



**Abb. 1:** Man findet Taucher in allen Altersklassen, etwa zwei Drittel der Taucher sind männlich. (Foto: H. Bartmann, www.tauchunfall.de)

## Tauchmedizinische Notfälle: Wie sollte die Behandlung erfolgen?

**Die ursprünglichste Form des Tauchens ist das Apnoetauchen, bei dem ohne künstliche Atemgasversorgung getaucht wird. Bereits 450 v. Chr. wurden Tauchgänge mit Taucherglocken unternommen, bei denen sich der Atemgasvorrat auf die in der Glocke eingeschlossene Luft beschränkte. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts war der Maschinenbau in Großbritannien so weit entwickelt, dass es möglich wurde, eine Taucherglocke zusätzlich durch Kompressoren mit Luft zu versorgen. Die Verkleinerung der Taucherglocke führte zur Erfindung der ersten Taucherhelme, mit denen sich ein Taucher am Grund mehr oder weniger frei bewegen konnte. Das 19. Jahrhundert war von der Weiterentwicklung der Helmtauchgeräte und der wegen der immer häufigeren Einsätze von Caissons (Senkkästen mit Überdruck, ähnlich einer Taucherglocke, für Arbeiten unter Wasser) entstehenden Überdruckmedizin geprägt.**

Die Ingenieure Benoît Rouquayrol und Auguste Denayrouze erfanden 1860 einen ersten Atemregler. Anfang des 20. Jahrhunderts wurden durch neue Materialien die Erfindung von Schwimmflossen, Tauchermasken und andere für das moderne Tauchen wichtige Ausrüstungsgegenstände möglich. 1911 stellte das Unternehmen Dräger ein Helmtauchgerät vor, dessen Luftversorgung auf der Basis eines Kreislauf-Tauchgeräts aufgebaut war.

Das erste Patent für ein Drucklufttauchgerät wurde 1943 von Jacques-Yves Cousteau und Émile Gagnan angemeldet. Wenige Jahre später ermöglichte die als sog. Aqua-Lunge bezeichnete

Weiterentwicklung dieses Drucklufttauchgeräts den Erfolg des Sporttauchens als Breitensport und revolutionierte das Berufstauchen in vielen Bereichen.

Heute benutzen über 20 Mio. Menschen weltweit Tauchgeräte zum Sporttauchen (SCUBA-Diving [Self Contained Underwater Breathing Apparatus]). Etwa 12 % davon machen wenigstens einmal im Jahr einen Tauchurlaub. Man findet Taucher in allen Altersklassen, etwa zwei Drittel der Taucher sind männlich. Durchschnittlich beginnen Frauen das Sporttauchen etwas früher (27 Jahre) als Männer (30 Jahre) (1).

Autor:

**Dr. German Kollow**  
Anästhesist und Notfall-  
mediziner  
Stiftung Spital Thisis  
Alte Str. 31  
CH-7430 Thisis  
german.kollow@spital-  
thisis.ch

### Physiologische Effekte beim Tauchen

Die Immersion ist definiert durch das Eintauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit, dazu zählen u. a. Schwimmen, Stehen im Wasser, Schnorcheln, Apnoetauchen und Tauchen mit Atemregler. Hierbei kommt es u. a. zu einer Druckdifferenz zwischen intrathorakalem und extrathorakalem Raum. Schon beim Schnorcheln in einer Wassertiefe von 30 cm steigt der Lungenkapillardruck von 5 mmHg bei 1,0 bar auf ~ 27 mmHg an. Hieraus resultiert ein pulmonales Blood Pooling (Blutumverteilung).

Wenn ein Schnorchler einen überlangen Schnorchel verwendete, käme es in einer Tiefe von 1,0 m durch die Druckdifferenz von 0,1 bar schon zu einem Lungenödem durch den Unterdruck (Umgebungsdruck in 1 m Tiefe 1,1 bar; alveolarer Druck entspricht dem Druck an der Oberfläche von 1,0 bar). Selbst wenn ein Mensch im Wasser steht und den Kopf noch über der Wasserfläche hält, werden durch den Wasserdruck eine Kompression der venösen Gefäße und eine nicht unerhebliche Blutumverteilung aus dem venösen System nach intrathorakal herbeigeführt (Blood Pooling; Bloodshift). Diesen Effekt hat Prof. Gauer schon 1955 eindrucksvoll dargestellt.

Durch die Blutumverteilung aus dem peripheren Venensystem verlagern sich ca. 500 – 1.000 ml Blut nach intrathorakal in die Lungengefäße und die Vena cava. Dadurch kommt es zu einer Druckerhöhung im rechten Vorhof und zu einer erhöhten ANF-Produktion sowie ADH-Verminderung, was zu einer erhöhten Diurese und somit zu einer Dehydrierung

