

ZERTIFIZIERTE FORTBILDUNG

www.skverlag.de/zf



Notfälle im nassen Element: Der Tauchnotfall

Teilnahme online: 1. bis 31. August 2021

äkn ärztekammer
niedersachsen

Zertifiziert von der Ärztekammer Niedersachsen mit 2 Punkten und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.



Anerkannt und zertifiziert vom Bildungsinstitut des DRK-Landesverbandes Rheinland-Pfalz.

Kostenloses E-Learning für alle Abonnenten

Alle RETTUNGSDIENST-Abonnenten haben mit der Zertifizierten Fortbildung die Möglichkeit, einen Teil ihrer vorgeschriebenen jährlichen 30-Stunden-Fortbildung online zu absolvieren. Alles, was Sie dafür tun müssen: den folgenden Fortbildungsartikel lesen, auf www.skverlag.de/zf einloggen und die 10 Multiple-Choice-Fragen zum Artikel beantworten. Das Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme können Sie sich gleich anschließend herunterladen und der anerkennenden Stelle vorlegen. Am Jahresende stellen wir Ihnen dann noch ein vollständiges Jahreszertifikat zur Verfügung.

Teilnahme per Smartphone oder Tablet!

Die App dafür kann über den Google Play Store oder den iTunes App Store kostenlos heruntergeladen werden. Die Links zu den Apps finden Sie unter www.skverlag.de/zf

Die Zertifizierte Fortbildung wird anerkannt von:



AGBF Niedersachsen





Abb. 1: Präklinische Versorgung eines verunfallten Tauchers mit 100 % Sauerstoff (normobar)

Notfälle im nassen Element: Der Tauchnotfall

Verunfallte Taucher sind für den regulären Rettungsdienst eine nicht alltägliche Situation und eine besondere Herausforderung. Dies liegt nicht nur an der mangelnden Routine, sondern auch an zumeist fehlenden ergänzenden Kenntnissen aus den Bereichen der physikalischen Gesetze, besonderer Begleiterkrankungen und leitlinienkonformer Weiterversorgungen im klinischen, fachärztlichen Bereich. Zur Epidemiologie lässt sich sagen, dass „das Risiko für das Auftreten eines Dekompressionsunfalls bei Tauchern oder Druckluftarbeitern in deutlicher Abhängigkeit von den Tauchbedingungen und den -aufgaben steht. Die Häufigkeit wird zwischen 1 (Sporttaucher) und 9,5 (Berufstaucher) pro 10.000 Tauchgängen angegeben“ (1). In den folgenden Abschnitten werden diese Punkte näher ausgeführt und das notwendige notfallmedizinische Wissen handlungsorientiert dargestellt.

Die Physik der Gase

Das Gesetz von Dalton wurde bereits im ersten Teil dieses Artikels im Abschnitt des Schwimmbad-Blackouts thematisiert. Es besagt, dass die Summe aller Partialdrücke gleich dem Gesamtdruck eines Gasgemisches ist. Wir wissen auch bereits, dass sich der atmosphärische Druck auf Meereshöhe bei 1 bar bewegt. Was aber passiert nun beim Tauchen oder genauer gesagt beim Abtauchen unter Wasser?

Unter Wasser verändern sich die auf dem Taucher lastenden Druckverhältnisse. Das bedeutet, dass pro 10 m Wassertiefe der Umgebungsdruck um 1 bar

steigt. In 10 m Tiefe lasten also bereits 2 bar Druck auf dem Taucher, in 20 m Tiefe 3 bar usw. Dieser Druck lastet entsprechend auch auf seinen Organen. Der atmosphärische Druck summiert sich also mit dem Wasserdruck zum Gesamtdruck, der den Taucher umgibt bzw. der unter Wasser herrscht.

Die Auswirkungen auf die luftgefüllten Organe und Hohlräume im menschlichen Körper spielen eine wesentliche Rolle. Exemplarisch betrachten wir die Lunge. Gemäß dem Gesetz von Boyle und Mariotte sind Druck und Volumen konstant ($p \times V = \text{const}$). Für das Tauchen ist diese Tatsache insofern interessant, da sich das Volumen bei steigendem Umgebungs-

Autoren:

Philipp Rocker, B.A.
Medizinpädagoge,
Notfallsanitäter,
Praxisanleiter
philipp.rocker@
johanniter.de

Daniel Spellerberg, B.A.
Freier Dozent
Notfallsanitäter,
Praxisanleiter, Fachaus-
bilder Wasserrettung
d.spellerberg@gmx.de

druck verringert. Die Lunge wird unter Wasser quasi „zusammengedrückt“ und verliert unter steigendem Druck an Volumen. Grundsätzlich gilt eine Volumenhalbierung bei einer Druckverdoppelung. Unter Wasser steht dem Taucher also nur ein eingeschränktes Lungenvolumen zur Verfügung, das durch ein Tauchgerät mit Lungenautomat ausgeglichen wird.

Physiologie des Tauchens

Was passiert mit der Inspirationsluft, die der Taucher aus dem Tauchgerät bezieht? Wir gehen hier und im Folgenden von regulärer Druckluft gemäß DIN EN 12021 „Atemgeräte – Druckgase für Atemgeräte“ aus. Der Umgebungsdruck steigt bei größerer Tauchtiefe, somit steigen auch die uns bereits bekannten Partialdrücke der Atemgasfraktionen dem anliegenden Gesamtdruck entsprechend an.

