

Anatomie und Physiologie der Atemorgane

Was versteht man unter Atmung ?

Unter Atmung versteht man ganz allgemein die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlendioxid.

Alle Zellen des menschlichen Organismus sind auf eine ständige Sauerstoffzufuhr und einen konstanten Abtransport des verbrauchten Sauerstoffs in Form von Kohlendioxid angewiesen. Diese Aufgaben erfüllt der Respirationstrakt (Atmungstrakt) in Zusammenarbeit mit dem Kreislaufsystem.

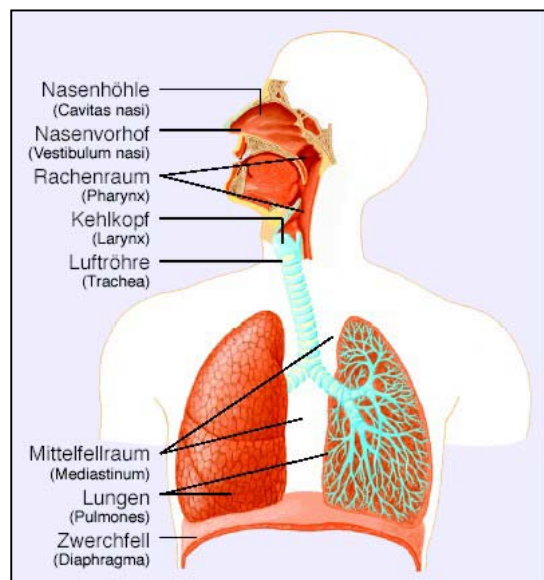
Aufbau der Atemorgane

Zu den Atemorganen des Menschen zählen:

- Nasenhöhle
- Rachen (Pharynx)
- Kehlkopf (Larynx)
- Luftröhre (Trachea)
- Bronchien
- Lunge (Pulmo)

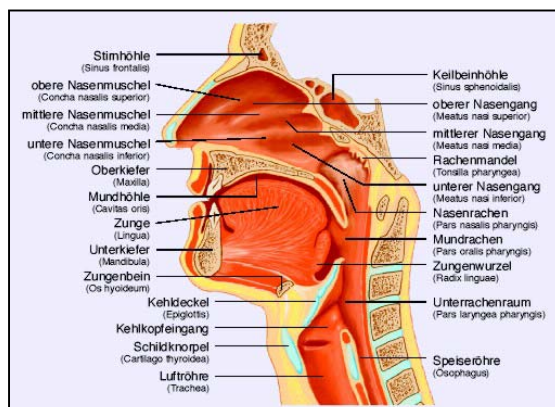
Die Körperteile vor der Lunge werden auch als zuführende Atemwege bezeichnet, da sie nicht direkt am Gasaustausch beteiligt sind. Sie stellen lediglich die Zuleitung der Atemluft zur Lunge dar. Die Funktion der zuleitenden Atemwege (speziell der Nase) besteht in:

- Reinigung der Atemluft
- Befeuchtung der Atemluft
- Erwärmung der Atemluft



Im folgenden werden die Atemorgane noch im einzelnen erklärt.

Nasenhöhle



Die Nasenhöhle wird durch die in der Mitte liegende Nasenscheidewand in zwei Hälften unterteilt. Der Gaumen trennt die Nasenhöhlen nach unten von der Mundhöhle. Nach hinten führt die Nasenhöhle durch den Rachenraum zum Kehlkopf.

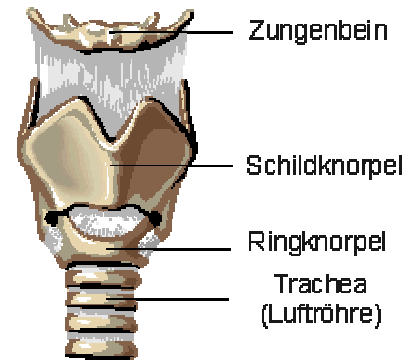
Die Nase ist ein sehr wichtiges Atemorgan, da sie die **Atemluft filtert, befeuchtet und leicht erwärmt**. Zu diesem Zweck sind in der Nasenhöhle unzählige winzige Härchen, durch welche die

Luft hindurch strömen muss, und so wie an einem Rechen gereinigt wird. Durch die feuchte Nasenschleimhaut wird die Luft außerdem noch befeuchtet sowie beim Vorbeiströmen erwärmt.

Kehlkopf (Larynx)

Der Kehldeckel ist für das Schließen der Speiseröhre beim Atmen und für das Schließen der Luftröhre beim Schlucken zuständig.

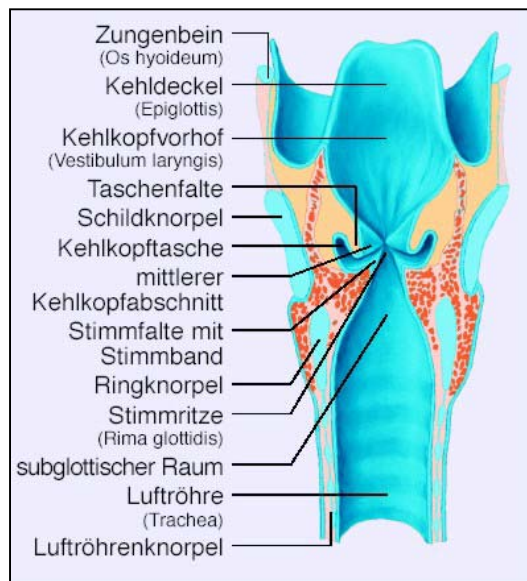
Der Kehlkopf besteht aus einem knorpeligen Kehlkopfskelett, das durch mehrere Bandzüge in seiner Stellung gehalten wird. Die einzelnen Teile des Kehlkopfskeletts werden nun einzeln beschrieben.



Ringknorpel

Der Ringknorpel bildet die Basis, auf der die anderen Knorpel angebracht sind. Er ist über **das Ligamentum conicum** (Stichwort: Koniotomie) mit dem Schildknorpel verbunden.

Schildknorpel



Der Schildknorpel "**Adamsapfel**" liegt oberhalb des Ringknorpels und ist durch einen Bandzug mit dem Zungenbein verbunden. Er ist bei Männern kräftiger als bei Frauen ausgebildet und insgesamt der größte Knorpel am Kehlkopfskelett. Er ist in der Regel einfach durch die Haut tastbar (leicht hervorstehender Knochen unterhalb des Kinns). Manchmal kann er auch durch eine davor liegende vergrößerte Schilddrüse verdeckt sein.

Stellknorpel

Die paarig angelegten Stellknorpel sitzen dem Ringknorpel auf. Sie besitzen Fortsätze zur Befestigung der Stimmbandmuskulatur.

Kehldeckel (Epiglottis)

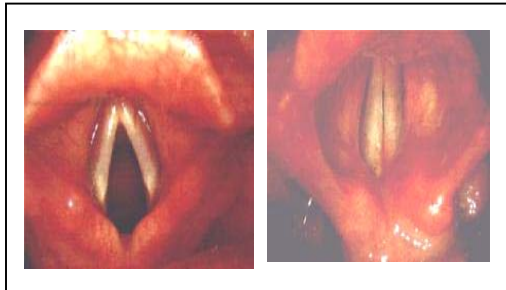
Der Kehldeckel ist mittels eines Bandes an der Innenseite des Schildknorpels befestigt. Er schützt die Luftwege vor dem Eindringen von Fremdkörpern und Speisestücken.

Stimmbildung (Glottis)

Unter der Glottis versteht man die stimmbildenden, d.h. alle die Stimmritze begrenzenden, Strukturen. Die Stimmritze ist beim Mann größer als bei der Frau. Somit erklärt sich auch der Stimmunterschied.

Stimmbildung

Die geschlossenen und gespannten Stimmlippen werden durch einen Luftstoß geöffnet und in Schwingungen versetzt, wodurch Schallwellen entstehen. Die Lautstärke ist abhängig von der Stärke des Luftstroms, die Tonhöhe von der Schwingungsfrequenz (Spannung der Stimmbänder).



Hier im **1. Bild** sind die Stimmlippen während des Atmens oder Schluckens gezeigt. Dabei sind die Stimmlippen weit geöffnet. Im **2. Bild** sind die Stimmbänder während der Stimmbildung gezeigt. Sie werden dabei angespannt.