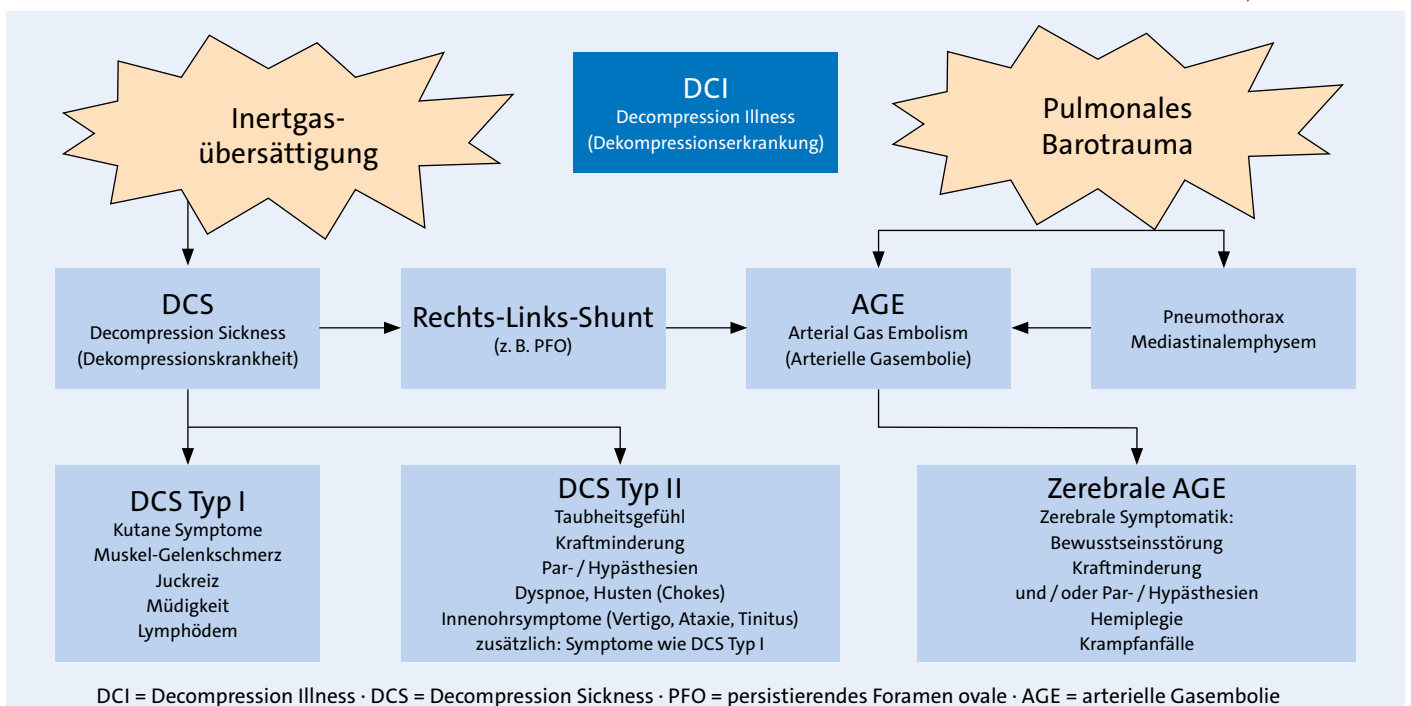
führen kann. Weitere kardiogene Gefahren neben der Vorlasterrhöhung im Wasser bestehen in einer Nachlasterrhöhung durch kältebedingte Vasokonstriktion und in Auslösung von Bradykardien bzw. Arrhythmien bis hin zum Kammerflimmern durch eine kälteabhängige vagotone Reaktion bei Gesichtssubmersion (Tauchreflex).

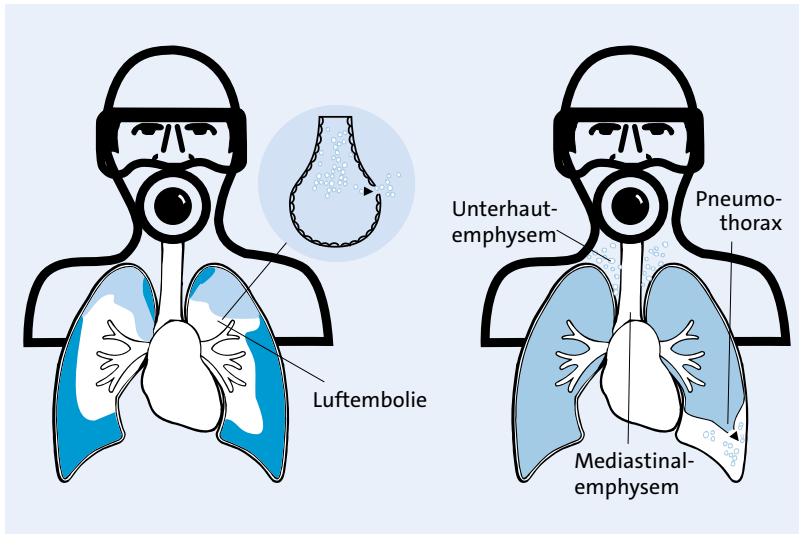
**Beim Tiefenrausch (Stickstoffnarkose) beginnen die Symptome mit einem reduzierten Reaktionsvermögen. Es treten Halluzinationen auf, es kommt zu Selbstüberschätzung und Orientierungslosigkeit.**

### SCUBA-Tauchen und physiologische Besonderheiten

Das Atemgasgemisch beim SCUBA-Tauchen besteht aus Umgebungsluft (20 % O<sub>2</sub> [Sauerstoff], 79 % N<sub>2</sub> [Stickstoff] und 1 % Edelgase), die auf 200 bis 300 bar in der Atemgasflasche komprimiert werden (2). Beim Tauchen sind zwei Gasdruckminderer hintereinander an die Flasche angeschlossen, die den Druck stufenweise am Mundstück auf den Umgebungsdruck beim Tauchen reduzieren. Der Tauchgang wird anhand von standardisierten Tauchtabellen geplant und durchgeführt (2, 3). Diese Tabellen geben die Zeit an, die der Taucher auf einer bestimmten Tiefe verbringen darf, ohne beim Auftauchen Dekompressionsstopps einplanen zu müssen. So erlaubt z. B. die Auftauchtabelle nach dem Tauchverband Professional Association of Diving Instructors (PADI) maximal 7 min Tauchzeit

Abb. 2: Systematik der Tauchunfälle (aus LPN1)





**Abb. 3:** Folgen eines Lungenüberdruckunfalls (Barotrauma) (aus LPN1)

auf 42 m Tiefe; Tiefen über 48 m benötigen immer Dekompressionsstopps. Beim Überschreiten dieser Zeit sind ein bis mehrere Dekompressionsstopps in unterschiedlichen Tiefen und mit unterschiedlicher Verweildauer notwendig, um eine Stickstoffentsättigung des Körpergewebes zu erreichen. Die Stickstoffentsättigung läuft auch nach Beendigung des Tauchganges weiter, sodass Oberflächenpausen vor dem nächsten Tauchgang eingehalten werden müssen.

