



# B01 Feuerwehrmann

Modul 2 : Individueller Schutz



# Feuerwehrkadett

Module 2 : Individueller Schutz (Teil 1 & 2)

## 3. Atemschutz

### 3.0. Ziele

Am Ende dieses Kapitels sind die Anwärter in der Lage:

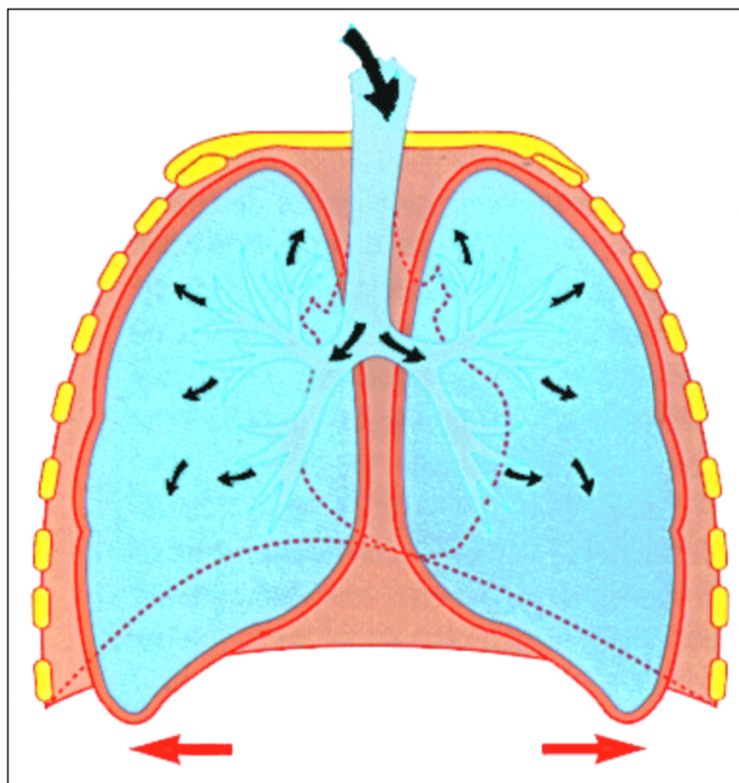
- den Vorgang der Atmung, die Gefahren von Rauch, die Erstickungs- und Vergiftungsgefahren für Feuerwehrleute, die Funktionsweise von Atemschutzgeräten, ihre Verwendungsverfahren und die Gefahren von Wärme zu erklären.

### 3.1. Atmung

Im Modul „Lebensrettende Maßnahmen“ wird ausführlich auf die Physiologie unserer Atmung eingegangen. Als Einleitung in diesen Teil über Atemschutz, schien es interessant, kurz auf die Bedeutung einer guten Atmung zurückzukommen, vor allem auf die Funktion von Sauerstoff in unserem Körper.

#### Bedeutung der Atmung

Eine ungestörte Atmung, einhergehend mit der richtigen Luftzusammensetzung, ist die Grundbedingung für menschliches Leben. Ein Mensch kommt 3 Wochen ohne Nahrung aus, 3 Tage ohne Flüssigkeit, aber höchstens einige Minuten ohne Sauerstoff. Eine Störung der Sauerstoffzufuhr kann bereits nach kurzer Zeit ernsthafte Folgen mit sich bringen. Die Gehirnzellen reagieren besonders empfindlich auf Sauerstoffmangel. Erhalten sie länger als 3 Minuten keinen Sauerstoff, kann dies zu unwiderruflichen Schäden führen. Nach 5 Minuten kann der Tod eintreten. Folglich ist es wichtig, dass die Atmung nicht unterbrochen wird. Das gilt auch bei Brand- und Rettungseinsätzen.



