

Markieren Sie Begriffe im Text um weitere Informationen zu erhalten.

 Drucken

 Beobachten

 Offline nutzen

› Tauch- und Ertrinkungsnotfälle

# Tauch- und Ertrinkungsnotfälle

 Stefan Dreesen

## **43.1 Tauchunfälle**

43.1.1 Physik der Gase

43.1.2 Pathophysiologie des Tauchgangs

43.1.3 Tauchunfälle beim Apnoetauchen und Schnorcheln

43.1.4 Tauchunfälle beim Gerätetauchen

## **43.2 Ertrinkungsunfälle**

43.2.1 Ursachen

43.2.2 Definitionen und Begrifflichkeiten

43.2.3 Pathophysiologie

43.2.4 Maßnahmen

## Notfallmeldung

Der RTW wird mittags an einem sonnigen Tag im März zu einem bekannten Erholungssee gerufen. Der Melder zeigt „Ertrinkungsunfall“, die Besatzung erfährt jedoch über Funk, dass dort ein Taucher verunglückt sein soll. Der Notarzt sei ebenfalls alarmiert. Die Lufttemperatur beträgt ca. 20 °C, weitere Informationen sind nicht bekannt.

## Befund am Notfallort

Die Anfahrt erfolgt über den angegebenen Parkplatz, auf dem sich bereits einige Taucher mit Ihren Pkw vor Ort befinden und sich offenbar für einen Tauchgang vorbereiten. Der Patient ist zunächst nicht zu sehen. Auf Nachfrage bei einem der Taucher erfährt die RTW-Besatzung, dass sich der Einstieg in den See etwas weiter hinter einer ca. 50 m entfernten, kioskartigen Holzhütte befindet. Der RTW setzt seinen Weg in diese Richtung fort, als ihm hinter der Hütte bereits ein aufgeregt wirkender junger Mann entgegenkommt.

Neben einem ins Wasser führenden Steg befindet sich auf einer leicht abschüssigen Uferwiese ein schwer atmender Taucher, der von einem anderen Taucher gestützt wird. Im Gras liegt bereits eine Sauerstoffflasche, der Patient atmet über eine Maske Sauerstoff (O<sub>2</sub>) mit einem Flow von 15 l/Min. Der Taucheranzug wurde im Oberkörperbereich geöffnet. Auf Nachfrage, was denn passiert sei, berichtet der aufgeregte Ersthelfer, der den Oberkörper des Patienten stützt und ihm die Maske vor das Gesicht hält, dass er mit dem Patienten zusammen auf ca. 25 m Tiefe getaucht sei, als er in Panik einen Notaufstieg vollzogen habe. Die Wassertemperatur in dieser Tiefe habe bei 6 °C gelegen und der Kollege habe Probleme mit dem Tarieren gehabt und viel geatmet. Daraufhin sei der Atemregler, den der Patient bislang immer nur im Urlaub getaucht hätte, plötzlich vereist und hätte massiv Luft abgeblasen. Der Patient sei in

Panik geraten, habe sein Jacket aufgeblasen, das Blei abgeworfen und sei „an die Oberfläche durchgeschossen“. Der Ersthelfer berichtet weiter, er sei dann „sofort hinterher“ und habe seinen Kollegen, der an der Wasseroberfläche nicht mehr richtig ansprechbar gewesen sei, ans Ufer gebracht, wo ihm Mittaucher geholfen hätten, ihn an Land zu ziehen und Erste Hilfe zu leisten.

## Leitsymptom

Dyspnoe.

## Inhaltsübersicht

### 43.1 Tauchunfälle

- Eine zu rasche Dekompression kann durch Ausperlen von Inertgas zur Dekompressionskrankheit (DCS) führen.
- Der Schwimmbad-Blackout ist eine Bewusstlosigkeit durch Sauerstoffmangel, die durch einen fehlenden Atemreiz aufgrund Hyperventilation i. d. R. beim Apnoe-Streckentauchen auftritt.
- Durch einen erhöhten Stickstoffpartialdruck ( $pN_2$ ) kann ein Tiefenrausch mit Symptomen ähnlich einer Alkoholintoxikation auftreten. Erste Symptome können bei Pressluft ab rund 30 m Tiefe auftreten.
- Bei der Dekompressionskrankheit (DCS) kommt es durch zu rasche Dekompression zum Ausperlen von Inertgas in Blut und Geweben, das zu einer direkten Gewebereizung bzw. -schädigung sowie zu Makro- und Mikroembolien führen kann.
- Das pulmonale Barotrauma (PBT) entsteht durch Überdehnung von Lungengewebe in der Dekompressionsphase, es kann u. a. zum (Spannungs-)Pneumothorax kommen.
- Die arterielle Gasembolie (AGE) ist i. d. R. Folge eines hilusnahen pulmonalen Barotraumata oder einer Dekompressionskrankheit und wird begünstigt durch

Vorhandensein eines Rechts-links-Shunts, z. B. persistierendes Foramen ovale (PFO).

- Wichtigste spezifische Maßnahmen beim Tauchunfall sind Gabe von Sauerstoff in der höchstmöglichen Konzentration und Volumengabe.

## 43.2 Ertrinkungsunfälle

- Ertrinken ist der Tod durch Ersticken infolge Untertauchens in einer Flüssigkeit innerhalb von 24 Std. nach dem Ertrinkungsunfall.
- Die Unterscheidung in Süß- und Salzwasser ist für den Rettungsdienst obsolet.
- Eine direkte Lungenschädigung kann nach Stunden bis Tagen zum ARDS führen (sekundäres Ertrinken).
- Die Hypothermie ist die häufigste Begleitproblematik bei Ertrinkungsunfällen.
- Hauptziel ist eine adäquate Oxygenierung, ggf. durch Masken-CPAP oder Intubation.
- Der Patient muss wegen der Gefahr des sekundären Ertrinkens immer in ein Krankenhaus transportiert werden.

## 43.1 Tauchunfälle

Nach Schätzungen des **Verbands Deutscher Sporttaucher (VDST)** üben zwischen 300 000 und 600 000 Sporttaucher in Deutschland ihr Hobby ganzjährig aus. Einige **Sporttaucher** trainieren zudem in Schwimmbädern, sodass auch hier Berührungspunkte zum Rettungsdienst auftreten können. Ausbildung, Ausrüstung und Vorbereitung der Freizeittaucher variieren stark, sodass es immer wieder zu Unfällen kommt. Weitere potenzielle Patientengruppen sind natürlich **Berufstaucher**, z. B. aus Industrie, Feuerwehr, Polizei und anderen Organisationen sowie Arbeiter auf **Druckluftbaustellen**. Die letztere Patientengruppe gehört zwar nicht zu den Tauchunfällen im engeren Sinne, jedoch ergeben sich die meisten Tauchunfälle durch Komplikationen, die mit Druck bzw. Druckveränderungen zu tun haben. Diese Phänomene sind auf Menschen, die in einer Überdruckatmosphäre arbeiten, analog anwendbar. Druckluftbaustellen findet man unter anderem im Tunnel- oder Schachtbau.

### 43.1.1 Physik der Gase

Das Gewicht, mit dem die Luft der Atmosphäre auf die Erde drückt, bezeichnet man als

**Luftdruck** . Eine Luftsäule mit einer Grundfläche von  $1 \text{ m}^2$  hat ein Gewicht von 10 t. Bei dieser Art der Veranschaulichung muss man sich allerdings vor Augen führen, dass dieser Druck nicht nur von oben nach unten wirkt, sondern dass es zu einer gleichmäßigen Verteilung des Drucks innerhalb der uns umgebenden Luft kommt. Der Luftdruck wirkt also von allen Seiten auf den Körper. Den Umstand, dass wir hiervon nicht zerquetscht werden, verdanken wir im Wesentlichen zwei Faktoren:

- Erstens besteht der menschliche Körper zum größten Teil aus Flüssigkeit, die durch den uns umgebenden Luftdruck nicht komprimiert werden kann, und
- zweitens herrscht dort, wo luftgefüllte Höhlen vorhanden sind, also beispielsweise im Mittelohr oder in den Nasennebenhöhlen, ein Gegendruck, der dem umgebenden Luftdruck entspricht.

Ändert sich der Umgebungsdruck sehr rasch, so merkt man die Änderung des Luftdrucks fast immer zuerst als typisches Druckgefühl in den Ohren.

Die SI-Einheit für den Luftdruck ist Pascal (Pa), diese Einheit ist jedoch weder in der Medizin noch bei Tauchern gebräuchlich. In beiden Fällen wird die Einheit **bar** bevorzugt. Der normale Luftdruck auf Meereshöhe beträgt rund 1 bar, was das Rechnen sehr vereinfacht.

## Merke

Der **Luftdruck auf Meereshöhe** beträgt 1 bar.

Nachfolgend werden kurz drei physikalische Gesetzmäßigkeiten vorgestellt, die eine wichtige Rolle beim Verständnis der Pathophysiologie der unterschiedlichen Tauchunfälle spielen.

## Boyle-Mariotte-Gesetz

Das Gesetz von Boyle und Mariotte besagt: „*Der Druck idealer Gase ist bei gleich bleibender*

*Temperatur und gleich bleibender Stoffmenge umgekehrt proportional zum Volumen.*“ Für die praktische Anwendung in der Notfallmedizin kann man diesen Satz vereinfachen in: **Das Produkt aus Druck und Volumen bleibt immer konstant.** Oder als Formel ausgedrückt:  $p \times V = \text{konstant}$

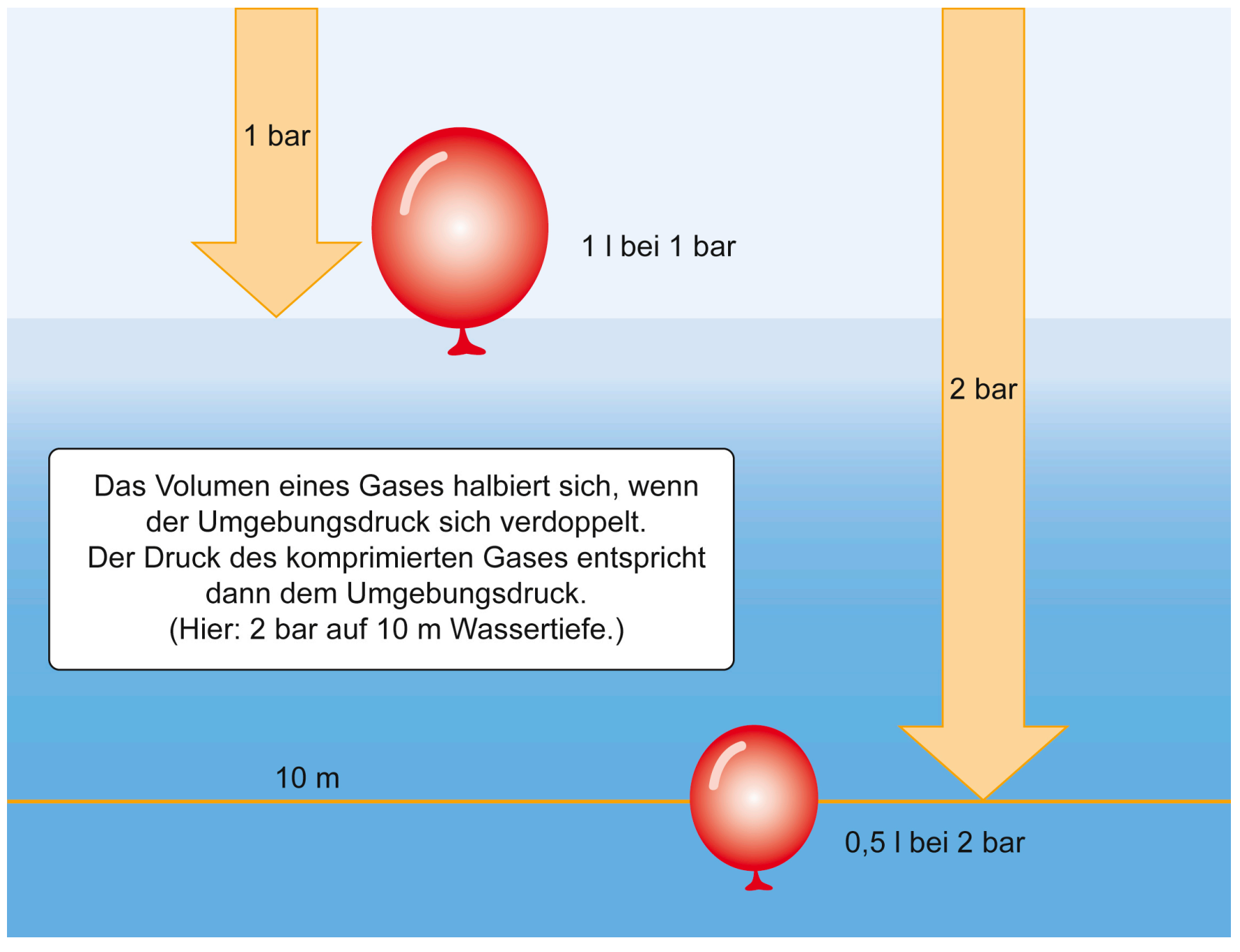
Noch deutlicher wird es mit folgendem **Beispiel:** Der Luftdruck auf Meereshöhe beträgt rund 1 bar. Man befüllt nun in dieser Umgebung einen Luftballon mit einem Luftvolumen von einem Liter (1 l). Die Formel hierzu lautet:  $1 \text{ bar} \times 1 \text{ l} = 1 \text{ bar} \times \text{l}$ .

