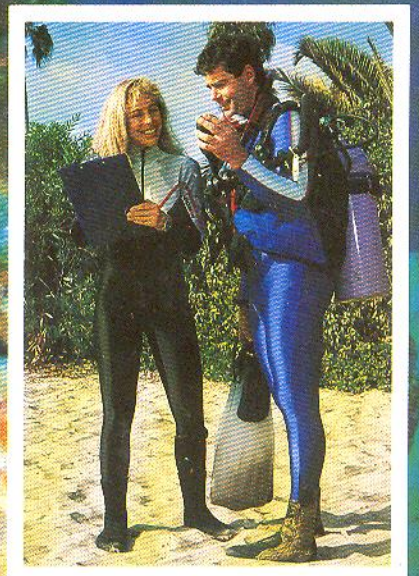
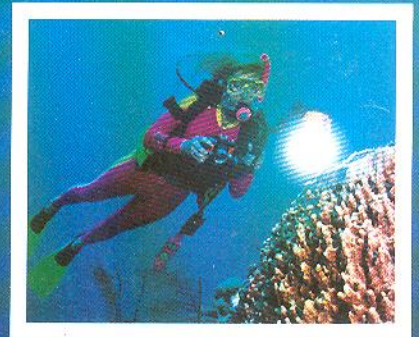
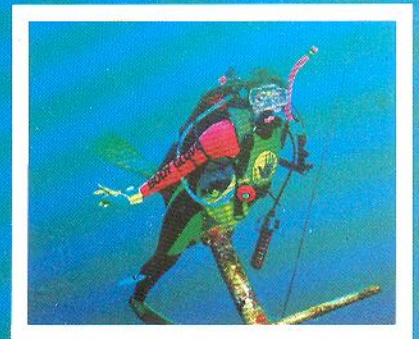


# PADI®

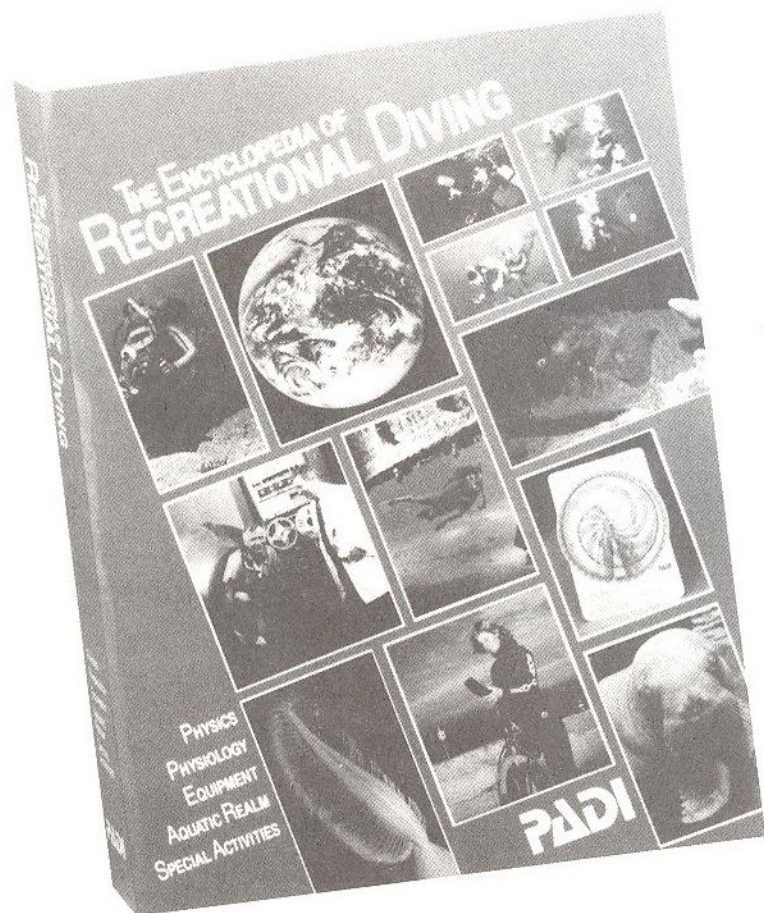
## Diving Knowledge Workbook

Eine Anleitung zum Verständnis des Sporttauchens



# Niemand *benötigt* dieses Buch.

58.--



## Weshalb ist es dann ein Bestseller?

Weil die *Enzyklopädie des Sporttauchens* deine Neugier befriedigt, dein Wissen erweitert und dich in die faszinierende Welt des Sporttauchens eintauchen lässt.

Mehr als eine Enzyklopädie des Tauchens. Es ist ein Taucherlebnis.

Versäume es nicht . . .  
bei deinem PADI Dive Center.

# PADI®

*„... voller Erklärungen, wie Dinge funktionieren und weshalb sie geschehen. Das findet sich alles in diesem Buch.“*

Skin Diver Magazin



**Diving Knowledge Workk**  
**(Arbeitsbuch Tauchtheorie)**  
**Professional Association of Diving Instruc.**

© International PADI, Inc. 1991

Translation by PADI Europe  
© International PADI, Inc. 1994

Alle Rechte vorbehalten.  
Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch PADI dürfen  
keinerlei Teile dieses Arbeitsbuches, in welcher Form auch immer,  
reproduziert werden.

Veröffentlicht von  
PADI EU Services AG, Oberwilerstrasse 3, CH-8442 Hettlingen,  
unter Genehmigung von  
PADI, 1251 East Dyer Road, Santa Ana, CA 92705

Printed in Germany 1993, 3/94



Inhaltspapier: Original Umweltschutzpapier aus 100% Altpapier -  
hergestellt in einem geschlossenen Wasserkreislauf ohne  
Gewässerbelastung, Bleichung und Färbung.

ISBN 3-907515-16-1

Produkt-Nummer 1716

# PADI®

## Diving Knowledge Workbook

### (Arbeitsbuch Tauchtheorie)

Eine Anleitung zum Verständnis des Sporttauchens



*A*  
1992

# PADI®

## Diving Knowledge Workbook

### Eine Anleitung zum Verständnis des Sporttauchens

WAS IST ES?

Das *Arbeitsbuch Tauchtheorie* ist eine **Anleitung zum Selbststudium**, die dir helfen soll zu beurteilen, wie gut du dich in den wichtigsten Bereichen des Sporttauchens auskennst und die deine Kenntnisse in diesen Bereichen fördern soll:

- Tauchphysik
- Tauchphysiologie
- Tauchausrüstung
- Allgemeine Tauchfertigkeiten und Tauchumgebung
- Der Recreational Dive Planner

FÜR WEN IST ES?

Das *Arbeitsbuch Tauchtheorie* ist für jeden interessant, der den Wunsch hat, mehr über die Tauchtheorie zu erfahren. Teilnehmer am Advanced Plus Kurs können das Arbeitsbuch dazu verwenden, um die Kursanforderung in Tauchtheorie zu erfüllen.

Für PADI Divemaster-Kandidaten/innen ist es ein ideales Lernmittel, das sie statt bestimmter Theorievorträge ihres/r Tauchlehrers/in mit dessen/deren Zustimmung in Form des Selbststudiums durcharbeiten können. Und Tauchlehrer-Kandidaten/innen werden dieses Arbeitsbuch bei ihrer Vorbereitung auf die schriftliche Theorieprüfung als Teil der Tauchlehrer-Abschlussprüfung (IE) besonders nützlich finden.

WIE WIRD ES VERWENDET?

Das Frage-Lösung-Format im *Arbeitsbuch Tauchtheorie* wurde dazu entwickelt, dir mehr zu bieten, als lediglich die korrekte Antwort zu jeder der Fragen. Es hilft dir zu bestimmen, wie gut du die betreffenden Zusammenhänge verstehst, und es gibt dir die Möglichkeit, die Gründe für eine falsche Antwort zu analysieren. Dazu findest du Verweise auf andere PADI-Materialien, die dich zurück zu den Quellen führen, falls du dir deiner Kenntnisse bei einem bestimmten Thema nicht ganz sicher bist.

---

# Inhaltsverzeichnis

Einführung .....	1
Kapitel 1: Tauchphysik .....	1-1
Kapitel 2: Tauchphysiologie .....	2-1
Kapitel 3: Tauchausrüstung .....	3-1
Kapitel 4: Allgemeine Tauchfertigkeiten und Tauchumgebung .....	4-1
Kapitel 5: Der Recreational Dive Planner .....	5-1
Anhang:	
Studienempfehlung für die IE - Theorieprüfung .....	A-2
Wiederholungsfragen zum RDP .....	A-4

---

# Quellenverzeichnis

Dieses Arbeitsbuch dient als Anleitung, um dein Wissen über das Sporttauchen zu verbessern und zu erweitern. Obwohl die Antworten zu jeder Frage im Arbeitsbuch gegeben werden, ist es nicht sein Sinn, als komplettes Nachschlagewerk zu dienen. Statt dessen wirst du zu jedem Lernziel einen "Quellenhinweis" finden, der dich zum Wiederholen und weiterführenden Lernen auf das entsprechende Kapitel in einer anderen PADI-Publikation verweist. Die erwähnten Materialien sind die folgenden:

*Die Enzyklopädie des Sporttauchens*

*PADI Divemaster Manual* (überarbeitete Ausgabe - 1990)

*PADI Rescue Diver Manual* (überarbeitete Ausgabe - 1993)

*Adventures in Diving - Fortgeschrittenes Training für Open Water Diver*

*The Recreational Guide to Decompression Theory, Dive Tables and Dive Computers*

*PADI Medic First Aid Notfall Manual*

Diese Publikationen sind in PADI Tauchzentren verfügbar.

---

# Einführung

## Bitte zuerst lesen

### Grundlegung

Ein interessanter Aspekt des Gerätetauchens ist die unglaubliche Vielfalt auf dem Gebiet der Wissenschaft vom Tauchen. Einzigartige und verblüffende Phänomene begegnen uns bei jedem Tauchgang. Unsere Wahrnehmung ist verändert. Gegenstände erscheinen uns verändert, und wir müssen uns an einen beinahe gewichtslosen Zustand gewöhnen. Weil wir Luft unter erhöhtem Druck atmen, reagiert unsere Physiologie auf deutliche und möglicherweise gefährliche Art und Weise. Um unser Leben unter Wasser zu erhalten, müssen wir wissen, wie eine große Zahl von komplizierten und hochentwickelten Ausrüstungsteilen zu gebrauchen ist. Um unsere Sicherheit zu gewährleisten, müssen wir mit einer Vielzahl von Fertigkeiten und Verfahren gründlich vertraut sein. Und um die Wasserwelt vollstens würdigen zu können, müssen wir ein grundlegendes Verständnis für deren Bewohner und die Welt, in der sie leben, haben.

Dein Open Water Diver Kurs hat dich in die Grundlagen der Tauchwissenschaft eingeführt. Dennoch hat dir deine Ausbildung als Tauchanfänger nur das dargelegt, was du wissen mußt, um sicher zu tauchen. Aber viele Taucher wollen mehr als die Grundlagen lernen. Das ist der Grund, warum dieses Arbeitsbuch entstand - um dir zu helfen, deine theoretischen Kenntnisse über die Grundlagen hinaus zu entwickeln.

Du wirst sehen, daß dir dieses Arbeitsbuch nicht nur hilft, die entscheidenden Informationen kennenzulernen, sondern dir auch hilft festzustellen, daß du die Zusammenhänge verstanden hast. Wenn du das Arbeitsbuch so benutzt, wie und wofür es entwickelt wurde, dann wird es dich durch verschiedene PADI-Materialien führen und sicherstellen, daß du die dort enthaltenen Informationen nicht nur liest, sondern wirklich lernst!

Beim Durcharbeiten dieses Arbeitsbuches wird deine Hauptquelle die *Enzyklopädie des Sporttauchens* sein (im folgenden einfach als *Enzyklopädie* bezeichnet). Dieses wertvolle Werk wurde verfaßt, um die Lücke zwischen dem, was du über das Tauchen wissen mußt, und dem, was du vielleicht wissen möchtest, zu schließen. Die *Enzyklopädie* ist eine einmalige Quelle - eine Schatzkiste mit Informationen und Einblicken für den Sporttaucher. Dennoch sind einige Informationen in anderen Quellen als der *Enzyklopädie* enthalten. Darum wirst du beim Durcharbeiten des Arbeitsbuches manchmal auf andere PADI-Materialien verwiesen. Aus diesem Grund wirst du auch das *PADI Open Water Diver Manual*, *PADI's Adventures in Diving - Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, das *PADI Rescue Diver Manual*, das *PADI Divemaster Manual*, das PADI-Buch *The Recreational Guide to Decompression Theory, Dive Tables and Dive Computers* und das *PADI Medic First Aid Notfall Manual* benötigen. Diese Publikationen kannst du über PADI Tauchzentren oder PADI Tauchlehrer erhalten.



## Wofür man dieses Arbeitsbuch verwenden kann

Bedingt durch die flexible Konzeption des Arbeitsbuches, eignet es sich für verschiedene Anwendungen. Zuerst einmal ist dieses *Arbeitsbuch für Tauchtheorie* interessant für **jeden** mit dem Wunsch, mehr tauchtheoretische Kenntnisse zu erwerben. Weiterhin unterstützt es verschiedene PADI Tauchausbildungs-Programme. Zum Beispiel:

1. Wenn du für einen PADI Advanced Plus Kurs eingeschrieben bist, kannst du das Arbeitsbuch als Teil deiner Brevetierungsanforderungen durcharbeiten.
2. Wenn du für einen PADI Divemaster Kurs eingeschrieben bist, ist der Gebrauch des Arbeitsbuches einer der Wege, wie dein/e PADI Tauchlehrer/in den Teil des Kurses durchführen kann, der deine Kenntnisse in Tauchtheorie weiterentwickeln soll.
3. Wenn du PADI Tauchlehrer-Kandidat/in bist (d.h. den PADI IDC beendet hast oder gerade beendest), dann ist das Arbeitsbuch eine unschätzbare Hilfe, dich auf die Tauchtheorie-Prüfung vorzubereiten, die Teil der Instructor Examination (IE) ist.

Unabhängig davon, weshalb du das Arbeitsbuch benutzt, hoffen wir, daß es dir eine wertvolle Hilfe dabei sein wird, dich zu einem/r besseren Taucher/in zu machen, indem es dich zu einem/r informierteren Taucher/in macht.

### Anmerkung für Tauchlehrer-Kandidaten/innen

Wie bei jeder Hilfe zur Prüfungsvorbereitung, ist ein erfolgreiches Beherrschen des mithilfe dieses Arbeitsbuches erworbenen Wissens keine Garantie, die zum Erfolg in einer tatsächlichen IE-Prüfung führt. Im IE wird von dir erwartet, daß du fundierte und umfassende Kenntnisse der Tauchtheorie (auf Tauchlehrer-Niveau) besitzt. Kenntnisse auf Tauchlehrer-Niveau sind definiert als die Fähigkeit, die richtige Antwort auf eine Frage bestimmen zu können und auch erklären zu können, weshalb die anderen Auswahlantworten falsch sind.

## Struktur des Arbeitsbuches

Das Arbeitsbuch ist für das schrittweise Selbststudium konzipiert, und du kannst es so schnell oder so langsam durcharbeiten, wie du möchtest. Das, was du beim Durcharbeiten dieses Arbeitsbuches lernen wirst, basiert auf insgesamt 70 spezifischen Lernzielen. Diese Lernziele dienen der Konzentration auf den Erfolg deiner Studien und helfen sicherzustellen, daß du die entscheidenden Kenntnisse erwirbst. Dennoch wirst du dich vielleicht fragen, weshalb wir aus der Fülle der Informationen, die auf dem Gebiet des Tauchens existieren, ausgerechnet diese Lernziele ausgewählt haben?

Die bei der Konzipierung dieses Arbeitsbuches verwendeten Lernziele wurden sorgfältig ausgewählt, um ein breites Spektrum an Informationen und Fertigkeiten einzubeziehen. Sie umfassen die Physik, die Physiologie, die Tauchausrüstung, die allgemeinen Tauchfertigkeiten, die Tauchumgebung und den Recreational Dive Planner. Tatsächlich betrachten wir diese Lernziele als so fundamental, daß wir sie auch dazu verwenden, um zu definieren, welches Wissen alle professionellen PADI-Taucher besitzen müssen. Zum Beispiel dienen sie als Basis für den Teil des PADI Divemaster-Kurses, in dem das tauchtheoretische Wissen weiterentwickelt wird. Außerdem werden diese Lernziele für die Ausarbeitung der Tauchtheorie-Prüfung verwendet, die Teil der PADI Instructor Examination (IE) ist.

## Wie man dieses Arbeitsbuch verwendet

Bevor du dieses Arbeitsbuch benutzt, lege dir einen Stift, einen Taschenrechner und die Tabellen- wie auch die "Wheel"-Version des Recreational Dive Planner zurecht. Du brauchst kein zusätzliches Papier, da die Fragen direkt im Arbeitsbuch beantwortet werden.

Jedes Kapitel des Arbeitsbuches bezieht sich auf eines der fünf vorher erwähnten Gebiete der Tauchtheorie. Jedem Abschnitt sind die Lernziele vorangestellt. Sie können zum Beispiel folgendermaßen aussehen:

### Lernziel I.1

Erkläre, warum Wasser die Körperwärme schneller ableiten kann als Luft, in welchem Ausmaß dies geschieht, und welche Auswirkung dies auf den Taucher hat.

Nach dem Lernziel findest du die Angabe, wo du Informationen finden kannst, die sich speziell auf das genannte Lernziel beziehen. Denke daran, daß dies meistens die *Enzyklopädie* ist, aber es gibt Ausnahmen, bei denen du auf andere PADI-Materialien verwiesen wirst. Der "Quellenhinweis" sieht folgendermaßen aus:

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Wasser und Wärme"

Wenn du erfahren hast, wo du die Informationen finden kannst, lies das entsprechende Material gründlich, und zwar bevor du versuchst, die Aufgaben zu lösen. Ansonsten haben die Übungen nicht die notwendige Aussagekraft hinsichtlich deiner tatsächlichen Kenntnisse zu diesen Themen, sondern zeigen vielleicht nur dein Glück beim Erraten der Antworten. Nachdem du den Leseauftrag gründlich durchgearbeitet hast, kehrt du zum Arbeitsbuch zurück und löst die Aufgaben. Die Aufgaben erscheinen nach dem Quellhinweis wie folgt:

Manchmal wird es eine Richtig/Falsch- oder eine "multiple choice"-Frage sein, d.h. eine Frage mit mehreren Auswahlantworten. Vergleiche hierzu die folgenden beiden Beispiele:

1. Eine Preßluftflasche ist an der Oberfläche vollständig gefüllt. Wenn diese Flasche in einer Tiefe von 30 m benutzt wird, ist die Luft in der Flasche viermal dichter als an der Oberfläche.  
 Richtig                       Falsch
2. Wasser ist in der Lage, Wärme wesentlich besser zu leiten als Luft, weil es  
 a. eine geringere Dichte als Luft hat.  
 b. eine größere Dichte als Luft hat.  
 c. flüssiger ist als Luft.  
 d. weniger flüssig ist als Luft.

Ein anderes Mal wirst du nach einer Auflistung oder einer kurzen Antwort gefragt, so wie im folgenden Beispiel:

1. Wenn alle unsere Gewebe hauptsächlich aus Wasser bestehen, weshalb absorbieren sie dann nicht alle die gleiche Menge Stickstoff?

---

---

---

Nachdem du alle Aufgaben gelöst hast, überprüfe deine Antworten anhand der angegebenen Lösungen. Schau dir die Lösungen jedoch nicht an, bevor du sämtliche zugehörigen Aufgaben gelöst hast.

### Gebrauch des Lösungsteils

Wenn du den Lösungsteil durchsiehst, wirst du feststellen, daß dieser wesentlich mehr enthält, als nur die richtige Antwort. Er wurde ganz speziell dazu entwickelt, dir die richtige Antwort zu geben *UND* dir eine Begründung für die Antwort zu liefern. Der Lösungsteil soll dir bei der Feststellung helfen, ob du diese Begründung verstanden hast, und für den Fall, daß deine Antwort falsch ist, hilft er dir, die Gründe zu analysieren, weshalb deine Antwort falsch ist. Häufig bekommst du spezielle Empfehlungen, was du nachlesen muß, um deine Lücken im Verständnis für diese Materie zu schließen. Um eine größtmögliche Effektivität zu gewährleisten, solltest du den Empfehlungen im Lösungsteil genau folgen.

1. Suche dir das Lernziel bzw. die Lernziele heraus, das bzw. die du überprüfen möchtest. Sie sind genauso nummeriert wie im Aufgabenteil.
2. Nach der Überprüfung der Antwort markierst du das betreffende Kästchen am linken Rand, das deine Antwort als "Richtig" oder "Falsch" kennzeichnet. Die Kästchen sehen folgendermaßen aus:

<b>Richtig:</b> <input type="checkbox"/> Sicher gewußt <input type="checkbox"/> Erraten
<b>Falsch:</b> <input type="checkbox"/> Einfacher Fehler <input type="checkbox"/> Wissenslücke

3. Wenn deine Antwort richtig war, dann hast du zwei Möglichkeiten. Wenn du dir sicher bist, daß deine Antwort auf einem fundierten Verständnis der betreffenden Thematik beruht, dann setze deine Markierung folgendermaßen:

<b>Richtig:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Sicher gewußt <input type="checkbox"/> Erraten
--

4. Wenn deine Antwort richtig war, du sie aber nur erraten hast, dann markiere das Kästchen wie unten gezeigt. Dies deutet darauf hin, daß du das betroffene Thema noch nicht so gründlich begriffen hast, um bei einer ähnlichen Frage die richtige Antwort geben zu können. Gehe die Erklärung noch einmal sorgfältig durch, und wenn du dir danach noch nicht absolut sicher bist, daß du es verstanden hast, dann lies erneut das Referenzmaterial, auf das du zum betreffenden Lernziel verwiesen wirst.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

5. Wenn deine Antwort falsch war, dann hast du ebenfalls zwei Möglichkeiten. Wenn deine Antwort falsch war, du aber nur einen einfachen Fehler gemacht hast, dann markiere das Kästchen wie unten gezeigt. Dies deutet darauf hin, daß du die Frage verstanden hast und es unwahrscheinlich ist, daß du bei einer ähnlichen Frage den gleichen Fehler machen wirst. **Wichtig: Lies die Erklärung noch einmal, und sei dir sicher, daß du den Grund für den Fehler verstanden hast. Durch eine unaufrichtige Analyse deiner Fähigkeiten schadest du nur einem - dir selbst!**

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

6. Wenn deine Antwort durch mangelnde Kenntnisse bedingt war, dann markiere das Kästchen wie unten gezeigt. Dies ist eine wichtige Beurteilung, denn sie zeigt, daß du wichtige Kenntnisse oder Zusammenhänge im Leseauftrag nicht verstanden hast. Lies die Erklärungen noch einmal sorgfältig durch, und wenn du dir nach dem Durchlesen immer noch nicht sicher bist, daß du alles richtig verstanden hast, dann lies erneut das Referenzmaterial, auf das du zum betreffenden Lernziel verwiesen wirst. Es kann sein, daß du zusätzliche Erklärungen durch deine/n PADI Tauchlehrer/in benötigst.

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

## Durchführung der Kapitelanalyse

Am Ende des Lösungsteils wirst du einen Abschnitt mit der Bezeichnung "Kapitelanalyse" finden. Diese Analyse wird dir helfen zu beurteilen, wie gut du die in diesem Kapitel vorgestellte Materie verstanden hast. Und was noch wichtiger ist: Die Kapitelanalyse wird auch diejenigen Wissensgebiete, die bei dir vielleicht noch etwas schwach sind, identifizieren. Ist eine Schwachstelle erst einmal entdeckt, wirst du auf die entsprechenden Quellen verwiesen, um sicherzustellen, daß du diese Materie vollständig verstehst.

Der erste Teil der Kapitelanalyse untersucht die "Richtigen Antworten". Er sieht folgendermaßen aus:

	Sicher gewußt	Erraten	Summe
<b>Richtige Antworten</b>			

Nachdem du alle Übungen eines Kapitels abgeschlossen hast, gehe den Lösungsteil noch einmal durch. Ermittle die Anzahl der richtigen Antworten - und welche du entweder als "Sicher gewußt" oder als "Erraten" gekennzeichnet hast - und trage dies im entsprechenden Feld ein. Als nächstes trägst du die Summe der beiden Zahlen im Feld "Summe" ein.

Der nächste Teil der Analyse untersucht die "Falschen Antworten". Dieses Mal gehst du den Lösungsteil erneut durch, um zu ermitteln, wie viele deiner falschen Antworten das Ergebnis eines "Einfachen Fehlers" bzw. einer "Wissenslücke" waren. Trage diese Zahlen, wie unten gezeigt, in die entsprechenden Felder ein, und gib die Summe im Feld "Summe" an.

	Einfacher Fehler	Wissenslücke	Summe
<b>Falsche Antworten</b>			

Du hast nun eine Analyse der Gesamtzahl der richtigen gegenüber den falschen Antworten. Dies zeigt dir, wie sicher du hinsichtlich deiner richtigen Antworten warst, und ob deine falschen Antworten entweder die Folge eines einfachen Fehlers oder einer Wissenslücke waren.

Nachdem du die Kästen mit den richtigen bzw. falschen Antworten ausgefüllt hast, nimm dir noch einmal den Lösungsteil vor, und ermittle alle Punkte, die als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" markiert sind. Diese Punkte stellen wichtige Informationen oder Zusammenhänge dar, die du noch nicht richtig verstanden hast. In dem Abschnitt mit dem Titel "Zu überarbeitende Lernziele" solltest du alle Lernziele markieren, die du als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" gekennzeichnet hast. Dieser Teil sieht folgendermaßen aus:

**Zu überarbeitende Lernziele:**

<input type="checkbox"/> 1.1	<input type="checkbox"/> 1.2	<input type="checkbox"/> 1.3	<input type="checkbox"/> 1.4	<input type="checkbox"/> 1.5	<input type="checkbox"/> 1.6	<input type="checkbox"/> 1.7
<input type="checkbox"/> 1.8	<input type="checkbox"/> 1.9	<input type="checkbox"/> 1.10	<input type="checkbox"/> 1.11	<input type="checkbox"/> 1.12	<input type="checkbox"/> 1.13	<input type="checkbox"/> 1.14

Bevor du ein Kapitel als abgeschlossen betrachtest, wiederhole in den angegebenen PADI-Materialien den Stoff für die im "Überarbeitungs-Kasten" markierten Lernziele. Versuche danach erneut, die betreffenden Fragen zu beantworten. Solltest du dann immer noch nicht in der Lage sein, die Antworten ehrlich herauszufinden, solltest du dich an deine/n PADI-Tauchlehrer/in wenden, um dir die Zusammenhänge erklären zu lassen.

Wenn du alle Fragen beantwortet, den Lösungsteil gründlich überprüft und die "Kapitelanalyse" beendet hast, dann kannst du mit dem nächsten Kapitel fortfahren.

**Gebrauch des Lösungsteils als Hilfsmittel zur Wiederholung des Stoffs**

In bestimmten Situationen wirst du den Lösungsteil am Ende jedes Kapitels als Hilfsmittel zur Wiederholung des Stoffs benutzen wollen. Der Lösungsteil ist so konzipiert, daß du die Informationen zu jedem Thema studieren kannst, ohne zum Fragenteil zurückkehren zu müssen. Daher sind die Lernziele und die Fragen im Lösungsteil noch einmal aufgeführt. Dieses Format ermöglicht dir ein effektives Studieren des Materials, um dich auf die Dive-master-Abschlußprüfung oder die IE-Tauchtheorieprüfung vorzubereiten.

**Anmerkung:** Obwohl einige der theoretischen Beispiele in diesem Arbeitsbuch Tiefen jenseits der empfohlenen, maximalen Tiefengrenze für das Sporttauchen benutzen, sollten tatsächliche Tauchgänge die Tiefe von 40 m *niemals* überschreiten.

### **In diesem Arbeitsbuch verwendete Konstanten**

1 Liter Salzwasser wiegt 1,03 kg - Dichte Salzwasser =  $1,03 \text{ kg/dm}^3$   
1 Liter Süßwasser wiegt 1,00 kg - Dichte Süßwasser =  $1,00 \text{ kg/dm}^3$

Druck in 10 m Salzwasser = 1,00 bar

Druck in 10 m Süßwasser = 0,98 bar

Druckänderungen je 1 m Tiefe:

• im Salzwasser = 0,100 bar/m

• im Süßwasser = 0,098 bar/m

# Kapitel Eins

## Tauchphysik

Die bloße Erwähnung des Wortes "Physik" reicht normalerweise aus, um den meisten Leuten einen Schauer den Rücken hinunterzujagen. Im Zusammenhang mit dem Tauchen bezieht sich der Begriff jedoch lediglich auf zwei grundlegende Phänomene:

1. Wie wird Energie unter Wasser beeinflusst (wie z.B. Schall, Licht und Auftrieb).
2. Wie wird Materie, hauptsächlich Gase, in einer Umgebung mit hohem Druck beeinflusst.

Beide Phänomene sind wichtig, um die Unterwasserwelt und ihren Einfluß auf uns Taucher zu verstehen. Tatsächlich erfordern viele der Lernziele, die in späteren Kapiteln dieses Arbeitsbuches überprüft werden, ein Verständnis der Zusammenhänge, die in diesem Kapitel über Physik beschrieben werden. Wenn du die folgenden Übungen durcharbeitest, sei dir bewußt, daß das meiste, was gefragt wird, nicht mehr von dir verlangt, als etwas gesunden Menschenverstand, die Kenntnis einiger Konstanten und ein paar Rechenfertigkeiten.

### Lernziel 1.1

Erkläre, warum Wasser die Körperwärme schneller ableiten kann als Luft, in welchem Ausmass dies geschieht, und welche Auswirkung dies auf den Taucher hat.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Wasser und Wärme"

### Übungen:

1. Wasser kann Wärme wesentlich besser leiten als Luft, weil es
  - a. eine geringere Dichte als Luft hat.
  - b. eine größere Dichte als Luft hat.
  - c. flüssiger ist als Luft.
  - d. weniger flüssig ist als Luft.
2. Von welcher Form der Wärmetübertragung wird der Taucher am meisten beeinflusst?
  - a. Leitung
  - b. Konvektion
  - c. Strahlung
  - d. Alles oben genannte ist gleich wichtig.



3. Wasser kann Wärme etwa \_\_\_\_\_ mal besser leiten als Luft.

- a. 3200
- b. 775
- c. 100
- d. 20

**Lernziel 1.2**

Erkläre, wie das Licht sich verhält, wenn es von Luft in Wasser eindringt, und welchen Effekt dies auf den Taucher hat.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Wasser und Licht"

**Übungen:**

1. Refraktion (Brechung) ist bedingt durch den folgenden Vorgang:

- a. Licht bewegt sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, wenn es verschiedene Substanzen durchläuft.
- b. Wasser absorbiert verschiedene Wellenlängen des Lichts, beginnend am "roten" Ende des Spektrums.
- c. Die Lichtgeschwindigkeit ändert sich, bedingt durch die Aktivität der Sonnenflecken.
- d. Licht bewegt sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Schall, wenn es in das Wasser eingedrungen und auf Widerstand gestoßen ist.

2. Unter Wasser betrachtet, erscheinen Objekte in der Regel \_\_\_\_\_, in einem Verhältnis von \_\_\_\_\_ (tatsächliche zu scheinbarer Entfernung).

- a. näher / 2:1
- b. weiter entfernt / 4:3
- c. näher / 4:3
- d. weiter entfernt / 2:1

3. Unter Wasser betrachtet, erscheinen Objekte um \_\_\_\_\_ vergrößert:

- a. 10 %
- b. 1/3
- c. 50 %
- d. 4/3

**Lernziel 1.3**

Definiere das Phänomen der "visuellen Umkehr", und erkläre dessen Effekt auf den Taucher.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Wasser und Licht"

**Übungen:**

1. "Visuelle Umkehr" bezeichnet die Tendenz eines Objekts, wie folgt zu erscheinen:
  - a. Als ein Spiegelbild von sich selbst.
  - b. Auf dem Kopf stehend, wie durch ein Vergrößerungsglas betrachtet.
  - c. Wie ein Filmnegativ.
  - d. Weiter entfernt, als es tatsächlich ist.
  
2. Der wichtigste Einzelfaktor, der das Phänomen der "visuellen Umkehr" hervorruft, ist:
  - a. die Tiefe.
  - b. die Trübung.
  - c. die Tageszeit.
  - d. Alles oben genannte ist gleich wichtig.

**Lernziel 1.4**

Erkläre, warum der Schall im Wasser schneller ist als in Luft, um ungefähr wieviel schneller er ist, und welchen Effekt dies auf den Taucher hat.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Wasser und Schall"

**Übungen:**

1. Lichtwellen enthalten \_\_\_\_\_, während Schallwellen aus \_\_\_\_\_ bestehen.
  - a. Hitzeenergie / Luft
  - b. elektromagnetische Energie / akustischer Energie
  - c. infrarote Energie / ultravioletter Energie
  - d. kinetische Energie / potentieller Energie

2. Welchen Einfluß hat die Dichte eines Mediums auf die Schallübertragung?
- a. Je dichter das Medium, desto besser wird der Schall übertragen.
  - b. Je dichter das Medium, desto schlechter wird der Schall übertragen.
  - c. Je dichter das Medium, desto weniger Schall kann übertragen werden.
  - d. Die Dichte eines Mediums hat keinen Einfluß auf die Schallübertragung.
3. Schall bewegt sich in Wasser ungefähr \_\_\_ mal schneller als in Luft.
- a. 2
  - b. 4
  - c. 10
  - d. 20
4. Taucher sind nicht in der Lage, unter Wasser die Richtung eines Geräusches zu bestimmen, weil:
- a. die Zeitverzögerung zwischen dem Eintreffen des Schalls bei dem einen Ohr und dem anderen zu gering ist.
  - b. das Wasser im Gehörgang die Empfindlichkeit des Ohres gegenüber Schall mindert.
  - c. die Kopfhaube des Naßtauchanzuges es schwierig macht, den Schall so genau wahrzunehmen wie an Land.
  - d. sich der Schall unter Wasser weniger wirkungsvoll bewegt.

**Lernziel 1.5**

Nenne das Prinzip des Archimedes, und berechne den Auftrieb, der erforderlich ist, um einen Gegenstand in Süß- bzw. in Salzwasser zu heben oder sinken zu lassen.

**Quelle:**

• *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Auftrieb"

**Übungen:**

1. Nach dem archimedischen Prinzip "erfährt jeder Körper, der ganz oder teilweise in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, einen Auftrieb durch eine Kraft, \_\_\_\_\_."
- a. die dem Gewicht des Körpers entspricht
  - b. die dem Gewicht der durch den Körper verdrängten Flüssigkeit entspricht
  - c. die sowohl dem Gewicht des Körpers wie dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit entspricht
  - d. die etwas geringer ist als das Gewicht des Körpers

2. Die Dichte von reinem Wasser ist:
- a. 0,0
  - b. 1,0
  - c. unterschiedlich, je nachdem, wo auf der Erde gemessen wird.
  - d. Sie kann nicht bestimmt werden, außer im Vakuum.
3. Wieviel Luft muß man ungefähr in einen Hebesack lassen, um ein 600 kg schweres Objekt an die Oberfläche zu bringen? Das Objekt liegt in Süßwasser auf 30 m Tiefe.
- a. 620 Liter
  - b. 600 Liter
  - c. 580 Liter
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
4. Wieviel Wasser muß ungefähr verdrängt werden, um ein 500 kg schweres Objekt an die Oberfläche zu bringen, wenn das Objekt 300 Liter Wasser verdrängt? Das Objekt liegt in Salzwasser auf 40 m Tiefe.
- a. Etwas mehr als 300 Liter.
  - b. Etwas mehr als 185 Liter.
  - c. Etwas mehr als 29 Liter.
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
5. Ein Objekt, das 350 kg wiegt und 300 Liter verdrängt, liegt in Süßwasser auf 15 m Tiefe. Wieviel Wasser muß von einer Tonne verdrängt werden, um das Objekt an die Oberfläche zu bringen?
- a. Etwas mehr als 41 Liter.
  - b. Ungefähr 50 Liter.
  - c. Wenn ein starrer Behälter benutzt wird, muß dieser immer komplett gefüllt werden.
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.

**Lernziel 1.6**

Definiere die Begriffe "absoluter Druck", "Umgebungsdruck" und "relativer Druck", und berechne den jeweils durch diese Begriffe bezeichneten Druck für jede beliebige Tiefe, sowohl in Süß- als auch in Salzwasser.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter den Überschriften "Druck", "Druck-Terminologie" und "Druck und Flüssigkeiten"

### Übungen:

1. Der absolute Druck in einer Tiefe von 90 m in Salzwasser ist:
  - a. 8 bar.
  - b. 9 bar.
  - c. 10 bar.
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
  
2. Der Umgebungsdruck in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser ist:
  - a. 3 bar.
  - b. 4 bar.
  - c. 5 bar.
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
  
3. Der relative Druck in einer Tiefe von 23 m in Süßwasser ist:
  - a. 2,25 bar.
  - b. 3,25 bar.
  - c. 4,25 bar.
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
  
4. In einer Tiefe von 34 m in Süßwasser ist der absolute Druck \_\_\_\_\_ , der relative Druck \_\_\_\_\_ und der Umgebungsdruck \_\_\_\_\_.
  - a. 4,5 bar / 3,5 bar / 4,5 bar
  - b. 3,33 bar / 2,33 bar / 3,33 bar
  - c. 4,33 bar / 3,33 bar / 4,33 bar
  - d. 4,33 bar / 3,33 bar / 3,33 bar

#### Lernziel 1.7

Erkläre die Beziehung zwischen Druck und Volumen in einem flexiblen, mit Gas gefüllten Behälter, und berechne (in Schritten von ganzen bar) die Veränderungen, die mit diesem Behälter im Wasser vonstatten gehen, wenn er in eine größere bzw. eine geringere Tiefe gebracht wird.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Boyle-Mariotte"

**Übungen:**

1. Ein Ballon, der 30 Liter Luft enthält, wird in einer Tiefe, in der 10 bar Umgebungsdruck herrscht, losgelassen. Berechne das Luftvolumen im Ballon, das er nach Erreichen der Oberfläche hat, wenn er nicht geplatzt ist.
  - a. 900 Liter
  - b. 600 Liter
  - c. 300 Liter
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
  
2. Wie groß würde das Volumen des Ballons aus Aufgabe 1 sein, wenn er in eine Tiefe von 50 m in Salzwasser gebracht wird?
  - a. 60 Liter
  - b. 50 Liter
  - c. 285 Liter
  - d. Unverändert
  
3. Ein Ballon ist mit 60 Liter Luft gefüllt und befindet sich in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser. Wie groß wird das ungefähre Volumen des Ballons sein, wenn er auf eine Tiefe von 90 m gebracht wird?
  - a. 24 Liter
  - b. 90 Liter
  - c. 20 Liter
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
  
4. Ein Ballon, der in einer Tiefe von 7 m in Salzwasser 300 Liter Luft enthält, wird in eine Tiefe von 26 m gebracht. Wie groß ist das genaue Volumen beim Erreichen der 26 m?
  - a. 141,67 Liter
  - b. 88,20 Liter
  - c. 58,50 Liter
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.

**Lernziel 1.8**

Erkläre die Beziehung zwischen Tiefe und Dichte der Luft, die ein Taucher atmet, und berechne diese Beziehung in Schritten von ganzen bar.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Boyle-Mariotte"

### Übungen:

1. Eine Pressluftflasche ist an der Oberfläche vollständig gefüllt. Wenn diese Flasche in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser benutzt wird, ist die Luft in der Flasche viermal dichter als an der Oberfläche.  
 Richtig                       Falsch
  
2. Weil das Lungenvolumen eines Tauchers, unabhängig von der Tiefe in der er/sie atmet, konstant bleiben muß, ändert sich die Dichte der Luft in der Lunge nicht, auch wenn sich die Tiefe ändert.  
 Richtig                       Falsch
  
3. Die Luft, die ein Taucher aus einer Pressluftflasche in einer Tiefe von 50 m in Salzwasser atmet, ist \_\_\_\_\_ so dicht, wie die Luft, die aus der gleichen Flasche an der Oberfläche geatmet wird.  
 a. 10mal  
 b. 6mal  
 c. 5mal  
 d. genau

#### Lernziel 1.9

Berechne, wie sich der für eine bestimmte Tiefe vorgegebenen Luftverbrauch eines Tauchers mit der Tiefe ändert.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Boyle-Mariotte"

### Übungen:

1. Ein Taucher hat an der Oberfläche einen Luftverbrauch von 2 bar / Minute. Wie groß wird sein Luftverbrauch auf 40 m in Salzwasser sein, wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben?  
 a. 3 bar / Minute  
 b. 5 bar / Minute  
 c. 7 bar / Minute  
 d. 10 bar / Minute

2. Eine Taucherin hat in 10 m Tiefe in Salzwasser einen Luftverbrauch von 60 Liter / Minute. Wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben, wie hoch wird dann ihr Luftverbrauch in 30 m sein?
- a. 15 Liter / Minute
  - b. 30 Liter / Minute
  - c. 90 Liter / Minute
  - d. 120 Liter / Minute
3. Ein Taucher hat in 20 m Tiefe in Salzwasser einen Luftverbrauch von 90 Liter / Minute. Wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben, wie hoch wird dann sein Luftverbrauch in 60 m sein?
- a. 180 Liter / Minute
  - b. 210 Liter / Minute
  - c. 240 Liter / Minute
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
4. Eine Taucherin hat in 10 m Tiefe einen Luftverbrauch von 60 Liter / Minute. Wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben, wie hoch wird dann ihr Luftverbrauch (in bar / Minute) in 30 m in Salzwasser sein?
- a. 3 bar / Minute
  - b. 7 bar / Minute
  - c. 10 bar / Minute
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.

**Lernziel 1.10**

Beschreibe, wie das Verhalten eines Gases sowohl in einem flexiblen als auch in einem starren Behälter von Änderungen des Drucks und der Temperatur beeinflusst wird.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Charles"

**Übungen:**

1. Ein Ballon ist bei Raumtemperatur mit 30 Liter Luft gefüllt. Beschreibe, was passieren würde, wenn der Ballon in einen Gefrierschrank käme (Umgebungsdruck sei konstant).
- a. Das Volumen würde zunehmen.
  - b. Das Volumen würde abnehmen.
  - c. Das Volumen bliebe unverändert, aber der Druck würde sinken.
  - d. Volumen und Druck blieben unverändert.



2. Eine Pressluftflasche wird bei Raumtemperatur vollständig gefüllt. Beschreibe, was mit dieser Flasche passieren würde, wenn sie mit zu einem Eistauchgang genommen würde (Wasser in der Nähe des Gefrierpunktes).
- a. Das Volumen würde zunehmen.
  - b. Das Volumen würde abnehmen.
  - c. Das Volumen bliebe unverändert, aber der Druck würde sinken.
  - d. Volumen und Druck blieben unverändert.
3. Eine 12-l-Pressluftflasche wird bei einer Umgebungstemperatur von 27° C mit 200 bar gefüllt. Wenn die Flasche danach bei einer Wassertemperatur von 4° C benutzt wird, wie hoch wird ungefähr der Flaschendruck sein?
- a. Unverändert
  - b. 186 bar
  - c. 214 bar
  - d. 116 bar
4. Eine 12-l-Pressluftflasche wird bei einer Umgebungstemperatur von 26° C mit 200 bar gefüllt. Wie hoch wird der genaue Flaschendruck sein, wenn die Flasche bei einer Wassertemperatur von 7° C benutzt wird?
- a. 192 bar
  - b. 187 bar
  - c. 188 bar
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.

#### Lernziel 1.11

Berechne bei einem vorgegebenen Anteil in Prozent den Partialdruck der einzelnen Gase innerhalb eines Gasgemisches für jede beliebige Tiefe.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Dalton"

#### Übungen:

1. Wie groß ist der Partialdruck von Sauerstoff in einem Luftgemisch, bestehend aus 20 % Sauerstoff und 80 % Stickstoff, bei einem Umgebungsdruck von 1 bar?
- a. 0,2 bar
  - b. 0,4 bar
  - c. 0,9 bar
  - d. 1,0 bar

2. Ein Gasgemisch besteht aus 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff und 1 % Kohlendioxyd. Wie groß ist der Partialdruck des Stickstoffs in einer Tiefe von 20 m in Salzwasser?
- a. 1,67 bar
  - b. 2,34 bar
  - c. 5,69 bar
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.
3. Ein Gasgemisch besteht aus 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff und 1 % Kohlendioxyd. Wie groß ist der Partialdruck des Sauerstoffs in einer Tiefe von 24 m in Salzwasser?
- a. 3,6 bar
  - b. 0,7 bar
  - c. 0,5 bar
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.