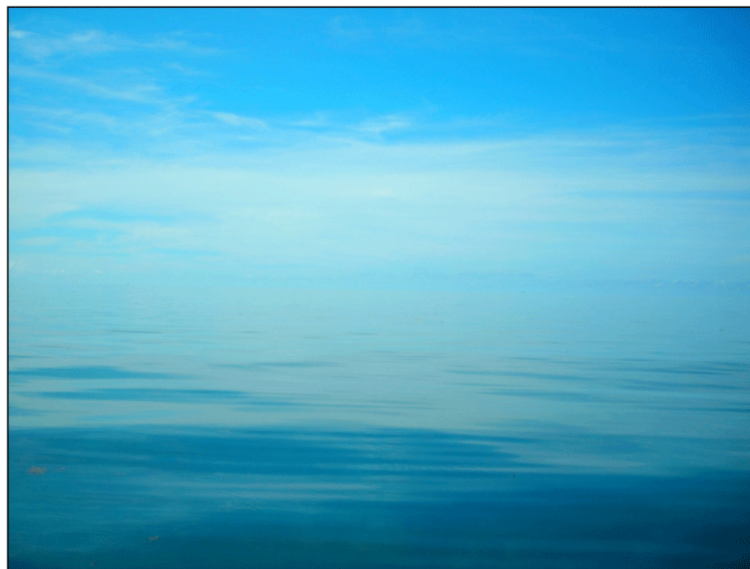
### 3.1.1. Prinzip des Stoffwechsels

#### Stoffwechsel

Der eingeatmete Sauerstoff dringt durch die Lungenbläschen ins Blut. Der Sauerstoff wird benötigt, um die Nahrung langsam, aber vollständig zu verbrennen. Das ist der sogenannte Stoffwechsel. Dieser Vorgang findet in allen Zellen unseres Körpers statt. Während des Stoffwechsels werden Wärme und Energie freigesetzt. Die Wärme wird benötigt, um den Körper auf der richtigen Temperatur zu halten, und die Energie ist dafür zuständig, dass die Organe und Muskeln richtig funktionieren. Wie bei jeder Verbrennung werden auch andere Stoffe freigesetzt. Die Nahrung wird im Körper mithilfe von Sauerstoff u.a. in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Das Blut sorgt für die Versorgung aller Zellen mit Nahrung und Sauerstoff sowie für das Ausscheiden des freigesetzten Wassers und Kohlendioxids nach dem Stoffwechsel. Der benötigte Sauerstoff befindet sich in der uns umgebenden Luft. Diese Luft besteht hauptsächlich aus Stickstoff (78 %) und Sauerstoff (21 %).

#### Atemwege

Die eingeatmete Luft strömt durch die Nasenhöhle und den Rachen zur Luftröhre, die sich in der Mitte des Brustbeins in einen linken und in einen rechten Ast teilt. Diese Äste verzweigen sich in den Lungen immer weiter. Die kleinsten Verästelungen werden Lungenbläschen genannt. Die Schleimhäute in Nase, Rachen und Luftröhre reagieren sehr empfindlich auf Fremdstoffe. Werden beispielsweise reizende Dämpfe eingeatmet, kommt es zu einem heftigen Hustenreflex. Beim Einatmen reizender Dämpfe wie Ammoniak können sich auch die Stimmbänder im Kehlkopf schließen. Dadurch ist es unmöglich, ein- bzw. auszuatmen.



### 3.1.2. Zusammensetzung der Luft

Stickstoff wird vom Körper nicht benötigt und folglich nur ein- und ausgeatmet. Nur ein Teil des eingeatmeten Sauerstoffs wird für den Stoffwechsel von den Lungen aufgenommen. Dieser Sauerstoff wird mit der Nahrung in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Der nicht gebrauchte Sauerstoff wird ausgeatmet. Der wichtigste Unterschied zwischen der eingeatmeten und der ausgeatmeten Luft liegt darin, dass der Sauerstoffgehalt geringer ist und durch einen genauso hohen Gehalt an Kohlendioxid und Wasserdampf ersetzt wird.

