

## Physiologische Reaktionen auf hohen Druck bei Immersion

Die physiologischen Reaktionen unseres Körpers auf hohen Druck bei Immersion. Jeder hat es schon mal erlebt beim Tauchen! Stickstoffnarkose, Probleme mit dem Druckausgleich, Druck auf der Blase oder Kopfschmerzen nach dem Tauchen!

*Caren Liebscher*



### Eine Dröhnung Stickstoff, bitte!

Manche mögen sogar das Gefühl, aber nicht jeder erlebt es – die Rede ist von der narkotischen Wirkung des Stickstoffs, die bekanntermaßen bei Tiefen um oder über 30 Meter eintritt. Seine fast poetisch klingende Bezeichnung "Tiefenrausch" (oder auf Englisch "Rapture of the deep") beschreibt den Vorgang eigentlich sehr gut. Anzeichen und Symptome sind meist albernes Verhalten, gut am breiten Grinsen und fahrigem Bewegungen, die an Trunkenheit erinnern, zu erkennen. Nicht selten berichten Taucher von einem Gefühl der Freude, des Wohlsens oder eines euphorischen Glücksgefühls. Die Menschen sind nicht gleichermaßen dafür empfänglich und neben diesen individuellen Unterschieden kann die Wirkung auch bei einem einzigen Menschen von einem Tag auf den anderen variieren.

Generell kann man sagen: der Tiefenrausch wird durch einen erhöhten und ansteigenden Stickstoffpartialdruck ausgelöst, der die Kommunikation zwischen den Nervenzellen stört. Sobald der Stickstoffpartialdruck abnimmt, verschwinden auch die Symptome des Tiefenrausches.

Aber was läuft physiologisch ab?

Zunächst einmal nimmt man – laut P.B. Bennett – an, dass die narkotische Wirkung von Stickstoff physikalischer und nicht biochemischer Natur ist. Hauptangriffsort ist unser zentrales Nervensystem (ZNS). Am besten lässt es sich wahrscheinlich durch die **Meyer-Overton-Hypothese** erklären. Eine Narkose tritt ein, wenn das inerte (d.h. reaktionsträge) Gas (Stickstoff) in die Fette (d.h. die fetthaltigen Myelinscheiden) der Nervenzellen im Gehirn eindringt und die Weitergabe der Signale zwischen den Nervenzellen verhindert oder stört.

Für die Nerds unter den Tauchern: Stickstoff macht 78% unserer Luft aus. An Land haben wir einen Druck von 1 Atmosphäre (d.h. der Partialdruck von Stickstoff beträgt 0,78), während wir unter Wasser in einer Tiefe von 10m bei einem Druck von 2 Atmosphären, also doppeltem Druck, atmen (d.h. der Partialdruck von Stickstoff beträgt hier 1,56). Mit zunehmendem Druck während des Abtauchens in größere Tiefen als 10m nimmt der Partialdruck von Stickstoff zu (bei 20m beträgt er 2,34, bei 30m beträgt er 3,12 usw.).

Während manche Leute die Beeinträchtigung des Urteilsvermögens durch Stickstoffnarkose mit der Wirkung von LSD vergleichen, vergleichen es andere schlaue Leute eher mit dem Effekt eines Martini Cocktails auf nüchternen Magen. Genau diese schlaue Leute haben es daher den **Martini-Effekt** getauft. Wenn man also eine Stickstoffnarkose erlebt und niemand einen aus der Tiefe hochzieht und man weiter absinkt bzw. abtaucht, dann erlebt man für jede weiteren 10-15 Meter eine Beeinträchtigung seines Urteilsvermögens, die der eines weiteren Martini Cocktails entspricht. Die Narkose selbst ist nicht lebensbedrohlich, aber die eigenen Reaktionen auf die Umgebung oder auf Probleme mit der Ausrüstung können unter Wasser lebensbedrohlich sein. Genauso wie jeder vernünftige Mensch nicht betrunken Autofahren würde, sollte man auch niemanden unter Stickstoffnarkose weiter oder tiefer tauchen lassen.