**Lernziel 1.12**

Erkläre den Effekt des Atmens verunreinigter Luftgemische in der Tiefe, und berechne, welchen vergleichbaren Effekt eine solche Verunreinigung auf den Taucher an der Oberfläche hätte.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Dalton"

**Übungen:**

1. Eine Pressluftflasche wurde versehentlich mit 1 % Kohlenmonoxyd gefüllt. Welchen Prozentsatz Kohlenmonoxyd wird ein Taucher ungefähr einatmen, wenn er in einer Tiefe von 30 m (Salzwasser) die Luft aus dieser Flasche atmet.
- a. 1 %
  - b. 2 %
  - c. 3 %
  - d. 4 %
2. Es wurde, bezugnehmend auf die vorhergehende Frage, berechnet, daß der Taucher an der Oberfläche mit jedem Atemzug 500.000 Moleküle Kohlenmonoxyd einatmet. Wie viele Moleküle würde er demnach einatmen, wenn er diese Luft in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser atmet (angenommen, alle anderen Faktoren außer der Tiefe bleiben unverändert)?
- a. 500.000
  - b. 1.000.000
  - c. 1.500.000
  - d. 2.000.000

3. Nochmals beziehend auf Frage 1: Welcher Prozentsatz an Kohlenmonoxyd muß an der Oberfläche geatmet werden, um den gleichen Effekt auf den Taucher zu haben, wie das Atmen der verunreinigten Luft in 30 m Tiefe in Salzwasser?
- a. 1 %
  - b. 2 %
  - c. 3 %
  - d. 4 %
4. Das Atmen von welchem Prozentsatz Kohlenmonoxyd an der Oberfläche hat den gleichen Effekt auf eine Taucherin, wie das Atmen aus einer mit 1,5 % Kohlenmonoxyd verunreinigten Luftversorgung in 90 m Tiefe in Salzwasser?
- a. 1,5 %
  - b. 13,5 %
  - c. 15,0 %
  - d. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.

**Lernziel 1.13**

Erkläre, was mit einem unter hohem Druck in einer Flüssigkeit gesättigten Gas passieren würde, wenn der auf das Gas wirkende Druck schnell verringert würde.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Henry"

**Übungen:**

1. Ein Glas voll Wasser war für einige Tage einem Vakuum ausgesetzt. Es ist kein Gas mehr darin gelöst. Wie groß wird der Gasdruck in der Flüssigkeit sein, wenn sie danach einige Tage in einem Druckbehälter mit 2 bar aufbewahrt wird?
- a. 1 bar
  - b. 2 bar
  - c. 4 bar
  - d. Die Angaben reichen für eine Beantwortung der Frage nicht aus.
2. Wenn der Druck in dem Behälter aus der vorhergehenden Frage erhöht wird, wird der Gasdruck in der Flüssigkeit:
- a. steigen.
  - b. sinken.
  - c. unverändert bleiben.
  - d. Die Angaben reichen für eine Beantwortung der Frage nicht aus.

3. Wenn in dem Druckbehälter aus Frage 1 ein Vakuum erzeugt wird, dann wird der Gasdruck in der Flüssigkeit:
- a. steigen.
  - b. sinken.
  - c. unverändert bleiben.
  - d. Die Angaben reichen für eine Beantwortung der Frage nicht aus.

**Lernziel 1.14**

Definiere den Begriff "Übersättigung", und erkläre, welche Umstände nötig sind, damit sich in einer übersättigten Flüssigkeit Gasblasen bilden.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Das Gesetz von Henry"

**Übungen:**

1. Angenommen, die Atmosphäre enthält 80 % Stickstoff. Auf Meereshöhe wäre der Stickstoff-Partialdruck in unseren Geweben:
- a. 1,0 bar.
  - b. 0,8 bar.
  - c. 0,2 bar.
  - d. Die Angaben reichen für eine Beantwortung der Frage nicht aus.
2. Auf die vorhergehende Frage bezogen, ist der gesamte Gasdruck in unseren Geweben:
- a. 1,0 bar.
  - b. 0,8 bar.
  - c. 0,2 bar.
  - d. Die Angaben reichen für eine Beantwortung der Frage nicht aus.
3. Der in Frage 2 beschriebene Zustand unseres Körpers wird als \_\_\_\_\_ bezeichnet, weil unsere Gewebe auf Meereshöhe keinen größeren Gasdruck aufnehmen können.
- a. unter Druck stehend
  - b. gesättigt
  - c. übersättigt
  - d. ungesättigt

4. Wenn in der Tiefe geatmet wird, erhöht sich der Gasdruck in den Geweben eines Tauchers. Wenn der Taucher lange genug in der Tiefe verweilt, wird der Druck in seinen Geweben ein Gleichgewicht mit dem Umgebungsdruck erreichen.

Richtig             Falsch

5. Den Zustand, der in der vorhergehenden Frage beschrieben wird, bezeichnet man als "Übersättigung".

Richtig             Falsch

# Kapitel Eins

## Lösungen

### Lernziel 1.1

Erkläre, warum Wasser die Körperwärme schneller ableiten kann als Luft, in welchem Ausmass dies geschieht, und welche Auswirkung dies auf den Taucher hat.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (b) *Wasser kann Wärme wesentlich besser leiten als Luft, weil es, weil es eine größere Dichte als Luft hat.*

Wasser leitet Wärme wesentlich besser als Luft, weil der Abstand zwischen den Molekülen im Wasser geringer ist. Das macht es einfacher für die Wärme (Energie), übertragen oder weitergeleitet zu werden. Zusätzlich ermöglicht die polare Natur der Wassermoleküle, welche aus der "Wasserstoffverbindung" resultiert, dem Wasser, mehr Wärme zu absorbieren als andere Flüssigkeiten.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. (a) *Von welcher Form der Wärmeübertragung wird der Taucher am meisten beeinflusst? **Leitung.***

(Wärme-)Leitung bezieht sich auf die Wärmeübertragung durch direkten Kontakt. Konvektion (Verdunstung) und (Wärme-)Strahlung sind für den Taucher relativ unbedeutend.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

3. (d) *Wasser kann Wärme 20mal besser leiten als Luft.*

Aus diesem Grund werden Taucher unter Wasser sehr schnell abgekühlt - sogar in Wasser, das eine Temperatur hat, die an der Oberfläche als angenehm empfunden würde. (Siehe Erklärung zu Frage 1).

### Lernziel 1.2

Erkläre, wie das Licht sich verhält, wenn es von Luft in Wasser eindringt, und welchen Effekt dies auf den Taucher hat.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (a) *Refraktion (Brechung) ist bedingt durch den folgenden Vorgang: Licht bewegt sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, wenn es verschiedene Substanzen durchläuft.*

Wenn Licht transparente Substanzen unterschiedlicher Dichte durchdringt, verändert sich seine Geschwindigkeit. Durch diese Geschwindigkeitsänderung wird die Brechung oder "Refraktion" der Lichtwellen verursacht.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (c) *Unter Wasser betrachtet, erscheinen Objekte in der Regel näher, in einem Verhältnis von 4:3 (tatsächliche zu scheinbarer Entfernung).*

Wenn Licht von Wasser in Luft übergeht, findet Refraktion statt, d.h. das Licht wird gebrochen. Dies ist ein ähnlicher Effekt wie bei einem Gegenstand, der durch ein Vergrößerungsglas betrachtet wird. Wenn keine anderen Faktoren ins Spiel kommen, erscheint das Objekt aufgrund des Brechungsindex in einem Verhältnis von 4:3 näher, d.h. um 25 % (statt tatsächlich also z. B. 4 m entfernt, scheinbar nur 3 m entfernt).

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Unter Wasser betrachtet, erscheinen Objekte um 1/3 vergrößert.*

(Siehe vorhergehende Erklärung; statt tatsächlich also z. B. 0,75 m Länge eines Fisches scheinbar 1 m).

**Lernziel 1.3**

Definiere das Phänomen der "visuellen Umkehr", und erkläre dessen Effekt auf den Taucher.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *"Visuelle Umkehr" bezeichnet die Tendenz eines Objekts, wie folgt zu erscheinen: Weiter entfernt, als es tatsächlich ist.*

Das Phänomen der "visuellen Umkehr" ist eher ein Ergebnis der menschlichen Wahrnehmung, als daß es auf Physik beruht. Im Wesentlichen sind der Kontrast und andere vertraute optische Referenzen, die wir beim Sehen an der Oberfläche gewohnt sind, unter Wasser nicht vorhanden. Als Ergebnis hiervon können wir getäuscht werden und ein Objekt als weiter entfernt von uns wahrnehmen, als es tatsächlich ist.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Der wichtigste Einzelfaktor, der das Phänomen der "visuellen Umkehr" hervorruft, ist die Trübung.*

Studien haben gezeigt, daß mehrere Faktoren dieses Phänomen bewirken. Dennoch scheint die Trübung einer der wichtigsten Faktoren zu sein.

**Lernziel 1.4**

Erkläre, warum der Schall im Wasser schneller ist als in Luft, um ungefähr wieviel schneller er ist, und welchen Effekt dies auf den Taucher hat.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Lichtwellen enthalten elektromagnetische Energie, während Schallwellen aus akustischer Energie bestehen.*

Licht ist eine Form von für uns sichtbarer, elektromagnetischer Energie. Die meisten Formen elektromagnetischer Energie - kosmische Strahlung, Röntgenstrahlen, Radiowellen - sind für uns nicht sichtbar. Schall entsteht, wenn ein Objekt eine Folge von Schwingungen erzeugt. Diese Schwingungen wiederum erzeugen akustische Energie (Schallwellen), die von der Luft bzw. vom Wasser übertragen werden und die wir als Schall wahrnehmen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (a) *Welchen Einfluß hat die Dichte eines Mediums auf die Schallübertragung? Je dichter das Medium, desto besser wird der Schall übertragen.*

Schall entsteht durch Schwingungen. Luft kann Schwingungen nicht effizient weiterleiten, so daß sich Schall in der Luft nicht besonders gut fortbewegt. Indessen können Schwingungen in dichteren Medien - wie z. B. Stahl oder Wasser - deutlich effizienter übertragen werden. Die Moleküle in diesen Medien sind viel dichter zusammen als in Luft (vgl. Lernziel 1.1), wodurch Schwingungen einfacher übertragen werden. Nun kann man sich fragen, weshalb Menschen in dieser Umgebung nicht sprechen können, wenn Schall sich in Wasser so gut fortpflanzt. Das Problem ist durch die Unfähigkeit der Stimmbänder bedingt, unter Wasser Schall zu erzeugen: Die menschlichen Stimmbänder benötigen hierzu als Umgebung Luft.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Schall bewegt sich in Wasser ungefähr 4mal schneller als in Luft.*

In Luft beträgt die Schallgeschwindigkeit ungefähr 340 m pro Sekunde. In Wasser liegt sie bei 1475 m pro Sekunde.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (a) *Taucher sind nicht in der Lage, unter Wasser die Richtung eines Geräusches zu bestimmen, weil: die Zeitverzögerung zwischen dem Eintreffen des Schalls bei dem einen Ohr und dem anderen zu gering ist.*

Durch die erhöhte Schallgeschwindigkeit unter Wasser ist das menschliche Gehirn nicht in der Lage, die Verzögerung



zwischen dem Eintreffen des Schalls bei dem einen Ohr und dem anderen wahrzunehmen. Das Gehirn interpretiert dies so, als käme der Schall gleichmäßig aus allen Richtungen. Deswegen kann der Ursprung des Schalls nicht gut bestimmt werden.

**Lernziel 1.5**

Nenne das Prinzip des Archimedes und berechne den Auftrieb, der erforderlich ist, um einen Gegenstand in Süß- bzw. in Salzwasser zu heben oder sinken zu lassen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Nach dem archimedischen Prinzip "erfährt jeder Körper, der ganz oder teilweise in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, einen Auftrieb durch eine Kraft, die dem Gewicht der durch den Körper verdrängten Flüssigkeit entspricht."*

Deswegen ist es wichtig, die Verdrängung eines Objektes zu kennen. Durch die Kenntnis der Verdrängung und den Gebrauch einer Konstante, der "Dichte", die wir noch kennenlernen werden, ist es einfach, die Auftriebskraft zu ermitteln, die auf ein in Süß- oder Salzwasser getauchtes Objekt einwirkt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Die Dichte von reinem Wasser ist 1,0.*

Reines Wasser ist die Basis für den Maßstab der Dichte. Deswegen ist ihm der Wert 1,0 [kg/dm<sup>3</sup>] zugeordnet. Stoffe mit einem Wert kleiner als 1,0 sind gemäß Definition weniger dicht als reines Wasser und schwimmen. Stoffe mit einem Wert größer als 1,0 sind dichter und sinken.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (d) *Wieviel Luft muß man ungefähr in einen Hebesack lassen, um ein 600 kg schweres Objekt an die Oberfläche zu bringen? Das Objekt liegt in Süßwasser auf 30 m Tiefe. Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.*

Der Auftrieb ist eine Funktion beider Faktoren: dem Gewicht eines Objektes und seiner Verdrängung. Wenn die Verdrängung nicht bekannt ist, kann die Auftriebskraft, die auf ein Objekt wirkt, nicht berechnet werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (b) *Wieviel Wasser muß ungefähr verdrängt werden, um ein 500 kg schweres Objekt an die Oberfläche zu bringen, wenn das Objekt 300 Liter Wasser verdrängt? Das Objekt liegt in Salzwasser auf 40 m Tiefe. Etwas mehr als 185 Liter.*

Das Objekt wiegt 500 kg. Dies stellt die nach unten gerichtete Schwerkraft dar. Zudem verdrängt das Objekt 300 Liter. Je 1 Liter verdrängtes Wasser bedeuten 1,03 kg nach

oben gerichteter Auftriebskraft. (Erinnere dich, wir sind im Salzwasser, dessen Dichte  $1,03 \text{ kg/dm}^3$  beträgt). Demnach ist die gesamte Auftriebskraft  $309 \text{ kg}$  [ $1,03 \text{ kg/dm}^3 \times 300 \text{ dm}^3 = 309 \text{ kg}$ ]. Wir haben folglich eine nach oben gerichtete Auftriebskraft von  $309 \text{ kg}$ , die der nach unten gerichteten Schwerkraft von  $500 \text{ kg}$  entgegenwirkt. Tatsächlich sank das Objekt also, weil  $191 \text{ kg}$  mehr an nach unten als an nach oben gerichteter Kraft vorhanden waren [ $500 \text{ kg} - 309 \text{ kg} = 191 \text{ kg}$ ]. Um dem Objekt einen neutralen Auftrieb zu geben, d. h. die Kräfte auszugleichen, müssen wir dem Objekt irgendwie  $191 \text{ kg}$  Auftrieb hinzufügen. Wenn wir einen Hebesack befestigen, wird jeder hinzugefügte Liter Luft einen zusätzlichen Auftrieb von  $1,03 \text{ kg}$  liefern. Daher können wir den zusätzlichen Auftrieb herstellen, indem wir etwas mehr als  $185$  Liter Wasser verdrängen [ $191 \text{ kg} \div 1,03 \text{ kg/dm}^3 = 185,4 \text{ dm}^3$ ]. Weil Wasser praktisch inkompressibel ist, können wir die Wassertiefe vernachlässigen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

5. (b) *Ein Objekt, das  $350 \text{ kg}$  wiegt und  $300$  Liter verdrängt, liegt in Süßwasser auf  $15 \text{ m}$  Tiefe. Wieviel Wasser muß von einer Tonne verdrängt werden, um das Objekt an die Oberfläche zu bringen? **Ungefähr 50 Liter.***

Das Objekt wiegt  $350 \text{ kg}$  und verdrängt  $300$  Liter. Jeder Liter Verdrängung entspricht  $1 \text{ kg}$  nach oben gerichteter Auftriebskraft. (Wir sind im Süßwasser - die Dichte von Süßwasser beträgt  $1,00 \text{ kg/dm}^3$ ). Demnach ist die gesamte Auftriebskraft  $300 \text{ kg}$  [ $1,00 \text{ kg/dm}^3 \times 300 \text{ dm}^3 = 300 \text{ kg}$ ]. Im wesentlichen haben wir also eine nach oben gerichtete Auftriebskraft von  $300 \text{ kg}$ , die der nach unten gerichteten Schwerkraft von  $350 \text{ kg}$  entgegenwirkt. Das Objekt sank, weil  $50 \text{ kg}$  mehr nach unten als nach oben gerichtete Kraft vorhanden waren. Um dem Objekt einen neutralen Auftrieb zu geben, d. h. die Kräfte auszugleichen, müssen wir dem Objekt jetzt  $50 \text{ kg}$  Auftrieb hinzufügen bzw.  $50$  Liter Wasser verdrängen [ $50 \text{ kg} \div 1,00 \text{ kg/dm}^3 = 50 \text{ dm}^3$ ]. Nochmals zur Erinnerung: Weil Wasser praktisch inkompressibel ist, können wir die Tiefe vernachlässigen.

**Lernziel 1.6**

Definiere die Begriffe "absoluter Druck", "Umgebungsdruck" und "relativer Druck", und berechne den jeweils durch diese Begriffe bezeichneten Druck für jede beliebige Tiefe, sowohl in Süß- als auch in Salzwasser.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Der absolute Druck in einer Tiefe von 90 m in Salzwasser ist 10 bar.*

Vergiß nicht, der "absolute Druck" ist die "Summe aus dem Druck, der durch die Wassersäule ausgeübt wird, und dem Luftdruck der Atmosphäre". Darum müssen wir 0,1 bar/m (denke daran, es ist Salzwasser) mit 90 m multiplizieren, um den Wasserdruck zu ermitteln. Der Wasserdruck alleine ist 9 bar [0,1 bar/m x 90 m = 9 bar]. Aber da die Atmosphäre Druck auf das Wasser ausübt und dieser Druck gleichmäßig über die Wassersäule verteilt ist, müssen wir ihn berücksichtigen. Darum müssen wir 1 bar zu den 9 bar addieren, um den gesamten bzw. absoluten Druck von 10 bar zu bestimmen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Der Umgebungsdruck in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser ist 4 bar.*

"Umgebungsdruck" bezeichnet nichts anderes als "der uns in einer bestimmten Tiefe umgebende Druck". Darum ist der Umgebungsdruck gleichbedeutend mit dem absoluten Druck. Wir können also genauso verfahren, wie bei der vorhergehenden Aufgabe. Um herauszufinden, welchen Druck das Wasser ausübt, multiplizieren wir 0,1 bar/m mit 30 m. Der Wasserdruck alleine ist 3 bar. Aber genau wie in der vorigen Aufgabe müssen wir den Luftdruck berücksichtigen. Darum müssen wir 1 bar zu den 3 bar addieren, um den Umgebungsdruck bzw. absoluten Druck von 4 bar zu bestimmen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (a) *Der relative Druck in einer Tiefe von 23 m in Süßwasser ist 2,25 bar.*

Vergiß nicht, der "relative Druck" ist der "Druck der Wassersäule"; er läßt den Luftdruck unberücksichtigt - wie dein Tiefenmesser. Darum müssen wir lediglich herausfinden, welchen Druck die Wassersäule ausübt. Dazu müssen wir die Tiefe von 23 m mit (denke daran, es ist Süßwasser) 0,098 bar/m multiplizieren, um zu bestimmen, daß ein Druck von 2,25 bar durch das Wasser ausgeübt wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

- 4.(c) *In einer Tiefe von 34 m in Süßwasser ist der absolute Druck 4,33 bar, der relative Druck 3,33 bar und der Umgebungsdruck 4,33 bar.*

Multipliziere die Süßwasserkonstante 0,098 bar/m mit der Tiefe, um den absoluten Druck in 34 m zu ermitteln. Dies zeigt uns, daß der Wasserdruck alleine 3,33 bar beträgt. Da wir hierbei den Luftdruck noch unberücksichtigt lassen, entspricht das dem relativen Druck in 34 m Süßwasser. Du

mußt nun lediglich 1 bar addieren, um den absoluten Druck zu erhalten. Da absoluter Druck und Umgebungsdruck gleichbedeutende Begriffe sind, beträgt der Druck identisch 4,33 bar.

**Lernziel 1.7**

Erkläre die Beziehung zwischen Druck und Volumen in einem flexiblen, mit Gas gefüllten Behälter, und berechne (in Schritten von ganzen bar) die Veränderungen, die mit diesem Behälter im Wasser vonstatten gehen, wenn er in eine größere bzw. eine geringere Tiefe gebracht wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

- 1.(c) *Ein Ballon, der 30 Liter Luft enthält, wird in einer Tiefe, in der 10 bar Umgebungsdruck herrscht, losgelassen. Berechne das Luftvolumen im Ballon, das er nach Erreichen der Oberfläche hat, wenn er nicht geplatzt ist. 300 Liter.*

Wenn wir mit Schritten von ganzen bar arbeiten, ist ein einfaches Verhältnis gültig. Ein flexibler Behälter wird sich während des Aufstiegs ausdehnen und die Oberfläche mit einem Volumen erreichen, das der ursprünglichen Gasmenge, multipliziert mit dem Druck in der Tiefe, in der er losgelassen wurde, entspricht. In diesem Fall, in dem der Behälter mit einem Volumen von 30 Litern aus einem Druck von 10 bar aufzusteigen beginnt, wird sich das Gas zum Zeitpunkt, wenn er die Oberfläche erreicht, um das 10fache ausgedehnt haben. Dieses Problem bezieht sich auf das *Gesetz von Boyle-Mariotte*; es sagt aus: "Das Volumen einer gegebenen Gasmenge verändert sich umgekehrt proportional zum absoluten Druck, vorausgesetzt, die Temperatur bleibt konstant".

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Wie groß würde das Volumen des Ballons aus Aufgabe 1 sein, wenn er in eine Tiefe von 50 m in Salzwasser gebracht wird? 50 Liter.*

Dieses Problem ist wirklich einfach zu lösen, wenn wir uns an eine einfache Regel erinnern: bringe das Objekt gedanklich immer erst an die Oberfläche, und kehre dann in die in der Frage genannte Tiefe zurück. Zunächst müssen wir ermitteln, welcher Druck in einer Tiefe von 50 m ausgeübt wird. Indem wir 50 m mit 0,100 bar/m multiplizieren, finden wir heraus, daß der relative Druck 5 bar entspricht. Wir müssen nun 1 bar Luftdruck addieren, um den absoluten Druck von 6 bar zu erhalten. Aber die eigentliche Frage lautet, welches Volumen wird der Ballon beim Erreichen von 6 bar haben. Doch zuerst bringen wir den Ballon gedanklich an die Oberfläche. In Aufgabe 1 ermittelten wir, daß der

Ballon an der Oberfläche ein Volumen von 300 Liter haben würde. Nun verwenden wir ein einfaches Verhältnis - das Volumen an der Oberfläche zum Druck in der gefragten Tiefe. In unserem Fall sind dies 300 Liter zu 6 bar bzw.  $300 \div 6$ . Dies ergibt 50 Liter.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (a) *Ein Ballon ist mit 60 Liter Luft gefüllt und befindet sich in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser. Wie groß wird das ungefähre Volumen des Ballons sein, wenn er auf eine Tiefe von 90 m gebracht wird? 24 Liter.*

Zuerst berechnen wir den Druck in 90 m. Indem wir 90 m mit 0,100 bar/m multiplizieren, ermitteln wir, daß wir einen relativen Druck von 9 bar bzw. einen absoluten Druck von 10 bar haben. Jetzt können wir das Problem auf andere Weise beschreiben. "Ein Ballon ist bei 4 bar mit 60 Liter Luft gefüllt. Wie groß wird das ungefähre Volumen sein, wenn er auf 10 bar gebracht wird?" Durch Anwendung unserer Regel, daß wir das Volumen (60 Liter) von 4 bar (30 m) gedanklich zunächst zur Oberfläche bringen, stellen wir fest, daß es sich auf 240 Liter ausdehnt. Jetzt ist alles, was zu tun bleibt, dieses Oberflächenvolumen (240 Liter) auf 10 bar zu bringen, d. h. 240 Liter durch 10 zu dividieren und 24 Liter zu erhalten.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

- 4.(a) *Ein Ballon, der in einer Tiefe von 7 m in Salzwasser 300 Liter Luft enthält, wird in eine Tiefe von 26 m gebracht. Wie groß ist das genaue Volumen beim Erreichen der 26 m? 141,67 Liter.*

Jetzt ist es an der Zeit, richtig loszulegen, weil wir nicht länger mit Schritten von ganzen bar arbeiten. (Eigentlich geht dies über den Umfang dieses Lernziels hinaus, aber versuche es auf jeden Fall.) Da gibt es eine Gleichung, die es uns ermöglicht, genauer zu sein und Mengen zu ermitteln, auch wenn die Tiefenänderungen nicht in Schritten von ganzen bar ausgedrückt sind. Diese Gleichung lautet:

$p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$  ( $p$  = Druck,  $V$  = Volumen), und obwohl die Gleichung kompliziert erscheinen mag, erfordert sie nur einfache Mathematik.

Zuerst müssen wir die Daten, die uns in Form von "Tiefe" gegeben sind, in die Form von "Druck" umwandeln. Durch die vorangegangene Lektion über Druck sollten wir in der Lage sein zu ermitteln, daß in einer Tiefe von 7 m in Salzwasser 1,7 bar Druck (absolut) ausgeübt werden:

$$(7 \text{ m} \times 0,100 \text{ bar/m}) + 1 \text{ bar} = 1,7 \text{ bar}$$

Und, daß in einer Tiefe von 26 m in Salzwasser ein absoluter Druck von 3,6 bar ausgeübt wird:

$$(26 \text{ m} \times 0,100 \text{ bar/m}) + 1 \text{ bar} = 3,6 \text{ bar}$$

Als nächstes brauchen wir die obengenannte Gleichung:  
 $p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$ . Wie wir wissen, sind uns drei der vier Variablen bekannt, der Rest ist lediglich eine Sache der Mathematik - nachdem wir die Variablen eingesetzt haben.  
 Die erste *Druck*-Variable ( $p_1$ ) ist 1,7 bar absolut (in 7 m Tiefe):

$$p_1 = 1,7 \text{ bar}$$

Die zweite *Druck*-Variable ( $p_2$ ) ist 3,6 bar absolut (in 26 m Tiefe):

$$p_2 = 3,6 \text{ bar}$$

Die erste *Volumen*-Variable ( $V_1$ ) ist mit 300 Liter angegeben:

$$V_1 = 300 \text{ Liter}$$

Die zweite *Volumen*-Variable ( $V_2$ ) ist die, die wir suchen:

$$V_2 = X$$

Beim Einsetzen der Daten entsprechend der Gleichung

( $p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$ ) erhalten wir:

$1,7 \text{ bar} \times 300 \text{ Liter} = 3,6 \text{ bar} \times X$  --- wobei "X" die unbekannte Variable ist.

Mit dem Ziel, die unbekannte Variable alleine zu erhalten, dividieren wir beide Seiten durch 3,6:

$$1,7 \text{ bar} \times 300 \text{ Liter} \quad 3,6 \text{ bar} \times X$$

$$\frac{\text{-----}}{3,6 \text{ bar}} = \frac{\text{-----}}{3,6 \text{ bar}}$$

$3,6 \div 3,6$  ist gleich 1, und irgendeine Zahl multipliziert mit 1 ist gleich der Zahl selbst: ( $1 \times X = X$ )

$$1,7 \text{ bar} \times 300 \text{ Liter}$$

So verbleiben für X: ----- = X

$$3,6 \text{ bar}$$

Dies ergibt:  $X = 141,67 \text{ Liter}$

### Lernziel 1.8

Erkläre die Beziehung zwischen Tiefe und Dichte der Luft, die ein Taucher atmet, und berechne diese Beziehung in Schritten von ganzen bar.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. *Eine Pressluftflasche ist an der Oberfläche vollständig gefüllt. Wenn diese Flasche in einer Tiefe von 30 m benutzt wird, ist die Luft in der Flasche viermal dichter als an der Oberfläche. Falsch.*

Denke daran, eine Pressluftflasche ist ein starrer Behälter - er reduziert seine Größe bei zunehmender Tiefe (d.h. bei ansteigendem Druck) nicht. Darum wird die Luft in der Flasche durch eine Erhöhung des Drucks außerhalb der Flasche nicht beeinflusst.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Weil das Lungenvolumen eines Tauchers, unabhängig von der Tiefe in der er atmet, konstant bleiben muß, ändert sich die Dichte der Luft in der Lunge nicht, auch wenn sich die Tiefe ändert. **Falsch.***

Wenn wir atmen, müssen wir, unabhängig von dem Druck, der uns umgibt, einen "vollen" Atemzug nehmen. Um dazu in der Lage zu sein, muß der äußere Druck gleich dem Druck der von uns geatmeten Luft sein. Du kannst dies in einem Schwimmbad mit einem kurzen Stück Schlauch zeigen. Beginne damit, daß du aus einem Ende des etwa 1 m langen Schlauches atmest. Tauche nun knapp unter die Oberfläche und atme weiter. Wie beim Atmen aus einem Schnorchel wirst du nur wenig Atemwiderstand bemerken. Jetzt tauche auf knapp 1 m Tiefe ab, während du ein Ende des Schlauches an der Oberfläche läßt. Du wirst schnell bemerken, daß das Atmen sehr schwierig, wenn nicht unmöglich wird. Und dieser Effekt wird bereits durch eine Druckdifferenz von weniger als 0,1 bar zwischen dem Luftdruck an der Oberfläche und dem Wasserdruck, der deinen Brustkorb umgibt, verursacht.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Die Luft, die ein Taucher aus einer Pressluftflasche in einer Tiefe von 50 m in Salzwasser atmet, ist **6mal** so dicht, wie die Luft, die aus der gleichen Flasche an der Oberfläche geatmet wird.*

Dies bezieht sich auf Aufgabe 1. Um unter Wasser atmen zu können, muß die Luft den gleichen Druck haben, wie das uns umgebende Wasser. Der Taucher ist in einer Tiefe von 50 m mit 5 bar relativem Druck ( $50 \text{ m} \times 0,100 \text{ bar/m} = 5 \text{ bar}$ ). Addiere 1 bar für den Luftdruck an der Oberfläche, dies ergibt 6 bar. Bei 6 bar ist der Druck 6mal größer als an der Oberfläche. Darum muß die Luft, die der Taucher atmet, 6mal dichter sein, um seine Lunge in dieser Tiefe vollständig zu füllen.

**Lernziel 1.9**

Berechne, wie sich der für eine bestimmte Tiefe vorgegebenen Luftverbrauch eines Tauchers mit der Tiefe ändert.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Ein Taucher hat an der Oberfläche einen Luftverbrauch von 2 bar / Minute. Wie groß wird sein Luftverbrauch auf 40 m in Salzwasser sein, wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben? **10 bar / Minute.***

In 40 m Tiefe herrschen 5 bar absoluter Druck. Darum muß der Taucher Luft atmen, die fünfmal dichter ist als an der

Oberfläche. Wenn sein Verbrauch an der Oberfläche (1 bar) 2 bar / Minute entspricht, dann ist das fünffache hiervon 10 bar / Minute, vorausgesetzt, alle anderen Faktoren bleiben unverändert.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) *Eine Taucherin hat in 10 m Tiefe in Salzwasser einen Luftverbrauch von 60 Liter / Minute. Wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben, wie hoch wird dann ihr Luftverbrauch in 30 m sein? 120 Liter / Minute.*

Wie in den vorhergehenden Problemen, die sich mit Druck und Volumen beschäftigten, ist die Lösung hier, zuerst den Verbrauch an der Oberfläche zu ermitteln. In diesem Fall wird die Taucherin, die 60 Liter / Minute in einer Tiefe von 10 m (2 bar) verbraucht, an der Oberfläche die Hälfte dieser Menge - 30 Liter / Minute - verbrauchen. (Denke daran, der Luftverbrauch ist eine Funktion der Dichte; er nimmt ab, wenn der Druck verringert wird.) Darum wird sie in 30 m (4 bar) die vierfache Menge an Luft verbrauchen, wenn alle anderen Faktoren unverändert bleiben. Das Vierfache der Menge an der Oberfläche (30 Liter) sind 120 Liter.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Ein Taucher hat in 20 m Tiefe in Salzwasser einen Luftverbrauch von 90 Liter / Minute. Wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben, wie hoch wird dann sein Luftverbrauch in 60 m sein? 210 Liter / Minute.*

Ähnlich wie in der obigen Frage, müssen wir zuerst den Verbrauch an der Oberfläche ermitteln. In diesem Fall wird der Taucher an der Oberfläche ein Drittel der Menge, die er in 20 m (3 bar) benötigt, verbrauchen, d. h. 30 Liter / Minute. Als nächstes müssen wir den Druck in Schritten von ganzen bar ermitteln, den Wasser in einer Tiefe von 60 m ausübt. Indem wir 60 m mit 0,100 bar/m multiplizieren, ermitteln wir, daß in 60 m 6 bar relativer und 7 bar absoluter Druck herrschen. Da wir immer mit absoluten Werten arbeiten müssen, wissen wir, daß sein Luftverbrauch in 60 m um etwa das siebenfache ansteigen wird ( $7 \times 30 = 210$ ).

**Anmerkung:** Während dieses theoretische Beispiel von einem Tauchgang in 60 m ausgeht, dürfen bei einem wirklichen Tauchgang die 40 m als absolute Tiefengrenze für Sporttaucher nicht überschritten werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (d) *Eine Taucherin hat in 10 m Tiefe einen Luftverbrauch von 60 Liter / Minute. Wenn alle Faktoren außer der Tiefe unverändert bleiben, wie hoch wird dann ihr Luftverbrauch in bar / Minute in 30 m in Salzwasser sein? Die Lösung kann mit den gegebenen Daten nicht ermittelt werden.*



Achte immer auf die Art, wie die Daten beschrieben werden. Wie das Sprichwort sagt: "Du kannst Äpfel nicht mit Birnen vergleichen." Wenn die Frage nach einer Antwort in bar verlangt, jedoch keine Möglichkeit gegeben wird, die Ausgangsdaten in eine andere Einheit (z. B. bar/Liter) umzuformen, so muß die Antwort, wie die Ausgangsdaten, in Liter/Minute ausgedrückt werden.

**Lernziel 1.10**

Beschreibe, wie das Verhalten eines Gases sowohl in einem flexiblen als auch in einem starren Behälter von Änderungen des Drucks und der Temperatur beeinflusst wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Ein Ballon ist bei Raumtemperatur mit 30 Liter Luft gefüllt. Beschreibe, was passieren würde, wenn der Ballon in einen Gefrierschrank käme (Umgebungsdruck sei konstant). **Das Volumen würde abnehmen.***

Die Energie, die in den Gasmolekülen bei Raumtemperatur enthalten ist, wird anfangen sich zu "verflüchtigen", wenn der Ballon in einen Gefrierschrank kommt. So wie die Temperatur abnimmt, nimmt auch die Bewegung der Moleküle ab. Und so, wie die Bewegung abnimmt, nimmt auch die Aufprallenergie ab, mit der die Moleküle aufeinander und auf die Wandung des Ballons stoßen. Eine geringere Aufprallenergie bedeutet einen geringeren Druck im Innern des Ballons, und deswegen wird er schrumpfen, bzw. sein Volumen wird abnehmen. Dies ist genau die Beschreibung des **Gesetzes von Charles**; es sagt aus: "Die Volumen- oder Druckänderung einer Gasmenge steht in direktem, proportionalem Verhältnis zur Veränderung der absoluten Temperatur (bei konstantem Umgebungsdruck)."

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (c) *Eine Pressluftflasche wird bei Raumtemperatur vollständig gefüllt. Beschreibe, was mit dieser Flasche passieren würde, wenn sie mit zu einem Eistauchgang genommen würde (Wasser in der Nähe des Gefrierpunktes). **Das Volumen würde unverändert bleiben, aber der Druck würde sinken.***

Die Situation hier ist ähnlich wie in der vorhergehenden Frage, mit einem wichtigen Unterschied - der Behälter ist starr. Während der Druck aus den vorher beschriebenen Gründen sinken würde, bleiben die Wände des Behälters stabil. Darum wird nur der Druck sinken, das Volumen des Behälters bleibt unverändert.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Eine 12-l-Pressluftflasche wird bei einer Umgebungstemperatur von 27 ° C mit 200 bar gefüllt. Wenn die Flasche danach bei einer Wassertemperatur von 4 ° C benutzt wird, wie hoch wird ungefähr der Flaschendruck sein? **186 bar.***

Es gibt einen Weg, um die Auswirkung der Temperatur auf den Druck in einer Pressluftflasche grob abzuschätzen. Als Faustregel kann man annehmen, daß eine Temperaturänderung von 1 °C eine Druckänderung von 0,6 bar nach sich zieht. In unserer Frage tritt ein Temperaturabfall von 23 °C auf, der nach der Faustregel zu einer Druckabnahme von 14 bar führt (23 °C x 0,6 bar/°C = 14 bar). Daher das Ergebnis: 200 bar - 14 bar = 186 bar.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (b) *Eine 12-l-Pressluftflasche wird bei einer Umgebungstemperatur von 26 ° C mit 200 bar gefüllt. Wie hoch wird der genaue Flaschendruck sein, wenn die Flasche bei einer Wassertemperatur von 7 ° C benutzt wird? **187 bar.***

Jetzt ist es an der Zeit für eine größere Herausforderung. Um so genau zu sein, wie es die Frage erfordert, müssen wir eine besondere Gleichung verwenden. (Wie beim vorigen Lernziel über die Druck/Volumen-Beziehungen geht dies eigentlich über die Anforderungen dieses Lernziels hinaus, aber laßt es uns trotzdem versuchen.) Zuerst schauen wir uns die Gleichung an:

$$\frac{p_1 \times V_1}{T_1} = \frac{p_2 \times V_2}{T_2}$$

Hierbei ist p = Druck, V = Volumen und T = Temperatur.

Da wir mit einer Pressluftflasche arbeiten, d.h. einem starren Behälter, bleibt das Volumen unverändert. Daher können wir die Volumen-Variablen insgesamt vernachlässigen und die Gleichung wie folgt umformen:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Als nächstes laßt uns überlegen, was wir von dem Problem wissen: Der Druck, mit dem die Flasche gefüllt wurde, beträgt 200 bar ( $p_1$ ), und wir sollen herausfinden, wie hoch der Druck sein wird ( $p_2$ ). Aber dies sind noch keine passenden Variablen, die wir in die Gleichung einsetzen können. Um das Verhalten von Gasen bestimmen zu können, müssen wir mit absoluten Größen arbeiten. Also müssen wir 1 bar zu 200 bar relativem Druck addieren, um 201 bar absoluten Druck zu erhalten. Die Temperatur der Preßluftflasche beträgt 26 °C, und sie soll in Wasser von 7 °C

verwendet werden. Wie zuvor dargelegt, müssen wir mit absoluten Größen arbeiten. Bzgl. der Temperatur bedeutet dies, daß wir uns auf den absoluten Nullpunkt beziehen müssen. Werte in Grad Celsius müssen in Grad Kelvin umgeformt werden. Um einen Celsius-Wert in einen Kelvin-Wert umzuformen, sind 273° zu addieren; somit werden 26 °C zu 299 °K (T<sub>1</sub>), und 7 °C werden zu 280 °K (T<sub>2</sub>).

Jetzt können wir die Werte in die Formel einsetzen:

$$\frac{201 \text{ bar}}{299 \text{ °K}} = \frac{X}{280 \text{ °K}} \quad \text{wobei "X" die Unbekannte ist.}$$

Dies kann umgeformt werden in:

$$\frac{201 \text{ bar} \times 280 \text{ °K}}{299 \text{ °K}} = X$$

Durch die Anwendung einfacher Mathematik erhalten wir:

$$188 \text{ bar} = X$$

Aber das ist noch nicht die korrekte Antwort, denn 188 bar ist der absolute Druck. Wir müssen 1 bar von den 188 bar subtrahieren, um den tatsächlichen Druck in der Flasche zu erhalten. Deshalb ist die Lösung: 188 bar - 1 bar = 187 bar.

### Lernziel 1.11

Berechne bei einem vorgegebenen Anteil in Prozent den Partialdruck der einzelnen Gase innerhalb eines Gasgemisches für jede beliebige Tiefe.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (a) *Wie groß ist der Partialdruck von Sauerstoff in einem Luftgemisch, bestehend aus 20 % Sauerstoff und 80 % Stickstoff, bei einem Umgebungsdruck von 1 bar? 0,2 bar.*

Der Partialdruck von Gas ist von zwei Variablen abhängig: dem absoluten Druck und dem prozentualen Anteil des betreffenden Gases. In diesem Fall sollen wir annehmen, daß der absolute Druck 1 bar entspricht und daß der Anteil des Gases - Sauerstoff - 20 % der Gesamtmenge beträgt. Somit können wir durch einfaches Multiplizieren des absoluten Druckes (1 bar) mit dem Prozentsatz des Sauerstoffs (20 %) herausfinden, daß der Partialdruck 0,2 bar beträgt (1 bar x 0,2 = 0,2 bar). Der englische Wissenschaftler John Dalton faßte seine Erfahrung mit dem Verhalten von Gasen in Gasgemischen in dem **Gesetz von Dalton** zusammen; dieses sagt aus: "Der gesamte, von einer Mischung von Gasen ausgehende Druck entspricht der Summe der Drücke der einzelnen in dieser Mischung enthaltenen Gase - jedes Gas verhält sich so, als würde es alleine das ganze Volumen einnehmen."

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Ein Gasgemisch besteht aus 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff und 1 % Kohlendioxyd. Wie groß ist der Partialdruck des Stickstoffs in einer Tiefe von 20 m in Salzwasser?*  
**2,34 bar.**

Wie in der letzten Frage müssen wir zuerst den absoluten Druck ermitteln. In 20 m Tiefe beträgt dieser Druck 3 bar. Als nächstes berechnen wir den Prozentsatz des betreffenden Gases. In unserem Fall beträgt der Anteil des Stickstoffs 78 % der Gesamtmenge. Somit ergibt sich ein Stickstoff-Partialdruck von  $3 \text{ bar} \times 0,78 = 2,34 \text{ bar}$ .

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Ein Gasgemisch besteht aus 21 % Sauerstoff, 78 % Stickstoff und 1 % Kohlendioxyd. Wie groß ist der Partialdruck des Sauerstoffs in einer Tiefe von 24 m in Salzwasser?*  
**0,7 bar.**

Dieses Problem entspricht den beiden vorhergehenden, mit dem Unterschied, daß wir eine andere Methode benutzen müssen, um den absoluten Druck zu ermitteln. Da in der gegebenen Tiefe - 24 m in Salzwasser - kein Druck in ganzen bar herrscht, müssen wir den Druck durch die Methoden, die wir in Lernziel 1.6 kennenlernten, herleiten: Wir multiplizieren zunächst 24 m mit der Salzwasserkonstante 0,100 bar/m, um den absoluten Druck zu finden. Dann addieren wir den Luftdruck von 1 bar und erhalten den Druck von 3,4 bar:

$$(24 \text{ m} \times 0,1 \text{ bar/m}) + 1 \text{ bar} = 3,4 \text{ bar.}$$

Als nächstes nehmen wir den prozentualen Anteil des Sauerstoffs in dem Gasgemisch, welcher 21 % beträgt, und finden heraus, daß der Partialdruck des Sauerstoffs in 24 m Tiefe Salzwasser 0,7 bar beträgt:

$$3,4 \text{ bar} \times 0,21 = 0,7 \text{ bar}$$

**Lernziel 1.12**

Erkläre den Effekt des Atmens verunreinigter Luftgemische in der Tiefe, und berechne, welchen vergleichbaren Effekt eine solche Verunreinigung auf den Taucher an der Oberfläche hätte.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (a) *Eine Pressluftflasche wurde versehentlich mit 1 % Kohlenmonoxyd gefüllt. Welchen Prozentsatz Kohlenmonoxyd wird ein Taucher ungefähr einatmen, wenn er in einer Tiefe von 30 m (Salzwasser) die Luft aus dieser Flasche atmet. 1 %.*

Wenn eine Pressluftflasche erst einmal gefüllt ist, kann sich die prozentuale Zusammensetzung des Gases darin nicht mehr ändern (wenn nicht mehr Luft hinzugefügt wird). Darum kann, unabhängig von dem Druck, dem die Flasche ausgesetzt ist, nicht mehr und nicht weniger als 1 % in der

Flasche sein, wenn nur 1 % von einem Gas in die Flasche gefüllt wurde. (Es sei jedoch daran erinnert, daß sich allerdings der Partialdruck von jedem Gas in der Tiefe erhöht - vgl. Lernziel 1.11.)

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) *Es wurde, bezugnehmend auf die vorhergehende Frage, berechnet, daß der Taucher an der Oberfläche 500.000 Moleküle Kohlenmonoxyd mit jedem Atemzug einatmet. Wie viele Moleküle würde er demnach einatmen, wenn er diese Luft in einer Tiefe von 30 m in Salzwasser atmet (angenommen, alle anderen Faktoren außer der Tiefe bleiben unverändert)? 2.000.000.*

Diese Frage greift auf das zurück, was wir in Lernziel 1.8 untersuchten. Erinnere dich daran, daß die Atemluft den gleichen Druck wie das umgebende Wasser haben muß, damit du in der Tiefe (unter erhöhtem Druck) atmen kannst. Das bewirkt, daß die Luft dichter wird. Als Folge davon wird der Taucher mehr Moleküle einatmen. In dieser Frage atmet der Taucher Luft in einer Tiefe von 30 m, was einem Druck von 4 bar entspricht. Daher ist die Luft, die er atmen muß, viermal dichter als an der Oberfläche, und der Taucher wird folglich die vierfache Menge an Molekülen einatmen. Wenn er also an der Oberfläche 500.000 Moleküle bei jedem Atemzug einatmet, muß er 2.000.000 Moleküle in einer Tiefe von 30 m einatmen. Beachte, daß der prozentuale Anteil des Gases in der Flasche weiterhin unverändert bleibt, auch wenn eine bedeutend größere Menge an Molekülen in die Lunge des Tauchers gelangt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (d) *Nochmals bezugnehmend auf Frage 1: Welcher Prozentsatz an Kohlenmonoxyd muß an der Oberfläche geatmet werden, um den gleichen Effekt auf den Taucher zu haben, wie das Atmen der verunreinigten Luft in 30 m Tiefe in Salzwasser? 4 %.*

Um die Frage besser zu verstehen, frage dich selbst: "Welchen Prozentsatz des Gases müßte der Taucher an der Oberfläche atmen, um 2.000.000 Moleküle Kohlenmonoxyd einzusatmen?" 2.000.000 Moleküle entsprechen der vierfachen Gasmenge, die er an der Oberfläche atmet, wobei das Gemisch nur 1 % Kohlenmonoxyd enthält. Der Taucher würde deshalb an der Oberfläche die 4fache Menge an Kohlenmonoxyd benötigen - nämlich 4 % -, um den gleichen Effekt wie beim Atmen von nur 1 % Kohlenmonoxyd in 30 Meter zu haben. Daher wird dieses Phänomen als "Oberflächenäquivalenz" bezeichnet. Übrigens wäre ein Gasgemisch, das an der Oberfläche 4 % Kohlenmonoxyd enthält, äußerst giftig!

