

# Luft zum Leben

## Gefährdung durch das Atemgas

Bericht: Andreas Nowotny

**Elegant schwebt der Taucher durch das Blau des Meeres. Unter ihm wiegen sich Weichkorallen in der leichten Strömung, um ihn herum tummeln sich farbenprächtige Fische. Auf einmal nähert sich zutraulich eine Wasserschilkröte. Der Taucher ist glücklich und fühlt, dass das Wasser sein Element ist. Nur der Tank auf dem Rücken erinnert ihn daran, dass er ja eigentlich ein Landlebewesen ist und sich in dieser, für ihn eigentlich feindlichen Lebensumgebung, nur aufhalten kann, weil er seinen eigenen Luftvorrat mit sich führt. Er braucht diese Luft zum Leben.**

**Der menschliche Körper ist dazu geschaffen, die Luft unter atmosphärischen Druck zu verwenden. Taucher atmen Luft unter hohen Drücken. Biologisch ist das eigentlich gar nicht vorgesehen. Es führt aber dazu, dass die Luft, die wir zum Leben brauchen, im Wasser lebensbedrohlich werden kann. Dabei kommt die Gefahr von zwei Seiten, durch Luftbestandteile, wie Sauerstoff oder Stickstoff, die unter Druck toxisch wirken können und durch Verunreinigungen, z.B. Kohlenmonoxyd, die ebenfalls unter Druck deutlich gefährlicher sind als an Land. Gefahr durch reguläre Bestandteile des Atemgases**

### Stickstoffnarkose

Die Stickstoffnarkose, überwiegend bekannt als Tiefenrausch, ist ein rauschartiger Zustand, der durch den erhöhten Partialdruck von Stickstoff beim Tauchen verursacht wird. Verursacht wird er durch Stickstoffanreicherung im Zentralnervensystem. Die Einlagerung von Stickstoff in den fetthaltigen Membranen der Synapsen führt zu einer Fehlfunktion bei der Übermittlung der Reize. Dadurch können möglicherweise Impulse weitergegeben werden, ohne dass ein zugrundeliegender Reiz existiert. Auch kann die Weitergabe von Impulsen existierender Reize verhindert werden.

Die Theorie besagt, dass dieser Effekt eintritt, sobald der Partialdruck von Stickstoff drei Bar beträgt, was einer Tiefe von ungefähr dreißig Metern entspricht. Der Tiefenrausch tritt nicht schlagartig auf, sondern schleichend mit wachsender Tiefe und verschwindet auch bei abnehmender Tiefe entsprechend ohne Nebenwirkungen.

Auswirkungen der Stickstoffnarkose sind ein geändertes Bewusstsein, was sich in euphorischen Freudengefühlen oder Angstattacken äußern kann. Generell ist das Urteilsvermögen beeinträchtigt, so dass die Gefahr besteht, Situationen unter Wasser falsch einzuschätzen. Unter sehr hohem Druck kann es auch zu einer plötzlichen Ohnmacht kommen. Neben der Tauchtiefe ist der Tiefenrausch von vielen

anderen Faktoren abhängig, wie die geistige und körperliche Tagesform, Dunkelheit, Kälte, Einfluss von Drogen, worunter auch Alkohol und Medikamente fallen.

All dies macht die Gefährdung so tückisch, denn sie ist nicht genau vorhersehbar. Die Auswirkungen können gravierend sein und bis zum Tod führen. Nicht nur durch die plötzliche Bewusstlosigkeit, die eher selten eintritt, sondern weil der Taucher nicht mehr Herr der Lage ist und Fehlentscheidungen trifft. Dies muss auch nicht bedeuten, dass es unter Wasser zu einem Problem kommt und er nicht richtig reagiert. Eine gravierend falsche Entscheidung ist es auch, einfach tiefer zu tauchen, weil es einem gerade so gut geht und man sowohl Tauchzeit, wie auch Luftverbrauch völlig aus den Augen verloren hat.

Ein detaillierter Artikel zum Thema Tiefenrausch – Symptome, Verhalten bei Tiefenrausch und Minimieren der Gefahren – erschien in der Juli-Ausgabe von DiveInside.

### Sauerstofftoxizität

Der alte medizinische Spruch, dass bei einem Heilmittel die Menge das Gift macht, trifft auch auf den Sauerstoff zu. Unter atmosphärischem Druck eingeatmet, ist die Menge an Sauerstoff in der Luft (einundzwanzig Prozent) mehr als genug, um uns am Leben zu erhalten. Da nur vier Prozent während der Atmung verbraucht werden, reicht es sogar aus, eine andere Person zu beatmen. Ohne Sauerstoff stirbt man, aber zuviel davon kann den Menschen umbringen, zumindest wenn der Druck höher ist als normalerweise an Land.