Verdoppelt man nun den Umgebungsdruck auf 2 bar, so halbiert sich das Volumen der Luft in dem Ballon, da das Produkt aus beiden Werten ja immer konstant bleiben muss:  $2 \text{ bar} \times 0,5 \text{ l} = 1 \text{ bar} \times \text{l}$ .

Würde man den Umgebungsdruck hingegen auf 0,5 bar halbieren, so würde der Ballon auf das doppelte Volumen anschwellen:  $0,5 \text{ bar} \times 2 \text{ l} = 1 \text{ bar} \times \text{l}$ .

Das Gasvolumen ändert sich also immer umgekehrt proportional zu seinem Umgebungsdruck (Abb. 43.1). Steigt der Umgebungsdruck, wird das Gas zusammengedrückt (**komprimiert**), das Volumen des Gases nimmt also ab; verringert sich der Umgebungsdruck, dehnt sich das Gas aus, es wird somit **dekomprimiert**.

Luftvolumen in verschiedenen Wassertiefen (Druckverhältnissen) [P100/L143]



## Dalton-Gesetz

Das Gesetz von Dalton besagt, dass der Partialdruck eines Gasgemischs gleich der Partialdrücke der Einzelgase ist, aus denen das Gemisch besteht. Für Tauchunfälle ist jedoch die umgekehrte Betrachtung viel interessanter: Der Partialdruck eines einzelnen Gases ändert sich nämlich proportional zum Gesamtdruck des Gasgemischs. Luft enthält beispielsweise 78 % Stickstoff. Der Partialdruck des Stickstoffs ( $p_{N_2}$ ) beträgt 78 % des Gesamtdrucks, bei 1 bar Luftdruck also 0,78 bar (Tab. 43.1). Verändert sich der Luftdruck, so beträgt der Partialdruck des Stickstoffs weiterhin 78 %, jedoch nun eben 78 % des veränderten Luftdrucks. Steht man beispielsweise am Ufer eines Bergsees auf 800 m Höhe, so beträgt der Luftdruck dort nur noch rund 0,9 bar, der  $p_{N_2}$  somit 78 % von 0,9 bar = 0,702 bar.

Partialdrücke der Einzelgase des Gasgemischs „Luft“

Gas und Anteil am Gemisch	Luft bei 1 bar	Luft bei 2 bar
Stickstoff 78 % ( $p_{N_2}$ )	78 % von 1 bar = 0,78 bar	78 % von 2 bar = 1,56 bar
Sauerstoff 21 % ( $p_{O_2}$ )	21 % von 1 bar = 0,21 bar	21 % von 2 bar = 0,42 bar
Rest 1 % ( $p_{Rest}$ )	1 % von 1 bar = 0,01 bar	1 % von 2 bar = 0,02 bar
<b>Gesamt:</b>	$0,78 + 0,21 + 0,01 = \mathbf{1\ bar}$	$1,56 + 0,42 + 0,02 = \mathbf{2\ bar}$

## Henry-Gesetz

Das Gesetz von Henry beschreibt das Löslichkeitsverhalten eines Gases in Abhängigkeit von seinem Partialdruck. Konkret bedeutet dies, dass sich ein Gas (z. B. Stickstoff) umso besser in einer Flüssigkeit (z. B. Blutplasma) löst, je höher der Partialdruck des Gases ist. Auf den Taucher angewendet bedeutet dies wiederum, dass sich u. a. Stickstoff mit zunehmender Tauchtiefe immer besser im Blutplasma löst. Umgekehrt nimmt die Löslichkeit beim Aufstieg wieder ab, sodass das Gas im Blut ausperlen kann.

Dieses Prinzip macht man sich auch bei der Behandlung von Tauchunfällen in einer **Druckkammer** ([Abb. 43.2](#)) zunutze. Hierbei wird der Druck in der Kammer erhöht, sodass die Löslichkeit des Gases wieder zunimmt. Der Druck wird danach so langsam reduziert, dass der Körper das überschüssige Gas abatmen kann. In der Regel wird zusätzlich Sauerstoff gegeben, was über die Diffusion entlang eines Konzentrationsgradienten die Auswaschung des schädlichen Gases begünstigt. Eine therapeutische Sauerstoffanwendung unter erhöhtem Umgebungsdruck bezeichnet man als **hyperbare Oxygenierung (HBO)**.

Druckkammer: **a)** Behandlungsplätze für sitzende Patienten, **b)** Vorkammer und Hauptkammer (Druckschleuse), **c)** Leitstand



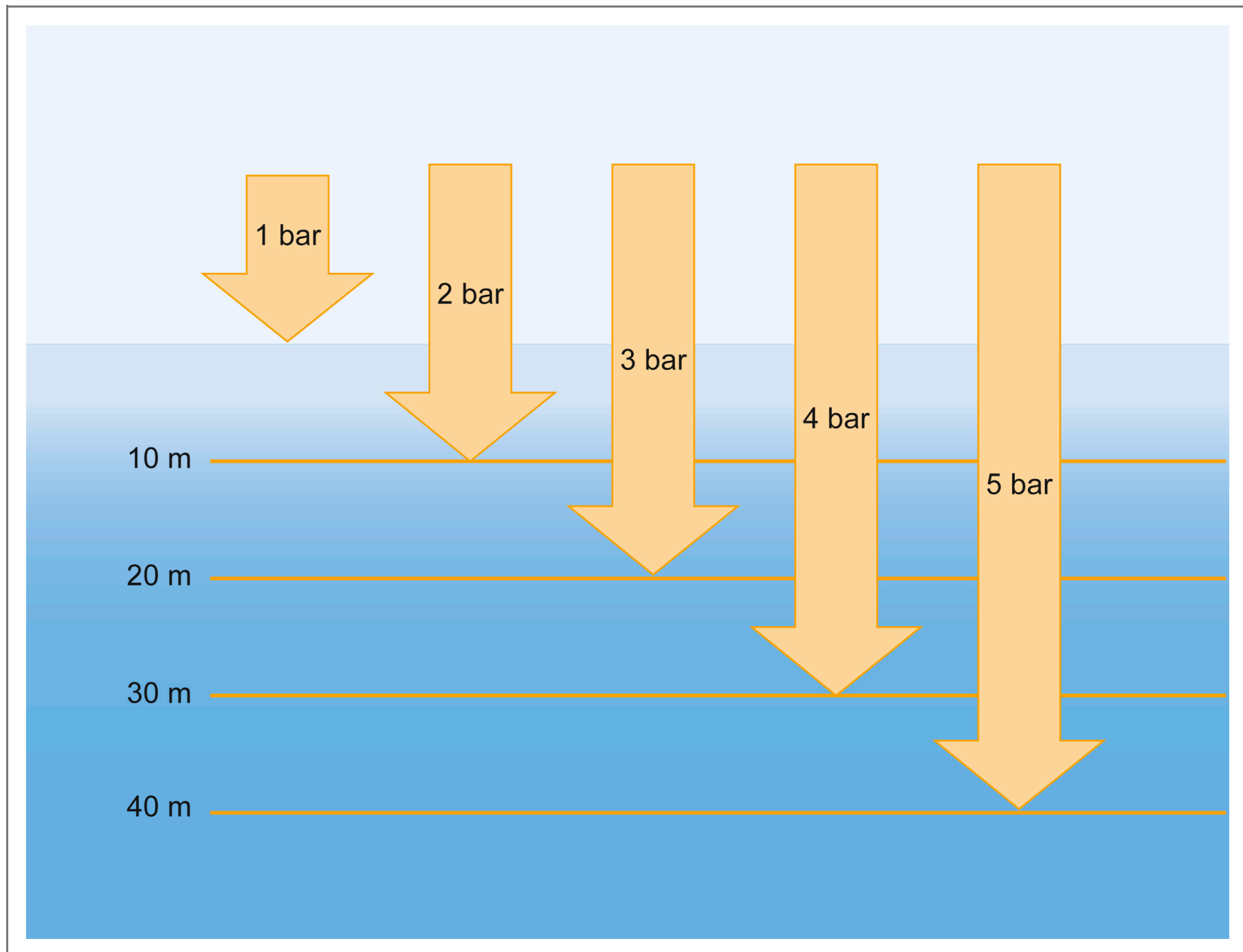


### 43.1.2 Pathophysiologie des Tauchgangs

Der Luftdruck an der Meeresoberfläche beträgt 1 bar. Pro 10 m Wassertiefe erhöht sich der auf dem Taucher lastende Druck um 1 weiteres bar. In 10 m Wassertiefe addiert sich also zu dem Luftdruck von 1 bar ein Wasserdruck von 1 bar, sodass der **Umgebungsdruck** insgesamt 2 bar beträgt. Der auf dem Taucher lastende Druck verdoppelt sich beim Abtauchen also das erste Mal bei 10 m Tiefe (von 1 auf 2 bar), anschließend erst nach weiteren 20 m, also bei insgesamt 30 m Tiefe (von 2 auf 4 bar) etc. Gemäß dem Gesetz von Boyle und Mariotte halbiert sich das Volumen eines Gases bei der Verdoppelung des Umgebungsdrucks. Die größten druckbedingten

Veränderungen der Gasvolumina ergeben sich also auf den ersten 10 m (Abb. 43.3), sodass der oft fälschlicherweise erteilte Ratschlag, „einfach nicht so tief zu tauchen“, keineswegs vor druckbedingten Schädigungen schützt.

Druckverhältnisse in verschiedenen Wassertiefen [P100/L143]



## Merke

Als **Barotrauma** (Druckverletzung) bezeichnet man **Verletzungen, die durch Veränderungen des auf den Körper einwirkenden Umgebungsdrucks** verursacht wurden. Betroffen sind meist luftgefüllte Hohlräume am und im Körper wie z. B. das Mittelohr, die Nasennebenhöhlen etc.

# Tauchgangsphasen

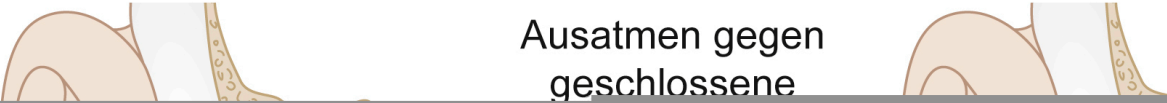
Einen Tauchgang kann man grob in drei Phasen einteilen: **Kompression, Isopression** und **Dekompression**. In jeder Phase kann es zu spezifischen Problemen kommen. Vor dem Tauchgang herrscht in allen luftgefüllten Hohlräumen des Körpers ein Druck von 1 bar.

## Kompression (Abtauchen)

Beim Abtauchen nimmt der auf dem Taucher lastende Umgebungsdruck zu, das Volumen in allen gas-, bzw. luftgefüllten Höhlen am und im Körper nimmt gemäß dem Gesetz von Boyle und Mariotte ab. Es kann zu **Barotraumen** in folgenden Bereichen kommen:

- **Mittelohr/Trommelfell:** Durch eine Abnahme des Luftvolumens im Mittelohr kommt es zu starken Schmerzen des Trommelfells, da sich dieses immer weiter nach innen wölbt. Abhilfe schafft hier das **Valsalva-Manöver**, bei dem der Taucher sich die Nase zuhält und gegen die geschlossene Nase ausatmet ([Abb. 43.4](#)). Hierdurch wird die Eustachi-Röhre (**Tuba auditiva**) geöffnet und Luft kann ins Mittelohr gelangen, wodurch ein Gegendruck erzeugt wird, sodass sich das Trommelfell wieder entspannen kann. Das Valsalva-Manöver wird umgangssprachlich oft als „Druckausgleich“ bezeichnet. Voraussetzung hierfür ist, dass die Schleimhäute nicht zu stark geschwollen sind, wie das z. B. bei einer Allergie oder einem grippalen Infekt der Fall sein kann.

