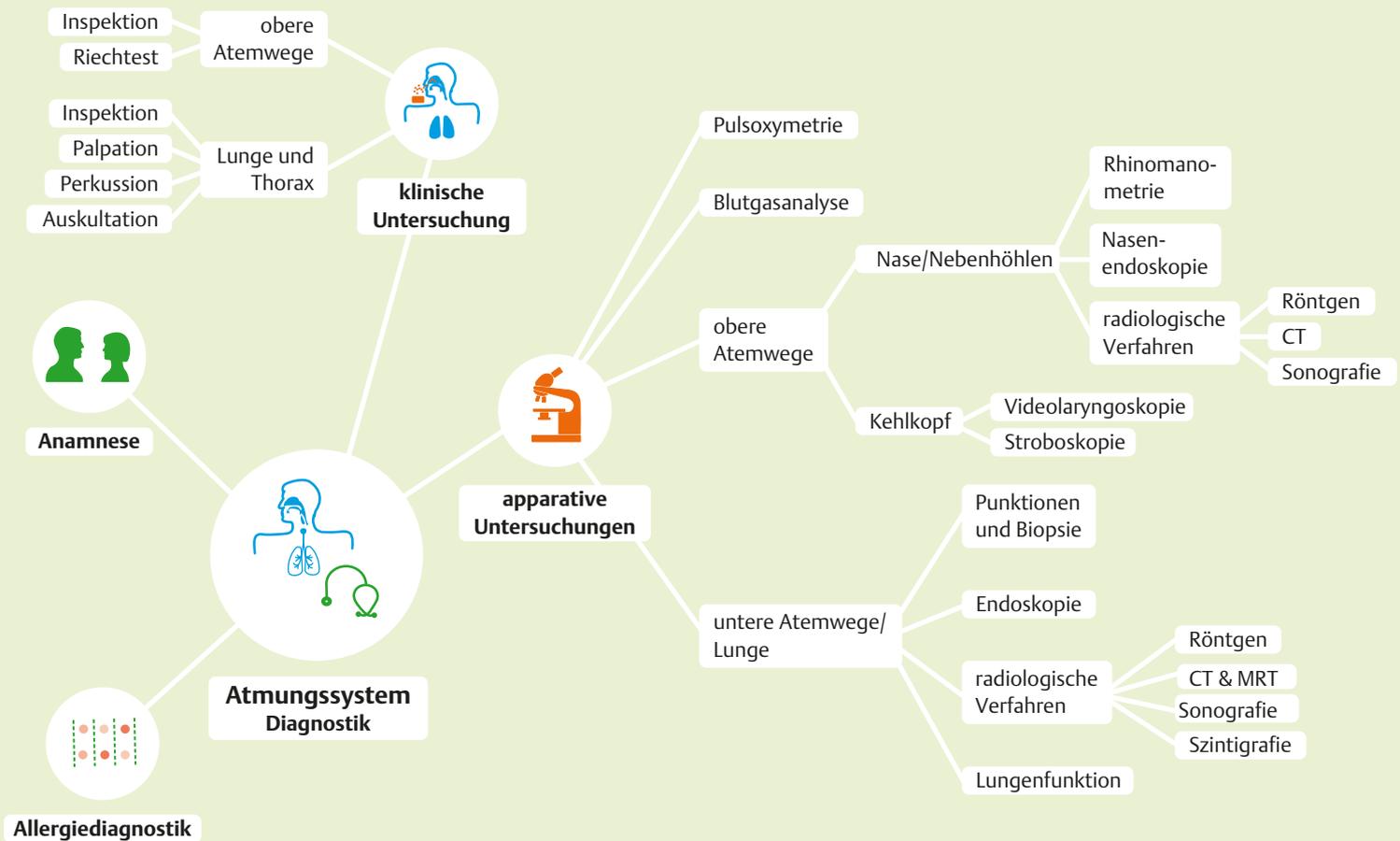
Wird eine Beteiligung der unteren Atemwege und der Lunge vermutet, sollten u. a. folgende Beschwerden abgeklärt werden:

- Husten und Auswurf: Farbe, Blutbeimengungen?
- Luftnot: Nur bei Belastung oder auch in Ruhe?
- Zyanose: Bläuliche Verfärbung der Haut, Schleimhäute und Lippen?
- Brustschmerzen: Atemabhängig?

Auch der Atemrhythmus (z. B. nächtliche Atempausen) muss hinterfragt werden. Auskunft über etwaige Atempausen können meist nur Angehörige geben (Fremdanamnese).

Sehr wichtig ist es auch, Informationen über mögliche Risikofaktoren in Erfahrung zu bringen. Hierzu gehören v. a.:

- **Zigarettenkonsum**: Die Menge der gerauchten Zigaretten wird in sog. **Pack Years (PY)** (Packungsjahren) angegeben. 1 Pack Year bedeutet, dass der Patient 1 Jahr lang täglich 1 Packung Zigaretten geraucht hat. Um die Gesamtzahl der Pack Years zu berechnen, wird die Zahl der pro Tag gerauchten Zigarettenpackungen mit der Zahl der Raucherjahre multipliziert (z. B. 2 Packungen pro Tag über 20 Jahre = 40 Pack Years).
- **Schadstoffbelastung am Arbeitsplatz**: Einige Lungenerkrankungen werden durch inhalative Schadstoffe ausgelöst, denen die Patienten am Arbeitsplatz ausgesetzt sind, z. B. Quarzstaub im Bergbau (Silikose), Asbest (Asbestose, Pleuramesotheliom), Mehle (Bäckerasthma), verschiedene organische Stäube (exogen-allergische Alveolitis).
- **Schadstoffbelastung in der eigenen Wohnung**: feuchte, schimmelige Wände (Asthma bronchiale), Luftbefeuchter oder Klimaanlage (exogen-allergische Alveolitis), Haustiere (Asthma bronchiale).
- **Medikamente und Drogen**: z. B. Auslösung eines toxischen Lungenödems durch Heroinabusus, einer interstitiellen Lungenerkrankung durch MTX oder Bleomycin (Chemotherapeutika), eines Analgetika-Asthas durch ASS oder eines chronischen Reizhustens durch ACE-Hemmer.