Die fortwährende Entsättigung nach dem Tauchgang ist ebenso für die Empfehlung verantwortlich, nach dem Tauchgang ein 24-Stunden-Intervall bis zum nächsten Flug einzuhalten, da der Kabinendruck in Verkehrsflugzeugen niedriger (0,6 – 0,9 bar) als der normale Atmosphärendruck (1,0 bar auf Meereshöhe) ist (2, 3). Das kann bei Nichteinhaltung dieser Empfehlung zum Ausperlen von Stickstoff im noch nicht entsättigten Gewebe und zu einer Dekompressionskrankheit (Decompression illness [DCI]) Typ I führen (2).

Ein als Tiefenrausch (Stickstoffnarkose) bekanntes Phänomen kann individuell abhängig ab einer Tiefe von 30 m (entspricht einem Partialdruck des Stickstoffs von 3,2 bar im Atemgasgemisch) auftreten. Die Symptome beginnen mit einem reduzierten Reaktionsvermögen. Es treten Halluzinationen auf, es kommt zu Selbstüberschätzung und Orientierungslosigkeit, und ab einer Tiefe von über 90 m tritt ein Zustand der Bewusstlosigkeit ein. Deswegen werden von manchen Tauchern sogenannte Nitroxatmungs-gemische („Nitrox 32“ = 32 % O<sub>2</sub> und 68 % N<sub>2</sub>) mit reduziertem Stickstoffgehalt verwendet, um die Tauchzeiten zu verlängern, allerdings auf Kosten eines höheren Sauerstoffpartialdruckes (2). Dies kann zu einer Sauerstoffintoxikation führen, die schlagartig auftritt. Ab einem Sauerstoffpartialdruck (pO<sub>2</sub>) von etwa 1,6 bar, der in 70 m Tiefe

herrscht, kann es zu Schwindel, Erbrechen, Parästhesien und generalisierten Krampfanfällen kommen. Dieser Partialdruck wird aber beim Nitroxtauchen (z. B. „Nitrox 32“) schon ab einer Tiefe von 40 m erreicht (2).

### Tauchkomplikationen allgemein

Gefahren beim Tauchen sind vielfältig, aber vor allem durch den erhöhten Umgebungsdruck unter Wasser bedingt. Eine sichere Tauchtiefe gibt es nicht. Das Risiko für einen schweren Tauchunfall ist im Flachwasser viel höher, da in den ersten 10 m unter der Wasseroberfläche beim Aufstieg die relative Volumenzunahme am größten ist und bei angehaltenem Atem oder bei expiratorischen Problemen entsprechend der Druck in der Lunge am stärksten steigt. So treten in einer Tiefe von 1 bis 5 m immer wieder arterielle Gasembolien beim Tauchen im Schwimmbad oder Flachwasser auf (2).

Weiterhin entstehen häufig Barotraumen der Ohren, der Sinus und der Lunge bei fehlendem Druckausgleich beim Ab- und Auftauchen. Durch zu schnelles Auftauchen oder ungenügendes Einhalten von Dekompressionsstopps geht der durch den hohen Umgebungsdruck zuvor physikalisch gelöste Stickstoff zu schnell und in zu großen Mengen in den gasförmigen Zustand über. Dadurch können sich relevant große Stickstoffgasbläschen bilden, die zu einer DCS oder auch zu arteriellen Gasembolien (AGE) führen können (2, 4, 5). Die Dekompressionskrankheit lässt sich in einen Typ I (DCS I) mit Hautsymptomen und Schmerzen am Bewegungsapparat und in einen Typ II (DCS II) mit Barotrauma am Zentralen Nervensystem (ZNS), Ohr, Lunge und Herz-Kreislauf unterteilen. Eine weitere Gefahr stellt die häufig unterschätzte Dehydrierung dar. Aufgrund der trockenen Luft des Atemgasgemisches, der erhöhten Diurese – bedingt durch vermehrte Ausschüttung von atrialem natriuretischen Peptid (ANP) bei erhöhtem intrathorakalem Blutvolumen (ITBV), durch körperliche Arbeit oder Genuss von Alkohol als auch durch altersbedingte Vorerkrankungen wie Hypertonus oder Herzinsuffizienz und diverse Medikamente – kommt es zu einer Dehydrierung, die das Risiko für eine Gasbläschenbildung und konsekutiv einer nachfolgenden DCS oder AGE im Vergleich zu einer normal hydrierten Person um das Sechsfache erhöht (2, 4, 5). Studien zeigen zudem, dass Taucher, die älter als 45 Jahre sind, einer erhöhten Gefahr von Herz-Kreislauf-Komplikationen wie Hypovolämie und Lungenödem unterliegen, insbesondere bei einem Hypertonus, einer Herzinsuffizienz und der Einnahme von dehydrierenden antihypertensiven

Medikamenten (2). Denn schon das Eintauchen in Wasser bis zum Hals führt zu einem deutlich erhöhtem ITBV und somit zu einer erhöhten Volumenbelastung des Herzens (2, 6, 7, 9).