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (c) *Das Atmen von welchem Prozentsatz Kohlenmonoxyd an der Oberfläche hat den gleichen Effekt auf eine Taucherin, wie das Atmen aus einer mit 1,5 % Kohlenmonoxyd verunreinigten Luftversorgung in 90 m Tiefe in Salzwasser? 15 %.*

Diese Frage ist nur eine etwas kompliziertere Version der letzten Frage. Zunächst betrachten wir Fragen vorhergehender Lernziele, die eine Tiefe von 90 m benutzen, und wir sehen, daß dort ein absoluter Druck von 10 bar herrscht. Folglich wird das Atmen eines bestimmten Prozentsatzes in einem Umgebungsdruck von 10 bar die zehnfache Wirkung auf uns haben. In diesem Fall beträgt der Prozentsatz der Verunreinigung 1,5 %. Somit würde es die gleiche Wirkung haben, wie das Atmen von 15 % an der Oberfläche.  
 $(1,5 \% \times 10 = 15 \%)$ .

**Lernziel 1.13**

Erkläre, was mit einem unter hohem Druck in einer Flüssigkeit gesättigten Gas passieren würde, wenn der auf das Gas wirkende Druck schnell verringert würde.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Ein Glas voll Wasser war für einige Tage einem Vakuum ausgesetzt. Es ist kein Gas mehr darin gelöst. Wie groß wird der Gasdruck in der Flüssigkeit sein, wenn sie danach einige Tage in einem Druckbehälter mit 2 bar aufbewahrt wird? 2 bar.*

Es gibt ein Streben nach einem Gleichgewichtszustand zwischen dem Druck in einer Flüssigkeit (Gasspannung) und dem Druck des Gases, das in Kontakt mit der Flüssigkeit steht. Dieses Gleichgewicht bleibt solange gewahrt, bis sich der Druck des Gases, das in Kontakt mit der Flüssigkeit steht, verändert. Dieses Phänomen wurde zum ersten Mal von dem Chemiker William Henry beschrieben. Durch Experimentieren gelangte dieser zu seinem **Gesetz von Henry**: "Die Menge eines Gases, die in einer Flüssigkeit gelöst werden kann, ist fast direkt proportional zum Partialdruck des Gases."

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (a) *Wenn der Druck in dem Behälter aus der vorhergehenden Frage erhöht wird, wird der Gasdruck in der Flüssigkeit steigen.*

Das Gesetz von Henry stellt ein direktes Verhältnis dar. Daher wird, wenn ein Faktor ansteigt, es der andere auch tun. Stelle es dir anhand alltäglicher Erfahrungen vor. Wenn du eine Mineralwasserflasche öffnest, nimmt der Druck des Kohlendioxids ab, weil der Druck des Gases, welches das

Wasser umgibt, abnimmt. Schließlich wird das Gas in dem Mineralwasser den gleichen Druck haben, wie die umgebende Luft. Mit anderen Worten, das Mineralwasser wird "abstehen". Wenn dieses Phänomen ein umgekehrtes Verhältnis wäre (eine Variable nimmt zu, während die andere abnimmt), würde das Mineralwasser sogar mehr Gas aufnehmen, nachdem die Flasche geöffnet wurde. Dies widerspricht natürlich jeglichem gesunden Menschenverstand und unseren eigenen, praktischen Erfahrungen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Wenn in dem Druckbehälter aus Frage 1 ein Vakuum erzeugt wird, dann wird der Gasdruck in der Flüssigkeit **sinken**.*

Diese Frage ist einfach das Gegenteil der vorhergehenden Frage. Das Vakuum stellt einen Druck nahe Null dar, der die Flüssigkeit umgibt. Darum wird jedes Gas, das sich in der Flüssigkeit befindet, danach streben, aus der Flüssigkeit hinauszukommen. Somit wird der Druck sinken.

**Lernziel 1.14**

Definiere den Begriff "Übersättigung", und erkläre, welche Umstände nötig sind, damit sich in einer übersättigten Flüssigkeit Gasblasen bilden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Angenommen, die Atmosphäre enthält 80 % Stickstoff. Auf Meereshöhe wäre der Stickstoff-Partialdruck in unseren Geweben **0,8 bar**.*

Unsere Gewebe bestehen in erster Linie aus Flüssigkeit. Daher werden unsere Gewebe eine Gasspannung von 80 % Stickstoff haben, wenn das Gas, das mit unseren Geweben Kontakt hat, aus 80 % Stickstoff besteht. 80 % von 1 bar entsprechen 0,8 bar ( $1 \text{ bar} \times 0,8 = 0,8 \text{ bar}$ ).

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (a) *Auf die vorhergehende Frage bezogen, ist der gesamte Gasdruck in unseren Geweben **1,0 bar**.*

Da der absolute Druck, der unser Gewebe umgibt, 1 bar beträgt, muß auch die absolute Gasspannung in unseren Geweben 1 bar betragen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Der in Frage 2 beschriebene Zustand unseres Körpers wird als **gesättigt** bezeichnet, weil unsere Gewebe auf Meereshöhe keinen größeren Gasdruck aufnehmen können. Sättigung bezieht sich auf die Tatsache, daß in diesem Zustand kein Gasaustausch zwischen den Geweben*

(Flüssigkeit) und dem damit in Kontakt stehenden Gas stattfindet. Dies ist der Gleichgewichtszustand, auf den wir uns in Lernziel 1.13 bezogen haben.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. *Wenn in der Tiefe geatmet wird, erhöht sich der Gasdruck in den Geweben eines Tauchers. Wenn der Taucher lange genug in der Tiefe verweilt, wird der Druck in seinen Geweben ein Gleichgewicht mit dem Umgebungsdruck erreichen. **Richtig.***

Dies ist lediglich eine logische Fortsetzung dessen, was wir bisher untersucht haben. Wenn ein Taucher Luft unter Wasser atmet, dann atmet er Gas mit einem höheren Druck als an der Oberfläche. Somit erhöht sich der Druck des Gases, das mit den Geweben in Kontakt steht. So wie sich der Gasdruck erhöht, so muß sich auch die Gasspannung in den Geweben erhöhen. Umgekehrt nimmt auch die Gasspannung in den Geweben ab, wenn sich der Druck des mit den Geweben in Kontakt stehenden Gases verringert. Dieses Phänomen wird Dekompression genannt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

5. *Den Zustand, der in der vorhergehenden Frage beschrieben wird, bezeichnet man als "Übersättigung". **Falsch.***

Wir haben zuvor darüber gesprochen, daß unsere Gewebe, oder jede andere Flüssigkeit, an der Oberfläche eine Gasmenge beinhalten können, die einem Druck von 1 bar entspricht. Unabhängig davon, wie lange wir in einer Umgebung von 1 bar bleiben, können unsere Gewebe niemals eine Gasspannung erreichen, die größer als dieser Betrag ist. Dennoch gibt es einen Weg, um mehr Gas absorbieren zu können - man erhöhe den Druck des Gases, das in Kontakt mit den Geweben steht. Bei einem größeren Umgebungsdruck werden sich die Gewebe wieder mit dem in Kontakt stehenden Gas ausgleichen. Deswegen wird sich, so wie sich der Druck des in Kontakt stehenden Gases erhöht, auch der Druck in den Geweben erhöhen. Verringert sich nach einer gewissen Zeit der Umgebungsdruck, wird das umgekehrte Phänomen auftreten: In den Geweben wird ein Druck oder eine Gasspannung bestehen, der/die größer als der Umgebungsdruck ist. Mit anderen Worten: es wird ein "Druckgefälle" zugunsten der Gewebe bestehen. In diesem Fall werden Gewebe als übersättigt bezeichnet, weil darin eine Gasspannung besteht, die größer als der Umgebungsdruck ist. (Genauso, wie die Gasspannung in einer Mineralwasserflasche, die zum ersten Mal geöffnet wird, größer sein kann als der Umgebungsdruck.) Für den Taucher / die Taucherin ist dies ein äußerst wichtiges Phänomen, das verstanden werden muß.



# Kapitelanalyse

Ermittle alle Punkte aus diesem Lösungsteil, die als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" markiert sind. Diese Punkte stellen wichtige Informationen oder Zusammenhänge dar, die du noch nicht richtig verstanden hast. Markiere unten alle Lernziele, die einen Punkt enthalten, den du als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" gekennzeichnet hast. Diesen Abschnitt durchzuarbeiten, ist ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung deines Verständnisses für physikalische Zusammenhänge, die für das Sporttauchen von Bedeutung sind.

	Sicher gewußt	Erraten	Summe
<b>Richtige Antworten</b>			

	Einfacher Fehler	Wissenslücke	Summe
<b>Falsche Antworten</b>			

## Zu überarbeitende Lernziele:

- |                               |                               |                              |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1.1  | <input type="checkbox"/> 1.2  | <input type="checkbox"/> 1.3 | <input type="checkbox"/> 1.4  | <input type="checkbox"/> 1.5  | <input type="checkbox"/> 1.6  |
| <input type="checkbox"/> 1.7  | <input type="checkbox"/> 1.8  | <input type="checkbox"/> 1.9 | <input type="checkbox"/> 1.10 | <input type="checkbox"/> 1.11 | <input type="checkbox"/> 1.12 |
| <input type="checkbox"/> 1.13 | <input type="checkbox"/> 1.14 |                              |                               |                               |                               |

# Kapitel Zwei

## Tauchphysiologie

Die Reaktionsweise des menschlichen Körpers auf das Tauchen mit dem Preßluftgerät ist komplex und faszinierend. Tatsächlich halten viele Taucher dies für den interessantesten Aspekt der Tauchtheorie, und ganz sicher ist es einer der wichtigsten.

Aber unabhängig von den speziellen Vorgängen, die hierbei mitwirken, werden die Veränderungen, die beim Taucher auftreten, durch zwei wesentliche Faktoren bestimmt:

1. Die Auswirkungen auf die verschiedenen Hohlräume unseres Körpers, die durch schnelle Druckveränderungen herbeigeführt werden. (Manchmal als *direkte* Druckwirkungen bezeichnet.)
2. Die physiologischen Konsequenzen des Atmens von Gasen mit höheren Partialdrücken als an der Oberfläche. (Manchmal als *indirekte* Druckwirkungen bezeichnet.)

Dieses Kapitel soll dir helfen, dein Verständnis für diese Phänomene festzustellen. Ohne ein Verständnis dieser wesentlichen Zusammenhänge können deine tauchtheoretischen Kenntnisse nicht als vollständig angesehen werden. Darüberhinaus wirst du bemerken, daß einige der Fragen dieses Kapitels ein Verständnis der Zusammenhänge aus Kapitel Eins erfordern. Deswegen solltest du - falls es schon einige Zeit her ist, daß du Kapitel Eins abgeschlossen hast - die Lernziele, die das Verhalten von Gasen behandeln, kurz wiederholen, bevor du fortfährst.

### Lernziel 2.1

Erkläre, welche Substanz im Blut beim Sauerstofftransport hilft und in welchem Bestandteil des Blutes diese Substanz enthalten ist.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Blutkreislauf"

### Übungen:

1. Der Sauerstoff wird mittels einer Substanz auf effektive Weise durch den Körper transportiert, die als \_\_\_\_\_ bezeichnet wird und die \_\_\_\_\_ enthalten ist.
  - a. "aerober" Stoffwechsel / im Blut
  - b. Plasma / in den Arterien
  - c. Protein / im Herz
  - d. Hämoglobin / in den roten Blutkörperchen
2. Wieviel mal schneller müsste das Blut zirkulieren, um den Bedarf des Körpers an Sauerstoff zu decken, wenn es die oben genannte Substanz nicht enthalten würde?  
\_\_\_\_\_
3. Durch das Kreislaufsystem können große Mengen Kohlendioxyd zurück in die Lunge transportiert werden, hauptsächlich dadurch, daß Kohlendioxyd:
  - a. einfach im Plasma gelöst werden kann.
  - b. sich leicht mit Hämoglobin verbindet.
  - c. einfach in Bikarbonat umgewandelt werden kann.
  - d. ein Inertgas wie Stickstoff ist.

### Lernziel 2.2

Erkläre, auf welche Weise angemessene Tauchtechniken und Ausrüstung dabei helfen können, Erschöpfung und übermäßige Kohlendioxydansammlung zu vermeiden.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Reaktionen des Blutkreislaufs und der Atmung auf das Tauchen"

### Übungen:

1. Die Technik, beim Gerätetauchen tief zu atmen, ist wichtig, um \_\_\_\_\_ zu kompensieren.
  - a. die vergrößerten Toträume, die durch Schnorchel oder Atemregler bedingt sind,
  - b. das verkleinerte Lungenvolumen, das durch das Zusammendrücken des Brustkorbs (Thorax) bedingt ist,
  - c. die größere Menge Kohlendioxyd in den Alveolen
  - d. Alles oben genannte ist richtig.

2. Die Technik, beim Gerätetauchen langsam zu atmen, ist wichtig, um:
- a. den Atemwiderstand durch Turbulenzen in den Atemwegen zu minimieren.
  - b. den Energieverlust durch das Eintauchen in kaltes Wasser zu kompensieren.
  - c. die Gefahr eines Thoraxbarotraumas zu vermeiden.
  - d. Alles oben genannte ist richtig.

**Lernziel 2.3**

Erkläre den physiologischen Vorgang, durch den eine bewußt durchgeführte Hyperventilation es einem Schnorcheltaucher ermöglicht, länger den Atem anzuhalten.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Reaktionen auf das Schnorcheltauchen"

**Übungen:**

1. Wenn ein Schnorcheltaucher in kaltes Wasser untertaucht, wird seine Herzfrequenz:
- a. sich erhöhen.
  - b. sich verlangsamen.
  - c. unverändert bleiben.
  - d. instabil sein.
2. Um den Sauerstoffbedarf beim Schnorcheltauchen zu reduzieren, sollte der Taucher:
- a. vor dem Untertauchen reinen Sauerstoff atmen.
  - b. sich unter Wasser langsam und bewußt bewegen.
  - c. vor dem Untertauchen einige schnelle, tiefe Atemzüge nehmen.
  - d. Alles oben genannte ist richtig.
3. Um den Kohlendioxyd-Pegel in den Alveolen vor einem Schnorcheltauchgang zu reduzieren, sollte der Taucher:
- a. sich gut ausruhen.
  - b. sich unter Wasser langsam und bewußt bewegen.
  - c. vor dem Abtauchen einige schnelle, tiefe Atemzüge nehmen.
  - d. Alles oben genannte ist richtig.

### Lernziel 2.4

Erkläre den physiologischen Vorgang, der einen "Flachwasser-" bzw. "Schwimmbad-Blackout" verursacht, und erläutere, warum es hierzu üblicherweise beim Auftauchen statt beim Abtauchen kommt.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Hypokapnie"

### Übungen:

1. Das Atemzentrum steuert die Atmung in erster Linie auf Grund des \_\_\_\_\_- Pegels im Blut.
  - a. Sauerstoff
  - b. Stickstoff
  - c. Kohlendioxyd
  - d. Alles oben genannte, abhängig von den Umständen.
2. Hypoxie tritt auf, wenn der Kohlendioxyd-Pegel des Tauchers nicht bis zu einem Wert ansteigen kann, der hoch genug ist, um einen Atemzwang auszulösen, bevor der verfügbare Sauerstoff verbraucht ist.
  - Richtig
  - Falsch
3. Der "Blackout" tritt normalerweise beim Aufstieg auf, weil hierbei:
  - a. der Energieverbrauch des Tauchers zunimmt.
  - b. der Partialdruck des Sauerstoffs in den Alveolen schnell sinkt.
  - c. der Partialdruck des Kohlendioxyds in den Alveolen schnell sinkt.
  - d. der abnehmende Druck einen "Carotis - Sinus - Reflex" bewirkt.

### Lernziel 2.5

Erkläre den physiologischen Vorgang, der den "*Carotis-Sinus-Reflex*" verursacht, und wie sich dieser auf einen Taucher auswirkt.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Der Carotis-Sinus-Reflex"

### Übungen:

1. Die in den Carotis-Arterien gelegenen Carotis-Sinus-Rezeptoren stimulieren:
  - a. die Schilddrüse, die sich im Rachen befindet.
  - b. die Barorezeptoren, die sich im Gehirn befinden.
  - c. den Sinusknoten, der sich im Herz befindet.
  - d. die Nebennierendrüsen, die sich in den Nieren befinden.

2. Der Carotis-Sinus-Reflex wird durch ein(en) übermäßig \_\_\_\_\_ , verursacht.
- a. enganliegenden Anzug oder Füllinge, die die Füße einengen
  - b. enganliegenden Anzug, der den Brustkorb einengt
  - c. enganliegenden Anzug oder eine Kopfhaube, die den Hals einengt
  - d. straffsitzendes Maskenband, das den Kopf einengt
3. Wenn die Carotis-Sinus-Rezeptoren einen hohen Druck feststellen, veranlassen sie das Herz:
- a. den Herzschlag zu verlangsamen.
  - b. den Herzschlag zu erhöhen.
  - c. augenblicklich stehenzubleiben.
  - d. den Druck zu erhöhen.

#### Lernziel 2.6

Erkläre den physiologischen Effekt eines erhöhten Kohlenmonoxyd-Pegels (einschließlich des Rauchens) auf den Taucher, und erläutere, wie dies vermieden werden kann.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Kohlenmonoxyd-Vergiftung"

#### Übungen:

1. Kohlenmonoxyd ist schwer festzustellen, da es:
- a. inert ist.
  - b. einen sedativen Effekt auf den Taucher hat.
  - c. geruch- und geschmacklos ist.
  - d. Alles oben genannte ist richtig.
2. Kohlenmonoxyd verbindet sich mehr als \_\_\_\_mal besser mit dem Hämoglobin als Sauerstoff, und das Kreislaufsystem benötigt \_\_\_\_\_ , um es wieder auszuscheiden.
- a. 200 / 8-12 Stunden
  - b. 100 / 4-6 Stunden
  - c. 50 / 2-4 Stunden
  - d. 20 / 30 Minuten

3. Die Symptome einer Kohlenmonoxyd-Vergiftung sind in der Tiefe nicht feststellbar, weil:
- a. große Mengen Sauerstoff im Blutplasma gelöst sind, die es den Geweben ermöglichen, ihren Sauerstoffbedarf zu decken.
  - b. ein hoher Stickstoff-Pegel das zentrale Nervensystem des Tauchers beruhigt und seinen Stoffwechsel verlangsamt.
  - c. ein niedriger Kohlendioxyd-Pegel dabei hilft, den Auswirkungen des Kohlenmonoxyds entgegenzuwirken.
  - d. ein niedriger Sauerstoff-Pegel das Gehirn weniger empfindlich und wachsam macht.
4. Rauchen von vor dem Tauchen kann den Kohlenmonoxyd-Pegel um das \_\_\_\_\_fache über den normalen Wert steigern, was wiederum \_\_\_\_\_.
- a. 2 / das Atmen erschwert
  - b. 3-12 / den Sauerstofftransport und den Kohlendioxydabbau beeinträchtigt
  - c. 20-40 / das Risiko einer Lungenüberdehnungs-Verletzung erhöht
  - d. 100 / das Risiko eines Herzanfalls erhöht

**Lernziel 2.7**  
Erkläre den physiologischen Vorgang der Dekompressionskrankheit, und zähle die üblichen Faktoren auf, die zu ihrem Auftreten beitragen können.

**Quelle:**  
• *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Stickstoffaufnahme und Dekompression"

**Übungen:**

1. Wenn alle unsere Gewebe hauptsächlich aus Wasser bestehen, warum können sie dann nicht alle die gleiche Menge Stickstoff absorbieren?

---

---

---

---

2. Weshalb tritt bei Sporttauchern die Dekompressionskrankheit eher nach dem Auftauchen als beim Aufenthalt in der Tiefe auf?

---

---

---

---

3. Taucher erliegen der Dekompressionskrankheit, weil im Menschen jede Art von Übersättigung der Gewebe mit Stickstoff zu einer signifikanten Blasenbildung führt.

Richtig                       Falsch

4. Die verschiedenen Faktoren, die die Anfälligkeit des Tauchers für eine Dekompressionskrankheit erhöhen, hängen hauptsächlich mit \_\_\_\_\_ zusammen.

- a. den Halbsättigungszeiten der Gewebe  
 b. der physischen Verfassung  
 c. Veränderungen bei der Atmung  
 d. Veränderungen im Blutkreislauf

**Lernziel 2.8**

Definiere den Begriff "stille Blasen" im Zusammenhang mit der Dekompressionskrankheit.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Stickstoffaufnahme"
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Sechs

**Übungen:**

1. Der Begriff "stille Blasen" bezieht sich auf Blasen, die:
- a. sich nicht bewegen, so wie die, die die Dekompressionskrankheit in den Gelenken verursachen.
  - b. mit keinerlei elektronischem Sensor gehört werden können.
  - c. so klein sind, daß sie keine Anzeichen und Symptome einer Dekompressionskrankheit verursachen.
  - d. sehr schnell auftreten und wieder verschwinden.



2. Welches Gerät wird verwendet, um das Vorhandensein von stillen Blasen zu entdecken?

---

3. Es wird vermutet, daß stille Blasen durch das Vorhandensein von \_\_\_\_\_ entstehen.

- a. Fettpartikeln im Blutstrom
- b. Verunreinigungen in der Luftversorgung des Tauchers
- c. Gas-"Samen" (Mikro-Gaskerne)
- d. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Blutes, bedingt durch den hohen Stickstoff-Pegel,

### Lernziel 2.9

Erkläre, weshalb Patienten mit Dekompressionskrankheit reiner Sauerstoff als Erste-Hilfe-Maßnahme verabreicht wird.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Physiologische Grundlagen, Erste Hilfe und Behandlung der Dekompressionskrankheit"
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Zwei

### Übungen:

1. Warum hat die Dekompressionskrankheit beim Sporttaucher Stickstoffblasen zur Folge, und keine Sauerstoffblasen?

---

---

---

---

2. Reinen Sauerstoff zu atmen hilft einer Person mit Dekompressionskrankheit, weil er:

- a. es dem Körper ermöglicht, den Stickstoff im Stoffwechsel schneller umzuwandeln.
- b. den Druckgradienten zwischen dem Druck des Stickstoffs in den Geweben und dem Druck des Stickstoffs in den Alveolen vergrößert.
- c. den Druckgradienten zwischen dem Druck des Stickstoffs in den Geweben und dem Druck des Stickstoffs in den Alveolen verkleinert.
- d. dazu beiträgt, die Größe der Blasen zu reduzieren.

**Lernziel 2.10**

Erkläre die Ursache der Stickstoffnarkose, nenne die ungefähre Tiefe ihres Auftretens, und zähle drei übliche Anzeichen/Symptome auf.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Stickstoffnarkose"

**Übungen:**

1. Es wird vermutet, daß die Stickstoffnarkose durch \_\_\_\_\_ entsteht.
  - a. Unterbrechungen in der Übertragung zwischen Nervenzellen
  - b. extravasculare Blasenbildung im Gehirn
  - c. eine stark verminderte Schmerzempfindlichkeit, verursacht von stillen Blasen,
  - d. Vorgänge, die der Wissenschaft völlig unbekannt sind,
2. In welcher ungefähren Tiefe beginnen die Anzeichen und Symptome der Stickstoffnarkose aufzutreten?
  - a. 15 m
  - b. 30 m
  - c. 45 m
  - d. 60 m
3. Zähle die drei hauptsächlichsten Anzeichen/Symptome der Stickstoffnarkose auf:
  - a. \_\_\_\_\_
  - b. \_\_\_\_\_
  - c. \_\_\_\_\_

**Lernziel 2.11**

Definiere den Begriff "Barotrauma" und erläutere, wie ein solches Barotrauma in der Lunge, den Nasennebenhöhlen und den Ohren eines Tauchers, beim Aufstieg wie beim Abstieg, eintreten kann.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Physiologische Reaktionen auf Druckänderungen in den Körperhöhlräumen"

### Übungen:

1. Der Begriff "Barotrauma" bedeutet wörtlich: \_\_\_\_\_.
  
2. Ein übermäßig kräftiger Druckausgleich mittels der Valsalva-Methode kann, außer zu einer möglichen Beschädigung des Trommelfells, auch zum Zerreißen \_\_\_\_\_ führen.
  - a. des ovalen Fensters
  - b. des runden Fensters
  - c. der eustachischen Röhre
  - d. Alles oben genannte ist richtig.
  
3. Unter welcher der folgenden Bedingungen kann ein ernsthafter Lungen-"Squeeze" auch in flachem Wasser auftreten?
  - a. Ein Schnorcheltaucher hyperventiliert vor dem Abtauchen.
  - b. Ein Gerätetaucher macht übermäßig große Atemzüge beim Abstieg.
  - c. Ein Schnorcheltaucher taucht mit einem normalen Lungenvolumen ab.
  - d. Ein Schnorcheltaucher taucht mit fast leerer Lunge ab.

#### Lernziel 2.12

Definiere den Begriff "Vertigo" und erkläre den Vorgang, durch den dies normalerweise bei einem Taucher auftritt.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Zusammenfassung der Behandlung von Ohren- und Nasennebenhöhlen-Barotraumen"

### Übungen:

1. "Vertigo" ist ein medizinischer Begriff, der folgendes bezeichnet:
  - a. Schwindelanfall
  - b. Innenohrinfection
  - c. Gehörlosigkeit
  - d. Trommelfellriss

2. "Vertigo" kann durch \_\_\_\_\_ verursacht werden.

- a. ein Ohren-Squeeze
- b. ein Innenohr-Barotrauma
- c. die Dekompressionskrankheit
- d. Alles oben genannte ist richtig.

**Lernziel 2.13**

Beschreibe die Grundzüge der Anatomie des Ohres und erläutere, welche Bereiche/Bestandteile durch Druckveränderungen am meisten betroffen sind.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Das Ohr"

**Übungen:**

1. Schallwellen werden über \_\_\_\_\_ vom Außen- zum Innenohr übertragen.

- a. das ovale Fenster
- b. das runde Fenster
- c. die Schnecke
- d. die Gehörknöchelchen

2. Die Bogengänge befinden sich im \_\_\_\_\_ und sind für \_\_\_\_\_ verantwortlich.

- a. Innenohr / das Gleichgewicht
- b. Mittelohr / die Schallübertragung
- c. Außenohr / die Leitung der Schallwellen zum Trommelfell
- d. Gehirn / die Übertragung von Nervenimpulsen (Schall)

3. Welcher Teil des Ohres wird von Druckänderungen am meisten betroffen?

- a. Das Außenohr.
- b. Das Mittelohr.
- c. Das Innenohr.
- d. Alle Bereiche werden gleichmäßig betroffen.

**Lernziel 2.14**

Vergleiche die verschiedenen Anzeichen/Symptome der Dekompressionskrankheit und der Luftembolie, und stelle die Unterschiede heraus.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, Bild 2-58, "Vergleich der üblichen Symptome"
- *PADI Rescue Diver Manual*, Kapitel Zwei

**Übungen:**

1. Ein Symptom der Luftembolie \_\_\_\_\_ sein, während Symptome der Dekompressionskrankheit \_\_\_\_\_ sein können.
  - a. können Schmerzen in den Gelenken/Ermüdung und plötzliche Bewußtlosigkeit
  - b. kann plötzliche Bewußtlosigkeit/Schmerzen in den Gelenken und Ermüdung
  - c. kann das Husten von blutigen Schaum/Schwindelanfälle und Verwirrung
  - d. können kirschröte Nagelbetten/diverse Lähmungserscheinungen
2. Bei der Angabe der Stelle, an der das Symptom auftritt, wird die Luftembolie durch das Betroffensein \_\_\_\_\_ charakterisiert, wohingegen die Dekompressionskrankheit durch das Betroffensein \_\_\_\_\_ charakterisiert wird.
  - a. von Kopf und Hals / der Arme und der Beine
  - b. des Atemzentrums / des zentralen Nervensystems
  - c. beider Körperseiten, entweder Ober- oder Unterkörper, / von nur einer Körperseite
  - d. von nur einer Körperseite / beider Körperseiten, entweder Ober- oder Unterkörper,
3. Bei der Beschreibung der Veränderung der Symptome wird die Luftembolie dadurch charakterisiert, daß \_\_\_\_\_, wohingegen die Dekompressionskrankheit dadurch charakterisiert wird, daß \_\_\_\_\_.
  - a. die Symptome dazu neigen, sich als Folge der Ersten Hilfe zu verbessern / normalerweise keine Veränderung oder Verschlechterung des Zustands erfolgt
  - b. normalerweise keine Veränderung oder Verschlechterung des Zustands erfolgt / die Symptome dazu neigen, sich als Folge der Ersten Hilfe zu verbessern
  - c. mit der Zeit eine allmähliche Verschlechterung eintritt / mit der Zeit eine allmähliche Verbesserung eintritt
  - d. mit der Zeit eine allmähliche Verbesserung eintritt / mit der Zeit eine allmähliche Verschlechterung eintritt

**Lernziel 2.15**

Nenne die schwerstwiegende Form einer Lungenüberdehnungsverletzung beim Tauchen und erläutere, wie sie auftritt und welche Faktoren ihr Auftreten beeinflussen können.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Luftembolie"
- *PADI Rescue Diver Manual*, Kapitel Zwei

**Übungen:**

1. Die schwerstwiegende Form einer Lungenüberdehnungsverletzung ist ein(e) \_\_\_\_\_, weil Luftblasen in \_\_\_\_\_ eindringen.

- a. Pneumothorax / den Brustkorb
- b. Pneumothorax / das Lungengewebe
- c. Luftembolie / den arteriellen Blutkreislauf
- d. Luftembolie / den venösen Blutkreislauf

2. Erkläre, wie eine Lungenüberdehnungsverletzung selbst bei einem Taucher auftreten kann, der normal atmet.

---

---

---

---

3. "Surfactant" ist eine Substanz, die die inneren Oberflächen der \_\_\_\_\_ auskleidet und zu verhindern hilft, daß sie \_\_\_\_\_.

- a. Bronchien und Alveolen / zerreißen
- b. Bronchien und Alveolen / zusammenfallen
- c. Venen und Arterien / zusammenfallen
- d. Venen und Arterien / zerreißen



# Kapitel Zwei

## Lösungen

### Lernziel 2.1

Erkläre, welche Substanz im Blut beim Sauerstofftransport hilft und in welchem Bestandteil des Blutes diese Substanz enthalten ist.

#### Richtig:

- Sicher gewußt  
 Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Der Sauerstoff wird mittels einer Substanz auf effektive Weise durch den Körper transportiert, die als **Hämoglobin** bezeichnet wird und die **in den roten Blutkörperchen** enthalten ist.*

Die roten Blutkörperchen - die 45 % der festen Bestandteile des Blutes ausmachen - beinhalten das Protein Hämoglobin. Tatsächlich ist es die chemische Reaktion zwischen dem Hämoglobin und dem Sauerstoff, welche die Zellen rot färbt. Die weißen Blutkörperchen bekämpfen in erster Linie Infektionen. Das Plasma ist die Flüssigkeit, in der sich all die anderen Bestandteile befinden.

#### Richtig:

- Sicher gewußt  
 Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Wieviel mal schneller müßte das Blut zirkulieren, um den Bedarf des Körpers an Sauerstoff zu decken, wenn es die oben genannte Substanz nicht enthalten würde? **15 bis 20 mal.***

#### Richtig:

- Sicher gewußt  
 Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (c) *Durch das Kreislaufsystem können große Mengen Kohlendioxyd zurück in die Lunge transportiert werden, hauptsächlich dadurch, daß Kohlendioxyd **einfach in Bikarbonat umgewandelt werden kann.***

Kohlendioxyd - ein Abfallprodukt des "aeroben Stoffwechsels" [bei dem unter Beteiligung von Sauerstoff Energie entsteht] - ist eine sehr reaktive Verbindung. Um so viel wie möglich auf effektive Weise zur Lunge zurückzutransportieren, wird ein Großteil davon in eine andere Verbindung umgewandelt - in Bikarbonat. Sobald es zurück in der Lunge ist, wird das Bikarbonat wieder in Kohlendioxyd umgewandelt und durch die Atmung ausgeschieden.



**Lernziel 2.2**

Erkläre, auf welche Weise angemessene Tauchtechniken und Ausrüstung dabei helfen können, Erschöpfung und übermäßige Kohlendioxidansammlung zu vermeiden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Die Technik, beim Gerätetauchen tief zu atmen, ist wichtig, um \_\_\_\_\_ zu kompensieren. **Alles oben genannte ist richtig.***

Tiefes Atmen hilft, mehr Luft auszutauschen, wobei es die Wirkung vergrößerter Toträume vermindert. Es kompensiert auch das verringerte Lungenvolumen, das, als Folge des Untertauchens, durch den größeren Druck auf den Brustkorb (Thorax) bewirkt wird. Schließlich hilft das tiefe Atmen, den über dem Normalen liegenden Kohlendioxid-Pegel in den Alveolen, der durch den erhöhten Atemwiderstand in der Tiefe verursacht wird, abzubauen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (a) *Die Technik, beim Gerätetauchen langsam zu atmen, ist wichtig, um **den Atemwiderstand durch Turbulenzen in den Atemwegen zu minimieren.***

Langsames Atmen verringert die Neigung des Luftstroms, turbulent zu werden. (Siehe Bild 2-14 in Kapitel Zwei der Enzyklopädie.) Turbulenzen führen zu einem erhöhten Atemwiderstand und damit zu einer erhöhten Atemarbeit.

**Lernziel 2.3**

Erkläre den physiologischen Vorgang, durch den eine bewußt durchgeführte Hyperventilation es einem Schnorcheltaucher ermöglicht, länger den Atem anzuhalten.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Wenn ein Schnorcheltaucher in kaltes Wasser untertaucht, wird seine Herzfrequenz **sich verlangsamen.***

Während es stimmt, daß unsere Herzfrequenz sich erhöht, wenn wir die Luft an Land anhalten, kann genau das Gegenteil eintreten, wenn wir uns unter Wasser befinden. Das Phänomen einer verlangsamteten Herzfrequenz unter Wasser wird als "Tauchreflex der Säugetiere" bezeichnet. Obwohl Menschen diese Reaktion in weit geringerem Maße zeigen, ist dieser Reflex eine Gemeinsamkeit aller tauchenden Säugetiere. (Dies erklärt die Fähigkeit von im Meer lebenden Säugetieren, den Atem unglaublich lange anzuhalten.) Jedoch muß beim Menschen das Gesicht in kaltes Wasser eingetaucht oder zumindest befeuchtet sein, damit dieses Phänomen auftritt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Um den Sauerstoffbedarf beim Schnorcheltauchen zu **reduzieren, sollte der Taucher sich unter Wasser langsam und bewußt bewegen.***

Das ist einfach gesunder Menschenverstand. Um den Sauerstoffbedarf zu reduzieren, müssen wir den Energieverbrauch reduzieren. Vor dem Tauchen reinen Sauerstoff zu atmen,

wird natürlich die für uns verfügbare Sauerstoffmenge vergrößern, aber es wird nicht dazu beitragen, den Sauerstoffbedarf zu verringern. Ebenso wird die Hyperventilation unsere Fähigkeit verbessern, den Atem anzuhalten, indem es die Kohlendioxidmenge reduziert, aber es wird ebenfalls nicht den Sauerstoffbedarf verringern. Ausschließlich eine Reduzierung der körperlichen Tätigkeit und damit des Energieverbrauchs kann den Sauerstoffbedarf verringern.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (c) *Um den Kohlendioxidpegel in den Alveolen vor einem Schnorcheltauchgang zu reduzieren, sollte der Taucher vor dem Abtauchen einige schnelle, tiefe Atemzüge nehmen.*

Einige tiefe Atemzüge vor dem Abtauchen werden dabei helfen, das Kohlendioxid aus der Lunge zu "spülen". Langsames Bewegen wird den Sauerstoffbedarf beim Tauchen verringern, aber es wird nichts dazu beitragen, den Kohlendioxid-Pegel vor dem Tauchen zu senken. Ebenso wird die Dauer einer Ruhepause keinen Einfluß auf den Kohlendioxid-Pegel vor dem Tauchen haben. Ausschliesslich die Hyperventilation wird dies bewirken.

**Lernziel 2.4**

Erkläre den physiologischen Vorgang, der einen "Flachwasser-" bzw. "Schwimmbad-Blackout" verursacht, und erläutere, warum es hierzu üblicherweise beim Auftauchen statt beim Abtauchen kommt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Das Atemzentrum steuert die Atmung in erster Linie auf Grund des **Kohlendioxid-Pegels** im Blut.*

Es ist ein scheinbar paradoxes Phänomen, daß der Faktor, der unseren Drang zu atmen steuert, nicht primär der Mangel an Sauerstoff in unserem Blut ist. Stattdessen ist es ein erhöhter Kohlendioxid-Pegel. Zufälligerweise war der bekannte Tauchtabellen-Physiologe J. S. Haldane - über den du in Kapitel 5 mehr erfahren wirst - einer der Wissenschaftler, die diese Tatsache entdeckten.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Hypoxie tritt auf, wenn der Kohlendioxid-Pegel des Tauchers nicht bis zu einem Wert ansteigen kann, der hoch genug ist, um einen Atemzwang auszulösen, bevor der verfügbare Sauerstoff verbraucht ist. **Richtig.***

Dies ist genau der Grund, weshalb es bei einem den Atem zu lange anhaltenden Schnorcheltaucher zum "Blackout", d.h. zur Bewußtlosigkeit, kommt. Obwohl die Gewebe hypoxisch sind - d.h. Sauerstoff benötigen - wird der Atemzwang durch den niedrigen Kohlendioxid-Pegel, der durch Hyperventilation hervorgerufen wurde, unterdrückt. Wenn die Gewebe weiter einem Sauerstoffmangel ausgesetzt sind,

stellen sie ihre Funktion ein. Schließlich wird der atem-anhaltende Taucher dann bewußtlos.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Der "Blackout" tritt normalerweise beim Aufstieg auf, weil hierbei der Partialdruck des Sauerstoffs in den Alveolen schnell sinkt.*

In der Tiefe kann der erhöhte Partialdruck des Sauerstoffs in den Alveolen ausreichen, um den Sauerstoffbedarf der Gewebe zu befriedigen. Wenn der Taucher jedoch aufsteigt, sinkt der Sauerstoff-Partialdruck schnell (z.B. wird ein Aufstieg aus 10 m den Partialdruck um 50 % reduzieren). Nehmen wir an, der Taucher hatte in der Tiefe gerade genug Sauerstoff, um bei Bewußtsein und funktionsfähig zu bleiben. Ein starkes Abfallen des Partialdrucks würde jedoch genügen, um den Sauerstoff-Pegel bis zu einem Punkt abzusenken, den der Körper nicht mehr tolerieren könnte. D.h., obwohl der Taucher in der Tiefe funktionsfähig bleiben kann, wird es beim Aufstieg zur Oberfläche, bedingt durch das plötzliche Absinken des Sauerstoff-Partialdrucks, zu einem "Blackout", d.h. zur Bewußtlosigkeit, kommen.

**Lernziel 2.5**

Erkläre den physiologischen Vorgang, der den "*Carotis-Sinus-Reflex*" verursacht, und wie sich dieser auf einen Taucher auswirkt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Die in den Carotis-Arterien gelegenen Carotis-Sinus-Rezeptoren stimulieren die Barorezeptoren, die sich im Gehirn befinden.*

Obwohl der Impuls, der das Herz stimuliert, im Herzen entsteht (Sinusknoten), hat das Gehirn die Fähigkeit, diesen Impuls zu unterdrücken. Dies geschieht beim Carotis-Sinus-Reflex: Der Herzschlag verlangsamt sich bis zu einem Punkt, an dem das Herz nicht mehr in der Lage ist, eine ausreichende Blut- und damit Sauerstoffversorgung des Gehirns aufrechtzuerhalten.

2. (c) *Der Carotis-Sinus-Reflex wird durch einen übermäßig enganliegenden Anzug oder eine Kopfhaut, die den Hals einengt, verursacht.*

Da sich diese Rezeptoren in den Carotis-Arterien (Halsschlagadern) befinden, kann alles, was diesen Bereich einengt, den Reflex auslösen. Die Halsmanschetten von Trockentauchanzügen sind besonders bekannt dafür.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (a) *Wenn die Carotis-Sinus-Rezeptoren einen hohen Druck feststellen, veranlassen sie das Herz, den Herzschlag zu verlangsamen.*

Im wesentlichen wird das Gehirn getäuscht. Der Druck, den die Rezeptoren verspüren, kommt von dem durch die Kopfhaut oder den Anzug bewirkten "squeeze" -- nicht vom Blutdruck in der Arterie.

**Lernziel 2.6**

Erkläre den physiologischen Effekt eines erhöhten Kohlenmonoxyd-Pegels (einschließlich des Rauchens) auf den Taucher, und erläutere, wie dies vermieden werden kann.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Kohlenmonoxyd ist schwer festzustellen, da es geruch- und geschmacklos ist.*

Fälschlicherweise glauben manche Leute, daß Kohlenmonoxyd wie Autoabgas riecht. Dies ist nicht der Fall. Der Geruch, der von Verbrennungsmotoren erzeugt wird, ist durch die Kohlenwasserstoffemission bedingt. Kohlenmonoxyd selbst hat keinen Geruch. Obwohl der Taucher schließlich das Bewußtsein verliert, wird dies nicht durch irgendeinen sedativen, d.h. beruhigenden Effekt ausgelöst, sondern infolge einer Hypoxie. Natürlich ist Kohlenmonoxyd nicht inert (inert = chemisch inaktiv).

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (a) *Kohlenmonoxyd verbindet sich mehr als 200mal besser mit dem Hämoglobin als Sauerstoff, und das Kreislaufsystem benötigt 8-12 Stunden, um es wieder auszuscheiden.*

Die molekulare Struktur des Kohlenmonoxyd ermöglicht es ihm, daß es sich viel besser mit dem Hämoglobin verbindet als Sauerstoff - 200mal besser. Tatsächlich ist die Verbindung zwischen Kohlenmonoxyd und Hämoglobin so stark, daß es mehr als 8 Stunden dauert, bis es aus dem Blutkreislauf ausgeschieden wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (a) *Die Symptome einer Kohlenmonoxyd-Vergiftung sind in der Tiefe nicht feststellbar, weil große Mengen Sauerstoff im Blutplasma gelöst sind, die den Geweben ermöglichen, ihren Sauerstoffbedarf zu decken.*

Erinnere dich daran, daß die Gewebe den Sauerstoff auf zwei Wegen erhalten. In erster Linie werden sie von dem Sauerstoff versorgt, der vom Hämoglobin transportiert wird. Aber sie werden auch von freiem Sauerstoff versorgt, der im Plasma gelöst ist. Durch den erhöhten Partialdruck in der Tiefe kann die Menge des Sauerstoffs ausreichen, um den Sauerstoffbedarf der Gewebe zu decken. Das Kohlenmonoxyd wird dann keine spürbare Wirkung haben. Da jedoch der Partialdruck während des Aufstiegs sinkt, wird

der Sauerstoff im Hämoglobin benötigt. Wenn das Hämoglobin aber durch Kohlenmonoxyd blockiert ist, wird ungenügend Sauerstoff zu den Geweben geliefert.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (b) *Rauchen vor dem Tauchen kann den Kohlenmonoxyd-Pegel um das 3-12fache über den normalen Wert steigern, was wiederum den Sauerstofftransport und den Kohlendioxydabbau beeinträchtigt.*

Eines der hauptsächlichsten Nebenprodukte von brennenden Tabak ist Kohlenmonoxyd. Einmal im Blutkreislauf, verbindet es sich mit dem Hämoglobin und sperrt den Sauerstoff wirkungsvoll aus. Weil Hämoglobin auf dem Rückweg zur Lunge auch Kohlendioxyd transportiert, wird zusätzlich auch der Transport dieses Gases behindert. Diese gegen das Rauchen sprechende Aussage sollte jeden überzeugen - Taucher umso mehr. Rauche nicht, besonders wenn du ein/e Taucher/in bist. [Vgl. Lernziel 2.15, Nr. 3.]

