

# Ausbilderhandbuch Schnorcheltauchen



### **Impressum**

#### **Ausbilderhandbuch Schnorcheltauchen**

2. Auflage 2018

Herausgeber:

**Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e.V.**

Präsidium

Im Niedernfeld 1-3

31542 Bad Nenndorf

[www.dlrg.de](http://www.dlrg.de)

Herstellung und Vertrieb:

DLRG Materialstelle

Im Niedernfeld 2

31542 Bad Nenndorf

Zeichnungen:

diGraph Medienservice

79249 Merzhausen

eMail: [diGraph@diGraph.de](mailto:diGraph@diGraph.de)

©: Illustrationen und Grafik Maryse Forget & Robert Fontner-Forget

Redaktionelle Bearbeitung, zusätzliche Grafiken und textliche Ergänzungen: Dr. Marc A. Tichy

Redaktionsteam Helmut Stöhr, Dr. Dirk Bissinger, Dr. Marc A. Tichy, Frank Hertlein, Dr. Harald Rehn, Matthias Stoll

Die in diesem Buch veröffentlichten Texte und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Kein Teil dieser Ausgabe darf ohne schriftliche Genehmigung des Präsidiums der DLRG, Bad Nenndorf, in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- oder Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten.

Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken und verpflichtet zum Schadensersatz, der gerichtlich festzustellen ist. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Präsidiums der DLRG, Bad Nenndorf, gestattet.

Bestell-Nr. 15708650

---

<b>1. Einführung .....</b>	<b>7</b>
Voraussetzungen für die DSTA-Ausbildung .....	8
Anforderungen an die Rahmenbedingungen .....	8
Methodische Aufbereitung des Themas .....	10
<b>2. Physikalische Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
Einführung .....	11
Physikalisches Basiswissen .....	12
Physikalisches Zusatzwissen .....	26
<b>3. Medizinische und Physiologische Grundlagen .....</b>	<b>28</b>
Der Blutkreislauf .....	28
Die Atmung .....	30
Die Atemwege .....	30
Die Zusammensetzung der Atemluft .....	35
Hyperventilation .....	36
Druckbedingte Schädigungen (Barotraumata) .....	41
Wärmehaushalt des menschlichen Körpers .....	50
<b>4. Die Grundausrüstung .....</b>	<b>52</b>
Die Tauchmaske .....	52
Der Schnorchel .....	54
Die Schwimmflossen .....	56
Die Pflege der Grundausrüstung .....	58
<b>5. Grundfertigkeiten Schnorcheltauchen .....</b>	<b>59</b>
Flossenschwimmen .....	59
Schnorchelatmung .....	60
Umgang mit der Tauchmaske .....	61
Anlegen der Grundausrüstung unter Wasser .....	64
Der Druckausgleich .....	65
Abtauchtechnik kopfwärts .....	66
Springen mit der Grundausrüstung .....	69
Verständigung unter Wasser .....	71
Suchen von Personen .....	72
<b>6. Übungsformen für Schnorcheltaucher .....</b>	<b>74</b>
Abtauchen – Richtungsänderung unter Wasser .....	74
Streckentauchen .....	75
Ausblasen der Tauchmaske .....	75
Der Orientierungsübungen .....	76
<b>7. Hinweise zur Kursgestaltung .....</b>	<b>81</b>
Ausbildungs- und Prüfberechtigung .....	81
Ausbildungsdauer .....	81
Erster Ausbildungsabend .....	82
<b>8. Anhänge .....</b>	<b>83</b>
Spiele für Schnorcheltaucher .....	83

## Inhaltsverzeichnis

---

Steigerung der Kondition und Geschicklichkeit .....	88
Steigerung der Tauchausdauer .....	91
Übungen für Rettungseinsätze .....	93
Konditionstests .....	94
Empfehlung für die Gestaltung der inhaltlichen Schwerpunkte eines Schnorcheltauchkurses .....	95
Prüfungsbedingungen für das Deutsche Schnorcheltauchabzeichen (DTSA) .....	101
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>102</b>





*Da treibt's ihn, den köstlichen Preis zu erwerben,  
und stürzt hinunter auf Leben und Sterben.*

(Friedrich Schiller, Der Taucher)

Es gilt auch weiterhin: Für den Jüngling aus Schillers Ballade geht der Ausflug in die Unterwasserwelt bekanntlich noch unglücklich aus – der Faszination für das Tauchen hat die literarische Warnung vor der Tiefe aber keinen Abbruch getan. Seither hat sich neben der Ausrüstung aber auch in Ausbildung und Lehre des Tauchens Vieles getan. Schnorcheltauchen ist weiterhin ein beliebter Freizeitsport und oftmals die erste, faszinierende Begegnung mit der Welt unter der Wasseroberfläche geworden. In der Zeit von 1797, als Schiller seine Ballade schrieb, bis heute hat sich in Ausbildung und Lehre des Tauchens und erst recht bei der Ausrüstung einiges verändert.

Für die Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft als größte ehrenamtliche Wasserrettungsorganisation der Welt ist neben dem freizeitsportlichen Reiz das Schnorcheltauchen gleichfalls ein wichtiger Bestandteil der Ausbildung der Rettungsschwimmer und das unverzichtbare Fundament für die weiterführende Ausbildung im Tauchen. Aus diesem Grund bietet die DLRG die Ausbildung im Schnorcheltauchen als Qualifikation in Deutschland nahezu flächendeckend an. Das „Ausbilderhandbuch Schnorcheltauchen“ – 1986 erstmals aufgelegt – ist für die Ausbilder zum wesentlichen Lehrmittel geworden. Es wurde in sechs Auflagen bis 1998 ergänzt, erweitert und auf den jeweiligen Stand der Zeit gebracht. Nun erscheint mit der Auflage 2018 schon eine überarbeitete Auflage der Neuauflage aus dem Jahr 2010.

Im Rahmen der Neukonzeption und Überarbeitung der Lehr- und Lernmittel der DLRG seit dem Jahr 2001 ist diese Neuauflage die neueste Ergänzung des Gesamtwerkes. Wie bei den anderen Ausbildungsmaterialien wurde im Rahmen dieser Überarbeitung besonderer Wert auf die direkte Verknüpfung didaktisch-methodischer Orientierungen mit konkreten Inhalten der Schnorcheltauchausbildung gelegt. Für den Ausbilder entsteht so ein hoher praktischer und theoretischer Nutzen die Qualität der Ausbildung im Interesse des humanitären Einsatzzieles der DLRG auch in Zukunft zu gewährleisten.

Allen Mitwirkenden an dieser Neuauflage meinen Dank und meine Anerkennung!

**Dr. Dirk Bissinger**

Leiter Ausbildung der DLRG

Rot umrandete Felder enthalten wichtige Informationen!

Graue Felder enthalten Hinweise, Kommentare usw.

Dies ist ein Feld für methodisch-didaktische Hinweise für den Ausbilder! Gleichzeitig sind hier Querverweise zu anderen Handbüchern der DLRG abgelegt.

Dieses Zeichen



kennzeichnet besonderes Hintergrundwissen für den Ausbilder. Diese Textabschnitte enthalten ergänzendes Spezialwissen, um bei weitergehenden Fragen der Kursteilnehmer entsprechende Informationen an der Hand zu haben.

Im Rahmen der Neukonzeption des DLRG Lehr- und Lernmittelkonzeptes und den bereits erschienenen Ausbilderhandbüchern für Schwimmen und Rettungsschwimmen hat auch das Ausbilderhandbuch Schnorcheltauchen eine komplette Neubearbeitung erfahren. Die erste Version des Handbuches entstand in den Jahren 2007 bis 2009 und erscheint nun in einer Neuauflage 2018.

Dieses Handbuch enthält innerhalb des Fließtextes, der etwa zwei Drittel der Seite bedeckt, farblich hervorgehobene Passagen für Hinweise, wie sie im Folgenden aufgeführt werden:

Zusätzliche Hinweise, weiterführende theoretische Erklärungen und Anmerkungen, die nicht auf den Seitenrand passen, finden sich in separat gesetzten grauen Abschnitten.

Methodische Hinweise für Übungen, die nicht auf den Seitenrand passen, finden sich in blau hinterlegten Abschnitten.

Spiele und Übungsformen sind auf hellgelbem Hintergrund gesetzt.

Wichtige Merksätze oder Zusammenhänge sind rot hinterlegt!

Zusätzlich enthält der Seitenrand farblich hervorgehobene Felder, in denen wichtige Punkte, Zusatzinformationen oder Querverweise aufgeführt sind. Beispiele dafür finden sich hier auf dem linken Seitenrand.

Das Handbuch beginnt mit wichtigen physikalischen und medizinischen Grundlagen. Danach folgen Hinweise zur Grundausrüstung für Schnorcheltaucher. Die Grundfertigkeiten sowie Übungen zur Festigung dieser Fertigkeiten befinden sich in den folgenden Kapiteln. Hinweise zur Kursgestaltung findet der Leser am Ende des Buches vor den Anhängen. Letztere enthalten zusätzliches Material an Übungen und Spielen sowie eine Empfehlung für die Gestaltung der inhaltlichen Schwerpunkte eines Schnorcheltauchkurses.

Dieses Buch konzentriert sich aus didaktischen Gründen ausschließlich auf die in der DLRG bedeutsame Schnorcheltauchausbildung.

### Das Redaktionsteam

## 1. Einführung

Das Tauchen ist in den letzten Jahrzehnten zu einem Massensport geworden. War noch im letzten Jahrhundert das Tauchen ein Sport für extravagante Individualisten, sind heute das Material für Geräte- und Schnorcheltauchen soweit entwickelt, dass man sich ihnen gefahrlos anvertrauen kann.

Massenmedien und Reiseveranstalter tun ein Übriges, das Tauchen als reizvollen Unterwassersport erscheinen zu lassen. Aus diesem Grund findet man in den Sommermonaten inzwischen unzählige Urlauber mit Grundausrüstung (Schwimmflossen, Tauchmaske und Schnorchel) oder Drucklufttauchgeräten an Seen und Stränden.

Was oft nicht oder allenfalls im Nebensatz erwähnt wird, ist die Tatsache, dass für ein unbeschwertes und sicheres Tauchvergnügen eine solide Ausbildung notwendig ist. Dies wird besonders deutlich, wenn bei Untersuchungen von Tauchunfällen in den meisten Fällen menschliches Versagen die Ursache war. „Menschliches Versagen“ kann u.a. Folgendes bedeuten:

- keine oder nur mangelhafte Kenntnis der physiologischen und psychischen Belastung unter den veränderten Umwelteinflüssen im und unter Wasser,
- nicht ausreichende Kondition des Tauchers,
- nicht ausreichend beherrschte tauchspezifische Fertigkeiten
- ungenügende Berücksichtigung der Wasser-, Wind- und Strömungsverhältnisse und
- Fehleinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit und des gesundheitlichen Zustands.

Es gibt heutzutage zahlreiche Möglichkeiten, sich entsprechend ausbilden zu lassen: Tauchkurse hoher Qualität werden von der CMAS (Confédération mondiale des activités subaquatiques), dem VDST (Verband Deutscher Sporttaucher), der DLRG (Deutsche Lebens-Rettungs- Gesellschaft) und inzwischen zahlreichen anderen Verbänden oder privaten Tauchclubs angeboten.

In den meisten Tauchschulen wird die Beherrschung des Tauchens mit der Grundausrüstung bereits vorausgesetzt oder aber recht kurz abgehandelt, um schnell mit dem „lukrativeren“ und von vielen Teilnehmern auch als „interessanter“ eingestuften Gerätetauchen beginnen zu können. Obwohl alle Tauchlehrer die Notwendigkeit einer guten Ausbildung im Tauchen mit der Grundausrüstung einsehen, findet sie dennoch oft nicht die entsprechende Berücksichtigung.

Dieses Ausbilderhandbuch bietet Ausbildern für das Schnorcheltauchen einen geschlossenen Lehrgang aus Theorie und Praxis mit zahlreichen Übungsbeispielen an, um am Tauchsport interessierte Personen zu unterrichten, die bislang ohne oder nur mit geringer Ausbildung getaucht sind. Dieses Lehrbuch enthält die notwendigen



**Abbildung 1-1:**  
Das Deutsche Schnorcheltauchabzeichen (DSTA)

Grundlagen und tauchrelevanten Übungen, um das Tauchen mit der Grundausrüstung sicher und gefahrlos ausüben zu können.

Bereits in der Rettungsschwimmausbildung wird das Transportschwimmen und Schleppen gelehrt. Diese Elemente sollen bei der Ausbildung zum Schnorcheltaucher weiter vertieft werden. Der Einsatz der Grundausrüstung stellt eine Ergänzung und oftmals auch eine Erleichterung für den Rettungsschwimmer dar. Das Anlandbringen und die ordnungsgemäße Durchführung der Herz-Lungen-Wiederbelebung (HLW) gehören ebenfalls zur Ausbildung im Schnorcheltauchen und ergänzen diese sinnvoll.

Die **Sicherheit der Teilnehmer** ist oberstes Gebot bei allen Übungen in einem Schnorcheltauchkurs.

Bei den Übungen zur Automatisierung von Bewegungsmustern für die Fertigkeiten des Schnorcheltauchens ist die Motivation der Teilnehmer besonders zu beachten. Dies zu betonen ist notwendig, da es beim Tauchen auch aus Gründen der Sicherheit unabdingbar ist, bestimmte Fertigkeiten bis zu einer gewissen Perfektion zu üben.

### Voraussetzungen für die DSTA-Ausbildung

Die gesundheitlichen Voraussetzungen für die Ausbildung zum Deutschen Schnorcheltauchabzeichen (DSTA- Ausbildung) sind besonders zu beachten. Vor Beginn der Ausbildung muss sich der Ausbilder eine Bescheinigung über die Tauchtauglichkeit von den Teilnehmern vorlegen lassen. Es ist anzustreben, dass diese von einem Arzt (der möglichst mit der Tauchmedizin vertraut ist) ausgestellt wird. Für den untersuchenden Arzt ist es wichtig zu wissen, dass es sich im Falle des Schnorcheltauchens – bezogen auf den Gegenstand dieses Handbuches – um reines **Apnoetauchen** handelt. Da bei Ärzten erfahrungsgemäß oftmals Unklarheit über den Umfang der erforderlichen Untersuchung besteht, dient der von der DLRG vorgeschriebene Untersuchungsbogen zum Schnorcheltauchabzeichen (Best.-Nr. 15401353) zur Orientierung. Alternativ zur ärztlichen Tauchtauglichkeitsbescheinigung kann der Teilnehmer auch eine unterschriebene Selbsterklärung zum Gesundheitszustand vorlegen [6]. Bei Minderjährigen ist diese vom Erziehungsberechtigten zu unterzeichnen!

### Anforderungen an die Rahmenbedingungen

Die Ausbildung im Schnorcheltauchen kann in jedem Schwimmbad mit klarem Wasser (keine Seen oder Baggerlöcher) und einer Wassertiefe von ca. 3-5 m durchgeführt werden. Ob dem Ausbilder eine abgetrennte Bahn oder ein ganzes Schwimmbecken zur Verfügung steht, beeinflusst die maximale sinnvolle Gruppengröße bzw. langsames oder schnelleres Lernen der Teilnehmer in diesem Lehrgang.

Die **Wassertemperatur** sollte im Minimum etwa 22°C - 24°C betragen, da die Teilnehmer z.T. Übungen mit hoher Konzentration durchführen müssen, ohne dass ein hoher Bewegungsaufwand notwendig ist.

Aus Sicherheitsgründen ist bei diesem Lehrgang die Teilnehmerzahl von **12 Personen** pro Ausbilder nicht zu überschreiten.

Jeder Teilnehmer sollte im Besitz einer **eigenen Grundausrüstung** – bestehend aus Schwimmflossen, Tauchmaske und Schnorchel – sein.

Aus hygienischen Gründen ist darauf zu achten, dass jeder Teilnehmer nur seinen **eigenen** Schnorchel benutzt!