Nach Vor- bzw. Grunderkrankungen, Allergien, Atemwegserkrankungen in der Familie und Auslandsreisen in der jüngeren Vergangenheit sollte ebenfalls gefragt werden.

## 11.2.2 Klinische Untersuchung

### Inspektion und Palpation der Nase

Die Nase wird **von außen begutachtet** (Form? Fehlstellung?). Besteht der Verdacht auf eine Nasenfraktur, muss die Nase vorsichtig abgetastet werden.

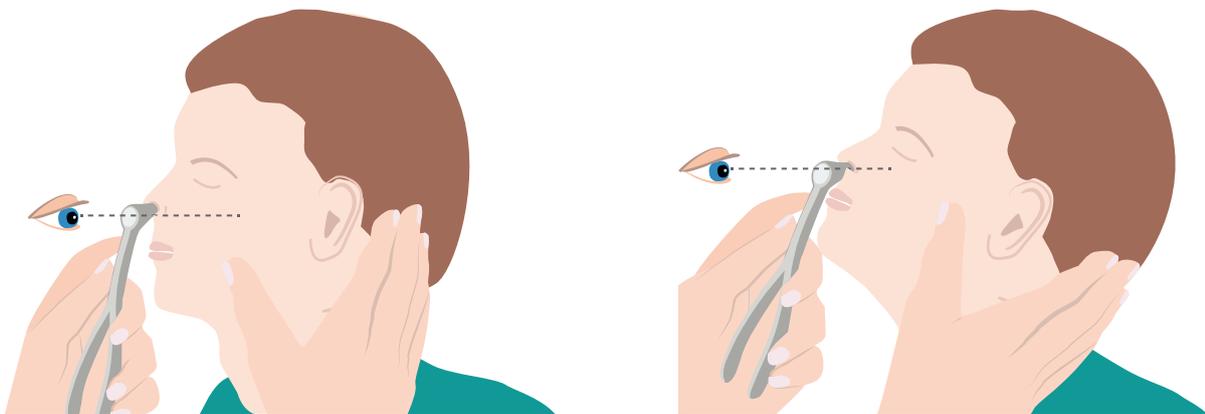
Zur Nasenuntersuchung gehört auch die Untersuchung von innen, die eine Standarduntersuchung beim HNO-Arzt ist. Hierfür führt der Arzt ein Spekulum in die Nase ein und untersucht so die Nasenhaupthöhle (**vordere Rhinoskopie**). Anschließend bittet er den Patienten, den Kopf nach hinten zu beugen, sodass er nun auch den mittleren Nasengang

einsehen kann (► **Abb. 11.2**). Mit der **hinteren Rhinoskopie** werden der Nasenrachen und die Nasenöffnungen in den Nasenrachen beurteilt.

### Riechtest

Das Riechvermögen kann man einerseits **subjektiv** (Patient gibt an, ob er etwas riecht) und andererseits **objektiv** (Geruchspotenziale im Gehirn) testen. Hierbei werden dem Patienten Geruchsproben angeboten, die er erkennen sollte bzw. auf die das Gehirn reagiert. Ein Geruchsverlust bei älteren Patienten sollten weitere Test nach sich ziehen, da dieser ein Hinweis auf eine beginnende Demenz sein kann. Wie der Riechtest genau funktioniert, wird im Kap. „Nervensystem“ (S. 864) beschrieben.

**Abb. 11.2 Vordere Rhinoskopie.**



Mit der vorderen Rhinoskopie untersucht man die Nasenhöhle. Für diese Untersuchung werden ein Spekulum und eine Kopfleuchte benötigt. Indem der Patient den Kopf nach hinten neigt, können die unterschiedlichen Ebenen untersucht werden. *Abb. nach: Behrbohm H, Kaschke O, Nawka T, Hrsg, Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 2. Auflage. Thieme; 2012*

## Inspektion des Rachens (Pharynx) und des Kehlkopfs (Larynx)

Der **Nasenrachen** (Nasopharynx), also der Teil des Rachens, der sich hinter der Nase befindet, wird am besten mit der sog. **hinteren Rhinoskopie** beurteilt. Bei dieser Untersuchung führt der HNO-Arzt einen Spiegel durch den Mund bis zur Rachenhinterwand und spiegelt dann nach oben (► Abb. 11.3). So lassen sich der Nasenrachen und die Choanen beurteilen. Eine andere Möglichkeit ist die Nasenendoskopie.

Die Hinterwand des **Mundrachens** (Oropharynx) wird beurteilt, indem man den Patienten den Mund weit öffnen lässt und die Zunge mit einem Spatel vorsichtig nach unten drückt. Beurteilt werden insbesondere der Zustand der Schleimhaut und die Gaumenmandeln.