Welche Rolle spielt der Lungenautomat als Teil des Atemreglers, wie er von Tauchenden verwendet wird? Dieser sorgt dafür, dass die Lunge sich während des Tauchens nicht verkleinert, sondern ihr regulär physiologisches Volumen hält, indem der Lungenautomat die Einatemluft des Tauchers bzw. die Luftmenge, die der Taucher einatmen muss, um die Lunge entsprechend zu „entfalten“, dem Umgebungsdruck anpasst. Das bedeutet: Je tiefer der Taucher sich unter Wasser befindet, desto höherer Umgebungsdruck herrscht und entsprechend mehr Druckluft, also auch höhere Partialdrücke (mehr „Teilchen“ eines jeden Bestandteils des Gasmisches) werden eingeatmet. Je tiefer sich

der Taucher unter Wasser befindet, desto mehr Luftteilchen sind notwendig, um das verkleinerte Volumen der Lunge auszugleichen und eine normale Atmung zu ermöglichen. Diese Funktion erfüllt der Lungenautomat (die hier dargestellte Beschreibung der Funktion eines Lungenautomaten ist stark vereinfacht und dient nur zum Verständnis der Tauchphysiologie und nicht zur technischen Erklärung).

Grundsätzlich lässt sich ein Tauchgang in drei Phasen einteilen. Wir sprechen von der Kompressionsphase, Isopressionsphase und der Dekompressionsphase.

Ein weiteres wichtiges physikalisches Gesetz, um die später mit Tauchen assoziierten Notfälle zu verstehen, ist das Gesetz von Henry. „Das Gesetz von Henry besagt, dass die Konzentration eines Gases in einer Flüssigkeit direkt proportional zum Partialdruck des entsprechenden Gases über der Flüssigkeit ist“ (2). Einfacher ausgedrückt bedeutet dies nichts anderes als das, was wir in einer geschlossenen Sprudelflasche beobachten können: Flüssigkeiten sättigen sich unter Druck mit den Gasen ihrer Umgebung auf. Die Gase werden dabei nicht chemisch gebunden, sondern physikalisch gelöst. Die Gase verändern also unter Druck stehend ihren Aggregatzustand von gasförmig zu flüssig und lösen sich in den sie umgebenden Flüssigkeiten. Eine geschlossene Sprudelflasche steht unter Druck, also ist im Mineralwasser die Kohlensäure unter Druck gelöst (für das Auge nicht sichtbar).

Abb. 2: Systematik der Tauchunfälle

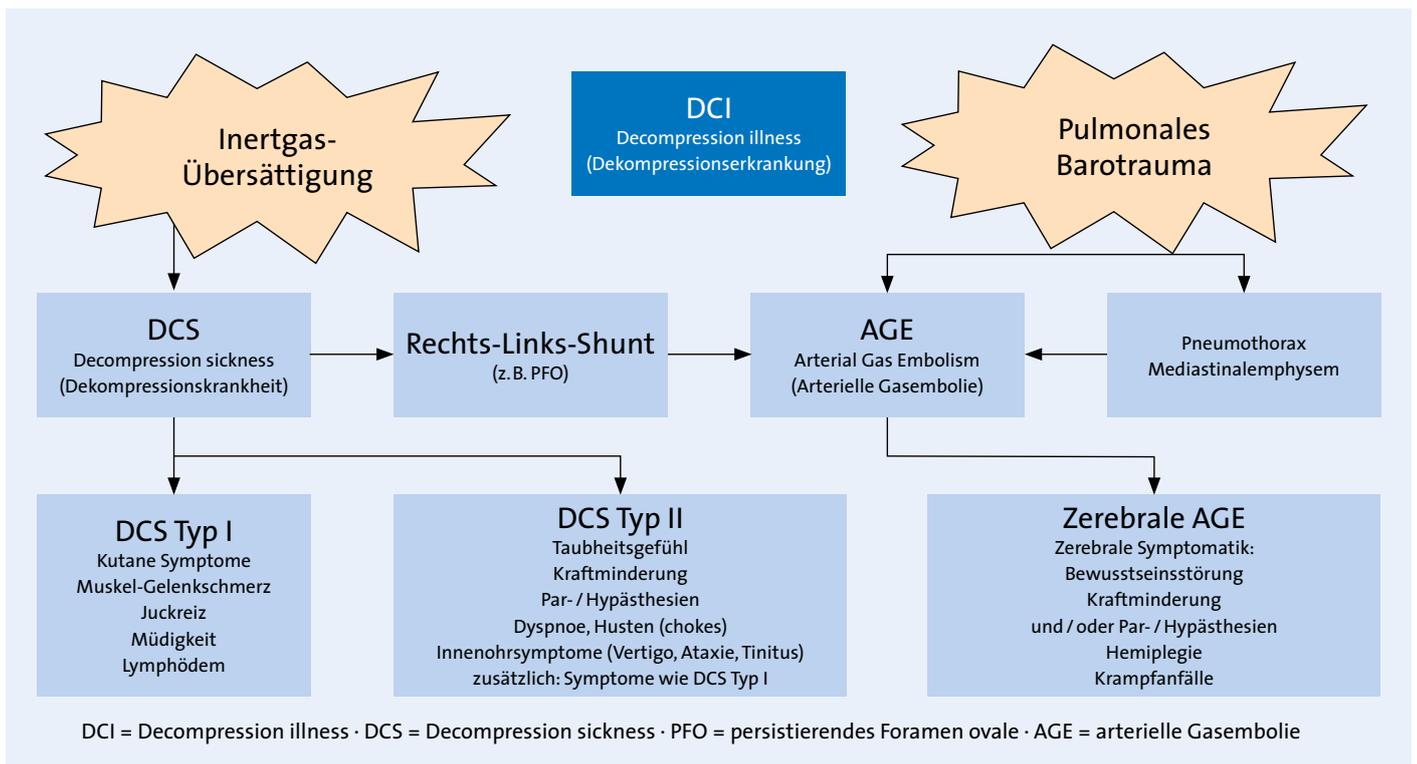
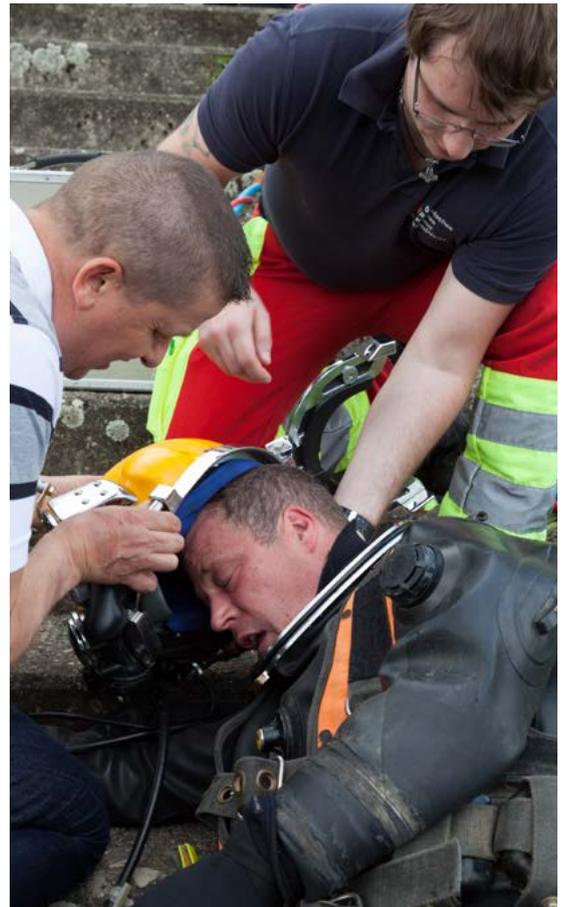