## Methodische Aufbereitung des Themas

Aus praktischen Erfahrungen ist mit folgendem Zeiteinsatz für die Schnorcheltauchausbildung zu rechnen:

10 Lerneinheiten in der Theorie inkl. Prüfung

und 22 Lerneinheiten in der praktischen Ausbildung, inkl. Prüfung.

Das Ziel der Ausbildung besteht in der Beherrschung der Technik des Tauchens mit der Grundausrüstung. Dabei stehen völlige Vertrautheit mit Orientierung und Bewegung unter Wasser sowie die Kenntnisse tauchrelevanter physiologischer und physikalischer Zusammenhänge in ihrer Auswirkung auf den Organismus im Mittelpunkt.

Der Gesichtspunkt der Sicherheit ist allen diesen Zielen übergeordnet! Es ist die wichtigste Aufgabe für den Ausbilder, möglichen Sicherheitsrisiken vorzubeugen und diese den Teilnehmern deutlich zu machen.

Das Tauchen erfolgt in einem für den Menschen nicht natürlichen Lebensraum: unter Wasser! In diesem Lebensraum kann der Mensch nicht Atmen. Dieser Raum ist durch relative Schwerelosigkeit, freie Bewegungsmöglichkeit in drei Dimensionen, den zunehmenden Umgebungsdruck und häufig durch die Kälte sowie schlechte Sicht charakterisiert. Diese Rahmenbedingungen stellen nicht nur physisch, sondern auch psychisch hohe Anforderungen an den Taucher. Nur eine gründliche praktische und theoretische Ausbildung ermöglicht es, sich entspannt und mit Spaß unter Wasser zu bewegen.

Im Lehrgang, meist vor dem Beginn der praktischen Ausbildung, werden neben den anderen Kursinhalten auch Hinweise zum Erwerb einer geeigneten Grundausrüstung und deren Pflege gegeben.

Im Anhang dieses Handbuchs werden Empfehlungen für die Gestaltung der inhaltlichen Schwerpunkte eines Schnorcheltauchkurses formuliert. Diese Anregungen dienen der möglichen Ausgestaltung eines Kurses zum Erwerb des Deutschen Schnorcheltauchabzeichens.

## 2. Physikalische Grundlagen

### Einführung

Ein gewisses Maß an physikalischem Grundwissen ist notwendig, um die Funktionsweise der Tauchausrüstung, physiologische Abläufe im Körper und Risiken während eines Tauchganges sowie aus diesen Punkten resultierende Verhaltensweisen beim Tauchen zu verstehen.

Die folgenden Punkte des physikalischen Basiswissens müssen deshalb vor Beginn der praktischen Ausbildung behandelt werden.

Die folgenden physikalischen Begriffe und Gesetzmäßigkeiten stellen **Basiswissen** für den Schnorcheltaucher dar:

- Kraft und Druck
- Druckzunahme unter Wasser
- Das Prinzip des Archimedes
- Das allgemeine Gasgesetz
- Das Gesetz von Boyle-Mariotte
- Akustische und optische Verhältnisse unter Wasser
- Die Wärmeleitfähigkeit von Wasser

Folgende weitergehenden physikalische Informationen werden dem Ausbilder als zusätzliches **Hintergrundwissen** angeboten:

- Die Temperaturskalen
- Das Gesetz von Dalton

Das **physikalische Basiswissen** zeigt die für die theoretische Grundausbildung relevanten Themen auf, die einem Tauchschüler vermittelt werden sollten.

Das **physikalische Zusatzwissen** ist speziell für den Ausbilder gedacht, um auch bei weitergehenden Fragen der Kursteilnehmer kompetent antworten und sich selbst physikalische Hintergründe verdeutlichen zu können.

Bei Teilnehmern mit entsprechendem Vorwissen können auch Themen aus dem physikalischen Zusatzwissen besprochen werden, um den Unterricht interessanter zu gestalten.

## Physikalisches Basiswissen

### Kraft und Druck

Eine Kraft wirkt immer in eine bestimmte Richtung. In der Physik spricht man auch vom **Kraftvektor**. Für den resultierenden Druck **p** ist nur der Anteil der Kraft **F** relevant, der senkrecht auf die Fläche **A** wirkt.

Unter dem Druck **p** (engl. pressure) versteht man den Quotienten einer Kraft **F** (engl. force) und der Fläche **A** (engl. area), auf die diese Kraft senkrecht zur Fläche wirkt. Hieraus ergibt sich die Gleichung:

$$p = F / A$$

Der Begriff **Druck** wird leicht mit dem Begriff **Kraft** verwechselt. Der Effekt von unterschiedlich großen Auflageflächen **A** eines Gegenstandes (bei gleicher Kraft **F**) ist im Alltag meist unscheinbar. Somit wird die zum resultierenden Druck **p** wirkende Kraft **F** oft als proportional empfunden oder gar interpretiert.

Es ist wichtig, zwischen Druck und Kraft zu unterscheiden, denn es handelt sich um zwei verschiedene Größen! Folgendes verdeutlicht die Unterschiede:

**Beispiel:** Ein Nagel hat an seiner Spitze im Gegensatz zu seinem Kopf nur eine sehr kleine Auflagefläche **A**, was nach obiger Formel selbst bei einer geringen Kraft **F** zu einem großen Druck **p** führen kann. Diesen Druck spürt man, wenn man z. B. einen großen Nagel mit der Spitze auf die Haut setzt und allein die Gewichtskraft des Nagels wirken lässt, da die Rezeptoren in der Haut druckempfindlich sind (Pressorezeptoren oder Merkel-Zellen). Dreht man den Nagel auf den Kopf und setzt ihn wieder auf die Haut, so ist der Druck aufgrund der höheren Auflagefläche wesentlich geringer und damit auch die Empfindung. Oft macht man hier eine höhere Kraft verantwortlich, was aber nicht stimmt. Es liegt lediglich an der geringeren Auflagefläche!

Die Einheit der Kraft ist nach **Sir Isaac Newton** (\*1642, †1726) benannt, der ein englischer Physiker, Mathematiker und Astronom war. Er begründete die klassische Mechanik.

**Blaise Pascal** (\*1623, †1662) war ein französischer Mathematiker und Physiker. Er wies mit Hilfe von Quecksilberbarometern den fallenden Luftdruck auf Bergen nach.

Der Einheiten der Kraft und der Fläche und des Drucks lauten wie folgt:

Kraft **F**: 1 N (1 Newton)  
 Fläche **A**: 1 m<sup>2</sup> (1 Quadratmeter)  
 Druck **p**: 1 Pa (1 Pascal)

Grundlegend für die Einheiten der Größen ist das **internationale Einheitensystem**, abgekürzt SI (von frz.: Système international d'unités). Der Druck trägt hierbei die Einheit 1 Pascal (abgekürzt: 1 Pa). Die Größe **Pascal** lässt sich im SI-Einheitensystem auf die grundlegenden Größen kg, m und s zurückführen:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg}/(\text{m s}^2)$$

Unterscheide immer zwischen **bar** und **Pascal**!

Im Tauchbereich wird der Druck aufgrund der besseren Handhabbarkeit in der Einheit bar gerechnet. Der Zusammenhang zwischen Pascal und bar ist:

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ hPa} = 100\,000 \text{ Pa}$$

## Der Druck in Flüssigkeiten

Der Druck in Flüssigkeiten setzt sich aus einem **statischen** und einem **dynamischen** Anteil zusammen. Während beide Teile grundlegend von der Dichte der Flüssigkeit abhängen, unterscheiden sie sich dadurch, dass der hydrostatische Druck **linear** mit der **Höhe** der Flüssigkeitssäule steigt. Zudem ist er von der Gravitation abhängig. Der dynamische Anteil hingegen wächst **quadratisch** mit der **Strömungsgeschwindigkeit** der Flüssigkeit.

In Schwimmbädern oder Gewässern mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit ist es im Allgemeinen ausreichend, den hydrostatischen Druck zu betrachten.

Der hydrostatische Druck übt auf jede Fläche, die mit der Flüssigkeit in Verbindung steht, eine Kraft aus, die zur Größe der Fläche direkt proportional ist.

### Die Druckzunahme unter Wasser

Da der hydrostatische Druck von der Gravitation abhängig ist, ist es für die Höhe des Drucks entscheidend, wie tief sich ein Taucher unter der Wasseroberfläche befindet, d.h. wie hoch die „Wassersäule“ über ihm ist. Die Formel für den hydrostatischen Druck **p(T)** in einer Tiefe **T** lautet:

$$p(T) = p_0 + \rho \cdot g \cdot T$$

Die Größe **p<sub>0</sub>** bezeichnet dabei den Umgebungsdruck an der Wasseroberfläche. Je nach geographischer Höhe und Wettersituation an der entsprechenden Wasseroberfläche kann diese Größe variieren. Es ist aber ausreichend, diese unabhängig vom Ort und der Witterung näherungsweise mit **p<sub>0</sub> = 1 bar** anzunehmen.

Die Größe **ρ** bezeichnet die **Dichte** des flüssigen Mediums, in dem sich der Taucher befindet. Als Näherung kann für Wasser eine Dichte von 1000 kg/m<sup>3</sup> angenommen werden.

$$\text{Dichte} = \text{Masse} / \text{Volumen} [\text{Kg/m}^3]$$

Die Größe **g** bezeichnet die **Erdbeschleunigung**, die ca. 10 m/s<sup>2</sup> beträgt. Multipliziert man die Dichte mit der Erdbeschleunigung ergibt sich als Multiplikationsfaktor 10.000 kg/(m<sup>2</sup> · s<sup>2</sup>) oder mit der Hilfe der Druckeinheiten Pascal und bar: 10.000 kg/(m<sup>2</sup> · s<sup>2</sup>) = 10.000 Pa/m = 100 hPa/m = 0,1 bar/m. Multipliziert man diese Zahl noch mit der Wassertiefe **T**, ergibt sich der zusätzliche hydrostatische Druckanteil durch die **Höhe** der auf dem Taucher lastenden Wassersäule.

Obige Formel kann für Berechnungen des gesamten auf dem Taucher lastenden Umgebungsdrucks in Abhängigkeit von der Wassertiefe **T** folgendermaßen vereinfacht werden:

$$p(T) = p_0 + 0,1 \text{ bar/m} \cdot T$$

Für die Teilnehmer ist die Kenntnis der hydrostatischen Komponente des Drucks in einer Flüssigkeit ausreichend.

Pro Meter Wassertiefe nimmt der Umgebungsdruck um 0,1 bar zu. Dadurch wird auch der oft genannte Satz: „Bei 10 m Wassertiefe verdoppelt sich der Umgebungsdruck“ – nämlich von 1 bar auf 2 bar – klar.

### Das Prinzip des Archimedes

Das Archimedische Prinzip wurde vor über 2000 Jahren vom altgriechischen Gelehrten Archimedes entdeckt. Es lautet:

Archimedes von Syrakus lebte von ca. \*287 v. Chr., †212 v. Chr. in Griechenland und wirkte als Mathematiker, Physiker und Ingenieur. Auch aufgrund seiner Entdeckung, der Auftriebskraft in Flüssigkeiten, war er einer der bedeutendsten Mathematiker der Antike.

„Die Auftriebskraft **F<sub>Auftrieb</sub>** eines Körpers ist genau so groß wie die Gewichtskraft **F<sub>Gewicht</sub>** des vom Körper verdrängten Mediums.“

Es hat den Anschein, dass ein Gegenstand in Wasser „leichter“ ist. Die Masse des Körpers bleibt jedoch unverändert. Dieser Eindruck entsteht, da die resultierende Kraft **F<sub>Wirkung</sub>** um die Auftriebskraft **F<sub>Auftrieb</sub>**, die der Gewichtskraft **F<sub>Gewicht</sub>** entgegenwirkt, verringert wird.

$$F_{Wirkung} = F_{Gewicht} - F_{Auftrieb}$$

Das Archimedische Prinzip gilt in **allen** Flüssigkeiten und Gasen. Schiffe verdrängen Wasser und erhalten dadurch Auftrieb. Da die Dichte eines Schiffes geringer ist als die Dichte von Wasser, schwimmt es auf der Oberfläche.

Siehe hierzu auch die Angaben im Handbuch Rettungsschwimmen der DLRG. Es ist wichtig, dass die Teilnehmer den Wasserdruck in einer **beliebigen** Tiefe ausrechnen können. Dazu genügt die Kenntnis der Druckzunahme um 0,1 bar pro Meter Wassertiefe.

Ursache für die Auftriebskraft ist der **Druckunterschied** zwischen der Ober- und der Unterseite eines eingetauchten Körpers. Das heißt, es wirkt auf die unteren Teile der Oberfläche eines eingetauchten Körpers aufgrund des höheren hydrostatischen Drucks eine größere Kraft **F** als auf die oberen Teile der Oberfläche.

Da jedes physikalische System stets bestrebt ist, einen **Druckausgleich** zu erzielen, wird sich der Körper so lange aufwärts bewegen, bis sich alle auf ihn einwirkenden Kräfte ausgleichen.

Nach Archimedes gilt Folgendes:

$$F_{Auftrieb} = F_{Gewicht, Flüssigkeit}$$

Damit ein Körper im Wasser schwebt, muss seine **eigene** Gewichtskraft **gleich** der Gewichtskraft des verdrängten Wassers sein. Dann heben sich alle auf den Körper wirkenden Kräfte auf und dieser schwebt.

Die Gewichtskraft **F<sub>Gewicht</sub>**, **Körper** eines Körpers ist definiert durch seine Masse **m** und die Erdbeschleunigung **g**, die Masse **m** durch die Dichte **ρ** des Körpers und sein Volumen **V**:

$$F_{Gewicht} = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g$$



Wenn ein Körper im Wasser schwebt, dann verdrängt er genauso viel Volumen an Wasser, wie er selbst besitzt. Da  $g$  eine physikalische Konstante ist, folgen für die Dichte  $\rho$  damit folgende Regeln:

Wenn  $\rho_{\text{Körper}} = \rho_{\text{Flüssigkeit}}$ , dann schwebt der Körper.

Wenn  $\rho_{\text{Körper}} < \rho_{\text{Flüssigkeit}}$ , dann steigt der Körper.

Wenn  $\rho_{\text{Körper}} > \rho_{\text{Flüssigkeit}}$ , dann sinkt der Körper.

Die Körper steigen oder sinken, bis der Gewichtskraft eine betragsmäßig **gleich große** Kraft entgegenwirkt.