Auch hier liegt die Gefahr wieder im Partialdruck von Sauerstoff. In der normalen Luft beträgt er 0,21 Bar. Bei einem Partialdruck von mehr als 1,7 Bar kommt es nach einer

relativ kurzen Zeit zu einer Schädigung des zentralen Nervensystems, der so genannten ZNS-Vergiftung. 1,7 Bar entspricht bei Luft einem Druck von 8,1 Bar, was einer Tiefe von 71 Meter entspricht. Wenn man mit erhöhtem Sauerstoffanteil, z.B. 40 prozentigem Nitrox, taucht, ist diese Grenze entsprechend flacher, in diesem Fall bei 32,5 Meter. Damit ist die Sauerstoffvergiftung eine reale Gefahr für Sporttaucher, die mit normaler Luft nicht in die gefährlichen Tiefen vordringen würden. Dieser neurotoxische Effekt des Sauerstoffs unter hohem Partialdruck wurde Paul-Bert-Effekt genannt, nach dem französischen Arzt Paul Bert (1833 – 1866).

### Symptome der Sauerstoff-Vergiftung

- Übelkeit
- Sehstörungen / Augenflimmern
- Schwindelgefühl
- Atemnot / flache Atmung
- Akustische Halluzinationen
- Muskelzuckungen im Gesicht und den Gliedern
- Epilepsieartige Krampfanfälle
- Bewusstlosigkeit

Besonders die letzten drei Symptome sind für den Taucher lebensbedrohlich, da sie in der Regel alle mit dem Verlust des Atemreglers einhergehen und damit besteht die akute Gefahr des Ertrinkens. Einem krampfenden Taucher den Atemregler wiederzugeben ist selbst für den besten Buddy kaum möglich.

Verhalten bei einer Sauerstoffvergiftung Stellen sich erste Anzeichen der Sauerstoffvergiftung ein, muss der Tauchgang sofort abgebrochen und zügig ausgetaucht werden. An der Oberfläche soll der Betroffene warm eingepackt und ruhend, Frischluft einatmen – die Gabe von reinem Sauerstoff

ist an dieser Stelle kontraproduktiv. Sollten schwerere Symptome aufgetreten sein, muss sofort die Rettungskette ausgelöst werden. In jedem Fall sollte aber ein Arzt konsultiert werden.

### Der Faktor Zeit

Neben dem reinen Partialdruck des Sauerstoffs, spielt auch der Faktor Zeit eine Rolle bei der Sauerstoffvergiftung. Je höher der Partialdruck, desto kürzer ist die Einwirkzeit, bis er eintritt. Bei einem Druck von 1,7 Bar kann es innerhalb einer Stunde zu Vergiftungserscheinungen kommen, bei einem Partialdruck zwischen 2,5 und 3 Bar innerhalb von Minuten. Genaue Angaben sind auch hier, wie beim Tiefenrausch, schwierig, denn neben Zeit und Druck spielen noch viele Faktoren eine Rolle.

Der Faktor Zeit spielt im Zusammenhang mit Sauerstoff über Normaldruck eine weitere Rolle. Neben der akuten Vergiftung des Zentralnervensystems gibt es noch die Möglichkeit der Lungenschädigung durch Sauerstoff. Dies wird als Lorraine-Smith-Effekt bezeichnet. Ursache ist eine Irritation der Alveolen durch den aggressiven Sauerstoff, was zu deren Anschwellen führt. Dadurch wird der Gasaustausch in der Lunge behindert. Folgen sind Atemnot, Lungenschmerzen, ein Engegefühl in der Brust und Erschöpfungszustände. Zusätzlich greift der Sauerstoff den Schutzfilm an, der die Alveolen umgibt und der das Zusammenfallen und Verkleben der Alveolen beim Ausatmen verhindert. Fehlt dieser Schutzfilm, kollabieren die Alveolen, es kommt zur Ödembildung und dadurch zu einer Sauerstoffunterversorgung, die im schlimmsten Fall tödlich sein kann.

Sind die Folgen des Lorraine-Smith-Effekts auch teilweise reversibel, so verursachen kollabierte Alveolen bleibende Schäden.