Abb. 3 (l.): Beatmung nach Tauchunfall

Abb. 4 (r.): Vorsichtiges Entfernen von Tauchhelm und Tauchanzug



Dieses Wissen ist für das Verstehen eines Tauchunfalls essenziell.

Was passiert mit den Gasen der Inspirationsluft, die der Taucher unter Druck einatmet? Grundsätzlich lässt sich ein Tauchgang in drei Phasen einteilen. Wir sprechen von der Kompressionsphase, Isopressionsphase und der Dekompressionsphase. Während der Kompressionsphase erhöht sich der auf den Taucher lastende Druck durch das Abtauchen. Es werden aufgrund des Gesetzes von Dalton höhere Partialdrücke mit Atemgas durch den Taucher aufgenommen, also mehr Teilchen eingeatmet. Aufgrund des Gesetzes von Henry werden eingeatmete Gase in Blut und Gewebe gelöst. Der aufgenommene Sauerstoff wird zum größten Teil verstoffwechselt und stellt uns medizinisch vor keine Probleme. Beim Stickstoff handelt es sich allerdings um ein Inertgas, also ein Gas, das nicht an Stoffwechselfvorgängen beteiligt ist. Je länger der Tauchgang durchgeführt wird und je tiefer sich der Taucher unter Wasser befindet, desto mehr Stickstoff befindet sich in gelöster Form in Blut und Gewebe. Während der Kompressions- und der sich anschließenden Isopressionsphase ergeben sich in der Regel keine größeren medizinischen Probleme. Während der Isopressionsphase, also der Druckausgleichsphase, bestehen konstante Druckbedingungen. Während der folgenden Phase des Auftau-

chens, also der Dekompressionsphase, greifen nun wieder die beschriebenen physikalischen Gesetze: Es kommt zu einer Volumenzunahme der luftgefüllten Organe aufgrund des sinkenden Drucks während des Aufstiegs. Eine Entlüftung ist daher zwingend erforderlich und wird in Bezug auf die Lunge durch kontinuierliches Ausatmen erreicht, um ein pulmonales Barotrauma, also eine Verletzung durch die sich ausdehnende Luft, zu verhindern (vgl. das Gesetz von Boyle-Mariotte).

Eine Entlüftungsstörung kann zur Zerstörung von Alveolargewebe und der Ausbildung eines Pneumothorax führen. Da während des Auftauchens insbesondere der bisher gelöste Stickstoff nun aber nicht mehr in flüssiger Form gelöst ist, kommt es zum Ausperlen von Gasblasen in Blut und Gewebe. „Sobald der Umgebungsdruck kleiner wird als der aktuelle Sättigungsdruck in den Geweben, besteht die Gefahr der Blasenbildung in der jeweiligen Lösung.“ Man spricht bei diesem Zeitpunkt auch von der „kritischen Überspannung.“ (3)

Die Konsequenz wären die folgend thematisierte Dekompressionserkrankung und die arteriellen Gasembolien, die durch das Einhalten von Dekompressionsstopps (kurz: Dekostopp) verhindert werden können. „Durch den Dekostopp werden die im Gewebe gelösten Gase kontrolliert abgegeben, da sie

durch den verminderten Druck in geringerer Wassertiefe langsam abgeatmet werden.“ (4) So kann langsam und gefahrlos der Stickstoff „entsättigt“ werden, bevor die Gasblasen aufgrund des fallenden Drucks zu groß werden.