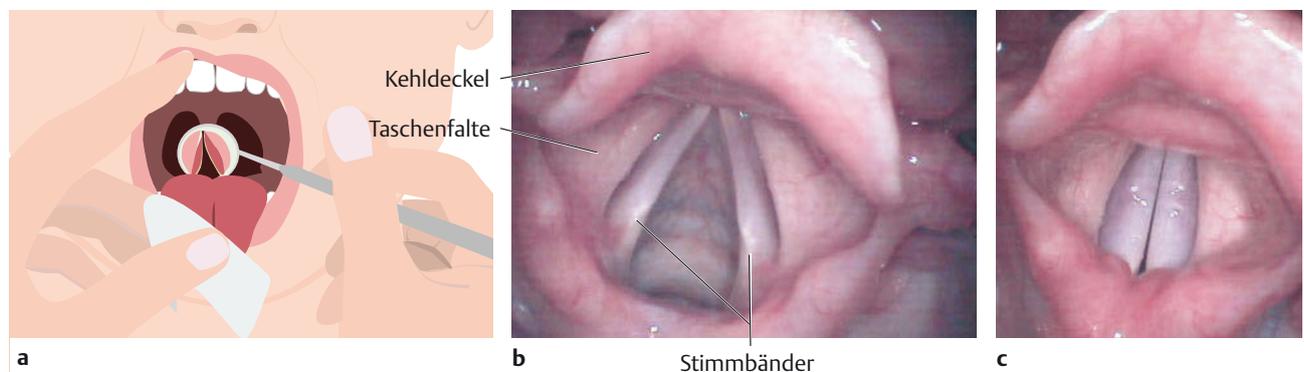
Den **Schlundrachen** (Laryngopharynx) untersucht man zusammen mit dem **Kehlkopf**. Hierfür eignet sich die **indirekte**

Abb. 11.3 Hintere Rhinoskopie.



Mit der hinteren Rhinoskopie untersucht man den Nasenrachen und die Choanen. Hierfür benötigt man einen Mundspatel, einen Spiegel und eine Kopflampe zur Beleuchtung. Mit dem Mundspatel drückt man die Zunge vorsichtig nach unten und führt dann den Spiegel bis an die Rachenhinterwand. *Abb. nach: Behrbohm H, Kaschke O, Nawka T, Hrsg. Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 2. Auflage. Thieme; 2012*

Abb. 11.4 Indirekte Laryngoskopie.



- a** Mit der indirekten Laryngoskopie wird der Kehlkopf untersucht. Man benötigt ein Mulllappchen, einen Spiegel und eine Kopflampe bzw. einen Stirnreflektor. Der Arzt hält die herausgestreckte Zunge mit dem Mulllappchen fest und führt den Spiegel zum Zäpfchen. *Abb. nach: Füeßl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und klinische Untersuchung. 6. Auflage. Thieme; 2018*
- b** Während der Atmung stehen die Stimmlippen V-förmig auseinander. So kann die Luft in die Luftröhre gelangen (Respirationsstellung der Stimmlippen). *Abb. aus: Behrbohm H, Kaschke O, Nawka T, Hrsg. Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 2. Auflage. Thieme; 2012*
- c** Beim Sprechen (Patient sagt „Hi“) stehen die Stimmlippen eng zusammen (Phonationsstellung der Stimmlippen). *Abb. aus: Behrbohm H, Kaschke O, Nawka T, Hrsg. Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 2. Auflage. Thieme; 2012*

**Laryngoskopie**, die ebenfalls zur routinemäßigen HNO-ärztlichen Untersuchung zählt. Bei dieser Untersuchung hält der Arzt die herausgestreckte Zunge mit einem Lappchen fest, führt einen Spiegel bis an das Zäpfchen und drückt es nach hinten (► Abb. 11.4a). Mit dem Spiegel sollte man weder den Rachen noch die Zunge berühren (Berührung löst den Würgreflex aus!). Anschließend spiegelt man nach unten, während man den Patienten bittet einzuatmen (► Abb. 11.4b) und danach „Hi“ zu sagen (► Abb. 11.4c).

## Inspektion des Thorax

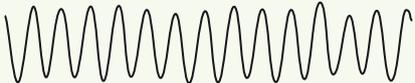
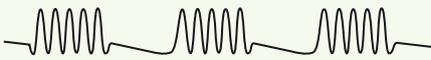
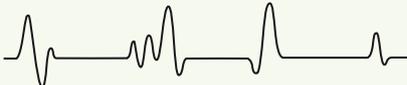
Abweichungen von der normalen Thoraxform können angeboren oder erworben sein. Zu den angeborenen Abweichungen zählen die **Trichterbrust** (Einziehung des vorderen Brustkorbs im Bereich des Brustbeins) und die **Hühnerbrust** (kielartig vorspringendes Brustbein). Beim Lungenemphysem (S. 346) bildet sich im Verlauf ein Fassthorax. Eine **Skoliose** (Verbiegung und Rotation der Wirbelsäule) kann angeboren oder auch erworben sein, z. B. als Folge einer Fehllagerung bei einer Parese (S. 868). In einem veränderten Brustkorb kann sich die Lunge nicht mehr richtig ausdehnen, wodurch die Atmung behindert ist.

## Beobachtung der Atmung

**Atemfrequenz** • Die Atemfrequenz ist definiert als die Anzahl der Atemzüge pro Minute. Die Atmung des Patienten prüft man am besten, indem man ihn unbemerkt beobachtet. Fühlen sich Patienten beobachtet, atmen sie häufiger unbewusst schneller. Normal ist eine Atemfrequenz von **8–20 Atemzügen** pro Minute beim Erwachsenen. Eine verlangsamte Atemfrequenz wird als **Bradypnoe**, eine beschleunigte Atemfrequenz als **Tachypnoe** bezeichnet.