Valsalva-Manöver [P100/L143]



Ausatmen gegen  
geschlossene

- **Innenohr:** Sehr selten kann es auch zu einem Barotrauma des Innenohrs mit Ruptur der Rundfenstermembran kommen. Typische Symptome sind Schwindel, Hörverlust und Tinnitus.
- **Nasennebenhöhlen:** Ähnlich wie im Mittelohr kann Unterdruck in den Nasennebenhöhlen zu Schmerzen führen, wobei es auch zu Blutungen kommen kann. Da die Nasennebenhöhlen mit dem Nasen-Rachenraum verbunden sind, werden sie beim Valsalva-Manöver automatisch mitbelüftet.
- **Tauchermaske:** Auch in der Tauchermaske entsteht ein Unterdruck, der im schlimmsten Fall zu Augenschäden führen kann. Aus diesem Grund schließen Tauchermasken immer die Nase mit ein, durch die Luft in die Maske gelangen kann. Hierdurch erfolgt in der Maske der Druckausgleich.
- **Lunge:**
  - Beim **Apnoetauchen** kann kein Druckausgleich in der Lunge erfolgen, sodass diese mit zunehmendem Umgebungsdruck komprimiert wird. Ist die Grenze der Komprimierbarkeit erreicht, so kann der nun in der Lunge herrschende Unterdruck zu einem Lungenödem führen, da Flüssigkeit aus den Kapillargefäßen in die Alveolen gezogen wird (**Unterdruckbarotrauma**). Apnoetaucher, die weit über 100 m tief tauchen, haben ihren Körper zuvor entsprechend trainiert, so ist z. B. die Elastizität des Zwerchfells deutlich erhöht. Trotzdem kommt es immer wieder zu Unfällen.
  - Beim **Gerätetauchen** gibt der Atemregler Luft mit Umgebungsdruck an den Taucher ab, sodass in jeder Tiefe der Druckausgleich automatisch gegeben ist.

- **Zahnfüllungen:** Bestehen in Zahnfüllungen Luft einschließen, so können diese unter Kompression zu Schmerzen führen oder gar implodieren.

## Isopression (Tauchen auf gleich bleibender Tiefe)

In der Phase der Isopression ist der Umgebungsdruck zwar konstant, aber generell erhöht und mit ihm die Löslichkeit der eingeatmeten Gase. Im Falle von Pressluft führt dieses Phänomen mit zunehmender Dauer zu einer **Aufsättigung von Blut und Geweben mit Stickstoff**. Dies begünstigt das Auftreten einer Dekompressions- oder Caissonkrankheit (**DCS**) ([Kap. 43.1.4](#)).

Zudem werden die Atemgase mit Erhöhung des Partialdrucks zunehmend reaktionsfreudig, sodass es sowohl zu einer **Stickstoff-** als auch zu einer **Sauerstoffvergiftung** kommen kann. Die Stickstoffvergiftung zeigt sich in Form eines **Tiefenrauschs** ([Kap. 43.1.4](#)).

## Dekompression (Auftauchen)

### Probleme durch Druckveränderungen

In der Dekompressionsphase dehnt sich die Luft wieder aus. Im Magen-Darm-Trakt führt die Zunahme des Gasvolumens u. U. zu Blähungen und Aufstoßen, was theoretisch Erbrechen begünstigen kann, normalerweise aber keine Probleme verursacht.

- Aus **Nasennebenhöhlen und Mittelohr** entweicht die Luft über mit Schleimhaut ausgekleidete Öffnungen. Liegt eine Schleimhautschwellung vor, so kann die Luft u. U. nicht mehr entweichen und zu starken Schmerzen bzw. Verletzungen wie einem **Trommelfellriss (Barotrauma des Mittelohrs)** führen. Auch ein Innenohrbarotrauma ist möglich, jedoch selten. In diesem Zusammenhang kann die Anwendung kurzwirksamer abschwellender Nasentropfen vor dem Tauchgang fatale Auswirkungen haben, wenn nämlich das Abtauchen zwar noch problemlos möglich ist, dann aber die Wirkung der Tropfen unter Wasser nachlässt und die Schleimhäute wieder anschwellen.
- Hinsichtlich der **Lunge** gibt es beim Apnoetauchen zunächst keine Probleme, jedoch besteht beim Gerätetauchen unter bestimmten Bedingungen die Gefahr eines **Pneumothorax**. Diese Problematik wird im [Kap. 43.1.4](#) genauer beleuchtet.

Als **Inertgase** bezeichnet man in der Medizin Gase, die nicht oder nur sehr langsam verstoffwechselt werden. Beim Gerätetauchen handelt es sich i. d. R. um **Stickstoff**. Dieser kann sich mit zunehmender Tauchtiefe und -dauer in Blut und Gewebe ansammeln und bei zu raschem Auftauchen wieder ausperlen. Hierdurch kommt es zur **Taucherkrankheit (DCS)**, auf welche im [Kap. 43.1.4](#) näher eingegangen wird.

### 43.1.3 Tauchunfälle beim Apnoetauchen und Schnorcheln

#### Apnoetauchen

Der Begriff **Apnoe** bezeichnet den **Atemstillstand**. Im Tauchsport bezeichnet der Begriff eine Variante des Tauchens, bei der ausschließlich mit einem Atemzug, durch Luftanhalten, getaucht wird. Prinzipiell gehört auch das Streckentauchen im Schwimmbad zum Apnoetauchen, bekannter jedoch sind die sportlich organisierten Tieftauchwettbewerbe, bei denen die Taucher unter verschiedenen Bedingungen versuchen, eine möglichst große Tiefe zu erreichen. Die **Extremsportvariante** geht über die Grenzen normaler körperlicher Belastbarkeit hinaus und erfordert ein extremes Training. Der Weltrekord liegt jenseits der 200 m-Marke. Blackouts und hypoxisch bedingte Krampfanfälle kommen häufig vor.

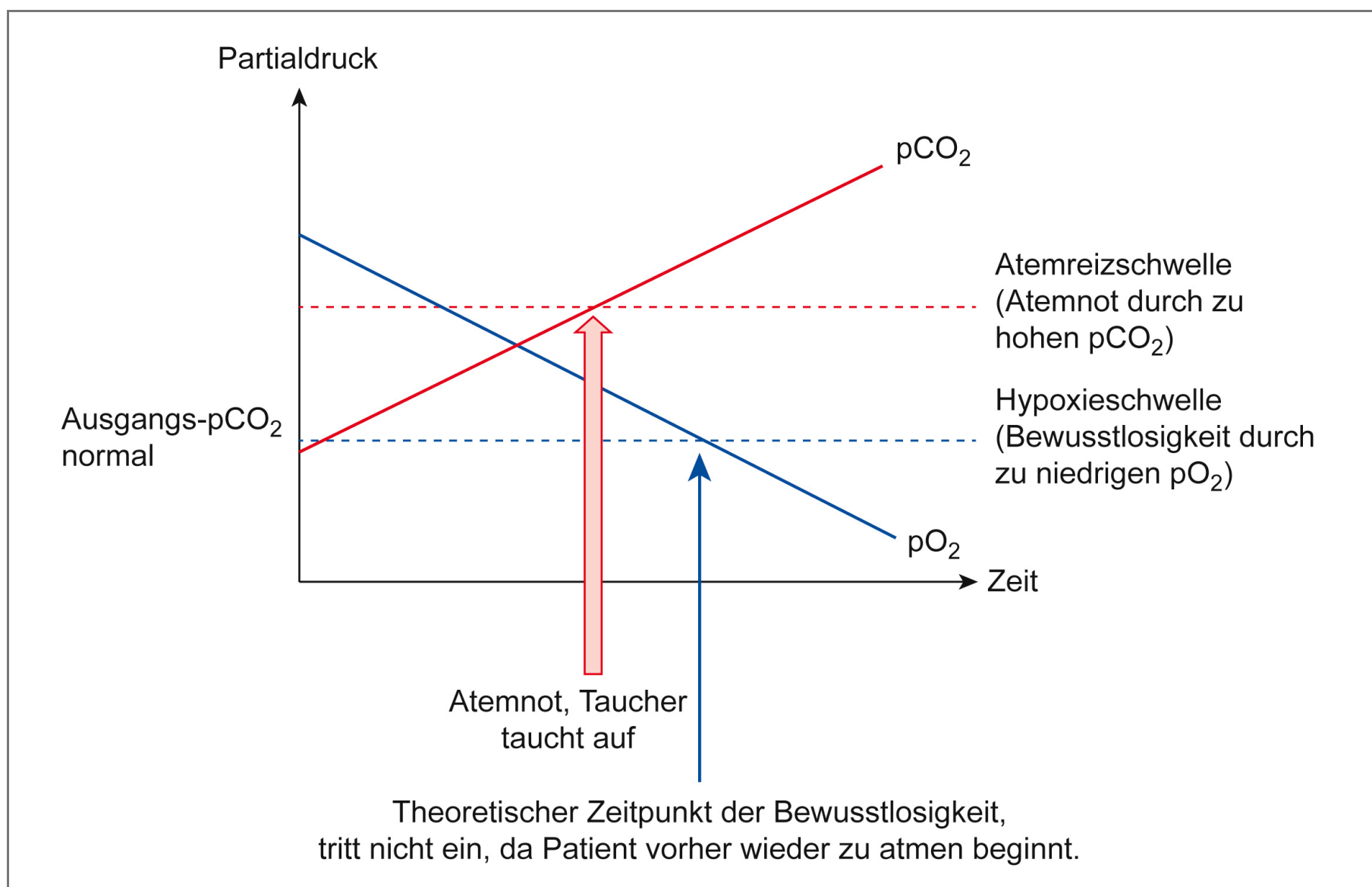
#### Schwimmbad-Blackout

Als **Schwimmbad-Blackout** bezeichnet man eine Bewusstlosigkeit, die üblicherweise während des **Streckentauchens** ohne Warnsymptome durch plötzlichen O<sub>2</sub>-Mangel des zentralen Nervensystems auftritt. Bei vielen Menschen besteht der Irrglaube, durch tiefes Ein- und Ausatmen vor dem Tauchgang die Sauerstoffreserven des Körpers auffüllen zu können. Eine gute SpO<sub>2</sub> wird jedoch durch Hyperventilation nicht wesentlich verbessert, allerdings wird vermehrt

CO<sub>2</sub> abgeatmet. Da der Atemtrieb im Normalfall primär durch den Kohlendioxid-Partialdruck (pCO<sub>2</sub>) im Blut bestimmt wird, führt eine Hyperventilation vor dem Tauchgang tatsächlich dazu, dass die Atemnot unter Wasser erst später einsetzt. Trotzdem wird kontinuierlich weiter Sauerstoff verbraucht. Sinkt die Sauerstoffkonzentration bzw. der pO<sub>2</sub> unter die **Hypoxieschwelle**, kommt es zur Bewusstlosigkeit. Dies kann passieren, ohne dass der Taucher Atemnot verspürt, da der pCO<sub>2</sub> durch die zuvor durchgeführte Hyperventilation u. U. noch immer unter der **Atemreizschwelle** liegt und erst deutlich verzögert ansteigt. Die Grafiken ([Abb. 43.5](#), [Abb. 43.6](#)) verdeutlichen diesen Zusammenhang. Interessant hierbei ist: Bei trainierten Tauchern liegt die CO<sub>2</sub>-Toleranz u. U. höher, sodass der Schwimmbad-Blackout auch ohne vorherige Hyperventilation eintreten kann.