Schluckakt

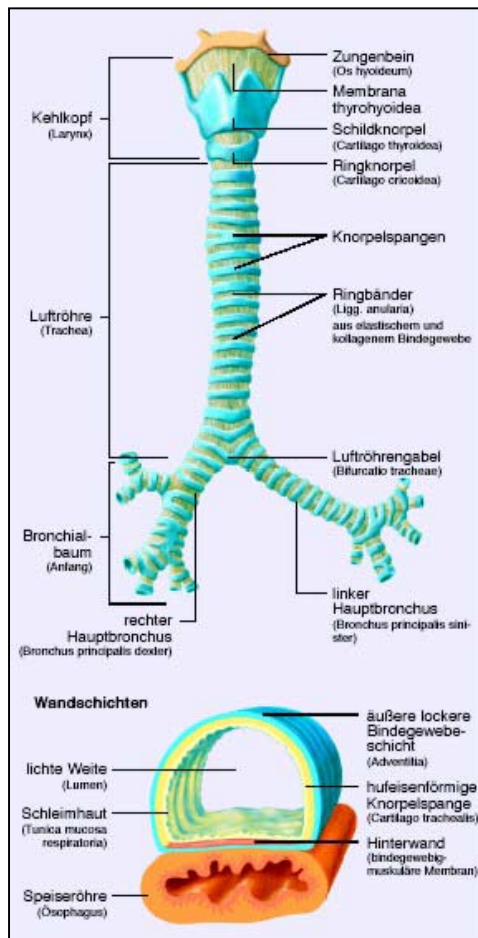
Beim Schluckakt wird der Kehlkopf reflektorisch durch den Zungengrund, der die Epiglottis auf den Kehlkopfeneingang drückt, verschlossen. Die Nahrung

gleitet dann über die Epiglottis (Kehledeckel) in die Speiseröhre.

Husten

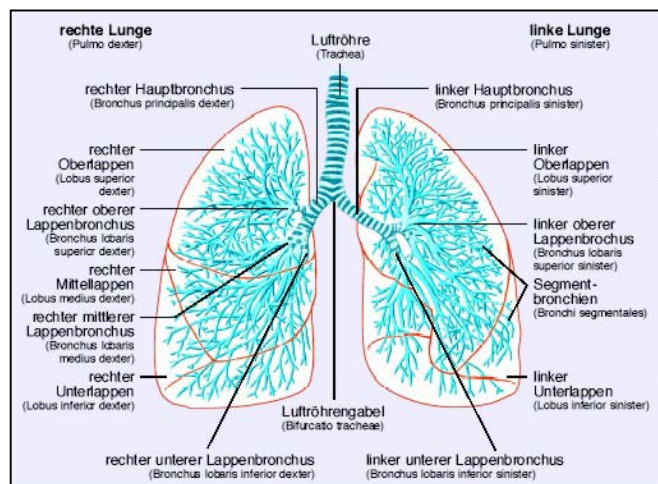
Beim Husten kommt es zunächst zum Glottisverschluss. Dann erfolgt die **"Sprengung"** des Glottisverschlusses durch eine stoßartige Ausatmung. Beim Husten und Niesen können Luftgeschwindigkeiten von bis zu 70 km/h in den luftleitenden Atemwegen erreicht werden.

Lufttröhre und Bronchialbaum

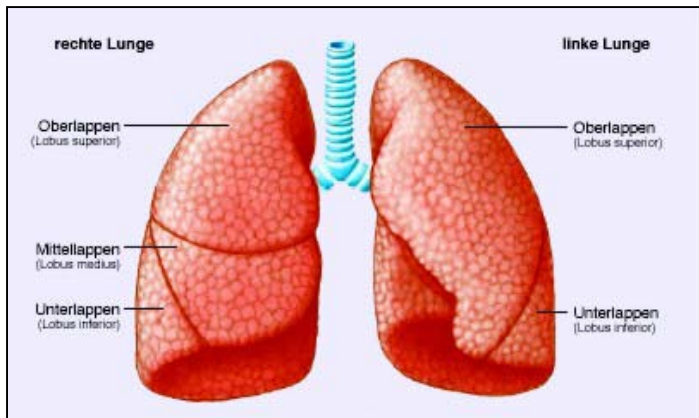


Die Lufttröhre (Trachea) folgt auf den Ringknorpel und verbindet als elastisches Rohr Kehlkopf und Bronchien. Sie ist etwa 10 - 12 cm lang und aus hufeisenförmigen Knorpelspangen aufgebaut. Diese Knorpelspangen werden durch das Bindegewebe untereinander verbunden. Am hinteren Teil der Trachea verläuft die Speiseröhre.

Die Lufttröhre teilt sich in einen **linken** und **rechten** Ast wie bei einem Baum.



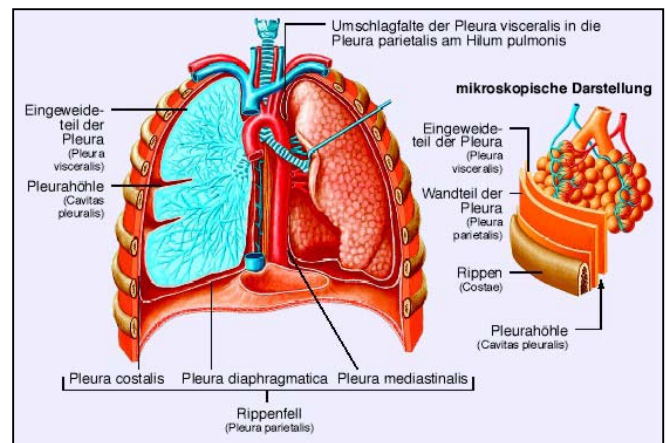
Die Lunge



Die Lunge besteht aus rechtem und linkem Lungenflügel. Der re. Lungenflügel unterteilt sich noch einmal in drei Lappen und der li. Lungenflügel in zwei Lappen. Sie besteht aus einer schwammigen Gewebesubstanz, die sich der Form des Brustkorbes anpasst. Sie ist jedoch nicht mit dem Brustkorb verbunden (verwachsen).

Brustfell (Pleura)

Der Brustfellbeutel (Pleura) besteht aus dem Lungenfell, das direkt die Lunge überzieht und dem Rippenfell, das die Rippenwand und Zwerchfell überzieht. Zwischen diesen Schichten ist ein Spalt, der sogenannte Pleuraspalt, der mit wenigen ml Flüssigkeit gefüllt ist und so, durch ein Vakuum, Lungenfell und Rippenfell zusammenhält.



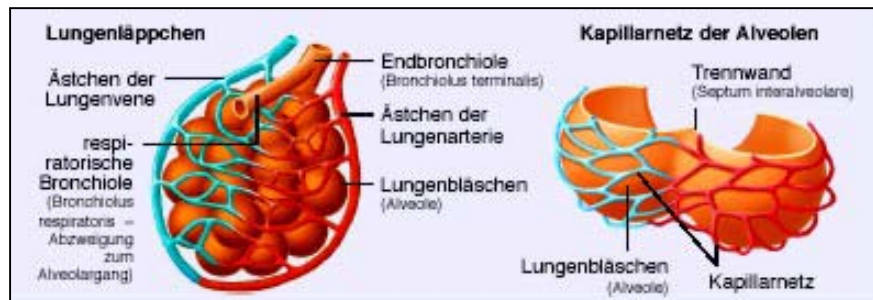
Physiologie der Atmung

Der Gasaustausch zwischen Organismus und Umwelt bzw. Zelle und Umgebung heißt Atmung.

Man kann dabei den Vorgang der Atmung in eine **äußere Atmung** (Lungenatmung), den Abtransport im Blut und eine innere **Atmung** (Zellatmung) einteilen.

Äußere Atmung:

Transport der Atemluft über die zuleitenden Atemwege zu den Alveolen (Lungenbläschen). Der Sauerstoff wird hier an das Blut abgegeben und das Kohlendioxid aus dem Blut abgeatmet.



- Übergang des Sauerstoffes von den Lungenbläschen (Alveolen) in das Blut der Lunge.