**Lernziel 2.7**

Erkläre den physiologischen Vorgang der Dekompressionskrankheit, und zähle die üblichen Faktoren auf, die zu ihrem Auftreten beitragen können.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Wenn alle unsere Gewebe hauptsächlich aus Wasser bestehen, warum können sie dann nicht alle die gleiche Menge Stickstoff absorbieren?*

Obwohl unsere Gewebe hauptsächlich aus Wasser bestehen, gibt es einige wichtige Unterschiede zwischen den Geweben, welche deren Gasabsorptions-Eigenschaften beeinflussen. Erstens **haben Gewebe unterschiedliche Dichten**. Knorpelgewebe zum Beispiel, ist dichter als Haut. Dadurch wird beeinflusst, wie sich das Gas verteilt, wenn es einmal in das Gewebe gelangt ist. Zweitens ist die **Versorgung der Gewebe mit Blut unterschiedlich**. Dies bedeutet, daß Gewebe, die mit mehr Blut versorgt werden, auch mehr Gas zugeführt wird, das die Gewebe auch wieder verläßt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Weshalb tritt bei Sporttauchern die Dekompressionskrankheit eher nach dem Auftauchen als beim Aufenthalt in der Tiefe auf?*

**Blasenbildung kann nicht auftreten, solange die Gewebe nicht übersättigt sind** (d.h. bei Übersättigung enthalten die Gewebe mehr Gas, als sie beim jeweiligen Umgebungsdruck eigentlich enthalten können). **Übersättigung kann jedoch nicht auftreten, bis der Umgebungsdruck während des Aufstiegs abnimmt**. Wie uns Sättigungstaucher gezeigt haben, kann der Mensch auf unbestimmte Zeit in der

Tiefe bleiben, ohne eine Dekompressionskrankheit zu bekommen. Das Problem tritt nur auf, während wir auftauchen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. *Taucher erliegen der Dekompressionskrankheit, weil im Menschen jede Art von Übersättigung der Gewebe mit Stickstoff zu einer signifikanten Blasenbildung führt.*  
**Falsch.**

Menschen können einen gewissen Grad an Übersättigung tolerieren. Andernfalls würden wir schon beim "Erklimmen" eines Wolkenkratzers in einem Fahrstuhl oder beim Fahren auf einen Berg die "Bends" bekommen. Der entscheidende Faktor ist es, zu bestimmen, wieviel Übersättigung ohne Bildung von Stickstoffblasen unsere Gewebe tolerieren können. Das ist es, was Dekompressions-Modelle zu erklären versuchen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (d) *Die verschiedenen Faktoren, die die Anfälligkeit des Tauchers für eine Dekompressionskrankheit erhöhen, hängen hauptsächlich mit Veränderungen im Blutkreislauf zusammen.*

Zwei Faktoren beeinflussen die Gasabsorption - die Dichte der Gewebe und der Blutstrom. Wir können nur dabei helfen, *einen* von ihnen zu kontrollieren - die Menge des Blutes (den Blutkreislauf), das zu unseren Geweben kommt. Wenn du noch einmal die unterschiedlichen Faktoren betrachtest, die die Anfälligkeit beeinflussen, beachte, wie bei den meisten (zu einem gewissen Teil) der Blutkreislauf beteiligt ist: 1) verringerte Effizienz des Blutkreislaufs im Alter; 2) erhöhter Blutdruck bei Anstrengung; 3) Veränderungen des Blutkreislaufs durch den Konsum von Alkohol; 4) eine gerade überstandene Krankheit/Verletzung. Der einzige Faktor, der die Gewebedichte in Betracht zieht, ist Fettleibigkeit. Und es ist unklar, welchen Effekt dies wirklich auf Sporttaucher hat.

**Lernziel 2.8**

Definiere den Begriff "stille Blasen" im Zusammenhang mit der Dekompressionskrankheit.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Der Begriff "stille Blasen" bezieht sich auf Blasen, die so klein sind, daß sie keine Anzeichen und Symptome einer Dekompressionskrankheit verursachen.*

Der Begriff "still" bezeichnet einfach die Tatsache, daß die Blasen so klein sind, daß sie offenbar keine Symptome der Dekompressionskrankheit verursachen. Dies hat nichts mit der Möglichkeit zu tun, solche Blasen zu erkennen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. Stille Blasen können tatsächlich durch die Verwendung der Ultraschalltechnologie entdeckt werden. Ein **Doppler-Ultraschall-Detektor** vor dem Herzen ermöglicht es den Wissenschaftlern, die stillen Blasen zu "hören", wenn sie sich im venösen Kreislauf zur Lunge bewegen. Dieses Phänomen wird beim Testen von Dekompressionsmodellen und einigen Tauchtabellen/-computern als Kriterium benutzt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (c) *Es wird vermutet, daß stille Blasen durch das Vorhandensein von Gas-"Samen" (Mikro-Gaskerne) entstehen.*  
 Genau so wie Regentropfen Staubteilchen benötigen, um die sie sich bilden können, ist es eine Theorie, daß Stickstoffblasen eine Art von "Keim" benötigen. Diese Keime werden als Mikro-Bläschen bezeichnet, und ihre Entstehung ist faszinierend und umstritten. Mehr Informationen kannst du in dem eingerahmten Beitrag "Ursprung und Wachstum von Gasblasen im menschlichen Körper" auf Seite 2-22 in der *Enzyklopädie* finden.

**Lernziel 2.9**

Erkläre, weshalb Patienten mit Dekompressionskrankheit reiner Sauerstoff als Erste-Hilfe-Maßnahme verabreicht wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Warum hat die Dekompressionskrankheit beim Sporttaucher Stickstoffblasen zur Folge, und keine Sauerstoffblasen?*  
 Stickstoff ist physiologisch inert, d.h. er wird im Stoffwechselprozess nicht verwendet. Daher muß der gesamte Stickstoff, der bei einem Ansteigen des Umgebungsdrucks vom Körper absorbiert wurde, auch wieder ausgeschieden werden, wenn der Umgebungsdruck abnimmt. Bei der Dekompressionskrankheit entstehen Blasen, weil der Stickstoff nicht schnell genug entweichen kann, um gelöst zu bleiben. Sauerstoffblasen entstehen nicht, weil der Sauerstoff, den wir atmen, im Stoffwechselprozess verbraucht wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Reinen Sauerstoff zu atmen hilft einer Person mit Dekompressionskrankheit, weil er den Druckgradienten zwischen dem Druck des Stickstoffs in den Geweben und dem Druck des Stickstoffs in den Alveolen vergrößert.*  
 Von unserer Besprechung der Tauchphysik sollten wir noch wissen, daß die Differenz zwischen dem Druck in einer Flüssigkeit (Gasspannung) und dem Gas, das sie umgibt, als *Druckgradient* bezeichnet wird. Wenn dieser Zustand auftritt, wird das Gas in der Flüssigkeit und das Gas, das die Flüssigkeit umgibt, versuchen sich anzugleichen. Ein großer Druckgradient wird eine stark treibende Kraft erzeugen,

d.h. der Gasaustausch wird schnell stattfinden. Bei der Dekompressionskrankheit enthalten die Gewebe viel Stickstoff. Die Luft in den Alveolen enthält ebenfalls Stickstoff, aber weniger als die Gewebe. Als Ergebnis entsteht ein Druckgradient zwischen dem Stickstoff in den Geweben (hoch) und dem Stickstoff in der Luft, die sich in den Alveolen befindet (niedrig). Infolgedessen beginnt der Stickstoff aus den Geweben auszutreten. Wenn der Taucher jedoch statt Luft Sauerstoff atmet, wird kein - oder nur wenig - Stickstoff in den Alveolen sein. Dies wird den Druckgradienten zwischen dem Stickstoff-Pegel in den Geweben und dem Stickstoff-Pegel in den Alveolen weiter vergrößern. Das Ergebnis ist eine signifikante Erhöhung der treibenden Kraft des Stickstoffs in den Geweben, die somit bei dessen Ausscheidung hilft.

**Lernziel 2.10**

Erkläre die Ursache der Stickstoffnarkose, nenne die ungefähre Tiefe ihres Auftretens, und zähle drei übliche Anzeichen/Symptome auf.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (a) *Es wird vermutet, daß die Stickstoffnarkose durch Unterbrechungen in der Übertragung zwischen Nervenzellen entsteht.*

Obwohl es nicht ganz (auf)geklärt ist, nimmt man an, daß die Stickstoffnarkose durch eine Unterbrechung in der Übertragung von Nervenimpulsen verursacht wird. Inerte Gase - besonders wenn sie unter Druck geatmet werden - haben die Fähigkeit, diese Unterbrechung zu verursachen. Der Grad dieser Unterbrechung hängt davon ab, wie gut das Gas in Geweben, in denen "Lipoide" vorkommen (z.B. Hirnzellen), gelöst wird. Wie wir alle wissen, hat der Stickstoff unter Oberflächendruck keinerlei Wirkung. Wenn er aber unter ausreichendem Druck geatmet wird, kann er auch eine Unterbrechung in der Übertragung von Nervenimpulsen verursachen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *In welcher ungefähren Tiefe beginnen die Anzeichen und Symptome der Stickstoffnarkose aufzutreten? 30 m.*

Bei den meisten Menschen beginnen die Anzeichen/Symptome der Stickstoffnarkose bei ungefähr 30 m aufzutreten. Dies ist jedoch eine sehr individuelle Betrachtung. Viele Taucher sind diesem "Tiefenrausch" schon in viel flacheren Tiefen erlegen, insbesondere dann, wenn vor dem Tauchen Alkohol konsumiert oder Medikamente eingenommen wurden.



**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. Zähle die drei hauptsächlichsten Anzeichen/Symptome der Stickstoffnarkose auf: a) *verminderte Urteilsfähigkeit*; b) *herabgesetzte Koordinationsfähigkeit*; und c) *falsches Sicherheitsgefühl*.

Andere Anzeichen/Symptome sind seltsames Benehmen, besorgte oder unbehagliche Gefühle und ein allgemeines Mißachten der Sicherheit.

**Lernziel 2.11**

Definiere den Begriff "Barotrauma" und erläutere, wie ein solches Barotrauma in der Lunge, den Nasennebenhöhlen und den Ohren eines Tauchers, beim Aufstieg wie beim Abstieg, eintreten kann.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Der Begriff "Barotrauma" bedeutet wörtlich: "Druckverletzung".*  
 (baro = Druck, trauma = Verletzung)

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Ein übermäßig kräftiger Druckausgleich mittels der Valsalva-Methode kann, außer zu einer möglichen Beschädigung des Trommelfells, auch zum Zerreißen des runden Fensters führen.*

Während eines übermäßig kräftigen Druckausgleichs mittels der Valsalva-Methode hemmt der erhöhte Druck in der Brust den Fluß des Blutes zurück zum Herzen. Während sich das venöse Blut "staut", kommt es kurzzeitig zu einer Druckerhöhung in der "Cerebrospinal"-Flüssigkeit. (Es ist die Aufgabe des venösen Blutkreislaufs, diese Flüssigkeit, die die Nerven umgibt, zu absorbieren.) Da die "Cerebrospinal"-Flüssigkeit mit der "Perilymphe" (dies ist die Flüssigkeit, welche die Schnecke umgibt) verbunden ist, steigt auch der Druck im Innenohr an. Dieser Druckanstieg veranlaßt das runde Fenster der Schnecke, sich nach außen zu wölben. Wenn der Druck sich weiter aufbaut, kann die Wölbung bis zu einem Punkt wachsen, wo es zum Zerreißen kommt. Das ist der hauptsächlichste Grund, warum Taucher ermahnt werden, vorsichtig zu sein, wenn sie einen Druckausgleich in den Ohren mittels der Valsalva-Methode durchführen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (d) *Unter welcher der folgenden Bedingungen kann ein ernsthafter Lungen-"Squeeze" auch in flachem Wasser auftreten? Ein Schnorcheltaucher taucht mit fast leerer Lunge ab. ["squeeze", engl. = quetschen, drücken - entspricht "Barotrauma"].*

Obwohl selten vorkommend, kann ein Thorax-"Squeeze" lebensgefährlich sein. Die Mechanismen sind einfach zu verstehen, wenn du an unsere Besprechung der Tauchphysik zurückdenkst. Ein dehnbarer Behälter - wie unsere Lunge - wird, wenn er mit in die Tiefe genommen wird, durch den Druck *zusammengedrückt* ("squeezed"), was zu einer Abnahme des Volumens führt. Wenn der Behälter (die Lunge) voll ist, wird der Abstieg lediglich dessen Volumen verkleinern. Jedoch kann unsere Lunge ohne die Gefahr einer Beschädigung nicht über ihr Leervolumen (Residualvolumen) hinaus verkleinert werden. Deswegen wird, wenn nach einem kräftigen Ausatmen ein schneller Abstieg begonnen wird, schnell eine Reduzierung des Lungenvolumens unter das Residualniveau auftreten. Das kann zu schwerer Gewebsschädigung und Blutung führen.

**Lernziel 2.12**

Definiere den Begriff "Vertigo" und erkläre den Vorgang, durch den dies normalerweise bei einem Taucher auftritt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (a) "Vertigo" ist ein medizinischer Begriff, der folgendes bezeichnet: **Schwindelanfall**.

Vertigo ist definiert als ein desorientierter Zustand, in dem die Person das Gefühl hat, sich zu drehen oder zu trudeln.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) "Vertigo" kann durch \_\_\_\_\_ verursacht werden. **Alles oben genannte ist richtig.**

Verschiedene Arten eines Ohren-Squeeze können zu "Vertigo" führen. Beispiele sind: kaltes Wasser dringt als Folge eines gerissenen Trommelfells in das Mittelohr ein; eine Umkehrblockierung in einer der eustachischen Röhren erlaubt es dem einen Ohr, den Druck beim Aufstieg abzubauen, aber nicht dem anderen. Da der Gleichgewichtssinn durch das Innenohr gesteuert wird, führt eine Schädigung dieses Organs üblicherweise zu irgendeiner Form von "Vertigo". In seltenen, aber ernstesten Fällen, kann auch eine Blasenbildung, bedingt durch eine Dekompressionskrankheit, im Innenohr auftreten und zu "Vertigo" führen.

**Lernziel 2.13**

Beschreibe die Grundzüge der Anatomie des Ohres und erläutere, welche Bereiche/Bestandteile durch Druckveränderungen am meisten betroffen sind.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Schallwellen werden über die **Gehörknöchelchen** vom Außen- zum Innenohr übertragen.*

Die Gehörknöchelchen sind drei Knochen (Hammer, Amboß, Steigbügel), die auf der einen Seite an der Mittelohrmembran des Außenohrs (d.h. am Trommelfell) und auf der anderen Seite am ovalen Fenster des Innenohrs befestigt sind. Der aus dieser Anordnung der Gehörknöchelchen resultierende Vorteil besteht darin, daß sie auch die Schallwellen auf dem Wege vom Außen- zum Innenohr verstärken.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (a) *Die Bogengänge befinden sich im **Innenohr** und sind für das **Gleichgewicht** verantwortlich.*

Zusätzlich dazu, daß es uns das Hören ermöglicht, steuert das Innenohr über die Vestibular- oder Bogengänge auch den Gleichgewichtssinn. Diese "Kanäle" sind so angeordnet, daß die Bewegung der darin befindlichen Flüssigkeit vom Gehirn interpretiert werden kann, um das Gleichgewicht und die Orientierung zu bestimmen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Welcher Teil des Ohres wird von Druckänderungen am meisten betroffen? **Das Mittelohr.***

Die Bestandteile des Außenohres (Gehörgang, Ohr läppchen) sind für das Wasser frei zugänglich, und sie werden von einer Veränderung des Umgebungsdrucks nicht beeinflusst. Wie jeder luftgefüllte Hohlraum des Körpers wird das Innenohr von Veränderungen des Umgebungsdrucks beeinflusst. Obwohl das, was im Mittelohr passiert, dann wiederum das Innenohr beeinflussen kann, wird das Innenohr selbst nicht direkt von Veränderungen des Umgebungsdrucks beeinflusst, da es flüssigkeitsgefüllt ist.

**Lernziel 2.14**

Vergleiche die verschiedenen Anzeichen/Symptome der Dekompressionskrankheit und der Luftembolie, und stelle die Unterschiede heraus.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Ein Symptom der Luftembolie kann **plötzliche Bewußtlosigkeit** sein, während Symptome der Dekompressionskrankheit **Schmerzen in den Gelenken und Ermüdung** sein können.*

Bei der Luftembolie entweichen die Luftblasen direkt in die Lungenvene, werden zum Herz transportiert und dann - höchstwahrscheinlich - zum Gehirn. Die Blasen dehnen sich während des Aufstiegs aus, und wenn sie zu groß geworden sind, um die Blutgefäße zu passieren, blockieren sie schließlich den Blutstrom zu den betroffenen Arterien.

Ähnlich wie bei einem Schlaganfall unterbricht diese Blockade den lebenswichtigen Blutstrom zum Gehirn, was gewöhnlich fast unmittelbar zu Bewußtlosigkeit führt. Das Husten von blutigen Schaum ist tatsächlich kein sehr typisches Zeichen. Andererseits ist die Dekompressionskrankheit das Ergebnis einer Stickstoffausscheidung, die so schnell auftritt - bedingt durch eine Verringerung des Umgebungsdrucks -, daß der Stickstoff aus dem gelösten Zustand kommt und Blasen bildet. Dieser Zustand tritt nicht sofort auf, sondern eher mit der Zeit (es dauert gewöhnlich 30 Minuten oder länger). Obwohl es nicht ganz (auf)geklärt ist, glauben viele, daß Gelenkschmerzen die Folge einer "extravascularen", d.h. außerhalb der Gefäße auftretenden Blasenbildung in den Bändern und Sehnen der Gelenke sind.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) *Bei der Angabe der Stelle, an der das Symptom auftritt, wird die Luftembolie durch das Betroffensein von **nur einer Körperseite** charakterisiert, wohingegen die Dekompressionskrankheit durch das Betroffensein **beider Körperseiten, entweder Ober- oder Unterkörper**, charakterisiert wird.*

Die Luftembolie ähnelt häufig einem Schlaganfall - die ganze rechte oder linke Seite des Körpers ist beeinflusst, je nachdem welche Seite des Gehirns betroffen ist. (Die rechte Gehirnseite steuert die motorische Koordination der linken Körperseite und umgekehrt). Deswegen zeigen sich die Symptome der Luftembolie ebenso. Bei der Dekompressionskrankheit ähneln die Symptome eher einer Lähmung, besonders wenn das zentrale Nervensystem betroffen ist. In diesem Fall sind beide Seiten des Körpers - Ober- oder Unterkörper - betroffen, je nachdem, in welchem Bereich der Wirbelsäule die Störung durch die Blasen aufgetreten ist.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (a) *Bei der Beschreibung der Veränderung der Symptome wird die Luftembolie dadurch charakterisiert, daß die Symptome **dazu neigen, sich als Folge der Ersten Hilfe zu verbessern**, wohingegen die Dekompressionskrankheit dadurch charakterisiert wird, daß normalerweise **keine Veränderung oder Verschlechterung des Zustands erfolgt**.*

In Fällen einer Embolie zeigt das Opfer häufig eine Verbesserung, nachdem es gegen Schock behandelt wurde und begonnen hat, reinen Sauerstoff zu atmen. In Fällen einer Dekompressionskrankheit braucht der Zustand Zeit, sich zu entwickeln, und deswegen braucht er auch Zeit - und eine "aggressive" Behandlung - um sich zu bessern. Sofortige Erste-Hilfe-Maßnahmen tendieren dazu, wenig Auswirkung auf das Wachstum der Blasen zu haben. Häufig zeigen die Symptome keine Verbesserung als Ergebnis der Ersten Hilfe. (Vgl. jedoch Lernziel 2.9, Nr. 2.)

**Lernziel 2.15**

Nenne die schwerstwiegende Form einer Lungenüberdehnungsverletzung beim Tauchen und erläutere, wie sie auftritt und welche Faktoren ihr Auftreten beeinflussen können.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

- 1.(c) *Die schwerstwiegende Form einer Lungenüberdehnungsverletzung ist eine **Luftembolie**, weil **Luftblasen in den arteriellen Blutkreislauf eindringen**.*

Obwohl alle Formen von Lungenüberdehnungsverletzungen ernst sind, ist die Luftembolie offensichtlich die ernsthafteste. In diesem Fall gelangen Luftblasen in den arteriellen Blutkreislauf und blockieren - ähnlich wie bei einem Schlaganfall - den Blutstrom. Die Sache noch verschlimmernd, wandern die Blasen gewöhnlich zum Gehirn; und in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Physik vergrößern sich die Blasen weiter, solange der Taucher aufsteigt. Keine andere Lungenüberdehnungsverletzung hat solche unmittelbar lebensbedrohende Folgen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Erkläre, wie eine Lungenüberdehnungsverletzung selbst bei einem Taucher auftreten kann, der normal atmet.*

Jede Behinderung, die ein normales Entweichen der Luft aus der Lunge verhindert, kann zu einem Überdruck führen. Solche Behinderungen können aus verschiedenen Gründen auftreten. Obwohl der Taucher normal atmen kann, können Behinderungen (Obstruktionen / Verlegungen) tief in der Lunge verhindern, daß die Luft entweicht. Verschiedene Krankheiten wie Asthma und andere Störungen der Lungenfunktion können diese Behinderungen verursachen. Ein häufigerer Grund für Behinderungen in der Lunge bei Tauchern sind jedoch solche, die durch das Rauchen verursacht werden oder beim Tauchen nach einer schweren Erkältung mit Bronchitis entstehen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *"Surfactant" ist eine Substanz, die die inneren Oberflächen der **Bronchien und Alveolen** auskleidet und zu verhindern hilft, daß sie **zusammenfallen**.*

Durch die Größe und Struktur der Lunge tendieren die Bronchien und Alveolen dazu, beim Ausatmen zusammenzufallen. Um diese Strukturen vor einem bleibenden Verschuß, wenn sie einmal zusammenfallen, zu bewahren, sind die Wände der Bronchien und Alveolen mit einem Schutzfilm überzogen, der als "Surfactant" bezeichnet wird. Eine weitere Gefahr des Rauchens besteht darin, daß dadurch dieser Schutzfilm zerstört wird und dies das sich-wieder-Öffnen der Bronchien und Alveolen hemmt. (Vgl. auch Kapitel Vier, Lernziel 4.11, Frage 1.)

# Kapitelanalyse

Ermittle alle Punkte aus diesem Lösungsteil, die als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" markiert sind. Diese Punkte stellen wichtige Informationen oder Zusammenhänge dar, die du noch nicht richtig verstanden hast. Markiere unten alle Lernziele, die einen Punkt enthalten, den du als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" gekennzeichnet hast. Diesen Abschnitt durcharbeiten, ist ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung deines Verständnisses für physiologische Zusammenhänge, die für das Sporttauchen von Bedeutung sind.

	Sicher gewußt	Erraten	Summe
<b>Richtige Antworten</b>			

	Einfacher Fehler	Wissenslücke	Summe
<b>Falsche Antworten</b>			

## Zu überarbeitende Lernziele:

- |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 2.1  | <input type="checkbox"/> 2.2  | <input type="checkbox"/> 2.3  | <input type="checkbox"/> 2.4  | <input type="checkbox"/> 2.5  | <input type="checkbox"/> 2.6  |
| <input type="checkbox"/> 2.7  | <input type="checkbox"/> 2.8  | <input type="checkbox"/> 2.9  | <input type="checkbox"/> 2.10 | <input type="checkbox"/> 2.11 | <input type="checkbox"/> 2.12 |
| <input type="checkbox"/> 2.13 | <input type="checkbox"/> 2.14 | <input type="checkbox"/> 2.15 |                               |                               |                               |



# Kapitel Drei

## Tauchausrüstung

Sporttauchen ist eine ausrüstungsintensive Aktivität. Deswegen kannst du, ohne umfassende Kenntnisse auch in diesem wichtigen Sachgebiet, dein Wissen über Tauchtheorie nicht als vollständig betrachten. Die Ausrüstung, die von Tauchern benutzt wird, variiert von Gegenständen, die das Tauchen angenehm machen, wie Unterwasserlampen und Tauchermesser, über so wesentliche Teile wie Tauchanzüge und Tarierungsjackets, bis hin zu hochentwickelten, lebensnotwendigen Systemen wie Preßluftflaschen und Lungenautomaten. Der ständig wachsende Einsatz der Computertechnologie beim Design moderner Tauchausrüstung kompliziert das Bild immer mehr.

Unglücklicherweise sind viele Taucher/innen durch diese scheinbare Komplexität unwillig, mehr über ihre Ausrüstung zu lernen, weil sie glauben, sie seien nicht "technisch begabt". Dies ist ein Mißverständnis. Du brauchst kein Reparaturtechniker oder Entwicklungsingenieur zu sein, um die Funktionsweise moderner Sporttauchausrüstung zu verstehen. Die Grundlagen sind tatsächlich sehr einfach, wobei es wichtig ist, daß du die Zusammenhänge verstehst, wie die Tauchausrüstung funktioniert, und nicht die technischen Details. Das ist der Sinn dieses Kapitels - dir ein Verständnis für die Zusammenhänge der Tauchausrüstung zu geben. Auch wenn du vielleicht Schwierigkeiten hast, einen Autoreifen zu wechseln, wirst du die in diesem Kapitel besprochenen Zusammenhänge als einfach und unkompliziert empfinden.

### Lernziel 3.1

Erkläre die Bedeutung aller gesetzlich vorgeschriebenen Markierungen auf einer Preßluftflasche, einschließlich: Materialbezeichnung, Datum der Druckprüfung, Fülldruck und Prüfdruck.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Entzifferung der Markierungen auf der Flaschenschulter"

### Übungen:

1. Welche der folgenden Markierungen einer U.S.-Preßluftflasche bezeichnet das Material, das bei der Herstellung der Flasche verwendet wurde?
  - a. 3AL
  - b. 7@89
  - c. 675432
  - d. 3000



2. Welche der folgenden Markierungen auf einer U.S.-Preßluftflasche bezeichnet das Datum der hydrostatischen Druckprüfung?
- a. 3AL
  - b. 7@89
  - c. 675432
  - d. 3000
3. Die (+)-Markierung, die auf \_\_\_\_\_-Flaschen in USA erscheint, bedeutet, daß die Flasche bis zu \_\_\_\_\_ über ihren Fülldruck gefüllt werden darf.
- a. Stahl / 15 %
  - b. Aluminium / 10 %
  - c. Stahl- und Aluminium / 10 %
  - d. Stahl / 10 %

**Hinweis:** Die Markierungen auf den Flaschen variieren von Land zu Land. Du kannst von deinem PADI Tauchcenter oder Tauchlehrer mehr über die Flaschenmarkierungen in deinem Land erfahren.

### Lernziel 3.2

Stelle die Unterschiede zwischen Stahl- und Aluminium-Preßluftflaschen bezüglich der Korrosionsproblematik dar, und berechne das Fassungsvermögen von Preßluftflaschen mit unterschiedlichem Druck und Volumen.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Die Unterschiede zwischen Stahl- und Aluminiumflaschen"

### Übungen:

1. Eine 8-l-Flasche wird mit 300 bar, und eine 12-l-Flasche wird mit 175 bar gefüllt. Welche Flasche enthält die größere Luftmenge?
- a. Die 8-l-Flasche.
  - b. Die 12-l-Flasche.
  - c. Beide enthalten die gleiche Luftmenge.
  - d. Die Antwort kann mit den gegebenen Daten nicht erfolgen.
2. Aluminiumflaschen wurden eingeführt, weil Aluminium ein stabileres Metall ist und einen höheren Fülldruck ermöglicht als Stahl.
- Richtig                       Falsch

**Lernziel 3.3**

Erkläre den Zweck eines Ventils mit Reserveschaltung und wie es arbeitet.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Ventiltypen"

**Übungen:**

- Das Ventil mit Reserveschaltung wurde entwickelt, um:
  - a. die Zuverlässigkeit der Ventilmechanik zu erhöhen.
  - b. zu verhindern, daß die Flasche platzt, wenn sie stark überfüllt wird.
  - c. den Taucher zu warnen, wenn die Luft zu Ende geht.
  - d. Alles oben genannte ist richtig.
  
- Eine Preßluftflasche, die mit einem Ventil mit Reserveschaltung ausgerüstet ist, ist in der Lage, 20 - 40 bar mehr Luft aufzunehmen, als eine Flasche ohne ein solches Ventil.
  - Richtig
  - Falsch

**Lernziel 3.4**

Erkläre das in USA geläufige "burst-disk"-Sicherheitsventil und sein Funktionsprinzip, das verhindert, daß eine Preßluftflasche durch Überdruck explodiert.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Berstscheibe"

**Übungen:**

- Um zu verhindern, daß eine Preßluftflasche bedingt durch Überdruck platzt, ist in den USA eine Berstscheibe in \_\_\_\_\_ eingebaut, welche so ausgelegt ist, daß sie platzt, wenn der Flaschendruck mehr als \_\_\_\_\_ über den Arbeitsdruck der Flasche ansteigt.
  - a. den Lungenautomaten / 200 %
  - b. den Flaschenhals / 225 %
  - c. das Ventil / 140 %
  - d. das Finimeter / 125 %

2. Warum ist es wichtig, daß eine Berstscheibe regelmäßig ausgetauscht wird?

---

---

---

---

3. Was ist der hauptsächliche Vorteil des neueren Typs der Berstscheibe, der die Luft nach beiden Seiten entweichen läßt, statt direkt hinaus?

---

---

---

---

**Lernziel 3.5**

Erkläre, welchen Effekt extreme Hitze auf die Materialstruktur einer Preßluftflasche hat, und was zu tun ist, wenn eine Preßluftflasche solchen Umständen ausgesetzt war.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Pflege und Wartung von Preßluftflaschen"

**Übungen:**

1. Erkläre warum es wichtig ist, jedes Verfahren zu vermeiden, das beim Streichen oder Umlackieren einer Preßluftflasche eine Wärmebehandlung beinhaltet.

---

---

---

---

2. Um die Unversehrtheit der Materialstruktur einer Preßluftflasche zu gewährleisten, sollte sie immer \_\_\_\_\_ werden, wenn sie \_\_\_\_\_.

- a. zerstört / ein Alter von 20 Jahren erreicht hat
- b. hydrostatisch druckgeprüft / einer Temperatur von mehr als 82° Celsius ausgesetzt war
- c. visuell überprüft / mehr als zwei Jahre nicht in Gebrauch war
- d. Alles oben genannte ist richtig.

### Lernziel 3.6

Erkläre, wie die Druckprüfung von Preßluftflaschen erfolgt, und unter welchem Druck diese Prüfungen durchgeführt werden.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Regelmässige Inspektion und Prüfung"

#### Übungen:

1. Während der hydrostatischen Druckprüfung wird die Preßluftflasche in einen mit Wasser gefüllten Behälter gestellt. Die Flasche wird danach mit Preßluft gefüllt, und die eintretende Ausdehnung der Flasche wird durch die dadurch verdrängte Wassermenge bestimmt.  
 Richtig                       Falsch
2. Mit welchem Druck wird eine Preßluftflasche bei der Druckprüfung in Deutschland gefüllt?  
 a. 340 bar  
 b. 200 % des Fülldrucks  
 c. 150 % des Fülldrucks  
 d. Der genaue Druck hängt von der Reaktion der Flasche ab, nachdem sie unter Druck gesetzt wurde.

**Hinweis:** Die hydrostatischen Prüfverfahren variieren von Land zu Land. Du kannst von deinem PADI Tauchcenter oder Tauchlehrer mehr über die Prüfprozeduren in deinem Land erfahren.

### Lernziel 3.7

Zähle mindestens drei Gründe auf, warum Preßluftflaschen jährlich visuell überprüft werden sollten.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Regelmässige Inspektion und Prüfung"

#### Übungen:

1. Unter welchen Umständen sollte eine Preßluftflasche visuell überprüft werden?  
 a. Wenn man loses Material in der Flasche umherfallen hört.  
 b. Wenn rote oder grüne Ablagerungen am Filter der ersten Stufe des Lungenautomaten zu sehen sind.  
 c. Einmal pro Jahr, auch wenn die Flasche in gutem Zustand zu sein scheint.  
 d. Alles oben genannte ist richtig.

2. Zähle drei Gründe auf, weshalb eine visuelle Überprüfung einer Preßluftflasche durchgeführt wird:

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

**Lernziel 3.8**

Erkläre die Bezeichnung "Lungenautomat mit offenem Kreislauf", und beschreibe, welche Vorteile diese Bauweise gegenüber anderen Bauweisen hat.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Lungenautomaten"

**Übungen:**

1. Die Bezeichnung "offener Kreislauf" bezieht sich auf die Tatsache, daß:

- a. die Luftlieferleistung des Lungenautomaten mit Hilfe eines elektrischen Kreislaufgeräts getestet wird.
- b. der Lungenautomat aus nicht-magnetischem Material hergestellt wird.
- c. die ausgeatmete Luft direkt ins Wasser abgegeben wird.
- d. Alles oben genannte ist richtig.

2. Der Begriff "bedarfsabhängiges Ventil" bezieht sich auf die Tatsache, das der Lungenautomat \_\_\_\_\_ Luft liefert.

- a. wenn eingeatmet und wenn ausgeatmet wird
- b. nur wenn eingeatmet wird
- c. nur wenn ausgeatmet wird
- d. mit einem konstanten Fluß unabhängig von der Atemanstrengung

3. Nenne drei wesentliche Vorteile eines bedarfsabhängigen Lungenautomaten mit offenem Kreislauf.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

**Lernziel 3.9**

Zähle die Hauptbestandteile der ersten und zweiten Stufe eines Lungenautomaten auf, und erkläre deren allgemeine Funktion.

**Quelle:**

- Enzyklopädie, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Lungenautomaten"
- PADI *Rescue Diver Manual*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Vertraut sein mit Ausrüstung"

**Übungen:**

1. Erkläre die grundlegende Funktion der ersten Stufe eines Lungenautomaten.

---

---

---

---

2. Erkläre die grundlegende Funktion der zweiten Stufe eines Lungenautomaten.

---

---

---

---

3. Nenne zwei Vorteile eines DIN-Anschlusses gegenüber dem in USA üblichen Bügelanschluß.

a. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

4. Ein Pilotventil weist auf eine Bauform der zweiten Stufe hin, welche:

- a. ein kleines Ventil benutzt, um das Öffnen des Hauptventils zu unterstützen.
- b. den Luftstrom direkter zum Taucher leitet.
- c. die Verwendung einer Ultra-Hochdruckflasche verlangt.
- d. Alles oben genannte ist richtig.

**Lernziel 3.10**

Definiere die Bezeichnung "fail-safe"-Bauweise im Bezug auf Lungenautomaten und erkläre, wie dieses Prinzip im Falle einer Fehlfunktion des Lungenautomaten arbeitet.

**Quelle:**

- Enzyklopädie, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Optionen der zweiten Stufe"

**Übungen:**

1. "Fail-safe" bezieht sich auf die Tendenz eines Lungenautomaten \_\_\_\_\_, bedingt durch den Einsatz eines \_\_\_\_\_-Ventils in der zweiten Stufe.

- a. zum leichten Atmen / offenen Kreislauf
- b. zum Abblasen / "Downstream"
- c. zum leichten Atmen / geschlossenen Kreislauf
- d. zum Abblasen / "Upstream"

2. Was ist der hauptsächliche Vorteil der "fail-safe"-Bauweise?

---

---

---

---

**Lernziel 3.11**

Definiere den Begriff "Gefrierschutzkappe", und erkläre, was dieses Teil verhindern soll.

**Quelle:**

- Enzyklopädie, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Optionen der ersten Stufe"

**Übungen:**

1. Eine Gefrierschutzkappe hat die Funktion:

- a. zu verhindern, daß Wasser direkten Kontakt zum Kolben oder der Membran der ersten Stufe hat.
- b. zu verhindern, daß Wasser direkten Kontakt zum Kolben oder der Membran der zweiten Stufe hat.
- c. die Temperatur in der ersten Stufe zu erhöhen.
- d. eine stärkere Turbulenz im Luftstrom der ersten Stufe zu bewirken.

2. Nenne zwei Vorteile der Gefrierschutzkappe in der ersten Stufe.

- a. \_\_\_\_\_  
 b. \_\_\_\_\_

**Lernziel 3.12**

Erkläre die Begriffe "balanciert", "unbalanciert", "upstream" und "downstream" im Zusammenhang mit Lungenautomaten.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Die Unterschiede zwischen balancierten und unbalancierten ersten Stufen"

**Übungen:**

1. Ein Ventil, das sich in Richtung des Luftstroms öffnet, wird als \_\_\_\_\_ bezeichnet, während ein Ventil, das sich entgegen der Richtung des Luftstroms öffnet, als \_\_\_\_\_ bezeichnet wird.

- a. offener Kreislauf / geschlossener Kreislauf
- b. geschlossener Kreislauf / offener Kreislauf
- c. "Upstream"-Ventil / "Downstream"-Ventil
- d. "Downstream"-Ventil / "Upstream"-Ventil

2. Der Hauptvorteil einer balancierten ersten Stufe gegenüber einer unbalancierten besteht darin, daß:

- a. man in größerer Tiefe, sogar bei niedrigem Flaschendruck, leichter atmen kann.
- b. sie eine größere Luftlieferleistung hat.
- c. damit ein zweiter Taucher besser mit dem Oktopus versorgt werden kann.
- d. Alles oben genannte ist richtig.

**Lernziel 3.13**

Erkläre die korrekten Verfahren für den Gebrauch von Tauchcomputern im Buddy-Team.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Die praktischen Aspekte des Gebrauchs von Tauchcomputern"
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Tauchcomputer"



### Übungen:

1. Zwei Taucher können einen einzigen Tauchcomputer gemeinsam benutzen, vorausgesetzt, daß sie darauf achten zusammenzubleiben und exakt das gleiche Profil zu tauchen.  
 Richtig                       Falsch
  
2. Ein Buddy-Team verläßt das Wasser. Jeder der Taucher benutzt einen Tauchcomputer. Nach einer kurzen Oberflächenpause planen sie einen weiteren Tauchgang auf 18 m Tiefe. Der eine Computer erlaubt hierfür 38 Minuten Grundzeit, der andere nur 32 Minuten. Wie sollten sie, basierend auf diesen Informationen, ihren Tauchgang planen?
  - a. Eine maximale Grundzeit von 38 Minuten planen, weil Tauchcomputer mit Absicht konservativer konstruiert sind als Tauchtabellen.
  - b. Eine maximale Grundzeit von 32 Minuten planen, weil Tauchcomputer mit Absicht konservativer konstruiert sind als Tauchtabellen.
  - c. Eine maximale Grundzeit von 38 Minuten planen, aber sicherstellen, daß vor dem Auftauchen ein Sicherheitsstop gemacht wird.
  - d. Eine Grundzeit von etwas weniger als 32 Minuten planen und vor dem Auftauchen einen Sicherheitsstop machen.

#### Lernziel 3.14

Nenne den Tiefenmessertyp, bei dem eine Anpassung für das Tauchen in größerer Höhe automatisch erfolgt.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Drei, unter dem Untertitel "Tiefenmesser"

### Übungen:

1. Ein Kapillar-Tiefenmesser funktioniert durch Verwendung:
  - a. eines einfachen Systems von druckempfindlichen Zahnrädern.
  - b. eines mechanischen Druckwandlers.
  - c. des Gesetzes von Boyle-Mariotte.
  - d. des Archimedischen Prinzips.
  
2. Während eines Tauchgangs in einem Bergsee in einer Höhe von 3000 m überprüft ein Taucher seine Tiefe. Er benutzt einen Kapillar-Tiefenmesser, der eine Tiefe von 14 m anzeigt. Wenn er tatsächlich von da aus, wo er sich befindet, die geradlinige Entfernung zur Oberfläche messen würde, so würde er feststellen, daß er:
  - a. genau 14 m unter der Oberfläche ist.
  - b. tatsächlich mehr als 14 m unter der Oberfläche ist.
  - c. tatsächlich weniger als 14 m unter der Oberfläche ist.
  - d. Die Antwort kann mit den gegebenen Daten nicht erfolgen.

**Lernziel 3.15**

Nenne mindestens drei ausrüstungsbezogene Gründe, weshalb Taucher es vermeiden sollten, an die Nullzeitgrenzen zu gehen.

**Quelle:**

- Enzyklopädie, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Verfahrensweisen beim Tieftauchen"

**Übungen:**

1. Bezogen auf die Tauchausrüstung ist es vernünftig, die maximalen Grenzen von Tauchtabellen zu vermeiden, weil:
  - a. Tauchtabellen ungenau sind.
  - b. es schwierig ist, Tauchtabellen unter Wasser abzulesen.
  - c. Tiefenmesser Fehlfunktionen haben und/oder falsch abgelesen werden können.
  - d. man ansonsten leichter eine Stickstoffnarkose bekommen kann.
2. Welche speziellen Überlegungen sind, bezogen auf die Ausrüstung, bei der Planung eines Tieftauchgangs wichtig?
  - a. Der Taucher wird seine Luft schneller verbrauchen als bei einem flacheren Tauchgang.
  - b. Das Atmen wird schwieriger werden als bei einem flacheren Tauchgang.
  - c. Der Taucher kann Schwierigkeiten bei der Kontrolle seines Abstiegs/Aufstiegs haben.
  - d. Alles oben genannte ist richtig.



# Kapitel Drei

## Lösungen

### Lernziel 3.1

Erkläre die Bedeutung aller gesetzlich vorgeschriebenen Markierungen auf einer Preßluftflasche, einschließlich: Materialbezeichnung, Datum der Druckprüfung, Fülldruck und Prüfdruck.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (a) *Welche der folgenden Markierungen einer U.S.-Preßluftflasche bezeichnet das Material, das bei der Herstellung der Flasche verwendet wurde? 3AL.*

Die Bezeichnung 3AL bedeutet, daß die Flasche aus einer Aluminiumlegierung hergestellt wurde, die vom U.S. Department of Transportation (DOT) zugelassen ist. (Aluminium-Flaschen, die vor dem 1. Juli 1982 hergestellt wurden, haben eine andere Bezeichnung). Die Bezeichnung 3AA bedeutet, daß die Flasche aus einer zugelassenen Legierung von Chrom-Molybdän-Stahl hergestellt wurde. 3A würde eine ältere Kohlenstoff-Stahl-Legierung bezeichnen, die korrosionsanfälliger ist.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. (b) *Welche der folgenden Markierungen auf einer U.S.-Preßluftflasche bezeichnet das Datum der hydrostatischen Druckprüfung? 7@89.*

Diese Markierung bedeutet, daß die Flasche im Juli (dem 7. Monat) 1989 einer hydrostatischen Druckprüfung unterzogen wurde. Das @ ist ein beim U.S. Department of Transportation (DOT) registriertes Zeichen, mit dem die Prüfstelle identifiziert werden kann. In den USA ist diese Prüfung mindestens alle fünf Jahre gesetzlich vorgeschrieben. Die Anforderungen variieren außerhalb der USA.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

3. (d) *Die (+)-Markierung, die auf Stahl-Flaschen in USA erscheint, bedeutet, daß die Flasche bis zu 10 % über ihren Fülldruck gefüllt werden darf.*

Diese Markierung ist nur während des Zeitraums der ersten hydrostatischen Druckprüfung gültig, falls nicht ein (+) auch nach einem folgenden Prüfzeichen erscheint. In anderen Ländern ist diese 10 %-Überfüllung nicht erlaubt.

**Hinweis:** Die Markierungen auf den Flaschen variieren von Land zu Land. Du kannst von deinem PADI Tauchcenter oder Tauchlehrer mehr über die Flaschenmarkierungen in deinem Land erfahren.

### Lernziel 3.2

Stelle die Unterschiede zwischen Stahl- und Aluminium-Preßluftflaschen bezüglich der Korrosionsproblematik dar, und berechne das Fassungsvermögen von Preßluftflaschen mit unterschiedlichem Druck und Volumen.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (a) *Eine 8-l-Flasche wird mit 300 bar, und eine 12-l-Flasche wird mit 175 bar gefüllt. Welche Flasche enthält die größere Luftmenge? **Die 8-l-Flasche.***

Die Flaschengröße wird anhand des inneren Volumens gemessen (wie beim Benzintank eines Autos), d.h. eine 8-l-Flasche enthält 8 Liter Preßluft. Um die Kapazität der Flasche zu ermitteln, multiplizieren wir einfach das Volumen mit dem Druck. Die Antwort zeigt uns, welche Luftmenge in der Flasche enthalten ist. In dieser Frage enthält die 8-l-Flasche 2400 bar l ( $8 \text{ l} \times 300 \text{ bar} = 2400 \text{ bar l}$ ). Die 12-l-Flasche enthält 2100 bar l ( $12 \text{ l} \times 175 \text{ bar} = 2100 \text{ bar l}$ ).

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. *Aluminiumflaschen wurden eingeführt, weil Aluminium ein stabileres Metall ist und einen höheren Fülldruck ermöglicht als Stahl. **Falsch.***

Der Grund, warum Aluminium eingeführt wurde, ist seine Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion und nicht seine Stabilität.