Wenn z.B. ein Körper mit einer geringeren Dichte als Wasser nach dem Steigen die Oberfläche durchbricht, dann gilt:

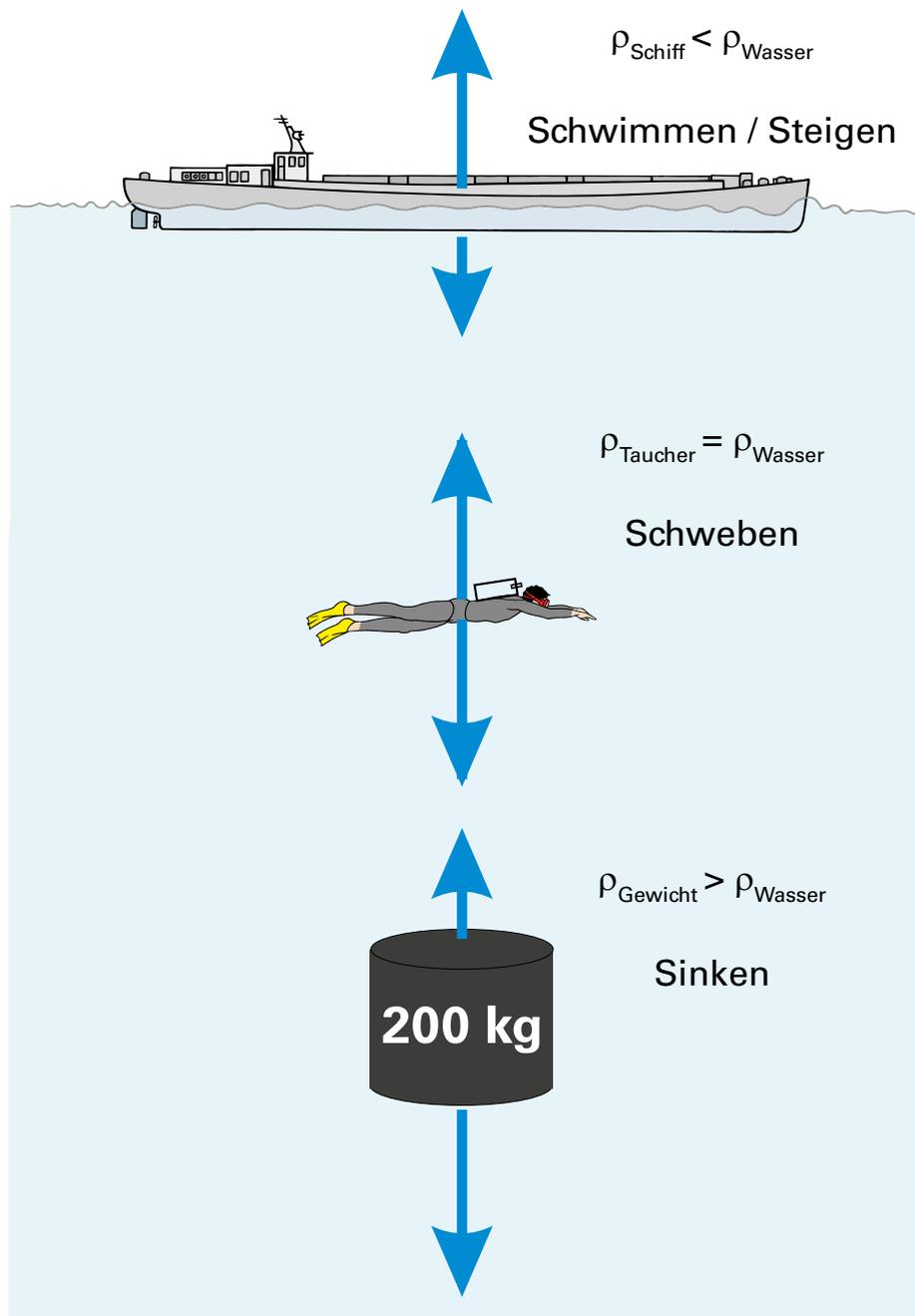
$$V_{\text{eingetaucht}} \cdot \rho_{\text{Flüssigkeit}} = V_{\text{Körper}} \cdot \rho_{\text{Körper}}$$

Dies macht Techniken wie die kraftsparende Überlebenslage verständlich. Ein Teil eines Körpers schaut nur dann aus einer Flüssigkeit heraus, wenn das eingetauchte Volumen **geringer** als das Gesamtvolumen ist. Das gelingt nur dann, wenn die mittlere Dichte des Körpers geringer ist als die Dichte der Flüssigkeit. Ist dies nicht der Fall, so geht der Körper unter.

Übungen zum Archimedischen Prinzip müssen in die praktische Ausbildung mit eingebaut werden.

Hier kann vor allen Dingen die Wirkung einer „leeren“ oder „vollen“ Lunge auf das Auftriebsverhalten mit den Tauchschülern erarbeitet werden.

Vielen Teilnehmern ist nicht bewusst, dass sich die Dichte des Wassers mit zunehmender Tiefe erhöht. Dies kann bei Gegenständen zu einem Abbremsen der Sinkbewegung und einem Schweben in einer bestimmten Wassertiefe führen. Durch die zunehmende Dichte erhöht sich die Auftriebskraft. Taucher müssen sich daher abhängig von der Wassertiefe mit Gewichten oder der Luftfüllung in ihrem Jacket austarieren, um in einer Tiefe zu schweben.



**Abbildung 2-1:** Prinzip des Archimedes - Die mittlere Dichte des Schiffs ist aufgrund des großen Hohlraums im Inneren geringer als die Dichte von Wasser, daher schwimmt es (vorausgesetzt, es ist nicht überladen!). Der Taucher ist so austariert, dass seine mittlere Dichte exakt der von Wasser in dieser Tiefe entspricht, daher schwebt er. Das Gewichtsstück mit 200 kg besitzt eine größere Dichte als Wasser und sinkt daher ab.

Ein Körper, eingetaucht in eine Flüssigkeit, verliert scheinbar so viel an Gewicht, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt.

**Beispiel:**

Person von 50 kg, steigt in ein volles Wasserfass. Es laufen 47 l Wasser über.  
Welche Dichte hat die Person?

Dichte = Masse/Volumen = 50 kg/47 l = 1,04 kg/l  
Dichte ist höher als die von Wasser, Person geht unter.

50 kg und 50 l (zum Beispiel nach normaler Einatmung)  
50 kg und 52 l (zum Beispiel max. nach Einatmung)

**Merksatz:** Ein Körper, eingetaucht in eine Flüssigkeit, verliert scheinbar so viel an Gewicht, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt.

Schlanke Personen sinken im Wasser in der Regel leichter ab, da die Muskulatur, im Gegensatz zu Fettgewebe, eine **größere** Dichte als Wasser hat!

Starkes Ausatmen führt in diesem Fall dazu, dass die mittlere Dichte des Körpers größer wird als die Dichte von Wasser, was zum selbständigen Abtauchen des Körpers führt. Menschen mit hohem Körperfettanteil haben hier deutlich mehr Schwierigkeiten, allein durch starkes Ausatmen abtauchen zu können.

**Eine historische Anekdote:**

Als Hintergrund sei auf eine Anekdote aus der Zeit des Archimedes verwiesen, in der ein Goldschmied des Betruges mit Hilfe des Archimedischen Prinzips überführt wurde.

Ein Goldschmied sollte eine Krone aus reinem Gold mit einer Masse von 1 kg anfertigen. Nachdem der Goldschmied dem König die Krone überbrachte, beauftragte der König Archimedes zu überprüfen, ob diese Krone wirklich aus reinem Gold gefertigt wurde. Die Krone durfte allerdings bei der Überprüfung nicht beschädigt werden.

Archimedes gab daraufhin die Anweisung, ein großes Gefäß mit Wasser und eine Balkenwaage herbeibringen zu lassen.

Die Waage wurde daraufhin ins Wasser gestellt und auf die eine Seite wurde ein Klumpen Gold mit der Masse von 1 kg gelegt. Auf der anderen Waagschale lag die angeblich aus Gold bestehende Krone, ebenfalls mit der Masse 1 kg.

Da die Krone aber aus Blei mit einem Goldüberzug gefertigt wurde, sank aufgrund der höheren Dichte des Goldes die Seite mit dem Goldklumpen ab und der Schmied war des Betruges überführt.

### Das allgemeine Gasgesetz

Das allgemeine Gasgesetz besagt, dass das Produkt aus Gasdruck **p** und Gasvolumen **V** dividiert durch die Gastemperatur **T** konstant ist:

$$p \cdot V/T = \text{const.}$$

Das allgemeine Gasgesetz ist allerdings nur eine Näherung für „reale“ Gase und gilt nur in **abgeschlossenen Systemen** (z.B. eine Tauchflasche). Im Gegensatz zum realen Gasgesetz werden beim allgemeinen Gasgesetz die anziehenden Kräfte (Kohäsion) zwischen den einzelnen Molekülen vernachlässigt. Das allgemeine Gasgesetz ist für viele Gase wie z. B. Luft auch bei Normalbedingungen eine gute Näherung.

Aus der idealen Gasgleichung folgt, dass die innere Energie eines idealen Gases unabhängig von Druck und Volumen ist und nur von der Temperatur abhängt. Sie besteht nur aus der kinetischen Energie der Wärmebewegung der Moleküle.

Das allgemeine Gasgesetz gliedert sich in **drei Spezialfälle**, wobei jeweils eine der Größen **p**, **V** oder **T** konstant gehalten wird.

Nur der **Spezialfall der konstanten Temperatur** – das Gesetz von Boyle-Mariotte – soll im Weiteren betrachtet werden und ist als Basiswissen für das Schnorcheltauchen ausreichend.

### Das Gesetz von Boyle-Mariotte

Das Gesetz von Boyle-Mariotte besagt, dass das Produkt aus Druck **p** und Volumen **V** bei konstanter Temperatur **T** in einem **abgeschlossenen** System immer konstant ist:

$$p \cdot V = \text{const. (mit } T = \text{const.)}$$

oder

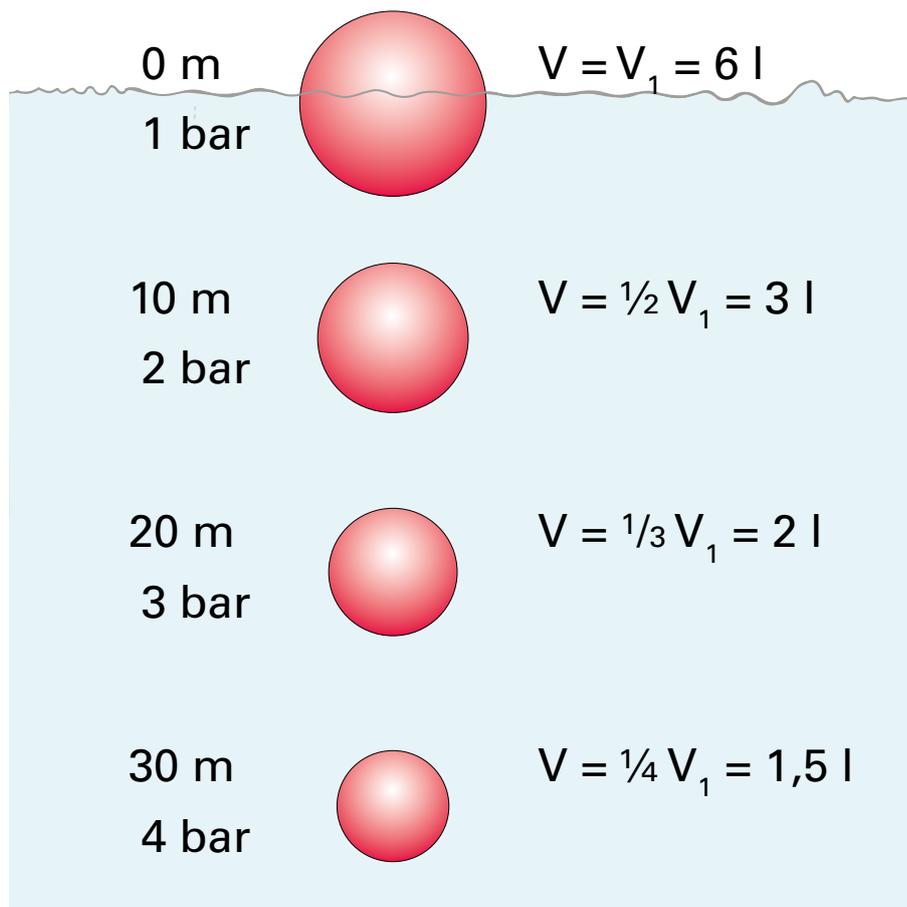
$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Dies bedeutet, dass sich das Volumen umgekehrt proportional zum Druck ändert. Man braucht dieses Gesetz zum Verständnis verschiedener Tauchunfälle, z. B. der **Barotraumata** (Trommelfell, Nasennebenhöhlen).

Insbesondere zeigt sich die Bedeutung dieses Gesetzes auch beim Streckentauchen. Der Auftrieb eines Apnoetauchers verringert sich mit zunehmender Tauchtiefe. Unter methodischem Aspekt bedeutet das, dass der Taucher bei einer größeren Tauchtiefe weniger gegen den Auftrieb arbeiten muss, um unter Wasser zu bleiben. Dadurch verbessert sich seine Schwimmlage und es können größere Tauchstrecken zurückgelegt werden.

Siehe hierzu auch die Angaben im Handbuch Rettungsschwimmen der DLRG zum Thema Abtauchen durch starkes Ausatmen!

Das Gesetz von Boyle-Mariotte lässt sich, wie in Abbildung 2-3 gezeigt besonders gut mit einem kleinen luftgefüllten Ballon unter Wasser demonstrieren und durch die Tauchschüler auch selbst „erleben“.



**Abbildung 2-2:** Ein luftgefüllter Ballon verringert nach dem Gesetz von Boyle-Mariotte sein Volumen bei zunehmender Wassertiefe.

Am Beispiel eines Luftballons unter Wasser kann man dieses Gesetz sehr gut veranschaulichen, siehe hierzu die Abbildung 2-3. Beträgt das Volumen eines Luftballons an der Wasseroberfläche 2 l bei 1 bar Umgebungsdruck, so hat sich das Volumen bei 10 m Wassertiefe bei 2 bar Umgebungsdruck auf 1 l reduziert, also halbiert. Daraus folgt sofort:

Eine Verdopplung des Umgebungsdrucks bewirkt eine Halbierung des Volumens!

Vergleichbar zu einem Luftballon reduziert sich auch das Volumen der Lunge (der Alveolen) beim Apnoetauchen durch den steigenden Umgebungsdruck, wodurch der Auftrieb des Tauchers abnimmt. Diesem Vorgang sind aber physiologische Grenzen gesetzt, auf die in Abschnitt 0 genauer eingegangen wird.

Das Gesetz von Boyle-Mariotte ist **fundamental** für die Schnorcheltauchausbildung und kann mit diesem Merksatz einfach vermittelt werden.

## Akustische und optische Verhältnisse unter Wasser

### Grundlagen Ohr/Hören

Die grundlegenden physiologischen Kenntnisse des Hörens sind relevant für das Verständnis des Hörens über und unter Wasser. Bei der Erklärung der Barotraumatata ist der Schwerpunkt auf das Mittelohr und die Funktion der Eustachischen Röhre beim Druckausgleich zu legen.

Die **Lokalisation** von Schallquellen erfolgt über die Auswertung von Pegel- und Laufzeitdifferenzen!

Die Lokalisation von Schallquellen kann auch sehr gut an Land geübt werden, indem einem Teilnehmer die Augen verbunden werden und er Schallquellen im Raum „orten“ muss, z. B. das Klatschen eines anderen Teilnehmers. Geht das auch unter Wasser?



Als akustische Wahrnehmung bezeichnet man die **Sinneswahrnehmung** von Schall. Zur Wahrnehmung des Schalls dienen Sinnesorgane, die durch Schwingungen aus der Umgebung stimuliert werden. Die Schwingungen können über das Umgebungsmedium (Luft, Wasser) oder über den Untergrund (Vibrationen) übertragen werden.

Für die Wahrnehmung von Richtungen und das Hören in eine bestimmte Richtung sind zwei Ohren erforderlich. Nur mit Hilfe beider Ohren kann auch die **Bewegung** von Schallquellen verfolgt werden. Die **Richtungswahrnehmung** beruht auf der Auswertung von Laufzeit- und Pegelunterschieden der Schallwellen zwischen beiden Ohren, bei der auch der Ohrabstand eine Rolle spielt.

Beim Hören werden Schallwellen in elektrische Impulse umgewandelt, die vom Gehirn ausgewertet werden und ein Klangerlebnis erzeugen. Die Schallwellen werden dabei von der **Ohrmuschel**, ähnlich einem Trichter, in den **Gehörgang** geleitet und treffen dort auf das **Trommelfell**. Dieses wird von den Schallwellen in Schwingung versetzt, die durch die **Gehörknöchelchen** verstärkt und auf die Membran des **ovalen Fensters** übertragen wird.

Diese Membran verschließt das **Innenohr**, das u.a. die **Hörschnecke** enthält – einen aufgerollten Schlauch, der mit Sinneszellen, den sogenannten **Hörschnecken**, bewachsen ist. Am anderen Ende, am runden Fenster, ist die Hörschnecke ebenfalls mit einer Membran verschlossen.