Atemgastransport:

- Transport des Sauerstoffes durch den Blutkreislauf zu den Zellen.

Innere Atmung:

- Übergang des Sauerstoffes von den Gewebekapillaren in die umgebenden Zellen.

Atemmechanik

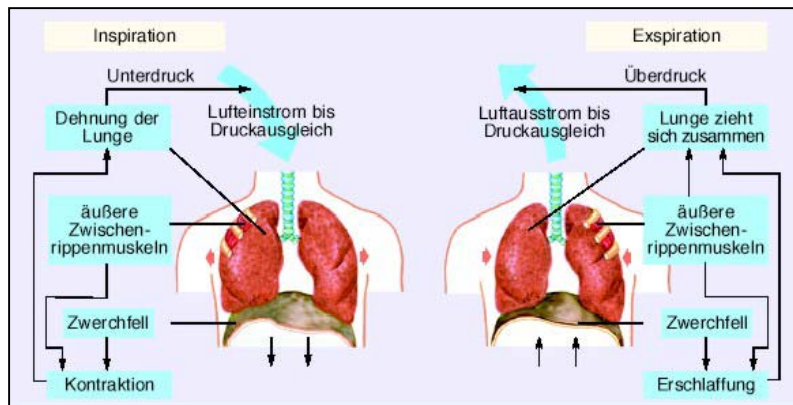
Für die Füllung der Lunge mit Luft ist ein „**Unterdruck**“ (natürlich kein richtiger Unterdruck, sondern nur ein Druckgefälle zwischen Lunge und äußerer Umgebung) in der Lunge notwendig. Der notwendige Unterdruck kommt durch eine Erweiterung des Brustkorbes in der Lunge zustande, so dass die Luft praktisch durch eine Sogwirkung in die Lunge gezogen wird.

Atemmuskulatur

An der Erweiterung des Brustkorbs und damit an der **Einatmung** (Inspiration) sind folgende Muskeln beteiligt:

- **Zwerchfell** (Diaphragma): wichtigster Atemmuskel, flacht bei Kontraktion ab
- **Äußere Zwischenrippenmuskeln**: heben bei Kontraktion die jeweils unteren Rippen nach vorne.

- **Atemhilfsmuskulatur:** wird zusätzlich eingesetzt bei Atemnot der Brustkorb wird weiter geweitet und kann so noch mehr Luft ansaugen

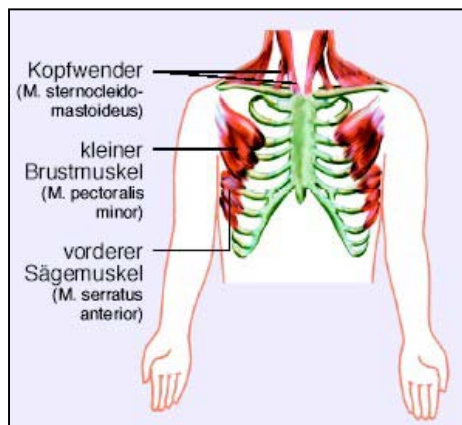


Ausatmung (Expiration)

Bei der Ausatmung erschlafft die Zwischenrippenmuskulatur und der knöcherne Brustkorb sinkt nach unten. Gleichzeitig lässt die Spannung des Diaphragmas (Zwerchfells) nach, es tritt nach oben und der Brustkorbinnenraum verkleinert sich.

Es entsteht nun ein Überdruck in der Lunge und die Luft wird passiv nach außen gepresst.

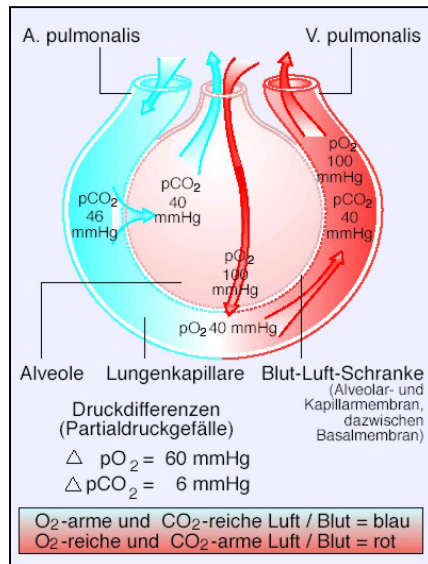
Atemhilfsmuskulatur



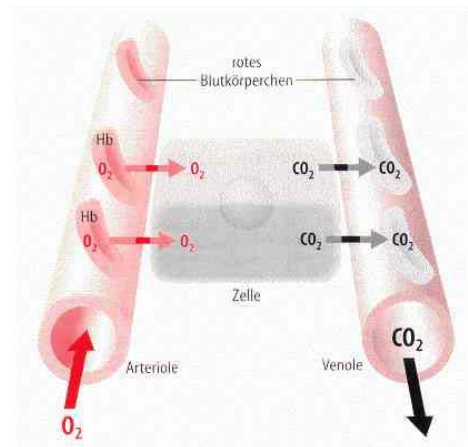
Zur Atemhilfsmuskulatur, die normalerweise nur bei starken Belastungen gebraucht wird, gehören alle Muskeln, die von der Halswirbelsäule oder der Brustwirbelsäule entspringen und an den Rippen ansetzen. Diese Muskeln können somit bei Kontraktion die obere Brustkorbhälfte anheben.

Austausch der Atemgase

Um Sauerstoff zu den Zellen zu transportieren und Kohlendioxid von den Zellen abzutransportieren, wird das Blut zum Verteilen verwendet. Hierbei muss das Blut in der Lunge Kohlendioxid abgeben und Sauerstoff aufnehmen.



Dieser Austausch der Atemgase findet zwischen den Alveolen (Lungenbläschen) und den Blutgefäße (Kapillaren) an der Lunge statt. Es kommt hier zur Aufnahme von Sauerstoff (O₂) aus den Alveolen auf die Erythrozyten (Rote Blutkörper) und zur Abgabe von Kohlendioxid (CO₂) von den Erythrozyten in die Alveolen. Treibende Kraft des Gasaustausches, der durch Diffusion (Austausch von Teilchen) stattfindet, sind die Konzentrationsunterschiede (Menge der gelösten Sauerstoff- und Kohlendioxidanteile) in den Alveolen und dem Lungengefäßen (Kapillarblut).



Zusammensetzung der Atemluft

	Einatmung	Ausatmung
Stickstoff	78 %	78 %
Sauerstoff	20,97 %	16 %
Kohlendioxid	0,03 %	5 %
Andere Gase	1 %	1 %

Atemregulation

Die Atmung wird zentral gesteuert. Unter Atemregulation versteht man die Einstellung der Atmung auf die Bedürfnisse des Gesamtorganismus und an verschiedene Situationen (große Höhe, vermehrte Belastung). Mehrere Faktoren greifen regulierend in die Atmung ein.

Über verschiedene Messstellen des Körpers erhält der Organismus Informationen über den Bedarf an Sauerstoff und kann so die Atmung anpassen. Das Ausmaß der Atemtätigkeit wird in erster Linie durch die Konzentrationen (Partialdrücke) von O₂ und CO₂ bestimmt.

Messstellen:

- Atemzentrum (medulla oblongata – verlängertes Rückenmark)
 - o Die CO₂ - Konzentration wird fast ausschließlich am Atemzentrum direkt registriert
- Chemorezeptoren am Aortenbogen und der A. carotis – sie geben Rückmeldung an das Atemzentrum

Steigerung der Atemfrequenz durch:

- Erhöhung des pCO₂
- Erniedrigung von pO₂
- pH kleiner als 7,4 (Normwert des Blut-pH: 7,35 - 7,45)

Abfall der Atemfrequenz durch:

- Erniedrigung des pCO₂
- Erhöhung von pO₂
- pH kleiner als 7,4 (Normwert des Blut-pH: 7,35 – 7,45)

Andere Faktoren, welche die Atemfrequenz beeinflussen können:

- Körpertemperatur (Fieber macht eine Hyperventilation)
- Hormone
- Wärme oder Kälte
- psychischer Zustand (z.B. Hyperventilation)

Atemfrequenz (AF)

Im Ruhezustand ist die Atemfrequenz pro Minute:	
Erwachsener	ca. 12 - 18
Jugendlicher	ca. 15-20
Schulkind	ca. 20
Kleinkind	ca. 25
Säugling	ca. 30
Früh-/Neugeborenes	ca. 40-60

Atemzugvolumen (AZV)

Im Ruhezustand ist das Atemzugvolumen:	
Erwachsener	ca. 500 ml
Schulkind	ca. 250 ml
Kleinkind	ca. 100 ml
Säugling	ca. 20 – 50 ml

Einflussfaktoren auf den Gasaustausch

Faktoren, die den Gasaustausch und damit die Anreicherung des Blutes mit Sauerstoff beeinflussen, sind:

1. Alveoläre Ventilation (Belüftung der Lunge)
2. Perfusion (Lungendurchblutung)
3. Diffusionskapazität

zu 1. und 2.)