**Atemexkursionen** • Atemexkursionen sind die Bewegungen des Brustkorbes während der Atmung. Entscheidend ist, ob sich der Brustkorb bei der Atmung auf beiden Seiten gleichmäßig hebt und senkt (= **symmetrische Thoraxbewegungen**) oder ob es Auffälligkeiten gibt. Bei einem Pneumothorax (S. 384) und bei einem Pleuraerguss (S. 387) fehlen z. B. die Atembewegungen auf der betroffenen Seite und die betroffene Seite wird „nachgezogen“.

Tab. 11.1 Verschiedene Atemtypen.

Atmungstyp	Definition	Auftreten bei	Abbildung
normale Atmung	Atemfrequenz ca. 8–20 Atemzüge/min beim gesunden Erwachsenen	Normalzustand	
Tachypnoe	Atemfrequenz > 20 Atemzüge/min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• physiologisch bei erhöhtem Sauerstoffbedarf: körperliche Anstrengung, Stress, Hitze, Aufenthalt in großer Höhe</li> <li>• pathologisch: Hyperventilationssyndrom, Fieber, Anämie, Herz- und Lungenerkrankungen</li> </ul>	
Bradypnoe	Atemfrequenz < 8 Atemzüge/min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• physiologisch: Schlaf, tiefe Entspannungsphasen</li> <li>• pathologisch: Schädigung des ZNS, Vergiftung mit Beruhigungsmitteln, Stoffwechselerkrankungen (z. B. Unterfunktion der Schilddrüse)</li> </ul>	
Kußmaul-Atmung	vertiefte, regelmäßige Atemzüge	metabolische Azidose (Körper versucht, die metabolische Azidose durch verstärkte Abatmung von CO <sub>2</sub> zu kompensieren)	
Cheyne-Stokes-Atmung	periodisch an- und ab-schwellende Atemzüge, die von kurzen Pausen unterbrochen werden	Durchblutungsstörungen des Gehirns, Vergiftungen (→ Störung des zentralen Atemzentrums)	
Biot-Atmung	vereinzelte, gleichmäßig tiefe und kräftige Atemzüge, die plötzlich von längeren Atempausen unterbrochen werden	häufig bei Patienten mit erhöhtem Hirndruck (→ Störung des zentralen Atemzentrums)	
Schnappatmung	vereinzelte tiefe Atemzüge mit anschließenden langen Atempausen	kurz vor dem Tod (Endstadium)	

**Atemtypen** • Der gesunde Mensch atmet gleichmäßig ein und aus, wobei die Ausatmungsphase i. d. R. etwas länger dauert als die Einatmungsphase. Typische Abweichungen vom „Normalbefund“ zeigt ▶ Tab. 11.1.

**Orthopnoe** • Patienten mit ausgeprägter Luftnot setzen sich typischerweise hin und stützen sich mit den Armen ab (▶ Abb. 11.5). Durch diese Haltung wird die **Atemhilfsmuskulatur** eingesetzt, die die eigentlichen Atemmuskeln (Zwerchfell und Zwischenrippenmuskulatur) beim Atmen unterstützt.

**Husten und Auswurf (Sputum)** • Sie sind bei der Beobachtung der Atmung wichtig, da sie Hinweise auf bestimmte Erkrankungen geben können, siehe dazu auch Leitsymptome (S. 392).

**Atemgeruch (Foetor ex ore)** • Akute Erkrankungen der Atemwege wie Bronchitis, Pharyngitis (S. 333) oder Tonsillitis (S. 332) können Ursache von Mundgeruch sein. Darüber hinaus führen chronische Lungenerkrankungen wie COPD (S. 341) oder auch maligne Tumoren zu Veränderung des Atemgeruchs. Mundgeruch (S. 509) kann außerdem Leitsymptom verschiedener Erkrankungen sein.

Abb. 11.5 Orthopnoe.



Der Patient stützt sich mit den Armen ab und setzt dadurch die Atemhilfsmuskeln ein.

**Blitzlicht Pflege** Atemerleichternde Körperhaltung

- **im Liegen:** Hilfreich ist es, in Seitenlage mit erhöhtem Kopfkissen zu schlafen und dabei den unteren Arm unter das Kissen zu legen.
- **im Sitzen:** Durch das Abstützen der Arme setzt man automatisch die Atemhilfsmuskulatur ein. Typische Positionen sind der Kutschersitz (Pflegeempfänger sitzt vornübergebeugt und stützt sich mit den Ellenbogen auf den Oberschenkeln ab) oder der Reitsitz (Pflegeempfänger sitzt verkehrt auf einem Stuhl und stützt sich mit den Unterarmen an der Lehne ab).
- **im Stehen:** Die Atmung wird erleichtert, wenn sich der Pflegeempfänger vornüberbeugt und mit den Händen an den Oberschenkeln abstützt (Torwartstellung) oder sich mit einer Hand an einer Wand festhält.

**Nasenflügeln und inspiratorische Einziehungen** • Bei ausgeprägter Luftnot bewegen sich die Nasenflügel (S. 392) bei der Atmung deutlich mit. Außerdem ziehen sich während der Einatmung die Rippen und die Drosselgrube (Jugulum) zusammen.