Dekompressionserkrankung

Ursächlich für die Dekompressionskrankheit oder auch Taucherkrankheit bzw. Caisson-Krankheit ist also i. d. R. ein Tauchunfall mit einhergehender Veränderung des auf den menschlichen Organismus einwirkenden Umgebungsdrucks (5). Im Rahmen des Tauchens kommt es zur Veränderung eben dieses Umgebungsdrucks in Form eines Überdrucks. Findet dieser Wechsel zwischen Überdruck und Normaldruck zu schnell statt, ist eine Dekompressionskrankheit (engl. Decompression Illness Incident, DCI bzw. Decompression Sickness, DCS) wahrscheinlich.

Die Diagnosestellung und vor allem die Differenzialdiagnostik sind nicht immer ganz einfach, da nicht unbedingt ein direkt beobachteter Tauchunfall vorliegen muss. Es ist auch möglich, dass jemand mit ungünstigen Ausgangsvoraussetzungen regelkonform auftaucht, allerdings entsprechend schlechtere Bedingungen vorliegen, z. B. Dehydratation, schwere körperliche Anstrengungen während des Tauchgangs, Stress, erhöhter Körperfettanteil oder starke Umgebungskälte. Alle genannten Risikofaktoren haben Einfluss auf die Stickstoffkinetik und folglich auf die Entsättigung (6).

Die Dekompressionserkrankung führt unter bestimmten Bedingungen zu einem Rechts-Links-Shunt, der eine arterielle Gasembolie (AGE) auslösen kann.

Dekompressionskrankheiten sind klinisch stark variabel. Die Symptomausprägung kann mehrere Minuten nach dem Ereignis beginnen und sich bis zu mehreren Stunden hinziehen, bis sich das ausgeprägte Krankheitsbild manifestiert. Alle Dekompressionsunfälle können abhängig vom Entstehungsmechanismus in Dekompressionskrankheit und arterielle

Gasembolien (AGE) unterschieden werden. Bei der Dekompressionskrankheit ist die Bildung von Gasblasen in Blut und Gewebe nach längerem Aufenthalt im atmosphärischen Überdruck und entsprechender Aufsättigung mit Inertgas ursächlich. Bei der AGE befinden sich Gasblasen in der arteriellen Strombahn in der Folge eines Lungenbarotraumas oder nach Übertritt von venös entstandenen Gasblasen (7).

Die Dekompressionserkrankung führt unter bestimmten Bedingungen (Abb. 2) zu einem Rechts-Links-Shunt, der eine arterielle Gasembolie (AGE) auslösen kann. An dieser Stelle geht es darum, dass ausgebildete Gasblasen aus dem venösen System sozusagen arterialisiert und ins arterielle System übergeleitet werden, wo sie Schäden verursachen können. So können u. a. ischämische Insulte die Folge sein.

Ein besonderes Risiko tragen Menschen mit einem offenen Foramen ovale. „Bei einem offenen Foramen ovale (patent foramen ovale, PFO) handelt es sich um eine kleine Verbindung zwischen rechtem und linkem Vorhof im Herzen, die sich nach der Geburt nicht vollständig verschlossen hat. Jeder vierte Mensch ist Träger eines PFO. Dies stellt grundsätzlich kein Problem dar, da das PFO durch die Druckverhältnisse im Herzen und Brustkorb funktionell verschlossen ist.“ (8) „Beim Tauchen kommt diesen Kurzschlussverbindungen jedoch eine besondere Rolle zu, da bei den meisten Tauchgängen Mikrobläschen in der Dekompressionsphase und (auch noch) nach dem Tauchgang entstehen. Diese werden im venösen System (über das rechte Herz) in Richtung Lunge transportiert und dort (ohne Vorliegen eines pulmonalen Barotraumas) abgeatmet und führen zunächst einmal zu keinen Problemen. Liegt jedoch ein PFO vor, können diese Bläschen arterialisiert werden, d. h. sie geraten auf die arterielle Seite der Blutstrombahn“ (8) und lösen dort ggf. eine AGE aus. Der Shunt-Mechanismus kann zu einer paradoxen Embolie führen, da der Lungenkreislauf umgangen wird und es so zu einer zerebralen Embolie kommen kann. Auch kann ein pulmonales Barotrauma ohne Vorliegen einer DCI sozusagen selbstständig eine AGE auslösen, wenn Alveolarabschnitte durch sich ausdehnende Luft zerstört werden.