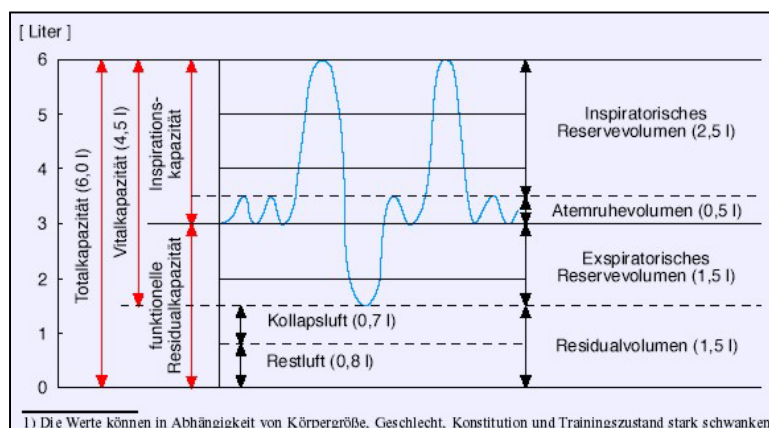
Das normale Ventilations /Perfusionsverhältnis der Lunge ist 0,8. Dies bedeutet, dass 4 Liter alveoläre Ventilation/min einer Lungendurchblutung von ca. 5 Litern/min gegenüberstehen. Störungen dieses Ventilations /Perfusionsverhältnisses nennt man Verteilungsstörung. (Beispiele: Lungenembolie, Atemwegsverschluss)

zu 3.)

Verdickungen der Alveolarmembran z.B. Asthmaanfall (Sekretbildung) oder Lungenödem führen zu einer Vergrößerung der Diffusionsstrecke, die die Atemgase überstehen müssen. Es resultiert eine Diffusionsstörung.

Ebenso führen nicht belüftete Alveolen (z.B. Atelektasen (verklebte Alveolen)) oder eine Minderdurchblutung der Kapillaren (z.B. bei Lungenembolien) zu Störungen des Gasaustausches.

Das Lungenvolumen



Feststellen von Atemstörungen

Um feststellen zu können, ob die Atmung gestört ist, muss man sich auf seine Sinnesorgane verlassen (Sehen, Hören und Fühlen). Es ist wichtig diese Kontrolle ruhig und bedacht durchzuführen. Man sollte sich nicht auf Geräte wie Pulsoxymeter, Kapnometer usw. verlassen.

Was kann man alles SEHEN ?

Hat der menschl. Körper zu wenig Sauerstoff, tritt eine Blaufärbung (Zyanose) der Haut auf. Besonders deutlich kann man dies an

- Nagelbetten (Rekapillarisationstest)
- Lippen
- Ohrläppchen
- Schleimhäuten

beobachten.

Wichtig !!

Bei Blutverlust und Kohlenmonoxidvergiftung gibt es keine Blauverfärbung, da im einen Fall kein Blut mehr vorhanden ist (was sich blau färben kann) und im anderen Fall das Blut durch das Kohlenmonoxid rot gefärbt wird.

Totraumatmung

Als Totraum bezeichnet man das gesamte luftleitende System. **In ihm wird zwar Luft bewegt, es findet jedoch kein Gasaustausch statt** (dieser wird nur in den Lungenbläschen durchgeführt).

Der Totraum beträgt beim Erwachsenen 150 ml, beim Säugling ca. 5 ml.

Da kein Gasaustausch bei der Totraumatemung stattfindet, bezeichnet man sie nicht als Atmung.

Paradoxe Atmung

Dieser Atemtyp tritt bei einer instabilen Brustwand wie z.B. **Rippenserienfraktur** (drei Rippen, die direkt nebeneinander liegen, sind gebrochen) auf. **Dies führt zu einer paradoxen Atmung, d.h. bei der Einatmung ziehen sich Teile der Brustwand nach innen und bei der Ausatmung nach außen.**

Inverse Atmung

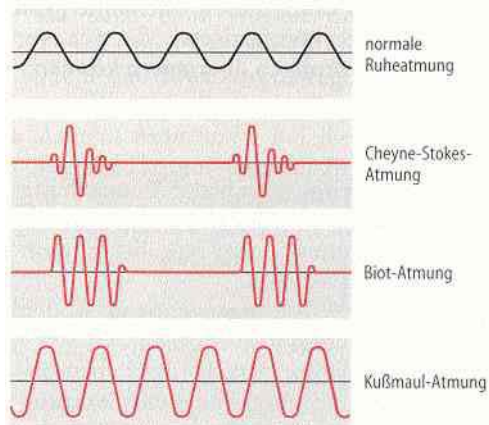
Als inverse Atmung bezeichnet man eine wechselnde Vorwölbung von Bauchdecke und Brustkorb, meist stoßartig und mit hoher Frequenz.

Ursache: Eine (**fast**) komplette Atemwegsverlegung

Atemfrequenz und Atemrhythmus

Gleichmäßig tiefe, in regelmäßigen Abständen aufeinanderfolgende rhythmische Atemzüge sprechen für eine ungestörte Atmung.

Jedoch Atemzüge in unterschiedlichen Zeitabständen aufeinanderfolgend (arrhythmisch) oder wechselnder Tiefe, sprechen für eine zentrale Störung der Atmung.



Cheyne-Stokes-Atmung:

An- und abschwellige Atemzüge mit zwischenzeitlichen Atemstillständen, häufig in großen Höhen (Höhenkrankheit), bei Vergiftungen oder Urämie – Entstehung durch zerebralen Sauerstoffmangel

Biot-Atmung:

Tiefe Atemzüge mit zwischenzeitlichen Atemstillständen, häufig bei Hirnschädigungen (Apoplex, SHT)

Kußmaul-Atmung:

extrem große und tiefe Atemzüge, typisch für das diabetische Koma (Coma diabeticum) metabolische Azidose

Was kann man HÖREN bei der Atmung ?

Unnormale Atemgeräusche entstehen z.B. durch **eine Verlegung** oder **Verengung** der Atemwege (z.B. durch Fremdkörper, Blut, Schleim...). Dies führt zu brodelnden, brummenden oder pfeifenden Atemgeräuschen. Ein Handwerkszeug eines jeden Rettungsassistenten sollte das Stethoskop sein.

Spastische Atemgeräusche

Verlängerte Ausatemphase mit deutlichem Pfeifen und Giemen. Zeitverhältnis Einatmung:Ausatmung ist ca. 1:2 oder 1:3. Kennzeichen für einen Asthmaanfall

Grobblasiges, klingendes Rasselgeräusch im Rachen

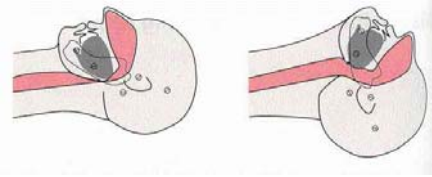
Diese Geräuschkombination wird bei bewusstseinsgestörten Patienten durch eine Ansammlung von Schleim oder Blut im Rachenraum hervorgerufen, da bei diesen Patienten der Schluckreflex nicht mehr funktioniert. **Achtung !!** Aspirationsgefahr – stabile Seitenlage !

Dumpfes, brodelndes, feinblasiges Rasselgeräusch

Das bei Inspiration und Expiration ungefähr gleich laute und gleich klingende Atemgeräusch, das sich ähnlich wie Kochen und Brodeln anhört, entsteht in den unteren Luftwegen, wenn Atemluft die Flüssigkeit durchströmt. Der sich dabei entwickelnde Schaum bestimmt das charakteristische Geräusch des **Lungenödems**.