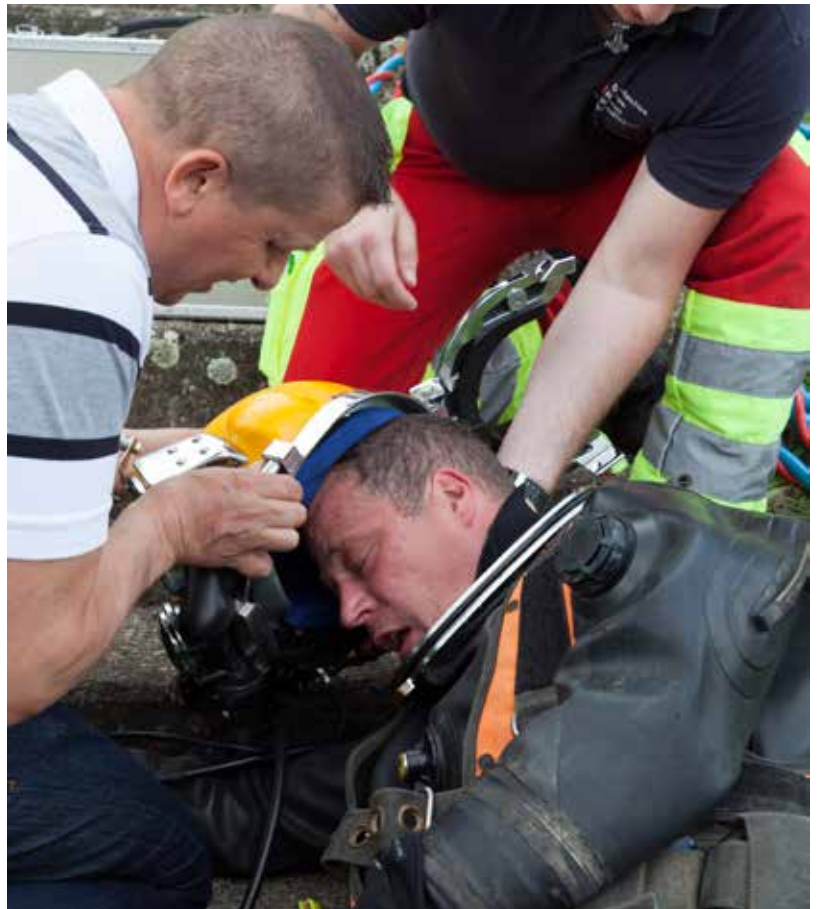
### Tauchkomplikationen und -unfälle

**Barotrauma Außenohr** → Füllt sich das Außenohr beim Tauchen mit Wasser, kann kein Barotrauma entstehen, da Flüssigkeiten nicht komprimierbar sind. Falls der Gehörgang durch Zerumen oder andere Veränderungen verschlossen ist, kommt es aufgrund der Druckzunahme zu einer Verringerung des Volumens im Gehörgang, und das Trommelfell wird nach außen gezogen. Mögliche Folgen sind Einblutungen und Rupturen (2).

**Barotrauma Mittelohr** → Beim Abtauchen steigt durch die Kompression der Druck im Mittelohr. Falls der Druck durch ein Valsalva-Manöver über die Tuben nicht angepasst werden kann, so wölbt sich das Trommelfell einwärts und kann auch hier einbluten und rupturieren (2).

**Barotrauma Innenohr** → Wenn eine gestörte Tubenfunktion beim Abtauchen vorliegt, entsteht folglich ein Unterdruck im Mittelohr, der das Trommelfell nach innen zieht und damit auch über die Gehörknöchelchen Druck auf das Innenohr ausübt. Durch das aktive Valsalva-Manöver entsteht ein explosionsartiger Druckausgleich, der zu einem Riss der Rundfenstermembran führen kann. Ebenso kann sich durch den Überdruck während des Auftauchens bei einer gestörten Tubenfunktion eine Vorwölbung des Trommelfells nach außen bilden. Auch in diesem Fall kann es über die ausgelenkten Gehörknöchelchen zu einer mechanischen Schädigung des Innenohres kommen. In beiden Fällen treten Symptome wie Hörverlust, Tinnitus, stärkster Drehschwindel oder Schmerzen auf (2).

**Barotrauma Nasennebenhöhlen** → Die Nasennebenhöhlen verhalten sich als luftgefüllte Hohlräume ebenso wie das Mittelohr. Bei steigendem Druck verkleinert sich das Volumen und Luft strömt aus den Atemwegen oder der Tauchermaske nach. Sind die Belüftungswege verlegt, schwellen die Schleimhäute an, Blutgefäße können einreißen, sodass sich Sekret und Blut in die Nasennebenhöhlen ergießen. Da Flüssigkeiten nicht komprimierbar sind, stellt sich so der Druckausgleich her. Beim Auftauchen dehnt die Luft sich wieder aus und bei einem ausreichend hohen Überdruck öffnen sich explosionsartig die Belüftungswege. Dabei kommt es zu einem Sekret- und Blutabgang (2).



**Abb. 4:** Wenn eine gestörte Tubenfunktion beim Abtauchen vorliegt, entsteht ein Unterdruck im Mittelohr, der das Trommelfell nach innen zieht und damit auch über die Gehörknöchelchen Druck auf das Innenohr ausübt. (Foto: H. Bartmann, [www.tauchunfall.de](http://www.tauchunfall.de))

**Barotrauma Zähne** → Liegen aufgrund von Karies kleine luftgefüllte Hohlräume in den Zähnen vor, strömt durch Unterdruck Luft nach. Falls ein Ventilmechanismus gegeben ist, treten beim Auftauchen Schmerzen durch den Überdruck auf, der bis zur Zerstörung des Zahns gehen kann (2).

**Unterdruckbarotrauma der Lunge** → Ein Barotrauma der Lunge durch Unterdruck ist relativ selten und tritt nur beim Apnoetauchen (Abtauchen mit angehaltener Luft) auf. Wenn das Gasvolumen der Lunge auf weniger als das Residualvolumen [RV] komprimiert wird, entsteht infolgedessen ein Unterdruck im Alveolarraum, was zum Austritt von Flüssigkeit aus dem Blut in den Alveolarraum und zu einem Lungenödem führt. Normalerweise tritt das Lungenödem erst bei 30 m Tiefe auf (bei einer angenommenen totalen Lungenkapazität [TCL] von 6,0 l und einem RV von 1,5 l ist die Lunge gemäß Boyle-Mariotte bei einem Wasserdruck von 4,0 bar entsprechend 30 m Tiefe auf 1,5 l komprimiert). Es kann aber auch bei anderen Lungenvolumina schon in geringeren Tiefen auftreten.