**Auffälligkeiten am Körper**

Man sollte immer den gesamten Körper auf eventuelle Anzeichen einer Lungenerkrankung untersuchen. Hierzu zählen z. B.:

- **Hautfarbe:** Bei einer **Zyanose** (S. 395) sind die **Haut** und zum Teil **Schleimhäute** und **Lippen bläulich** verfärbt. Ursache ist ein Sauerstoffmangel, z. B. im Rahmen chronischer Lungenerkrankungen.
- **Finger:** Auch die Finger und Fingernägel verändern sich bei chronisch Kranken (► **Abb. 11.6**). Durch den chronischen Sauerstoffmangel zeigen sich bei den Betroffenen neben der Haut- und Schleimhautverfärbung auch **Trommelschlägelfinger** und **Uhrglasnägel**, zu den Nagelveränderungen siehe Kapitel „Haut und Haar“ (S. 1062).
- **geschwollene Knöchel, gestaute Halsvenen:** Aufgrund einer chronischen Rechtsherzbelastung durch Druckerhöhung im Lungenkreislauf staut sich das Blut im venösen System, als Folge bilden sich Ödeme (S. 259).

**Abb. 11.6** Trommelschlägelfinger und Uhrglasnägel.

**WISSEN TO GO****Atmungssystem – Anamnese und Inspektion**

In der **Anamnese** ist es wichtig, nach den aktuellen Beschwerden (z. B. Husten, Auswurf, Heiserkeit, Atemnot), Vorerkrankungen, Allergien, Medikamenten und den typischen Risikofaktoren wie Rauchen und Schadstoffen zu fragen.

Auf die Anamnese folgt die **körperliche Untersuchung** mit der Überprüfung der oberen (Nase, Kehlkopf, Rachen) und der unteren (Bronchien und Lungen) Atmungsorgane sowie des Brustkorbs. Zur körperlichen Untersuchung gehört auch die Untersuchung des restlichen Körpers (Hautfarbe, Finger und Nägel, Ödeme) und die Atembeobachtung (Atemfrequenz, Verwendung der Atemhilfsmuskulatur, Atemgeruch).

**Palpation des Thorax und Prüfung des Stimmfremitus**

**Palpation** • Bei der Palpation des Thorax werden folgende Punkte beurteilt:

- der Herzspitzenstoß (fühlbare Anstoßen des Herzens an die Brustwand)
- die Atemexkursionen
- eine eventuelle Schmerzhaftigkeit und Instabilität

Um eine Instabilität festzustellen, drückt der Untersucher den Brustkorb vorsichtig mit beiden Händen zusammen, zunächst von der Seite, dann von vorn und hinten.

**Stimmfremitus** • Bei dieser Untersuchung legt man beide Hände in Höhe der 8.–10. Rippe flach auf den Rücken des Patienten (► **Abb. 11.7**) und bittet ihn, mit tiefer Stimme „neunundneunzig“ zu sagen. Der Untersucher fühlt dabei mit seinen Händen die Vibrationen, die durch die **tiefen Stimmfrequenzen** an die Thoraxwand weitergeleitet werden.

Über der gesunden Lunge spürt man normalerweise auf beiden Seiten leichte Vibrationen. Wenn das **Lungengewebe dichter** ist als normal (z. B. bei einer Lungenentzündung), werden die tiefen Stimmfrequenzen besser fortgeleitet und



- a** Die Fingerendglieder sind wie Kolben aufgetrieben.  
**b** Die Nägel sind sowohl in Längs- wie in Querrichtung gekrümmt.

Abb. aus: Greutmann M, Lüscher T. Inspektion. In: Battegay E, Hrsg. Differenzialdiagnose Innerer Krankheiten. 21. Auflage. Thieme; 2017

**Abb. 11.7 Prüfung des Stimmfremitus.**



Der Untersucher legt beide Hände auf den Rücken des Patienten auf und bittet ihn, mit tiefer Stimme „neunundneunzig“ zu sagen. *Abb. aus: Füeßl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6. Auflage. Thieme; 2018*

die **Vibrationen** sind **verstärkt** spürbar. Bei einem erhöhten Luftgehalt der Lunge und damit **weniger dichtem Lungengewebe** (z. B. Pneumothorax, Lungenemphysem) spürt man **kaum Vibrationen**.

### Perkussion des Thorax

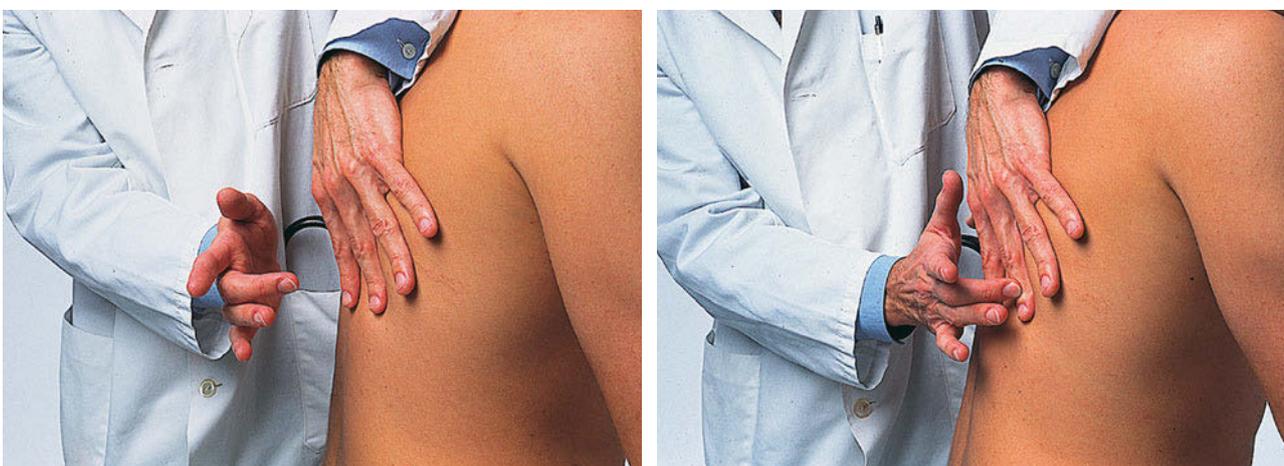
Das Abklopfen (Perkussion) des Brustkorbs dient dazu, die **Lungengrenzen zu beurteilen** und anhand des Klopfschalls auch **oberflächliche pathologische Veränderungen** zu erken-

nen. Da der Klopfeschall nur maximal 5 cm tief eindringt, können tiefer gelegene Veränderungen nicht erfasst werden.