Stoßartiges, schlürfendes oder schnarchendes Atemgeräusch

Das bei verstärkt unruhigen Atemzügen auftretende Geräusch entsteht durch unvollständige Verlegung des Rachenraums, meist durch die zurückgesunkene Zunge. (**Maßnahmen:** Überstreckung des Kopfes, stabile Seitenlage)



Stridoröses Atemgeräusch

Das pfeifende, ziehende Atemgeräusch (Stridor) entwickelt sich bei starker Kehlkopfengeung. Es ist meist bei der Inspiration besonders laut begleitet von Einziehungen der Weichteile über Brust- und Schlüsselbeinen. Ursachen hierfür können Schwellungen im Kehlkopfbereich, Bolusgeschehen, Glottisödem usw. sein.



Fühlen der Atmung



Kann man keine eindeutige Feststellung treffen, ist eine Hand auf den Rippenbogen zulegen, während die andere Hand den Kopf weiterhin überstreckt.

Wichtig !! Vor überstrecken des Kopfes nach Fremdkörpern im Mund-Rachenraum suchen.

Aspirationsgefahr

Die endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation ist die wichtigste und im Vergleich mit anderen Verfahren sicherste Methode der Atemwegssicherung im präklinischen Rettungswesen.

Ist die endotracheale Intubation des Patienten nicht möglich, ist dieser Methode nur die stabile Seitenlage gleichwertig.



Die Ausbildung in der Technik und die praktische Anwendung in Notfallsituationen – besonders im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation – wird von der AHA seit 1992 als „**Goldstandard**“ zur Sicherung freier Atemwege und die Durchführung einer effektiven Beatmung auch für mittlere medizinische Fachberufe empfohlen.

Andere Methoden werden von der AHA im Vergleich zur endotrachealen Intubation nur als ein Kompromiss angesehen. Auch die neuen internationalen Richtlinien der ILCOR aus dem Jahr 2000 empfehlen die endotracheale Intubation als optimalste Atemwegssicherung.

Was ist die eigentlich die endotracheale Intubation ?

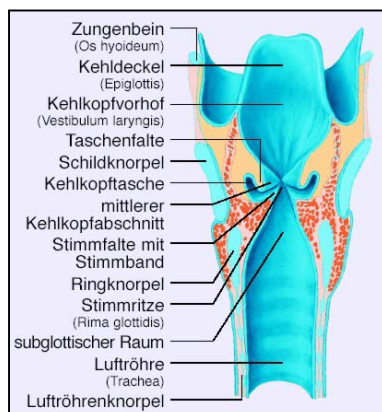
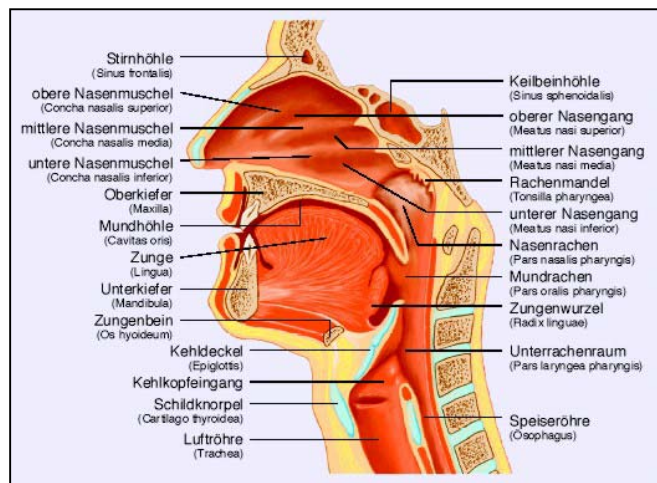
Definition:

Die endotracheale Intubation ist das Einführen eines Tubus (Schlauches) durch den Kehlkopf in die Luftröhre (Trachea). Der Tubus schafft freie Atemwege, schützt vor Aspiration und ermöglicht den Anschluss eines Beatmungsbeutel- oder gerätes.

Anatomische (Wiederholung)

Grundlagen

Die Passage des Kehlkopfes ist der schwierigste Teil bei der endotrachealen Intubation, weil der Kehlkopf ohne spezielle Instrumente nicht sichtbar gemacht werden kann. Der Kehlkopf ist die **engste Stelle** bei der Intubation eines Erwachsenen.



Er liegt gegenüber dem 4., 5. und 6. Halswirbelkörper; sein Skelett wird durch verschiedene Knorpel gebildet, die zum Teil vorne am Hals getastet werden können. Der **Schildknorpel** bildet den „Adamsapfel“. Er ist oben am Zungenbein befestigt. Unten ist der Kehlkopf über den Ringknorpel mit der Trachea verbunden. Der Kehldeckelknorpel bildet die Vorderwand für den Kehlkopfeingang; er ist am Zungenbein und am Schildknorpel befestigt. Im Kehlkopf befinden sich die **Stimmbänder**. Sie bestehen aus Muskeln, Bändern und einem

Schleimhautüberzug. Der Raum zwischen den Stimmbändern heißt **Stimmritze**, während dieser Raum und die zugehörigen Stimmbänder als **Glottis** bezeichnet wird.

Zusatz - Info !!

Der Kehldeckel des kindlichen Larynx (Kehlkopf) ist relativ schmaler und länger als die Epiglottis des Erwachsenen. Dadurch wird der gesamte Kehlkopfeingang enger und kann bei bestimmten Erkrankungen sehr leicht – und **sehr rasch!** – zuschwellen. Außerdem steht der kindliche Kehlkopfeingang höher als beim Erwachsenen. Die Knorpel sind weicher. Verletzungen durch die Intubation und Infektionen können die lockeren Schleimhäute in kurzer Zeit lebensbedrohlich anschwellen lassen.

Beim Kind befindet sich die engste Stelle etwa 1 cm unterhalb der Stimmbänder; dies ist der Bereich des Ringknorpels. Auch wenn ein Tubus die Glottis passiert, so kann er doch beim Kind in diesem Bereich stecken bleiben. Darum muss sich bei Kindern die Auswahl der Tubusgröße nach der Weite dieser Engstelle richten und ist die Blockung bis zum 8 Lebensjahr nicht nötig.

Beim **Erwachsenen** ist die Glottis die engste Stelle bei der Tubuspassage; nach ihr richtet sich die Auswahl der Tubusgröße.

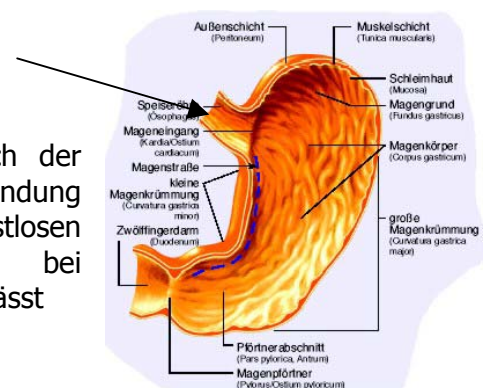
Vorteile der endotrachealen Intubation gegenüber anderen Maßnahmen zur Sicherung freier Atemwege

Eines der wichtigsten Argumente zur routinemäßigen Anwendung der endotrachealen Intubation auch durch das medizinische Assistenzpersonal und das Rettungsdienstfachpersonal ist

- die Vermeidung einer unkontrollierten Ventilation des Magens und der daraus resultierenden Gefährdung des Patienten durch Regurgitation (Zurückfluss von Mageninhalt) und **Aspiration**.

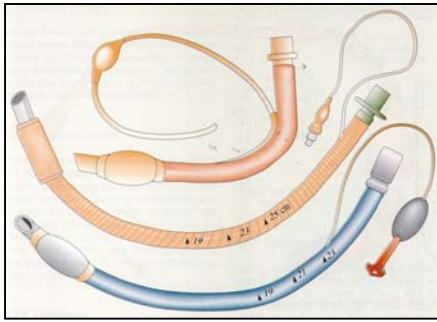
Weitere Vorteile sind...

- neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der **Ösophagusverschlussdruck** nicht erst bei Anwendung von **20 cm H₂O**, sondern sich beim tief bewusstlosen Patienten im Kreislaufstillstand bereits bei Beatmungsdrücken von ca. **4 cm H₂O** überwinden lässt
- weitere Vorteile sind die **Anwendung weiterer Beatmungsmethoden** (z.B. PEEP-Beatmung) und (Beatmungsgeräte)



Beatmungstechniken

- die tiefe **Atemwegstoilette** (tracheale und bronchiale Absaugung)



- die Möglichkeit der **endotrachealen Applikation** von lebensrettenden **Notfallmedikamenten**
- durchgängige Thoraxkompressionen bei der kardiopulmonalen Reanimation ohne Pause für die notwendigen Beatmungen.

Nachteile und Risiken der endotrachealen Intubation

- eine **nicht erkannte Fehllage** des Tubus im Ösophagus mit der Gefahr der Sauerstoffunterversorgung und Hypoxie (Sauerstoffmangel in der Zelle)
- die Ruptur des Magens unter fortwährender Druckbeatmung beziehungsweise Erbrechen und somit der Gefahr der **Aspiration**.
- Bradykardie durch Stimulation des Nervus vagus
- Laryngospasmus
- Beschädigung der **Zähne**, Blutungen im Mund-Rachen durch aggressive Manipulationen sowie Schäden an Stimmbändern und Kehlkopf
- **Zu lange Unterbrechung der Beatmung und evtl. Herzdruckmassage**

Indikationen zur endotrachealen Intubation

- **Notwendigkeit der Beatmung** bei Atemstillstand (Reanimationen), schweren Oxygenierungsstörungen und Ventilationsstörungen
- Drohende oder manifeste Atemwegsverlegungen durch die Zunge, Fremdkörper oder Schwellungen der oberen Atemwege
- Ausfall der Schutzreflexe bei Koma jeglicher Art
- Notwendigkeit einer präklinischen Narkose

Die Durchführung der endotrachealen Intubation

1. Indikationsstellung

Die Überprüfung des Vitalstatus (BAK) des Notfallpatienten und Feststellen der Indikationen zur Durchführung einer endotrachealen Intubation im Notfalleinsatz durch den Rettungsassistenten.

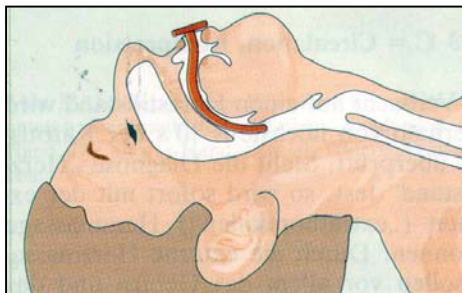
Als Entscheidungskriterien gelten folgende objektiv erkennbaren Gegebenheiten:

- ausgefallener Lidreflex
- zurückgesunkener Unterkiefer in Rückenlage
- schlafe Kaumuskulatur, Mund lässt sich problemlos öffnen
- kein Würgereiz beim Einführen des Laryngoskops

Faustregel:

„Ein Patient, der eine Intubation toleriert, braucht auch eine Intubation.“

2. Überbrückende Sicherung der Atemwege und Beatmung des Notfallpatienten



Überbrückende Sicherung der Atemwege mittels Guedel-Tubus und bereitgestellter, funktionsfähiger Absaugpumpe mit großlumiger Boostersonde. Sorgfältige Beatmung des Notfallpatienten durch den Rettungsassistenten unter Anschluss von Sauerstoff an das Reservoirsystem (Flow >10l/min.) des Beatmungsbeutels und Vermeidung eines zu hohen Beatmungsdrucks (**Cave:** Magenüberblähung) bis zum Abschluss der Vorbereitungen des

Intubationsassistenten für eine sichere Intubation. Ein gut fixiertes künstliches Gebiss- oder Brückenglied verbleibt in seiner ursprünglichen Position, damit die für eine effektive Beatmung erforderliche Gesichtskontur erhalten bleibt.

3. Materialauswahl und Materialbereitstellung

Intubationsmaterial



- Kaltlichtlaryngoskop incl. Alternativ-Spatel (Lichttest)
- Richtige Tubusgröße (Alternative bereitlegen)
- Ein flexibler Führungsstab, welcher grundsätzlich in den Endotrachealtubus (mit Gleitmittel) eingeführt wird, die flexible Spitze darf am distalen Tubusende hervortreten

- Einfache Tubusfixierung (z.B. elastische Binde, spezielles Fixiererset)
- Beißschutz (Beißkeil oder Guedel-Tubus)
- Stethoskop
- Einsatzbereite **Absaugmöglichkeit**
- Aufstecken der bereitsaufgezogenen mit ca. 8ml Luft gefüllten Blockerspritze auf das Cuff-Ventil
- Probelockung zur Überprüfung der Tubus-Cuffs auf mögliche Leckage und der Laryngoskop-Lichtquelle auf Funktion



Tubusgrößen

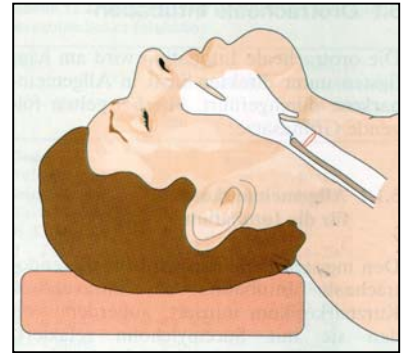
Die Größenangaben erfolgen entweder für den Innendurchmesser (ID) in mm oder für den Außendurchmesser (AD) in Charriere (1 CH = 1/3 mm): Faustregel – kleiner Finger bzw. Nasenloch des Patienten !!

Grössentabelle *)				
	Endotrachealtuben Innen Ø in mm	Endotrachealtuben Außen Ø in Ch	Guedel Tuben	Wendel Tuben
Frühgeborene	2,5	12	000	
Neugeborene	3,0	14	00	
6 Monate alt	3,5	16	0	
12 Monate alt	4,0	18	1	
Kinder	4,5	20		20-24
	5,0	22		
Jugendliche	5,5	24	2	26
	6,0	26		
	6,5	28		
Erwachsener (Frau)	7,0	30	3	28
Erwachsener (Mann)	7,5	32	4	30
	8,0	34		
	8,5	36		
	9,0	38	5	32

Für Kinder unter 8 Jahren nur Tuben ohne Blockmanschette verwenden !!

4. Lagerung des Patienten

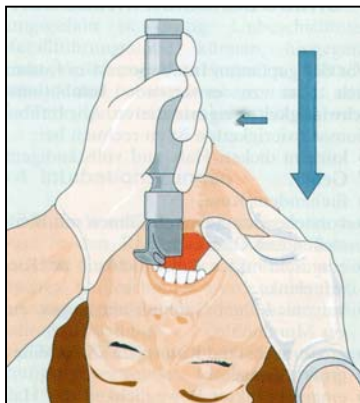
- Sorgfältige Lagerung des Patienten in der sogenannten „**Schnüffelposition**“ auch Jackson-Position genannt
- Evtl. ein **Kissen** oder ähnliches unter den Kopf legen zur besseren Positionierung
- Sollte es möglich sein ist eine Assistenz von der rechten Seite zu bevorzugen (Laryngoskop in der linken Hand – Gerätemanagement)



5. Durchführung der Laryngoskopie und Intubation

Wichtig !! Jeder Intubationsversuch darf max. **30 Sekunden** dauern bis zur Wiederaufnahme einer suffizienten Beatmung bzw. HDM

- **Öffnen des Mundes** mit Kreuz- oder Spreizgriff



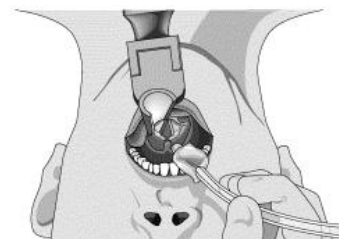
- Evtl. **Übergabe des Laryngoskopes** an den Intubateur (Linke Hand)
- Anwendung des **Sellik-Handgriffes** durch den Assistenten, Bereithalten der Endotrachealtubus und Fixierung der aufgezogenen und am Cuff-Ventil aufgesteckten Blockerspritze mit den Fingern

Anmerkung:

Der Sellik-Handgriff wurde von Dr. Sellik erstmals 1962 als Methode beschrieben, um eine Regurgitation nach bzw. bei längerer Masken /Beutelbeatmung bei den laryngoskopischen Einstellungen des Kehlkopfes zur Intubation zu vermeiden.