Nur 4 % der eingeatmeten Luft dienen der eigentlichen Atmung. Ein verringerter Sauerstoffanteil in der eingeatmeten Luft kann schlimme Folgen haben. Bei einem Sauerstoffgehalt von 17 % ist der Körper nicht mehr in der Lage, den Sauerstoff aus der eingeatmeten Luft aufzunehmen.

Genauso schlimm ist ein erhöhter Kohlendioxidgehalt. Bei einem Kohlendioxidgehalt von 4 % ist unser Körper nicht mehr in der Lage, das in den Zellen gebildete Kohlendioxid auszuscheiden. Es kommt zu einer großen Atemnot. Erreicht dieser Gehalt die 10 %-Marke, endet das Atmen nach kurzer Zeit tödlich.

## 3.2. Atmung und Rauch

Im Gegensatz zu dem, was viele denken, kommen die meisten Brandopfer nicht durch Feuer ums Leben, sondern durch den dadurch verursachten Rauch. Hier nun einige wichtige Aspekte:

- Der Mensch reagiert sehr empfindlich auf das Hauptverbrennungsgas Kohlenmonoxid (CO).
- Neben CO ist auch Cyanwasserstoff (HCN) sehr gefährlich für die Zellen.
- Bei den meisten Todesopfern befindet sich ein großer Anteil an Ruß in den Atemwegen.
- Opfer können noch Monate nach einem Brand an den Folgen von Ruß, Verbrennungsprodukten oder Brandwunden sterben.

### Zusammensetzung von Rauch

Rauch, der bei einem Brand entsteht, setzt sich aus festen und flüssigen Teilchen sowie Verbrennungsgasen zusammen.

- Die festen Teilchen (Ruß) entstehen hauptsächlich bei der unvollständigen Verbrennung von Brennstoffen.
- Die flüssigen Teilchen, die als winzige Tröpfchen in der Luft erkennbar sind, bilden sich durch die Kondensation von abgekühlten Gasen (durch die festen und flüssigen Teilchen wird der Rauch undurchsichtig).
- Die Zusammensetzung von Verbrennungsgasen ist sehr unterschiedlich. Sie bestehen immer aus Kohlenmonoxid und -dioxid, daneben gibt es aber zahlreiche andere Gase, von denen einige höchst giftig sein können.

Im Gegensatz zu dem, was uns die Presse vermittelt, ist Rauch immer giftig!

Zudem kann er auf die Kleidung und die Haut fallen oder dort kondensieren. Dadurch können Giftstoffe im Körper freigesetzt werden. Eine gute Körperhygiene kann die Aufnahme durch die Haut verhindern.



### 3.2.1. Gefahren von Rauch

Die meisten Brände gehen mit einer großen Rauchentwicklung einher. Rauch ist immer gefährlich (Vergiftung, Erstickung usw.). Die Zusammensetzung des Rauchs hängt von den brennenden Materialien ab. Er besteht jedoch immer aus gasförmigen, flüssigen und festen Teilchen. Rauch ist in vieler Hinsicht gefährlich für die Feuerwehrleute.

#### Rauch ist heiß und undurchsichtig

Rauch ist sehr gefährlich, weil er beispielsweise bei Bränden in geschlossenen Räumen sehr heiß werden kann. Nicht nur die daraus entstehende Zündgefahr ist gefährlich für die Feuerwehrleute, sondern auch die Temperatur selbst. Da Rauch undurchsichtig ist, erschwert er zusätzlich Einsätze: Es ist schwierig vorzurücken und den Brandherd sowie die Opfer zu lokalisieren.

#### Rauch ist beweglich

Rauch bewegt sich ständig. Abhängig von bestimmten Faktoren (Luftstrom, Temperaturunterschied, Form und Volumen des Gebäudes usw.) zieht er in eine oder mehrere Richtungen. Diese Bewegungen sind schwer vorhersehbar und können die Rettungs- und Löscharbeiten behindern.