Um eine Stickstoffnarkose möglichst zu umgehen, sollte man lieber auf Alkohol am Vorabend des Tauchgangs verzichten sowie Stress, Überarbeitung oder Angst vermeiden. Diese Faktoren verstärken den Narkoseeffekt oder lösen ihn leichter aus. Weitere Einflussfaktoren können körperliche Schwerstarbeit, kaltes Wasser, Abstiegsrate, Ermüdung, Krankheit, die Einnahme von Medikamenten, Fettleibigkeit und sicher vieles mehr sein. Deine beste Lebensversicherung, falls du leicht in Tiefenrausch gerätst, ist Dein Tauchpartner, der Dich einfach nur in flachere Tiefen zurückziehen muss, wenn er merkwürdiges Verhalten an Dir bemerkt.

Außer Stickstoff sind auch Gase wie Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon inerte Gase und können eine Gasnarkose auslösen, indem sie sich in den Fetten der Nervenzellen lösen und deren elektrische Signalübertragung beeinträchtigen. Die Narkose-Wirkung von inerten Gasen hängt von ihrem Grad der Fettlöslichkeit ab und unterscheidet sich zwischen den verschiedenen inerten Gasen. Helium hat eine geringere Fettlöslichkeit und eine dementsprechend geringere Narkose-Wirkung. Daher wird es beim Tieftauchen eingesetzt. Xenon hat die höchste Fettlöslichkeit und daher eine hohe Narkose-Wirkung. Es wird tatsächlich in der Medizin zur Anästhesie genutzt. Stickstoff liegt irgendwo zwischen diesen beiden. Es ist unter Druck narkotisch wirksam.

## Druckausgleichsprobleme

Den Druckausgleich der Ohren haben die meisten von uns doch bereits gelernt, bevor sie mit dem Tauchen angefangen haben. Nämlich bei der Tauchtauglichkeitsuntersuchung, wo geprüft wird, ob man überhaupt zum Tauchen geeignet ist. Der HNO- oder Taucharzt fordert einen für gewöhnlich auf, den erfolgreichen Druckausgleich der Ohren vorzuführen.

Beim Gerätetauchen ist der Druckausgleich erforderlichlich, um das Trommelfell, eine sehr feine Membran im Ohr, davor zu schützen, aufgrund des erhöhten Drucks unter Wasser während des Abtauchens zu zerreißen. Mit einem Loch im Trommelfell hört man nicht nur schlechter, sondern es kann Wasser eintreten und das Gleichgewichtsorgan irritieren (das im Vestibularorgan im Innenohr sitzt). Außerdem schmerzt ein gerissenes Trommelfell und Tauchen kann man dann auch mehrere Monate nicht. Wenn es nicht ordentlich verheilt, kann man einen dauernden Gehörschaden, Schwindel und Entzündungen davontragen. Also ist es besser, seine Eustachische Röhre zu benutzen, die Ohren und Rachen miteinander verbindet und uns damit ermöglicht, von innen Luft gegen das Trommelfell zu drücken. Das kompensiert den Druck von außen, ermöglicht also den Druckausgleich. Man muss man den Druckausgleich beim Abstieg viele Male wiederholen. Insbesondere zu Beginn, in den flachen Tiefen. Das Beste ist es, den Druck auf den Ohren so früh wie möglich und so oft wie möglich auszugleichen!

Da die Menschen unterschiedlich gebaut sind und manche Schwierigkeiten beim Druckausgleich ihrer Ohren haben, ist es gut zu wissen, dass es mindestens **5 verschiedene Methoden** für den Druckausgleich gibt. Such' Dir Deine Lieblingsmethode aus!

1. **Valsalva**-Technik: einfachste, bekannteste Methode. Nase zuhalten und Luft reindrücken.
  2. **Toynbee**-Manöver: Nasenlöcher schließen und schlucken. Das öffnet die Eustachischen Tuben und die Zungenbewegung drückt Luft in sie hinein.
  3. **Frenzel**-Manöver: Schließ' Deine Nasenlöcher und Deinen hinteren Rachenraum und versuche, einen "K-Laut" zu machen. (Muss etwas geübt werden)
  4. **Edmunds**-Technik: Den weichen Gaumen und die Rachenmuskeln anspannen, dann den Kiefer runter und nach außen drücken und gleichzeitig die Valsalva-Methode anwenden. (Schwierig)
  5. Willentliches Offenhalten der Ohrtuben: viele Freitaucher kennen und nutzen diese Methode. Muss geübt werden! Die Rachenmuskeln kontrahieren und den Kiefer nach unten und vorwärts schieben. Ähnelt der Bewegung, wenn man versucht, nicht zu gähnen. Es öffnet die Eustachischen Tuben und ermöglicht den Druckausgleich.
- Wenn Du längere Zeit Probleme beim Druckausgleich hast, solltest Du einen HNO-Spezialisten aufsuchen und Deine Ohren überprüfen lassen. Erzwinge den Druckausgleich niemals mit Gewalt. Dein Trommelfell könnte platzen. Es handelt sich schließlich um eine sehr feine Membran.