Der Grund, warum professionelle Apnoetaucher deutlich größere Wassertiefen erreichen, hat mit dem Phänomen des Blood Pooling/Bloodshift und mit der Atemtechnik des Lung Packing (mehr Luft

**Tab. 1: Einfluss von Bloodshift in den Thorax und Lungpacking auf die maximal erreichbare Tauchtiefe beim Apnoetauchen**

Lungenvolumina	$p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$	max. erreichbare Tiefe
VC: 74 l TLC: 9,6 l RV: 2,2 l	1 bar $\times$ 9,6 l = 4,36 bar $\times$ 2,2 l	33,6 m
VC: 74 l TLC: 9,6 l RV: 0,67 l	1 bar $\times$ 9,6 l = 14,3 bar $\times$ 0,67 l	133 m
VC: 74 l TLC: 11,6 l RV: 0,67 l	1 bar $\times$ 11,6 l = 17,3 bar $\times$ 0,67 l	163 m

\* VC: Vitalkapazität, TLC: totale Lungenkapazität, RV: Residualvolumen, p: Druck, V: Volumen

als normal wird durch Nasen-Rachen-Raum aufgenommen und später in die Lunge gepresst) bzw. durch eine trainierte Verbesserung der Thoraxelastizität zu tun (2). Das soll an dieser Stelle anhand eines Rechenbeispiels mit den Leistungsdaten des Rekord-Apnoetauchers Pipin Ferreras veranschaulicht werden. Angegeben sind die Lungenvolumina Vitalkapazität (VC), TLC und RV sowie die nach Boyle-Mariotte aufgestellte Gleichung, nach der gezeigt wird, in welcher Tiefe die Lunge das RV erreicht hat (Tab. 1, Zeile 1). Nun wurde bei Pipin Ferreras ein Bloodshift von 1,53 l Blut in den Thorax gemessen, d. h. das Residualvolumen (RV 2,2 l – Bloodshift 1,53 l = 0,67 l) reduziert sich entsprechend auf 0,67 l (Tab. 1, Zeile 2).

Bei der Atemtechnik des Lung Packing kann nach einer maximalen Einatmung durch ein weiteres Nachpressen von zusätzlicher Luft in die Lunge die totale Lungenkapazität um 2 – 3 l erhöht werden. Dies führt selbstverständlich zu einer deutlichen Überblähung der Lunge, erhöht aber hingegen die tatsächlich erreichbare maximale Tauchtiefe (TLC 9,6 l + Lung Packing 2,0 l = 11,6 l) (Tab. 1, Zeile 3) (2).

**Überdruckbarotrauma der Lunge** → Beim SCUBA-Tauchen mit Atemgas wird die Lunge mit einem der Tiefe entsprechenden Druck aus dem Tauchgerät gefüllt. So muss während des Auftauchens das sich ausdehnende Gas in der Lunge fortwährend ausgeatmet werden. Wenn aber bei einem zu schnellen Aufstieg der Druckabfall schneller erfolgt, als das Gas in der Lunge abgeatmet werden kann, kommt es zu einer Überdehnung der Lunge und zu Gewebelinien. In der Folge kann ein Mediastinalemphysem, ein Pneumothorax entstehen oder, wenn ein Ventilmechanismus besteht, sich daraus ein Spannungspneumothorax entwickeln, der unbehandelt innerhalb weniger Minuten zum Tode führen kann (2).

**Barotrauma der Augen / Gesichtshaut** → Die Ursache für ein Barotrauma der Augen und der umgebenden Haut ist ein fehlender Druckausgleich in der Tauchmaske über die Nase beim Abtauchen. Hierbei kann es zu Hämatomen, Erythemen, konjunktivalen Injektionen und zu einem Korneaödem mit Sehstörungen kommen (2).

**Barotrauma des Gastrointestinaltraktes** → Falls beim Tauchen mit dem Atemgerät fehlerhaft geatmet und dadurch Luft geschluckt wird oder vor dem Tauchgang CO<sub>2</sub>-haltige Getränke getrunken wurden, kann eine Überdehnung des Magens/Darms entstehen, die zu Oberbauchschmerzen bis hin zu seltenen Einzelfällen mit einer Magenruptur führen kann (2).

**Dekompressionskrankheit** → Durch den erhöhten Umgebungsdruck gehen größere Mengen der im Atemgas enthaltenen Inertgase (Gase, die nicht am Stoffwechsel reaktiv teilnehmen und unverändert wieder abgeatmet werden) – je nach Atemgas Stickstoff, Helium, Neon oder Argon – im Körper in Lösung als bei Normaldruck. Beim Abstieg, der Kompressionsphase, diffundieren durch den hohen Partialdruck in der Lunge die Inertgase entlang des Partialdruckgefälles in das Blut und von dort ins Gewebe.

Beim Tauchen in einer konstanten Tiefe kommt es mit der Zeit zu einem Ausgleich der Partialdruckunterschiede der Inertgase zwischen Lunge, Blut und Gewebe; man spricht von einer Sättigung. Beim Aufstieg, der Dekompressionsphase, kehren sich die Partialdruckverhältnisse wieder um. Der Partialdruck der Inertgase (hier macht v. a. der Stickstoff mit seinem Anteil von 79 % an der Atemluft den größten Teil aus) in der Lunge sinkt, sodass es zu einer Entsättigung der Inertgase aus dem Gewebe kommt und diese über die Lunge abgeatmet werden müssen. Damit das Gewebe nicht zu schnell entsättigt und es zu pathologischem Blasenwachstum kommt, werden in unterschiedlichen Tauchtiefen Dekompressionsstopps eingelegt, um den Mikroblasen Zeit zu geben, abgeatmet zu werden (2). Unter dem Begriff Dekompressionserkrankung werden die Dekompressionskrankheit Typ I, Typ II und die arterielle Gasembolie zusammengefasst (Abb. 2).