Für die Untersuchung legt der Arzt eine Hand auf den Brustkorb des Patienten auf und klopft dann mit der Kuppe des Mittelfingers der anderen Hand auf den durchgedrückten Mittelfinger der aufliegenden Hand (► **Abb. 11.8**). Auf diese Weise wird der Brustkorb in der Mittellinie des Schlüsselbeins zunächst auf der einen, dann auf der anderen Seite von oben nach unten abgeklopft. Man perkutiert sowohl die Brust als auch den Rücken. Beim Abklopfen achtet man auf den **Klangcharakter** des Klopfeschalls, durch den man lufthaltiges von nicht lufthaltigem Gewebe abgrenzen kann. Man kann 3 verschiedene „Klopfeschallcharaktere“ unterscheiden (► **Tab. 11.2**).

Die Lunge nimmt nach der Einatmung (Inspiration) im Thorax einen größeren Raum ein als nach der Ausatmung (Expiration). Diese sog. **Atemverschieblichkeit** der Lunge kann man mit der Perkussion feststellen. Dabei klopft man zunächst die Lunge unter maximaler Einatmung ab und markiert diejenige Stelle am unteren Lungenrand, an der der Klopfeschall von „sonor“ (lufthaltiges Gewebe) in „gedämpft“ (dichtes Gewebe) übergeht. Der Vorgang wird anschließend nach der Ausatmung wiederholt. Normalerweise liegen zwischen Ein- und Ausatmung 5–6 cm (= Atemverschieblichkeit). Bei Erkrankungen, die die Ausdehnung der Lunge bei der Einatmung behindern (z. B. Pleuraerguss), ist die Atemverschieblichkeit zum Teil deutlich eingeschränkt.

**Abb. 11.8 Perkussion des Thorax.**



Der Arzt legt eine Hand auf den Brustkorb des Patienten auf und klopft dann mit der Kuppe des Mittelfingers der anderen Hand auf den durchgedrückten Mittelfinger der aufliegenden Hand. *Füeßl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6. Auflage. Thieme; 2018*

**Tab. 11.2 Auswertung der Lungenperkussion.**

Schallqualität	Klangcharakter	Vorkommen
sonorer Klopfeschall	laut, lang und tief	normaler Klopfeschall über der gesunden Lunge
hyposonorer (gedämpfter) Klopfeschall (sog. Schenkelschall)	leise, kurz und hoch (als klopft man sich auf den Oberschenkel)	verminderter Luftgehalt im Brustkorb (z. B. Pneumonie, Pleuraerguss, Pleuraempyem) normaler Klopfeschall anderer Organe (z. B. Leber) und von Muskelgewebe
hypersonorer Klopfeschall	sehr laut, langanhaltend und tief	vermehrter Luftgehalt im Brustkorb (z. B. Lungenemphysem, Pneumothorax)



## WISSEN TO GO

### Atmungssystem – Palpation und Perkussion des Thorax

Palpation und Perkussion sind Teil der Diagnostik. Bei der Palpation wird Folgendes beurteilt:

- der Herzspitzenstoß (fühlbare Anstoßen des Herzens an die Brustwand)
- die Atemexkursionen
- eine eventuelle Schmerzhaftigkeit und Instabilität

Die Perkussion dient dazu, die Lungengrenzen zu beurteilen und mögliche pathologische Veränderungen zu erkennen.

## Auskultation der Lunge

Für die Auskultation der Lunge mit dem Stethoskop bittet man den Patienten, sich mit freiem Oberkörper aufrecht hinzusetzen und durch den geöffneten Mund langsam ein- und auszuatmen. Der Untersucher hört dann – entweder in derselben Reihenfolge wie bei der Perkussion oder umgekehrt – die Lunge von ventral (vorn) und dorsal (hinten) und im Seitenvergleich rechts und links ab.

**Atemgeräusche** • Über dem gesunden Lungengewebe hört man ein leises Rauschen, das beim Einatmen lauter ist als beim Ausatmen (sog. **vesikuläres** oder **alveoläres Atemgeräusch**). Über der Luftröhre und den großen Atemwegen (zwischen den Schulterblättern) klingt das normale Atemgeräusch etwas hohler und lauter, v. a. in der Ausatemphase. Man spricht auch von **Bronchialatmen** („Röhrenatmen“). Ein Bronchialatmen über anderen Lungenabschnitten ist pathologisch und deutet meistens auf eine Lungenentzündung oder Lungenfibrose hin. Bei einer verminderten Belüftung der Lunge (sog. Atelektase) kann man das **Atemgeräusch** über den betroffenen Lungenabschnitten nur schwach oder gar **nicht hören**. Bei geriatrischen Patienten ist zu beachten, dass es im höheren Alter häufig zu verschärften Atemgeräuschen kommt, die nicht automatisch auf eine Erkrankung zurückzuführen sind.