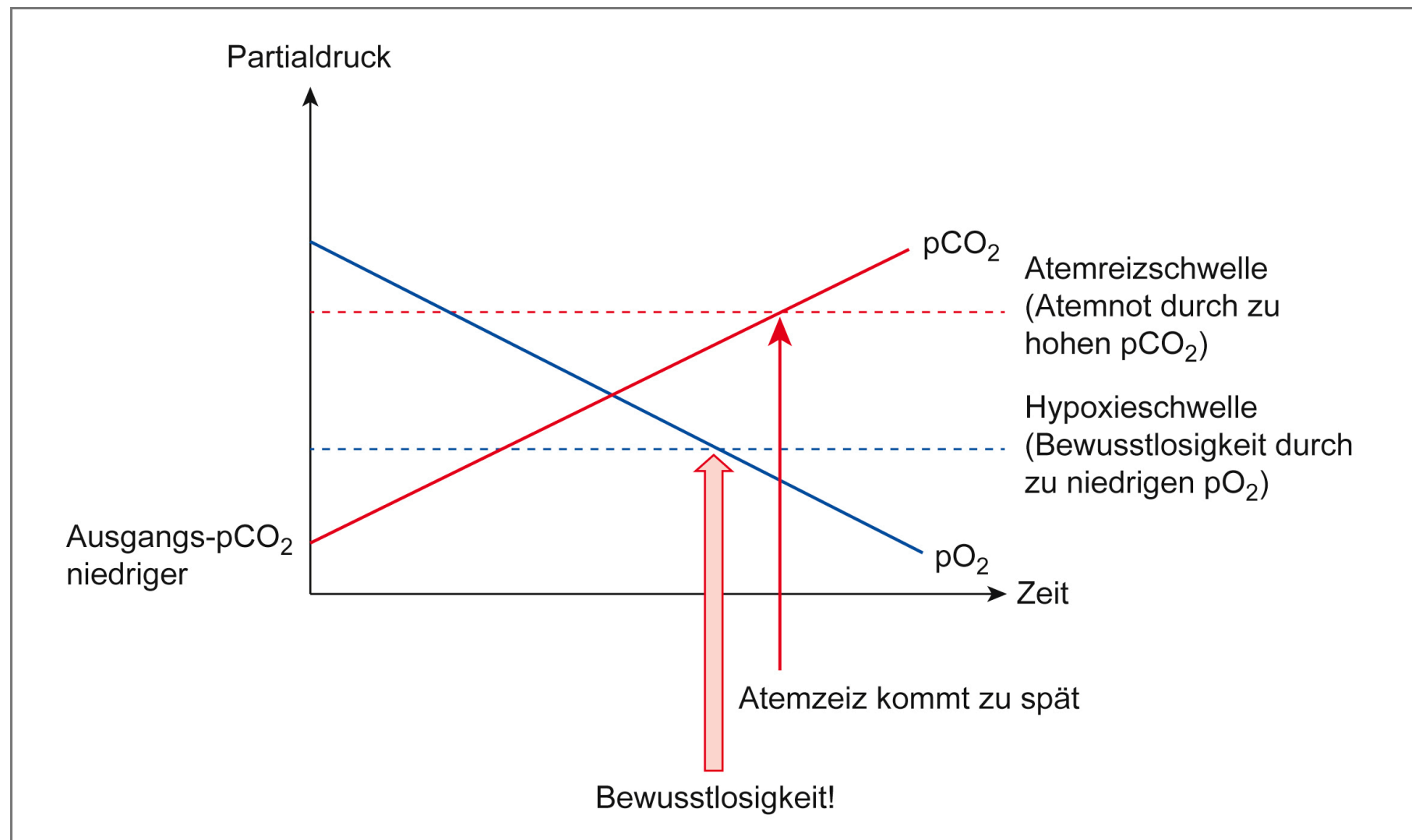
Normaler Verlauf von pO<sub>2</sub> und pCO<sub>2</sub> ohne Hyperventilation (vereinfachtes Schema)

[P100/L143]



Verlauf von  $pO_2$  und  $pCO_2$  nach Hyperventilation (vereinfachtes Schema). Durch den niedrigeren Ausgangs- $pCO_2$  setzt der Atemreiz zu spät ein.

[P100/L143]



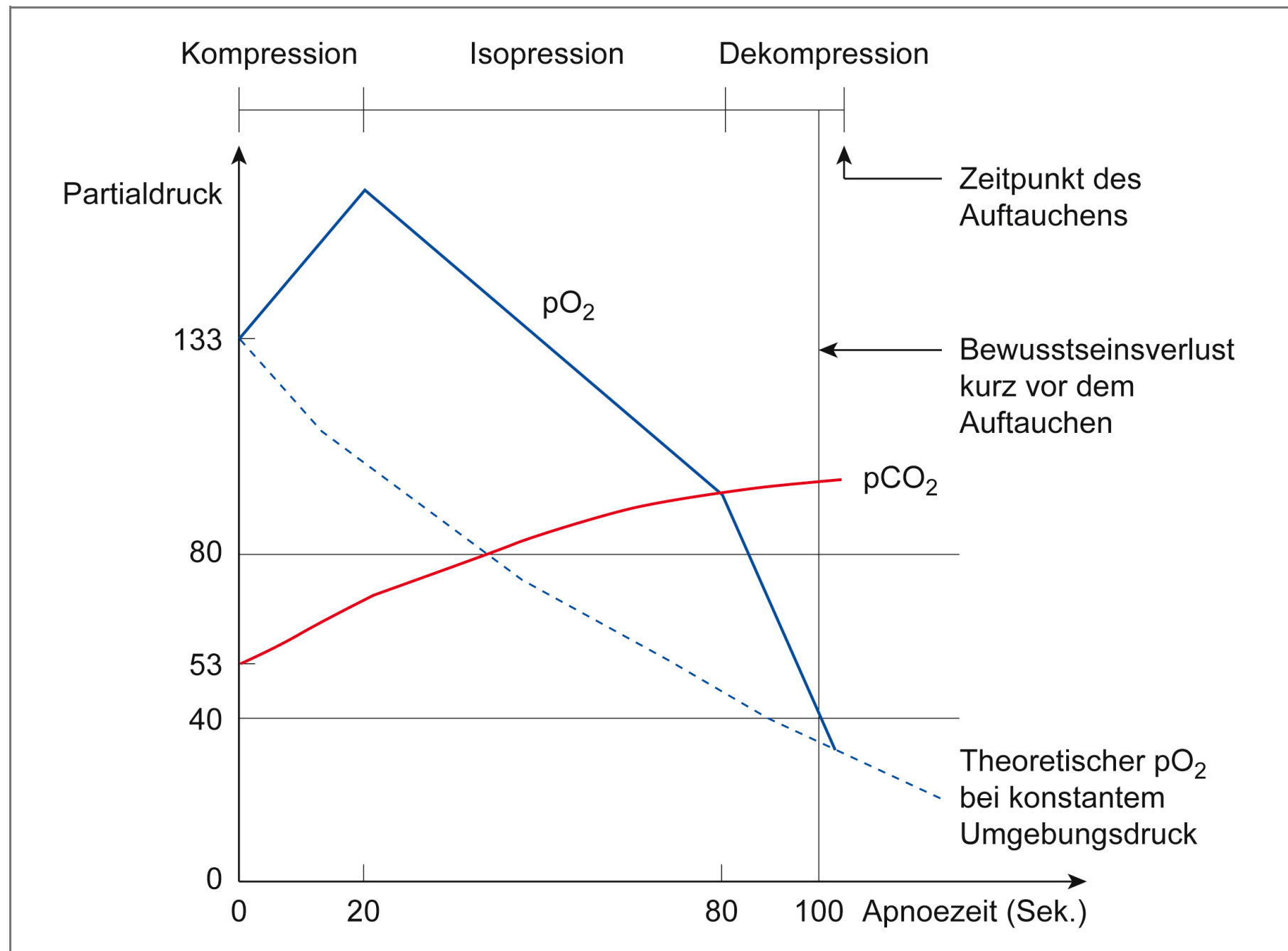
### Aufstiegs-Blackout (früher: Flachwasser-Ohnmacht)

Eine Bewusstlosigkeit, die während der Auftauchphase eines Apnoe-**Tieftauchgangs** in geringer Wassertiefe durch plötzlichen  $O_2$ -Mangel des zentralen Nervensystems auftritt, nennt man **Aufstiegs-Blackout**, eine ältere Bezeichnung hierfür ist „Flachwasser-Ohnmacht“. Der Aufstiegs-Blackout tritt i. d. R. ohne vorherige Warnsymptome auf. Beim Abtauchen steigen parallel zum Umgebungsdruck zunächst sowohl der  $pO_2$  als auch der  $pCO_2$ . Während des Tauchgangs wird  $O_2$  verbraucht und in  $CO_2$  umgewandelt, sodass der  $pO_2$  irgendwann abfällt, während der  $pCO_2$  weiter steigt. Selbst, wenn der  $pO_2$  unter Druck in der Tiefe noch normale Werte aufweist, so kann es durch den Druckverlust beim Aufstieg (z. B. Halbierung des  $pO_2$  beim Aufstieg aus 10 m) zu einem derartigen  $pO_2$ -Abfall kommen, dass die Funktion des zentralen



Nervensystems (ZNS) nicht mehr aufrechterhalten werden kann und es zur Bewusstlosigkeit kommt (Abb. 43.7).

## Aufstiegs-Blackout [P100/L143]



## Schnorcheln

Beim Schnorcheln wird die Luftversorgung durch eine kurze Röhre zur Wasseroberfläche sichergestellt. Will der Schnorchler tiefer abtauchen, so wird er zum Apnoetaucher, da er dann die Luft anhalten muss. Zusätzlich zu den Tauchunfällen, die beim Apnoe-Tauchen auftreten können, gibt es jedoch noch spezifische Besonderheiten:

## Schnorchelverlängerung

Die Länge eines Schnorchels überschreitet für gewöhnlich nicht die 35 cm. Verlängert man den Schnorchel, z. B. durch das Anmontieren von Plastikrohren, so nimmt beim Abtauchen der Druck auf den Thorax bzw. die Lungen zu. Da die Atemwege zusammen mit dem Schnorchel allerdings ein offenes System bilden, dessen Ende an der Wasseroberfläche liegt, befindet sich in den Atemwegen immer nur der dort herrschende Druck von 1 bar. Dieser Druckunterschied kann zum einen dazu führen, dass eine **Inspiration nicht mehr möglich** ist, zum anderen kann es durch den Unterdruck in der Lunge zu einem **Lungenödem** kommen. Außerdem wird durch die Schnorchelverlängerung der funktionelle **Totraum** vergrößert, sodass letztendlich eine **Pendelatmung** droht, bei der nur noch die eigene Ausatemluft wiedereingeatmet wird, ohne an frischen Sauerstoff zu gelangen.

## Kinder- und Erwachsenenschnorchel

Da Kinder generell ein geringeres Atemzugvolumen haben, ist die Verwendung spezieller Kinderschnorchel mit einem angepassten Innenvolumen nötig. Genau wie bei der Schnorchelverlängerung kann auch die Benutzung eines herkömmlichen Erwachsenenschnorchels durch Kinder zu einer übermäßigen Vergrößerung des funktionellen Totraums führen. Hierdurch kommt es zu einer **Pendelatmung**, bei der die verbrauchte Luft im Schnorchel hin- und hergeschoben wird, ohne dass Frischluft in die Atemwege gelangt. Es drohen Hypoxie und Hyperkapnie.