Nach tiefen, langen Tauchgängen, Sättigungstauchgängen, mehrfachen Tauchgängen hintereinander oder zu schnellem Aufstieg sowie Notaufstiegen kann es zum Ausperlen von Gasbläschen aus im Blut oder Gewebe gelöstem Inertgas kommen und es entsteht (je nach Schweregrad) eine Dekompressionskrankheit Typ I (DCS I), Typ II (DCS II) oder arte-

rielle Gasembolie. Letztere entsteht aufgrund eines Überdruckbarotraumas der Lunge. Durch einen Lungeneinriss gelangt Luft über die Lungenarteriolen und -venen in die arterielle Strombahn und kann in den Organen zu lebensbedrohlichen Atemgasembolien führen (2).

Aufgrund der guten arteriellen Versorgung des Gehirns gehört es zu den Geweben, die das Inertgas schnell auf- und entsättigen. Deshalb treten ZNS-Symptome relativ schnell nach dem Tauchgang auf. Das Rückenmark hingegen zählt zu den langsamen Geweben bei der Sättigung. Daher treten spinale Symptome relativ spät auf (2).

Die Unterscheidung, ob bei zerebralen Symptomen ursächlich ein DCS II oder eine AGE vorliegt, lässt sich durch die klinisch vorhandenen Symptome nicht differenzieren. Man kann aber anhand des Tauchprofils und der Dynamik die Ursache enger eingrenzen (Tab. 4) (2).

Ein universitäres Notfallzentrum in der Schweiz untersuchte retrospektiv u. a. die Verteilung von Tauchunfällen in der Schweiz, die sie von 2006 bis 2016 im Hinblick auf die zugrundeliegende Pathologie des Unfalls behandelt haben (Abb. 5).

**Notfallbehandlung der Dekompressionserkrankung**

Die Behandlung der Barotraumen erfolgt nach notfallmedizinischen Leitlinien bzw. symptomatisch durch die jeweiligen fachärztlichen Abteilungen und soll hier nicht weiter beleuchtet werden. Neben den notfallmedizinischen Maßnahmen nach internationalen Leitlinien (z. B. des European Resuscitation Council [ERC] und der American Heart Association [AHA]) und den ABCDE-Regeln sollte als erste Maßnahme nach einem Tauchunfall 100 % Sauerstoff mit dem größtmöglichen Flow gegeben werden.

Am effektivsten ist abhängig vom Glasgow Coma Score des Patienten eine nicht-invasive/invasive CPAP- (Continuous Positive Airway Pressure) oder maschinelle Beatmung, da hier eine FiO<sub>2</sub> von 1.0 erreicht wird. Dadurch erfolgt eine Denitrogenisierung der Luft in der Lunge (Stickstoff aus der normalen Luft wird durch Sauerstoff ersetzt, die Lunge ist somit inertgasfrei), sodass die Partialdruckdifferenz von Stickstoff zwischen Blut und alveolärer Luft maximal vergrößert wird und somit der Stickstoff schneller abgeatmet werden kann (2, 9).

Treten milde Symptome eines DCS, die sich nach 30 min unter 100 % Sauerstoff nicht zurückbilden, oder schwere Symptome auf, muss der Patient über die Vermittlung der Rettungsdienstleitstelle zu einer verfügbaren Druckkammer transportiert

werden. Hier wird dann eine hyperbare Oxygenierungstherapie (HBO) nach Standardtabellen durchgeführt. Das Prinzip der HBO-Therapie in der Druckkammer unter 100 % Sauerstoffatmung und einem Druck von 280 kPa (entspricht 18 m Wassertiefe) beruht einerseits auf dem oben beschriebe-

**Tab. 2: Klassifikation der Dekompressionserkrankung (2)**

DCS I	DCS II	AGE
Beteiligung: • Haut (Juckreiz, Rötung, Schwellung) • Bewegungsapparat (Schmerzen in Gelenken oder Extremitäten)	Beteiligung: • ZNS (Bewusstlosigkeit, neurologische Ausfälle) • Innenohr (Gleichgewichts- oder Hörstörungen) • Lunge/Herz-Kreislauf (Brustschmerzen, Dyspnoe, Rhythmusstörungen, Schock) • andere Organsysteme • Symptome des DCS I unter erhöhtem Umgebungsdruck	fulminantes Syndrom mit frühem Beginn einer progredienten neurologischen Symptomatik

**Tab. 3: Zerebrale und spinale Symptome (2)**

Zerebrale Symptome	Spinale Symptome
• Somnolenz bis Koma • Verwirrtheit • epileptische Anfälle • halbseitige Gefühlsstörungen • Sehstörungen, vor allem halbseitig, wie Doppelbilder, Bulbusbewegung • Aphasie • Lese-, Schreib- oder Rechenstörungen • Neglect • Störungen des Kleinhirns: Ataxie, Dysdiadochokinese, Dysarthrie, Nystagmus, Schwindel	• Rückenschmerzen oder gürtelförmige Ausstrahlung • Paraparese/Tetraparese • pathologische Reflexe • Dysästhesie unterhalb des betroffenen Rückenmarksegmentes in Kombination mit Paresen • Blasen- oder Mastdarmstörungen