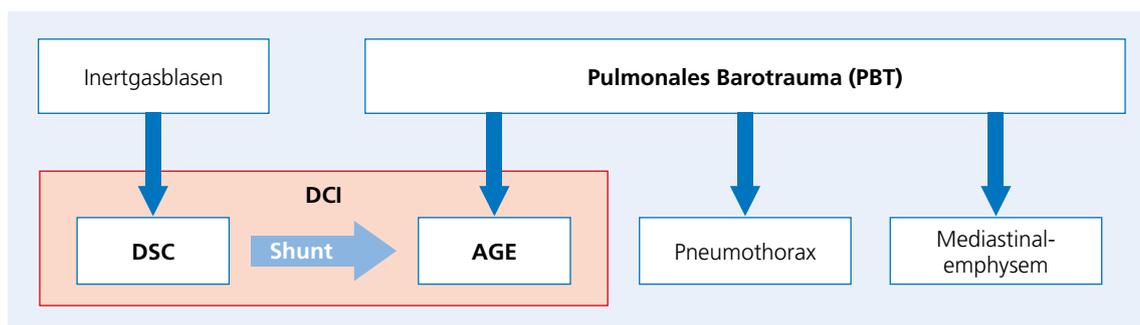


Abb. 5: Zusammenhang Barotrauma und Dekompressionskrankheit

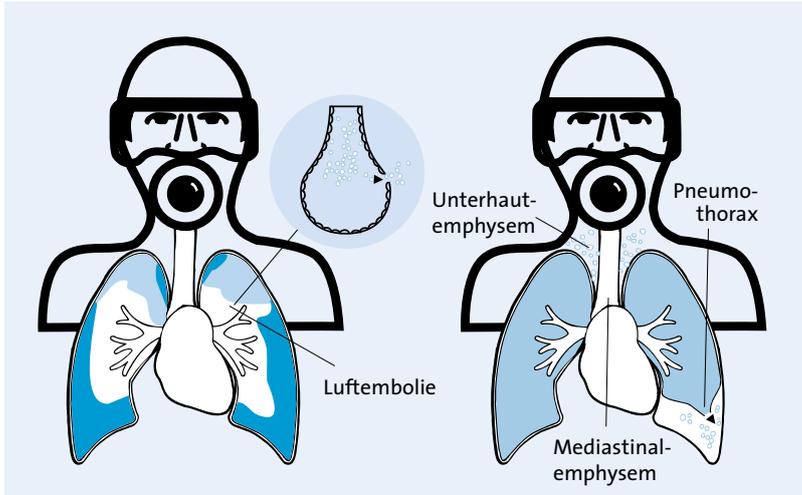


Abb. 6: Folgen eines Lungenüberdruckunfalls (Barotrauma)

Die Symptome einer DCI lassen sich in zwei Typen unterscheiden:

- Typ 1: muskuloskeletal, ist stark von bohrenden, dumpfen, nicht bewegungsabhängigen Muskel-, Knochen- und Bänderschmerzen geprägt.
- Typ 2: sensorische und neurologische Symptome stehen im Vordergrund, Parästhesien und Lähmungen sind möglich, aber auch Blasen- und Darmentleerungsstörungen können auftreten.

Als typisch beschrieben wird ein Hautjucken, das umgangssprachlich als „Taucherflöhe“ bezeichnet wird. Auch Symptome einer Lungenembolie sind möglich.

Abb. 7: Gabe von 100 % Sauerstoff mit Beutel nach Tauchunfall



Wichtiger für den medizinischen Bereich ist die Unterteilung in milde und schwere Symptome, da sich hiervon eine Versorgungsstrategie ableitet. In der aktuellen S2K-Leitlinie werden die milden Symptome wie folgt erläutert: „Auffällige Müdigkeit, Hautjucken („Taucherflöhe“) mit vollständiger oder fast vollständiger Rückbildung innerhalb von 30 Minuten nach Einleiten der spezifischen Erste-Hilfe-Maßnahmen.“ (7)

Die schweren Symptome stellen sich wie folgt dar: „Hautflecken und -veränderungen, Ameisenlaufen, Taubheitsgefühl, Schmerzen, Lähmungen, Blasenentleerungsstörungen, körperliche Schwäche, Atembeschwerden, Seh-, Hör-, Sprachstörungen, Schwindel, Übelkeit, Bewusstseinsstörungen, Bewusstlosigkeit sowie ein Fortbestehen unveränderter milder Symptome nach 30 min trotz der spezifischen Erste-Hilfe-Maßnahmen oder Wiederauftreten von Symptomen.“ (7)

Es sollte so lange wie möglich eine 100 %-ige O₂-Atmung zur Verfügung gestellt werden, auch unter Berücksichtigung mangelnder Sauerstoffvorräte an der Einsatzstelle.

Therapiemaßnahmen

Die Therapie des Tauchunfalls richtet sich immer nach der jeweiligen Symptomausprägung. „Ertrinkungsunfälle können Folge eines Tauchunfalls sein und müssen in einem solchen Fall spezifisch behandelt werden.“ (7) Grundsätzlich und unabhängig von allen weiteren Maßnahmen gilt die hochdosierte Inhalation von Sauerstoff als Standard. Dies kann über verschiedene Devices wie Larynx tuben oder Endotrachealtuben erfolgen. Eine CPAP-Beatmung kann je nach respiratorischer Situation erwogen werden, allerdings muss hier das Risiko eines Pneumothorax oder die mögliche Verschlimmerung der Symptome beachtet werden, auch wenn ohne Vorliegen einer Kontraindikation die noninvasive Beatmung zugunsten der neurologischen Untersuchung einer Intubationsnarkose vorzuziehen ist (7). Es sollte so lange wie möglich eine 100 %-ige O₂-Atmung zur Verfügung gestellt werden, auch unter Berücksichtigung mangelnder Sauerstoffvorräte an der Einsatzstelle. Ein Mindestdurchfluss von 15 l/min sollte nicht unterschritten werden, eine Zumischung von Raumluft nicht erfolgen. „Die Atmung von 100 % Sauerstoff muss auch vom Rettungsdienst ohne Pause bis zum Erreichen der Behandlungsdruckkammer weitergeführt werden.“ (7)

Die 100 %-ige Sauerstoffgabe ist unabhängig des beim Tauchen verwendeten Gases anzustreben. Dies gilt eben auch für sauerstoffangereicherte Druckluft (NITROX). Bei etwaigen NITROX-Tauchgängen

sollte als mögliche Tauchunfallursache auch immer die mögliche Komplikation der Sauerstofftoxizität erwogen werden. Es können ab bestimmten erhöhten Sauerstoffpartialdrücken ZNS-Vergiftungserscheinungen und Krämpfe sowie Verwirrheitszustände auftreten, die in ihrer Folge zu einem Tauchunfall führen. Dies ist bei regulären Gasgemischen und Sporttauchern unwahrscheinlich, sollte aber mindestens der Vollständigkeit halber Erwähnung finden. Die sich anschließende Therapie unterscheidet sich nicht.