Die Schwingungen der Membran des ovalen Fensters verursachen **Druckwellen** in der Flüssigkeit, die zu einer **Biegung** der Hörschnecken führen. Dadurch werden elektrische Impulse erzeugt, die zum Gehirn weitergeleitet werden. Die Membran des runden Fensters ist dabei als Ausgleichsmembran nötig, denn Flüssigkeiten sind nicht kompressibel und auch die Schnecke im Innenohr liegt komplett in der knöchernen Struktur des Schädels. Eine Einwölbung des ovalen Fensters führt also zur Auswölbung des runden Fensters und umgekehrt.

Das menschliche Ohr kann akustische Ereignisse nur innerhalb eines bestimmten Frequenz- und Schalldruckpegel-Bereichs wahrnehmen, der auch als Hörfläche bezeichnet wird. Diese „Hörfläche“ liegt zwischen der unteren Grenze, der Hörschwelle und der oberen Grenze, der akustischen Schmerzschwelle bei einem Schalldruckpegel von etwa 130 dB.

Die „**Hörschwelle**“ liegt zwischen den Punkten der tiefsten hörbaren Frequenz von 20 Hz und der höchsten hörbaren Frequenz, die je nach Alter bis maximal 20 kHz beträgt. Die Hörschwelle des Menschen ist nicht linear. Zwischen der tiefsten und der höchsten Frequenz liegt bei etwa 2-5 kHz der Punkt der höchsten Wahrnehmungsempfindlichkeit. Neben dieser Frequenz lässt die Wahrnehmungsempfindlichkeit in

beide Richtungen nach [4]. Das Gehör kann zwei kurz aufeinander folgende Signale relativ gut voneinander unterscheiden.

### Lokalisation von Schallquellen an Land

Die **Lokalisation** einer Schallquelle beinhaltet die Bestimmung der **Entfernung** und **Richtung** eines Senders. Die Lokalisation ist nur aufgrund des **beidohrigen Hörens** möglich.

Um die seitliche Einfallsrichtung des Schalls zu ermitteln, wertet das Gehör Laufzeitdifferenzen und Schallpegeldifferenzen zwischen beiden Ohren aus. Z. B. erreicht Schall von rechts das rechte Ohr eher als das linke Ohr.

Zudem besitzt Schall von rechts am rechten Ohr einen höheren Pegel als am linken, da der Kopf das Signal am linken Ohr abschattet. Diese Pegelunterschiede sind stark frequenzabhängig und nehmen mit steigender Frequenz zu.

Bei tiefen Frequenzen unterhalb von ca. 800 Hz werden vor allem Laufzeitunterschiede ausgewertet, bei hohen Frequenzen oberhalb von ca. 1600 Hz vor allem Pegelunterschiede. Dazwischen liegt ein Überlappungsbereich, in dem beide Mechanismen eine Rolle spielen.

Frequenzen unterhalb von 80 Hz sind nicht mehr in ihrer Richtung zu lokalisieren. Um zwischen vorne und hinten zu unterscheiden, wertet das Gehör Resonanzen des Außenohrs aus.

Um die Entfernung einer Schallquelle zu bestimmen, werden Reflexionsmuster und Klangfarben ausgewertet, insbesondere auch solche aus der eigenen Erinnerung. Die Bestimmung der Entfernung ist aber auch an Luft nur sehr eingeschränkt möglich.

### Hören unter Wasser

Die **Schallgeschwindigkeit** beträgt an Luft etwa 330 m/s. Schallwellen, die von der Seite kommen, treffen an dem schallnahen Ohr einen Moment früher auf das Trommelfell als an dem schallfernen Ohr. Wenn man zwischen den Ohren eine Strecke von 16,5 cm unterstellt, dann beträgt die Laufzeitdifferenz des Schalls dazwischen etwa 0,5 ms. Diese Differenz reicht aus, um dem Gehirn die Möglichkeit zu geben, die Richtung einer Schallquelle zu orten.

Unter Wasser erfolgt die Weiterleitung des Schalls aufgrund der höheren Dichte des Wassers deutlich schneller. Die Schallgeschwindigkeit im Wasser beträgt etwa 1500 m/s (Beachte: Es gibt einen leichten Unterschied zwischen Süß- oder Salzwasser: Süßwasser ca. 1485 m/s, Salzwasser ca. 1530 m/s). Durch die höhere Geschwindigkeit wird der zeitliche Abstand des Auftreffens einer Schallwelle auf die Trommelfelle um ungefähr den Faktor 5 verringert, sodass die Zeitdifferenz nicht mehr für eine Richtungsbestimmung ausreicht (Laufzeitdifferenz kleiner als 0,1 ms).

Die Tauchschüler sind besonders auf das **eingeschränkte Richtungs-hören** unter Wasser hinzuweisen, da dies eine große Gefahrenquelle darstellen kann, wenn Geräusche „falsch“ eingeschätzt werden!

Dies kann auch durch eine Übung unter Wasser verdeutlicht werden, bei der ein Teilnehmer mit einer zugeklebten Tauchmaske unter Wasser eine Schallquelle orten und die Richtung anzeigen muss.

Die Entfernung einer Schallquelle wird zum großen Teil aus der **Hörfahrung** gewonnen und ist auch an Luft nur sehr schwierig zu bestimmen.

Ergebnis: Unter Wasser ist ein Richtungshören nicht mehr möglich!

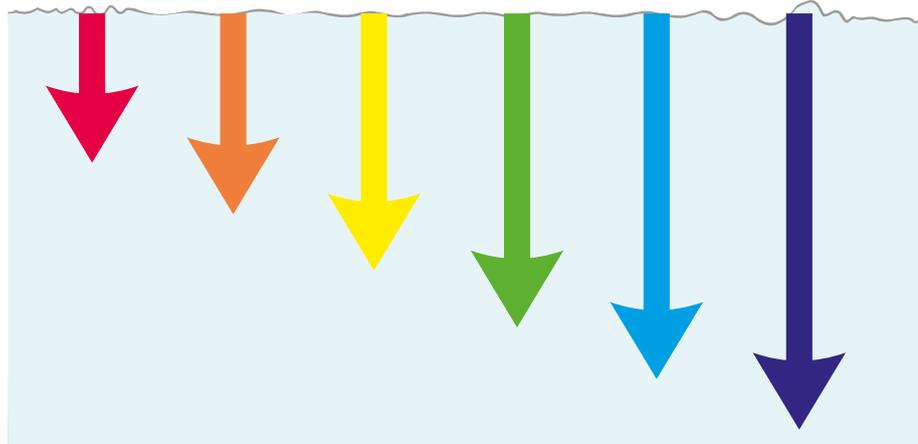
Zusätzlich werden Schallwellen unter Wasser über eine deutlich größere Distanz übertragen. Da Entfernungshören auch an Land schon sehr ungenau sein kann und auf Erinnerungen beruht, verschlechtert sich diese Fähigkeit unter Wasser drastisch. Weiter entfernte Schallquellen (z. B. Motorboote) können somit entweder bedrohlich nahe klingen oder sogar schon näher sein, als man vermutet!

**Sehen unter Wasser**

Das Sehen unter Wasser wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, die alle auf physikalische Effekte zurückzuführen sind: Das für den Menschen sichtbare Licht besteht physikalisch aus elektromagnetischen Wellen unterschiedlicher Wellenlängen. Diese Strahlung kann u.a. reflektiert, gebrochen oder absorbiert werden. Alle diese Vorgänge spielen auch beim Tauchen eine Rolle. Bestimmend für die Sichtverhältnisse unter Wasser sind:

- Intensität der Sonnenstrahlen
- Auftreffwinkel der Sonnenstrahlen
- Durchsichtigkeit des Wassers (klares oder trübes Wasser)
- Beschaffenheit des Grundes (heller oder dunkler Grund)
- Wassertiefe

Das Tageslicht wird im Wasser mit **zunehmender** Tiefe abgeschwächt, da Wasser im Vergleich zu Luft ein optisch **dichteres** Medium ist. Die Abnahme ist trotz günstiger Wasserverhältnisse so stark, dass die ins Wasser gelangenden Strahlen in 1 m Tiefe schon mehr als die Hälfte ihrer Intensität verlieren. In 10 m Tiefe dringen nur noch ca. 15% und in 25 m Tiefe nur noch 5% der Strahlen vor.



**Abbildung 2-3:** Eindringtiefe unterschiedlicher Lichtwellenlängen in Wasser. Je kürzer die Wellenlänge (blau/violett) desto tiefer dringen die Lichtstrahlen in das Wasser ein. Lange Wellenlängen (rot) werden bereits innerhalb der ersten Meter absorbiert. In Tiefen ab 35 m nehmen alle Objekte eine blaugüne Farbe an.

Den Tauchschülern kann das Farbsehen im tieferen Wasser mit Hilfe eines kleinen roten Tauchrings demonstriert werden.

Bereits in einer Wassertiefe von 3 m (ohne künstliche Beckenbeleuchtung) ändert dieser am Grund deutlich seine Farbe ins Bläulichviolette.

Aufgrund der unterschiedlichen Wellenlängen der einzelnen Spektralfarben werden diese verschieden stark absorbiert: Rot hat in 5 m Tiefe nur noch 10% und in 10 m Tiefe sogar nur noch 2% seiner Intensität.

Das führt dazu, dass z. B. ein roter Ring hier nicht mehr rot, sondern bläulich-violett erscheint. Gelb dringt bis in 5 m Tiefe zu 50% ein und ist in 45 m Tiefe noch zu 2% vorhanden. Blau ist in 35 m Tiefe noch zu 50% vorhanden.

In Tiefen ab 35 m nehmen alle Gegenstände eine grau-blau-grüne Farbe an. Bei trübem Wasser kommt es zusätzlich noch zu Streuungs- und Reflektionseffekten, die zu einer Schwächung des Lichts und damit zu einer Verschlechterung der Sichtverhältnisse führen.

Für Taucher mindestens ebenso bedeutsam ist der Effekt der optischen Brechung des Lichts. Beim Übergang von Lichtstrahlen von einem durchsichtigen Medium auf ein anderes mit unterschiedlichen Brechungsindizes werden die Lichtstrahlen gebrochen.

**Anmerkung:** Der Brechungsindex  $n$  beschreibt die materialabhängige Verlangsamung des Lichtes (eigentlich: der Lichtgeschwindigkeit) beim Übergang vom Vakuum in das betrachtete Medium.

Der Brechungsindex  $n$  ist als Verhältnis zwischen der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum  $c_0$  zur Lichtgeschwindigkeit im Medium  $c_m$  definiert:

$$n = c_0 / c_m$$

**Beispiel für Wasser:**

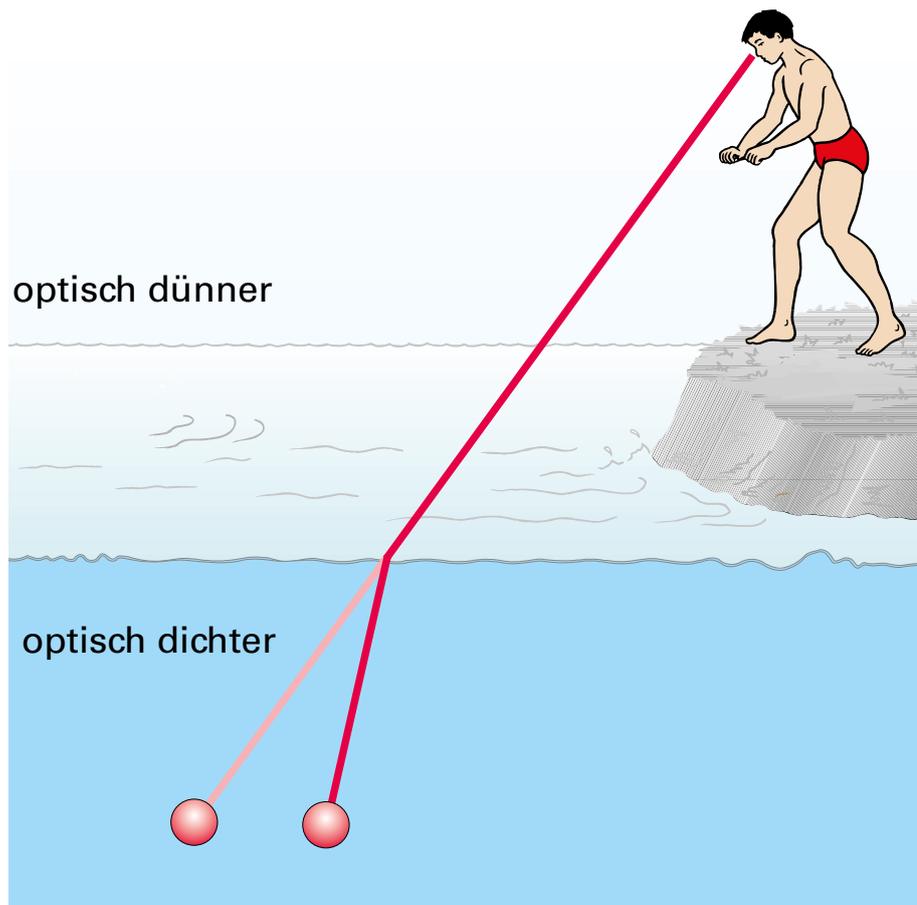
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum: 300.000 km/s  
im Wasser: 225.000 km/s

Daraus ergibt sich ein Brechungsindex des Wassers von  $n = 1,33$ .



Der Effekt der Lichtbrechung lässt sich sehr gut in einem niedrigen Becken mit ruhiger Wasseroberfläche demonstrieren, in dem sich auf dem Grund ein Gegenstand befindet. Die Tauchschüler müssen vom Beckenrand versuchen mit einer langen Stange den Gegenstand direkt zu berühren.

Dies wird Ihnen beim ersten Versuch wahrscheinlich nicht gelingen.



**Abbildung 2-4:** Brechung von Licht am Übergang zwischen Luft und Wasser. Durch die Brechung an der Wasseroberfläche wird der Strahl von seiner Ursprungsrichtung (hellroter Pfeil) abgelenkt (roter Pfeil). Die rote Kugel scheint für den Beobachter an Land an einer anderen Position zu sein (hellrote Kugel), als sie tatsächlich ist. In Wirklichkeit ist die Kugel aber näher am Betrachter, als sie ihm erscheint.

Die Brechung des Lichts hängt u.a. von den jeweiligen optischen Dichten der Medien ab. Dies ist auch beim normalen Sehen an Land der Fall. Beim Übergang der Lichtstrahlen von Luft in die (optisch dichtere) Hornhaut des Auges findet bereits eine Brechung des Lichts statt. Diese Brechung ist wichtig für „scharfes“ Sehen. Die nachgeschalteten lichtbrechenden Systeme (Augenlinse, Kammerwasser, Glaskörper) haben vergleichsweise nur schwache Effekte auf die Lichtbrechung.

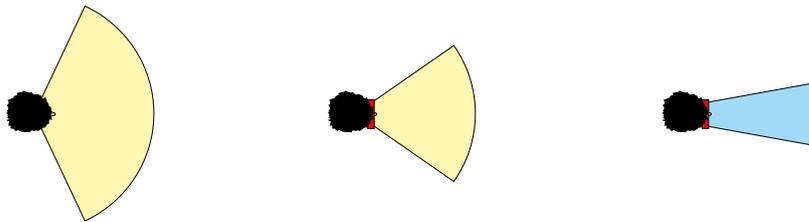
Der Brechungsindex der Hornhaut beträgt ca. 1,38 und ist damit dem von Wasser (1,33) sehr ähnlich, sodass ohne Maske unter Wasser beim Übergang der Strahlen vom Wasser auf die Hornhaut keine wesentliche Brechung stattfindet. Unter Wasser ist daher **ohne** Hilfsmittel (Tauchmaske) scharfes Sehen **nicht** möglich, im Gegenteil: Es besteht eine **extreme Kurzsichtigkeit** von ca. 50 Dioptrien.

Die Tauchmaske schafft jedoch wieder die gewohnte Grenzschicht Luft/Hornhaut mit einem Brechungsindex von 1,00 vor der Hornhaut des Auges, allerdings mit dem Ne-

benneffekt, dass am Übergang Wasser/Glas der Tauchmaske ebenfalls eine Brechung stattfindet.