**Tab. 4: Kriterien zur klinischen Entscheidungshilfe zwischen DCS und AGE (2)**

DCS I	DCS II	AGE
Tauchprofil	• tiefe, lange Tauchgänge • Sättigungstauchgänge • Wiederholungstauchgänge • zu schneller Aufstieg	• schneller Aufstieg • Notaufstieg • unabhängig von der Tauchtiefe
Symptombeginn nach dem Tauchgang	• Minuten bis Stunden • meist innerhalb 3 – 6 Stunden • zerebrale Symptome auch früher	• unmittelbar nach Ende des Tauchgangs • meist innerhalb weniger Minuten
Symptome	• Apathie, Bewusstlosigkeit • Schwindel, Erbrechen • neurologische Ausfälle • andere Symptome der DCS wie Hautmanifestationen, Schmerzen	• Apathie, Bewusstlosigkeit • Schwindel, Erbrechen • neurologische Ausfälle • pulmonale Symptome • Herz-Kreislauf-Versagen möglich

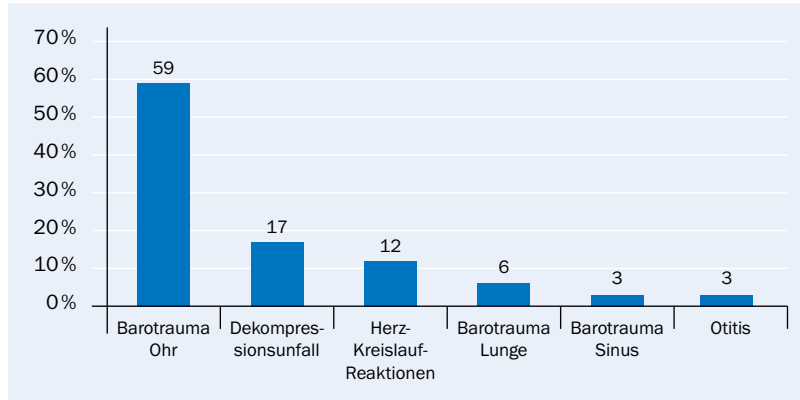


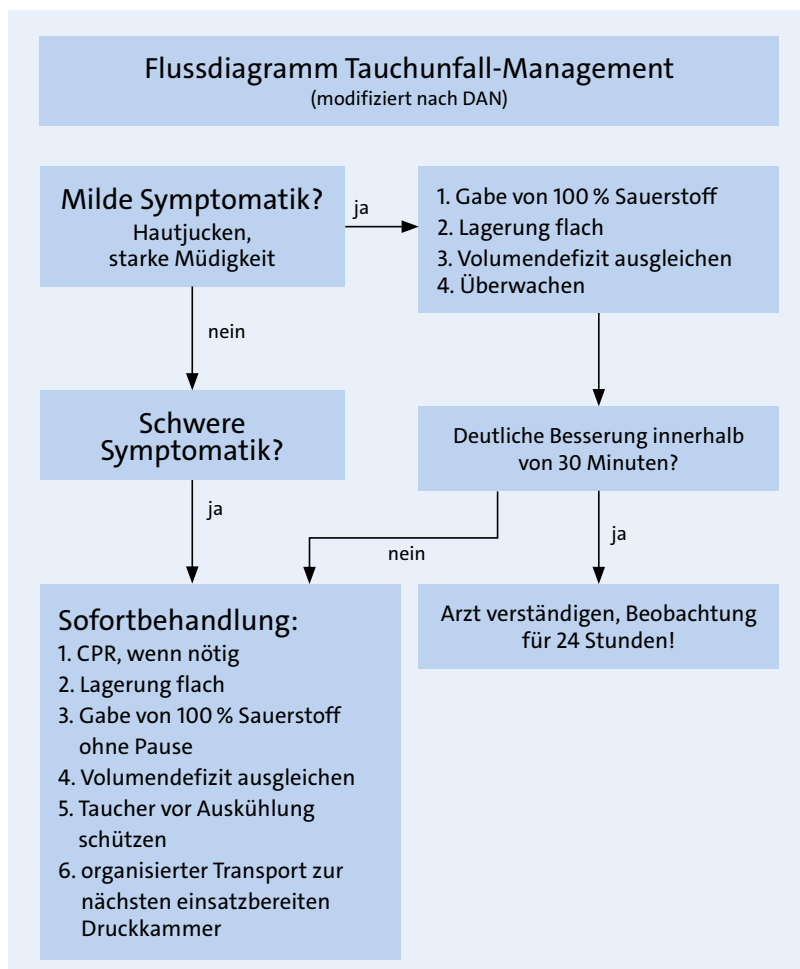
Abb. 5: Verteilung von Tauchunfällen in der Schweiz

nen Effekt der schnelleren Abatmung von Inertgas über die inertgasfreie Lunge aufgrund der höheren Partialdruckdifferenz zum inertgasgesättigtem Blut und andererseits auf der physikalischen Verkleinerung der im Blut und Gewebe entstandenen Inertgasblasen durch die atmosphärische Druckerhöhung (2, 9).

### Durchführung einer HBO-Therapie

Eine bildgebende Diagnostik ist routinemäßig nicht erforderlich (9). Bei Verdacht auf Pneumothorax soll

Abb. 6: Management des Tauchunfalls (aus LPN1)



eine bildgebende Diagnostik durchgeführt werden (Thorax-Röntgen, Sonografie, Computertomografie), wenn dies ohne relevanten Zeitverlust möglich ist. Weitere Maßnahmen nach medizinischem Erfordernis im jeweiligen Einzelfall wären folgende (9):

- Pleuradrainage, falls erforderlich
- Parazentese, falls Patienten nicht selbstständig einen Druckausgleich im Mittelohr durchführen können
- Blasenkatheter, falls erforderlich.