#### Rauch birgt eine Zündgefahr

Nach der Entwicklungsphase eines Brandes in einem geschlossenen Raum ist die Temperatur hoch genug, dass aus den im Raum vorhandenen Objekten und Materialien entzündbare Gase freigesetzt werden (pyrolytische Zersetzung). Bei dem richtigen Verhältnis von Gasen und Sauerstoff kann das Feuer plötzlich alle brennbaren Materialien entflammen. Dieses Phänomen wird *Flashover* genannt.

Ist in diesem Raum nicht genügend Sauerstoff vorhanden, damit die Gase sich entzünden, kann die plötzliche Zufuhr von Sauerstoff (beispielsweise aufgrund eines berstenden Fensters) zu einer Explosion führen und es kommt zu einem sogenannten *Backdraft* (Rauchgasexplosion).

#### Rauch ist giftig oder erstickend

Aufgrund der Giftstoffe, die er enthält, und weil immer die Möglichkeit besteht, dass in ihm CO (Kohlenmonoxid) vorhanden ist, ist Rauch direkt gefährlich. Folglich wird ein brennendes Gebäude mit großer Rauchentwicklung nur dann betreten, wenn die richtige Kleidung und der erforderliche Atemschutz korrekt angebracht sind.

### Rauch beinhaltet Staubteilchen

Im Rauch können sich auch große Mengen an unmittelbar harmlosen Staubteilchen befinden, die sich jedoch auf lange Sicht als sehr gefährlich erweisen können. Die Verbrennungsgase von Holz, Papier, Ölen und Fetten enthalten beispielsweise nicht verbrannte Kohlenstoffteilchen, die sich in den Lungenbläschen festsetzen können. Je kleiner diese Teilchen sind, desto größer ist die Gefahr, dass sie in der Lunge zurückbleiben und diese beschädigen. Sowohl während des Einsatzes als auch während der Aufräumarbeiten besteht die Gefahr, diesen Teilchen ausgesetzt zu sein.



### 3.2.2. Atemgifte

Giftstoffe, die über die Atemwege in den Körper gelangen, werden Atemgifte genannt. Tatsächlich kann man sich vergiften, indem man Giftstoffe über den Mund oder die Haut aufnimmt. Atemgifte können die Form von Teilchen, Dämpfen oder Gasen haben. Bei Tätigkeiten, in deren Verlauf viele Atemgifte freigesetzt werden können, sollte immer ein Atemschutzgerät getragen werden. Atemgifte können anhand ihrer schädlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Atemgifte mit erstickender Wirkung;
- Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung;
- Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen.



### 3.2.2.1. Atemgifte mit erstickender Wirkung

Von Erstickung ist die Rede, wenn die Sauerstoffzufuhr zu den Zellen unzulänglich oder nicht an die Anstrengungen angepasst ist. Fällt der Sauerstoffgehalt unter 20 %, kann es zu Kopfschmerzen und Schwindel kommen. Wie bereits erwähnt, birgt ein Gehalt unter 17 % eine unmittelbare Erstickungsgefahr. Ein noch geringerer Gehalt führt zu Ohnmacht und einem schnellen Tod. Sauerstoffmangel kann auf die Umgebungsluft (Bsp.: ein Gas, das die Stelle des Sauerstoffs einnimmt) oder auf eine Obstruktion der Atemwege zurückzuführen sein. Zu den Atemgiften mit erstickender Wirkung zählen:

- Methan;
- Butan;
- Propan;
- Kohlendioxid;
- Stickstoff.

Diese Gase sind nicht giftig, sondern erstickend. Sie sind erst dann gefährlich, wenn ihr Gehalt in der Luft zu hoch ist und sie so den Sauerstoff verdrängen. Zur Erstickung kommt es, wenn ein Mangel an Sauerstoff herrscht.