### Lernziel 3.3

Erkläre den Zweck eines Ventils mit Reserveschaltung und wie es arbeitet.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (c) *Das Ventil mit Reserveschaltung wurde entwickelt, um **den Taucher zu warnen, wenn die Luft zu Ende geht.***

Das Ventil mit Reserveschaltung, welches früher als der Finimeter auf den Markt kam, ist eine mechanische Warneinrichtung, die den Taucher darauf aufmerksam macht, daß die Luft in der Flasche zu Ende geht. Bei ungefähr 20 - 40 bar (abhängig von der Federspannung) erlaubt der reduzierte Luftdruck einem Federmechanismus, den Luftstrom langsam zu unterbrechen und den Taucher damit zu warnen, daß nur noch wenig Luft vorhanden ist. Durch die Aktivierung des Ventils - üblicherweise durch das Ziehen eines Hebels in die

untere Position - wird der Mechanismus freigegeben und der normale Luftstrom wieder hergestellt. Mit dem Erscheinen des Finimeters begannen die Ventile mit Reserveschaltung zu verschwinden. Tatsächlich schalten viele Taucher, die ein solches Ventil benutzen, dieses dadurch aus, daß sie es in der unteren Position belassen. Sei übrigens vorsichtig, wenn du eine Flasche, die mit einem Ventil mit Reserveschaltung ausgerüstet ist, füllst. Einige werden nicht ganz gefüllt, andere können überhaupt nicht gefüllt werden, wenn sich das Ventil in der oberen Position befindet.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. *Eine Preßluftflasche, die mit einem Ventil mit Reserveschaltung ausgerüstet ist, ist in der Lage, 20 - 40 bar mehr Luft aufzunehmen, als eine Flasche ohne ein solches Ventil.*  
**Falsch.**

Eine Flasche ist eine Flasche; und sie hat ein bestimmtes Fassungsvermögen, unabhängig davon, welcher Typ Ventil verwendet wird. Wie in der vorhergehenden Antwort bereits erklärt wurde, warnt das Ventil mit Reserveschaltung lediglich den Taucher, daß nur noch wenig Luft in der Flasche ist. Ein einfaches Ventil, welches lediglich ein "Auf/Zu"-Ventil ist, tut dies nicht.

**Lernziel 3.4**

Erkläre das in USA geläufige "burst-disk"-Sicherheitsventil und sein Funktionsprinzip, das verhindert, daß eine Preßluftflasche durch Überdruck explodiert.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

- 1.(c) *Um zu verhindern, daß eine Preßluftflasche bedingt durch Überdruck platzt, ist in den USA eine Berstscheibe in **das Ventil** eingebaut, welche so ausgelegt ist, daß sie platzt, wenn der Flaschendruck mehr als **140 %** über den Arbeitsdruck der Flasche ansteigt.*

Die Berstscheibe ist so in das Ventil eingebaut, daß, wenn jemand die Flasche auf dem Rücken hat, der Druck vom Kopf der Person weggeleitet wird, falls die Berstscheibe platzen ("bersten") sollte. Das Ersetzen der Scheibe sollte immer von einem geschulten Fachmann durchgeführt werden, um zu verhindern, daß eine falsche Scheibe eingebaut wird. Eine Berstscheibe für eine Aluminiumflasche ist so ausgelegt, daß sie nicht vor Erreichen eines Drucks von etwa 285 bar platzt. Das ist mehr als der hydrostatische Prüfdruck für die meisten Stahlflaschen in USA! Das Ergebnis einer Verwechslung von Berstscheiben könnte katastrophal sein.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Warum ist es wichtig, daß eine Berstscheibe regelmäßig ausgetauscht wird?*

Durch das dauernde Füllen und Entleeren der Flasche wird die Berstscheibe ständig belastet. Tatsächlich sind die Berstscheiben immer verbogen oder "gekräuselt", wenn sie während der regelmäßigen Wartung des Ventils ausgetauscht werden. Weil dies dazu führt, daß das Metall ermüdet, kann die Scheibe weit unter ihrem Nenndruck platzen. Deswegen sollte die Berstscheibe mindestens einmal im Jahr ausgetauscht werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. *Was ist der hauptsächliche Vorteil des neueren Typs der Berstscheibe, der die Luft nach beiden Seiten entweichen läßt, statt direkt hinaus?*

Ältere Berstscheiben-Einsätze erlauben es der Luft, die aus der Flasche entweicht, direkt auszutreten (der Luftstrom wird senkrecht aus dem Flaschenventil geführt). Wenn die Scheibe platzt, kann diese Konstruktion dazu führen, daß die Flasche anfängt sich zu drehen - und manchmal außer Kontrolle zu geraten. Bei den neueren Einsätzen ist die Öffnung so ausgelegt, daß die Luft in einem 90°-Winkel abströmt, um die Möglichkeit einer Drehung zu verhindern. Sei - beim Tauchen mit U.S.-Preßluftflaschen - sicher, daß deine Flasche mit dem neuen Typ ausgestattet ist. Wenn nicht, lasse ihn austauschen.

**Lernziel 3.5**

Erkläre, welchen Effekt extreme Hitze auf die Materialstruktur einer Preßluftflasche hat, und was zu tun ist, wenn eine Preßluftflasche solchen Umständen ausgesetzt war.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Erkläre warum es wichtig ist, jedes Verfahren zu vermeiden, das beim Streichen oder Umlackieren einer Preßluftflasche eine Wärmebehandlung beinhaltet.*

Die Molekularstruktur von Metall kann durch den Einsatz von Wärme leicht verändert werden. Eine typische Veränderung ist, daß das Metall spröder wird und dadurch weniger widerstandsfähig gegenüber dem ständigem Ausdehnen und Entspannen ist. Einige Lackierungsverfahren - welche nicht für Preßluftflaschen bestimmt sind - benutzen Wärme als Teil des Prozesses. Wenn Preßluftflaschen einer Temperatur von mehr als 82 °C ausgesetzt werden, kann das Material seine Elastizität verlieren. Deswegen kann eine Preßluftflasche, besonders beim Ausdehnen während des

Füllens, platzen. Einige ernsthafte Verletzungen, darunter mindestens ein Todesfall (in den USA), wurden durch explodierende Flaschen beim Füllen nach einer Wärmebehandlung verursacht. Verwende niemals irgendeine Form der Wärmebehandlung, um deine Flasche neu zu streichen / zu lackieren!

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Um die Unversehrtheit der Materialstruktur einer Preßluftflasche zu gewährleisten, sollte sie immer hydrostatisch druckgeprüft werden, wenn sie einer Temperatur von mehr als 82° Celsius ausgesetzt war.*

Die Auswirkungen von Wärme wurden in der vorhergehenden Antwort erläutert. Das Alter einer Flasche ist an und für sich kein Faktor. Viele Flaschen sind älter als 20 Jahre und heute noch in Gebrauch. Ältere Flaschen sind O.K., solange ihre Materialstruktur O.K. ist. Jedoch sollte eine Flasche, die länger als zwei Jahre nicht benutzt wurde, nicht nur visuell überprüft werden; sie sollte auch hydrostatisch druckgeprüft werden. Dies ist der einzige Weg, die Unversehrtheit der Materialstruktur zu bestätigen.

**Lernziel 3.6**

Erkläre, wie die Druckprüfung von Preßluftflaschen erfolgt, und unter welchem Druck diese Prüfungen durchgeführt werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Während der hydrostatischen Druckprüfung wird die Preßluftflasche in einen mit Wasser gefüllten Behälter gestellt. Die Flasche wird danach mit Preßluft gefüllt, und die eintretende Ausdehnung der Flasche wird durch die dadurch verdrängte Wassermenge bestimmt. Falsch.*

Während der hydrostatischen Druckprüfung in USA wird die Preßluftflasche in einen mit Wasser gefüllten Behälter gestellt. Dann wird die Flasche mit Wasser gefüllt, da dieses sicherer, einfacher und billiger auf Überdruck zu bringen ist. Indem der Wasserdruck in der Flasche erhöht wird, kann man die eintretende Ausdehnung der Flasche anhand der Wassermenge, die im Behälter verdrängt wird, bestimmen. Nachdem der Druck in der Flasche wieder reduziert wurde, wird gemessen, in welchem Maß die Flasche mit ihrer ursprünglichen Größe übereinstimmt. Im wesentlichen ist es also die Elastizität des Flaschenmaterials, die gemessen wird. Flaschen, die nicht wieder eine Größe annehmen, die sehr nahe bei ihrer ursprünglichen Größe liegt, fallen bei dieser Prüfung durch und werden eingezogen.



**Hinweis:** Die hydrostatischen Prüfverfahren variieren von Land zu Land. Du kannst von deinem PADI Tauchcenter oder Tauchlehrer mehr über die Prüfprozeduren in deinem Land erfahren.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (c) *Mit welchem Druck wird eine Preßluftflasche bei der Druckprüfung in Deutschland gefüllt? 150 % des Fülldrucks.*

Um die Druckfestigkeit der Preßluftflasche während der Druckprüfung zu messen, bei der die Flasche in der Regel mit Wasser gefüllt wird, muß die Flasche gemäß der deutschen "Technischen Regeln Druckgase" mit dem 1,5fachen des zulässigen Fülldrucks gefüllt werden, wobei dieser Druck mindestens 30 Sekunden zu halten ist. Eine 200 bar Stahlflasche wird folglich mit 300 bar geprüft, eine 300 bar Aluminiumflasche mit 450 bar. Ein Wasserbehälter für diese Druckprüfung ist nicht vorgeschrieben. Hinzu kommt eine *Gewichtsprüfung*, bei der das auf der Flasche eingeschlagene *Leergewicht* überprüft wird. Bei bedenklichen Gewichtsverlusten (z.B. durch Rostfraß) wird die Flasche aus dem Verkehr gezogen.

**Lernziel 3.7**

Zähle mindestens drei Gründe auf, warum Preßluftflaschen jährlich visuell überprüft werden sollten.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Unter welchen Umständen sollte eine Preßluftflasche visuell überprüft werden? Alles oben genannte ist richtig.*

Loses Material kann dazu führen, daß das Ventil verstopft, oder es kann auf andere, ernsthaftere Probleme hinweisen. Rote oder grüne Ablagerungen am Filter der ersten Stufe zeigen, daß sich eine beachtliche Menge von Korrosion oder anderen Fremdkörpern in der Flasche befindet. Und schließlich sollte eine Flasche mindestens einmal im Jahr visuell überprüft werden, selbst wenn alles in Ordnung zu sein scheint. Flaschen, die häufig in Salzwasser benutzt werden, sollten tatsächlich sogar noch öfter überprüft werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Zähle drei Gründe auf, weshalb eine visuelle Überprüfung einer Preßluftflasche durchgeführt wird:*

a. Um äußere Beschädigungen wie ernsthafte "Schrammen" oder "Dellen" zu entdecken. Ernsthafte äußere Beschädigungen können die Flasche genauso schwächen wie starke innere Korrosion.

- b. Um ernsthafte innere Korrosion, besonders in Stahlflaschen, festzustellen. Starke innere Korrosion kann das Flaschenventil verstopfen. In Stahlflaschen kann eine Form der Korrosion, die "Lochfraß" genannt wird, die Flaschenstruktur schwächen, und zwar lange vor dem Datum der nächsten hydrostatischen Druckprüfung.
- c. Um galvanische Reaktionen zwischen den unterschiedlichen Metallen des Flaschen- und des Ventilgewindes zu verhindern. Besonders in Salzwasser kann die Elektrolyse, die aus dem Kontakt unterschiedlicher Metalle resultiert, dazu führen, daß sich das Ventil- und das Flaschengewinde festfressen. In diesem Fall kann das Ventil nicht mehr entfernt werden, ohne die Gewinde zu zerstören. Eine visuelle Überprüfung ist eine preiswerte Weise, dieses Problem zu vermeiden.

**Lernziel 3.8**

Erkläre die Bezeichnung "Lungenautomat mit offenem Kreislauf", und beschreibe, welche Vorteile diese Bauweise gegenüber anderen Bauweisen hat.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Die Bezeichnung "offener Kreislauf" bezieht sich auf die Tatsache, daß die **ausgeatmete Luft direkt ins Wasser abgegeben wird.***

Die Bezeichnung "offener Kreislauf" hat nichts mit elektrischer oder magnetischer Leitung zu tun. Es bedeutet einfach nur, daß der Weg der Luft aus der Flasche dann endet, wenn sie ins Wasser ausgeatmet wird. Dies ist der Unterschied zu einem System mit einem "geschlossenen Kreislauf", bei dem die ausgeatmete Luft aufgefangen, gefiltert, wieder mit Sauerstoff angereichert und zum Taucher zurückgeführt wird, um erneut eingeatmet zu werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Der Begriff "bedarfsabhängiges Ventil" bezieht sich auf die Tatsache, das der Lungenautomat **nur wenn eingeatmet wird Luft liefert.***

Das kann man sich einfach dadurch merken, indem man daran denkt, daß der Lungenautomat nur Luft liefert, wenn der Taucher "Bedarf" nach Luft hat. Der Bedarf äußert sich im Einatmen des Tauchers. Beim Ausatmen schließt sich das Ventil, und der Luftstrom ist bis zum nächsten Bedarf (Atemzug) unterbrochen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. *Nenne drei wesentliche Vorteile eines bedarfsabhängigen Lungenautomaten mit offenem Kreislauf.*
- Er benötigt weniger Luft als ein System mit einem ständig fließenden Luftstrom. Systeme mit einem ständig fließenden Luftstrom benötigen eine Luftversorgung von der Oberfläche, so wie die, welche beim kommerziellen Tauchen eingesetzt werden. Es ist offensichtlich, daß eine Preßluftflasche solche Luftmengen nur beschränkt liefern kann.
  - Er verhindert den Aufbau eines erhöhten Kohlendioxid-Pegels, indem er den Totraum reduziert. Oberflächenversorgte Taucherhelme erlauben es der ausgeatmeten Luft, sich in ihnen zu sammeln. D.h., es sammelt sich ständig Kohlendioxid an. Um das Problem eines übermäßigen Ansteigens des Kohlendioxid-Pegels zu vermeiden, muß der Helm regelmäßig entlüftet bzw. "gespült" werden. Da der Totraum in der zweiten Stufe eines Lungenautomaten sehr klein ist, ist die Kohlendioxidanreicherung unbedeutend. (Obwohl im Taucher selbst ein bedeutender Anstieg des Kohlendioxid-Pegels auftreten kann.)
  - Er ist technisch unkomplizierter sowie billiger als ein System mit geschlossenem Kreislauf. Obwohl Systeme mit geschlossenem Kreislauf heute wesentlich sicherer sind als in der Vergangenheit, treten bei ihnen spezielle Probleme bedingt durch ihre Komplexität auf. Zudem sind sie aufgrund ihres Preises für das Sporttauchen gegenwärtig kein Thema.

**Lernziel 3.9**

Zähle die Hauptbestandteile der ersten und zweiten Stufe eines Lungenautomaten auf, und erkläre deren allgemeine Funktion.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Erkläre die grundlegende Funktion der ersten Stufe eines Lungenautomaten.*
- Obwohl es eine Vielzahl von Bauformen und Modellen der Lungenautomaten gibt, funktionieren sie im Grunde alle nach dem gleichen Prinzip - sie sind Druckreduzier-Ventile. Als solches reduziert die erste Stufe den ungeheuer hohen Druck in der Flasche auf einen Mitteldruck. Dieser Mitteldruck variiert abhängig von der Bauform und dem Hersteller des Lungenautomaten, aber er liegt normalerweise bei 7 bis 10 bar über dem Umgebungsdruck. (Wenn der Lungenautomat den Umgebungsdruck nicht ausgleichen könnte, könnte er keine Luft mehr liefern, sobald der Umgebungsdruck den eingestellten Mitteldruck übersteigt.)

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Erkläre die grundlegende Funktion der zweiten Stufe eines Lungenautomaten.*

Die zweite Stufe führt den Prozeß, der im ersten Punkt erläutert wurde, fort. Sie nimmt den Mitteldruck der ersten Stufe auf und reduziert diesen auf einen Wert, der dem Druck des umgebenden Wassers entspricht. Die zweite Stufe "spürt" den Umgebungsdruck mittels einer flexiblen Membran.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. *Nenne zwei Vorteile eines DIN-Anschlusses gegenüber dem in USA üblichen Bügelanschluß.*

In Europa schon lange üblich, finden DIN-Anschlüsse (Deutsche Industrie-Norm) auch immer mehr Verbreitung in den USA. Sie bieten zwei hauptsächliche Vorteile gegenüber dem Bügelanschluß:

- a. Ein besseres Abdichten zwischen dem Flaschenventil und dem Lungenautomaten, weil der O-Ring tatsächlich zwischen den beiden Ventilen eingebettet ist. (Das Flaschenventil ist "weiblich", und der Anschluß des Lungenautomaten ist "männlich".)
- b. Weil das Flaschenventil und der Lungenautomat durch Gewinde gesichert werden, ist diese Verbindung wesentlich fester als mittels Bügelanschluß. Durch seine große Sicherheit erlaubt dieses System wesentlich höhere Flaschendrucke.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. (a) *Ein Pilotventil weist auf eine Bauform der zweiten Stufe hin, welche ein kleines Ventil benutzt, um das Öffnen des Hauptventils zu unterstützen.*

Beim Pilotventil hilft ein kleineres Ventil, das Hauptventil der zweiten Stufe zu öffnen. Lungenautomaten mit einem Pilotventil ermöglichen eine leichtere Atmung, weil weniger Anstrengung erforderlich ist, um das kleine Hilfsventil zu öffnen. Sie benötigen jedoch mehr Wartung, weil sie technisch aufwendiger sind.

**Lernziel 3.10**

Definiere die Bezeichnung "fail-safe"-Bauweise im Bezug auf Lungenautomaten und erkläre, wie dieses Prinzip im Falle einer Fehlfunktion des Lungenautomaten arbeitet.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *"Fail-safe" bezieht sich auf die Tendenz eines Lungenautomaten zum Abblasen, bedingt durch den Einsatz eines "Downstream"-Ventils in der zweiten Stufe.*

Die Bezeichnung "Downstream"-Ventil bedeutet, daß es sich in Richtung des Luftstroms öffnet. Falls ein Problem in der ersten Stufe auftritt, wird der Luftstrom das Ventil in der ersten Stufe öffnen, womit Luft zur zweiten Stufe entweichen kann. Das Downstream-Ventil in der zweiten Stufe wird sich dann ebenfalls öffnen und ein Abblasen des Lungenautomaten bewirken. Dies ist ein wesentliches Sicherheitsmerkmal.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Was ist der hauptsächliche Vorteil der "fail-safe"-Bauweise?*

Der hauptsächliche Vorteil der "fail-safe"-Bauweise von Lungenautomaten ist, daß im Falle einer Fehlfunktion immer noch Luft an den Taucher geliefert wird. Obwohl die Luft kontinuierlich strömt, ist dies eine Situation, mit der der Taucher während des Aufstiegs zurechtkommen kann. Setze einen Tauchgang niemals mit einem abblasenden Lungenautomaten fort, auch wenn der Luftstrom "beherrschbar" ist.

**Lernziel 3.11**

Definiere den Begriff "Gefrierschutzkappe." und erkläre, was dieses Teil verhindern soll.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (a) *Eine Gefrierschutzkappe hat die Funktion zu verhindern, daß Wasser direkten Kontakt zum Kolben oder der Membran der ersten Stufe hat.*

Wenn sich der Druck von Preßluft reduziert, entzieht dies der direkten Umgebung gewaltige Mengen Wärme. Stelle dir vor, diese Temperaturverringerung findet in Wasser statt, das schon nahe am Gefrierpunkt ist. Alles Wasser in der ersten Stufe würde dann gefrieren und dadurch verhindern, daß sich das geöffnete Ventil schließen kann. Dieses Problem kann man verhindern, indem man vermeidet, daß Wasser in die erste Stufe gelangt. Jedoch muß die Substanz, mit der die erste Stufe gefüllt wird, einen Gefrierpunkt haben, der weit unter dem von Wasser liegt. Normalerweise werden Stoffe wie Alkohol oder Silikonfett für diesen Zweck benutzt. Dies ist eine wichtige Überlegung für alle, die in sehr kaltem Wasser tauchen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Nenne zwei Vorteile der Gefrierschutzkappe in der ersten Stufe.*

Der hauptsächliche Vorteil einer Gefrierschutzkappe wurde in der vorhergehenden Antwort beschrieben - sie verhindert ein Einfrieren der ersten Stufe. Ein zweiter Vorteil ist jedoch, daß durch das Verhindern des Eindringens von Wasser in die erste Stufe zugleich das Eindringen von Schmutz und Fremdkörpern verhindert wird.

**Lernziel 3.12**

Erkläre die Begriffe "balanciert", "unbalanciert", "upstream" und "downstream" im Zusammenhang mit Lungenautomaten.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Ein Ventil, das sich in Richtung des Luftstroms öffnet, wird als "**Downstream**"-Ventil bezeichnet, während ein Ventil, das sich entgegen der Richtung des Luftstroms öffnet, als "**Upstream**"-Ventil bezeichnet wird.*

Diese Zusammenhänge wurden teilweise in Punkt 1 von Lernziel 3.10 erläutert. Ein einfacher Weg, dies zu verstehen, ist, daß du dir überlegst, wie du einen Raum betrittst: Wenn du eine Tür aufdrücken kannst - sie öffnet sich mit dir - dann arbeitet diese Tür nach dem "Downstream"-Prinzip; wenn du sie jedoch aufziehen mußst - sie öffnet sich gegen dich - dann funktioniert diese Tür nach dem "Upstream"-Prinzip.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) *Der Hauptvorteil einer balancierten ersten Stufe gegenüber einer unbalancierten besteht darin, daß:*

**Alles oben genannte ist richtig.**

Bei einem balancierten Lungenautomaten ist die Funktion des Ventils unabhängig vom Flaschendruck. Statt daß der Luftdruck direkt auf das Ventil wirkt, um dieses zu öffnen, wird diese Kraft um das Ventil herumgeleitet. Als eine Folge davon können größere Durchflußöffnungen verwendet werden, und der Taucher bekommt dadurch mehr Luft geliefert. Dies wiederum verringert den Atemwiderstand, im Vergleich zu einer ähnlichen, jedoch unbalancierten Bauweise. Die größere Luftlieferleistung erleichtert es auch, einen zweiten Taucher aus einer alternativen Luftversorgung zu versorgen.

**Lernziel 3.13**

Erkläre die korrekten Verfahren für den Gebrauch von Tauchcomputern im Buddy-Team.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Zwei Taucher können einen einzigen Tauchcomputer gemeinsam benutzen, vorausgesetzt, daß sie darauf achten zusammenzubleiben und exakt das gleiche Profil zu tauchen. **Falsch.***

Ein Buddy-Team sollte sich niemals einen einzigen Computer teilen, denn so sehr sie sich auch bemühen - Buddies sind nie in der Lage, exakt das gleiche Profil zu tauchen. Deshalb sollte aus Gründen der größtmöglichen Sicherheit jeder Taucher seinen eigenen Computer haben.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) *Ein Buddy-Team verläßt das Wasser. Jeder der Taucher benutzt einen Tauchcomputer. Nach einer kurzen Oberflächenpause planen sie einen weiteren Tauchgang auf 18 m Tiefe. Der eine Computer erlaubt hierfür 38 Minuten Grundzeit, der andere nur 32 Minuten. Wie sollten sie, basierend auf diesen Informationen, ihren Tauchgang planen? **Eine Grundzeit von etwas weniger als 32 Minuten planen und vor dem Auftauchen einen Sicherheitsstop machen.***

Im beschriebenen Szenario sollten die Taucher nicht nur den konservativeren Computer benutzen, sondern die verbleibende Zeit auch noch um einige Minuten kürzen. Sei beim Planen deiner Grundzeit immer konservativ. Das klügste Verhalten ist es, den konservativsten Computer zu benutzen, um den Tauchgang zu überwachen. Zusätzlich sollte nie bis an die Grenzen einer Tauchtafel oder eines Computers getaucht werden, weil wir nur wenig über das Dekompressions-Phänomen wissen und sich die einzelnen Menschen in ihrer Empfindlichkeit gegenüber der Dekompressionskrankheit beträchtlich unterscheiden. Aus dem gleichen Grund wird auch am Ende eines jeden Tauchgangs ein Sicherheitsstop empfohlen.

**Lernziel 3.14**

Nenne den Tiefenmessertyp; bei dem eine Anpassung für das Tauchen in größerer Höhe automatisch erfolgt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Ein Kapillar-Tiefenmesser funktioniert durch Verwendung **des Gesetzes von Boyle-Mariotte.***

Ein Kapillar-Tiefenmesser ist lediglich ein leeres Plastikröhrchen, das an einem Ende offen ist, damit Wasser eindringen kann. In Übereinstimmung mit dem Gesetz von Boyle-Mariotte wird sich der interne Luftraum in einer

vorhersagbaren Weise mit Wasser füllen - auf die Hälfte des ursprünglichen Volumens bei 10 m, auf ein Drittel bei 20 m, auf ein Viertel bei 30 m usw. Durch das Markieren der Stellen, an denen sich die Wassersäule bei unterschiedlichen Tiefen befinden wird, läßt sich ein einfacher aber genauer Tiefenmesser ohne bewegliche Teile bauen. In der Praxis werden Kapillar-Tiefenmesser jedoch von Problemen geplagt, wie dem schwierigen Erkennen der ansteigenden Wassersäule, zunehmend kleineren Tiefschritten unterhalb von 20 m sowie Luftblasen, die in das Röhrchen eindringen. Aus diesen Gründen werden Kapillar-Tiefenmesser nur selten als alleiniges Hilfsmittel zur Bestimmung der Tauchtiefe benutzt. Meistens werden sie als Reserveinstrumente in flachem Wasser benutzt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (c) *Während eines Tauchgangs in einem Bergsee in einer Höhe von 3000 m überprüft ein Taucher seine Tiefe. Er benutzt einen Kapillar-Tiefenmesser, der eine Tiefe von 14 m anzeigt. Wenn er tatsächlich von da aus, wo er sich befindet, die geradlinige Entfernung zur Oberfläche messen würde, so würde er feststellen, daß er **tatsächlich weniger als 14 m unter der Oberfläche ist.***

Das klingt seltsam, bis wir uns daran erinnern, wie ein Kapillar-Tiefenmesser funktioniert. Ein geschlossener Luftraum wird sich entsprechend dem relativen Druck, dem er ausgesetzt ist, füllen. Im wesentlichen wird er uns eher ein Druckverhältnis anzeigen, als daß er uns den tatsächlichen Umgebungsdruck anzeigt. So wird z. B. ein offener Behälter (so wie ein Kapillar-Tiefenmesser) vom Meeresspiegel auf 2 bar gebracht. Er wird noch halb voll sein. Da wir bei 1 bar an der Oberfläche begonnen haben, wird der doppelte Druck 2 bar sein. Wir wissen, daß dies bei 10 m der Fall ist. Aber erinnere dich daran, daß uns der Kapillar-Tiefenmesser tatsächlich nur sagt, daß der Druck in dieser Tiefe dem Doppelten des Oberflächendrucks entspricht. Wir werden jetzt in einer Höhe beginnen, in der der Oberflächendruck gleich 0,7 bar ist (das ist bei etwa 3000 m der Fall). In diesem Beispiel ist der Oberflächendruck nicht mehr 1 bar, sondern vielmehr 0,7 bar. Somit ist das Doppelte des Oberflächendrucks nicht mehr 2 bar, sondern vielmehr 1,4 bar. Beachte, daß der doppelte Druck viel schneller erreicht wird, da der Oberflächendruck geringer ist als auf Meeresspiegelniveau. D.h., wenn wir bei einem Oberflächendruck von 0,7 bar beginnen, können wir einfach ausrechnen, daß ein Druck von 1,4 bar in einer Tiefe von 7 m in Süßwasser erreicht wird ( $0,7 \text{ bar} \div 0,1 \text{ bar/m} = 7 \text{ m}$ ). Obwohl der



Taucher jetzt von dem doppelten Oberflächendruck umgeben ist, befindet er sich nur 7 m unter der Oberfläche. Der Kapillar-Tiefenmesser, der nur das Druckverhältnis erkennt, zeigt jedoch 10 m an! Jetzt wirst du anfangen zu verstehen, weshalb beim Tauchen in größerer Höhe besondere Verfahren notwendig sind und ein spezielles Training absolviert werden sollte.

**Lernziel 3.15**

Nenne mindestens drei ausrüstungsbezogene Gründe, weshalb Taucher es vermeiden sollten, an die Nullzeitgrenzen zu gehen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (c) *Bezogen auf die Tauchausrüstung ist es vernünftig, die maximalen Grenzen von Tauchtabellen zu vermeiden, weil Tiefenmesser Fehlfunktionen haben und/oder falsch abgelesen werden können.*

Analoge Tiefenmesser tendieren zu größeren Genauigkeitstoleranzen, d.h. zu gewissen Abweichungen, besonders wenn man bedenkt, daß kaum ein Taucher sie jemals regelmäßig neu kalibrieren läßt. Wenn du einen Tauchgang an die NZG für eine spezifische Tiefe planst, kann dich deswegen ein ungenauer Tiefenmesser - einer, der zu flach anzeigt - in eine Dekompressions-Situation bringen, ohne daß du dir selbst dessen überhaupt bewußt bist! Abgesehen von den physiologischen Folgen eines Tauchens an die Tabellengrenzen (es wäre unklug, mit dieser Praxis anzufangen), zeigen uns somit auch die Einschränkungen unserer Ausrüstung, daß dies doppelt unklug sein kann.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. (d) *Welche speziellen Überlegungen sind, bezogen auf die Ausrüstung, bei der Planung eines Tieftauchgangs wichtig? Alles oben genannte ist richtig.*

Durch den erhöhten Druck in der Tiefe muß der Taucher mehr Luft aus seiner Flasche atmen. Dies erhöht seinen Luftverbrauch. Zweitens erfordert es mehr Anstrengung, die Luft in die Lunge hinein- und wieder hinauszutransportieren, weil die Luft in der Tiefe viel dichter ist. Deswegen wird es schwieriger zu atmen. Schließlich wird es beim Tieftauchen schwierig, die Orientierung zu behalten und die Abstiegs- bzw. Aufstiegs-geschwindigkeit zu kontrollieren. Das ist der Grund, warum beim Tieftauchen immer irgendeine Art von Abstiegsseil empfohlen wird.

# Kapitelanalyse

Ermittle alle Punkte aus diesem Lösungsteil, die als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" markiert sind. Diese Punkte stellen wichtige Informationen oder Zusammenhänge dar, die du noch nicht richtig verstanden hast. Markiere unten alle Lernziele, die einen Punkt enthalten, den du als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" gekennzeichnet hast. Diesen Abschnitt durcharbeiten, ist ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung deines Verständnisses für die Ausrüstung, die für das Sporttauchen von Bedeutung ist.

	Sicher gewußt	Erraten	Summe
<b>Richtige Antworten</b>			

	Einfacher Fehler	Wissenslücke	Summe
<b>Falsche Antworten</b>			

## Zu überarbeitende Lernziele:

- |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 3.1  | <input type="checkbox"/> 3.2  | <input type="checkbox"/> 3.3  | <input type="checkbox"/> 3.4  | <input type="checkbox"/> 3.5  | <input type="checkbox"/> 3.6  |
| <input type="checkbox"/> 3.7  | <input type="checkbox"/> 3.8  | <input type="checkbox"/> 3.9  | <input type="checkbox"/> 3.10 | <input type="checkbox"/> 3.11 | <input type="checkbox"/> 3.12 |
| <input type="checkbox"/> 3.13 | <input type="checkbox"/> 3.14 | <input type="checkbox"/> 3.15 |                               |                               |                               |



# Kapitel Vier

## Allgemeine Tauchfertigkeiten und Tauchumgebung

Obwohl dieses Arbeitsbuch dazu dienen soll, dein Wissen zu erweitern, ist das meiste, was ein Taucher tut, mit Fertigkeiten verbunden. So sind z. B. Unterwasser-Navigation, Verständigung, Trierungskontrolle, Rettungstechniken und "keine-Luft"-Notfälle nur einige aus der Vielzahl von Fertigkeiten und Verfahren, die ein/e kompetente/r Taucher/in beherrschen muß.

Zusätzlich findet das Tauchen in einer Umgebung statt, die sich völlig von dem unterscheidet, was wir als Landbewohner kennen. Dies erfordert auch spezielle Kenntnisse. Als Taucher/in mußt du die Dynamik der Unterwasserwelt verstehen - die Ursachen und die Wirkungen von Ebbe und Flut, Strömungen usw. Und du mußt Kenntnisse über die Lebewesen der Unterwasserwelt besitzen. Am wichtigsten ist es, daß du auf eine Art und Weise zu tauchen weißt, die deinen Einfluß auf diese empfindliche Umgebung, von der wir alle abhängen, minimiert.

Es ist der Zweck dieses Kapitels, dich mit diesen beiden wichtigen Wissensgebieten vertraut zu machen - korrekte Tauchfertigkeiten und die Unterwasserumgebung. Mit diesem Wissen wirst du ein/e verantwortungsbewußtere/r Taucher/in und dadurch ein/e bessere/r Taucher/in.

### Lernziel 4.1

Erkläre das korrekte Verfahren zur Durchführung eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs.

### Quelle:

- PADI *Open Water Diver Manual*, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Der kontrollierte, schwimmende Notaufstieg"

### Übungen:

1. Beim Durchführen eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs sollte der Taucher \_\_\_\_\_, um eine Lungenüberdehnungs-Verletzung zu verhindern.
  - a. kräftig ausatmen
  - b. leicht ausatmen
  - c. ausatmen und dabei einen kontinuierlichen "A-a-a-h-h-h"-Laut erzeugen
  - d. intensiv ausatmen und kräftig nach oben schwimmen

2. Welche der folgenden Dinge sollte der Taucher, bezogen auf seine Ausrüstung, beim Durchführen eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs tun?
- a. Seinen Bleigurt abwerfen und den Lungenautomaten aus dem Mund nehmen.
  - b. Seinen Bleigurt abwerfen, aber den Lungenautomaten im Mund behalten.
  - c. Die gesamte Ausrüstung an ihrem Platz belassen und den Lungenautomaten im Mund behalten.
  - d. Ausrüstung entfernen oder an ihrem Platz belassen, was immer den Aufstieg am einfachsten macht.
3. Was sollte der Taucher bezüglich seiner Aufstiegsgeschwindigkeit beachten, wenn er einen kontrollierten, schwimmenden Notaufstieg durchführt?
- a. Mit einer solchen Geschwindigkeit aufsteigen, die angenehm ist.
  - b. Da dies ein Notfall ist, so schnell wie möglich aufsteigen.
  - c. Nicht schneller aufsteigen als die langsamsten Luftblasen.
  - d. Eine normale Aufstiegsgeschwindigkeit einhalten (nicht schneller als 18 m/Min).

**Lernziel 4.2**

Definiere den Begriff "neutraler Auftrieb" und beschreibe, wie eine Tarierungskontrolle an der Oberfläche durchgeführt wird.

**Quelle:**

- PADI *Open Water Diver Manual*, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Neutrale Tarierung an der Oberfläche"

**Übungen:**

1. Taucher sollten immer soviel Blei tragen, daß dessen Gewicht 10% ihres Körpergewichtes plus 1 kg entspricht.
- Richtig                       Falsch
2. Welche Technik kann ein Taucher benutzen, um schnell die korrekte Bleimenge zu bestimmen, während er sich noch an der Oberfläche befindet?

---

---

---

---

**Lernziel 4.3**

Demonstriere die 25 PADI Standard-Handzeichen, und erkläre deren Bedeutung.

**Quelle:**

- PADI *Open Water Diver Manual*, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Verständigung beim Tauchen"

**Übungen:**

1. Eine geballte Faust in Richtung des Brustkorbs bewegen, ist ein Zeichen für:
  - a. "Ich habe keine Luft mehr."
  - b. "Ich habe keine Luft mehr und möchte Wechselatmung."
  - c. "Ich habe wenig Luft."
  - d. "Ich habe wenig Luft und möchte deine alternative Luftversorgung benutzen."
2. Dein Partner gibt dir das Zeichen der "durchtrennten Kehle" und zeigt danach auf seinen Mund. Was solltest du daraufhin tun?
  - a. Umgehend mit Wechselatmung beginnen.
  - b. Ihm umgehend deine alternative Luftversorgung geben.
  - c. Überprüfe sein Finimeter, und beginne dann mit der Wechselatmung. Wenn er damit Probleme hat, dann gib ihm deine alternative Luftversorgung.
  - d. Überprüfe die Tiefe - wenn sie 12 m oder weniger beträgt, signalisiere ihm, daß er einen kontrollierten, schwimmenden Notaufstieg durchführen soll.
3. Du hast in 18 m Tiefe plötzlich keine Luft mehr. Du bemerkst, daß dein Partner ungefähr 6 m entfernt ist und dir keine Aufmerksamkeit schenkt. Was solltest du unter diesen Umständen tun?
  - a. Schwimme zu deinem Partner, errege seine Aufmerksamkeit und signalisiere ihm, daß du keine Luft mehr hast.
  - b. Schwimme zu deinem Partner, lokalisiere und sichere seine alternative Luftversorgung und signalisiere ihm dann, daß du keine Luft mehr hast.
  - c. Führe einen kontrollierten, schwimmenden Notaufstieg durch.
  - d. Führe einen Notaufstieg unter Einsatz von Auftrieb durch.

**Lernziel 4.4**

Nenne mindestens zwei Faktoren, die das Suchmuster für eine Suche unter Wasser bestimmen.

**Quelle:**

- PADI's *Adventures in Diving: Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Neun, unter der Überschrift "Suchen und Bergen"

**Übungen:**

1. Nenne zwei Faktoren, die das Suchmuster bestimmen, wenn du eine Unterwassersuche durchführst.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_

2. Welche zwei natürlich auftretenden Phänomene können als Navigationshilfe benutzt werden, wenn du dich nahe der Küste befindest?

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_

**Lernziel 4.5**

Nenne die exakteste Methode zur Entfernungsmessung unter Wasser, ohne die Verwendung eines kalibrierten Meßinstrumentes.

**Quelle:**

- PADI's *Adventures in Diving: Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Eins, unter der Überschrift "Unterwasser Navigation"

**Übungen:**

1. Nenne zwei Methoden zur Entfernungsmessung unter Wasser, die nicht die Verwendung eines kalibrierten Meßinstrumentes erfordern.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_

2. Welche dieser beiden Methoden ist die genaueste?
- 

**Lernziel 4.6**

Nenne die Richtlinien für den maximalen negativen Auftrieb eines Objektes, falls dieses ohne einen Hebesack geborgen werden soll.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Fünf, unter der Überschrift "Bergungstechniken und Bergungsausrüstung"
- *PADI's Adventures in Diving: Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Neun, unter der Überschrift "Suchen und Bergen"

**Übungen:**

1. Ein Taucher trägt ein Tarierungsjacket mit einem Auftrieb von 18 kg. Er findet einen Anker, ist aber nicht in der Lage ihn zu heben, es sei denn, er füllt sein Jacket vollständig. Was sollte der Taucher unter diesen Umständen tun?
- a. Vorsichtig mit gefülltem Jacket aufsteigen und den Anker dabei festhalten.
  - b. Sein Partner füllt etwas Luft in sein eigenes Jacket, und sie steigen mit dem Anker als Team auf, wobei jeder sein Jacket teilweise gefüllt hat.
  - c. Den Anker am Grund lassen und später mit einem Hebesack zurückkehren.
  - d. Vorsichtig unter Nutzung des Auftriebs des Jackets mit dem Anker aufsteigen, wobei der Partner ihn, für den Fall eines Problems, festhält.

**Lernziel 4.7**

Zähle die vorgeschlagene Mindestausrüstung für die Durchführung von Nachttauchaktivitäten auf.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Fünf, unter der Überschrift "Verfahren beim Nachttauchen"
- *PADI's Adventures in Diving: Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Nachttauchen"



### Übungen:

1. Beim Nachttauchen ist eine der wichtigsten Eventualitäten für die du planen mußt: "Was ist, wenn meine Lampe ausfällt?" Wie sollten Taucher sich auf diese Situation vorbereiten?

---

---

---

---

2. Jeder Taucher sollte zwar eine Hauptlampe haben, beim Nachttauchen muß jedoch nur einer der beiden Partner die geforderte Reservelampe haben.

Richtig                       Falsch

#### Lernziel 4.8

Nenne die maximale Höhe, oberhalb der für den Gebrauch der meisten Tauchtabeln spezielle Verfahren erforderlich sind, und erkläre, warum das Tauchen in größerer Höhe solche speziellen Überlegungen erfordert.

#### Quelle:

- PADI's *Adventures in Diving: Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Tauchen in größerer Höhe"
- PADI *Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Tauchen in größerer Höhe"

### Übungen:

1. Die meisten Tauchtabeln, der Recreational Dive Planner eingeschlossen, sind nicht dafür entwickelt, in einer Höhe von mehr als \_\_\_\_\_ Metern benutzt zu werden.

2. Spezielle Verfahren sind für das Tauchen in größerer Höhe erforderlich, weil:

- a. der Prozentsatz des Stickstoffs erhöht ist.
- b. der Prozentsatz des Stickstoffs geringer ist, da der Umgebungsdruck reduziert ist.
- c. der Partialdruck des Stickstoffs erhöht ist.
- d. der Partialdruck des Stickstoffs geringer ist, da der Umgebungsdruck reduziert ist.

**Lernziel 4.9**

Erkläre, warum ein bewußtloser, nicht atmender Taucher, während er zum Ufer transportiert wird, beatmet werden soll, und zwar selbst dann, wenn ein Herzstillstand vermutet wird.

**Quelle:**

- PADI *Rescue Diver Manual*, Kapitel Sechs, unter dem Untertitel "Bewußtloser Taucher an der Oberfläche"

**Übungen:**

1. Du entdeckst einen bewußtlosen Taucher an der Oberfläche. Du entfernst den Bleigurt des Opfers und versuchst, den Puls des Opfers zu überprüfen. Wenn es nicht möglich ist einen Puls zu erkennen, solltest du umgehend damit beginnen, das Opfer so schnell wie möglich zum Ufer zu bringen.

Richtig

Falsch

**Lernziel 4.10**

Nenne das Verhältnis Kompressionen zu Beatmungen bei der Einhelfer-Methode der HLW.

**Quelle:**

- PADI *Rescue Diver Manual*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Herz-Lungen-Wiederbelebung"
- PADI's *Medic First Aid Notfall Manual*

**Übungen:**

1. Bei der Durchführung der Einhelfer-Methode der HLW, sollte die Kompressionsrate so schnell sein, wie es der Retter durchhalten kann.

Richtig

Falsch

2. Bei der Einhelfer-Methode der HLW beträgt das Verhältnis Kompressionen zu Beatmungen \_\_\_\_ : \_\_\_\_ .

**Lernziel 4.11**

Erkläre, welche Maßnahmen bei einem beinahe ertrunkenen Opfer zu ergreifen sind.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Physiologische Grundlagen der Erstversorgung im Falle des Beinahe-Ertrinkens"
- *PADI Rescue Diver Manual*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Beinahe-Ertrinken"

**Übungen:**

1. Angenommen, du bist an der Rettung eines bewußtlosen Tauchers beteiligt. Du bringst das Opfer an das Ufer, und es beginnt von alleine wieder zu atmen und zeigt erste Reaktionen. Einige Minuten später scheint die Person voll bei Bewusstsein und klarem Verstand zu sein. Verwirrt durch den Unfall sagt dir die Person, daß sie sich gut fühlt und nach Hause gebracht werden möchte. Was würdest du tun?

---

---

---

---

**Lernziel 4.12**

Erkläre, welche Maßnahmen bei einem/r Taucher/in mit Dekompressionskrankheit oder Lungenüberdehnungsverletzung zu ergreifen sind, und unter welchen Umständen der Taucher zur Rekompensation zurück unter Wasser gebracht werden sollte.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Physiologische Grundlagen der Ersten Hilfe und Behandlung der Dekompressionskrankheit"
- *PADI Rescue Diver Manual*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Erste Hilfe für Lungenüberdehnungsverletzungen und Dekompressionskrankheit"

**Übungen:**

1. Die Erste Hilfe für einen Taucher, der unter der Dekompressionskrankheit leidet, besteht darin, ihm 100 %igen Sauerstoff zu verabreichen und ihn:

- a. auf die linke Seite zu legen, den Kopf unterstützt.
- b. auf die linke Seite zu legen, mit dem Kopf in einer niedrigeren Position.
- c. aufrecht hinzusetzen, falls er bei Bewusstsein ist und sich wohlfühlt.
- d. mit dem Gesicht nach unten hinzulegen.

2. Während ihr nach einem Tauchgang auf 30 m beim Mittagessen sitzt, klagt dein Partner über Schmerz und Gefühllosigkeit in seinem rechten Arm. Du vermutest eine Dekompressionskrankheit. Da ihr jedoch auf einer abgelegenen Insel Urlaub macht, ist die nächste Druckkammer einige Stunden entfernt. Eine ausreichende Menge Sauerstoff befindet sich an Bord. Der Kapitän, der in der Bedienung einer Druckkammer geschult ist, schlägt vor, eine Rekompensation im Wasser zu versuchen. Was wäre deine Empfehlung als Gruppenleiter?

---

---

---

---

**Lernziel 4.13**

Nenne mindestens drei übliche Anzeichen/Symptome für Verletzungen durch Lebewesen im Wasser.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Vier, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Bisse und Stiche durch Lebewesen im Wasser"
- *PADI Rescue Diver Manual*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Ernste Verletzungen durch Meerestiere"

**Übungen:**

1. Was sind fünf übliche Anzeichen/Symptome für Verletzungen durch Meereslebewesen?

a. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_

d. \_\_\_\_\_

e. \_\_\_\_\_

2. Was sind die empfohlenen Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verletzungen, die durch giftige Meereslebewesen verursacht wurden?