### Behandlungstabellen

Als Standardbehandlungstabelle gilt die US Navy Treatment Table 6 (Abb. 8) oder Modifizierungen mit einem initialen Behandlungsdruck von 280 kPa. Diese Tabelle wird für alle Tauchunfälle empfohlen, unabhängig vom verwendeten Atemgas des verunfallten Tauchers, wie z. B. Luft, Nitrox, Triox, Trimix oder Heliox. Es besteht die Möglichkeit einer Verkürzung der Druckkammerbehandlung bei einem vollständigen Rückgang der nachfolgend aufgeführten Symptome innerhalb der ersten 10 min der hyperbaren Oxygenation bei 280 kPa (9):

- konstitutionelle bzw. unspezifische Symptome – ausgeprägte Müdigkeit
- kutane Symptome – Hautveränderungen
- lymphatische Symptome – lokale Schwellung
- muskuloskeletale Symptome – Gelenk- und Gliederschmerzen
- leichte peripher-neurologische subjektive sensorische Störungen ohne objektivierbare pathologische Befunde.

In diesen Fällen kann die Behandlung verkürzt entsprechend einer US Navy Treatment Table 5 oder analogen Tabellen beendet werden. Es dürfen jedoch keine zusätzlichen schweren Symptome vorliegen oder vorgelegen haben.

Bei inkomplettem oder fehlendem Rückgang der Beschwerden oder Symptomen unter der hyperbaren Oxygenation wird die initiale Druckkammerbehandlung verlängert. Auf einem Behandlungsdruck von 280 kPa werden maximal zwei Verlängerungen von jeweils 25 min Dauer (20 min Sauerstoffatmung und 5 min Luftatmung) durchgeführt, bei einem Behandlungsdruck von 190 kPa werden ebenfalls maximal zwei Verlängerungen von jeweils 75 min Dauer (3× 20 min Sauerstoffatmung und 3× 5 min Luftatmung) durchgeführt (9).

- Ist der behandelte Taucher nach 60 min (3× 20 min) Sauerstoffatmung auf dem initialen Behandlungsdruck von 280 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird auf diesem Behandlungsdruck eine erste Verlängerung von 20 min

Sauerstoffatmung und 5 min Luftatmung durchgeführt.

- Ist der behandelte Taucher nach 80 min (4× 20 min) Sauerstoffatmung auf 280 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird auf diesem Behandlungsdruck eine zweite Verlängerung von 20 min Sauerstoffatmung und 5 min Luftatmung durchgeführt. Anschließend erfolgt die Dekompression auf 190 kPa gemäß Tabelle 6.
- Ist der behandelte Taucher nach 60 min (3× 20 min) Sauerstoffatmung auf einem Behandlungsdruck von 190 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird nach insgesamt 120 min (6× 20 min) Sauerstoffatmung auf diesem Druckniveau eine dritte Verlängerung von weiteren 60 min (3× 20 min) Sauerstoffatmung und 15 min (3× 5 min) Luftatmung durchgeführt.
- Ist der behandelte Taucher nach insgesamt 120 min (6× 20 min) Sauerstoffatmung auf 190 kPa nicht nahezu beschwerdefrei, wird nach insgesamt 180 min (9× 20 min) Sauerstoffatmung auf diesem Druckniveau eine vierte Verlängerung von weiteren 60 min (3× 20 min) Sauerstoffatmung und 15 min (3× 5 min) Luftatmung durchgeführt. Anschließend erfolgt nach insgesamt 240 min Sauerstoffatmung auf 190 kPa die Dekompression auf Umgebungsdruck gemäß Tabelle 6 (9).

Andere Behandlungstabellen, v. a. mit längeren Behandlungszeiten und höheren Behandlungsdrücken, sowie Mischgas- und Sättigungsbehandlungstabellen, sollen Einrichtungen bzw. Personal mit besonderer Erfahrung, Kenntnissen und einer entsprechenden Ausrüstung vorbehalten bleiben, die es ermöglichen, auch mit unerwünschten Ereignissen und Ergebnissen umgehen zu können. Bei allen Behandlungstabellen sind sauerstoffangereicherte Atemgasgemische anzuwenden (9).

Wird bei unzureichender Dekompression ohne Symptomatik die Indikation für eine Druckkammerbehandlung gestellt, sind kürzere Behandlungstabellen möglich, z. B. US Navy Treatment Table 5, „Problemwunden-Schema“. Nach initialer Druckkammerbehandlung ohne Besserung ist die Differenzialdiagnose zu überprüfen.

### Maßnahmen während der ersten Druckkammerbehandlung

- wiederholte neurologische Kontrolluntersuchungen, z. B. während Luftatmungsphasen, immer vor Entscheidungen über evtl. erforderliche Ver-



**Nicht baden gehen**

**Sondern Taucheinsätze professionell führen**

## Einheiten und Führungsorganisation im Taucheinsatz

von M. Döhla

- ▶ **taktische Konzepte**
- ▶ **Leitung und Aufsicht**
- ▶ **Konsequenzen für die Ausbildung**



Der Band schlägt ein einheitliches Konzept der Führungsorganisation für Taucheinsätze vor. Es ist organisationsübergreifend und integrativ gestaltet, sodass es in regionale Konzepte eingebunden und sowohl für kleine Taucheinsätze wie für Großeinsätze verwendet werden kann. Die dargestellten Grundsätze für die Gliederung und Stärke taktischer Einheiten sollen Taucheinsätze für alle Beteiligten sicher und effektiv machen.

- 1. Auflage 2015
- 56 Seiten
- 22 Abbildungen und 3 Tabellen
- durchgehend farbig
- Softcover

Best.-Nr. 156

€ **8,90**

Bestellen Sie jetzt direkt  
in unserem Online-Shop:

[www.skverlag.de/shop](http://www.skverlag.de/shop)

**S+K**  
Stumpf+Kossendey  
Verlag