**Atemnebengeräusche** • Sie können bei verschiedenen Atemwegs- und Lungenerkrankungen auftreten:

- **Stridor**: Sind die oberen Atemwege (Kehlkopf, Luftröhre) eingeengt, tritt **während der Einatmung** ein Pfeifen und Juchzen auf (inspiratorischer Stridor). Bei Kindern kommt diese pfeifende Einatmung z. B. im Rahmen einer Pseudo-krupp-Erkrankung (S. 335) vor. Die Geräusche hört man bereits in der Entfernung, also ohne Stethoskop. Ein expiratorischer Stridor besteht bei obstruktiven Lungenerkrankungen, z. B. beim Asthma bronchiale. Hier ist die **Ausatmung** von Geräuschen begleitet.
- **trockene Nebengeräusche** (trockene Rasselgeräusche): Sind die kleinen Atemwege eingeengt (z. B. Asthma bronchiale oder COPD), treten die Atemnebengeräusche v. a. beim **Ausatmen** auf. Die Geräusche entstehen durch den zähen Schleim, der sich in den Bronchien befindet und durch den Atemstrom vibriert. Typisch sind ein **Giemen**, **Brummen** oder **Pfeifen**.
- **feuchte Rasselgeräusche**: Sie entstehen, wenn sich dünnflüssigeres Sekret in den Atemwegen befindet und durch die durchströmende Atemluft Blasen gebildet werden. Feuchte Rasselgeräusche lassen sich daher v. a. während der **Einatmung** auskultieren.

– **Feinblasige** Rasselgeräusche (sie klingen, als riebe man Haare zwischen den Fingern) deuten auf Flüssigkeit oder dünnflüssiges Sekret in den **Lungenbläschen** hin (z. B. bei Patienten mit Linksherzinsuffizienz und Lungenstauung).

– **Grobblasige** („blubbernde“) Rasselgeräusche sind typisch für Flüssigkeit in den **Bronchien** (z. B. beim Lungenödem). Ist in der terminalen Sterbephase ein lautes, grobblasiges Rasseln zu hören, spricht man vom „**Terminalrasseln**“.

• **Entfaltungsknistern** (Sklerophonie, Knisterrasseln): Hierunter versteht man ein Rasselgeräusch, das am Ende einer tiefen Inspiration auftritt. Es tritt v. a. bei **bettlägerigen Patienten** auf. Durch die tiefe Einatmung strömt Luft auch in die kleinsten Atemwege, die bei diesen Patienten sonst nicht belüftet werden. Macht der Patient mehrere tiefe Atemzüge, verschwindet das Geräusch meistens. Entfaltungsknistern ist außerdem bei Patienten mit **Lungenfibrose** typischerweise zu hören.

• **Pleurareiben**: Bei Patienten mit einer trockenen Rippenfellentzündung (S. 388) reiben die beiden Pleurablätter bei der Atmung aneinander, sodass man während der Atmung (= atemsynchron) ein Reibegeräusch hören kann, das an das Knarren von Leder oder Knirschen im Schnee erinnert.



## WISSEN TO GO

### Auskultation der Lunge

Nach der Perkussion hört man die Lunge mit dem Stethoskop ab. Das normale **Atemgeräusch** über der Lunge klingt wie ein **leises Rauschen** (= **Vesikuläratmen**). Über den Bronchien ist das Geräusch lauter (= **Bronchialatmen**). Pathologisch ist es, wenn man das Bronchialatmen auch über der Lunge hört (z. B. bei einer Lungenfibrose) oder wenn man das Atemgeräusch überhaupt nicht hört (verminderter Luftgehalt in der Lunge).

Bei verschiedenen Erkrankungen können außerdem pathologische **Atemnebengeräusche** zu finden sein. Beispiele dafür sind:

- **Stridor** durch Einengung der Atemwege während der Ausatmung (z. B. bei Asthma bronchiale) oder Einatmung (z. B. bei Pseudo-Krupp)
- **Giemen, Brummen, Pfeifen** (z. B. bei COPD oder Asthma bronchiale)
- **Rasselgeräusche**, z. B. bei Linksherzinsuffizienz und Lungenstauung oder auch zum Ende der Sterbephase (Terminalrasseln)

## 11.2.3 Apparative Untersuchungen Pulsoxymetrie

**Prinzip** • Die Pulsoxymetrie ist eine nicht invasive Methode, die arterielle Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>) zu bestimmen, die **arterielle Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>)** entspricht dem Anteil der roten Blutkörperchen, die mit Sauerstoff beladen sind. Mit der Pulsoxymetrie kann man also indirekt den Sauerstoffaustausch (Oxygenierung) in der Lunge beurteilen. Neben der Sauerstoffsättigung lässt sich außerdem die **Pulsfrequenz** beurteilen.

**Indikationen** • Die wichtigsten Einsatzgebiete der Pulsoxymetrie sind:

- die Verlaufskontrolle chronischer Lungenerkrankungen und
- die kontinuierliche Überwachung (Monitoring) von Patienten auf der Intensivstation oder während einer Narkose.