## Immer dieser Druck auf der Blase

Mit dem Eintauchen ins Wasser finden viele verschiedene physiologische Veränderungen aufgrund von Unterschieden in Temperatur, Schwerkraft, Sauerstoffaufnahme und wegen des Tauchreflexes statt.

Unser Herz-Kreislauf-System hat mit den wichtigsten Veränderungen zu tun, während es sich an die „neue“ Umgebung mit einer sogenannten **Blut- bzw. Flüssigkeitsverschiebung** anpasst. Durch den erhöhten Umgebungsdruck werden unsere Venen komprimiert (betrifft besonders die unteren Körperteile) und das Blut von den Beinen in Richtung Körperzentrum, also Bauch- und Brustraum, gedrückt (bei aufrechter Haltung). Ungefähr 400 bis 800 ml des venösen Blutes werden auf diese Weise „verschoben“. Die kleinen Kapillaren – Arteriolen, die die Lungenbläschen (Alveolen) umgeben – halten dieses Blut wie ein Schwamm und arbeiten gegen den Druck an. Diese **Blutverschiebung in Schwerelosigkeit** irritiert den Regelkreis, der das Blutvolumen reguliert. Bestimmte Sensoren werden aktiviert, aber nicht aufgrund eines tatsächlichen Blutvolumenanstiegs, sondern aufgrund einer Verschiebung des Flüssigkeitsvolumens. Daraufhin wird eine physiologische Kaskade in Gang gesetzt, die zuerst von Gauer und Henry beschrieben wurde und deshalb **Gauer-Henry-Reflex genannt wird**: die Dehnung des Brustkorbes (Thorax) durch die Volumenverschiebung von Blut und Plasma aktiviert Rezeptoren am Herzen und in der Lunge, die daraufhin nervöse und hormonelle Signale an die Nieren senden und damit eine erhöhte Urinausscheidung in Gang setzen. Das Hauptziel ist, das **Herz zu entlasten**. Die Mehrarbeit wegen des Blutschwells kompensiert das Herz mit einem höheren Schlagvolumen. Die Herzfrequenz erhöht sich fast nicht. Kurz gesagt: Tauchen löst eine erhöhte Nierenaktivität und höhere Urinausscheidung aus, was rasch zu **Dehydrierung** und Elektrolytverlust führt. Um dies auszugleichen, ist es ratsam, spätestens zwei Stunden vor dem Tauchen mit der **Aufnahme von Flüssigkeit (Hydrisierung)** zu beginnen. Wichtig ist auch, zwischen aufeinanderfolgenden Tauchgängen Flüssigkeit (Wasser, Tee, Saft) aufzunehmen.

Ansonsten: Falls Du **nach dem Tauchen jemals Kopfschmerzen** hattest, könnte der Grund dafür in einem von diesen liegen:

- Dehydrierung
  - Eine drückende Maske
  - zu viel Alkohol am Vorabend
  - ungünstige oder falsche Atemtechnik während des Gerätetauchens (z.B. kann Sparatmung Kohlendioxid anreichern)
  - kein oder zu wenig Schlaf
  - Sonnenstich
  - Überhitzung (Hyperthermie)
  - Ohrenprobleme/Probleme mit dem Druckausgleich, die z.B. durch Schwellungen und resultierende Verstopfungen der Nasennebenhöhlen verursacht werden
  - Anzeichen und Symptome einer Dekompressionserkrankung (DCS)
- Wenn die Kopfschmerzen länger anhalten, solltest Du besser einen Arzt aufsuchen.