---

---

---

---

**Lernziel 4.14**

Erkläre, wie Gezeiten entstehen und warum die Tauchbedingungen bei "Stillwasser" am besten sind.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Gezeiten"
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Gezeiten und Strömungen"

**Übungen:**

1. Die Gezeiten werden durch den Einfluss der Schwerkraft der \_\_\_\_\_ und des \_\_\_\_\_ verursacht, wobei der \_\_\_\_\_ die größeren Auswirkungen hat.
2. Warum ist die Sicht unter Wasser gewöhnlich bei Stillwasser am besten?

---

---

---

---

**Lernziel 4.15**

Nenne unter Berücksichtigung der Richtung der Hauptmeeresströmungen ("Coriolis-Effekt") die Richtung dieser Strömungen in Relation zur Küstenlinie der Kontinente.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Oberflächenströmungen"
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Gezeiten und Strömungen"

**Übungen:**

1. Die Hauptmeeresströmung an der Südwestküste Afrikas fließt in einer \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - Richtung. (Benutze zwei der vier geografischen Richtungen: Nord, Süd, Ost, West.)
2. Die Hauptmeeresströmung an der Küste Europas fließt in einer \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - Richtung. (Benutze zwei der vier geografischen Richtungen: Nord, Süd, Ost, West).

**Lernziel 4.16**

Definiere den Begriff "Umgebungsorientierung" und erkläre, für wen eine solche Orientierung gedacht ist.

**Quelle:**

- PADI *Divemaster Manual*, Kapitel Drei, unter der Überschrift "Orientierungs-Tauchgänge"

**Übungen:**

1. Was will das PADI-Programm "Discover Local Diving" erreichen, und wer darf es durchführen?

---

---

---

---

2. Wegen ihres hohen Maßes an Erfahrung und Qualifikation benötigen Tauchlehrer keine Orientierung über die Umgebung, wenn sie ein neues Tauchgebiet besuchen.

Richtig

Falsch

**Lernziel 4.17**

Zähle mindestens drei Richtlinien auf, welche Taucher befolgen sollten, um die Unterwasserwelt schützen zu helfen.

**Quelle:**

- PADI *Divemaster Manual*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Das Leben im Meer"

**Übungen:**

1. Nenne fünf Richtlinien, die Taucher befolgen sollten, um die Unterwasserwelt schützen zu helfen.

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_
- d. \_\_\_\_\_
- e. \_\_\_\_\_

2. Was ist das Projekt A.W.A.R.E.?

---

---

---

---

**Lernziel 4.18**

Nenne die wichtigste Tauchfertigkeit zur Vermeidung von Beschädigungen der Unterwasserwelt.

**Quelle:**

- *Enzyklopädie*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Interaktionsformen des Menschen mit den Lebewesen im Wasser"

**Übungen:**

1. Welche einzelne Tauchfertigkeit ist am wichtigsten, um Beschädigungen der Unterwasserwelt zu vermeiden?

---

2. Nenne einige andere Möglichkeiten, mit denen der Taucher durch die Art und Weise, wie er taucht, Beschädigungen an der Unterwasserwelt vermeiden kann.

---

---

---

---





# Kapitel Vier

## Lösungen

### Lernziel 4.1

Erkläre das korrekte Verfahren zur Durchführung eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

- 1.(c) *Beim Durchführen eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs sollte der Taucher **ausatmen und dabei einen kontinuierlichen "A-a-a-h-h-h"-Laut erzeugen, um eine Lungenüberdehnungs-Verletzung zu verhindern.***

Dies ist eine bessere Methode, als ein kräftiges Ausatmen zu versuchen. Während des Aufstiegs solltest du bestrebt sein, ein konstantes, normales Lungenvolumen zu halten. Kräftiges ausatmen macht dies schwierig. In der Tat haben Untersuchungen der Physiologie der Lunge gezeigt, daß ein Ausatmen, das zu kräftig ist, tatsächlich Luft im unteren Bereich der Lunge einschließen kann, was dann zu einer Überdehnungsverletzung führt.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. (c) *Welche der folgenden Dinge sollte der Taucher, bezogen auf seine Ausrüstung, beim Durchführen eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs tun? **Die gesamte Ausrüstung an ihrem Platz belassen und den Lungenautomaten im Mund behalten.***

Denke daran, die Bezeichnung lautet: "kontrollierter, schwimmender Notaufstieg". Nur wenn du deine Ausrüstung an ihrem Platz läßt, kannst du Kontrolle über deinen Aufstieg haben. Deinen Bleigurt an seinem Platz zu belassen, ermöglicht dir, deine Aufstiegsgeschwindigkeit zu kontrollieren. Den Lungenautomaten im Mund zu behalten, hat einige Vorteile: 1) Durch den abnehmenden Umgebungsdruck beim Aufstieg kannst du noch ein paar Atemzüge bekommen; 2) Wenn du einen unkontrollierbaren Drang hast, einzuatmen, dann ist es weit besser, es mit deinem Automaten im Mund zu tun, als Wasser einzuatmen; 3) Wenn du diese Übung während des Trainings durchführst, kannst du jederzeit wieder anfangen zu atmen, wenn du es möchtest.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (d) *Was sollte der Taucher bezüglich seiner Aufstiegs-  
geschwindigkeit beachten, wenn er einen kontrollierten,  
schwimmenden Notaufstieg durchführt? **Eine normale Auf-  
stiegsgeschwindigkeit einhalten (nicht schneller als  
18 m/Min).***

Ein kontrollierter Aufstieg ist ein normaler Aufstieg: Nicht schneller als 18 Meter pro Minute. Dies ist auch der Grund, weshalb der Bleigurt anbehalten wird. Den Bleigurt abzuwerfen, führt zu einem Notaufstieg unter Einsatz von Auftrieb. Dies ist eine unkontrollierte Situation und wird nur angewendet, wenn du in tiefem Wasser bist und keine andere Alternative hast. Übe niemals Aufstiege unter Einsatz von Auftrieb.

**Lernziel 4.2**

Definiere den Begriff "neutraler Auftrieb" und beschreibe, wie eine Tariierungskontrolle an der Oberfläche durchgeführt wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Taucher sollten immer soviel Blei tragen, daß dessen  
Gewicht 10% ihres Körpergewichtes plus 1 kg entspricht.  
**Falsch.***

Es gibt zahlreiche *Regeln*, die Taucher anzuwenden versucht haben, um die Bleimenge abzuschätzen, die sie tragen sollten. Unglücklicherweise ist keine in allen - oder wenigstens in den meisten - Situationen genau. Menschen unterscheiden sich stark in ihren Körperbeschaffenheit, welche wiederum ihren Auftrieb beeinflusst. Der einzige Weg, wirklich zu ermitteln, wieviel Blei du brauchst, besteht darin, es im Wasser tatsächlich auszuprobieren und ggf. zu korrigieren.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Welche Technik kann ein Taucher benutzen, um schnell die  
korrekte Bleimenge zu bestimmen, während er sich noch an  
der Oberfläche befindet?*

Die "Tariierungskontrolle", die im Open Water Diver Kurs erlernt wird, ist der einfachste Weg, das richtige Gewicht zu ermitteln. Du kannst dich selbst als gut tariert betrachten, wenn du mit total entleertem Jacket und einem angehaltenen, normalen Atemzug an der Oberfläche bis in Augenhöhe einsinkst. Wenn du dich in Augenhöhe im Wasser befindest, aber noch Luft im Jacket hast, dann trägst du zuviel Gewicht. Wenn du dich andererseits noch in Augenhöhe im Wasser befindest, nachdem du vollständig ausgeatmet hast, dann trägst du zuwenig Gewicht. Du wirst übrigens mit zunehmender Erfahrung immer weniger Gewicht benötigen.

Dies wird durch eine geringere Verdrängung bewirkt, nachdem du einen entspannteren Atemrhythmus entwickelt hast. Erwarte daher nicht, daß die Bleimenge, die du trägst, gleich bleibt. So wie du mehr Erfahrung sammelst, solltest du regelmäßig deine Tarierung überprüfen. Du wirst wahrscheinlich herausfinden, daß du weniger Blei benötigst; und je weniger Blei du benötigst, desto weniger Energie mußt du aufwenden. Es hilft auch dabei, dich vom Grund fernzuhalten, was die Organismen, die unter Wasser leben, viel glücklicher macht.

**Lernziel 4.3**

Demonstriere die 25 PADI Standard-Handzeichen, und erkläre deren Bedeutung.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Eine geballte Faust in Richtung des Brustkorbs bewegen, ist ein Zeichen für: "Ich habe wenig Luft."*

Dieses Zeichen wird manchmal falsch als "Ich habe keine Luft mehr" interpretiert. Irgendeine Reaktion, die durch das Zeichen ausgelöst werden soll, muß durch weitere Handzeichen angezeigt werden, wie du in der nächsten Antwort sehen wirst.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Dein Partner gibt dir das Zeichen der "durchtrennten Kehle" und zeigt danach auf seinen Mund. Was solltest du daraufhin tun? **Ihm umgehend deine alternative Luftversorgung geben.***

Das Zeichen an sich bedeutet: "Ich brauche Luft". Es bezieht sich auf kein besonderes Verfahren. Eine alternative Luftversorgung wird jedoch als Standard-Ausrüstungsteil für alle Taucher betrachtet; und dies ist die einfachste Art, seine Luft mit jemandem zu teilen. Wechselatmung sollte nur dann notwendig sein, wenn der Spender unzureichend ausgerüstet ist und keine alternative Luftversorgung hat. Für den Fall, daß keine alternative Luftversorgung verfügbar ist, wäre die Wechselatmung natürlich eine geeignete Reaktion (abhängig von der Tiefe). Aber die alternative Luftversorgung ist immer die erste Reaktion auf einen "Ohne-Luft"-Notfall.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Du hast in 18 m Tiefe plötzlich keine Luft mehr. Du bemerkst, daß dein Partner ungefähr 6 m entfernt ist und dir keine Aufmerksamkeit schenkt. Was solltest du unter diesen Umständen tun? **Schwimme zu deinem Partner, lokalisier und sichere seine alternative Luftversorgung, und signalisier ihm dann, daß du keine Luft mehr hast.***

Einer der größten Vorteile der alternativen Luftversorgung

besteht darin, daß ein Taucher, der Luft benötigt, diese ohne Unterstützung des Spenders bekommen kann. Dies wird noch dadurch erleichtert, wenn der Spender den Schlauch deutlich markiert hat, so daß dieser auch erkannt werden kann, wenn man sich dem Spender von rückwärts nähert. Es sollte dir jedoch bewußt sein, daß manche alternativen Luftversorgungssysteme es erfordern, die Aufmerksamkeit des Spenders zu gewinnen, bevor man dessen alternative Luftversorgung nehmen kann. Dies gilt ganz besonders für die Geräte, die eine Doppelfunktion als Inflator und alternative Luftversorgung haben. In diesem Fall muß der Spender seinen eigenen Lungenautomaten anbieten und selbst die alternative Luftversorgung benutzen. Dies erfordert natürlich, daß der Spender informiert ist und kooperiert.

#### Lernziel 4.4

Nenne mindestens zwei Faktoren, die das Suchmuster für eine Suche unter Wasser bestimmen.

##### Richtig:

- Sicher gewußt  
 Erraten

##### Falsch:

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Nenne zwei Faktoren, die das Suchmuster bestimmen, wenn du eine Unterwassersuche durchführst.*
  - a. Die vorhandenen Umgebungsbedingungen: Beurteile die Sichtweite und ob eine Strömung vorhanden ist.
  - b. Die Größe des Objektes, das gefunden werden soll: Es stehen unterschiedliche Suchmuster zur Verfügung, je nachdem, ob du einen Diamantring oder ein gesunkenes Schiff suchst.

##### Richtig:

- Sicher gewußt  
 Erraten

##### Falsch:

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Welche zwei natürlich auftretenden Phänomene können als Navigationshilfe benutzt werden, wenn du dich nahe der Küste befindest.*
  - a. Sandriefen, die für gewöhnlich parallel zur Küstenlinie verlaufen.
  - b. Änderungen der Wassertiefe, die anzeigen, ob du dich auf die Küste zu oder von der Küste weg bewegst.

#### Lernziel 4.5

Nenne die exakteste Methode zur Entfernungsmessung unter Wasser, ohne die Verwendung eines kalibrierten Meßinstrumentes.

##### Richtig:

- Sicher gewußt  
 Erraten

##### Falsch:

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Nenne zwei Methoden zur Entfernungsmessung unter Wasser, die nicht die Verwendung eines kalibrierten Meßinstrumentes erfordern.*
  - a. Spannweite der Arme
  - b. Flossenschlag-Zyklen

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Welche dieser beiden Methoden ist die genaueste?*

Die Spannweite der Arme ist, wegen der Möglichkeit, den Abstand zwischen deinen Armen präzise zu messen, die genaueste Methode. Indem du dir diesen Abstand merkst, bist du in der Lage, unter Wasser Entfernungen genau zu messen. Flossenschlag-Zyklen und die verstrichene Zeit beim Schwimmen unter Wasser eignen sich nur für grobe Schätzungen. Zu viele umgebungsbezogene und physikalische Faktoren können diese Methoden beeinflussen, als daß man sie mit einem hohen Genauigkeitsgrad anwenden könnte.

**Lernziel 4.6**

Nenne die Richtlinien für den maximalen negativen Auftrieb eines Objektes, falls dieses ohne einen Hebesack geborgen werden soll.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (c) *Ein Taucher trägt ein Tarierungsjacket mit einem Auftrieb von 18 kg. Er findet einen Anker, ist aber nicht in der Lage, ihn zu heben, außer er füllt sein Jacket vollständig. Was sollte der Taucher unter diesen Umständen tun? **Den Anker am Grund lassen und später mit einem Hebesack zurückkehren.***

Das ist der einzige sichere Weg, der durch das Gewicht des Objekts bestimmt wird. Die Regel besagt, daß ein Hebesack immer dann benutzt werden soll, wenn das Objekt, das gehoben werden soll, mehr als 5 kg negativen Auftrieb hat. Es wäre töricht zu versuchen, ein schwereres Objekt mit Hilfe unseres Tarierungsjackets an die Oberfläche zu bringen, da die Gefahr eines unkontrollierten Aufstiegs besteht, falls das Objekt fallen gelassen wird. Auch wirst du wahrscheinlich beide Hände benötigen, um das Objekt festzuhalten, wenn es sehr schwer ist. Das erschwert das Bedienen des Jackets. Kein Objekt ist es Wert, dein Leben zu gefährden. Wenn du nicht geeignet ausgerüstet bist, um das Objekt zu heben, dann markiere es mit einer Boje, und komme später zurück.

**Lernziel 4.7**

Zähle die vorgeschlagene Mindestausrüstung für die Durchführung von Nachttauchaktivitäten auf.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. Beim Nachtauchen ist eine der wichtigsten Eventualitäten, für die du planen mußt: "Was ist, wenn meine Lampe ausfällt?" Wie sollten Taucher sich auf diese Situation vorbereiten?

Es wird empfohlen, daß Taucher für einen Nachttauchgang drei grundlegende Teile als Unterwasserbeleuchtung mit sich führen. 1) Eine Hauptlampe: Diese sollte idealerweise aus einer Stromquelle mit mindestens 6 V gespeist werden und einen vernünftigen Leuchtwinkel haben. 2) Eine Reserve- lampe: Diese sollte klein und leicht zugänglich sein, aber über ausreichende Leuchtkraft verfügen, um, falls notwendig, als Hauptlichtquelle zu dienen. 3) Ein chemischer Leuchtstab: Die anderen Lampen sind mechanisch, und als solche sind sie der Gefahr eines Energieverlustes oder Wassereintruchs ausgesetzt. Ein chemisches Licht ist keiner dieser Gefahren ausgesetzt. In dem extrem unwahrscheinlichen Fall, daß beide Lampen versagen und du zudem von deinem Partner getrennt wirst, ermöglicht das chemische Licht es deinem Partner, anderen Tauchern oder einer Aufsicht an der Oberfläche, dich zumindest zu lokalisieren.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Jeder Taucher sollte zwar eine Hauptlampe haben, beim Nachttauchen muß jedoch nur einer der beiden Partner die geforderte Reserve- lampe haben. **Falsch.***

Unabhängig davon, wie gut du einen Tauchgang planst, kann es immer zu einer Trennung vom Partner kommen. In diesem Fall muß jeder Taucher darauf vorbereitet sein, mit der Möglichkeit zurecht zu kommen, daß beide Lampen, die Hauptlampe und die Reserve- lampe, ausfallen. Deswegen müssen beim Nachttauchen beide Partner eine Hauptlampe, eine Reserve- lampe und einen chemischen Leuchtstab haben.

**Lernziel 4.8**

Nenne die maximale Höhe, oberhalb der für den Gebrauch der meisten Tauchtabellen spezielle Verfahren erforderlich sind, und erkläre, warum das Tauchen in größerer Höhe solche speziellen Überlegungen erfordert.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Die meisten Tauchtabellen, der *Recreational Dive Planner* eingeschlossen, sind nicht dafür entwickelt, in einer Höhe von mehr als **300 Metern** benutzt zu werden.*

Bei der Entwicklung von Tauchtabellen wird gewöhnlich davon ausgegangen, daß der Taucher seinen Abstieg auf Meereshöhe beginnt, wo der Luftdruck 1 bar beträgt. Deswegen basieren alle Berechnungen, die für die Erstellung der Tabelle angewandt wurden, darauf, daß der Taucher wieder zu einem Luftdruck von 1 bar aufsteigt. Wenn man in größerer Höhe taucht, beginnt der Taucher seinen Abstieg bei einem Luftdruck, der, abhängig von der Höhe, irgendwo unter 1 bar liegt. In diesem Fall sind die Berechnungen der

auf Meereshöhe basierenden Tabellen ungültig, weil diese davon ausgehen, daß der Taucher seinen Tauchgang bei einem höheren Druck (1 bar) beginnt und beendet. Für die meisten Tabellen - auch für den *Recreational Dive Planner* - gibt es spezielle Verfahren, um dies zu berücksichtigen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) *Spezielle Verfahren sind für das Tauchen in größerer Höhe erforderlich, weil der Partialdruck des Stickstoffs geringer ist, da der Umgebungsdruck reduziert ist.*

Denke daran, Luft ist Luft, unabhängig von der Tiefe. Die Prozentsätze der Gase darin - 79 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff - verändern sich nicht. Wenn jedoch der absolute Umgebungsdruck in der Höhe sinkt, verringert sich auch der entsprechende Partialdruck jedes Gases. Auf Meereshöhe, z.B., ist der Umgebungsdruck 1 bar. Wenn der Stickstoffanteil an der Atmosphäre 79 % beträgt, dann ist sein Partialdruck 0,79 bar (1 bar x 79 % = 0,79 bar). Wenn in einer Höhe von 3000 m der Umgebungsdruck 0,68 bar ist und der Stickstoffanteil immer noch 79 % beträgt, dann ist der Partialdruck in dieser Höhe 0,54 bar (0,68 bar x 79 % = 0,54 bar). Eine ausführlichere Erklärung dieser Druckänderung wird in der Besprechung von Lernziel 3.14 im vorhergehenden Kapitel über "Tauchausrüstung" geliefert. Du kannst diesen Stoff wiederholen, um ein vollständigeres Verständnis der Zusammenhänge beim Tauchen in größerer Höhe zu bekommen.

**Lernziel 4.9**

Erkläre, warum ein bewußtloser, nicht atmender Taucher, während er zum Ufer transportiert wird, beatmet werden soll, und zwar selbst dann, wenn ein Herzstillstand vermutet wird.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Du entdeckst einen bewußtlosen Taucher an der Oberfläche. Du entfernst den Bleigurt des Opfers und versuchst, den Puls des Opfers zu überprüfen. Wenn es nicht möglich ist einen Puls zu erkennen, solltest du umgehend damit beginnen, das Opfer so schnell wie möglich zum Ufer zu bringen. Falsch.*

Du kannst niemals völlig sicher sein, ob ein Puls vorhanden ist oder nicht, wenn du ihn im Wasser überprüfst. Du trägst vielleicht Handschuhe oder du hast, bedingt durch den Anzug des Tauchers, Schwierigkeiten die Carotis-Arterie zu finden. Selbst wenn du die Arterie findest, ist es möglich, daß du den Puls, bedingt durch die verringerte Empfindlichkeit deiner Finger, die längere Zeit im Wasser waren, nicht feststellen kannst. Deswegen solltest du dich mit dem Kontrollieren des Pulses überhaupt nicht aufhalten, solange du



im Wasser bist. Gehe einfach davon aus, daß ein bewußtloser, nicht atmender Taucher einen Puls hat. Konzentriere dich darauf, den Taucher zur weiteren Hilfe zu transportieren und ihn dabei angemessen zu beatmen.

**Lernziel 4.10**

Nenne das Verhältnis Kompressionen zu Beatmungen bei der Einhelfer-Methode der HLW.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. *Bei der Durchführung der Einhelfer-Methode der HLW sollte die Kompressionsrate so schnell sein, wie es der Retter durchhalten kann. **Falsch.***

Die Kompressionsrate muß ausreichen, um den Kreislauf des Opfers künstlich aufrechtzuerhalten, unabhängig davon, wozu der Retter in der Lage ist. Diese Rate beträgt 80-100 Kompressionen pro Minute. Auch wenn ein Retter in der Lage sein kann, am Anfang eine höhere Rate aufrechtzuerhalten, ist es zweifelhaft, ob diese beibehalten werden kann. Deswegen sollte sich der Retter darauf konzentrieren, eine Kompressionsrate von 80-100 aufrechtzuerhalten. Eine gute Möglichkeit, dies zu beurteilen, ist es, etwas schneller als einmal pro Sekunde zu komprimieren.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. *Bei der Einhelfer-Methode der HLW beträgt das Verhältnis Kompressionen zu Beatmungen **15 Kompressionen, gefolgt von 2 Beatmungen.***

Bei der Zweihelfer-Methode der HLW gilt meist ein anderes Verfahren. Die Zweihelfer-Methode der HLW ist jedoch eine fortgeschrittene Lebensrettungstechnik, die gewöhnlich in Erste-Hilfe-Grundkursen wie Medic First Aid nicht gelehrt wird.

**Lernziel 4.11**

Erkläre, welche Maßnahmen bei einem beinahe ertrunkenen Opfer zu ergreifen sind.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. *Angenommen, du bist an der Rettung eines bewußtlosen Tauchers beteiligt. Du bringst das Opfer an das Ufer, und es beginnt von alleine wieder zu atmen und zeigt erste Reaktionen. Einige Minuten später scheint die Person voll bei Bewußtsein und klarem Verstand zu sein. Verwirrt durch den Unfall sagt die Person, daß sie sich gut fühlt und nach Hause gebracht werden möchte. Was würdest du tun?*

Häufig erscheinen beinahe ertrunkene Opfer erholt, um nur ein paar Stunden später tot aufgefunden zu werden. Dieses Phänomen wird als "zweites Ertrinken" bezeichnet und erfordert ein Verständnis von der Physiologie der Lunge.

In der Lunge befindet sich eine oberflächenaktive Substanz, die als "Surfactant" bezeichnet wird. Diese Substanz verhindert das Zusammenfallen der Alveolen in der Lunge; aber falls diese zusammenfallen, verhindert sie deren Zusammenkleben. Wenn eine Person von einem "Beinahe-Ertrinken"-Unfall betroffen war und sie auch nur eine geringe Menge Wasser eingeatmet hat, kann etwas von diesem Schutzfilm verdünnt oder ausgewaschen sein. Wenn das "Surfactant" einmal entfernt ist, kann es zum Kollaps der Alveolen kommen, diese können geschlossen bleiben, und es kann zur Ödembildung kommen (die Alveolen füllen sich mit Flüssigkeit). Dies ist eine fortschreitende Fehlfunktion der Lunge, die Stunden benötigt, bis sie sich als Problem zeigt. Es ist zwingend erforderlich, daß dieser Zustand medizinisch überwacht wird. Folglich muß jede Person, die von einem "Beinahe-Ertrinken"-Unfall betroffen war, in ein Krankenhaus, auch wenn sie erholt erscheint und sich "prima fühlt". (Mehr über dieses "Surfactant"-Thema wurde in Kapitel Zwei, "Physiologie", besprochen; siehe Lernziel 2.15)

**Lernziel 4.12**

Erkläre, welche Maßnahmen bei einem/r Taucher/in mit Dekompressionskrankheit oder Lungenüberdehnungsverletzung zu ergreifen sind, und unter welchen Umständen der Taucher zur Rekompensation zurück unter Wasser gebracht werden sollte.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (a) *Die Erste Hilfe für einen Taucher, der unter der Dekompressionskrankheit leidet, besteht darin, ihm 100 %igen Sauerstoff zu verabreichen und ihn **auf die linke Seite zu legen, den Kopf unterstützt.***

Es hat sich gezeigt, daß die traditionelle Position "linke Seite unten, Kopf tiefer" ("Trendelenberg-Position") für Taucher keinen Nutzen hat, die unter der Dekompressionskrankheit leiden. Bei Lungenüberdehnungsverletzungen *kann* sie eine nützliche Auswirkung haben. (Sie muß natürlich beendet werden, wenn künstliche Beatmung oder HLW notwendig werden). Jedoch sollte sie selbst in eindeutigen Fällen von Lungenüberdehnungsverletzungen mit Vorsicht und nur unter Beachtung folgender Richtlinien benutzt werden: Die Position "linke Seite unten, Kopf tiefer" soll nur angewendet werden, wenn beim Patienten eine hohe Wahrscheinlichkeit auf eine Lungenüberdehnungsverletzung besteht. Sie soll nur in den ersten zwanzig Minuten nach dem Unfall benutzt und beendet werden, wenn der Patient sich unwohl zu fühlen beginnt oder die Anzeichen/Symptome sich verschlechtern. Wenn unklar ist, ob der Patient eine Dekompressionskrankheit oder eine Lungenüberdehnungsverletzung hat oder wenn irgendein Zweifel über ihre Anwendung bestehen, dann benutze die "Trendelenberg-Position" nicht. Patienten, die bei Bewußtsein sind, sollte geraten werden, während der

Ersten Hilfe oder während des Transports nicht aufrecht zu sitzen, bis sie von einem Arzt andere Anweisungen erhalten. (Dieses Verfahren ist neu und entspricht vielleicht nicht den Informationen, die du in älteren PADI Manuals und Büchern findest.)

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Während ihr nach einem Tauchgang auf 30 m beim Mittagessen sitzt, klagt dein Partner über Schmerz und Gefühllosigkeit in seinem rechten Arm. Du vermutest eine Dekompressionskrankheit. Da ihr jedoch auf einer abgelegenen Insel Urlaub macht, ist die nächste Druckkammer einige Stunden entfernt. Eine ausreichende Menge Sauerstoff befindet sich an Bord. Der Kapitän, der in der Bedienung einer Druckkammer geschult ist, schlägt vor, eine Rekompresseion im Wasser zu versuchen. Was wäre deine Empfehlung als Gruppenleiter?*

Bei dem vorhandenen Zustand und den Symptomen leidet der Taucher wahrscheinlich an einer Dekompressionskrankheit. Jedoch sollte er unter keinen Umständen für die Behandlung zurück ins Wasser gebracht werden. Die Behandlung wird einige Stunden dauern und es ist unwahrscheinlich, daß er seine Körpertemperatur so lange aufrechterhalten kann. Außerdem können sich seine Symptome bis zu einem Punkt verschlechtern, der eine medizinische Behandlung erfordert. Dies wäre unter Wasser sehr schwierig. Auch müssen den Opfern einer Dekompressionskrankheit während der Behandlung häufig verschiedene Flüssigkeiten und Medikamente intravenös verabreicht werden, was nicht unter Wasser erfolgen kann. Die Zeit ist besser genutzt, wenn der Transport zu einer geeigneten Druckkammer vorbereitet wird und während des Transportes Erste-Hilfe-Maßnahmen durchgeführt werden. Am allerwichtigsten ist es, daß der Taucher Sauerstoff atmet, mit einer Konzentration so nahe wie möglich an 100%.

**Lernziel 4.13**

Nenne mindestens drei übliche Anzeichen/Symptome für Verletzungen durch Lebewesen im Wasser.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Was sind fünf übliche Anzeichen/Symptome für Verletzungen durch Meereslebewesen?*
- Bewußtlosigkeit, Schwäche, Übelkeit
  - Örtliche Schwellungen, Entzündungen oder Striemen
  - Verwirrung
  - Sich ausbreitende Gefühllosigkeit
  - Lähmungen

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Was sind die empfohlenen Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verletzungen, die durch giftige Meereslebewesen verursacht wurden?*

Häufig denken sogar in Erster Hilfe ausgebildete Personen daran, im Falle einer solchen Verletzung Eis zu verwenden. Das ist genau das, was im Falle einer Verletzung, die durch ein giftiges Meereslebewesen verursacht wurde, *nicht* getan werden sollte. In diesem Fall sollte der betroffene Bereich, nachdem alle Fremdstoffen vorsichtig entfernt wurden, für mindestens 30 bis 90 Minuten in heißes Wasser (um die 50 °C) eingetaucht werden. Versuche, das Opfer so zu lagern, daß sich die Wunde niedriger als das Herz befindet. Behandle anschließend das Opfer auf Schock.

**Lernziel 4.14**

Erkläre, wie Gezeiten entstehen und warum die Tauchbedingungen bei "Stillwasser" am besten sind.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Die Gezeiten werden durch den Einfluss der Schwerkraft der **Sonne** und des **Mondes** verursacht, wobei der **Mond** die größeren Auswirkungen hat.*

Der Mond hat die größeren Auswirkungen, weil er der Erde wesentlich näher ist als die Sonne.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Warum ist die Sicht unter Wasser gewöhnlich bei Stillwasser am besten?*

Die Flut bringt gewöhnlich *frisches* und deswegen klareres Wasser mit sich. Wenn sie zum Stillstand kommt, können sich Schwebeteilchen leichter am Boden absetzen. Der Stillstand der Flut führt auch dazu, daß der Taucher beim Tauchen keiner Wasserbewegung ausgesetzt ist. Sei dir jedoch bewußt, daß diese allgemeine Faustregel unter ungewöhnlichen Bedingungen oder an ungewöhnlichen Orten keine Gültigkeit haben kann. Befrage immer einen Ortskundigen, wenn du an einem neuen Tauchplatz tauchst (PADI Orientierungstauchgang-Programm "Discover Local Diving").

**Lernziel 4.15**

Nenne unter Berücksichtigung der Richtung der Hauptmeeresströmungen ("Coriolis-Effekt") die Richtung dieser Strömungen in Relation zur Küstenlinie der Kontinente.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. *Die Hauptmeeresströmung an der Südwestküste Afrikas fließt in einer **Süd-Nord-Richtung**.*

Die Südwestküste von Afrika liegt in der südlichen Hemisphäre. Deswegen fließen die Hauptmeeresströmungen entgegen dem Uhrzeigersinn. Dies bringt kaltes Polarwasser aus der Antarktis nordwärts entlang der Küste.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. *Die Hauptmeeresströmung an der Küste Europas fließt in einer **Nord-Süd-Richtung**.*

Europa liegt in der nördlichen Hemisphäre, und seine Küstenlinie liegt im Westen. Da die Hauptmeeresströmungen sich im Uhrzeigersinn bewegen, fließen sie von Nord nach Süd.

**Lernziel 4.16**

Definiere den Begriff "Umgebungsorientierung" und erkläre, für wen eine solche Orientierung gedacht ist.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. *Was will das PADI-Programm "Discover Local Diving" erreichen, und wer darf es durchführen?*

Das PADI-Programm "Discover Local Diving" ist eine begleitete U/W-Tour für brevetierte Taucher, um a) sie nach einer längeren Zeit, in der sie nicht getaucht sind, wieder an das Freiwasser zu gewöhnen und/oder b) ihnen eine Orientierung über eine ihnen unbekannt Tauchumgebung zu verschaffen. Das Programm soll Spaß machen, dabei sicher sein und über die örtlichen Tauchbedingungen, interessante Dinge und mögliche Gefahren informieren. Während des Tauchgangs erfolgt eine Orientierung über spezielle Verfahren und Taughtechniken für das betreffende Tauchgebiet. Nach dem Tauchgang gibt es eine "Discover Local Diving"-Marke zum Einkleben in das Logbuch. Datum und Tauchplatz werden darauf vermerkt. Weil das Programm *keine* Beurteilung von Tauchfertigkeiten beinhaltet, kann es von jedem "zertifizierten Assistenten", der seine Mitgliedschaft bei PADI verlängert hat und im Besitz einer professionellen Haftpflichtversicherung ist (falls erforderlich), durchgeführt werden.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Wegen ihres hohen Maßes an Erfahrung und Qualifikation benötigen Tauchlehrer keine Orientierung über die Umgebung, wenn sie ein neues Tauchgebiet besuchen. Falsch.*  
 Ein/e Tauchlehrer/in sollte, so wie jeder andere Taucher auch, immer die Teilnahme an einem PADI Orientierung-Tauchgang im Rahmen des "Discover Local Diving"-Programms erwägen, wenn er/sie plant, in einer neuen Umgebung zu tauchen. Obwohl Tauchlehrer selbstverständlich einen hohen Wissensstand haben, so haben sie normalerweise jedoch nicht immer *praktische* Erfahrung mit *jeder* Art von Tauchumgebung. Gerade wenn sie das theoretische Wissen haben, um an einem Ort zu tauchen, den sie persönlich nicht kennen, wird ein Orientierungstauchgang ihnen die praktischen Fertigkeiten vermitteln, die sie zum Tauchen brauchen.

**Lernziel 4.17**

Zähle mindestens drei Richtlinien auf, welche Taucher befolgen sollten, um die Unterwasserwelt schützen zu helfen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Nenne fünf Richtlinien, die Taucher befolgen sollten, um die Unterwasserwelt schützen zu helfen.*
- Sporttaucher betreiben U/W-"Jagd" nur mit ihrer Kamera.
  - Kenne und befolge die örtlichen Schutzgesetze.
  - Halte Taucher dazu an, keine Korallen oder andere wirbellose Tiere zu berühren oder in irgendeiner Art zu belästigen.
  - Mißbillige die Praxis, Seeigel an Fische zu verfüttern.
  - Halte Taucher dazu an, keine Felsbrocken/Steine zu bewegen oder andere Behausungen von U/W-Lebewesen zu beschädigen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Was ist das Projekt A.W.A.R.E.?*  
 In Anerkennung der Tatsache, daß die Unversehrtheit der U/W-Welt von zentraler Bedeutung für das Tauchen und die Tauchbranche ist, rief PADI ein großes Programm zur Förderung des öffentlichen Bewußtseins ins Leben. Mit dem Titel A.W.A.R.E. (Aquatic World Awareness, Responsibility and Education - auf Deutsch etwa: *Bewußtsein, Verantwortung und Erziehung für die Belange der Unterwasserwelt*) stellt das Programm PADI's 10-Jahresplan dar, um zu helfen, die U/W-Welt zu schützen und zu bewahren. Angefangen bei ausführlichen Thematisierungen in PADI's

diversen Veröffentlichungen, bis hin zu der Einführung einer neuen Publikations-/Videoreihe zum Thema "Umweltbewußtes Tauchen" (vgl. das Video "Peak Performance Buoyancy" zum Thema "Tariierung"), wird dieses Engagement für eine verbesserte Tauchausbildung und -weiterbildung sowie ein erweitertes Bewußtsein für die U/W-Welt im Zentrum von PADI's Aktivitäten in den 90er Jahren stehen.

**Lernziel 4.18**

Nenne die wichtigste Tauchfertigkeit zur Vermeidung von Beschädigungen der Unterwasserwelt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. *Welche einzelne Tauchfertigkeit ist am wichtigsten, um Beschädigungen der Unterwasserwelt zu vermeiden?*

Richtige Tariierung ist die wichtigste Tauchfertigkeit, um Beschädigungen der Tauchumgebung zu vermeiden. Viele Taucher glauben, daß der Nutzen guter Tariierungsfertigkeiten einzig darin besteht, daß sie Energie sparen, indem sie ihre Ausrüstung für sich arbeiten lassen. Jedoch wird der Taucher dadurch, daß er lernt, die richtige Bleimenge zu tragen und sein Jacket richtig zu bedienen, jeden unbeabsichtigten Kontakt mit der Umgebung vermeiden. Dies wird uns ein gutes Stück voranbringen dabei zu helfen, die empfindliche Unterwasserwelt zu bewahren.

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. *Nenne einige andere Möglichkeiten, mit denen der Taucher durch die Art und Weise, wie er taucht, Beschädigungen an der Unterwasserwelt vermeiden kann.*

Zusätzlich zur richtigen Tariierung gibt es verschiedene Möglichkeiten, durch die der Taucher helfen kann, die Unterwasserwelt zu schützen: 1) Trage nicht mehr Blei als notwendig. 2) Vermeide das Berühren von Korallen und anderer wirbelloser Tiere. (Um dies zu betonen, raten manche Tauchbasen sogar davon ab, Handschuhe zu benutzen.) 3) Halte deine Ausrüstung so stromlinienförmig wie möglich, und achte auf herabhängende Schläuche, Schnallen und andere Dinge, die mit dem Boden in Berührung kommen könnten. 4) Achte sorgfältig darauf, daß du beim Schwimmen mit deinen Flossen nicht gegen Korallen oder andere Behausungen der Lebewesen im Wasser trittst.

# Kapitelanalyse

Ermittle alle Punkte aus diesem Lösungsteil, die als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" markiert sind. Diese Punkte stellen wichtige Informationen oder Zusammenhänge dar, die du noch nicht richtig verstanden hast. Markiere unten alle Lernziele, die einen Punkt enthalten, den du als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" gekennzeichnet hast. Diesen Abschnitt durcharbeiten, ist ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung deines Verständnisses für die Allgemeinen Fertigkeiten und die Tauchumgebung.

	Sicher gewußt	Erraten	Summe
<b>Richtige Antworten</b>			

	Einfacher Fehler	Wissenslücke	Summe
<b>Falsche Antworten</b>			

## Zu überarbeitende Lernziele:

- |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 4.1  | <input type="checkbox"/> 4.2  | <input type="checkbox"/> 4.3  | <input type="checkbox"/> 4.4  | <input type="checkbox"/> 4.5  | <input type="checkbox"/> 4.6  |
| <input type="checkbox"/> 4.7  | <input type="checkbox"/> 4.8  | <input type="checkbox"/> 4.9  | <input type="checkbox"/> 4.10 | <input type="checkbox"/> 4.11 | <input type="checkbox"/> 4.12 |
| <input type="checkbox"/> 4.13 | <input type="checkbox"/> 4.14 | <input type="checkbox"/> 4.15 | <input type="checkbox"/> 4.16 | <input type="checkbox"/> 4.17 | <input type="checkbox"/> 4.18 |





# Kapitel Fünf

## Der Recreational Dive Planner

Eine sichere Tauchgangsplanung muß die Vermeidung der Dekompressionskrankheit berücksichtigen.

Deswegen ist die Fähigkeit, eine Tauchtafel richtig zu benutzen, eine der wichtigsten Fertigkeiten, die ein/e Taucher/in besitzen muß. Als PADI-Taucher/in solltest du wissen, wie man den *Recreational Dive Planner* benutzt, um Wiederholungstauchgänge zu planen, und wie man bestimmte Tabellenregeln anwendet. Wegen seiner Multilevel-Fähigkeit und anderer Vorteile solltest du auch mit dem "Wheel" vertraut sein.

Nur zu wissen, wie man den *Recreational Dive Planner* benutzt, ist jedoch nicht genug. Du solltest auch seine theoretischen Grundlagen verstehen. Was, z.B., sind die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen dem Recreational Dive Planner und anderen Tabellen? Welche Vorteile hat der Recreational Dive Planner gegenüber anderen Tabellen? Dies sind nur einige wenige Punkte, die du wissen mußt, um den ganzen Nutzen und das Verständnis für dieses Thema zu haben.

In diesem Kapitel werden wir wiederholen, wie die beiden Versionen des *Recreational Dive Planner* verwendet werden; und du wirst Gelegenheit haben, die Regeln für eine Notfalldekompression, das Fliegen nach dem Tauchen, eine ausgelassene Dekompression sowie die speziellen Verfahren für die Planung von mehrfachen Wiederholungstauchgängen anzuwenden. Wir werden auch einige wichtige, theoretische Fragen untersuchen, um sicherzustellen, daß du nicht nur verstehst, *wie* der *Recreational Dive Planner* funktioniert, sondern auch, *warum* er funktioniert.

### Lernziel 5.1

Erkläre, warum die Oberflächenpausen-Tabelle des Recreational Dive Planner deutlich kürzere Oberflächenpausen enthält als die der US-Navy Tabelle und warum ein solcher Unterschied möglich ist.

### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, in dem eingerahmten Beitrag mit dem Titel "Der Recreational Dive Planner"
- *The Recreational Diver's Guide to Decompression Theory, Dive Tables and Dive Computers*, Kapitel Zwei
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Zum Verständnis der Tauchtafeln"

### Übungen:

1. Ein 60-Minuten-Kompartiment (theoretisches "Gewebe") benötigt \_\_\_\_\_ , um sich zu füllen oder zu leeren, während ein 120-Minuten-Kompartiment \_\_\_\_\_ benötigt.
  - a. 1 Stunde / 2 Stunden
  - b. 2 Stunden / 4 Stunden
  - c. 6 Stunden / 12 Stunden
  - d. 12 Stunden / 24 Stunden
  
2. Die US-Navy wählte ein 120-Minuten-Kompartiment, um ihre Oberflächenpausen-Tabelle zu kontrollieren, weil:
  - a. sie nicht wußte, daß andere Kompartimente verwendet werden können.
  - b. sie Tabellen entwickelte, die das Dekompressionstauchen ermöglichen.
  - c. ein besonderes Dekompressionsmodell benutzt werden mußte, da die meisten ihrer Tauchgänge von der Oberfläche aus mit Luft versorgt werden.
  - d. dies der einfachste Weg war, individuelle Unterschiede in der Physiologie zu berücksichtigen.
  
3. Der Recreational Dive Planner verwendet ein 60-Minuten-Kompartiment als Kontrollgewebe für seine Oberflächenpausen-Tabelle, weil:
  - a. seine Konzeption keine Sicherheitsfaktoren enthält.
  - b. seine Dekompressions-Stops kürzer sind als die der US-Navy Tabelle.
  - c. dies ein besserer Weg ist, individuelle Unterschiede in der Physiologie zu berücksichtigen.
  - d. das langsamere 120-Minuten-Kompartiment der US-Navy-Tabelle praktisch vernachlässigt werden kann, wenn Taucher die Nullzeitgrenzen nicht überschreiten.

#### Lernziel 5.2

Erkläre, was unter einem "Multi-Gewebe"-Dekompressionsmodell zu verstehen ist, und nenne die Anzahl der theoretischen "Gewebe", die bei der Erstellung des RDP verwendet wurden, im Vergleich zum Dekompressionsmodell der US-Navy-Tabelle.

#### Quelle:

- *Enzyklopädie*, Kapitel Zwei, unter der Überschrift "Stickstoff-Abbau"
- *The Recreational Diver's Guide to Decompression Theory, Dive Tables and Dive Computers*, Kapitel Eins
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Zum Verständnis der Tauchtabellen"

**Übungen:**

1. Die in einem Dekompressionsmodell verwendeten Kompartimente beziehen sich direkt auf spezifische Körpergewebe.

Richtig                       Falsch

2. Wenn der menschliche Körper hauptsächlich aus Wasser besteht, warum kann dann die Dekompressionstheorie nicht durch Verwendung eines "Ein-Gewebe"-Modells vereinfacht werden?

---

---

---

---

3. Beim Aufbau der U.S.-Navy Tabelle wurden \_\_\_\_\_ Kompartimente verwendet, um die Nullzeitgrenzen zu bestimmen. Bei der Bestimmung der Nullzeitgrenzen für den Recreational Dive Planner wurden \_\_\_\_\_ Kompartimente verwendet.

- a. 6 / 14  
 b. 6 / 6  
 c. 12 / 12  
 d. 6 / 34

4. Während zur Ermittlung der Nullzeitgrenzen sowohl für den Recreational Dive Planner als auch für die US-Navy-Tabelle mehrere Kompartimente verwendet wurden, wird als Kontrollgewebe für den Stickstoffabbau während der Oberflächenpause nur ein Kompartiment benutzt.

Richtig                       Falsch

**Lernziel 5.3**

Erkläre, warum es beim Tauchen oberhalb des Meeresniveaus notwendig ist zu wissen, in welcher Höhe der Tauchgang stattfindet.

**Quelle:**

- PADI's *Adventures in Diving - Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Tauchen in grösserer Höhe"
- PADI *Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Tauchen in grösserer Höhe"

**Übungen:**

1. Die dekompensationsbedingten Probleme beim Tauchen in größerer Höhe treten auf, weil der Taucher seinen Tauchgang \_\_\_\_\_ beginnt.  
 a. bei einem atmosphärischen Druck, der unter dem auf Meereshöhe liegt,  
 b. bei einem atmosphärischen Druck, der über dem auf Meereshöhe liegt,  
 c. mit einem geringeren prozentualen Stickstoffanteil als auf Meereshöhe  
 d. mit einem geringeren prozentualen Sauerstoffanteil als auf Meereshöhe
  
2. Um den Recreational Dive Planner in einer Höhe von 300 m (oder höher) zu verwenden, ist es nicht notwendig, die tatsächliche Tiefe in eine Meeresspiegel-äquivalente Tiefe umzurechnen, da die Konzeption des Recreational Dive Planner das Multilevel-Tauchen gestattet.  
 Richtig                       Falsch

**Lernziel 5.4**

Erkläre, weshalb Wiederholungsgruppen nicht notwendigerweise von einem Dekompensationsmodell / einer Tabelle auf ein/e andere/s übertragen werden können.