Durch diesen Effekt erscheinen unter Wasser beim Blick durch die Tauchmaske alle Dinge um **1/3 größer** und um **1/4 näher**, als sie wirklich sind.

Zusätzlich ändert sich durch die Tauchmaske der Gesichtswinkel:



Ohne Maske:  
Weiter Gesichtswinkel  
(über Wasser)

Mit Maske:  
Gesichtswinkel eingeschränkt  
(über Wasser)

Mit Maske:  
Gesichtswinkel unter Wasser  
stark eingeschränkt

**Abbildung 2-5:** Veränderter Gesichtswinkel durch Verwendung einer Tauchmaske. Unter Wasser ist der Gesichtswinkel je nach Maskenbauart und durch die Lichtbrechung stark eingeschränkt. In Abschnitt 4 wird auf Eigenschaften geeigneter Tauchmasken eingegangen, die einen möglichst großen Gesichtswinkel erlauben.

Es darf deshalb beim Tauchen nie vergessen werden, dass nur ein Ausschnitt der Umgebung gesehen wird.

Um Unfällen und Zusammenstößen (etwa beim Auftauchen) vorzubeugen, ist wie folgt aufzutauchen: Schraubenförmig mit Blickrichtung und gestrecktem Arm nach oben und dabei die Wasseroberfläche beobachtend

Gerade beim Auftauchen ist aus diesem Grund auch die **Drehung** um die Körperlängsachse nötig.

### Die Wärmeleitfähigkeit von Wasser

Wasser hat eine um mehr als zwanzigmal größere Wärmeleitfähigkeit als Luft. Damit wird der **Energieabtransport** von wärmeren Körpern (Taucher) zum kälteren Medium (Wasser) gegenüber einem Aufenthalt an der Luft deutlich vergrößert.

Neben dem Effekt des Wärmeflusses aufgrund von **Wärmeleitung** (Konduktion) von einem ruhenden wärmeren Medium in ein kälteres vergrößert sich durch **strömendes Wasser** (Konvektion) der Wärmeverlust im Körper erheblich, da erwärmtes Wasser von der Körperoberfläche fortgeleitet und kaltes Wasser zugeführt wird. Erlebbar ist dies z. B. auch an Land, wo bei entsprechendem Wind der Körper deutlich schneller auskühlt als bei Windstille.

Die Veränderungen der Wahrnehmung v Gegenständen unter Wasser durch eine Tauchmaske muss intensiv mit den Tauchschülern diskutiert werden. Das gilt auch für die Tatsache, dass jeder unter Wasser ohne Tauchmaske unscharf sieht.

Für viele ist diese Tatsache eine gute **Ausrede** warum sie nur mit Tauchmaske tauchen wollen, insbesondere wenn sie auch an Land eine Sehhilfe benötigen. Das Problem besteht jedoch eher darin, dass die Augen unter Wasser nicht geöffnet werden.

Auf das korrekte Auftauchen ist bei der Ausbildung der Schnorcheltaucher besonderer Wert zu legen!

Da Wasser außerdem eine größere Dichte als Luft besitzt, ist die Wärmemenge, die pro Zeiteinheit von der Körperoberfläche abtransportiert werden kann, viel größer als an Luft. Dieser Effekt beschleunigt zusätzlich zur besseren Wärmeleitfähigkeit den Wärmeverlust.

## Physikalisches Zusatzwissen

### Die Temperaturskalen



Für das Verständnis und die Anwendung der physikalischen Formeln ist es wichtig zu wissen, dass diese grundsätzlich auf der Kelvin-Temperaturskala beruhen. Deshalb muss den Tauchschülern – falls notwendig – der Unterschied zur Celsiusskala und die Umrechnung erläutert werden.

#### Celsiuskala

Diese Temperaturskala hat ihren Ursprung in zwei Größen: dem Siedepunkt und dem Gefrierpunkt von Wasser. Der eine wurde willkürlich mit 100°C, der andere mit 0°C festgelegt. Der Bereich dazwischen wurde in 100 gleiche Teile aufgeteilt. Anschließend wurde diese Skala nach oben und unten mit gleichen Gradabständen erweitert. Der absolute Nullpunkt wurde bei -273,15°C gefunden. Da eine solche Skala für die Physik sehr unhandlich ist, wurde eine weitere Skala entwickelt.

#### Kelvinskala

Aus der Erfahrung mit der Celsiusskala wurde von dem Physiker Kelvin eine neue Skala entworfen, die heute in allen Bereichen der Physik verwendet wird und im SI-Einheitensystem für die Temperatur steht.

Sie beruht auf einer rein positiven Betrachtung. Der absolute Nullpunkt der Celsiusskala (-273,15°C) wurde mit 0 Kelvin festgesetzt. In denselben Abständen wie bei der Celsiusskala wird dann positiv vorwärts gerechnet. Damit ergibt sich bei gleichen Abständen in beiden Skalen folgender Zusammenhang:

Eine Differenz von x Grad Celsius entspricht genau derselben Differenz von x Kelvin.

Als Formel sieht der Zusammenhang wie folgt aus:

$$T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celsius}} + 273,15$$

#### Das Gesetz von Dalton

Der **Partialdruck** ist der Druck in einem Gasgemisch wie z.B. der Luft, der einem **bestimmten** Gas zugeordnet werden kann. Der Partialdruck entspricht dabei dem Gesamtdruck, den das Gas beim alleinigen Ausfüllen des gesamten Volumens ausüben würde.

**John Dalton** (\*1766, †1844) war ein englischer Naturforscher und Lehrer. Wegen seiner grundlegenden Untersuchungen zur Atomtheorie gilt er als einer der Wegbereiter der modernen Chemie.

In der Biologie und Medizin sind vor allem der Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid-Partialdruck von großer Bedeutung. Hier wird der Begriff auch auf die Konzentrationen dieser Gase **in Lösung** angewendet, beispielsweise im Blut oder in Wasser. Das **Gesetz von John Dalton** aus dem Jahr 1805 (Dalton'sches Gesetz, Gesetz der Partialdrücke) besagt, dass die Summe aller Partialdrücke bei idealen Gasen gleich dem Gesamtdruck des Gemisches  $p_{\text{Gesamt}}$  ist. Für  $n$  Komponenten ergibt sich:

$$p_{\text{Gesamt}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

Hieraus leitet sich ab, dass der Partialdruck einer Gaskomponente gleich dem Produkt aus prozentualen Anteil der Gaskomponente (z. B. 78% Stickstoff in der Luft) mal dem Gesamtdruck  $p_{\text{Gesamt}}$  des Gemisches (z. B. Luftdruck) ist.



**Vereinfachtes Beispiel:**

Wesentliche Zusammensetzung von Luft bei einem Umgebungsdruck von 1000 mbar:

Komponente	Volumenanteil in %	Partialdruck mbar
Luft	100	1000
Stickstoff	78	780
Sauerstoff	21	210
Argon	0,97	9,7
Kohlendioxid	0,03	0,3

Mit steigendem Umgebungsdruck (z. B. beim Abtauchen) nimmt der Druck der einzelnen Gasbestandteile zu. Dies führt im Körper zu einigen Veränderungen gegenüber dem Oberflächenverhalten, z. B. zur physikalischen Lösung von Gasen im Blut.

An der Wasseroberfläche bei 1 bar Umgebungsdruck, einem Stickstoffanteil  $N_2$  von 78% und einem Sauerstoffanteil  $O_2$  von 21% ergibt sich im Körper ein Partialdruck für Stickstoff von  $p_{N_2} = 0,78$  bar und Sauerstoff von  $p_{O_2} = 0,21$  bar. In 10 m Tiefe bei einem Umgebungsdruck von 2 bar **verdoppeln** sich diese Partialdrücke.

Damit ein Taucher nicht das Bewusstsein verliert, ist ein Mindestpartialdruck an Sauerstoff notwendig. Ein Minimum von  $p_{O_2} = 0,16$  bar ist für die uneingeschränkte normale Funktion des Organismus notwendig, unter  $p_{O_2} = 0,1$  bar droht die **plötzliche Bewusstlosigkeit** des Tauchers [4].

Das Konzept des Partialdrucks von Gasen in Flüssigkeiten ist für die Erklärung der Bewusstlosigkeitsphänomene hilfreich und sollte daher im Rahmen der Theorieausbildung dem Alter und der Vorbildung der Teilnehmer entsprechend vermittelt werden.

### 3. Medizinische und Physiologische Grundlagen

#### Der Blutkreislauf

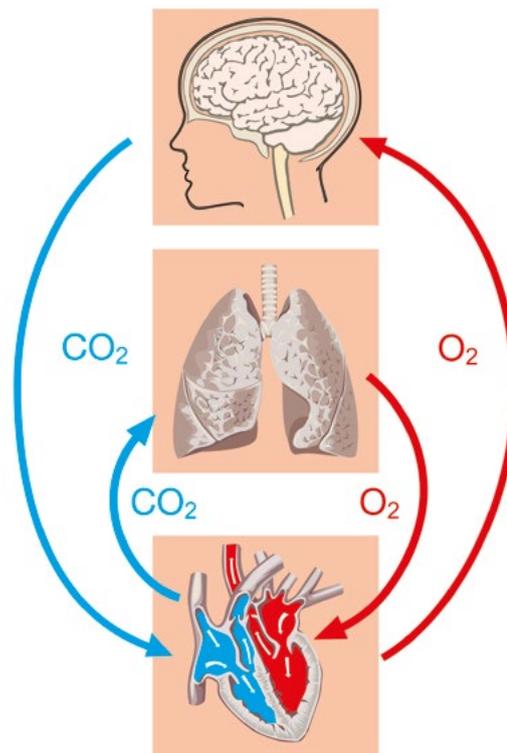
Siehe hierzu auch das Handbuch Rettungsschwimmen ab Kapitel 2.1

Das Blut befördert Körperwärme, Nährstoffe, Flüssigkeiten und Gase. Es besitzt Schutzstoffe gegen Fremdkörper und Krankheiten (Immunsystem). Jeder Bestandteil des Blutes erfüllt eine besondere Aufgabe. Damit das Blut seine Aufgabe erfüllen kann, muss es ständig durch die Adern zu den Verbrauchern, den Zellen und Geweben des Körpers, gepumpt werden. Die wichtigste Blutpumpe im menschlichen Körper ist das Herz. Es pumpt die ca. 5-6 Liter Blut, die ein erwachsener Mensch hat, mehr als tausendmal pro Tag durch den Kreislauf.

Der Weg des Bluts im Körper gehört zum Basiswissen für jeden Schnorcheltaucher. Auf die entsprechende Vermittlung ist hier besonderer Wert zu legen.

Hierzu gehört auch die oft falsch verstandene Unterscheidung zwischen Venen und Arterien (siehe nächste Seite), die nicht von der Sauerstoffsättigung des Bluts abhängt.

Bei vielen Tauchschülern liegt hier ein falsches Verständnis vor, welches nur mit einigem Aufwand zu korrigieren ist. Es empfiehlt sich, im Verlauf des Theorieunterrichts entsprechendes Vorwissen abzufragen und den eigenen Unterricht am Vorwissen auszurichten.



**Abbildung 3-1:** Blutkreislauf des Menschen: Der äußere Kreis ist der Körperkreislauf, der vom Herzen aus den Organismus mit Blut versorgt, der innere Kreis ist der Lungenkreislauf, der das Blut zum Gasaustausch in die Lunge befördert.

Im Folgenden soll der Weg betrachtet werden, den das Blut im Körper nimmt:

- Der Weg beginnt hier z. B. in der Lunge. Dort wird das sauerstoffarme Blut mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) angereichert.
- Über die Lungenvenen wird das mit Sauerstoff angereicherte Blut zum linken Vorhof des Herzens geführt.
- Vom linken Vorhof strömt es in die linke Herzkammer und dann durch die Aorta in den Körper.
- Im Körper teilt sich diese große Körperschlagader in viele kleine Arterien bis hin zu den feinsten Haargefäßen, den Kapillaren auf.

- In diesen Kapillaren gibt das Blut die lebenswichtigen Stoffe wie den Sauerstoff (O<sub>2</sub>) an die Körperzellen ab und nimmt die Abfall- und Endprodukte des Zellstoffwechsels wie das Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mit.
- Das sauerstoffarme und CO<sub>2</sub>-reiche Blut kommt dann über das zum Herzen führende Aderengeflecht (Venen) in den rechten Herzvorhof.
- Vom rechten Vorhof gelangt es in die rechte Herzkammer und von dieser durch die Lungenarterie in die Lunge.
- Dort wird das CO<sub>2</sub> an die Lunge abgegeben und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) aufgenommen.
- Dann beginnt der Kreislauf von neuem.

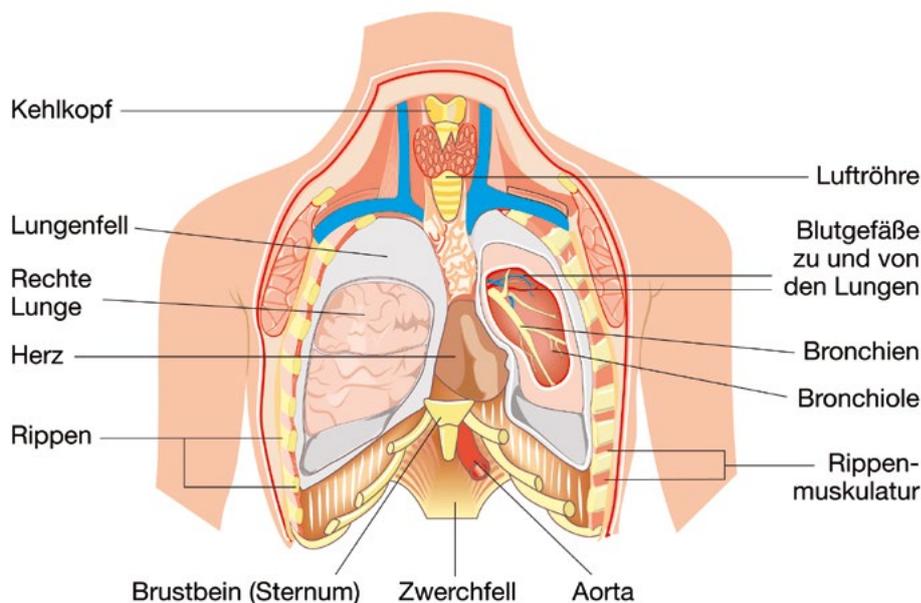
Welche fatalen Folgen ein Kreislaufversagen gerade unter Wasser haben kann, ist leicht vorstellbar. Deshalb ist es eine der Hauptanforderungen an den Taucher, dass er einen gesunden und leistungsfähigen Kreislauf besitzt. Eine regelmäßige ärztliche Untersuchung, eine vernünftige Lebensweise und ein wohldosiertes Training können dazu beitragen.

**Anmerkung:** Ob ein Gefäß Vene oder Arterie genannt wird, hängt ausschließlich davon ab, ob es zum Herzen hin oder vom Herzen weg führt.

Arterien führen das Blut vom Herzen weg, Venen zum Herzen hin!

So kann es sein, dass in einer Arterie (Lungenarterie) sauerstoffarmes Blut fließt. Sauerstoffreiches Blut hat eine hellrote, sauerstoffarmes Blut eine dunkelrote Farbe.

Der Unterschied zwischen Venen und Arterien ist **die Fließrichtung des Blutes**, nicht der Sauerstoffgehalt!



**Abbildung 3-2:** Anordnung der Organe im Brustbereich

## Die Atmung

Mit **äußerer Atmung** ist der Gasaustausch in der Lunge gemeint.

**Innere Atmung** bezieht sich auf den „Gasaustausch“ in den Körperzellen.

Die Hauptaufgabe der Lungen ist die Atmung. Atmung im engeren Sinne, und damit ist die „**äußere**“ **Atmung** gemeint, bedeutet **Gasaustausch** zwischen dem Organismus und der Umwelt. Sauerstoff gelangt mit der Atemluft in die Lungenbläschen (Alveolen) und diffundiert von dort ins Blut.