Es ist immer nach ABCDE-Standard vorzugehen und unabhängig davon, mit welcher Schwere die Symptome auftreten, eine Sauerstoffatmung anzustreben. Nachdem neben einer weitergehenden Atemwegssicherung je nach respiratorischer Situation die AB-Situation behandelt worden ist, soll der verunfallte Taucher je nach Bewusstseinslage 0,5 – 1 l Flüssigkeit pro Stunde trinken. Diese Getränke sollten kohlenstofffrei und isotonisch sein. Lässt die Bewusstseinslage das selbstständige Trinken nicht zu, so ist die entsprechende Flüssigkeitsmenge intravenös (C-Maßnahme) zu applizieren, um die Fließeigenschaften des Blutes zu verbessern und das Ausschwemmen von Gasblasen zu begünstigen. Zur Beurteilung des Bewusstseinszustands und des neurologischen Status (D-Beurteilung) lässt sich neben den üblichen Abfragen zum qualitativen und quantitativen Bewusstsein und der Beurteilung der GCS der sogenannte DAN-5-Minuten-Neuro-Check durchführen. Dieser Check lässt eine differenzierte Beurteilung neurologischer Symptome und das Erfassen eines Symptomverlaufs in fünf Minuten zu. Die neurologische Beurteilung wird fortlaufend alle 30 min wiederholt.

Der Test ist bei den Fachgesellschaften (z. B. www.gtuem.org) oder im Anhang der Leitlinie (7) frei zugänglich. Unter E besteht neben allen Standardmaßnahmen eine erhöhte Notwendigkeit, den Taucher vor Unterkühlung oder auch Überhitzung zu schützen. Beides würde sich entsprechend negativ auf die Stickstoffkinetik und den Gesundheitszustand des Verunfallten auswirken. Die Lagerung des Patienten darf nicht in einer Kopftieflagerung erfolgen.

In allen Fällen eines vermuteten Tauchunfalls ist eine taucherärztliche Beratung in Anspruch zu nehmen. Es gibt hierzu diverse telefonische Möglichkeiten, entsprechende Tauchernetzwerke auch im Notfall zu erreichen. Die Kontaktaufnahme kann direkt von der Einsatzstelle oder durch die Rettungsleitstelle erfolgen. An den entsprechenden Stellen kann je nach Zustand des Patienten die nächste Druckkammer mit intensivmedizinischer Betreuung vermittelt werden.

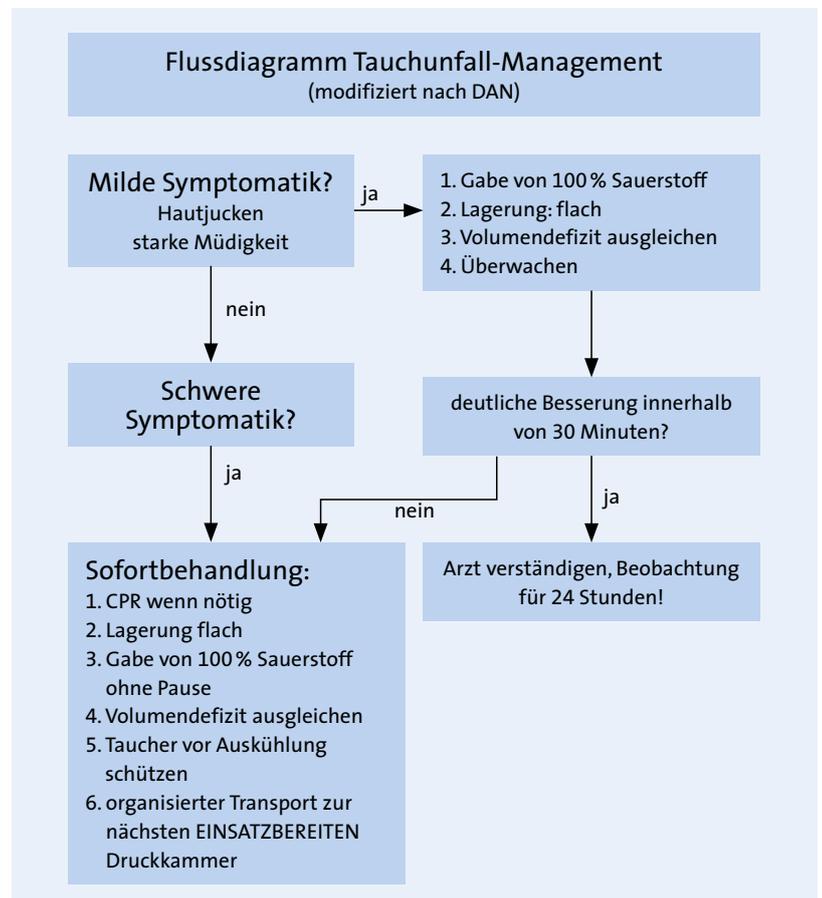
Wahrscheinlich ist das nächste tauchmedizinische Zentrum nicht zügig mit bodengebundenen Mitteln zu erreichen. In diesen Fällen muss auf alternative Transporttechniken wie z. B. einen Hubschrauber

zurückgegriffen werden. Bei einem RTH-Transport ist aufgrund des erniedrigten Umgebungsdrucks auf die niedrigste vertretbare Flughöhe zu achten. Insbesondere ein Sekundärtransport, z. B. mit einem Ambulanz- oder auch Passagierflugzeug, mit einem absoluten Kabinendruck von 0,8 bar stellt keine zwingende Kontraindikation dar (7).