## Achtung

### CO<sub>2</sub>-Retention beim Schnorcheln

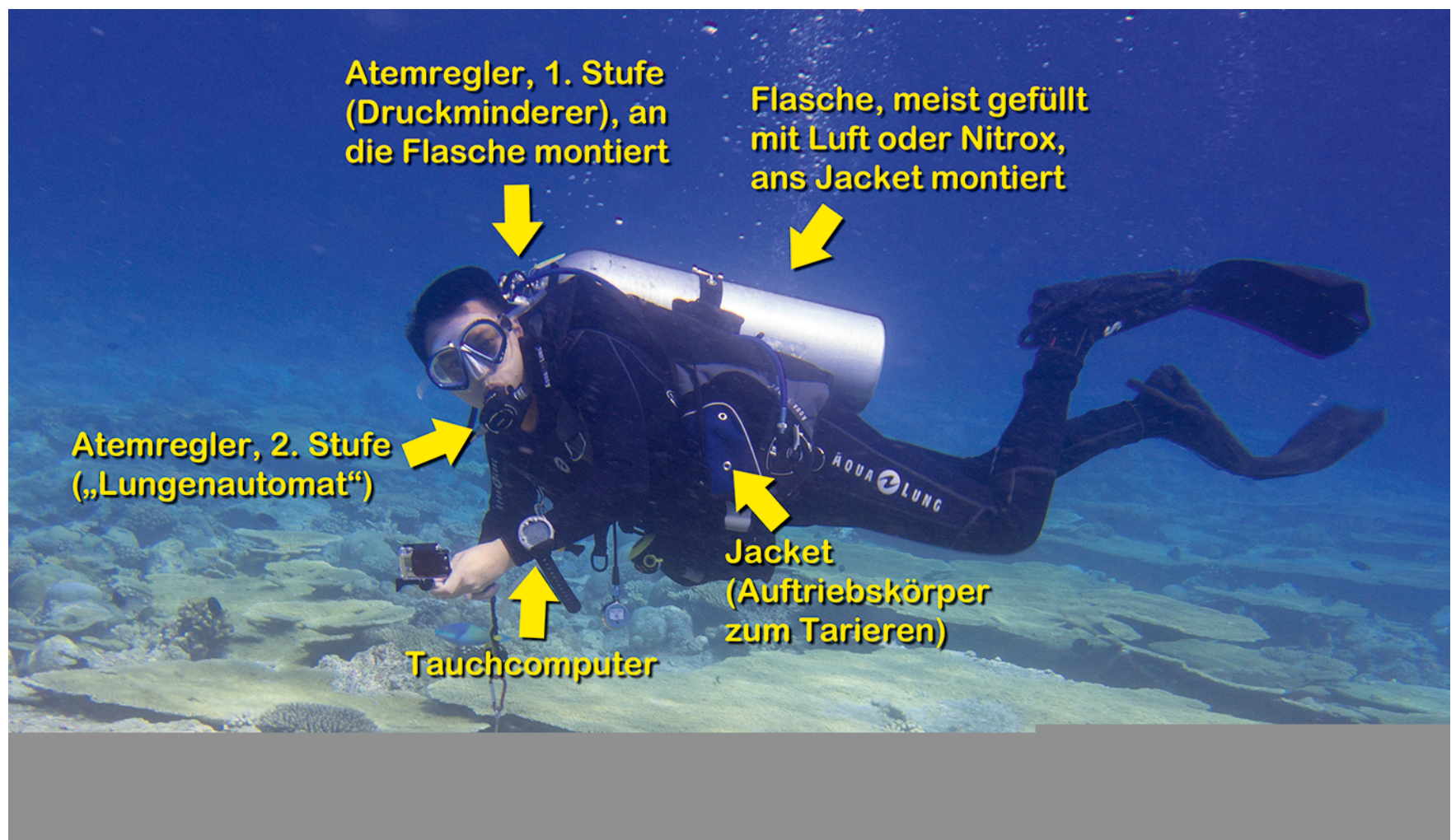
Wird ein Schnorchel über das vorgesehene Maß hinaus verlängert oder benutzt ein kleines Kind zum Schnorcheln einen Erwachsenenschnorchel, so vergrößert sich der funktionelle Totraum der Atemwege. Es kann zur **CO<sub>2</sub>-Narkose** durch **Hyperkapnie** kommen.

## 43.1.4 Tauchunfälle beim Gerätetauchen

### Tauchausrüstung

Beim Gerätetauchen nimmt der Taucher komprimierte Atemluft mit, die über den Atemregler mit dem gleichen Druck abgegeben wird, der in der Umgebung herrscht. Um den Auftrieb regulieren zu können nutzt der Taucher eine aufblasbare Weste, das **Jacket**, das ebenfalls mit Luft aus der Flasche befüllt wird ([Abb. 43.8](#)). Ein Tauchcomputer liefert wichtige Informationen wie Tauchtiefe und -zeit, zeichnet den Tiefenverlauf auf und hilft dabei, Tauchunfälle zu vermeiden. Durch Kälte und Druck kommt es zur **Taucherdiurese**, wobei der Taucher vermehrt Urin produziert und das im Kreislauf zirkulierende Volumen abnimmt. Der Taucheranzug dient dem Kälteschutz.

Sporttaucher unter Wasser [P100]



Praxistipp

Bei allen Tauchunfällen kann allein oder zusätzlich ein **Ertrinkungsunfall** vorliegen. Tauch- und Ertrinkungsunfälle können immer auch **Folge** eines anderen medizinischen Notfalls sein (z. B. Hypoglykämie, Krampfanfall).

## Verschiedene Atemgasgemische

Normalerweise benutzen Taucher normale Umgebungsluft, die gefiltert und mittels eines Kompressors in Flaschen von meistens 10, 12 oder 15 l mit einem Druck von 200 bar, seltener auch 300 bar gefüllt wird. Die Zusammensetzung entspricht also der Luft mit ca. 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff und 1 % Restgasen. Um den Stickstoffanteil zu reduzieren, gibt es Gase mit erhöhtem Sauerstoffanteil, diese werden als **Nitrox** bezeichnet. Die Kurzform ist **EAN** (Enriched Air Nitrox). EAN32 wäre beispielsweise ein Gemisch mit 32 % Sauerstoffanteil. Technische Taucher (Tech-Diver) nutzen weitere Gasgemische, mit denen ein Tauchen in weitaus größere Tiefen möglich ist. Eine detaillierte Betrachtung führt jedoch für den normalen Rettungsdienst zu weit.

Es liegen Einzelfallberichte über verunreinigte Gase vor, die z. B. Kohlenmonoxid oder Allergene in schädlicher Konzentration enthalten haben. Dies ist sehr selten, sollte aber im Hinterkopf behalten werden.

## Tiefenrausch (Stickstoffintoxikation)

Stickstoff ist im menschlichen Körper sehr reaktionsträge. Ab einem Partialdruck von ca. 3,2 bar (Tauchtiefe von ca. 31 m) können sich jedoch Symptome einstellen, die denen eines Alkoholrauschs ähneln. Die Schwelle ist schwierig vorauszubestimmen und weist bei verschiedenen Personen sowie in Abhängigkeit von der Tagesform teilweise deutliche Unterschiede auf. Es können Euphorie, Selbstüberschätzung und Verwirrtheit folgen. Im schlimmsten Fall führen Fehlhandlungen unter Wasser zum Ertrinken oder zu einem unkontrollierten Notaufstieg.

Zur Vermeidung eines Tiefenrauschs liegt die empfohlene **Sporttauchergrenze** (für Tauchen mit Pressluft) je nach Tauchausbildungsorganisation **zwischen 30 und 40 m.**

## Schlagwort

# Tiefenrausch

## Pathophysiologie

- Zentralnervöse Wirkungen des fettlöslichen Stickstoffs an Membranen von Nervenzellen ab einem ( $pN_2$ ) von ca. 3,2 bar
- Eintritt unvorhersehbar, Empfindlichkeit zwischen verschiedenen Tauchern aber auch bei derselben Person zu verschiedenen Zeitpunkten stark variierend.  
Wahrscheinlichkeit des Auftretens steigt mit zunehmender Tauchtiefe.

## Symptome

- Ähnlich den Symptomen eines Alkoholrauschs
- Vom Taucher oft subjektiv nicht wahrgenommen
- Tunnelblick
- Euphorie
- Angstzustände
- Logisches Denken und Urteilsvermögen herabgesetzt
- Selbstüberschätzung
- Lebensgefährliche Fehlhandlungen

## Gefahren

- Ertrinken (s. u.)
- Unkontrollierter Aufstieg mit Tauchunfall (DCI, s. u.)

## Sauerstoffintoxikation

Sauerstoff wirkt ab einem Partialdruck von ca. 1,7 bar toxisch auf das zentrale Nervensystem. Auch hier sind die inter- und intraindividuellen Grenzen sehr variabel. Im Gegensatz zum Tiefenrausch führt die Sauerstoffintoxikation eher zu einer Erregung (**Exzitation**) des ZNS bis hin zu zerebralen Krampfanfällen (**Paul-Bert-Effekt**). Mit Pressluft würde die ZNS-toxische Grenze erst ab einer Tiefe von ca. 80 m erreicht, liegt also jenseits der Sporttauchergrenze. Durch Gasgemische mit erhöhtem O<sub>2</sub>-Anteil ist jedoch auch eine O<sub>2</sub>-Intoxikation bereits in deutlich geringeren Tiefen möglich.

Sauerstoff hat zudem auch eine toxische Wirkung auf die Lunge (**Lorrain-Smith-Effekt**), die bereits bei einem pO<sub>2</sub> von 0,5 bar eintreten kann, jedoch nur bei sehr langer Einwirkung, sodass dieses Phänomen beim Tauchen zu vernachlässigen ist.

## Schlagwort

### Sauerstoffintoxikation

#### Pathophysiologie

- Exzitatorische Wirkungen des Sauerstoffs auf das ZNS ab einem pO<sub>2</sub> von ca. 1,7 bar
- Eintritt unvorhersehbar, Empfindlichkeit zwischen verschiedenen Tauchern aber auch bei derselben Person zu verschiedenen Zeiten variierend
- Nur zu erwarten bei Atemgasgemischen mit erhöhtem O<sub>2</sub>-Anteil

#### Symptome

- Tunnelblick
- Ohrgeräusche

- Übelkeit, Erbrechen
- Schwindel
- Persönlichkeitsveränderungen
- Erregung, Angst
- Verwirrtheit
- Krampfanfall

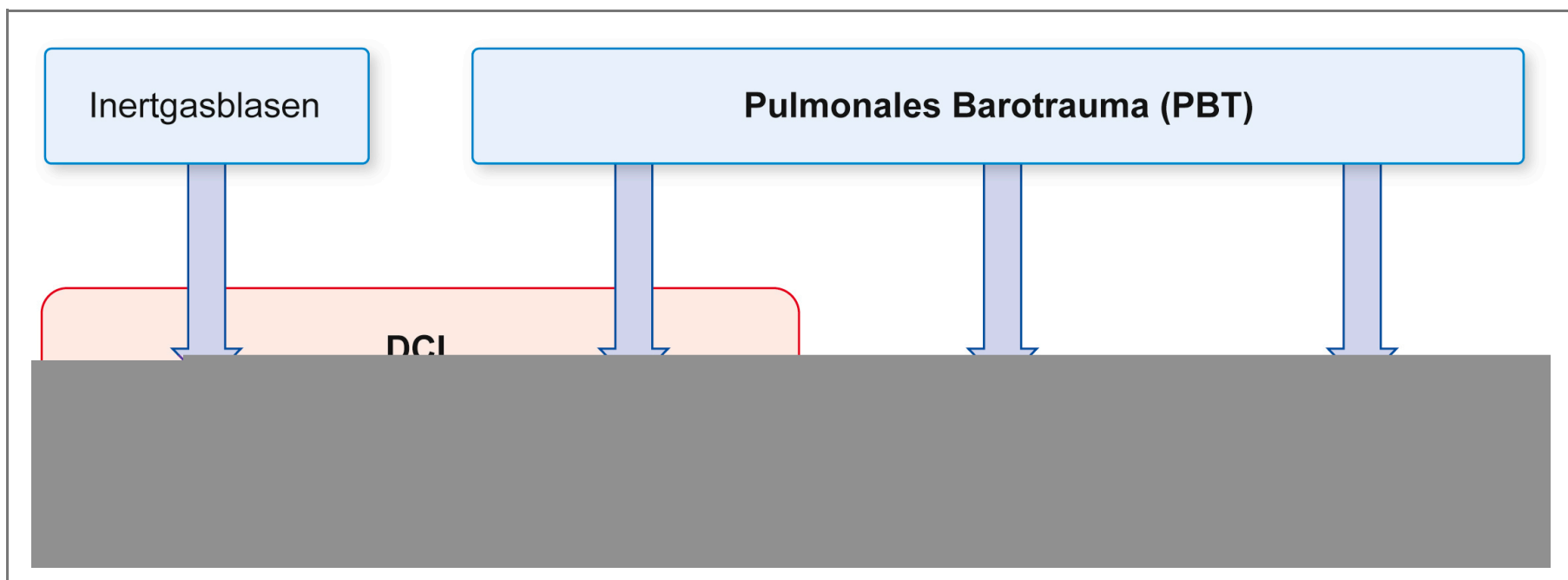
## Gefahren

- Ertrinken (s. u.), v. a. bei Krampfanfall unter Wasser
- Fehlhandlungen mit unkontrolliertem (Not-)Aufstieg und Tauchunfall (DCI, s. u.)