- **Vorsichtiges Einführen des Laryngoskops** unter Verdrängung der Zunge nach links
- Vorschieben der Laryngoskopspitze in den Zungengrund (epiglottische Falte)



- Paralleler Druck mit dem Spatel in einem Winkel von ca. 45 Grad kinnwärts **ohne Hebelbewegung**, bis die Sicht auf die Stimmbänder frei dargestellt werden kann

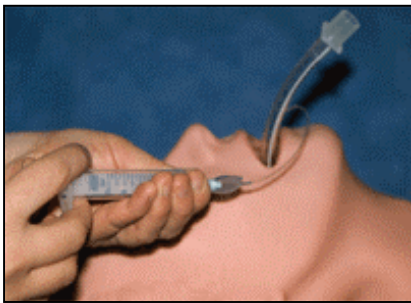
- Blindes Greifen des Endotrachealtubus unterhalb der Finger des Assistenten unter fortwährender Beobachtung der Trachealstrukturen



- **„Einäugiges“** Vorschieben des Endotrachealtubus vom rechten Mundwinkel unter unbehinderndem Mitführen des Cuff's und der Blockerspritze durch den Assistenten, bis der Cuff hinter den Stimmbändern verschwindet und die Finger an die Zahnreihe stoßen bzw. Fixierung des Cuff-Ventil-Schlauchs am Endotrachealtubus

Anmerkung:

Eine zu tiefe Intubation birgt die Gefahr der einseitigen Intubation in den rechten Hauptbronchus.

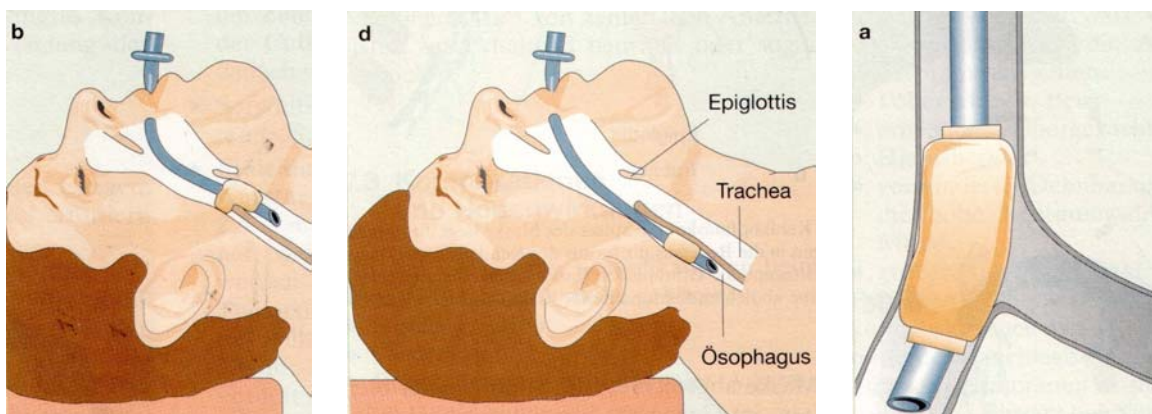


- **Schnellblockung** durch den Intubationsassistenten, sobald sich der Tubus in seiner vorläufigen Position befindet, auf Kommando des Intubateurs
- **Ablegen und Ausschalten des Laryngoskopes**
- **Entfernen des Führungsstabes** aus dem Tubus und der Beatmungsmaske vom Beatmungsbeutel unter fortwährender Fixierung des Tubus mit dem Zangengriff
- Konnektierung von Beutel und Tubusanschluss
- Sofort nach Blockung wird die Blockerspritze vom Cuff-Ventil entfernt, um eine Blockade des Cuff-Ventils zu verhindern!!!

6. Lagekontrolle

- Übernahme der Tubusfixierung mittels Zangengriff durch den Assistenten unter Beginn der Beatmung und gleichzeitiger Auskultation der richtigen Tubuslage durch den Intubateur
- Als Maßnahmen zur Kontrolle der korrekten Tubuslage hat sich folgendes aufeinander aufbauendes Verfahren bewährt.
 1. Erkennen und fortwährende Kontrolle der Tubuspassage **bei passieren der Stimmbänder unter Ein-Augen-Kontrolle**
 2. Kontrolle durch **Auskultation:**
 - 1. Auskultationspunkt:**
 - linker oberer Thoraxabschnitt unterhalb der Clavicula (Schlüsselbein) (positives Atemgeräusch = Tubus liegt nicht zu tief im rechten Stammbronchus)
 - 2. Auskultationspunkt:**
 - epigastrischer Winkel (positives gurgelndes Atemgeräusch = Intubation des Ösophagus)
 - 3. Auskultationspunkt:**
 - linker unterer Thoraxabschnitt und rechter unterer Thoraxabschnitt
 3. Kontrolle des in- und expiratorischen Atemgeräusches und der seitengleichen Thoraxexkursion sowie Beschlagen der Tubuswandung unter Beatmung
 4. Ggf. Kontrolle der Tubuslage durch einen Kapnometer

Mögliche Fehllagen des Endotrachealtubus



7. Sicherung und Fixierung des Tubus

- Nach Abschluss der Lagekontrolle erneute Übernahme der kontinuierlichen Tubussicherung mittels Zangengriff und fortlaufender Beatmung des Patienten durch den Intubateur



nach Mobilisation des Patienten zum Beispiel zur Umlagerung oder nach Defibrillationsserie

- Sichere Fixiertechnik des Tubus nach Einlage eines Beißschutzes mittels elastischer Binde evtl. auch spezielles Tubus-Fixierset
- Nochmalige auskultatorische oder palpatorische Tubuslagekontrolle nach Abschluss der Tubusfixierung, regelmäßig im Verlauf der weiteren Rettungsbemühungen und besonders

Kurz-Checkliste

1. Indikationsstellung

- Kontrolle der Vitalfunktionen (BAK)
- Ausgefallener Lidreflex
- Zurückgesunkener Unterkiefer in Rückenlage
- Schlafe Kaumuskulatur, Mund lässt sich problemlos öffnen
- Kein Würgereiz beim Einführen des Laryngoskopes

2. Überbrückende Sicherung der Atemwege und Beatmung des Notfallpatienten

- Guedel-Tubus
- Beatmungsbeutel
- Absaugpumpe
- Sauerstoff an Reservoirsystem (>10l/min.)
- Vermeidung eines zu hohen Beatmungsdruckes

3. Materialauswahl und Materialbereitstellung

- Kaltlichtlaryngoskop prüfen und bereitlegen (Alternativ-Spatel bereitlegen)
- Richtige Tubusgröße (mindestens zwei)
- Flexiblen Führungsstab in Endotrachealtubus einführen (an Gleit-Gel denken)
- Tubusfixierung bereitlegen
- Beißschutz (Beißkeil oder Guedel-Tubus)
- Stethoskop (um den Hals des Intubateurs legen)
- Absauggerät einsatzklar bereithalten
- Magillzange
- Aufstecken des bereits mit ca. 8-10ml Luft gefüllten Blockerspritze auf das Cuff-Ventil

4. Lagerung des Patienten

- Lagerung des Patienten (verbesserte Jackson-Position)
- Vorsicht bei HWS-Verletzungen
- Assistenz wenn möglich von der rechten Seite

5. Durchführung der Laryngoskopie und Intubation

Beachte:

Zeitliche Limitierung beachten, max. **30 Sekunden** bis zur Wiederaufnahme einer suffizienten Beatmung