### 3.2.2.2. Atemgifte mit Reiz- und Ätzwirkung

Das Einatmen von reizenden oder ätzenden Dämpfen kann heftigen Husten oder eine verstärkte Flüssigkeitsproduktion der Augen und der Nase auslösen. Deshalb können diese Dämpfe Schäden verursachen, selbst wenn sie schnell bemerkt werden. Zu den Atemgiften mit Reiz- und Ätzwirkung zählen:

- Chlor;
- Salzsäure;
- Schwefelsäure;
- Salpetersäure;
- Ammoniak.

Dringen solche Dämpfe bis in die Lungenbläschen, werden diese angegriffen und manchmal sogar beschädigt, wodurch der Stoffwechsel gehemmt wird. Dies führt oft zu irreversiblen Schäden oder gar zum Tod, manchmal auch lange nachdem man diesen Dämpfen ausgesetzt war.



### 3.2.2.3. Atemgifte mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen

Bestimmte Gase und Dämpfe können ungefährlich für Atemwege und Lunge sein, das Nervensystem und verschiedene Organe jedoch schädigen. Sie können sich auswirken auf:

- das Blut, indem sie sich an das Hämoglobin festsetzen und so den Sauerstoff verdrängen;
- die Zellen, indem sie die Sauerstoffzufuhr hindern;
- das Zentralnervensystem, indem sie das Zentrum des Atemsystems lähmen, wodurch die Atmung aufhört.

Zu den Atemgiften mit Wirkung auf Blut, Nerven und Zellen zählen:

- Kohlenmonoxid (s. weiter);
- Benzin;
- Schwefeldioxid;
- Benzol;
- Hydrazin.



### 3.2.2.4. Kohlenmonoxid

#### Kein Feuer ohne Kohlenmonoxid!

Kohlenmonoxid (CO) nimmt einen besonderen Platz unter den Atemgiften ein. Es wird bei jedem Feuer freigesetzt und kann nicht von unseren Sinnesorganen wahrgenommen werden. Kohlenmonoxid ist leicht entflammbar und leichter als Luft. Es entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Holz, Papier, Textilien, Ölen, Fetten, entzündbaren Gasen usw. Beim Löschen eines Feuers ist die Verbrennung aufgrund des Temperatursturzes fast immer unvollständig. Kohlenmonoxid kann auch ohne Brand entstehen, beispielsweise wenn ein Heizgerät (Kohleofen, Boiler usw.) defekt oder schlecht eingestellt ist.





## Vergiftung durch Kohlenmonoxid

Unter normalen Umständen wird der für unsere Zellen lebensnotwendige Sauerstoff vom Blut transportiert. Sauerstoff ist kaum wasserlöslich, weshalb es eine schwache Affinität zum Hämoglobin im Blut hat. So entsteht eine neue Zusammensetzung: das Oxyhämoglobin. Kohlenmonoxid hingegen verbindet sich viel besser mit Hämoglobin. Beim Einatmen von Kohlenmonoxid kommt es zu einer starken Verbindung: dem Carboxyhämoglobin. Weil die Verbindung von Hämoglobin mit Kohlenmonoxid 300 Mal stärker ist als die Verbindung mit Sauerstoff, können sehr schnell Vergiftungssymptome auftreten. Die Ausscheidung von CO, das sich am Hämoglobin festgesetzt hat, kann nur durch die natürliche Erneuerung des Hämoglobins in unserem Körper erfolgen.

### Symptome

Zunächst leidet das Opfer an Kopfschmerzen und Schläfrigkeit. Danach kommt es zu einer Muskellähmung, die in den unteren Gliedmaßen beginnt, weshalb das Opfer nicht aus der giftigen Umgebung flüchten oder ein Fenster öffnen kann. Ist man Kohlenmonoxid für längere Zeit ausgesetzt, kann dies zum Koma und gar zum Tode führen. Aufgrund der starken Affinität zwischen Hämoglobin und Kohlenmonoxid sowie des kumulativen Effekts reicht schon eine geringe Konzentration aus.