## Dekompressionsunfall (Decompression Illness, DCI)

Unter dem Begriff **Dekompressionsunfall** werden die Entitäten **Decompression Sickness (DCS)**, **pulmonales Barotrauma (PBT)** und **arterielle Gasembolie (AGE)** zusammengefasst, da sie sich gegenseitig bedingen können und ähnlich therapiert werden. Im englischen Sprachgebrauch lautet die Abkürzung für den Dekompressionsunfall **DCI** ([Abb. 43.9](#)) und steht für die weitgehend synonymen Begriffe **Decompression Illness, Decompression Injury** bzw. **Decompression Incident**.

Überblick über die Zusammenhänge bei der DCI [P100/L143]



## Merke

Jede nicht anders hinreichend erklärbare Symptomatik, die **innerhalb von 24 Std. nach einem Tauchgang** auftritt, ist bis zum Beweis des Gegenteils als Tauchunfall zu werten.

Die Verdachtsdiagnose „Tauchunfall“ ist beim Vorliegen folgender Voraussetzungen wahrscheinlich:

- Es wurde **unter Wasser** Luft oder ein anderes Atemgas/-gemisch **geatmet**, z. B. aus einem Tauchgerät oder aus einer anderen Luftansammlung (z. B. Wrack, Höhle).

oder

- Es wurden Apnoe-Tauchgänge durchgeführt (i. d. R. mehrere tiefe Tauchgänge).

und

- es liegen milde und/oder schwere **Symptome** vor (s. u.).

Decompression Sickness (DCS)

## Achtung

Das häufigste Inertgas ist **der Stickstoff**, weshalb er im Text stellvertretend für alle Inertgase genannt wird. Prinzipiell sind aber auch je nach Gasgemisch andere Inertgase mit ähnlicher Wirkung denkbar.



Häufig verwendete Synonyme für die DCS sind **Dekompressionskrankheit**, **Taucherkrankheit** und **Caisson-Krankheit**. Mit zunehmender Tiefe und Dauer des Tauchgangs sammelt sich aufgrund des erhöhten  $p_{N_2}$  Stickstoff in Blut und Geweben an. Die Gewebe sättigen dabei mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf. Beim zu schnellem Auftauchen nimmt der Umgebungsdruck so schnell ab, dass **Stickstoffbläschen im Blut und in den Geweben ausperlen** können. Man spricht veranschaulichend vom **Sprudelflascheneffekt**, da auch im Sprudel Gas unter Druck gelöst ist und der Druck durch das Öffnen der Flasche schlagartig entweicht. Da das Ausperlen des Gases in verschiedenen Geweben erfolgen kann, entstehen unterschiedliche Symptome. Perlt der Stickstoff in der Haut aus, kann es durch Reizung dort liegender Nervenenden zum Jucken kommen, man bezeichnet dieses Phänomen auch als **Taucherflöhe**. Kommen sichtbare Hautveränderungen (i. d. R. rötliche Flecken) hinzu, gelten die Symptome bereits als schwer. Auch Gelenkschmerzen sind häufig, sog. **Bends**. Kleinere Gasblasen im Blut entstehen meist im venösen Niederdrucksystem und können zum Großteil von der Lunge herausgefiltert und verzögert abgeatmet werden. Es kann aber auch zu Mikroembolien im Kapillarnetz verschiedener Organe kommen. Besonders gefürchtet ist der Übertritt von Gasblasen aus dem venösen in das arterielle System, wie es z. B. bei einem offenen Foramen ovale (**persistierendes Foramen ovale, PFO**) vorkommen kann. Man spricht bei der Umgehung des Lungenkreislaufs auch von einem **Shunt-Mechanismus**. Es kann hierdurch zu einer **paradoxen Embolie** (Kap. 27.3.2) kommen, in diesem Fall zu einer **arteriellen Gasembolie (AGE)**. Hierdurch können auch größere Gasblasen zirkulieren und zu Embolien verschiedener Gewebe und Organe führen.

## Achtung

Die Symptome einer DCS treten meist erst mit einigen Minuten Verzögerung auf, sodass der Taucher, wenn er den Rettungsdienst alarmiert, u. U. sogar wieder zu Hause ist.

## Schlagwort

# Mögliche Symptome der DCS

## Milde Symptome

- Auffällige Müdigkeit
- Hautjucken („Taucherflöhe“)

mit vollständiger oder fast vollständiger Rückbildung innerhalb von 30 Min. nach Einleiten der spezifischen Erste-Hilfe-Maßnahmen

## Schwere Symptome

- Hautflecken und -veränderungen
- Schmerzen (z. B. Gelenkschmerzen, „Bends“)
- Atembeschwerden
- Neurologische Symptome wie
  - Parästhesien („Ameisenlaufen“)
  - Seh-, Hör-, Sprachstörungen,
  - Schwindel, Übelkeit
  - Taubheitsgefühl
  - Körperliche Schwäche, Lähmungen, Blasenentleerungsstörungen
  - Bewusstseinsstörungen, Bewusstlosigkeit
- Fortbestehen milder Symptome über 30 Min. trotz Sauerstoff- und Volumengabe

## Pulmonales Barotrauma (PBT)

In der Dekompressionsphase dehnt sich das in der Lunge vorhandene Atemgas aus. Kann die Luft nicht entweichen, kommt es zu einer Überdehnung des Lungengewebes, das letztlich

zerreißen kann. Insbesondere **zwei Mechanismen** sind hierfür verantwortlich:

- Ein **Stimmritzenkrampf (Laryngospasmus)**, der z. B. aus Panik bei einem Notaufstieg und/oder durch Aspiration von Wasser entstehen kann, verhindert die Abatmung von Luft aus der gesamten Lunge. Wird die Dehnbarkeit der Lunge an einer Stelle überschritten, kommt es dort zur Ruptur.
- Bei einem **Lungenemphysem** liegen überblähte, dünnwandige Areale vor, **Emphysebullae** (= „Blasen“, Kap. 28.2.2). In diesen Bullae kann sich Luft im Sinne eines „Air Trappings“ verfangen und nicht oder nicht schnell genug entweichen. Hierdurch kann es zur Ruptur der Bulla kommen.

Eine Ruptur der Lunge im Bereich der Pleura führt i. d. R. zu einem **Pneumothorax**. Entsteht dieser bereits in größerer Wassertiefe, so kann die weitere Dekompression beim Aufstieg die Entwicklung eines **Spannungspneumothorax** stark beschleunigen. Auch die Entstehung eines **Mediastinalemphysems** ist möglich. Breitet sich die Luft bis unter die Haut aus, ist ein tastbares **Hautemphysem** praktisch beweisend.

Kommt es neben der Verletzung der Lunge ebenfalls zur Ruptur benachbarter Blutgefäße, so kann Atemgas in das Blutgefäßsystem eingeschwemmt werden und auf diese Weise zu einer arteriellen Gasembolie (AGE, s. u.) führen. Nach einer maximal tiefen Einatmung ist ein PBT auch in flachem Wasser, z. B. bei der Ausbildung im Schwimmbad, denkbar.

## Arterielle Gasembolie (AGE)

Bei einer arteriellen Gasembolie gelangt Gas in die Arterien des großen Kreislaufs und kann somit in verschiedenen Arealen zu **akuten Durchblutungsstörungen** führen.

- Durch die **DCS** entstehen Gasblasen zunächst im venösen System. Liegt ein Rechts-links-Shunt vor, z. B. bei einer Verbindung zwischen den Vorhöfen (persistierendes Foramen ovale, PFO), so können die Gasblasen unter Umgehung des Lungenkreislaufs direkt in das linke Herz und von dort aus ins arterielle System gelangen. Möglicherweise findet auch beim Gesunden zumindest teilweise eine direkte Passage von Luftbläschen durch den apikalen Lungenkreislauf statt.

- Die zweite Ursache ist **ein pulmonales Barotrauma (PBT)** mit einer Ruptur der Lunge im Hilusbereich, wenn z. B. Luft direkt aus dem verletzten Bereich in die Lungenvenen eingeschwemmt wird. Von hier gelangt sie in den linken Vorhof und somit in den arteriellen Körperkreislauf.

Besonders gefürchtet ist die **zerebrale Gasembolie (CAGE)**, bei der die Blasen hirnzuführende Gefäße verstopfen und auf diese Weise zu einem Apoplex führen können.

Die Symptomatik ist je nach Ort und Ausmaß der Embolie(n) sehr variabel und oft nicht von den Symptomen einer DCS zu unterscheiden.

## Allgemeine Maßnahmen beim Tauchunfall

Da die verschiedenen Tauchunfälle zahlreiche Gemeinsamkeiten aufweisen und zudem mehrere verschiedene Ursachen gleichzeitig bzw. an verschiedenen Körperregionen auftreten können, ist es sinnvoll, die Therapie als Gesamtkonzept zu betrachten.

### Praxistipp

## An den Buddy denken!

Tauchen ist ein Partnersport. Bei jedem Tauchunfall kann daher prinzipiell auch der **Tauchpartner** („Buddy“) des Patienten mitbetroffen sein.

Die zwei wichtigsten spezifischen Maßnahmen bei allen Tauchunfällen sind **Sauerstoffgabe** und **Volumentherapie**. Durch die Volumengabe wird die Stickstoffkonzentration im Blut schlichtweg verdünnt. Zudem ist beim Taucher immer von einem latenten Volumenmangel auszugehen. Auch beim Spannungspneumothorax ist Volumen hilfreich, um die durch Mediastinalverschiebung und Kompression der V. cava beeinträchtigte Vorlast zu verbessern. Sauerstoff hingegen hat neben den offensichtlichen Vorteilen im Falle eines Ertrinkungsgeschehens, eines Pneumothorax oder einer Gewebeischämie bei der AGE die

Funktion, den Abtransport von Stickstoff zu erleichtern. Es kommt aufgrund der unterschiedlichen Konzentrationsgefälle hierbei zu einer Diffusion von Sauerstoff in die Stickstoffbläschen, aus denen im Gegenzug Stickstoff herausdiffundiert.

## Achtung

Beim Tauchunfall ist – unabhängig vom zuvor geatmeten Gasgemisch – immer eine **sofortige Sauerstoffgabe mit maximaler Konzentration** indiziert! Auch bei begrenztem O<sub>2</sub>-Vorrat soll so lange wie möglich 100 % O<sub>2</sub> geatmet werden unter Inkaufnahme, dass der Transport mit Luftatmung zu Ende geführt werden muss.

## Schlagwort

# Maßnahmen beim Tauchunfall

### Monitoring

- AF, SpO<sub>2</sub>, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur

### Basismaßnahmen und Lagerung

- Sofern noch nicht erfolgt: Rettung unter Beachtung des Eigenschutzes nach den Prinzipien des Ertrinkungsunfalls ([Kap. 43.2.4](#)).
- Bewusstseinskontrolle (ansprechen, Orientiertheit prüfen, Pupillenkontrolle)
- „Treat first, what kills first“: Bei Bewusstlosigkeit bzw. Atemstillstand zunächst vorgehen nach aktuell gültigen Reanimationsleitlinien.
- Ein Ertrinkungsunfall kann bei Tauchern allein oder zusätzlich zum Tauchunfall vorliegen und muss immer mitbedacht werden.