- Öffnen des Mundes mit dem Kreuz- oder Spreizgriff
- Übergabe des Laryngoskopes an den Intubateur
- Anwendung des Sellik-Handgriffes durch den Assistenten
- Vorsichtiges Einführen des Laryngoskopes
- Blindes Greifen des Endotrachealtubus unterhalb der Finger des Assistenten unter fortwährender Beobachtung der Trachealstrukturen
- „Einäugiges“ Vorschieben des Endotrachealtubus
- Unbehindertes Mitführen der Cuffs und der Blockerspritze durch den Assistenten
- Schnellblockung durch den Intubationsassistenten auf Kommando des Intubateurs
- Entfernen der Spritze vom Cuff-Ventil nach Blockung
- Ablegen und Ausschalten des Laryngoskopes
- Entfernen des Führungsstabes aus dem Tubus
- Fortwährende Fixierung des Tubus mittels Zangengriff
- Konnektierung von Beutel und Tubusanschluss

6. Lagekontrolle

- Kontrolle durch Auskultation (drei Auskultationspunkte)
- Kontrolle des in- und expiratorischen Atemgeräusches und des Thoraxexkursion

7. Sicherung und Fixierung des Tubus

- Sichere Fixierung des Tubus
- Nochmalige und im weiteren Verlauf regelmäßige auskultatorische bzw. palpatorische Tubuslagenkontrolle

Medikamente der orotrachealen Intubation

a. ansprechbare Patienten

Vor der endotrachealen Intubation muss normalerweise eine Narkoseeinleitung evtl. ergänzt durch Muskelrelaxanzien und/oder Analgetika erfolgen.

b. bewusstlose Patienten

Auf Medikamente der Intubationserleichterung kann oft verzichtet werden; es sollte aber auch bei bewusstlosen Patienten die Gabe eines Injektionshypnotikums (z.B. Etomidat 0,15-0,3mg/kg KG i.v.) erwogen werden, da selbst beim komatösen Patienten Husten-, Würge- und vegetative Reflexe (Blutdruckanstieg) ausgelöst werden können.

Medikamente der Narkoseeinleitung

1. Vagusdämpfung (Reflexbradykardie)

Atropin 1 Ampulle = 0,5mg/ml

Wirkstoff: **Atropin**

Dosis: 1 Ampulle (0,5mg)



2. Muskelrelaxierung

Trakrium 1 Ampulle = 50mg/5ml
(auf 10ml NaCl aufziehen)

Wirkstoff: **Atracriumbesilat**
(Langzeitrelaxans – nicht depolarisierend)

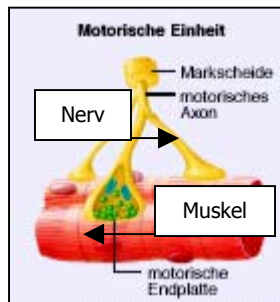
Dosis: Zur Vorgabe (Präcurarisierung) 5mg = 1 ml der Lösung

Pantolax 2% 1 Ampulle = 100mg/5ml
(unverdünnt aufziehen)

Wirkstoff: **Succinylcholin**
(Kurzzeitrelaxans - depolarisierend)

Dosis: Bei normalgewichtigen Pat. (ca. 70-90kg/KG)
1 Ampulle ab 90kg/KG 1,5 bis 2 Ampullen

Muskelrelaxierung (Neuromuskuläre Blockade)



Durch bestimmte Substanzen, zu welchen die Muskelrelaxanzien gehören, kann der Mechanismus der Erregungsübertragung vom Nerv zum Muskel beeinträchtigt oder voll blockiert werden. Dabei tritt eine reversible Lähmung der Skelettmuskulaturen ein, die je nach Art der verwendeten Substanz, unterschiedlich lange anhält.

Aufgrund des Wirkungsmechanismus lassen sich zwei Gruppen von Muskelrelaxanzien unterscheiden:

- nichtdepolarisierende Relaxanzien,
- depolarisierende Relaxanzien.

Die Wirkungen der Muskelrelaxanzien beschränken sich nicht nur auf die Übertragung des Nervenimpulses auf den Skelettmuskel, sondern es treten vielfache unerwünschte Wirkungen auf andere Organe auf.

Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien

Diese Substanzen blockieren den Impuls, welcher vom Nerv auf den Muskel übertragen werden soll. Der Impuls kann dementsprechend nicht am Muskel wirksam werden.

Depolarisierende Muskelrelaxanzien

Diese Substanzen lösen selbst eine Reaktionen am Muskel aus (Depolarisierung – Erregung eines Muskels). Dies ist oft erkennbar an unkoordinierten Muskelkontraktionen, die sehr heftig sein können und dann meist dem Patienten nach dem Erwachen aus der Narkose als Muskelsteife und Muskelkater in unangenehmer Erinnerung an die Narkose bleiben.

Nach der Depolarisierung (Erregung) des Muskels befindet sich das Relaxans noch eine Weile an der Verbindung Nerv – Muskel, weil es nicht so schnell vom Körper abgebaut wird. Dadurch wird die Depolarisation noch eine Weile aufrechterhalten. Während dieses Zeit ist die Membran unerregbar !! Depolarisierende Muskelrelaxanzien wirken in der Regel wesentlich kürzer als Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien.

3. Analgesie (Schmerzmedikation)

Dipidolor 1 Ampulle = 15mg/2ml
(auf 15ml NaCl aufziehen (1ml = 1mg Wirkstoff))

Wirkstoff: **Piritramid**

Dosis: (fraktioniert nach Angabe des NA 1 ml Lösung = 1mg Wirkstoff)

Fentanyl

1 Ampulle = 0,5mg/10ml
(unverdünnt aufziehen (2ml = 0,1mg Wirkstoff))



Wirkstoff:

Fentanyl

Dosis:

Die Dosis gibt der NA vor
(Normaldosis zwischen 0,1 – 0,3mg = 2ml – 6ml)

Ketanest

1 Ampulle = 100mg/2ml



Wirkstoff :

Ketamin

Dosis :

Je nach Gewicht 1 – 2 Ampullen (100-200mg)

4. Narkoseeinleitung**Etomidat**

1 Ampulle = 20mg/10ml
(unverdünnt aufziehen 1ml = 2mg Wirkstoff)

Wirkstoff:

Hypnomidate

Dosis:

1 Ampulle im Bolus bei normalgewichtigen Patienten
> 70-90kg/KG = 1,5 – 2 Ampullen

Trapanal

1 Ampulle – 0,5g/20ml = 500mg/20ml
(Pulver auf 20ml Aqua aufziehen = 1ml = 25mg
Wirkstoff)

Wirkstoff:

Thiopenthal

Dosis:

350mg = 14ml der Lösung
375mg = 15ml der Lösung
400mg = 16ml der Lösung

**5. Narkoseaufrechterhaltung****Diazepam**

1 Ampulle = 10mg/2ml

Wirkstoff:

Diazepam

Dosis:

1 Ampulle (Angabe durch NA oft mit Schmerzmittel
kombiniert)

Midazolam	1 Ampulle = 5mg/5ml
Wirkstoff:	Midazolam
Dosis:	1 Ampulle (Angabe durch NA oft mit Schmerzmittel kombiniert)

Ablauf der Narkoseeinleitung

1. Aufziehen aller Medikamente
2. Gabe der Medikamente
 - a. Evtl. Gabe von Atropin
 - b. Evtl. Gabe von 5mg = 1ml Trakrium (Präcurarisierung)
 - c. Schmerzmedikation (Dipidolor, Fentanyl oder Ketanest)
 - d. Narkosemittel (Etomidate, Trapanal) im Bolus
 - e. Gabe des Muskelrelaxans Pantolax
 - f. Intubation
 - g. Narkoseaufrechterhaltung (Dormicum, Diazepam in Verbindung mit einem Analgetika)



Literaturhinweise:

- Strategien gegen den plötzlichen Herztod, B. Fertig, Verlag: Stumpf&Kossendey, 4. Auflage
- Arzneimittelwirkungen, E. Mutschler, Verlag: WVG, 1996
- Anästhesie und Intensivmedizin, R. Larsen, Verlag: Springer-Verlag, 4. Auflage
- Mensch, Körper, Krankheit, Schäffler/Menche, Verlag: Urban&Fischer, 3. Auflage
- Biologie, Anatomie und Physiologie, M. Trebsdorf, Verlag: Lau-Verlag GmbH, 2. Auflage
- Rettungsmedizin, T. Ziegenfuß, Thieme-Verlag, 1997
- Medikamente, Flake/Lutomski, Gustav-Fischer-Verlag, 1. Auflage