**Praktische Durchführung** • Dem Patienten wird ein Clip-Sensor (sog. Pulsoximeter) am **Finger** (► Abb. 11.9) oder am **Ohr läppchen** angelegt. Der Sensor enthält auf der einen Seite eine **Lichtquelle** und auf der gegenüberliegenden Seite einen Photodetektor. Das Licht, das er abgibt, wird vom Hämoglobin – abhängig von dem gebundenen Sauerstoff – unterschiedlich aufgenommen. Der **Photodetektor** registriert dann das Licht, das bei ihm ankommt. Durch den Vergleich der erhaltenen Messergebnisse mit Referenzwerten wird ermittelt, wie viel Prozent der roten Blutkörperchen mit Sauerstoff beladen sind. Dieser Wert entspricht der Sauerstoffsättigung.

**Bewertung** • Die normale O<sub>2</sub>-Sättigung liegt zwischen 96 und 100%. Werte **unter 90%** sprechen für eine **respiratorische Insuffizienz**. Bei Unterschreitung dieses Wertes sollten Patienten in der Regel Sauerstoff erhalten (nach Rücksprache mit dem Arzt). Bei älteren Patienten können niedrigere Werte (zwischen 96 und 93%) gemessen werden, ohne dass eine akute Ateminsuffizienz vorliegt. Entscheidend ist hier der Verlauf.

### ! Merke Pulsoxymetrie

Es ist wichtig, die Sauerstoffsättigung nicht nur anhand der Pulsoxymetrie zu beurteilen, sondern immer den Gesamtzustand des Patienten zu berücksichtigen. Ein Nagellack oder ein Nagelpilz können z. B. die gemessenen Werte verfälschen und auch bei einer eingeschränkten Durchblutung (Schock, peripherer Gefäßverschluss) oder Unterkühlung sind die gemessenen Werte zu niedrig. Bei einer akuten Blutung können normale Werte gemessen werden, aber der Anteil des Hämoglobins im Blut kann zu niedrig sein. Denn die Pulsoxymetrie sagt nichts über die Menge des Hämoglobins im Blut aus, sondern nur, wie viel Prozent des Hämoglobins mit Sauerstoff gesättigt sind. Auch eine Kohlenmonoxidvergiftung kann man mit der Pulsoxymetrie nicht feststellen, da die meisten Geräte nicht zwischen Kohlenmonoxid und Sauerstoff unterscheiden können.

Abb. 11.9 Pulsoxymetrie.



Der Clip-Sensor ist am Finger angebracht. Die Sauerstoffsättigung liegt bei 94%. Foto: K. Oborny, Thieme



## WISSEN TO GO

### Pulsoxymetrie

Mithilfe der Pulsoxymetrie kann nicht invasiv die arterielle Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>) bestimmt werden. Sie wird v. a. in der Verlaufskontrolle chronischer Lungenerkrankungen, beim kontinuierlichen Monitoring auf der Intensivstation und während einer Narkose eingesetzt. Nach Rücksprache mit dem Arzt sollten Patienten mit Luftnot und einer O<sub>2</sub>-Sättigung ≤ 90% Sauerstoff erhalten.

### Blutgasanalyse (BGA)

**Messwerte** • Mithilfe der BGA können bestimmt werden:

- der Sauerstoffpartialdruck (paO<sub>2</sub>)
- der Kohlendioxidpartialdruck (paCO<sub>2</sub>)
- die Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>)

Außerdem dient die BGA der Überwachung des Säure-Basen-Haushalts. Sie gibt Aufschluss über:

- den Blut-pH-Wert
- die Standard-Bikarbonat-Konzentration
- den Basenüberschuss

Diese Parameter werden im Kapitel zum „Säure-Basen-Haushalt“ (S. 526) detailliert beschrieben.

**Indikationen** • Mit der BGA können Erkrankungen, die zu einem gestörten Gasaustausch führen, Störungen der Atempumpe sowie der Säure-Basen-Haushalt erfasst und in ihrem Ausmaß beurteilt werden. Die Blutgasanalyse spielt hauptsächlich in der intensivmedizinischen Versorgung eine Rolle, bei der Überwachung auf Normalstation kommt meist die Pulsoxymetrie zum Einsatz.

**Praktische Durchführung** • Das Blut für die BGA gewinnt man entweder durch eine Arterienpunktion (meistens Punktion der A. radialis am Handgelenk) oder – nach kräftigem Reiben – aus dem Ohr läppchen. Die Auswertung erfolgt mit einem speziellen Blutgasanalysegerät (► Abb. 11.10).

**Bewertung** • Der O<sub>2</sub>-Partialdruck (paO<sub>2</sub>) ist abhängig vom Alter. Bei gesunden, jungen Menschen liegt der Wert bei > 95 mmHg, mit zunehmendem Alter sinkt der Wert ab.

Der CO<sub>2</sub>-Partialdruck (paCO<sub>2</sub>) ist altersunabhängig und beträgt 36–45 mmHg.

Folgende Befunde sind pathologisch:

- **Hypoxämie** (zu wenig Sauerstoff im Blut):  
paO<sub>2</sub> < 60 mmHg
- **Hypokapnie** (zu wenig Kohlenstoffdioxid im Blut):  
paCO<sub>2</sub> < 36 mmHg
- **Hyperkapnie** (zu viel Kohlenstoffdioxid im Blut):  
paCO<sub>2</sub> > 45 mmHg.

Ist nur der Sauerstoff-Partialdruck vermindert, spricht man von einer **respiratorischen Partialinsuffizienz**. Sie tritt bei Gasaustauschstörungen im Rahmen verschiedenster Lungenerkrankungen auf. Ist neben dem verminderten Sauerstoff-Partialdruck gleichzeitig auch der Kohlendioxid-Partialdruck erhöht, besteht eine **respiratorische Globalinsuffizienz**. Für Details siehe das Kapitel „Von der Partial- zur Globalinsuffizienz“ (S. 330).