### 3.2.2.5. Cyanide

Cyanide sind ohne Zweifel verkannte Gifte. Bei der Verbrennung von natürlichen Stoffen (Leinen, Seide, Kupfer usw.) oder synthetischen stickstoffhaltigen (N) Stoffen (Polyurethan usw.) werden giftige Cyanidkonzentrationen erzeugt. Cyanide sind Giftstoffe, die auf die Zellen wirken, indem sie die Sauerstoffversorgung der Zellen hindern. Sie führen zur sogenannten inneren Erstickung. Die Symptome sind Atemnot, gefolgt von Krämpfen, worauf der Fall ins Koma und schließlich der Tod des Opfers folgen. Cyanwasserstoff ist ein sehr aggressives und schnell wirkendes Gift. Eine Konzentration von 100 bis 150 ppm (parts per million / s. unten) führt innerhalb einer halben Stunde zum Tod.

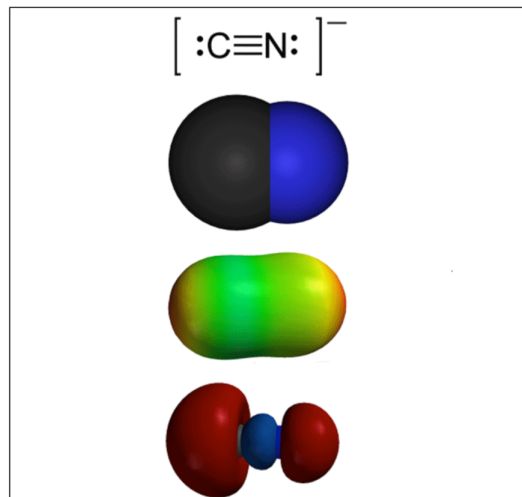
**Der Grad der Vergiftung hängt davon ab, wie giftig der Stoff ist und wie lange er eingeatmet wird (Expositionsdauer).**

- Die Konzentration eines Stoffes (c) in der Umgebung wird in „parts per million“ (ppm) ausgedrückt.
- Die Expositionsdauer = t.
- Der Grad der Vergiftung wird anhand der Formel  $t \cdot c$  berechnet.

Das bedeutet:

- $1 \text{ m}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3 \rightarrow 1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$
- $1 \text{ kg} = 1\,000\,000 \text{ mg} \rightarrow 1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kg}$

Es ist klar, dass eine längere Expositionsdauer bei schwacher Konzentration genauso gefährlich sein kann wie eine kurze Expositionsdauer bei starker Konzentration.



### 3.3. Atemschutz: Allgemeines

#### Atemschutz: Allgemeines

Atemschutzgeräte gehören zu den wichtigsten Bestandteilen der individuellen Schutzausrüstung der Feuerwehrleute. Dabei spielen die Pressluftatmer, auf die wir später zurückkommen werden, die wichtigste Rolle. Hier werden wir die leichten und schweren Atemschutzgeräte erklären. Zudem geben wir eine Übersicht über die wichtigsten Arten von leichten Atemschutzgeräten.

#### Leichte Atemschutzgeräte

Leichte Atemschutzgeräte nutzen die bestehende Umgebungsluft und filtern mögliche schädliche Stoffe aus der Luft. Abhängig von der Art der gefährlichen Stoffe werden Staubschutzmasken, Gasfilter oder Kombifilter voneinander unterschieden. Staubschutzmasken werden u.a. beim Glasmanagement während der technischen Hilfeleistung verwendet.

#### Schwere Atemschutzgeräte

Schwere Atemschutzgeräte sind unabhängig von der Umgebungsluft. Der Träger braucht die Umgebungsluft nicht, sondern erhält den Sauerstoff auf anderem Wege.

Schwere Atemschutzgeräte können aus einer Kopfschutzhaube oder Maske bestehen, die durch Schläuche mit einem Druckluftnetz oder Pressluftatmer, den der Nutzer trägt, verbunden ist.