Das Blut ermöglicht mit Hilfe des roten Blutfarbstoffes, des Hämoglobins, den Transport zu den Körperzellen, wo der Sauerstoff abermals durch Diffusion in die Zellen gelangt. In den Zellen findet dann unter Verbrauch von Sauerstoff und Produktion von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) die Energiegewinnung statt. Man spricht von der „**inneren**“ **Atmung**. Das CO<sub>2</sub> diffundiert ins Blut, wird mit dem Blutstrom zurück zur Lunge transportiert und hier abgegeben.

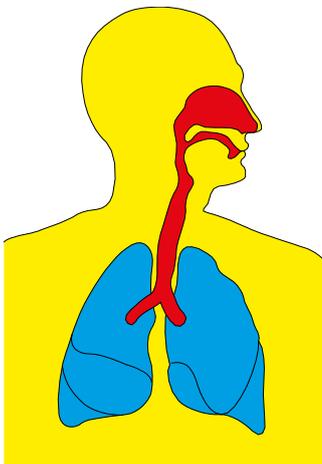


Die Begriffe „innere“ und „äußere Atmung“ gehören zum Basiswissen eines Schnorcheltauchers!

**Anmerkung:** Die **Diffusion** (v. lat.: diffundere „ausgießen, verstreuen, ausbreiten“) ist ein physikalischer Prozess, der zu einer gleichmäßigen Verteilung von Teilchen und somit vollständigen Durchmischung zweier Stoffe führt. Es beruht auf der thermischen Bewegung von Teilchen. Diffusion ist die Wanderung von Teilchen von einem Ort hoher Konzentration zu einem Ort niedriger Konzentration mit dem Ziel, einen Konzentrationsausgleich zu schaffen. Der Vorgang der Diffusion läuft umso schneller ab, je größer der Konzentrationsunterschied (Konzentrationsgradient) ist.

**Beispiel:** Wird in der Ecke eines Raumes ein wenig Parfüm verschüttet, so ist der Geruch des Parfüms bald gleichmäßig im ganzen Raum wahrzunehmen.

## Die Atemwege



**Abbildung 3-3:** Schematische Darstellung der Atemwege.

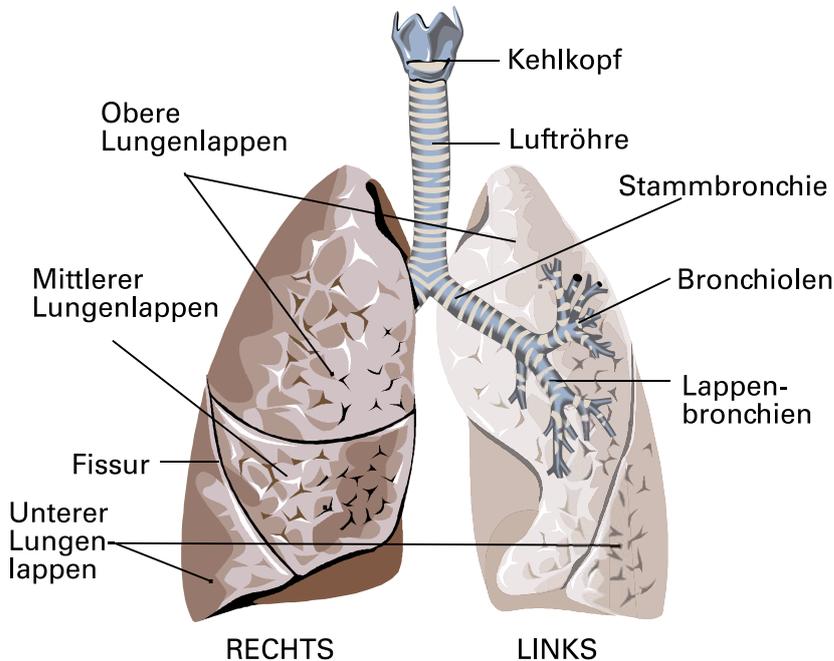
Über den Nasen-Rachen-Raum gelangt die Luft durch den Kehlkopf in die Luftröhre, die sich nach ca. 12 cm in den rechten und linken Stammbronchus aufteilt. Von diesen Stammbronchien gehen weitere Bronchien ab, die sich immer weiter aufzweigen und in ihrem inneren Durchmesser immer kleiner werden, bis sie schließlich in den **Lungenbläschen** (Alveolen) enden. Da nur in den Lungenbläschen der **Gasaustausch** mit dem Blut stattfindet, stellen die Atemwege in dieser Hinsicht einen **Totraum** von etwa 140 mL Inhalt dar.

Die Aufgabe der Atemwege ist neben der Leitung der Luft zur Lunge auch die Reinigung, Erwärmung und Anfeuchtung der Atemluft. So ist die Luft, die in die Lunge gelangt, immer von den meisten Schwebeteilchen befreit, wasserdampfgesättigt und 37°C warm.

## Die Lunge

Die Lunge befindet sich im knöchernen Brustkorb und besteht aus zwei Lungenflügeln, der rechten und der linken Lunge, die durch das Brustfell (Mediastinum) voneinander getrennt sind. Jeder Lungenflügel besteht aus einer Vielzahl von Lungenbläschen, die

jeweils mit einem dichten Netz von Haargefäßen (Kapillaren) umspunnen sind. Bei einem mittleren Alveolardurchmesser von 0,2 mm und insgesamt etwa 500 Millionen Lungenbläschen ergibt sich so eine Gasaustauschfläche von ca. 200 m<sup>2</sup>.



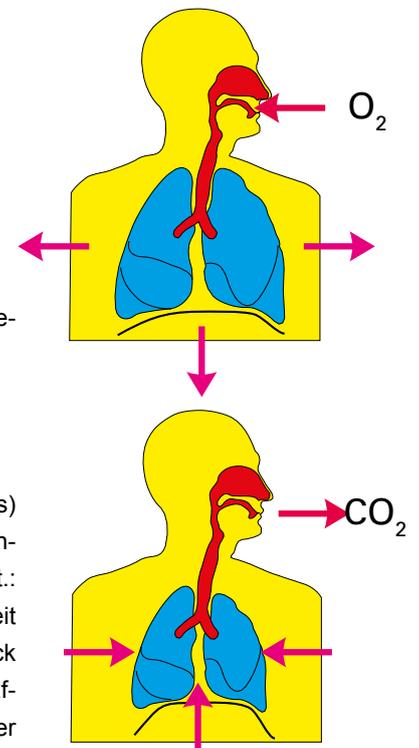
**Abbildung 3-4:** Sicht auf die Lunge von vorne. Der linke Teil wurde transparent dargestellt und erlaubt somit einen Blick auf die Bronchien.

### Die Atemmechanik

Beide Lungen sind mit einer glatten Haut, dem **Lungenfell** (lat.: Pleura viszeralis) überzogen. Die von den Rippen und der Zwischenrippenmuskulatur gebildeten Höhlen sind ebenfalls innen mit einer glatten Haut überzogen, dem sog. **Rippenfell** (lat.: Pleura parietalis). Zwischen beiden Häuten befindet sich ein schmaler, mit Flüssigkeit ausgefüllter Spalt, der sog. **Pleuraspalt**, in dem im Vergleich zur Lunge ein Unterdruck herrscht. Wegen dieses Flüssigkeitsfilms und der damit verbundenen Adhäsionskräfte, aber auch wegen des **Unterdrucks**, kann sich die elastische Lunge nicht von der Brustwand abheben, sondern sich nur an ihr entlang **gleitend** verschieben.

Den Motor der Atmung bilden die Atemmuskeln. Unter Ruhebedingungen ist das Zwerchfell der wichtigste Atemmuskel. Das Zwerchfell ist quer durch den Körper gespannt und trennt Brust- und Bauchraum voneinander ab. Es besteht aus Sehnen und Muskelfasern und ist im Ruhezustand kuppelartig nach oben gewölbt. Bei der Einatmung ziehen die Muskelfasern sich zusammen, was zu einer Abflachung des Zwerchfells führt. Dadurch wird der Raum im Brustkorb nach unten vergrößert. Bei Anstrengung oder **tiefer Atmung** werden gleichzeitig auch die Zwischenrippenmuskeln aktiv. Bei den Zwischenrippenmuskeln kann zwischen den äußeren, die für die

Die Atemmechanik lässt sich sehr gut an einer Wiederbelebungspuppe demonstrieren. Besonders anschaulich kann gezeigt werden, dass Ausatmen ein **passiver Vorgang** ist und Einatmen **aktiv** erfolgt (in diesem Fall natürlich durch den Ausbilder, der die Luft aktiv in die Puppe einbläst, z. B. im Rahmen der Atemspende).



**Abbildung 3-5:** Darstellung der Atemmechanik.

Beim Einatmen spannt sich das Zwerchfell an und es entsteht ein Unterdruck in der Lunge. Beim Ausatmen entspannt sich das Zwerchfell, die Atemluft strömt aus den Lungen heraus.

Einatmen ist ein aktiver Vorgang, Ausatmen ist weitgehend passiv, kann aber aktiv unterstützt werden!

Zu den relevanten Grundlagen für das Schnorcheltauchen zählen bei der menschlichen Atmung das normale Atemzugvolumen und die Atemfrequenz.

Die einzelnen Kapazitäten und Volumina aus Abbildung 3-6 sollten entsprechend dem Kenntnisstand und Alter

Einatmung zuständig sind, und den inneren, die für die verstärkte Ausatmung zuständig sind, unterschieden werden. Wie der Name jeweils schon sagt, verlaufen diese Muskeln zwischen den Rippen und können entweder die Rippen auseinanderziehen, also ebenfalls den Brustkorb vergrößern, oder die Rippen zusammenziehen und so den Brustkorb verkleinern.

Wird der Brustraum vergrößert, muss daher die Lunge dieser Ausdehnung folgen. Dadurch entsteht in der Lunge ein **relativer Unterdruck**, sodass Luft in die Lunge strömt. Die Ausatmung in Ruhe erfolgt **passiv** durch die elastischen Rückstellkräfte von Lunge und Brustkorb, ähnlich wie bei einem aufgeblasenen Gummiballon. Bei körperlicher Anstrengung oder unter Belastung kann die Ausatmung jedoch auch durch Muskelarbeit erfolgen. Ein Teil der Zwischenrippenmuskeln zieht dabei die Rippen zusammen, verkleinert den Brustkorb und presst somit quasi die Luft aus der Lunge. Zusätzlich spielt die Bauchmuskulatur eine wichtige Rolle. Taucher nutzen diese Fähigkeit z.B. beim Ausblasen des Schnorchels.

**Die Lungenvolumina**

Bei der Lunge lassen sich verschiedene Volumina bestimmen, deren Kenntnis für Taucher und Schnorcheltaucher von Bedeutung ist. So kann unterschieden werden:

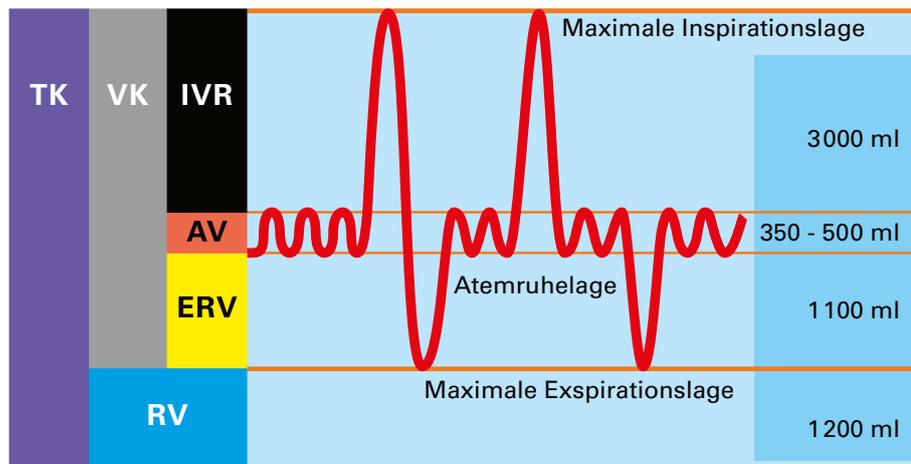
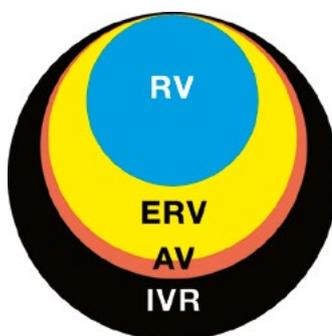


Abbildung 3-6: Wichtige Atemgrößen am Beispiel der Lungenvolumina

- **Totalkapazität (TK)** Summe aus Vitalkapazität und Residualvolumen
- **Vitalkapazität (VK)** Luftmenge, die nach tiefster Einatmung ausgeatmet werden kann (im Normalfall zwischen 3-6 l beim Erwachsenen)
- **Residualvolumen (RV)** Luftmenge, die nach tiefster Ausatmung in der Lunge verbleibt. Das Residualvolumen beträgt im Normalfall maximal 25% der Totalkapazität
- **Atemzugvolumen (AV)** Bei normaler Atmung ausgetauschtes Luftvolumen (ca. 500 ml beim Erwachsenen, 350 ml bei Jugendlichen, 150 ml bei Kleinkindern, 50 ml bei Säuglingen)

- **Reserven (IRV/ERV)** Zusätzlich zum Atemzugvolumen kann ein zusätzliches Reservevolumen eingeatmet (inspiratorisch, 2,5 l) oder ausgeatmet (expiratorisch, 1,5 l) werden.
- **Totraum** Jener Teil der Atemwege, in denen kein Gasaustausch stattfindet. Der anatomische Totraum beträgt ca. 140-150 ml.

Durch den Schnorchel wird der Totraum künstlich vergrößert!

Nach einer normalen Ausatmung unter Ruhebedingungen befindet sich der Brustkorb in einer entspannten Mittelstellung, der Atemruhelage. Bei einer normalen Einatmung in Ruhe beträgt das Atemzugvolumen nur etwa 500 ml. Bei maximaler Anstrengung können jedoch zusätzlich zu diesen 0,5 l ca. weitere 2,5 l eingeatmet werden. Man spricht daher vom inspiratorischen Reservevolumen (IRV). Andererseits kann aus der Atemruhelage auch noch um etwa 1,5 l weiter ausgeatmet werden, was als expiratorisches Reservevolumen (ERV) bezeichnet wird. Das Residualvolumen und das expiratorische Reservevolumen zusammen bilden die **funktionelle Residualkapazität**.

Die Aufgabe des Residualvolumens ist es, ein **Zusammenfallen der Lunge** zu verhindern. Außerdem sorgt es gemeinsam mit der funktionellen Residualkapazität dafür, dass in der Lunge immer bestmögliche Verhältnisse für den Gasaustausch herrschen. Dadurch, dass bei der normalen Atmung immer nur ein kleiner Teil des Lungenvolumens ausgetauscht wird, ist die Gaszusammensetzung in der Lunge nahezu konstant. Dies ist von großem Vorteil, da die Atemfrequenz und die Pulsfrequenz **nicht synchron** sind: Beträgt der Ruhepuls im Mittel ca. 60 bis 80 Schläge pro Minute, vollzieht der Mensch in Ruhe jedoch nur 12 bis 15 Atemzüge pro Minute. Bei 60 Pulsschlägen und einer Atemfrequenz von 15 pro Minute könnte bei einem vollständigen Abatmen des Lungenvolumens nur bei jedem viertem Pulsschlag Sauerstoff in der Lunge aufgenommen und CO<sub>2</sub> abgegeben werden, was biologisch nicht sinnvoll wäre.

Die **Größe** der **verschiedenen Volumina** hängt wesentlich von der Elastizität der Lunge, aber auch von der des knöchernen Brustkorbes ab. Daher nimmt die Vitalkapazität ab, wenn der Brustkorb an Elastizität verliert. Dies ist z. B. bei Inaktivität und/oder Altern der Fall. Durch körperliches Training wird daher auch nicht die Lunge im eigentlichen Sinne vergrößert (die Lungengröße ist genetisch festgelegt), sondern „nur“ die Elastizität des Brustkorbes verbessert. Trotzdem ist die Folge eine Vergrößerung der messbaren Lungenvolumina (und eine verbesserte Leistungsfähigkeit).