Da hier die Regenerationsphase einen längeren Zeitraum beansprucht, addieren sich mehrere Tauchgänge unter erhöhtem Sauerstoffpartialdruck zu einer Gesamtgefährdung. Aus diesem Grund ist die Berechnung und Einhaltung der möglichen Gesamttauchzeit bei Nitrox- und Mischgastauern ein wichtiges Thema.

### Gefahr durch Verunreinigung des Atemgases

#### Kohlenmonoxydvergiftung

Saubere Atemluft ist für den Taucher lebenswichtig. Ganz besonders wichtig ist, dass keine Abgase in die Flasche kommen, da sonst eine tödliche Kohlenmonoxidvergiftung droht. Große stationäre Füllanlagen von professionell geführten Tauchbasen sollten kein Problem damit haben, reine Luft zu liefern und zu verhindern, dass Abgase in die Atemluft kommen. Bei mobilen Kompressoren, abgelegenen Basen in fernen Ländern oder auf Safarischniffen, sollte sich jeder Taucher selbst davon überzeugen. Gefahrenquellen sind die Abgase des Kompressors selbst, wenn der Luftansaugstutzen zu nahe am Auspuff ist oder der Wind die Auspuffgase in Richtung Ansaugstutzen wehen. Bei Safarischniffen können die Abgase des Schiffsdiesels bei falscher Windrichtung vom Kompressor angesaugt werden, weil sich beide Öffnungen auf der gleichen Schiffsseite oder zu nahe beieinander befinden.

Die Kohlenmonoxidvergiftung entsteht durch das Einatmen von Luft mit einem erhöhten Kohlenmonoxidgehalt. Bedingt durch die 200-300 Prozent stärkere Bindung an Hämoglobin verdrängt das Kohlenmonoxid den Sauerstoff. Dadurch kommt es schon bei 0,3 Prozent Kohlenmonoxid in der Luft zur lethalen Vergiftung.

### Entstehung der Kohlenmonoxid-Vergiftung

Kohlenmonoxid entsteht hauptsächlich durch unvollständige Verbrennung und ist ein geschmacks-, geruchs- und farbloses Gas. Durch die extrem starke Bindung des Kohlenmonoxids an das Hämoglobin (dessen Aufgabe es eigentlich ist, im Blutkreislauf den Sauerstoff zu transportieren) führen schon verhältnismäßig geringe Mengen in der Atemluft zu Vergiftungserscheinungen.

Die Sauerstoffunterversorgung (Apoxie) macht sich schon ab zwanzig Prozent am Hämoglobin gebundenem Kohlenmonoxyd durch kirschrote Schleimhäute und Kopfschmerzen bemerkbar. Erreicht die Sättigung des Hämoglobins fünfzig Prozent, tritt relativ schnell der Tod durch Atemlähmung (innerer Erstickungstod) ein.

### Symptome der Kohlenmonoxid-Vergiftung

- Kirschrote Schleimhäute
- Herzklopfen
- Übelkeit
- Schwindel
- Kurzatmigkeit
- Augenflimmern und Ohrensausen
- Rauschartige Erregungszustände
- Schneller Puls
- Abfall des Blutdrucks
- Bewusstlosigkeit
- Verändertes Atemverhalten, eher schnell, aber flach
- Gefühl von Müdigkeit
- Bewusstlosigkeit

### Verhalten bei Kohlenmonoxid-Vergiftung

Stellt man während eines Tauchgangs die oben erwähnten Symptome fest, zählt jede Minute. Wenn man weiß, dass die Flasche des Buddys nicht zeitgleich mit der eigenen

oder sogar bei einer anderen Füllstation gefüllt wurde, sollte man sofort auf dessen Luftversorgung wechseln und nicht mehr aus der eigenen atmen.

In jedem Fall muss sofort der Aufstieg eingeleitet und zügig ausgetaucht werden. Zurück an Land oder auf dem Schiff sollte die sofortige Gabe von 100% Sauerstoff erfolgen. Außerdem muss die Rettungskette eingeleitet werden, um so schnell wie möglich professionelle Hilfe zu erhalten. Eine Kohlenmonoxydvergiftung erfordert ärztlichen Beistand, nicht nur wegen der potentiellen Lebensbedrohung, sondern auch, weil es ziemlich lange dauert, bis das Kohlenmonoxid wieder abgebaut ist (kann weit über 12 Stunden dauern). AN



mare-mundi.eu  
promote the mediterranean

**Schutz des Mittelmeers und seiner Artenvielfalt!**

www.mare-mundi.eu