**Quelle:**

- *The Recreational Diver's Guide to Decompression Theory, Dive Tables and Dive Computers*, Kapitel Eins, Zwei und Sechs
- *PADI Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Tauchen in größerer Höhe"

**Übungen:**

1. Weil sie auf dem gleichen theoretischen Modell basieren, können Wiederholungsgruppen zwischen der Tabellen-Version des Recreational Dive Planner und dem "Wheel" ausgetauscht werden.  
 Richtig                       Falsch
  
2. Nach Verlassen des Wassers ermittelt ein Taucher, der den Recreational Dive Planner benutzt, daß er in Wiederholungsgruppe *J* ist. Ein anderer Taucher, der die US-Navy-Tabelle benutzt, ermittelt ebenfalls, daß er in Wiederholungsgruppe *J* ist. Ist es wahrscheinlich, daß die beiden Taucher annähernd das gleiche Tauchprofil haben? Erkläre deine Antwort.

---

---

---

---

**Lernziel 5.5**

Demonstriere unter Verwendung sowohl der Tabellen-Version des RDP wie auch des "Wheel", wie eine Nullzeitgrenze (NZG/NDL) gefunden wird, und nenne die Verfahren für eine Notfall-Dekompression sowie eine ausgelassene Dekompression.

**Quelle:**

- PADI *Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Spezielle Richtlinien und Verfahren beim Gebrauch des Recreational Dive Planner

Für die Tabellen-Version:

- PADI *Open Water Diver Manual*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Die Verwendung des Recreational Dive Planner"

Für das "Wheel":

- "Wheel" *Bedienungsanleitung und Studienanleitung*, Kapitel Zwei

**Übungen:**

- Ein Taucher plant einen Tauchgang auf 30 m für 20 Minuten. Er vergißt die Zeit und bemerkt, daß seine tatsächliche Grundzeit 24 Minuten beträgt. Welches der folgenden Verfahren sollte er in dieser Situation anwenden?
  - a. Sofort auf 5 m aufsteigen, einen Stop von 15 Minuten machen und 24 Stunden nicht tauchen.
  - b. Sofort auf 5 m aufsteigen, einen Stop von 8 Minuten machen und 6 Stunden nicht tauchen.
  - c. Sofort auf 5 m aufsteigen und einen Stop von 3 Minuten machen.
  - d. Sofort auftauchen, sich ausruhen, auf Anzeichen der Dekompressionskrankheit überwacht werden, 100 %igen Sauerstoff atmen und mindestens 24 Stunden nicht tauchen.
  
- Eine Taucherin plant einen Tauchgang auf 35 m für 13 Minuten. Beim Auftauchen entdeckt sie, daß sie ihr Zeitmeßinstrument falsch abgelesen hat. Tatsächlich war sie 21 Minuten in dieser Tiefe. Welches der folgenden Verfahren sollte sie in dieser Situation anwenden?
  - a. Sich wieder ins Wasser begeben, auf 5 m für 15 Minuten dekomprimieren und 24 Stunden nicht tauchen.
  - b. Sich wieder ins Wasser begeben, auf 5 m für 8 Minuten dekomprimieren und 6 Stunden nicht tauchen.
  - c. Aus dem Wasser bleiben, sich ausruhen, auf Anzeichen der Dekompressionskrankheit überwacht werden, 100 %igen Sauerstoff atmen und mindestens 24 Stunden nicht tauchen.
  - d. Sofort einen Arzt aufsuchen, zum Zwecke der Behandlung in einer Dekompressionskammer.
  
- Was ist beim Gebrauch der Tabellen-Version des RDP die Nullzeitgrenze für einen Tauchgang auf 27 m?  
 \_\_\_\_\_ Minuten

4. Was ist beim Gebrauch des "Wheel" die Nullzeitgrenze für einen Tauchgang auf 27 m?  
 \_\_\_\_\_ Minuten

**Lernziel 5.6**

Berechne unter Verwendung sowohl der Tabellen-Version des RDP wie auch des "Wheel" Tauchprofile für drei oder mehr Wiederholungstauchgänge, und demonstriere dabei die korrekte Anwendung der Richtlinien und Verfahren für: die Bestimmung einer Mindest-Oberflächenpause; die Durchführung von Sicherheits-Stops und die Anwendung der speziellen Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge (W/X-Y/Z-Regel)

**Quelle:**

Für die Tabellen-Version:

- PADI *Open Water Diver Manual*, Kapitel Vier, unter der Überschrift "Planung mehrfacher Wiederholungstauchgänge" und Kapitel Fünf, unter der Überschrift "Finden einer Mindest-Oberflächenpause mit dem Recreational Dive Planner"

Für das "Wheel":

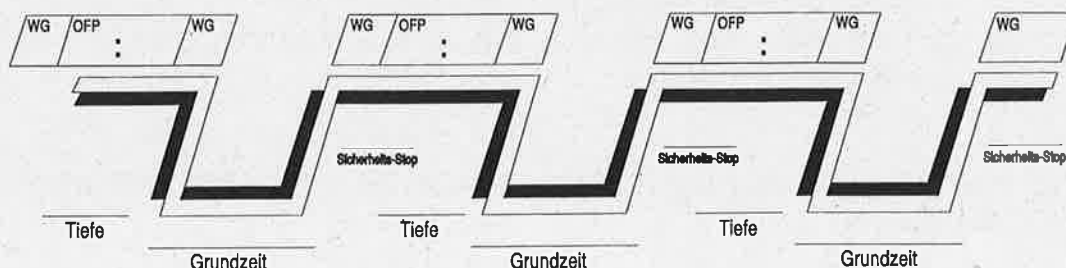
- "Wheel" *Bedienungsanleitung und Studienanleitung*, Kapitel Sechs und Sieben

**Übungen:**

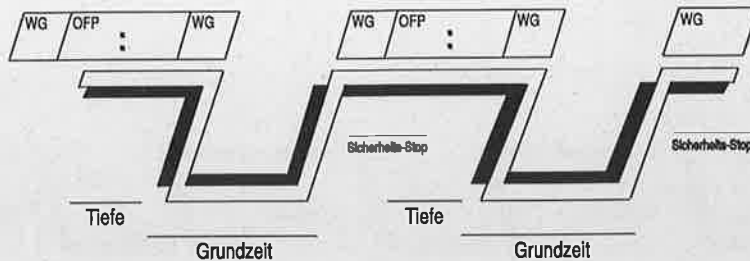
**Hinweis:** Du mußt die **Tabellen-Version** des Recreational Dive Planner benutzen, um die folgenden Fragen zu beantworten. Die Tauchprofile werden dir helfen, die Übersicht über deine Berechnungen zu behalten. Es wird empfohlen, daß du alle verwendeten Tiefen, Grundzeiten, Wiederholungsgruppen und erforderlichen Sicherheits-Stops einträgst.

1. Ein Taucher verläßt das Wasser um 10:45 Uhr nach einem Tauchgang von 21 Minuten auf 24 m. Um 11:15 Uhr macht er einen weiteren Tauchgang von 36 Minuten auf 18 m. Was ist die maximale Tiefe, in der er für mindestens 20 Minuten bleiben kann, wenn er einen dritten Tauchgang nach nur 2 Minuten Oberflächenpause machen möchte?

- a. 12 m
- b. 15 m
- c. 18 m
- d. Der dritte Tauchgang kann nach einer so kurzen Oberflächenpause nicht durchgeführt werden.

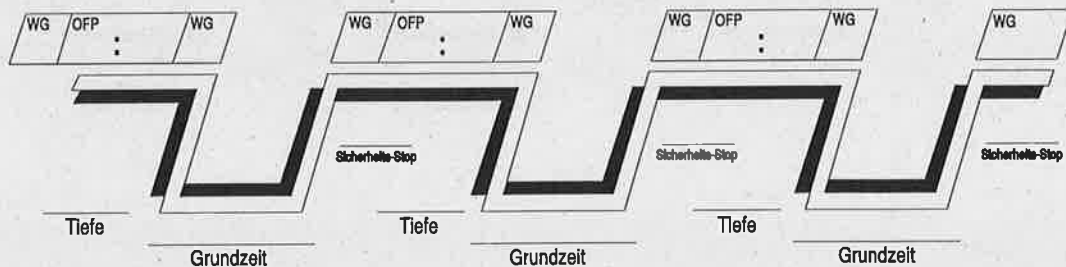


2. Eine Taucherin plant einen Tauchgang von 38 Minuten auf 20 m. Was ist ihre minimale Oberflächenpause, wenn sie genau das gleiche Profil wiederholen möchte?  
 \_\_\_\_\_ Minuten.



3. Ein Taucher plant eine Serie von drei Tauchgängen an einem Tag. Nimm an, er benutzt Mindest-Oberflächenpausen, befolgt alle Regeln des Recreational Dive Planner und taucht exakt die folgenden Profile: Tauchgang 1 - 24 m / 26 Minuten; Tauchgang 2 - 12 m / 85 Minuten; Tauchgang 3 - 11 m / 61 Minuten. Wie lange wird es, in Minuten, dauern, das gesamte Tauchprofil - vom Anfang bis zum Ende - durchzuführen? (Die Aufstiegszeit kann vernachlässigt werden.)

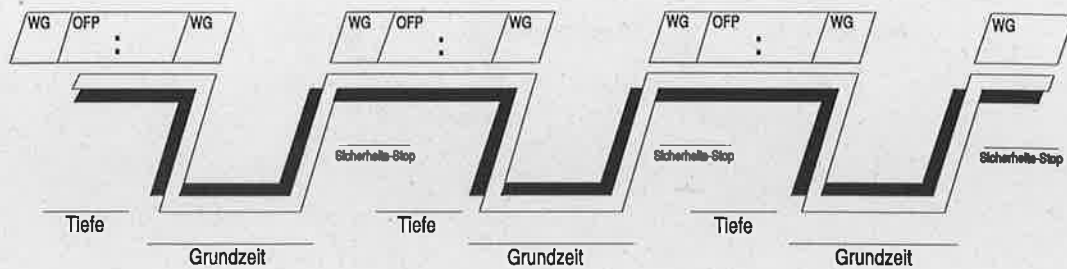
- a. 201 Minuten
- b. 210 Minuten
- c. 356 Minuten
- d. 362 Minuten



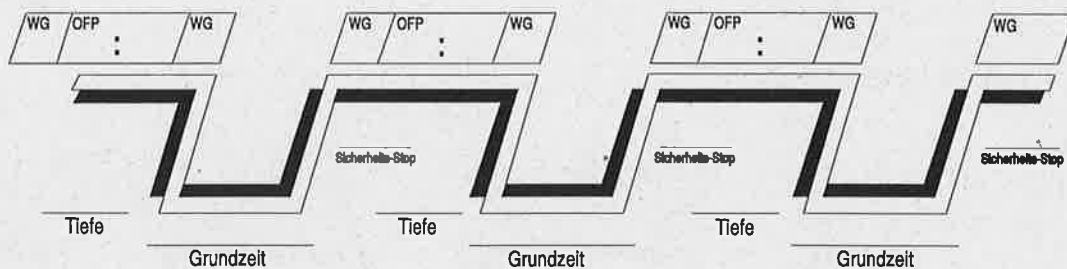
**Hinweis:** Du mußt das "Wheel" benutzen, um die folgenden Fragen zu beantworten. Die Tauchprofile werden dir helfen, die Übersicht über deine Berechnungen zu behalten. Es wird empfohlen, daß du alle verwendeten Tiefen, Grundzeiten, Wiederholungsgruppen und erforderlichen Sicherheits-Stops einträgst.



4. Eine Taucherin verläßt das Wasser um 13:30 Uhr nach einem Tauchgang von 34 Minuten auf 19 m. Sie steigt um 14:20 Uhr wieder ins Wasser und macht einen Tauchgang von 24 Minuten auf 17 m. Wann kann die Taucherin für einen Tauchgang von 40 Minuten auf 15 m wieder ins Wasser?  
 Nach \_\_\_\_\_ Minuten.



5. Ein Taucher verläßt das Wasser um 10:40 Uhr nach einem Tauchgang von 20 Minuten auf 28 m. Er steigt um 12:20 Uhr wieder ins Wasser und macht einen Tauchgang von 27 Minuten auf 19 m. Wann kann der Taucher für einen Tauchgang von 30 Minuten auf 17 m wieder ins Wasser?  
 Nach \_\_\_\_\_ Minuten.



**Lernziel 5.7**

Nenne die Empfehlungen für das Fliegen nach dem Tauchen, und demonstriere deren Anwendung.

**Quelle:**

- PADI's *Adventures in Diving - Fortgeschrittenes Training für Open Water Taucher*, Kapitel Drei und Vier, unter den Überschriften "Tieftauchen" und "Tauchen in größerer Höhe"
- PADI *Divemaster Manual*, Kapitel Sechs, unter der Überschrift "Fliegen nach dem Tauchen"
- "Wheel" *Bedienungsanleitung und Studienanleitung*, Ausgabe 1993, S. 98-99

**Übungen:**

1. Eine Taucherin verläßt das Wasser um 10:00 Uhr nach einem Tauchgang von 50 Minuten auf 18 m. Sie hat zuvor keine anderen Tauchgänge gemacht. Was ist der früheste Zeitpunkt, zu dem sie ihren Heimflug in einem Passagierflugzeug antreten sollte? [Gem. Empfehlungen Juni 1991, PADI *Training Bulletin I/92*]
  - a. 14:00 Uhr
  - b. 22:00 Uhr
  - c. Wenn sie Wiederholungsgruppe *D* erreicht hat.
  - d. 10:00 Uhr am nächsten Tag.
  
2. Ein Taucher war für eine Woche im Tauchurlaub, in dem er mehr als zwanzig Tauchgänge machte. Er verläßt das Wasser am letzten Tag um 12:00 Uhr mittags. Was ist der früheste Zeitpunkt, an dem der Taucher seinen Heimflug in einem Passagierflugzeug antreten sollte? [Gem. Empfehlungen Juni 1991, PADI *Training Bulletin I/92*]
  - a. 14:00 Uhr
  - b. 12:00 Uhr am nächsten Tag.
  - c. Wenn er Wiederholungsgruppe *D* erreicht hat.
  - d. *Später* als 00:00 Uhr (nach Mitternacht).
  
3. Nach dem Auftauchen stellt eine Taucherin fest, daß sie folgendes Profil getaucht ist: 23 Minuten auf 29 m. Was ist der früheste Zeitpunkt, zu dem sie ihren Heimflug antreten sollte? [Gem. Empfehlungen Juni 1991, PADI *Training Bulletin I/92*]
  - a. 12 Stunden nach Verlassen des Wassers.
  - b. *Später als* 12 Stunden nach Verlassen des Wassers.
  - c. 48 Stunden nach Verlassen des Wassers.
  - d. Nur nach Rücksprache mit einem Arzt

**Lernziel 5.8**

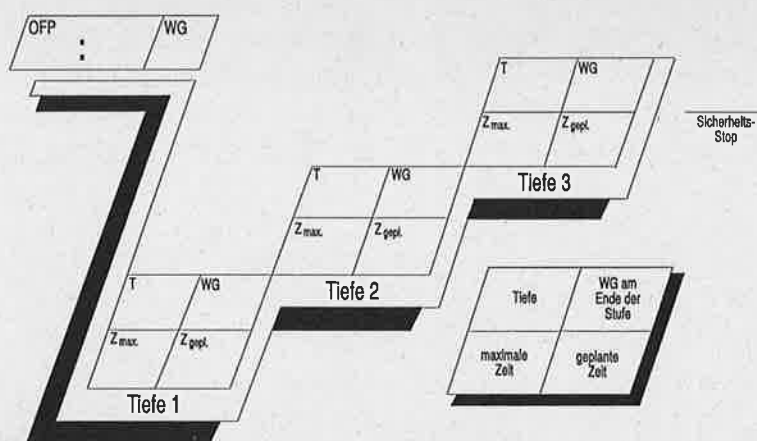
Demonstriere unter Verwendung des "Wheel" die Berechnung eines Multilevel-Tauchgangs.

**Quelle:**

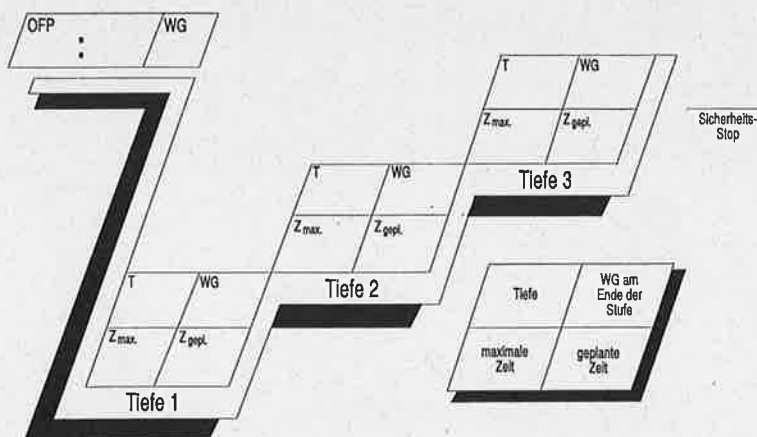
- "Wheel" *Bedienungsanleitung und Studienanleitung*, Kapitel Sieben

## Übungen:

1. Während eines Multilevel-Tauchgangs verbringt ein Taucher 10 Minuten auf 34 m. Was wird seine Nullzeitgrenze im flacheren Teil des Tauchgangs sein, wenn er dann auf 26 m aufsteigen möchte?
- a. 19 Minuten
- b. 21 Minuten
- c. 28 Minuten
- d. Der Tauchgang kann nicht wie geplant durchgeführt werden, weil er außerhalb der erlaubten Parameter für einen Multilevel-Tauchgang liegt.

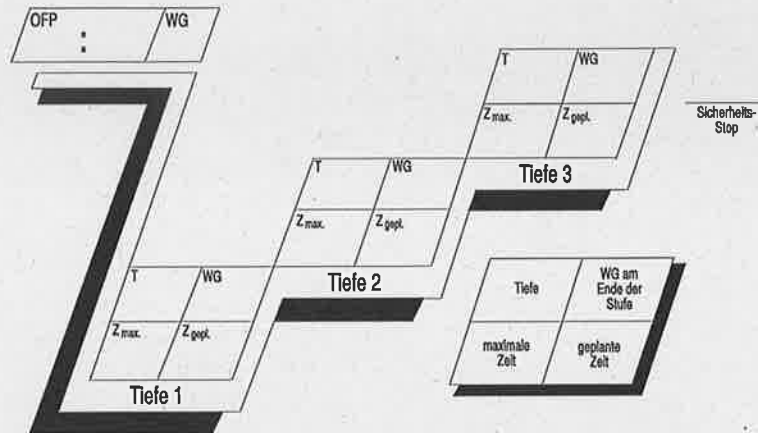


2. Eine Taucherin plant einen Multilevel-Tauchgang. Sie möchte 10 Minuten auf 34 m bleiben und dann für weitere 10 Minuten auf 24 m aufsteigen. In welcher Wiederholungsgruppe wird sie sich nach Verlassen des Wassers befinden?
- a. Gruppe *P*
- b. Gruppe *O*
- c. Gruppe *I*
- d. Der Tauchgang kann nicht wie geplant durchgeführt werden.



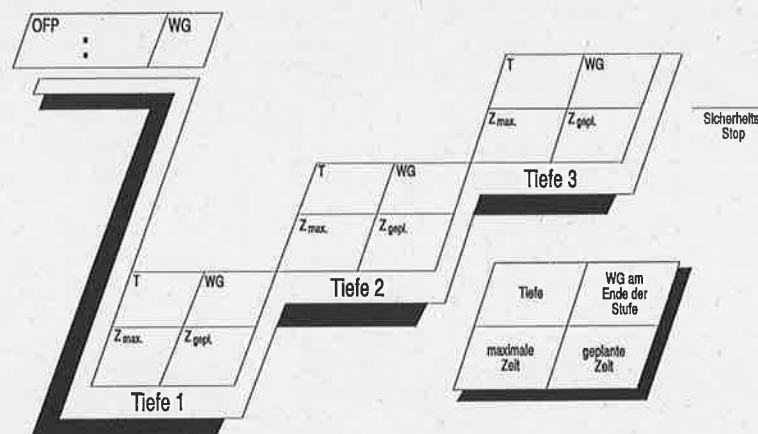
3. Ein Taucher plant einen Multilevel-Tauchgang. Er möchte 5 Minuten auf 34 m bleiben und dann für weitere 22 Minuten auf 24 m aufsteigen. In welcher Wiederholungsgruppe wird er sich nach Verlassen des Wassers befinden?

- a. Gruppe R
- b. Gruppe S
- c. Gruppe K
- d. Der Tauchgang kann nicht wie geplant durchgeführt werden, weil er außerhalb der erlaubten Parameter für einen Multilevel-Tauchgang liegt.



4. Während ihres Sicherheits-Stops stellt eine Taucherin fest, daß sie folgendes Profil getaucht ist: 15 Minuten auf 28 m und dann noch weitere 23 Minuten auf 18 m. Was sollte sie als Folge davon tun?

- a. Jeden Wiederholungstauchgang unter der Annahme planen, daß die Wiederholungsgruppe jeweils T ist.
- b. Auf der Sicherheitsstopp-Tiefe 8 Minuten bleiben, bevor sie auftaucht und 6 Stunden nicht tauchen.
- c. Auf der Sicherheitsstopp-Tiefe 15 Minuten bleiben, bevor sie auftaucht und 6 Stunden nicht tauchen.
- d. Sofort auftauchen, sich ausruhen, auf Symptome der Dekompressionskrankheit achten, 100 %igen Sauerstoff atmen und mindestens 6 Stunden nicht tauchen.





# Kapitel Fünf

## Lösungen

### Lernziel 5.1

Erkläre, warum die Oberflächenpausen-Tabelle des Recreational Dive Planner deutlich kürzere Oberflächenpausen enthält als die der US-Navy Tabelle und warum ein solcher Unterschied möglich ist.

#### Richtig:

- Sicher gewußt
- Erraten

#### Falsch:

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

1. (c) Ein 60-Minuten-Kompartiment (theoretisches "Gewebe") benötigt **6 Stunden**, um sich zu füllen oder zu leeren, während ein 120-Minuten-Kompartiment **12 Stunden** benötigt.

Der Begriff "Halbsättigungszeiten" wird einfach dazu verwendet, um das auszudrücken, was mathematisch mit einer "exponentiellen Beziehung" beschrieben wird. In unserer Besprechung der Dekompressionstheorie wird der Begriff verwendet, um zu beschreiben, wie schnell ein Kompartiment (ein theoretisches "Gewebe") sich mit Stickstoff füllt bzw. leert. So wird z.B. ein Kompartiment, von dem gesagt wird, es habe eine "5-Minuten-Halbsättigungszeit", innerhalb von 5 Minuten mit Stickstoff *halb gesättigt* sein, d.h. zu 50% (bzw. halb entsättigt sein). In 5 weiteren Minuten wird es zu 75% gesättigt sein (dies bedeutet "exponentielle Beziehung": 50% plus die Hälfte von 50% = 75%); in weiteren 5 Minuten zu 87,5% (75% plus die Hälfte der 25%-Zunahme); in weiteren 5 Minuten 93,75% (87,5% plus die Hälfte der 12,5%-Zunahme); in weiteren 5 Minuten 96,875%; und schließlich nach 6 Halbsättigungszeiten (d.h. nach insgesamt 6 x 5 Minuten = 30 Minuten) wird es als "voll", d.h. komplett gesättigt (bzw. "leer"/entsättigt) angesehen, bei 98,4375% Sättigung (mathematisch können volle 100% niemals erreicht werden). Daher wird sich ein 60-Minuten-Kompartiment innerhalb von 6 Stunden komplett sättigen bzw. entsättigen (6 x 60 Minuten = 360 Minuten = 6 Stunden), und ein 120-Minuten-Kompartiment innerhalb von 12 Stunden (6 x 120 Minuten = 720 Minuten = 12 Stunden).

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (b) *Die US-Navy wählte ein 120-Minuten-Kompartiment, um ihre Oberflächenpausen-Tabelle zu kontrollieren, weil sie Tabellen entwickelte, die das Dekompressionstauchen ermöglichen.*

Die Hauptfunktion der US-Navy-Tabelle war es, ihren Militärtauchern sicherere Dekompressionstauchgänge zu ermöglichen. Dabei wurde der US-Navy jedoch auch bewußt, daß mit der Entwicklung der "scuba"-Tauchgeräte auch Vorsorge für "Wiederholungstauchgänge" zu treffen war. [Hinweis: "scuba" steht für "self containing underwater breathing apparatus", zu deutsch: ein Tauchgerät, das keiner Luftversorgung von der Oberfläche bedarf, d.h. "Preßlufttauchgerät".] Dies bedeutete, daß Überlegungen anzustellen waren, wie schnell der Taucher während seines Aufenthalts an der Oberfläche zwischen den Wiederholungstauchgängen Stickstoff abbaute. Um dies zu berücksichtigen, entwickelte die US-Navy die "Surface Interval Credit Table", zu deutsch: die "Oberflächenpausentabelle" (= Tabelle 2). Um zu vermeiden, daß man eine Vielzahl solcher Tabellen entwickeln müßte, je nachdem, welches "Gewebe" den vorherigen Tauchgang "kontrollierte" (d.h. welches zuerst "voll" gesättigt war), wählte die US-Navy einen einfacheren Ansatz: sie entwickelte nur *eine* Tabelle, die auf nur *einem einzigen* "Gewebe" basierte. Die Bestimmung, welches "Gewebe" zu nehmen war, war einfach. Da ihre Tabelle das Dekompressionstauchen ermöglichen sollte - sogar Wiederholungstauchgänge als Dekompressionstauchgänge - mußten sie das langsamste Kompartiment als "Kontrollgewebe" für ihr Modell wählen. Dies war das 120-Minuten-Kompartiment, das 12 Stunden benötigt, um sich "voll" mit Stickstoff zu sättigen bzw. zu entsättigen. Dies erklärt, weshalb es bis zu 12 Stunden dauern kann, um bei Gebrauch der US-Navy-Tabelle den überschüssigen Stickstoff des vorherigen Tauchgangs abzubauen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (d) *Der Recreational Dive Planner verwendet ein 60-Minuten-Kompartiment als Kontrollgewebe für seine Oberflächenpausen-Tabelle, weil das langsamere 120-Minuten-Kompartiment der US-Navy-Tabelle praktisch vernachlässigt werden kann, wenn Taucher die Nullzeitgrenzen nicht überschreiten.*

Als Dr. Ray Rogers die Konzeption für das Modell des Recreational Dive Planner entwickelte, wurde ihm bewußt, daß *Sport-Taucher* (d.h. *Nullzeit-Taucher*) fast niemals in Situationen kommen, in denen das 120-Minuten-Kompartiment ihren Dekompressionszustand kontrolliert. Nur Taucher, die ihre Nullzeitgrenzen überschreiten, kontrolliert

ein solch langsames "Gewebe" den Entsättigungszustand. Somit konnte Dr. Rogers der Oberflächenpausentabelle des Recreational Dive Planner ein schnelleres "Gewebe" zugrunde legen. Die Frage lautete damit: Welches Kompartiment war zu wählen? Durch Computeranalysen stellte er fest, daß das 60-Minuten-Kompartiment ausreichte, um 98% aller Tauchgänge von Sporttauchern zu kontrollieren. Um sämtliche Möglichkeiten zu erfassen - einschließlich sehr langer (Nullzeit-)Grundzeiten in geringer Tiefe - wurde die spezielle Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge entwickelt (W/X-Y/Z-Regel).

**Lernziel 5.2**

Erkläre, was unter einem "Multi-Gewebe"-Dekompressionsmodell zu verstehen ist, und nenne die Anzahl der theoretischen "Gewebe", die bei der Erstellung des RDP verwendet wurden, im Vergleich zum Dekompressionsmodell der US-Navy-Tabelle.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Die in einem Dekompressionsmodell verwendeten Kompartimente beziehen sich direkt auf spezifische Körpergewebe. **Falsch.***

Dies ist eine weitverbreitete falsche Vorstellung bezüglich der Konzeption einer Tauchtabelle. Kompartimente sind lediglich mathematische "Formeln". Sie lassen sich nicht "1:1" mit tatsächlichen Körpergeweben in Beziehung setzen. Daher bevorzugen Physiologen, die an Tauchtabellen arbeiten, den Begriff *Kompartimente* statt "Gewebe", und man kann sie höchstens als "theoretische Gewebe" bezeichnen. Indem man den Körper gedanklich in Kompartimente einteilt, ist dies einfach als Versuch anzusehen, zu beschreiben und vorherzusagen, was wahrscheinlich hinsichtlich des Sättigungs- bzw. Entsättigungszustandes passieren wird. Tatsächlich weiß man noch nicht einmal, ob irgendeines der (mathematischen) Modelle, die für die Konzipierung von Tauchtabellen verwendet werden, irgendeine tatsächliche physiologische Grundlage hat.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Wenn der menschliche Körper hauptsächlich aus Wasser besteht, warum kann dann die Dekompressionstheorie nicht durch Verwendung eines "Ein-Gewebe"-Modells vereinfacht werden?*

Obgleich der menschliche Körper hauptsächlich aus Wasser besteht, sind unsere Körpergewebe, gemessen an Wasser, höchst komplex. Wieviel Gas absorbiert und welche Zeit dafür benötigt wird, hängt von zwei Faktoren ab: Vom Typ



Gewebe, das betroffen ist sowie von der Durchblutung des Gewebes. Dies macht die Entwicklung eines Sättigungs-/Entsättigungsmodells für Menschen weitaus schwieriger, als die Gasaufnahme/-abgabe in Wasser zu beschreiben. Eine ausgezeichnete Erklärung des Phänomens findet sich im Randspaltenartikel "Ursprung und Wachstum von Gasblasen im menschlichen Körper" in Kapitel Zwei der *Enzyklopädie*.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (a) *Beim Aufbau der U.S.-Navy Tabelle wurden 6 Kompartimente verwendet, um die Nullzeitgrenzen zu bestimmen. Bei der Bestimmung der Nullzeitgrenzen für den Recreational Dive Planner wurden 14 Kompartimente verwendet.*

Die US-Navy entwickelte ihre Tabelle weitgehend ohne den Einsatz von Computern. Dies machte die Aufgabe schwierig und zeitaufwendig. Die Heranziehung von weniger Kompartimenten bedeutete weniger Zeitaufwand (obgleich die US-Navy-Tabelle ein Kompartiment mehr verwendet, als ursprünglich *Haldane* in seinem Modell benutzte). Das Modell des Recreational Dive Planner dagegen entstand völlig am Computer. Die für die Berechnungen verwendete Zahl an Kompartimenten war bezüglich Zeitaufwand oder Schwierigkeit unerheblich. Grundsätzlich bedeutet jedoch eine größere Zahl von Kompartimenten nicht unbedingt ein besseres Modell. Tatsächlich verwendet das kanadische DCIEM-Dekompressionsmodell lediglich vier Kompartimente (DCIEM = Defense and Civilian Institute for Environmental Medical). Mehr Einblick in Sättigungs-/Entsättigungsmodelle bietet das PADI-Buch *The Recreational Guide to Decompression Theory, Dive Tables and Dive Computers*.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. *Während zur Ermittlung der Nullzeitgrenzen sowohl für den Recreational Dive Planner als auch für die US-Navy-Tabelle mehrere Kompartimente verwendet wurden, wird als Kontrollgewebe für den Stickstoffabbau während der Oberflächenpause nur ein Kompartiment benutzt. **Richtig.***

Hinsichtlich der Entsättigung kontrolliert das langsamste Kompartiment den darauffolgenden Tauchgang. Die US-Navy-Tabelle verwendet das 120-Minuten-Kompartiment, der Recreational Dive Planner das 60-Minuten-Kompartiment, um den Abbau von Stickstoff zu berechnen. Vielleicht willst du zum besseren Verständnis dieser Zusammenhänge nochmals Lernziel 5.1 wiederholen.

**Lernziel 5.3**

Erkläre, warum es beim Tauchen oberhalb des Meeresniveaus notwendig ist zu wissen, in welcher Höhe der Tauchgang stattfindet.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (a) *Die dekompensionsbedingten Probleme beim Tauchen in größerer Höhe treten auf, weil der Taucher seinen Tauchgang bei einem atmosphärischen Druck, der unter dem auf Meereshöhe liegt, beginnt.*

Der *Recreational Dive Planner* wurde unter der Annahme entwickelt, daß der Tauchgang bei dem atmosphärischen Druck von 1 ATM beginnt. Eine gewisse Druckverminderung kann zwar toleriert werden, der RDP kann jedoch nicht in einer Höhe ab 300 m ohne spezielle Verfahren verwendet werden. Einer der wichtigsten zu beachtenden Punkte beim Tauchen in größerer Höhe (d.h. ab 300 m) ist die Konvertierung, d.h. die Umrechnung der tatsächlichen Wassertiefe in der betreffenden Höhe in eine Meeresspiegeläquivalente Tiefe ("theoretische Tiefe"). Diese Konvertierung wird dann bei der Tauchgangsplanung als Tauchtiefe verwendet. Die Erklärung, weshalb eine solche Konvertierung notwendig ist, findet sich in Kapitel Drei, Lernziel 3.14. Darüber hinaus empfiehlt sich die Wiederholung der Zusammenhänge in Kapitel Vier dieses Arbeitsbuches, Lernziel 4.8

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. *Um der *Recreational Dive Planner* in einer Höhe von 300 m (oder höher) zu verwenden, ist es nicht notwendig, die tatsächliche Tiefe in eine Meeresspiegeläquivalente Tiefe umzurechnen, da die Konzeption des *Recreational Dive Planner* das Multilevel-Tauchen gestattet. **Falsch.***

Die Tatsache, daß der *Recreational Dive Planner* dafür entwickelt wurde, auch das Multilevel-Tauchen zu gestatten, hat nichts mit der Notwendigkeit zu tun, daß die tatsächlichen Tauchtiefen in größerer Höhe in Meeresspiegeläquivalente Tiefen umgerechnet werden müssen.

**Lernziel 5.4**

Erkläre, weshalb Wiederholungsgruppen nicht notwendigerweise von einem Dekompensionsmodell / einer Tabelle auf ein/e andere/s übertragen werden können.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. *Weil sie auf dem gleichen theoretischen Modell basieren, können Wiederholungsgruppen zwischen der Tabellen-Version des *Recreational Dive Planner* und dem "Wheel" ausgetauscht werden. **Richtig.***

Obwohl zwar die Tabellenwerte auf unterschiedliche Weise dargestellt werden, ist das Modell, von dem die beiden Versionen des *Recreational Dive Planner* entwickelt wurden, identisch. Deshalb ist es in diesem Falle möglich, die Wiederholungsgruppen der Tabellen-Version und des "Wheel" auszutauschen. Dies geht jedoch nicht, wenn Tabellen unterschiedliche Modelle zugrundeliegen. Obwohl also zum Beispiel der *Recreational Dive Planner* wie auch die US-Navy-Tabelle Buchstaben des Alphabets zur Kennzeichnung ihrer Wiederholungsgruppen gebrauchen, können diese *nicht* untereinander ausgetauscht werden. Tatsächlich beziehen sich "Wiederholungsgruppen" [im Englischen heißen sie übrigens etwas genauer: "pressure groups" = "Druckgruppen"] auf eine bestimmte Stickstoffspannung in den Körpergeweben, die im betreffenden (Rechen-)Modell ("Algorithmus") über die gewählten Kompartimente und deren Halbsättigungszeiten definiert ist. Gibt es Unterschiede bei den Modellen und den Halbsättigungszeiten, so kann dies auch für die betreffenden Stickstoffspannungen in den "Gewebe" gelten. Der *Recreational Dive Planner* und die US-Navy-Tabelle verwenden unterschiedliche Kompartimente und damit unterschiedliche Halbsättigungszeiten, um die Wiederholungsgruppen zu berechnen. (Der RDP das 60-Minuten-Kompartiment als Kontrollgewebe für die Oberflächenpausen-Tabelle, die US-Navy das 120-Minuten-Kompartiment.)

**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. *Nach Verlassen des Wassers ermittelt ein Taucher, der den *Recreational Dive Planner* benutzt, daß er in Wiederholungs J ist. Ein anderer Taucher, der die US-Navy-Tabelle benutzt, ermittelt ebenfalls, daß er in Wiederholungsgruppe J ist. Ist es wahrscheinlich, daß die beiden Taucher annähernd das gleiche Tauchprofil haben? Erkläre deine Antwort. **Nein - Die Wiederholungsgruppen sind nicht vergleichbar, und sie lassen sich nicht von der einen auf die andere Tabelle übertragen.***

Obwohl sowohl der *Recreational Dive Planner* als auch die US-Navy-Tabelle den Buchstaben "J" gebrauchen, um damit eine bestimmte Menge Reststickstoff zu kennzeichnen, sind die genauen Mengen der beiden Modelle unterschiedlich. Der in der Frage dargestellte Fall ist ein klassisches Beispiel für den Versuch, "Äpfel und Birnen miteinander zu vergleichen". Wurde ein Tauchgang unter Verwendung einer bestimmten Tabelle begonnen, so muß diese Tabelle auch für alle nachfolgenden Wiederholungstauchgänge verwendet werden.

**Lernziel 5.5**

Demonstriere unter Verwendung sowohl der Tabellen-Version des RDP wie auch des "Wheel", wie eine Nullzeitgrenze (NZG/NDL) gefunden wird, und nenne die Verfahren für eine Notfall-Dekompression sowie eine ausgelassene Dekompression.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) *Ein Taucher plant einen Tauchgang auf 30 m für 20 Minuten. Er vergißt die Zeit und bemerkt, daß seine tatsächliche Grundzeit 24 Minuten beträgt. Welches der folgenden Verfahren sollte er in dieser Situation anwenden? **Sofort auf 5 m aufsteigen, einen Stop von 8 Minuten machen und 6 Stunden nicht tauchen.***

Der Taucher hat die Nullzeitgrenze für 30 Meter überschritten, jedoch für nicht mehr als 5 Minuten. Hätte er die Nullzeitgrenze für mehr als 5 Minuten überschritten, so wäre Antwort (a) korrekt. Tauchgänge sollten niemals absichtlich an die maximalen Grenzwerte der Tabelle geplant werden, und das Szenario dieses Beispiels ist ein Grund dafür.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (c) *Eine Taucherin plant einen Tauchgang auf 35 m für 13 Minuten. Beim Auftauchen entdeckt sie, daß sie ihr Zeitmeßinstrument falsch abgelesen hat. Tatsächlich war sie 21 Minuten in dieser Tiefe. Welches der folgenden Verfahren sollte sie in dieser Situation anwenden? **Aus dem Wasser bleiben, sich ausruhen, auf Anzeichen der Dekompressionskrankheit überwacht werden, 100 %igen Sauerstoff atmen und mindestens 24 Stunden nicht tauchen.***

In diesem Szenario hat die betreffende Taucherin ihre Nullzeitgrenze deutlich überschritten. Ein solcher Fall läßt sich leicht vermeiden, indem am Ende eines Tauchgangs *immer* ein Sicherheits-Stop eingelegt wird, und während der Stop-Zeit in 5 m Tiefe der Dekompressionszustand überprüft wird. Wird dabei festgestellt, daß die Nullzeitgrenze überschritten wurde, so läßt sich der Sicherheits-Stop leicht auf einen Notfall-Dekompressions-Stop ausdehnen.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. *Was ist beim Gebrauch der Tabellen-Version des RDP die Nullzeitgrenze für einen Tauchgang auf 27 m? **Antwort: 20 Minuten.***

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. *Was ist beim Gebrauch des "Wheel" die Nullzeitgrenze für einen Tauchgang auf 27 m? Antwort: 23 Minuten.*

Die Unterschiede zwischen den Nullzeitgrenzen für Tauchgänge auf die gleiche Tiefe sind dadurch zu erklären, daß das "Wheel" (in diesem Beispiel) eine Tiefe verwendet, die näher an der tatsächlichen Tiefe liegt. Die Tabellen-Version des RDP rundet auf 30 m auf, während das "Wheel" nur auf 28 m aufrunden muß.

**Lernziel 5.6**

Berechne unter Verwendung sowohl der Tabellen-Version des RDP wie auch des "Wheel" Tauchprofile für drei oder mehr Wiederholungstauchgänge, und demonstriere dabei die korrekte Anwendung der Richtlinien und Verfahren für: die Bestimmung einer Mindest-Oberflächenpause; die Durchführung von Sicherheits-Stops und die Anwendung der speziellen Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge (W/X-Y/Z-Regel)

**Hinweis:** Für die Beantwortung der folgenden Fragen wurde die **Tabellen-Version** des Recreational Dive Planner verwendet.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

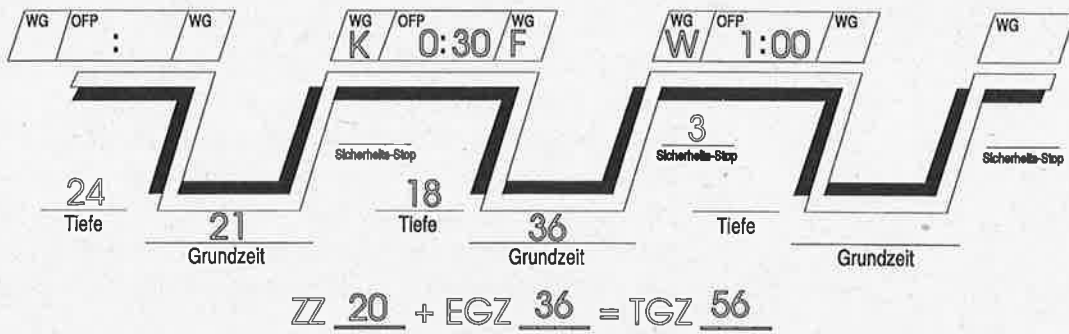
**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Ein Taucher verläßt das Wasser um 10:45 Uhr nach einem Tauchgang von 21 Minuten auf 24 m. Um 11:15 Uhr macht er einen weiteren Tauchgang von 36 Minuten auf 18 m. Was ist die maximale Tiefe, in der er für mindestens 20 Minuten bleiben kann, wenn er einen dritten Tauchgang nach nur 2 Minuten Oberflächenpause machen möchte? Der dritte Tauchgang kann nach einer so kurzen Oberflächenpause nicht durchgeführt werden.*

Wann immer du an einem Tag eine Serie von drei oder mehr Tauchgängen planst, so denke an die "Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge". In diesem Beispiel ist demnach zwischen dem 2. und dem 3. Tauchgang eine Oberflächenpause von mindestens 1 Stunde einzulegen, und zwar auch dann, wenn unsere Tabelle mit dem üblichen Verfahren eine viel kürzere Oberflächenpause angibt. Denke daran, daß diese spezielle Regel *nicht* anzuwenden ist, wenn es sich um einen *einfachen* Wiederholungstauchgang handelt (d.h. um lediglich zwei Tauchgänge).

Zur Erinnerung hier noch einmal die Regel: Planst du 3 oder mehr Tauchgänge an einem Tag, so gilt ab dem ersten Tauchgang: a) Erreichst du bei *irgendeinem* dieser Tauchgänge die Wiederholungsgruppe W oder X, so beträgt die Oberflächenpause zwischen *allen* darauffolgenden Tauchgängen *mindestens* 1 Stunde; b) Erreichst du bei *irgendeinem* dieser Tauchgänge die Wiederholungsgruppe Y oder Z, so beträgt die Oberflächenpause zwischen *allen* darauffolgenden Tauchgängen *mindestens* 3 Stunden.



**Richtig:**

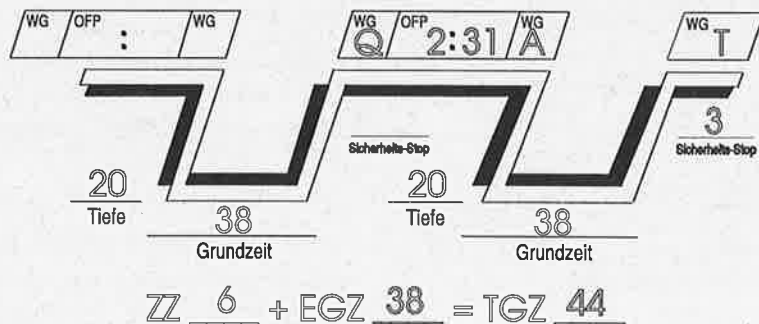
- Sicher gewußt
- Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

2. Eine Taucherin plant einen Tauchgang von 38 Minuten auf 20 m. Was ist ihre minimale Oberflächenpause, wenn sie genau das gleiche Profil wiederholen möchte? **Antwort: 2 Stunden, 31 Minuten.**

Falls du diese Antwort nicht erhalten hast, so solltest du das Verfahren zum Finden einer Mindest-Oberflächenpause wiederholen. Weitere Informationen hierzu sowie Übungsaufgaben finden sich in Modul Fünf des PADI Open Water Diver Manual.