### Die Steuerung der Atmung

Um unter dem Einfluss vielfältiger Störgrößen immer eine optimierte und dem Bedarf angepasste Atmung zu gewährleisten, wird die Atmung zentral gesteuert. Das **Atemzentrum** liegt im Übergang vom Rückenmark zum Gehirn, dem sog. **verlängerten Mark** (lat. Medulla oblongata). Hier befinden sich sowohl für die Einatmung als auch für die Ausatmung zuständige Nervenzellen. Das Ausmaß der **unwillkürlichen Atemtätigkeit**, also jener automatisch ablaufenden, willentlich nicht beeinflussbaren Atmung, richtet sich in erster Linie nach den Partialdruckwerten von CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> im Blut sowie nach dem pH-Wert des Blutes. Spezielle Messfühler, sog. **Chemorezeptoren**, die sich in der Hauptschlagader und den Halsarterien befinden, messen diese

Eine häufige – aber dennoch falsche Annahme – vieler Teilnehmer ist die Auslösung des Atemreizes durch zu wenig Sauerstoff. Der Ausbilder muss besonders auf diesen Umstand hinweisen: Die Steuerung der Atmung beim Gesunden wird hauptsächlich durch den Kohlendioxidgehalt im Blut beeinflusst!

**Hämoglobin** ist der eisenhaltige Farbstoff in den roten Blutkörperchen, an dem die Sauerstoffmoleküle für den Transport zu den Zellen gebunden werden.

**Tiefes Einatmen** vor dem Streckentauchen ist **kontraproduktiv**, da ein tiefes Einatmen das Atemzentrum durch den Dehnungsreiz der Lunge aktiviert! Vor dem Streckentauchen ist daher **normal** zu atmen!



Diese chemische Betrachtung geht weit über das Wissensgebiet des normalen Schnorcheltauchers hinaus. Zum Verständnis der physiologischen Vorgänge bei der Hyperventilation ist diese Darstellung aber hilfreich!

Werte im arteriellen Blut. Ein **Anstieg** des CO<sub>2</sub> oder ein **Abfall** von O<sub>2</sub> oder **pH-Wert** führen zum Atemreiz im Zentralnervensystem. Zusätzlich wird der CO<sub>2</sub>-Wert in der Hirnflüssigkeit gemessen. Auch hier führt ein Anstieg zu einem verstärkten Atemreiz.

Ein hoher CO<sub>2</sub>-Wert, vor allem in der häufigen Kombination mit einem verringerten pH-Wert, stellt den stärksten Atemreiz für das zentrale Nervensystem dar!

Ein Sauerstoffmangel ist beim Gesunden ein vergleichsweise schwächerer Atemreiz.

Weitere wichtige Einflussgrößen bei der Steuerung der Atmung sind u.a. die Dehnung der Lunge und die **Dehnung** von Muskeln und Sehnen. Zu einer Muskel- und Sehnen-Dehnung kommt es z. B. durch Muskelarbeit. Für Taucher ist der **Atemreiz durch Dehnung der Lunge** interessant, weil sich so die Beobachtung erklärt, dass nach sehr tiefer Einatmung die Luftanhaltefähigkeit geringer ist als nach nur mitteltiefer Einatmung. Die **tiefe** Einatmung hat nämlich eine **Aktivierung** des Atemzentrums zur Folge.

**Anmerkung:** Der **pH-Wert** ist ein Maß für die Stärke der sauren bzw. basischen Wirkung einer wässrigen Lösung.

Der pH-Wert 7 entspricht dabei einer **neutralen** Lösung. Im menschlichen Körper bewegt er sich im Normalfall um 7,4, was leicht alkalisch ist. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die Aktivitäten der Enzyme und des Stoffwechsels innerhalb dieses pH-Wertintervalls ihr Optimum besitzen. Abweichungen von diesen Werten können vom Körper in begrenztem Umfang mit Hilfe von Puffersystemen aufgefangen werden.

Wie ersichtlich wird, besteht zwischen dem CO<sub>2</sub>-Gehalt des Blutes und dem pH-Wert eine starke Kopplung. Wird **mehr** CO<sub>2</sub> im Blut gelöst, **erhöht** sich die Wasserstoffionenkonzentration und damit **sinkt der pH-Wert**, d.h., das Blut wird „saurer“. Wird CO<sub>2</sub> abgeatmet, sinkt die H<sup>+</sup>-Ionenkonzentration im Blut und der pH-Wert wird „alkalischer“. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt und damit auch der pH-Wert des Blutes kann über die Atmung kontrolliert und damit direkt der Atemreiz beeinflusst werden (siehe hierzu den Abschnitt über die Hyperventilation).

### Der Gasaustausch

Die einzelnen **Lungenbläschen** sind äußerst dünnwandig und von feinsten Blutgefäßen, den **Lungenkapillaren**, umspinnen. In die Lungenkapillaren fließt, vom rechten Herz kommend, sauerstoffarmes, mit CO<sub>2</sub> angereichertes Blut. Aufgrund der jeweiligen **Konzentrationsunterschiede** diffundiert O<sub>2</sub> aus den Alveolen durch die Wand der Lungenbläschen ins Blut, umgekehrt diffundiert das CO<sub>2</sub> aus dem Blut in die Alveolen.

Im Blut wird der Sauerstoff der Luft an die roten Blutkörperchen und hier an das Transportmolekül **Hämoglobin** chemisch gebunden. Bemerkenswert ist, dass dieser chemische Prozess **ohne Energieverlust** umkehrbar ist, d.h. Sauerstoff also leicht wieder

abgegeben werden kann. Mit dem Blutstrom werden die sauerstoffreichen roten Blutkörperchen zu den Kapillargefäßen transportiert, die die Körperzellen versorgen. Nun ist das Blut sauerstoffreich und arm an CO<sub>2</sub>. Bei den Zellen der Gewebe verhält es sich hingegen umgekehrt, es kommt dort auch zu einem Austausch per Diffusion.

Vergleiche hierzu die Hinweise zu innerer und äußerer Atmung.

## Die Zusammensetzung der Atemluft

Die Atemluft setzt sich vereinfacht wie folgt zusammen:

	Einatemluft	Ausatemluft
Stickstoff	78%	78%
Sauerstoff	21%	17%
Edelgase	0,97 %	0,97 %
Kohlendioxid	0,03%	4,03 %

Im Blut gelöstes CO<sub>2</sub> aktiviert im physiologischen Bereich bei **gesteigerter** Konzentration das Atemzentrum des Gehirns. In deutlich **höherer** Konzentration führt es jedoch zur **Verminderung** oder sogar **Aufhebung** des reflektorischen Atemreizes (Atemdepression, Atemstillstand).

**Anmerkung:** Zusätzlich hat CO<sub>2</sub> eine **indirekte** Wirkung auf den Sauerstoffhaushalt des Blutes. Befindet sich vermehrt CO<sub>2</sub> in der Atemluft, so wird im Blut über das Dissoziationsgleichgewicht der Kohlensäure der pH-Wert vermindert – das Blut wird „**sauerer**“. Von diesem Absinken des pH-Werts ist das Hämoglobin betroffen. Bei niedrigerem pH-Wert verringert sich seine O<sub>2</sub>-Bindungskapazität. Das heißt, bei gleichem O<sub>2</sub>-Gehalt der Luft kann dann vom Hämoglobin **weniger** Sauerstoff gebunden und transportiert werden. Das CO<sub>2</sub> verdrängt das O<sub>2</sub> es kommt zu einer CO<sub>2</sub>-Vergiftung, die zum Erstickten führen kann!

CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atemluft erzeugen ab 1,5% eine Zunahme des Atemzeitvolumens um mehr als 40% aufgrund des stärkeren Atemreizes. Ab einer Konzentration von 5% treten Kopfschmerzen, Schwindel und Bewusstlosigkeit auf. Ab einer andauernden Konzentration von 8% tritt nach 30 bis 60 Minuten der Tod ein [4].

Der noch ausreichend hohe Gehalt an Sauerstoff in der Ausatemluft ermöglicht die Mund-zu-Mund- oder Mund-zu-Nase-Beatmung einer verunfallten Person. Allerdings stellt dabei die hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration der Ausatemluft ein Problem dar.

Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, **nach** der Beatmung einer verunfallten Person den eigenen Kopf zur **Seite** zu drehen, um Atemluft mit möglichst geringem CO<sub>2</sub>-Gehalt aufzunehmen. Dadurch lässt sich die beim Einatmen der Ausatemluft der verunfallten Person steigende CO<sub>2</sub>-Konzentration und eine mögliche **Bewusstlosigkeit des Helfers** vermeiden.

Die Zusammensetzung der Ein- und Ausatemluft gehört zum Basiswissen für Schnorcheltaucher. Da die Ausatemluft noch **genügend** Sauerstoff (und einen noch physiologisch vertretbaren Kohlendioxidgehalt) besitzt, kann die Ausatemluft zur Atemspende verwendet werden!



Erhöhte CO<sub>2</sub>- Konzentrationen in der Atemluft führen zu Schwindel und Unwohlsein. Bei der Beatmung eines Verunfallten ist daher auf die eigene Kopfdrehung zu achten, um nicht die Ausatemluft des Verunfallten einzuatmen!

**Hyperventilation** stellt eine große Gefahr für den Schnorcheltaucher dar da es hierbei zu plötzlicher Bewusstlosigkeit bei Tauchübungen kommen kann!

Das Thema Hyperventilation ist aufgrund seiner fundamentalen Bedeutung für die Sicherheit eines Schnorcheltauchers sehr gründlich bei allen Altersstufen zu erarbeiten! Eine Warnung vor der Gefährlichkeit der Hyperventilation gehört immer die Sicherheitshinweise vor jeder Tauchübung!

## Hyperventilation

Wie im Abschnitt Atmung beschrieben, ist die Steuerung der Atmung ein komplexer Vorgang, der sich nach den **tatsächlichen** Bedürfnissen des Körpers richtet. Ist es durch vermehrte Muskelarbeit zu einem vermehrten Anfall von CO<sub>2</sub> und sauren Stoffwechselprodukten (z. B. Milchsäure) gekommen, so ist die Atmung unwillkürlich vertieft und beschleunigt. Der Grund ist ein **Zuviel** an CO<sub>2</sub>, das im Blut als Hydrogencarbonat- (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) und Wasserstoffion (H<sup>+</sup>) gelöst ist. Die höhere Konzentration des CO<sub>2</sub> **drückt** den pH-Wert **nach unten**, d.h. das Blut wird saurer. Dadurch **steigt** der Atemreiz. Das Ziel der verstärkten Atmung ist eine **Normalisierung** der Werte im Blut. Viele ungeübte Personen atmen jedoch **vor** dem Abtauchen mehrmals tief ein und aus, ohne dass ein gesteigerter Atemreiz besteht. Sie tun dies unter der **falschen** Annahme, dass es auf diese Weise möglich wäre, **mehr** Sauerstoff im Blut zu speichern. Dies ist jedoch **nicht** der Fall: Bei Lungengesunden beträgt die Sauerstoffsättigung des Blutes im Normalfall schon ca. 98%. Selbst durch **intensivstes Atmen** ist **keine** Erhöhung der Sauerstoffsättigung des Blutes messbar!

Hyperventilation ist zu unterbinden!

Durch eine bewusste Vertiefung der Atmung kommt es jedoch zu einer **vermehrten Abgabe** von CO<sub>2</sub>, also zu einem im Verhältnis zum tatsächlichen Bedarf „**Überatmen**“. Medizinisch bezeichnet man diese bewusste Mehratmung als **Hyperventilation**. Durch Hyperventilation und die damit verbundene **vermehrte CO<sub>2</sub>- Abgabe** kommt es im Körper zu weiteren ungünstigen Veränderungen, da sich der Säure-Basen-Haushalt des Betroffenen in Richtung basisch verschiebt, also der pH-Wert des Blutes steigt. Das Atemzentrum regelt entsprechend dagegen und der Atemreiz erfolgt **verspätet**.

**Anmerkung:** Hyperventiliert ein Schnorcheltaucher über einen längeren Zeitraum mit dem Ziel den Atemreiz zu verzögern, so können sich schon an Land gefährliche Nebenwirkungen einstellen. Es kommt zu einem aus dem Bereich der Ersten Hilfe bekannten Notfallbild: Durch die gleichzeitige Erhöhung des pH-Wertes (in den alkalischen Bereich: **Respiratorische Alkalose**) kommt es zu vermehrter Abnahme von Calcium-Ionen in der Blutflüssigkeit. Des Weiteren kommt es durch Bindung von Calcium an Albumin zu Missempfindungen wie Kribbelgefühlen um den Mund und an den Händen sowie in schweren Fällen zu einer Verkrampfung aller Muskeln (Tetanie): Es resultiert das typische Bild der „Pfötchenstellung“.

In den Blutgefäßen befindet sich glatte Muskulatur. So kann es zur Gefäßengstellung (Vasokonstriktion), zu einem Blutdruckabfall (Hypotonie) und zu einer erschwerten Sauerstoffabgabe des Hämoglobins (Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve) vor allem bei den Hirngefäßen kommen. Das Atemzentrum wird dann mit zu wenig Sauerstoff versorgt. Unter Normalbedingungen ist der Einfluss der Sauerstoffrezeptoren für den Atemreiz gering, aber unter diesen „Ausnahmebedingungen“ steigt er deutlich über den der CO<sub>2</sub>-Rezeptoren. Die Sauerstoffrezeptoren melden einen Sauerstoffmangel, es kommt zu einer

pathologisch erhöhten Atemfrequenz (**positive Rückkopplung**), was zu einem Teufelskreis führt. Normalerweise kommt es bei der Hyperventilation nicht zu schwerwiegenden Komplikationen. Im Extremfall kann es, bedingt durch die Verkrampfung der Hirngefäße, zu einer Sauerstoffminderversorgung im Gehirn und dadurch zu einer Synkope (kurzzeitige Bewusstlosigkeit), sowie zu epileptischen Anfällen und eventuell zu Hirnschädigungen kommen. Die Hauptgefahr besteht dann in der Aspiration bzw. Verlegung der Atemwege durch den Zungengrund bei bewusstlosen Personen.

Beim Notfallbild der Hyperventilation kann eine Beruhigung des Patienten und gemeinsames, langsames Atmen sowie die Rückatmung in einen kleinen Plastikbeutel zur Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Blut hilfreich sein.

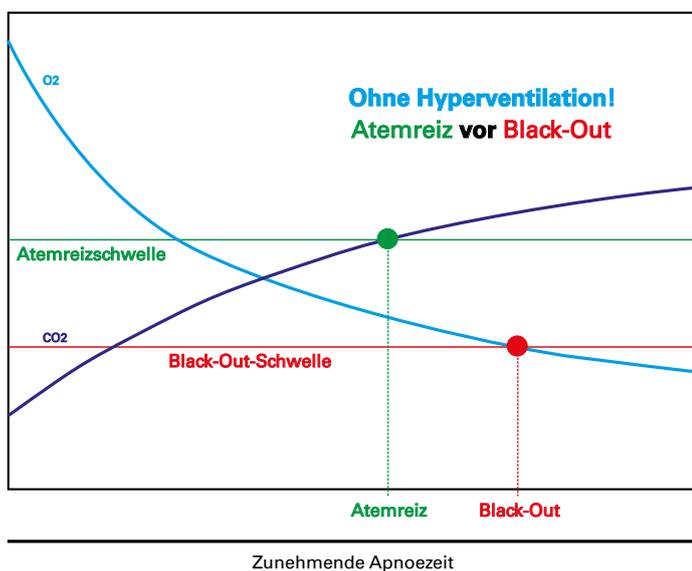


Der Ausbilder **muss** bei den Kursteilnehmern insbesondere vor Streckentauchübungen sorgfältig auf Anzeichen für Hyperventilation achten. Teilnehmer, die hyperventilieren oder hyperventiliert haben sind von der Übung **auszuschließen!**

### Der Schwimmbad-Blackout

Als Schwimmbad-Blackout bezeichnet man die **spontane Bewusstlosigkeit** eines Tauchers unter Wasser während eines Tauchvorgangs. Durch Hyperventilation vor dem Tauchgang kann ein Blackout provoziert werden. Der Blackout kündigt sich nicht durch Vorzeichen an, sondern setzt **plötzlich** und **unerwartet** ein. Ohne sofortige Hilfe droht dem Taucher der **Ertrinkungstod!**

Folgende Schaubilder verdeutlichen die physiologischen Vorgänge anhand der **Gaspartialdrücke** im Blut, zuerst **ohne** Hyperventilation, im zweiten Schaubild **mit** Hyperventilation:



**Abbildung 3-7:** Entwicklung der Gaspartialdrücke bei zunehmender Apnoezeit während eines Tauchvorgangs **ohne Hyperventilation**. Der Sauerstoffgehalt sinkt, während der Kohlendioxidgehalt steigt. **Bevor** der Sauerstoffgehalt die Blackout-Schwelle erreicht, wird durch den steigenden Kohlendioxidgehalt ein **Atemreiz** ausgelöst. Beendet der Taucher dann den Tauchgang, so ist ein Blackout unwahrscheinlich. Wird der Atemreiz aber **dauerhaft** unterdrückt, so kann trotz allem die Blackout-Schwelle erreicht werden und ein Blackout eintreten!