Unabhängig von einer notwendigen Hospitalisierung muss der Patient, auch wenn sich die Symptome innerhalb von 30 min zurückbilden, mindestens 24 h überwacht werden. Ebenso sollte der Tauchpartner nicht außer Acht gelassen werden. Bei ihm kann es unter Umständen auch zum späteren Auftreten von Symptomen kommen. Das Sicherstellen des Tauchcomputers, auch der des Tauchpartners, sowie dessen Übergabe im Druckkammerzentrum oder Krankenhaus ist obligat. Diese können ausgelesen entsprechende Hinweise auf die Ursache des Unfalls geben.

Kausale Therapie ist die hyperbare Sauerstofftherapie in einer Druckkammer nach vorgegebenen Standards und bestimmten Schemata der hyperbaren Sauerstofftherapie, auch hyperbare Oxygenierung (HBO) genannt. In der Druckkammer wird der Taucher unterschiedlichen Umgebungsdrücken ausgesetzt, um gemäß bekannter physikalischer Gesetze die Gasblasen zu verkleinern und unter Sauerstoffatmung korrekt zu entsättigen. Es sollte zügig eine

Abb. 8: Management des Tauchunfalls



intensivmedizinische Therapie ergänzend hinzugezogen werden. Während der ersten Druckkammerbehandlung wird ein initialer Druck von 280 kPa (2,8 bar – dies entspricht einer Tiefe von 18 m) gefahren. Je nach Zustand und Rückbildung der Symptome werden weitere Therapieintervalle innerhalb der ersten Behandlung initiiert. Die weitere HBO richtet sich in der Regel nach modifizierten Tabellen der US Navy. Über einen Zeitraum von 24 h sollten nicht mehr als zwei Durchläufe in einer Druckkammer stattfinden.

Barotraumen und assoziierte Verletzungen

Ursache von Barotraumen in Organen, die mit Luft gefüllt sind (etwa das Mittelohr, der Gastrointestinaltrakt, die Nasennebenhöhlen und die Lungen), ist das Ausdehnen eingeschlossener Gase, die nicht entweichen können, während des Auftauchens. Man kann es sich vorstellen wie einen Silvester-Knaller, der ebenfalls durch einen inneren Ausdehnungsprozess mehr Raum fordert oder wie den bereits oben beschriebenen Luftballon, der unter Wasser voll aufgeblasen wird.

Bleibt die Frage, warum Gase aus den Hohlräumen nicht physiologisch entweichen können. Denken Sie an Ihre letzte Erkältung, und eine mögliche Ursache liegt auf der Hand: Schleimhautschwellungen im Nasen-Rachen-Raum oder auch in der Lunge bringen häufig starke Sekretansammlungen mit sich, die die Entlüftung behindern und so Lufteinschlüsse zur Folge haben können, die ein Barotrauma verursachen können. Dieser Ursachenkomplex mit Lufteinschlüssen in bestimmten organischen Bereichen wird auch unter dem Begriff des „Air Trappings“ geführt.

Ein Barotrauma des Mittelohrs soll hier besonders erwähnt werden, da es eine häufige Begleiterscheinung von Tauchunfällen/-notfällen ist. Durch die o.g. Pathophysiologie wird das Trommelfell sehr stark nach innen gewölbt und verursacht starke Schmerzen. Abhilfe kann das Valsalva-Manöver schaffen. So wird die Eustachische Röhre geöffnet, und Luft kann ins

Mittelohr gelangen, um einen Gegendruck zu erzeugen und das Trommelfell zu entlasten (5).

In der Lunge könnte auch das ungenügende Abatmen des beim Auftauchen expandierenden Atemgases im Rahmen eines Notaufstiegs ursächlich sein. Weitere Gründe sind die Aspiration oder der Laryngospasmus. Bei chronisch-obstruktiv lungenerkrankten Menschen (vor allem COPD-Patienten) liegt ein erhöhter Atemwiderstand vor, der zu einer besonderen Art des Air Trappings führt. Hierbei handelt es sich um die Überdehnung der Alveolen mit Kompression der interstitiellen Gefäße. Dadurch wird das Blut in andere Lungenregionen umgeleitet. Folgen sind die Expansion des alveolären Totraumvolumens und eine verminderte Compliance sowie erhöhte pulmonale Gefäßwiderstände bei gesteigerter Atemarbeit (9).

Das pulmonale Barotrauma (PBT) ist symptomatisch durch Husten, Dyspnoe und ggf. Hämatoptoe charakterisiert. Das Auftreten ist schlagartig und kann entweder bereits während des Auftauchens oder sehr kurz danach eintreten.