**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

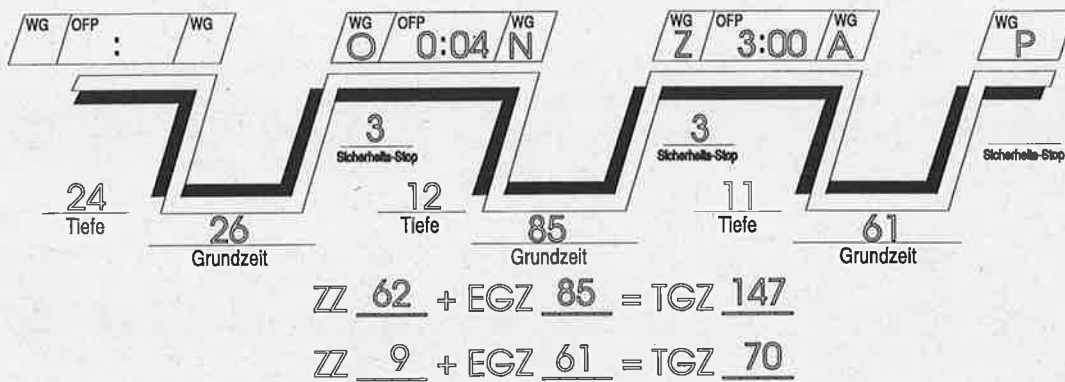
**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

3. (d) Ein Taucher plant eine Serie von drei Tauchgängen an einem Tag. Nimm an, er benutzt Mindest-Oberflächenpausen, befolgt alle Regeln des Recreational Dive Planner und taucht exakt die folgenden Profile: Tauchgang 1 - 24 m / 26 Minuten; Tauchgang 2 - 12 m / 85 Minuten; Tauchgang 3 - 11 m / 61 Minuten. Wie lange wird es, in Minuten, dauern, das gesamte Tauchprofil - vom Anfang bis zum Ende - durchzuführen? (Die Aufstiegszeit kann vernachlässigt werden.) **Antwort: 362 Minuten.**

Solltest du Antwort (a) angekreuzt haben, so hast du zwei Fehler gemacht: erstens hast du dann nicht die Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge beachtet (danach ist zwischen Tauchgang 2 und 3 eine Oberflächenpause von mindestens 3 Stunden erforderlich), und zweitens hast du

auch nicht an die drei erforderlichen 3-minütigen Sicherheits-Stops gedacht. Hast du Antwort (b) erhalten, so hast du zwar an die drei Sicherheits-Stops gedacht, aber nicht an die Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge. Und falls du zu Antwort (c) gelangt bist, so hast du an die Regel für mehrfache Wiederholungstauchgänge gedacht, nicht aber an die nunmehr nur zwei erforderlichen Sicherheits-Stops (nach den Tauchgängen 1 und 2).



**Hinweis:** Für die Beantwortung der folgenden Fragen wurde das "Wheel" verwendet.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

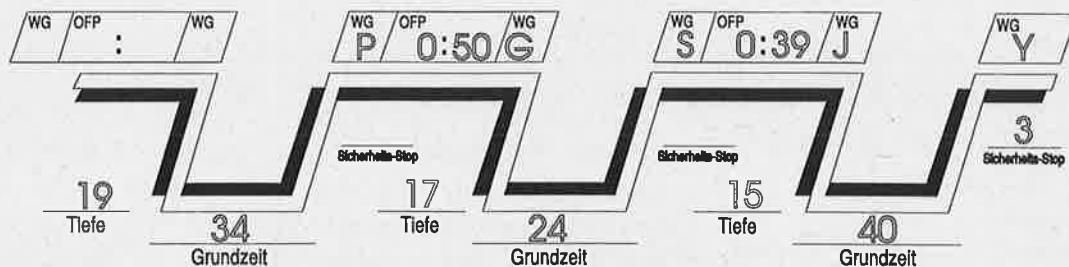
**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

4. *Eine Taucherin verläßt das Wasser um 13:30 Uhr nach einem Tauchgang von 34 Minuten auf 19 m. Sie steigt um 14:20 Uhr wieder ins Wasser und macht einen Tauchgang von 24 Minuten auf 17 m. Wann kann die Taucherin für einen Tauchgang von 40 Minuten auf 15 m wieder ins Wasser? Antwort: Nach 39 Minuten.*

Laßt uns dieses Problem mit unserem "Wheel" durchsprechen. Wenn unsere Taucherin das Wasser um 13:30 Uhr nach ihrem Tauchgang von 34 Minuten auf 19 m verläßt, ist sie in Wiederholungsgruppe P. Steigt sie um 14:20 Uhr wieder in das Wasser, so hatte sie eine Oberflächenpause von 50 Minuten, was sie aus Gruppe P in Gruppe G brachte. Geht sie dann auf 17 m für 24 Minuten, wird sie sich in Wiederholungsgruppe S befinden. Um anschließend 40 Minuten auf 15 m verbringen zu können (wobei 40 Minuten die NZG ist), muß sie sich zuvor in Wiederholungsgruppe J befinden. Somit finden wir heraus, daß eine Taucherin eine Oberflächenpause von 39 Minuten benötigt, um von S in J zu gelangen. Die Taucherin darf also frühestens nach 39 Minuten zwischen dem zweiten und dem dritten Tauchgang wieder ins Wasser steigen.

Um konservativ zu tauchen, könnten wir als Wiederholungsgruppe I statt J für den letzten Tauchgang von 40 Minuten auf 15 Meter nehmen; damit müßten wir eine Oberflächenpause von 45 Minuten zwischen dem zweiten und dem dritten Tauchgang einlegen. Weshalb 45 Minuten? Ein Taucher in Wiederholungsgruppe S benötigt 45 Minuten, um in Gruppe I zu gelangen. Weitere Informationen und Übungsfragen finden sich in der "Wheel" *Bedienungsanleitung und Studienanleitung*.



**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

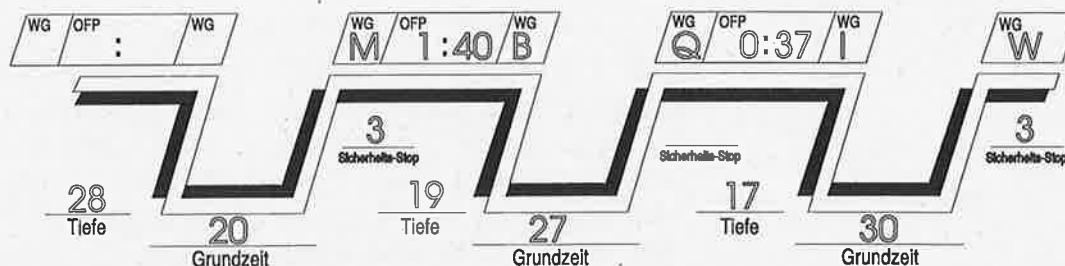
**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

5. *Ein Taucher verläßt das Wasser um 10:40 Uhr nach einem Tauchgang von 20 Minuten auf 28 m. Er steigt um 12:20 Uhr wieder ins Wasser und macht einen Tauchgang von 27 Minuten auf 19 m. Wann kann der Taucher für einen Tauchgang von 30 Minuten auf 17 m wieder ins Wasser?*  
**Antwort: Nach 37 Minuten.**

Laßt uns das Problem durchsprechen. Unter Verwendung des "Wheel" ergibt ein Tauchgang auf 28 m für 20 Minuten die Wiederholungsgruppe M. Der Ausstieg um 13:30 Uhr und der Wiedereinstieg um 14:20 Uhr bedeutet für den Taucher eine Oberflächenpause von 1 Stunde 40 Minuten (1:40). Ein Taucher der Wiederholungsgruppe M wechselt innerhalb von 1:40 Std. in Gruppe B. Und der B-Taucher ist am Ende des Tauchgangs auf 19 m für 27 Minuten in Gruppe Q. Um für den letzten Tauchgang in das Wasser steigen zu können, muß der Taucher in einer Wiederholungsgruppe sein, die nicht größer als I sein darf (Wiederholungsgruppe I schneidet leicht die Tiefenkurve für 17 Meter; es ist der weiße WG-Index, den du für die richtige konservative Antwort gebrauchen muß). Somit wird der Q-Taucher in 37 Minuten zu einem I-Taucher. Solltest du diese Antwort nicht erhalten haben, solltest du das Verfahren zum Finden einer Mindest-Oberflächenpause wiederholen. Mehr Informationen und Übungsbeispiele finden sich in Kapitel Sechs der "Wheel" *Bedienungsanleitung und Studienanleitung*.



**Lernziel 5.7**

Nenne die Empfehlungen für das Fliegen nach dem Tauchen, und demonstriere deren Anwendung.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (b) Eine Taucherin verläßt das Wasser um 10:00 Uhr nach einem Tauchgang von 50 Minuten auf 18 m. Sie hat zuvor keine anderen Tauchgänge gemacht. Was ist der früheste Zeitpunkt, zu dem sie ihren Heimflug in einem Passagierflugzeug antreten sollte? [ Gem. Empfehlungen Juni 1991, PADI Training Bulletin I/92] **22:00 Uhr.**

Die Taucherin in diesem Beispiel hat lediglich diesen einen Tauchgang gemacht, und über mehrfache Tauchgänge an den Tagen zuvor wird nichts gesagt. Sie muß somit gem. der Empfehlungen "Juni 1991" mindestens 12 Stunden bis zum Flug warten.

**Hinweis:** Je länger die Wartezeit vor dem Fliegen, desto weniger wahrscheinlich ist es, dass die Dekompressions-Krankheit auftritt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

2. (d) Ein Taucher war für eine Woche im Tauchurlaub, in dem er mehr als zwanzig Tauchgänge machte. Er verläßt das Wasser am letzten Tag um 12:00 Uhr mittags. Was ist der früheste Zeitpunkt, an dem der Taucher seinen Heimflug in einem Passagierflugzeug antreten sollte? [ Gem. Empfehlungen Juni 1991, PADI Training Bulletin I/92] **Später als 00:00 Uhr (nach Mitternacht).**

Der Taucher hat über eine Woche mehr als 20 Tauchgänge gemacht, d.h. an etlichen Tagen zwei oder auch mehr Tauchgänge. Somit sollte er gem. der Empfehlungen "Juni 1991" auf jeden Fall *mehr* als 12 Stunden bis zum Flug warten, d.h. er darf erst zu einer in den Empfehlungen nicht genauer spezifizierten Zeit *nach* Mitternacht fliegen.

**Hinweis:** Je länger die Wartezeit vor dem Fliegen, desto weniger wahrscheinlich ist es, dass die Dekompressions-Krankheit auftritt.

**Richtig:**

- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

3. (b) *Nach dem Auftauchen stellt eine Taucherin fest, daß sie folgendes Profil getaucht ist: 23 Minuten auf 29 m. Was ist der früheste Zeitpunkt, zu dem sie ihren Heimflug antreten sollte? [ Gem. Empfehlungen Juni 1991, PADI Training Bulletin I/92] **Später als 12 Stunden nach Verlassen des Wassers.***

Die Nullzeitgrenze für 29 m (30 m) beträgt 20 Minuten (Tabellen-Version und "Wheel"). Die Taucherin muß folglich einen Notfall-Dekompressions-Stop einlegen und sollte, gem. der Empfehlungen "Juni 1991", auf jeden Fall *mehr* als 12 Stunden bis zum Flug warten, wobei dieses "mehr als 12 Stunden" in den Empfehlungen nicht genauer spezifiziert ist.

**Hinweis:** Je länger die Wartezeit vor dem Fliegen, desto weniger wahrscheinlich ist es, dass die Dekompressions-Krankheit auftritt.

**Lernziel 5.8**

Demonstriere unter Verwendung des "Wheel" die Berechnung eines Multilevel-Tauchgangs.

**Richtig:**

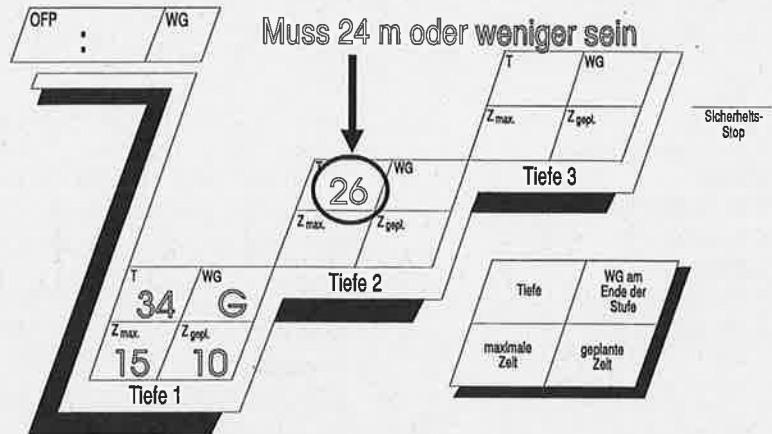
- Sicher gewußt  
 Erraten

**Falsch:**

- Einfacher Fehler  
 Wissenslücke

1. (d) *Während eines Multilevel-Tauchgangs verbringt ein Taucher 10 Minuten auf 34 m. Was wird seine Nullzeitgrenze im flacheren Teil des Tauchgangs sein, wenn er dann auf 26 m aufsteigen möchte? **Der Tauchgang kann nicht wie geplant durchgeführt werden, weil er außerhalb der erlaubten Parameter für einen Multilevel-Tauchgang liegt.***

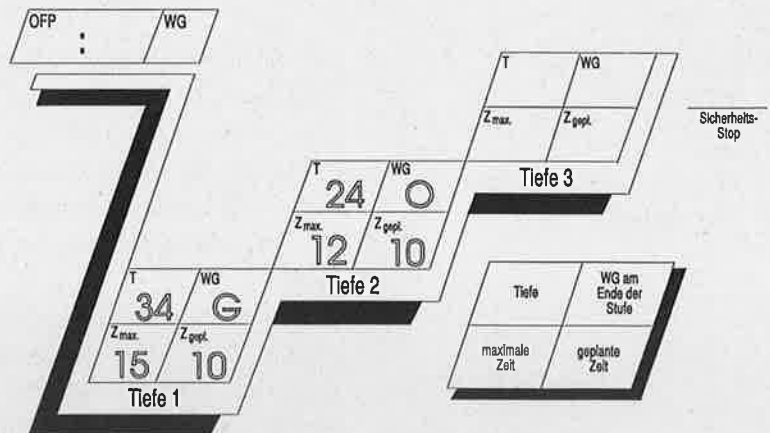
Hier ist zu beachten, daß die 34-m-Tiefenkurve aus dem gelben 24er-Feld im Zentrum des "Wheel" entspringt. Dies bedeutet, daß der flachere Teil des Tauchgangs 24 m *oder weniger* sein muß. Ein Aufstieg auf nur 26 m ist somit nicht gestattet.



- Richtig:**
- Sicher gewußt
  - Erraten
- Falsch:**
- Einfacher Fehler
  - Wissenslücke

2. (b) Eine Taucherin plant einen Multilevel-Tauchgang. Sie möchte 10 Minuten auf 34 m bleiben und dann für weitere 10 Minuten auf 24 m aufsteigen. In welcher Wiederholungsgruppe wird sie sich nach Verlassen des Wassers befinden? **Gruppe O.**

Nach 10 Minuten auf 34 m befindet sich die Taucherin in Wiederholungsgruppe G. Steigt sie als G-Taucherin auf 24 m auf, so befindet sie sich nach weiteren 10 Minuten auf diesem "level" in Wiederholungsgruppe O.

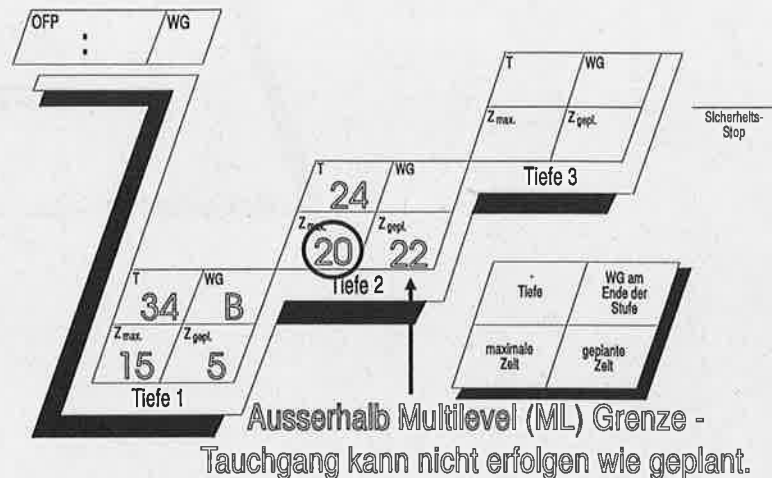


- Richtig:**
- Sicher gewußt
  - Erraten
- Falsch:**
- Einfacher Fehler
  - Wissenslücke

3. (d) Ein Taucher plant einen Multilevel-Tauchgang. Er möchte 5 Minuten auf 34 m bleiben und dann für weitere 22 Minuten auf 24 m aufsteigen. In welcher Wiederholungsgruppe wird er sich nach Verlassen des Wassers befinden? **Der Tauchgang kann nicht wie geplant durchgeführt werden, weil er außerhalb der erlaubten Parameter für einen Multilevel-Tauchgang liegt.**

Laßt uns dieses Problem durchsprechen. Nach 5 Minuten auf 34 m ist der Taucher in Wiederholungsgruppe B. Steigt er

dann auf 24 m auf, um dort 22 Minuten zu bleiben, so beträgt seine Multilevel-Nullzeitgrenze für diesen "level" 20 Minuten. Denke daran, daß bei den flacheren Tiefenstufen die Nullzeit durch den "ML"-Wert auf der Kurve begrenzt ist. Der Taucher kann somit nicht an die volle "NDL"-Markierung am Ende der 24-m-Tiefenkurve gehen. In diesem Beispiel würden die geplanten 22 Minuten die "ML"-Grenze (20 Minuten) überschreiten.



**Richtig:**

- Sicher gewußt
- Erraten

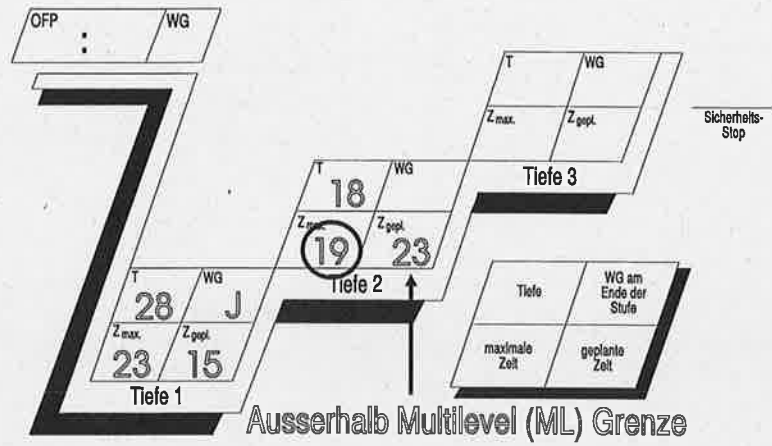
**Falsch:**

- Einfacher Fehler
- Wissenslücke

4. (b) Während ihres Sicherheits-Stops stellt eine Taucherin fest, daß sie folgendes Profil getaucht ist: 15 Minuten auf 28 m und dann noch weitere 23 Minuten auf 18 m. Was sollte sie als Folge davon tun? **Auf der Sicherheitsstop-Tiefe 8 Minuten bleiben, bevor sie auftaucht und 6 Stunden nicht tauchen.**

In diesem Fall hat die Taucherin die "ML"-Nullzeitgrenze von 19 Minuten für den zweiten "level" des Tauchgangs überschritten (wenn auch um nicht mehr als 5 Minuten). Demnach ist ein Notfall-Dekompressions-Stop erforderlich. Da die Taucherin vor dem endgültigen Auftauchen klugerweise einen Sicherheits-Stop macht, muß sie lediglich statt der üblichen 3 Minuten auf 5 m nun 8 Minuten dort bleiben; das ist alles. Dies zeigt auf exzellente Weise, weshalb Taucher vor dem Auftauchen *immer* einen Sicherheits-Stop einlegen sollten, um dort, auf 5 m Tiefe, ihren Dekompressionszustand zu überprüfen und

den Sicherheits-Stop ggf. auf einen Notfall-Dekompressions-Stop ausdehnen zu können.



# Kapitelanalyse

Ermittle alle Punkte aus diesem Lösungsteil, die als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" markiert sind. Diese Punkte stellen wichtige Informationen oder Zusammenhänge dar, die du noch nicht richtig verstanden hast. Markiere unten alle Lernziele, die einen Punkt enthalten, den du als "Richtig-Erraten" oder als "Falsch-Wissenslücke" gekennzeichnet hast. Diesen Abschnitt durcharbeiten, ist ein wichtiger Schritt bei der Entwicklung deines Verständnisses für physiologische Zusammenhänge, die für das Sporttauchen von Bedeutung sind.

	Sicher gewußt	Erraten	Summe
<b>Richtige Antworten</b>			

	Einfacher Fehler	Wissenslücke	Summe
<b>Falsche Antworten</b>			

## Zu überarbeitende Lernziele:

- 5.1       5.2       5.3       5.4       5.5       5.6  
 5.7       5.8



# Anhang

Studienanleitung für die schriftliche PADI Tauchlehrer-Abschlußprüfung (IE) .....	A-2
Wiederholungsfragen zum Recreational Dive Planner .....	A-5



# Studienanleitung für die schriftliche PADI Tauchlehrer-Abschlussprüfung (IE)

Gebrauche diese Anleitung als Hilfe zur Vorbereitung auf die folgenden schriftlichen Tauchlehrer-Abschlussprüfungen (IE-Exams):

- A. Tauchphysik
- B. Tauchphysiologie
- C. Der Recreational Dive Planner (Tabellen-Version und "Wheel")
- D. Allgemeine Tauchfertigkeiten und Tauchumgebung
- E. Tauchausrüstung

1. Wiederhole den theoretischen Lehrstoff aus den folgenden PADI-Büchern (sei sicher, daß du alle Lernziele aus jedem dieser Bücher erreichst):

- a) PADI Open Water Manual
- b) PADI Adventures in Diving
- c) PADI Rescue Diver Manual
- d) PADI Divemaster Manual (E)
- e) PADI Encyclopedia of Recreational Diving (E)

Sollten diese Bücher nicht erhältlich sein (oder nicht in deiner Sprache vorliegen), kann auch andere detaillierte, qualifizierte Tauchliteratur verwendet werden.

2. Wiederhole PADI's Standard-Abschlussprüfungen für jeden der nachstehenden Kurse: Open Water Diver, Rescue Diver und Divemaster. Sei bei diesen Prüfungen in der Lage, jede Frage korrekt zu beantworten. Sollte die Frage vom Typ "Multiple Choice" sein, mußt du außerdem in der Lage sein zu begründen, weshalb die anderen Antworten falsch sind.

3. Bearbeite die PADI Instructor "Preassessment-Test-Abschlussprüfung" im Anhang des IDC Candidate Workbook (neueste Ausgabe). Dein Abschneiden bei diesen Tests gibt dir einen allgemeinen Hinweis bzgl. deiner tauchtheoretischen Kenntnisse. Konzentriere deine Anstrengungen bei deinen Vorbereitungen auf diejenigen Gebiete, bei denen du in diesen Test-Prüfungen Schwächen zeigst.

**Beachte:** Wie auch bei jeder anderen Test-Prüfung gibt der erfolgreiche Abschluß keine Erfolgsgarantie für das Bestehen der tatsächlichen IE-Prüfung. Im IE wird von dir ein detailliertes Verständnis der entscheidenden Bereiche der Tauchtheorie (auf Tauchlehrer-Niveau) erwartet.

4. Die Fragen aller PADI-Abschlussprüfungen sind auf Kriterien bezogen, das heißt, sie beziehen sich auf ein einzelnes Lernziel oder mehrere Ziele. Da diese Lernziele die Grundlage darstellen, nach der die PADI-Materialien geschrieben wurden, können die richtigen Antworten auf alle Fragen in den PADI-Materialien gefunden werden.

Die nachstehende Liste der Lernziele wurde zur Ausarbeitung der schriftlichen PADI IE-Abschlussprüfungen verwendet. Daraus folgt, daß ein detailliertes Verständnis dieser Lernziele ein solides Fundament zum Bestehen des IE darstellt. Du mußt jedoch mehr tun, als dich lediglich an die richtigen Antworten zu erinnern - du mußt in der Lage sein, niemals zuvor angesprochene Probleme zu lösen und für die betreffenden Zusammenhänge konkrete Anwendungen beim Tauchen benennen zu können.

Die Lernziele sind entsprechend der Prüfungsgebiete des IE aufgelistet. In eckigen Klammern erscheinen Seitennummern. Soweit nicht anders vermerkt, beziehen sich die Seitenangaben auf die PADI *Encyclopedia of Recreational Diving*. Die Seiten geben an, wo du zum betreffenden Lernziel die entsprechenden Informationen finden kannst.

**Beachte:** Obwohl PADI's *Encyclopedia of Recreational Diving* ein hervorragendes Sammelwerk der Tauchtheorie darstellt, können die Informationen zu jedem Lernziel auch unter Verwendung anderer Tauchbücher und Texte in den verschiedensten Sprachen gefunden werden.

## A. Tauchphysik

Sei als PADI Instructor zu folgendem in der Lage:

1. Erkläre, weshalb Wasser die Körperwärme schneller ableitet als Luft, wieviel schneller dies geschieht und welchen Effekt dies auf den Taucher hat. [1-13 bis 1-15]
2. Erkläre das Verhalten von Licht, wenn es die Oberfläche von Luft/Wasser durchdringt und welchen Effekt dies auf den Taucher hat. [1-15 bis 1-19]
3. Erkläre das Phänomen der "visuellen Umkehr" und welchen Effekt dies auf den Taucher hat. [1-19]
4. Erkläre, warum die Schallgeschwindigkeit im Wasser größer ist, um ungefähr wieviel mal schneller sie ist und welchen Effekt dies auf den Taucher hat. [1-19 bis 1-22]
5. Beschreibe das Prinzip des Archimedes, und berechne den benötigten Auftrieb, um ein Objekt zu heben oder zu versenken, sowohl in Süß- als auch in Salzwasser. [1-22 bis 1-24]
6. Definiere die Begriffe "absoluter Druck", "atmosphärischer Druck" und "relativer Druck", und berechne den Druck unter Berücksichtigung dieser Begriffe für jede Tiefe, sowohl in Süß- als auch in Salzwasser. [1-24 bis 1-25]
7. Erkläre die Beziehung zwischen Druck und Volumen in einem flexiblen Gasbehälter, und berechne (in Schritten von 1 bar) die auftretenden Veränderungen, wenn der Behälter in die Tiefe bzw. zur Oberfläche gebracht wird. [1-31 bis 1-34]
8. Erkläre die Beziehung zwischen der Tiefe und der Dichte der Luft, die ein Taucher atmet, und berechne diese Beziehung in Schritten von 1 bar. [1-33 bis 1-34]
9. Berechne bei einem vorgegebenen Luftverbrauch eines Tauchers in einer bestimmten Tiefe (in Schritten von 1 bar) die Veränderung des Luftverbrauchs mit zunehmender Tiefe. [1-34] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, S. 73.)

10. Beschreibe, wie das Verhalten eines Gases durch Veränderung von Druck und Temperatur sowohl in einem flexiblen als auch in einem "starrten" (d.h. druckresistenten) Behälter beeinflusst wird. [1-34 bis 1-36]
11. Berechne den Partialdruck von Gasen in einem Gasgemisch bei vorgegebenen Prozentanteilen für jede Tiefe. [1-36 bis 1-38]
12. Beschreibe die Auswirkungen des Atmens von verunreinigter Luft in der Tiefe, und berechne den äquivalenten Effekt, den diese Verunreinigung auf den Taucher an der Oberfläche ausüben würde. [1-38 bis 1-39]
13. Erkläre, was mit einem unter hohem Druck in einer Flüssigkeit gelösten Gas geschähe, wenn der Druck schnell reduziert würde. [1-39 bis 1-44]
14. Definiere den Begriff "Übersättigung" und erkläre, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sich in einer übersättigten Flüssigkeit Gasblasen bilden. [1-39 bis 1-44]

### B. Tauchphysiologie

Sei als PADI Instructor zu folgendem in der Lage:

1. Nenne den Bestandteil des Blutes, der hauptsächlich für den Transport von Sauerstoff verantwortlich ist. [2-5 bis 2-6]
2. Erkläre, wie korrekte Tauchfertigkeiten und die Tauchausrüstung Überanstrengung und den übermäßigen Aufbau von Kohlendioxid vermeiden können. [2-10 bis 2-11]
3. Erkläre den physiologischen Mechanismus, auf welche Weise eine bewußte Hyperventilation es dem Taucher ermöglicht, den Atem länger anzuhalten. [2-11 bis 2-12]
4. Erkläre den physiologischen Mechanismus, der einen Carotis-Sinus-Reflex hervorruft und wie dies den Taucher beeinflusst. [2-12 bis 2-13]
5. Erkläre den physiologischen Mechanismus eines "Schwimmbad-Blackouts" und warum dieser normalerweise eher beim Auftauchen als beim Abtauchen auftritt. [2-13 bis 2-15]
6. Erkläre den physiologischen Effekt von erhöhtem Kohlenmonoxyd Gehalt (einschl. Zigarettenrauchen) auf den Taucher und wie dies verhindert werden kann. [2-15 bis 2-16]
7. Definiere den Begriff "stille Blasen" in Beziehung zur Dekompressionskrankheit. [2-21 bis 2-22]
8. Erkläre, warum Opfern einer Dekompressionskrankheit reiner Sauerstoff als Erste-Hilfe-Maßnahme verabreicht wird. [2-30 bis 2-31] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 53.)
9. Erkläre die Ursache einer Stickstoffnarkose, nenne die ungefähre Tiefe, in der diese auftritt, und nenne drei übliche Anzeichen/Symptome. [2-31] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Drei)
10. Erkläre den physiologischen Mechanismus der Dekompressionskrankheit, und nenne die üblichen Faktoren, die deren Auftreten fördern. [2-17 bis 2-28]
11. Erkläre den Begriff "Barotrauma" und wie dies in den Lungen, den Sinushöhlen und den Ohren eines Tauchers sowohl während des Abstiegs als auch während des Aufstiegs auftreten kann. [2-37 bis 2-51]
12. Definiere den Begriff "Vertigo", und erkläre den Mechanismus, der dies normalerweise bei einem Taucher auslöst. [2-46] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Eins und Drei.)
13. Beschreibe den grundsätzlichen Aufbau des Ohres und welche Bereiche am meisten durch Druckwirkungen beeinflusst werden. [2-46 bis 2-47]
14. Vergleiche die verschiedenen Anzeichen/Symptome von Dekompressionskrankheit und Luftembolie und stelle sie gegenüber. [2-49] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 52.)
15. Nenne die gefährlichste Art einer Verletzung durch Lungenüberdehnung beim Tauchen, und erkläre, wie sie auftritt und welche Faktoren das Auftreten fördern können. [2-49 bis 2-50] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 50.)

### C. Der Recreational Dive Planner

Sei als PADI Instructor zu folgendem in der Lage:

1. Erkläre, weshalb die Oberflächenpausen des RDP erheblich kürzer sind als die der US-Navy-Tabelle und wie ein solcher Unterschied möglich ist. [2-24 bis 2-25]
2. Erkläre die Bedeutung eines "Multi"-Gewebe-Modells, und nenne die Anzahl der bei der Entwicklung des RDP-Modells verwendeten Kompartimente im Gegensatz zur US-Navy-Tabelle. [2-23 bis 2-26]
3. Erkläre, warum es wichtig ist, die Höhe über Meeresspiegel des Tauchgebietes zu kennen, wenn man in größerer Höhe taucht. [PADI Adventures in Diving, Kapitel Vier]
4. Erkläre, warum Wiederholungsgruppen einer Tabelle nicht notwendigerweise auf ein anderes Tabellenmodell übertragen werden können. ["Wheel" Bedienungsanleitung und Studienanleitung, S. 26]
5. Demonstriere unter Verwendung der Tabellen-Version des RDP und des "Wheel", wie man eine Nullzeitgrenze findet und nenne die Verfahren für Notfall-Dekompression und ausgelassene Dekompression. [Kapitel 4 und 5, PADI Open Water Diver Manual und "Wheel" Bedienungsanleitung und Studienanleitung] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Drei.)
6. Berechne Tauchprofile für drei oder mehr Tauchgänge unter Verwendung der Tabellen-Version des RDP und des "Wheel", und demonstriere die korrekten Richtlinien für: Finden einer Mindest-Oberflächenpause, Durchführen eines Sicherheits-Stops und die Anwendung der speziellen Regeln für mehrfache Wiederholungstauchgänge ("W-X/Y-Z Regel"). [Siehe Kapitel 4 und 5, PADI Open Water Diver Manual und "Wheel" Bedienungsanleitung und Studienanleitung]
7. Nenne die aktuellen Empfehlungen für das Fliegen nach dem Tauchen, und demonstriere die Anwendung dieser Regeln mit dem RDP. [Vgl. PADI Open Water Diver Manual, PADI Adventures in Diving sowie PADI Training Bulletin I/92!]
8. Demonstriere die Berechnung eines Multilevel-Tauchganges unter Verwendung der "Wheel"-Version des RDP. ["Wheel" Bedienungsanleitung und Studienanleitung, S. 73-94] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Acht.)

### D. Allgemeine Tauchfertigkeiten und Tauchumgebung

Sei als PADI Instructor zu folgendem in der Lage:

1. Nenne die Höhe über Meeresspiegel, ab der spezielle Verfahren zur Verwendung der meisten Tauchtabellen erforderlich sind, und erkläre, warum Tauchen in Höhenlagen spezielle Überlegungen erfordert. [2-28] (Vgl. auch PADI Open Water Diver Manual, S. 252 und PADI Adventures in Diving, Kapitel Vier.)

2. Beschreibe die Ursache von Gezeiten und warum das Tauchen am besten bei Flut stattfindet. [4-13 bis 4-15] (Vgl. auch S. 25-28 im PADI Divemaster Manual und PADI Adventures in Diving, Kapitel Sechs.)
3. Definiere den Begriff "Orientierung in neuen Gebieten" und erkläre, für wen eine solche Orientierung gedacht ist. [PADI Divemaster Manual, S. 59-61]
4. Erkläre das richtige Verfahren zur Durchführung eines kontrollierten, schwimmenden Notaufstiegs. [PADI Open Water Diver Manual, S. 185-186]
5. Definiere den Begriff "neutrale Tarierung", und beschreibe, wie eine Tarierungskontrolle an der Oberfläche durchzuführen ist. [PADI Open Water Diver Manual, S. 73] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Stichwort "Tarierung" im Index)
6. Demonstriere die 25 PADI Standard-Handzeichen, und erkläre deren Bedeutung. [PADI Open Water Diver Manual, S. 114-115]
7. Erkläre, welche Maßnahmen bei einem beinahe ertrunkenen Opfer ergriffen werden müssen. [2-14 bis 2-15] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 48-49)
8. Nenne wenigstens drei übliche Anzeichen/Symptome bei Verletzungen durch Meerestiere. [4-68 bis 4-69] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 46-48)
9. Erkläre, warum ein bewußtloses, nicht atmendes Opfer während des Transports zum Ufer wiederbelebt werden sollte, wenn Herzstillstand vermutet wird. [PADI Rescue Diver Manual, S. 145]
10. Erkläre die Maßnahmen bei einem Taucher, der an Dekompressionskrankheit leidet, und erläutere, unter welchen Umständen das Opfer eines Dekompressionsunfalls zur Rekompensation zurück ins Wasser gebracht werden sollte. [2-30 bis 2-31] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 54 und PADI Adventures in Diving, Kapitel Drei)
11. Nenne das Verhältnis Kompressionen zu Beatmungen bei der Einhelfer-Methode der HLW. [PADI Rescue Diver Manual, S. 31-34]
12. Bestimme die Richtung der Strömungen an der Küstenlinie jedes Kontinents unter Berücksichtigung der großen Hauptmeeresströmungen. [4-13 bis 4-14] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Sechs.)
13. Nenne die Richtlinien zur Bergung eines Objektes mit negativem Auftrieb ohne Zuhilfenahme eines Hebesacks. [5-42 bis 5-43] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Neun.)
14. Nenne die vorgeschlagene Mindestausrüstung zur sicheren Durchführung von Nachtauchgängen. [5-49 bis 5-52] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Zwei.)
15. Nenne die genaueste Methode zur Messung von Entfernungen unter Wasser ohne den Gebrauch eines geeichten Meßinstruments. (Vgl. PADI Adventures in Diving, Kapitel Eins.)
16. Nenne wenigstens zwei Faktoren, die die Art des Suchmusters zum Finden eines Objekts unter Wasser bestimmen. (Vgl. PADI Adventures in Diving, Kapitel Neun.)
17. Nenne wenigstens drei Richtlinien, die ein Taucher zum Schutz der Unterwasserwelt befolgen sollte. [PADI Divemaster Manual, S. 32-33] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Zehn.)
18. Nenne die wichtigste Tauchfertigkeit, um Beschädigungen der Unterwasserwelt zu vermeiden. [4-67 bis 4-71] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Zehn.)

## E. Tauchausrüstung

Sei als PADI Instructor zu folgendem in der Lage:

1. Erkläre die Bedeutung aller auf einer Preßluftflasche gesetzlich vorgeschriebenen Markierungen, einschließlich: Fülldruck, Prüfdruck, Flaschenvolumen, Material, Datum der Druckprüfung usw. [3-66 bis 3-67] (Vgl. auch PADI Open Water Diver Manual, S. 39-40.)
2. Vergleiche die Unterschiede zwischen Stahl- und Aluminiumflaschen bezüglich Maximaldruck, Materialdicke und Fassungsvermögen [3-68 bis 3-69]
3. Erkläre den Zweck eines Flaschenventils und wie es arbeitet. [3-72 bis 3-73]
4. Erkläre die in den USA vorgeschriebene Sicherheitseinrichtung und deren Konstruktionsmerkmale, die eine unter zu hohem Druck stehende Preßluftflasche vor dem Explodieren bewahren soll. [3-73] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 83.)
5. Erkläre die Auswirkungen von extremer Hitze auf die Materialstruktur einer Preßluftflasche und was unternommen werden sollte, wenn Preßluftflaschen diesen Bedingungen ausgesetzt waren. [3-74 bis 3-75]
6. Erkläre, wie die Druckprüfung von Preßluftflaschen erfolgt und mit welchem Druck dies geschieht. [3-75]
7. Nenne wenigstens drei Gründe, weshalb eine Preßluftflasche jährlich einmal visuell innen und außen überprüft werden soll. [3-76] (Vgl. auch PADI Open Water Diver Manual, S. 44-45.)
8. Erkläre die Funktionsweise des Lungenautomaten bzgl. der Bauweisen "offener" bzw. "geschlossener" Kreislauf, und beschreibe, welche Vorteile der offene Kreislauf gegenüber anderen Geräten aufweist. [3-76 bis 3-77]
9. Nenne die wichtigsten Teile der ersten und zweiten Stufe eines Lungenautomaten, und erkläre deren grundlegende Funktion. [3-76 bis 3-86] (Vgl. auch PADI Open Water Diver Manual, S. 47-48 und PADI Rescue Diver Manual, S. 83-87.)
10. Definiere die Begriffe "balanciert", "unbalanciert", "upstream" und "downstream" bzgl. der Bauart eines Lungenautomaten. [3-80 bis 3-81] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 87.)
11. Definiere den Begriff "Schutzkappe" und erkläre, zur Verhinderung von welchem Problem dieses Teil vorgesehen ist. [3-82] (Vgl. auch PADI Open Water Diver Manual, S. 47 und S. 50.)
12. Definiere den Begriff "fail-safe" bzgl. der Bauweise eines Lungenautomaten, und erkläre, wie dies bei einem Versagen des Automaten funktioniert. [3-84] (Vgl. auch PADI Rescue Diver Manual, S. 87.)
13. Erkläre die korrekten Verfahren zur Verwendung von Tauchcomputern durch Buddy-Teams. [3-102] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Drei.)
14. Erkläre den Typ Tiefenmesser, der automatisch die Höhe über Meeresspiegel ausgleicht. [3-96 bis 3-97] (Vgl. auch PADI Adventures in Diving, Kapitel Vier.)
15. Nenne wenigstens drei ausrüstungsbezogene Gründe, warum Taucher niemals an die Nullzeitgrenzen tauchen sollten. (Vgl. PADI Divemaster Manual, S. 123, S. 136-141 und PADI Instructor Manual, "Divemaster Course Instructor Guide", Teil Drei, Lektion Sechs: "Tauchausrüstung", Punkt V.)

## Wiederholungsfragen zum Recreational Dive Planner (RDP)

Um deine gegenwärtige Fähigkeit zu überprüfen, mit dem RDP (Tabellen-Version oder Wheel) Tauchgänge planen zu können, bearbeite diese Wiederholungsfragen. Kreuze die deiner Meinung nach *beste* Antwort an.

1. Unter *Zeitzuschlag* versteht man die gesamte Zeit in Minuten vom Beginn des Abstiegs bis zum Beginn des endgültigen Aufstiegs zur Oberfläche bzw. zum Sicherheits-Stop.  Richtig  Falsch
2. Bei Verwendung einer Tauchtabelle dürfen Taucher/innen nicht schneller als mit \_\_\_\_\_ pro Minute aufsteigen.  
 a. 6 Meter  b. 18 Meter  c. 12 Meter  d. 24 Meter
3. Ein Tauchgang auf 18 Meter für 30 Minuten ergibt welche Wiederholungsgruppe?  
 a. L  b. J  c. K  d. M
4. Ein Taucher in Wiederholungsgruppe *K* plant einen Tauchgang auf 17 Meter. Welche maximale Nullzeit gestattet ihm der RDP?  
 a. 26 Minuten  b. 44 Minuten  c. 29 Minuten  d. 27 Minuten
5. Eine Taucherin in Wiederholungsgruppe *D* beendet einen Tauchgang auf 14 Meter für 29 Minuten. In welcher neuen Wiederholungsgruppe befindet sie sich nach dem Auftauchen?  
 a. T  b. P  c. O  d. U
6. Ein Taucher macht einen Tauchgang auf 17 Meter für 44 Minuten. Nach einer Oberflächenpause von 1 Stunde taucht er nochmals auf 17 Meter Tiefe. Ohne auf die Zeit zu achten, stellt er nach einiger Zeit fest, daß seine Grundzeit bereits 37 Minuten beträgt. Was sollte er gemäß der Richtlinien des RDP tun?  
 a. Sofort auftauchen und die nächstgelegene Druckkammer aufsuchen.  
 b. Sofort auf 5 Meter aufsteigen und dort vor dem Auftauchen 3 Minuten bleiben.  
 c. Sofort auf 5 Meter aufsteigen und dort vor dem Auftauchen 8 Minuten bleiben.  
 d. Auf 3 Meter Tiefe aufsteigen und dort bleiben, bis er seine Preßluftflasche leergeatmet hat.
7. Wie lange muß der Taucher aus Aufgabe 6 nach Beendigung seiner Tauchgänge mindestens warten, bis er fliegen darf? (Gem. Empfehlungen "Juni 1991", in: PADI *Training Bulletin* 1/92.)  
 a. Der Taucher darf sofort nach dem letzten Tauchgang fliegen.  
 b. 12 Stunden  c. länger als 12 Stunden  d. 4 Stunden
8. Was ist die erforderliche Mindest-Oberflächenpause, um nach einem Tauchgang auf 24 Meter für 23 Minuten einen Wiederholungstauchgang auf 15 Meter für 47 Minuten machen zu können?  
 a. 33 Minuten  b. 20 Minuten  c. 8 Minuten  d. 15 Minuten
9. Eine Divemasterin plant, eine Gruppe von fortgeschrittenen Taucherinnen und Tauchern zu zwei verschiedenen Plätzen zu führen. Der eine ist ein Riff in 16 Meter Tiefe, und sie plant dort eine Grundzeit von 25 Minuten. Der andere Platz befindet sich bei einem Wrack in 29 Meter Tiefe, wo sie eine Grundzeit von 20 Minuten plant. Die Oberflächenpause zwischen den beiden Tauchgängen soll 2 Stunden betragen. Welchen Tauchgang sollte die Divemasterin unter Berücksichtigung der Sicherheit als ersten Tauchgang planen?  
 a. Die Reihenfolge der Tauchgänge spielt bei diesem Beispiel keine Rolle.  
 b. Den 16-m-Tauchgang.  
 c. Den 29-m-Tauchgang.  
 d. Denjenigen Tauchgang, den die Gruppe sich als ersten wünscht.
10. Ein Taucher macht einen Tauchgang auf 17 Meter für 24 Minuten. Nach einer Oberflächenpause von 1 Stunde wünscht er, auf eine Tiefe von 14 Meter zu gehen. Welches ist seine maximale Nullzeit für den zweiten Tauchgang?  
 a. 14 Minuten  b. 83 Minuten  c. 41 Minuten  d. 80 Minuten

### Dein Ergebnis?

1.Falsch 2.b 3.Wheel:a/Tabelle:c 4.Wheel:/d/Tabelle:a 5.c 6.c 7.c 8.a 9.c 10.Wheel:d/Tabelle:b