- Lagerung nach notfallmedizinischen Standards:
  - Flachlagerung anstreben. Nicht gegen den Willen des Patienten. Bei Bewusstlosigkeit stabile Seitenlagerung bzw. flache Rückenlagerung falls CPR indiziert
  - Keine Kopftieflagerung!
  - Patient möglichst wenig bewegen! (**Cave:** Gasblasen, Hypothermie, Verletzung!)
- Sauerstoffgabe mit maximaler Konzentration, z. B. dicht sitzende Maske mit Demand-Ventil, mindestens Inhalationsmaske mit O<sub>2</sub>-Reservoir und maximalem Flow
- Bei respiratorischer Insuffizienz und ausreichender Vigilanz mit vollständig erhaltenen Schutzreflexen ist eine nichtinvasive Beatmung bzw. Masken-CPAP der Intubation vorzuziehen, um die neurologische Verlaufsbeurteilung nicht zu verschleiern.
- Für Untersuchung und Monitoring muss der Taucheranzug entfernt werden. Hierbei ist auf den richtigen Wärmehaushalt des Tauchers zu achten: Sowohl Unterkühlung als auch Überwärmung müssen vermieden werden.
  - Taucheranzug entfernen (lassen). Ein bewusstseinsklarer, orientierter Taucher ohne Hinweise auf Verletzungen tut dies am besten selbst bzw. mithilfe seines Tauchpartners. Taucheranzug im Notfall aufschneiden.
  - Patient abtrocknen und in vorgeheizten RTW bringen, ggf. mit Decken versorgen.
- Auskultation, Perkussion. Insbesondere: Hinweis auf (Spannungs-)Pneumothorax?
  - **Cave:** Ein einseitig abgeschwächtes/fehlendes Atemgeräusch kann auch von der Verlegung eines Bronchus herrühren, wie sie bei der Aspiration von Wasser bzw. Mageninhalt auftreten kann! Vor der Entscheidung zur Thoraxdrainage sollten weitere Zeichen eines Spannungspneus evaluiert werden, z. B. zunehmende Schockzeichen bei gleichzeitiger oberer Einflusstauung, Überblähung der betroffenen Seite, Entwicklung eines Hautemphysems etc.
- Orientierende neurologische Untersuchung und Dokumentation:

- Glasgow Coma Scale
- Orientiert zu Person, Situation, Zeit und Ort?
- Prüfung von Motorik und Sensibilität
- Prüfung der Hirnnerven inkl. Pupillenkontrolle
- Babinski-Reflex

## Erweiterte Maßnahmen

- i. v. Zugang und ggf. Laborblutentnahme
- Nach i. v. Zugang Gabe von 500–1 000 ml balancierte Vollelektrolytlösung in der ersten Stunde. Keine reinen Glukoselösungen verwenden!
  - **Hinweis:** Tauchern ohne Gefahr der Bewusstseinstäubung wird als Erste-Hilfe-Maßnahme empfohlen, kohlenensäure- und alkoholfreie Getränke zu sich zu nehmen.
- Bei Spannungspneumothorax frühzeitige Entlastung, z. B. mittels Nadelpunktion nach Monaldi, ggf. Anlage einer Bülau-Drainage, z. B. bei bevorstehendem RTH-Transport (Gefahr: Abnahme des Umgebungsdrucks beim RTH-Aufstieg → Zunahme des Pneus)
- Im Falle einer Intubation:
  - Immer 100 % Sauerstoff geben.
  - Wenn Pneumothorax vorliegt: Bülau-Drainage durch Notarzt.
- Tauchcomputer sicherstellen, enthält u. U. wichtige Informationen zum Tauchgangsverlauf.
- Abwägung, ob der Tauchpartner ebenfalls durch einen tauchmedizinisch erfahrenen Arzt untersucht und ggf. behandelt werden muss
- Ärztliche Entscheidung ob Transport in eine Druckkammer indiziert ist:
  - Gegebenenfalls Beratung durch Taucherarzt einer tauchmedizinischen Hotline
  - Schnellstes und schonendstes Transportmittel wählen. Bei RTH-Transport möglichst niedrige Flughöhe einhalten.

- Weitere Behandlung je nach vorliegender Klinik gemäß notfallmedizinischen Standards
- Weitere (z. B. internistische/neurologische) Primärursachen für den Tauchunfall in die differenzialdiagnostischen Erwägungen einbeziehen!
- Patienten auch bei milden Symptomen grundsätzlich ins Krankenhaus bringen zur Verlaufsbeobachtung. Bei Transportverweigerung (nur möglich bei vollorientierten Patienten) entsprechende ärztliche Aufklärung und Dokumentation

## Praxistipp

### Tauchmedizinische Hotlines

- 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 Schiffahrtmedizinischen 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 Druckkammerlisten auf [www.gtuem.org](http://www.gtuem.org) (letzter Zugriff: 15.8.2015)

### Immersions-Lungenödem

Das Immersions-Lungenödem stellt eine Besonderheit dar und kann sowohl beim Tauchen als auch bei anderen Aktivitäten im Wasser auftreten, bei denen sich ein Großteil des Körpers unter Wasser befindet. Hierbei kommt es durch den Wasserdruck zu einer Kompression des venösen Systems mit einer **Erhöhung der kardialen Vorlast**. Insbesondere bei Hypertonikern und Patienten mit Herzinsuffizienz kann dies zu einem akuten Lungenödem führen. Denkbar ist auch



das Auftreten beispielsweise **bei der Wassergymnastik** (z. B. Reha-Sport bei bereits kardial vorbelasteten Patienten). Neben dem sofortigen **Retten des Patienten aus dem Wasser** gelten die Prinzipien zur Behandlung des kardialen Lungenödems (Kap. 27.2.6).

## 43.2 Ertrinkungsunfälle

### 43.2.1 Ursachen

Die meisten Ertrinkungsunfälle ereignen sich in heißen Sommermonaten an unbewachten Binnengewässern. Zirka 80 % der Ertrunkenen sind männlich, was einer erhöhten Risikobereitschaft zugeschrieben wird. Oft gehen Menschen an Stellen baden, die aufgrund Strömung oder anderer Gefahren nicht zum Schwimmen zugelassen sind. Mehr als die Hälfte der Ertrunkenen sind älter als 50 Jahre, hier spielen vermutlich körperliche Faktoren und Vorerkrankungen die Hauptrolle.

### 43.2.2 Definitionen und Begrifflichkeiten

Im deutschen medizinischen Sprachgebrauch bezeichnet man als **Ertrinken** den **Tod durch Ersticken infolge Untertauchens in einer Flüssigkeit innerhalb von 24 Std.** nach dem Ertrinkungsunfall. Überlebt der Patient das Ertrinkungsgeschehen **mehr als 24 Std.**, so spricht man vom **Beinahe-Ertrinken**. Das ILCOR empfiehlt bereits seit den Reanimationsleitlinien 2005, diesen und andere Begriffe nicht mehr zu gebrauchen. Die Definition des Ertrinkens gemäß ILCOR lautet wie folgt:

„Als Ertrinken bezeichnet man einen Prozess, der in einer primären respiratorischen Verschlechterung durch Submersion/Immersion in einem flüssigen Medium resultiert. Voraussetzung für die Definition ist eine Flüssigkeits-/Luft-Grenzfläche am Eingang der Atemwege des Unfallopfers, welche ein Luftholen verhindert. Nach diesem Ereignis kann das Unfallopfer überleben oder versterben, hat aber, unabhängig vom Outcome, einen Ertrinkungsunfall erlitten.“

**Submersion** bezeichnet hierbei das vollständige Untertauchen des Körpers, während **Immersion** bedeutet, dass nur Teile des Körpers ins Wasser eintauchen. Ertrinken durch Immersion käme z. B. infrage, wenn ausschließlich Mund und Nase unter Wasser wären, was z. B. bei Kleinkindern in der Badewanne oder bei alkoholisierten Menschen in flachem Wasser

vorkommen kann.

Aufgrund der medizinischen Praxis scheint es entgegen der ILCOR-Empfehlung sinnvoll, auch noch weitere Begriffspaare zu kennen:

Der klassische Ertrinkungsunfall, bei dem der Patient im Rahmen des Akutgeschehens verstirbt, wird als **primäres Ertrinken** bezeichnet. Es kann aber auch innerhalb von 24 Std. (teilweise bis zu 72 Std.) nach einer zunächst erfolgreichen Rettung durch eine Schädigung der Lunge zur Ausbildung eines Lungenödems bzw. eines ARDS kommen. Da man dann quasi erneut „Wasser in der Lunge“ hat, bezeichnet man diesen Vorgang traditionell auch als **sekundäres Ertrinken**.

## Achtung

Nach einem Ertrinkungsunfall muss jeder Patient wegen der Gefahr des **„sekundären Ertrinkens“** für mindestens 24 Std. im Krankenhaus beobachtet werden.

Auch die Unterscheidung in „nasses“ und „trockenes“ Ertrinken ist noch immer geläufig: Beim **nassen Ertrinken** kommt es zur Aspiration größerer Mengen Flüssigkeit, welche die Lunge entsprechend schädigen kann (85–90 % d. F.).

Häufig entwickelt sich durch den Kontakt mit dem Wasser zunächst ein Laryngospasmus, der manchmal auch nach dem Bewusstseinsverlust bestehen bleibt und das Eindringen weiterer Flüssigkeit in die Atemwege verhindert. Bei diesem **trockenen Ertrinken** wird die Lunge primär überhaupt nicht oder zumindest deutlich weniger geschädigt, die reine Hypoxie steht hier im Vordergrund.

### 43.2.3 Pathophysiologie

#### Ertrinkungsvorgang

Der Ertrinkungsvorgang läuft immer in ähnlicher Reihenfolge ab: Zunächst versucht der Ertrinkende, willkürlich den Atem anzuhalten. Es kommt normalerweise zum Verschlucken

größerer Mengen Wasser in den Magen. Dann folgt ein **Laryngospasmus**, der die unteren Atemwege verschließt und das Eindringen größerer Wassermengen zunächst verhindert. In ca. 10–15 % d. F. bleibt dieser Laryngospasmus auch noch in tiefer Bewusstlosigkeit erhalten („trockenes“ Ertrinken), in allen anderen Fällen löst er sich unter einer zunehmenden Hypoxie und Hyperkapnie mit Ausfall der Schutzreflexe wieder und Wasser kann in die unteren Atemwege eindringen („nasses“ Ertrinken). In diesem Fall kommt es zusätzlich zur ohnehin schon bestehenden Hypoxie noch zu einer Lungenschädigung, die den Gasaustausch – auch nach erfolgreicher primärer Rettung – weiter erschweren kann.

## Nasses Ertrinken in Süß- oder Salzwasser

Schon seit geraumer Zeit wird die klinische Bedeutung der Unterscheidung zwischen Süß- und Salzwasserertrinken als sehr nachrangig angesehen. Daher wird auf die weitere Darstellung an dieser Stelle ausdrücklich verzichtet. Mäßige Elektrolytstörungen sind selten von klinischer Relevanz und bedürfen meist keiner Behandlung. Wichtig ist die **Gemeinsamkeit beider Ertrinkungsarten**, nämlich die **Auswaschung bzw. Inaktivierung von Surfactant**. Fehlt die Surfactantwirkung in den Alveolen, kollabieren diese und können verkleben, es bilden sich **Atelektasen**. Die betroffenen Lungenareale können nicht mehr ausreichend am Gasaustausch teilnehmen, sodass der relative Anteil sauerstoffarmen Bluts, das aus der Lunge zum linken Herzen transportiert wird, zunimmt. Man spricht in diesem Fall von einer **intrapulmonalen Shunt-Bildung**. Die resultierende **Hypoxie** stellt das Hauptproblem bei Ertrinkungsunfällen dar. Im Verlauf kann es außerdem zu einer Pneumonitis (Lungenentzündung durch physikalische Schädigung) bzw. zu einer Pneumonie (Lungenentzündung durch Krankheitserreger) kommen. Die Ausbildung eines ARDS im Verlauf ist eine gefürchtete Komplikation mit hoher Letalität.

### Praxistipp

Die Unterscheidung in **Süß- und Salzwasserertrinken** hat für die rettungsdienstliche Praxis **keine Relevanz**. Hauptproblem beider Formen des Ertrinkens sind **Hypoxie und Lungenschädigung** durch Verlust der Surfactantwirkung.

# Hypothermie

Wasser hat eine ca. 25-mal höhere Wärmeleitfähigkeit als Luft. Daher ist die Hypothermie eine der **häufigsten Begleiterscheinungen** bei Ertrinkungsopfern. Obwohl die akzidentielle Hypothermie eine eigene Krankheitsentität darstellt, kann die rasche Auskühlung im Falle einer Reanimationspflichtigkeit jedoch auch Vorteile haben. Der Sauerstoffverbrauch der Zellen sinkt um ca. 6 % pro Grad Celsius Abnahme der Körperkerntemperatur. Insbesondere bei Kindern sind, aufgrund der deutlich rascheren Auskühlung im Gegensatz zu Erwachsenen, Einzelfallberichte bekannt, bei denen eine Reanimation noch nach 60 Min. Submersion in Eiswasser (< 5 °C) ohne neurologisches Defizit geglückt ist.

Die Versorgung eines Ertrinkungsopfers muss daher immer auch eine Temperaturmessung beinhalten und die **Prinzipien der Versorgung von Hypothermiepatienten beachten** (Kap. 42.2). Im Falle einer Reanimation soll eine Wiedererwärmung nicht auf über 34 °C Körperkerntemperatur (KKT) erfolgen, da sich eine Phase therapeutischer Hypothermie der primär erfolgreichen Reanimation anschließen soll.