Auch ein Pneumothorax (Abb. 5) ist möglich, meist einseitig. Gefährlich kann die Ausprägung zum Spannungspneumothorax werden. Ursächlich dafür ist freie Luft aus rupturierten Alveolen, die in das Interstitium eintritt und zur Ausprägung eines Haupt- oder Mediastinalemphysems führen kann. Symptomatisch finden sich dann ein Hautknistern mit Luftnot und evtl. Schmerzen in der betroffenen Brustregion. Zu erwarten ist außerdem eine Dysphagie, möglich ist auch eine Stimmverzerrung.

Der Pneumothorax als Folge des Lungenbarotraumas kann wie oben beschrieben durch den Luftübertritt wiederum ursächlich für eine arterielle Gasembolie (AGE) sein. Dabei ist die Ausprägung unabhängig von der Tauchdauer und -tiefe. Ursächlich sind Entlüftungsstörungen der Lunge oder das willentliche Luftanhalten beim Aufstieg sowie ein zu schneller Notaufstieg. Wenn dann die Lungengefäße porös werden und die sich ausdehnende Luft von der Lunge in die Lungengefäße gedrückt wird, ist eine Gasembolie sehr wahrscheinlich. Symptomatisch äußert sich diese bereits kurz nach dem Eintritt mit Herz-Kreislauf-Störungen bis zum Herz-Kreislauf-Stillstand. Auch neurologische Pathologien wie Lähmungen, Sprach-, Seh-, Gleichgewichts- oder Bewusstseinsstörungen sind möglich (10). Die genaue Eingrenzung an der Einsatzstelle ist oft schwierig und sollte nicht zur Transportverzögerung beitragen, da sie für die Notfallbehandlung nicht erheblich ist.

Die Therapie besteht neben den obligatorischen ABCDE-Maßnahmen zur Sicherstellung der Vitalfunktionen und dem Monitoring in der hochdosierten Sauerstoffzufuhr als wichtigste Maßnahme. Je nach

Interessenkonflikte:
Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Tab. 1: Notrufnummern bei Tauchunfällen	
Nationale DAN-Hotline für Deutschland und Österreich	00800 326 668 783 (00800 DAN NOTRUF) (DAN: Divers Alert Network)
VDST-Hotline	0049 69 800 88 616
Ansprechstelle des Schifffahrtmedizinischen Instituts der Marine	0049 431 5409 1441
Taucherhotline von Aqua Med	0049 700 348 354 63
Internationale DAN-Hotline	0039 06 4211 8685 oder -5685
Aktuelle Druckkammerliste	www.gtuem.org

Bewusstseinszustand kann dies über eine eng angelegte Sauerstoffmaske mit Reservoir und 100 % O₂ erfolgen oder im Rahmen der invasiven Beatmung mittels Intubationsnarkose über den etablierten Endotrachealtubus (6). Eine CPAP-Therapie ist der Intubationsnarkose vorzuziehen, wenn dies noch möglich ist. Es wird empfohlen, den Patienten flach zu lagern, wobei der Kopf nicht noch extra tief zu lagern ist. Außerdem ist der Patient möglichst wenig zu manipulieren (5). ◉

Literatur:

1. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE (2011) Decompression illness. Lancet 377 (9760): 153-164. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61085-9.
2. Klingmann C (o.A.) Das Gesetz von Henry. www.tauchersprechstunde.de/grundlagen/henry-gesetz (Abruf: 6. Juli 2021).
3. Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin (o.A.) Phasen eines Tauchganges. http://vmrz0100.vrn.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e10003/e10010/e10201/e10243/index_ges.html (Abruf: 6. Juli 2021).
4. Wolfer D (o.A.) Was ist ein Dekompressionsstopp? www.taucher.de/lexikoneintrag/dekompressionsstopp (Abruf: 6. Juli 2021).
5. Luxem J, Runggaldier K, Karutz H, Flake F (Hrsg.) (2020) Notfallsanitäter Heute. 7. Aufl. Urban & Fischer Verlag/Elsevier, München.
6. Enke K, Flemming A, Hündorf H-P et al. (Hrsg.) (2019) Lehrbuch für präklinische Notfallmedizin inkl. Online-Version. 6. Aufl. Stumpf + Kossendey, Edewecht.
7. Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (2014) Leitlinie Tauchunfall 2014 - 2017. AWMF-Registernummer: 072-001. www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/072-001_S2k_Tauchunfall_2014-10-abgelaufen.pdf (Abruf: 6. Juli 2021).
8. Klingmann C (o.A.) Rechts/Links Shunt und PFO. www.tauchersprechstunde.de/tauchunfall/rechtslinks-shunt-und-pfo (Abruf: 6. Juli 2021).
9. Larsen R, Ziegenfuß T (2019) Pocket Guide Beatmung. 3. Aufl. Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

Verantwortlich für den Inhalt und geprüft von:

Frank Flake



...weil Nähe zählt.

Gerald Fuhr



Stephan Katzenschlager
Franz Josef Nierscher
Jan Sattlberger
Martin Seper



WIENER ROTES KREUZ

Kersten Enke
Philipp Rocker
Rüdiger Körmann



Ingo Lender



Maximilian Gluche



Prof. DDr. Christoph Redelsteiner



Jörg Gellern, Klinikum Oldenburg, Arbeitsgemeinschaft der Berufsfeuerwehren in Niedersachsen

Verantwortlich für die Fachfragen:
Dr. Gerrit Müntefering, Facharzt für Chirurgie, Unfallchirurgie, Notfallmedizin, Moers

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

S+K
Stumpf+Kossendey
Verlag