## HWS-Verletzung

Eine vielbeachtete Begleitverletzung bei Ertrinkungsunfällen ist das HWS-Trauma, meist unter der Vorstellung eines Kopfsprungs in unbekannte Gewässer. Tatsächlich hat jedoch nur jedes 200. Ertrinkungsopfer auch eine HWS-Beteiligung. Das bedeutet, dass statistisch von allen Ertrinkungsopfern in Deutschland jährlich nur bei ca. 2 tatsächlich ein HWS-Trauma vorliegt.

Die **Immobilisation der HWS** ist im Wasser oft schwierig und kann die adäquate Rettung des Unfallopfers verzögern. Schlecht angebrachte Zervikalstützen können bei bewusstlosen Patienten zudem zur Atemwegsverlegung führen. Eine HWS-Immobilisation ist daher **nicht indiziert, wenn keine Anzeichen für eine schwere Verletzung bestehen oder aufgrund des Unfallhergangs naheliegen.**

**Begleitumstände**, die eine HWS-Verletzung nahelegen, sind:

- Sprung ins Wasser
- Wasserrutschen

- Zeichen für ein Trauma
- Hinweise auf eine Alkoholintoxikation

Es gilt: HWS-Schonung, wo möglich, aber: Eine HWS-Immobilisation darf die Rettung eines Patienten mit Atemstillstand auf keinen Fall verzögern.

Die Koinzidenz zwischen HWS-Trauma und Schädel-Hirn-Trauma (SHT) ist hingegen sehr hoch, sodass bei den genannten Begleitumständen auch immer gezielt nach einem SHT gesucht werden sollte.

#### 43.2.4 Maßnahmen

Die Rettung aus dem Wasser ist i. d. R. Aufgabe von Wasserrettungsorganisationen wie der Deutschen Lebens-Rettungs-Gesellschaft (DLRG), der Wasserwacht oder Spezialkräften der Feuerwehr, im offenen Meer auch die der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger (DGzRS). Sie erfolgt nach dem Schema der [Abb. 43.10](#).

Ablaufschema zur Rettung aus dem Wasser gem. ERC-Leitlinie 2010 [P100/L143]

Bewusstlose Person im Wasser

Atemwege freimachen, Kopf überstrecken, Atemkontrolle

- Erweitertes Monitoring mit engmaschiger **RR-Messung, Pulsoxymetrie, 12-Kanal-EKG, BZ, Temperatur**. Bei beatmeten Patienten zusätzlich **etCO<sub>2</sub>**.
  - Das Einschalten des QRS-Tons hilft, auch in stressigen Situationen Veränderungen des Herzrhythmus nicht zu übersehen!
  - Eine Sinusbradykardie ist im Falle einer Hypothermie normal und dem verringerten Sauerstoffbedarf geschuldet. Eine medikamentöse Therapie ist dann i. d. R. nicht indiziert.
- Bei Bewusstlosigkeit bzw. Atemstillstand Vorgehen nach aktuell gültigen Reanimationsleitlinien. Hierbei folgende Punkte besonders beachten:
  - **Technisch einwandfreie Thoraxkompressionen**, um Druck auf den gefüllten Magen zu verhindern.
  - **Keine Kompression-Only-CPR!** Immer für bestmögliche **Oxygenierung** sorgen!

- Permanente **Absaugbereitschaft!**
- Wird die Beatmung durch Wasser oder Erbrochenes behindert, Patient auf die Seite drehen und absaugen.
- Vorsichtiges Vorgehen bei V. a. HWS-Verletzung (Kap. 52.3.4), jedoch keinesfalls Verzögerung lebensrettender Maßnahmen.
- Bei nicht intubierten Patienten Absaugung nur im Bereich der oberen Atemwege. Keine Versuche, Wasser aus den unteren Atemwegen zu entfernen (blinde Absaugung dort aufgrund der Bronchialverzweigung kaum möglich, Wasser wird ohnehin resorbiert, Gefahr des Erbrechens erhöht).
- Frühzeitig Einlage einer **Magensonde** erwägen, da zum einen die Gefahr der Regurgitation/Aspiration deutlich erhöht ist und zum anderen der prall gefüllte Magen von unten gegen das Zwerchfell drückt, sodass dessen Entlastung die Beatmung deutlich vereinfachen kann.
- Die **endotracheale Intubation** ist aufgrund des Aspirationsschutzes und der oft vorliegenden Erfordernis hoher Beatmungsdrücke supraglottischen Atemwegshilfen vorzuziehen.
  - **Crush-Intubation**, ggf. Sellick-Handgriff (Cricoid-Druck) zur Verhinderung von Regurgitation/weiterer Aspiration.
  - **PEEP** 5–10 mbar, bei schlechter Oxygenierung Steigerung bis 20 mbar. Bei hohem PEEP unter maschineller Beatmung auf ausreichendes Atemzugvolumen (AZV) achten!
- Die Reanimation des Ertrinkungsopfers wird solange fortgesetzt, bis sichere Todeszeichen vorliegen oder ein zeitgerechter Transport in eine medizinische Einrichtung nicht mehr möglich ist (z. B. beim Ertrinken auf offener See).
- Immer die Gefahren der **Hypothermie** bedenken (Bergungstod/Afterdrop) (Kap. 52.2.6)!
  - Hypothermen Patienten möglichst wenig bewegen!
  - Bei einer Hypothermie unter 30 °C kann die Wirksamkeit von Defibrillation und Medikamentengabe eingeschränkt sein. **Faustregel:** Bis zum Erreichen einer KKT  $\geq 30$  °C Verzicht auf Medikamentengabe und maximal 3 Defibrillationen. Zwischen 30 und 35 °C Medikamente nur halb so oft geben wie normalerweise.

- Bei spontan atmenden Patienten oder nach erfolgreicher Reanimation, Titrierung der O<sub>2</sub>-Gabe, sodass eine **Zielsättigung von 94–98 %** erreicht wird.
- Bei erhaltenem Bewusstsein, ausreichenden Schutzreflexen, aber schlechter Oxygenierung trotz maximal möglichem O<sub>2</sub>-Flow ggf. **nicht-invasive Beatmung (NIV) bzw. Masken-CPAP** zur Wiedereröffnung bzw. Prävention von Atelektasen.
- Bei Oxygenierungsversagen trotz NIV/CPAP, **großzügige Indikation zur Intubation.**
- Wärmeerhalt bzw. Aufwärmung nach den Prinzipien der Hypothermiebehandlung (vgl. Hypothermie). Nasse Kleidung entfernen!
- **Glasgow Coma Scale** und **neurologischer Basischeck**, ggf. im Verlauf mehrfach wiederholen.
- Monitoring und körperliche Untersuchung können Hinweise auf **Ursachen und Folgen** des Ertrinkungsunfalls liefern!
- **Immer Transport** in ein Krankenhaus mit internistischer Intensivstation (Gefahr des „sekundäres Ertrinkens“ durch ARDS innerhalb von Minuten bis Stunden nach dem Ereignis).

## Wiederholungsfragen

1. Erläutern Sie kurz das Gesetz von Boyle und Mariotte ([Kap. 43.1.1](#)).
2. Um welchen Faktor hat der auf den Taucher einwirkende Umgebungsdruck auf einer Wassertiefe von 10 Metern im Vergleich zur Oberfläche zugenommen ([Kap. 43.1.1](#) und [Kap. 43.1.2](#))?
3. Was versteht man unter Apnoetauchen ([Kap. 43.1.3](#))?
4. Welche Krankheitsbilder gehören zur DCI ([Kap. 43.1.4](#))?
5. Erläutern Sie Symptome und Gefahren der DCS ([Kap. 43.1.4](#)).
6. Erläutern Sie den Begriff „pulmonales Barotrauma“ ([Kap. 43.1.4](#)).
7. Nennen Sie Begleiterkrankungen, die Ursache oder Folge eines Ertrinkungsunfalls sein können ([Kap. 43.2.3](#)).
8. Welche Bedeutung hat im Rettungsdienst die Unterscheidung in Süß- und Salzwasserertrinken ([Kap. 43.2.3](#))?
9. Erläutern Sie das Vorgehen bei der Reanimation von Ertrinkungsopfern ([Kap. 43.2.4](#)).



## Verdachtsdiagnose

Pulmonales Barotrauma nach Tauchunfall, DCS.

## Erstmaßnahmen

Das Rettungsteam führt umgehend die Erstbeurteilung des ungefähr 40-jährigen, adipösen Patienten durch. Der Atemweg des Patienten ist frei, die Atmung ist tachypnoeisch. Es fallen eine obere Einflusstauung und ein Hautemphysem im Bereich des linken Halses auf. Die Auskultation ergibt ein links und rechts basal abgeschwächtes Atemgeräusch. Der Thorax wirkt links überbläht. Der periphere Puls ist tastbar und leicht tachykard. Das Hautkolorit ist blass und es zeigt sich eine fleckige Hautrötung im Bereich des Oberkörpers. Auf Ansprache öffnet der Patient die Augen und sieht den Notfallsanitäter gezielt an, die Pupillen sind mittelweit, isokor lichtreagibel. Alle 4 Extremitäten werden spontan bewegt.

Der Patient wird schonend auf die Trage umgelagert und zur weiteren Untersuchung und Behandlung unter Fortführung der Sauerstoffinhalation in den RTW verbracht. Nach vorsichtigem Entfernen des sehr eng sitzenden Taucheranzugs mittels Kleiderschere wird der Patient abgetrocknet, um ein weiteres Auskühlen zu verhindern. Das Erheben einer SAMPLER-Anamnese ist nicht möglich, da der Patient aufgrund der massiven Dyspnoe nicht sprechen kann. Allerdings wird die Frage nach Luftnot und Schmerzen durch Kopfnicken bejaht.

Das Erheben der Vitalparameter ergibt eine Atemfrequenz von 28/Min., eine Herzfrequenz von 104/Min. und einen Blutdruck von 100/60 mmHg. Die Sauerstoffsättigung liegt bei 94 % und im EKG zeigt sich eine Sinustachykardie mit vereinzelten ventrikulären Extrasystolen (VES).

Da der Patient eine Rückenlage nicht toleriert, wird er in Linksseitenlage gebracht. Die hoch dosierte Sauerstoffgabe wird kontinuierlich fortgeführt. Der Notfallsanitäter legt dem Patienten einen großlumigen intravenösen Zugang und infundiert eine balancierte Vollelektrolytlösung.

Bei weiter fortschreitender Hypotonie entscheidet sich der Notarzt zur Anlage einer Bülau-Drainage in Lokalanästhesie, die zu einer deutlichen klinischen Besserung des Patienten führt. Nach telefonischer, tauchmedizinischer Beratung wird der Patient mit dem nachgeforderten RTH in eine 30 km entfernte Druckkammer mit Möglichkeit einer intensivmedizinischen Versorgung geflogen.

## Klinik

In der Klinik kann der Patient stabilisiert werden und überlebt den Vorfall nach 2-wöchiger Intensivbehandlung bei einer verkomplizierenden Pneumonie rechtsbasal letztlich ohne Folgeschäden.

## Diagnose

Pulmonales Barotrauma mit Spannungspneumothorax links nach Tauchunfall, DCS.

## Weiterführende Literatur

### **Deutsche Lebensrettungsgesellschaft, 2014**

Deutsche Lebensrettungsgesellschaft. Ertrinkungsstatistik 2014.

[www.dlrg.de/presse/pm-ertrinkungsstatistik.html](http://www.dlrg.de/presse/pm-ertrinkungsstatistik.html) (letzter Zugriff: 15.8.2015)

### **Dreesen, 2011**

 S. Dreesen

Zertifizierte Fortbildung Teil 7 – Ertrinkungsunfälle: Die Hypoxie ist das Hauptproblem  
Rettungsdienst , Auflage 34, 7 2011, Seite 47 - 54

 **Klingmann and Tezlaff, 2012**

 Ch. Klingmann

 K. Tezlaff

Moderne Tauchmedizin: Handbuch für Tauchlehrer, Taucher und Ärzte  
2012, Gentner Stuttgart

## Medizinwelten

Abrechnung

Akupunktur

Allgemeinmedizin

Chirurgie

Gynäkologie

Heilpraktiker

Homöopathie

Innere Medizin

Klinikleitfaden

Naturheilverfahren

Onkologie

Osteopathie

Psychiatrie

Psychosomatik

Psychotherapie



[Pädiatrie](#)

[Rettungsdienst](#)

[Sprachtherapie](#)

## Rechtliches

[Impressum](#)

[Datenschutz](#)

[User Guide](#)

[Elsevier AGB](#)

## Links

[Customer Service](#)

[Elsevier Portal](#)

[Elsevier Webshop](#)