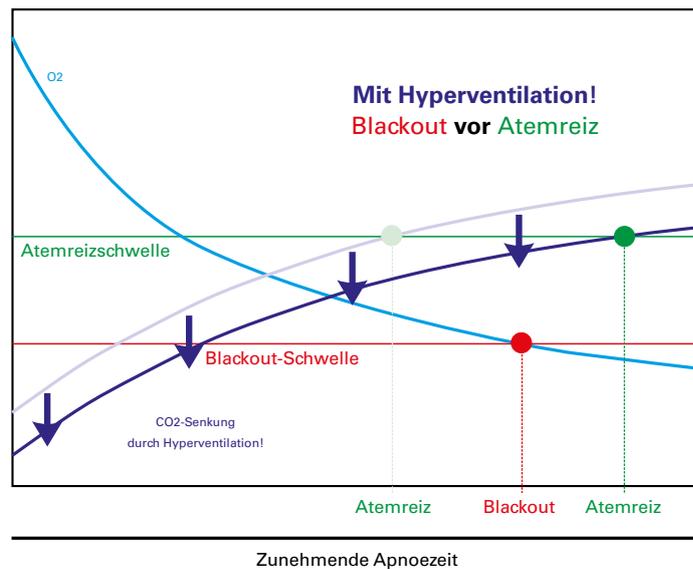
Diese Schaubilder zum Schwimmbad-Blackout lassen sich gemeinsam mit den Teilnehmern an einer Tafel/Flipchart entwickeln.

Dazu verwendet man am besten unterschiedliche Farben für die einzelnen Kurven und beginnt mit der Sauerstoffkurve, an die sich die Blackout-Schwelle anschließt. Danach ist die Kohlendioxidkurve einzuzichnen und passend dazu die Atemreizschwelle. Die Zeichnung ist so anzulegen (Skizze vorbereiten!), dass zunächst der Atemreiz vor dem Blackout eintritt (normale Atmung)!

Im zweiten Schritt kann das Schaubild belassen werden und mit einer weiteren Farbe ist die durch Hyperventilation abgesenkte Kohlendioxidkurve einzuzichnen. Der Atemreiz muss jetzt später als der Blackout eintreten.

Das Auflegen einer Folie, bzw. die Präsentation des kompletten Schaubilds auf einmal wird methodisch-didaktisch ausdrücklich nicht empfohlen, da die Teilnehmer so den Zusammenhang zwischen Hyperventilation und Blackout mit verspätetem Atemreiz nicht in der notwendigen Tiefe erfassen und nachhaltig verstehen!

Ein Blackout tritt **plötzlich** und **ohne** Vorwarnung auf! Es ist ein Trugschluss mancher Teilnehmer, ein Blackout würde sich durch Anzeichen bemerkbar machen und könnte dadurch kontrolliert vermieden werden!



**Abbildung 3-8:** Entwicklung der Gaspartialdrücke bei zunehmender Apnoezeit während eines Tauchvorgangs **mit** Hyperventilation. Durch die Hyperventilation wurde der Kohlendioxidgehalt gesenkt, der Sauerstoffgehalt aber **nicht** gesteigert! Bevor es zu einem Atemreiz kommt, erreicht der Sauerstoffgehalt die Blackout-Schwelle. Der Taucher wird **plötzlich** bewusstlos. Erreicht der Kohlendioxidgehalt die Atemreizschwelle, so kommt es zur Atmung und der Taucher **aspriert Wasser in die Atemwege**. **Es droht der Tod durch Ertrinken!** Aus diesem Grund ist eine schnelle Rettung bei Schwimmbad-Blackout notwendig!

Wie aus den Schaubildern ersichtlich, bewirkt die Hyperventilation tatsächlich die **Verlängerung** der Apnoezeit, also der Zeit, in der willentlich die Luft angehalten werden kann, bis der Atemreiz einsetzt. Dies erklärt sich aus der Absenkung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes des Blutes (Hypokapnie) und der dadurch **verlängerten Zeit**, bis genügend CO<sub>2</sub> gebildet wurde, um den Atemreiz auszulösen. Die Behauptung, dass durch bewusste Mehratmung auch das Blut wesentlich sauerstoffreicher wird, trifft aber **nicht** zu!

Bei **Weittauchversuchen** wird unter Wasser mittels Muskelkraft eine bestimmte Strecke zurückgelegt. Dabei wird durch die Muskeltätigkeit vermehrt Sauerstoff verbraucht und CO<sub>2</sub> produziert. So kommt es im Normalfall zu einem Atemreiz, bevor die **kritische Sauerstoffschwelle** unterschritten wird, bei der es zu einer Unterversorgung (Hypoxie) kommt. Wurde jedoch **vor** dem Tauchversuch hyperventiliert und dadurch, wie beschrieben, der CO<sub>2</sub>-Wert gesenkt, dauert es entsprechend länger, bis ein Atemreiz erfolgt. Daher kann es zu einem akuten **Sauerstoffmangel** kommen, der den Taucher das Bewusstsein plötzlich verlieren lässt.

Die CO<sub>2</sub>-Produktion des Körpers geht jedoch aufgrund von Stoffwechselfvorgängen weiter, sodass zu einem gegebenen Zeitpunkt wieder genug CO<sub>2</sub> im Blut ist, um das Atemzentrum zu stimulieren. Daraus resultiert ein **Einatemreflex**, der unter Wasser zum Einatmen von Wasser und somit zum Ertrinken führt. So kommt es bei nicht rechtzeitigem Erkennen durch Trainingspartner oder Übungsleiter fast zwangsläufig zur As-

piration von Wasser in die Lunge. Darum ist beim Strecken- und beim Zeittauchen immer darauf zu bestehen, dass **nie hyperventiliert** wird und jeder Übende von einem Partner am Beckenrand überwacht wird. Tritt dennoch ein Schwimmbad-Blackout auf, so ist der Betroffene sofort an den Beckenrand zu holen. An der Wasseroberfläche wird die betroffene Person in der Regel wieder schnell ansprechbar sein. Trotzdem handelt es sich hier um ein „Beinaheertrinken“, da nicht ausgeschlossen werden kann, das Wasser eingeatmet wurde. Die Person gehört umgehend zur weiteren Beobachtung in ein Krankenhaus! Ein Notruf ist zu verlassen!

Jede Person die nicht aus eigener Kraft an die Wasseroberfläche gekommen ist, muss als „Beinaheertrunkener“ betrachtet werden und ist unverzüglich mit dem Rettungsdienst ins Krankenhaus bringen zu lassen!

Kommt es beim Streckentauchen oder bei Zeittauchversuchen zu einer Bewusstlosigkeit des Tauchers, ist das Vorliegen des **Schwimmbad-Blackouts** sehr wahrscheinlich. Trotz der Bezeichnung ist die Lokalität des Ereignisses ohne Belang, sie dient nur zur Unterscheidung von dem bei Tieftauchversuchen zugrunde liegenden Mechanismus der **Flachwasserbewusstlosigkeit**.

### Die Flachwasserbewusstlosigkeit

Im Gegensatz zum oben beschriebenen Schwimmbad-Blackout tritt die **Flachwasserbewusstlosigkeit** – in **scheinbarem** Widerspruch zu ihrem Namen – bei Tieftauchversuchen in Apnoe (d.h. mit angehaltener Luft) in der Auftauchphase auf.

Dies kann aber auch schon im Schwimmbad passieren, wenn sehr lange die Luft angehalten wurde und der Taucher dabei an seine persönlichen Grenzen gegangen ist. Eine vorhergehende Hyperventilation wirkt sich hier auch begünstigend aus, jedoch ist ein Auftreten auch grundsätzlich **ohne** Hyperventilation möglich!

Der Pathomechanismus (= Mechanismus, der zur Schädigung führt), ist folgender:

Beim **Abtauchen** nimmt der Umgebungsdruck zu und der Brustkorb und somit auch die Lunge werden komprimiert. Entsprechend dieser Druckzunahme diffundieren die in der Lunge befindlichen Gase über die Alveolen **in** den Kreislauf (Ausgleich der Partialdrücke in Lunge und Blut, siehe auch Gesetz von Dalton), was eine **Erhöhung** der Partialdrücke der Atemgase zur Folge hat.

Es kommt zu einem **verstärkten** Übertritt von z. B. Sauerstoff ins Blut, der zu den Geweben transportiert und dort verbraucht wird. Ein verstärkter Verbrauch findet u.a. in der arbeitenden Muskulatur durch z. B. kräftigen Flossenschlag statt. Zu einer Hypoxie kommt es unter diesen Bedingungen in der Tiefe nicht, da der Sauerstoffpartialdruck **erhöht** ist, also quasi eine „**Luxusversorgung**“ mit Sauerstoff vorgegaukelt wird. Somit hat ein Apnoetaucher nach dem Abtauchen entsprechend den Druckverhältnissen einen erhöhten  $pO_2$  im arteriellen Blut.

Die Themen Flachwasserbewusstlosigkeit und Schwimmbad-Blackout werden oft nicht klar voneinander getrennt, sind aber zwei **unterschiedliche** Vorfälle. Beide können lebensbedrohlich sein!

Bei der Ausbildung dieser beiden Themen ist **sorgfältig** zu unterscheiden! Während der Schwimmbad-Blackout oft in Kombination mit der Hyperventilation auftritt und in diesem Zusammenhang eingeführt werden sollte, muss die Flachwasserbewusstlosigkeit davon unabhängig behandelt werden. Hierbei handelt es sich um ein Phänomen beim Auftauchen, wo sich schlagartig auf den letzten Metern der Partialdruck des Sauerstoffs im Blut verringert und zu einer Bewusstlosigkeit führen kann – auch ohne jede Hyperventilation! Es empfiehlt sich, beide Themen nicht in derselben Theorieeinheit zu vermitteln (Gefahr der Verwechslung aufgrund einer Lernhemmung der Teilnehmer durch die inhaltliche Nähe ähnlichen Lehrstoffes)!



Ebenso wie beim Schwimmbad-Blackout tritt die Flachwasserbewusstlosigkeit **plötzlich** und **ohne** Vorwarnung.

Jeder Taucher ist durch **mindestens** einen Tauchpartner zu sichern, der im Notfall **sofort** eingreifen muss!

Irgendwann zwingt der durch  $\text{CO}_2$ -Anstieg **stärker** werdende Atemreiz zum **Auftauchen**. Beim Auftauchen nimmt der Umgebungsdruck ab. Demzufolge entsteht ein Druckgefälle zwischen den Gasen im Blutkreislauf und in der Lunge. Um diesen Druckunterschied auszugleichen, diffundieren die Atemgase vom Blut in die Lunge. Dadurch **verringern** sich die Partialdrücke der Atemgase im Blut.

Durch den abfallenden  $\text{pCO}_2$  kann sogar der bereits vorhandene Atemreiz wieder **verschwinden**. Gleichzeitig verringert sich der  $\text{pO}_2$ . Dieser kann nahe der Oberfläche durch diese Vorgänge so stark sinken, dass die Versorgung der wichtigen Körpergewebe (insbesondere des Gehirns) nicht mehr gewährleistet ist. Ab einem  $\text{pO}_2$  von 0,16 bar können die ersten Zeichen einer Unterversorgung des Gehirns mit Sauerstoff auftreten. Ab einem  $\text{pO}_2$  von 0,1 bar kann der Taucher **ohne Vorwarnung** bewusstlos werden [4].

Da die **relative Druckänderung** auf den letzten Metern in Richtung Oberfläche am **stärksten** ist, ist an dieser Stelle auch das Risiko eines solchen Blackouts am größten. Verliert der Taucher das Bewusstsein, sinkt er ohnmächtig wieder ab. Über kurz oder lang kommt es durch das mittlerweile reichlich vorhandene  $\text{CO}_2$  zu einem starken Atemreiz und in der Folge zu einer Wasser aspiration in die Lunge und zum Tod durch Ertrinken.

Während es bei Tieftauchversuchen **ohne** vorherige Hyperventilation in der Regel nicht zu einem Erreichen kritischer Bereiche kommt (aber durchaus kommen kann!), sodass die Oberfläche verhältnismäßig sicher erreicht wird, potenziert sich die Gefährdung bei Hyperventilation aus den genannten Gründen um ein Vielfaches.

Aus diesem Grunde ist es unabdingbar, dass bei Tieftauchversuchen **mindestens ein Tauchpartner** den frei tauchenden Taucher beobachtet und somit sichert. Diese Beobachtung muss den Zeitraum unmittelbar **nach** dem Auftauchen einschließen!

**Beispiel:** Zum besseren Verständnis der Flachwasserbewusstlosigkeit können folgende Hinweise behilflich sein:

Angenommen, an der Wasseroberfläche beträgt unter normalen Bedingungen bei einem Außendruck von 1 bar der  $\text{pO}_2$  im arteriellen Blut eines Tauchers 0,21 bar. Der Taucher taucht zügig ab auf eine Tiefe von 10 m. In dieser Tiefe hat der Außendruck um 1 bar zugenommen, beträgt also insgesamt 2 bar (Verdopplung des Drucks). Dadurch erhöht sich der  $\text{pO}_2$  im arteriellen Blut auf 0,42 bar.

Der Taucher bewegt sich in dieser Tiefe einige Zeit. Inzwischen ist der  $\text{pO}_2$  auf 0,21 bar abgesunken. Dies entspricht den Bedingungen an der Wasseroberfläche und stellt physiologisch zunächst kein Problem dar.

Der Taucher entschließt sich aufzutauchen und taucht nun zügig auf 5 m Tiefe. Dort herrscht ein Umgebungsdruck von 1,5 bar. Dies entspricht einer Abnahme um 25%. Ebenso nimmt der  $\text{pO}_2$  im Blut um 25% auf 0,16 bar ab. Ab diesem

Punkt können die ersten Anzeichen einer Sauerstoffunterversorgung, wie z. B. Unwohlsein oder Schwindel, auftreten. Der Taucher taucht nun auch die letzten 5 m bis zur Wasseroberfläche auf. Der Druck verringert sich dabei von 1,5 bar auf 1 bar, was einer Abnahme um 33% entspricht. Um diesen Wert verringert sich auch der  $pO_2$  im Blut, und zwar von 0,16 bar auf ca. 0,11 bar. Der Taucher spürt nun deutlich die Sauerstoffunterversorgung. Die Gefahr einer Bewusstlosigkeit ist extrem groß!

Zur Verdeutlichung: Pro 10 m Wassertiefe nimmt der Umgebungsdruck um 1 bar zu. Das ist bei einem Außendruck in den ersten 10 m eine Verdopplung auf 2 bar. Bei einer Tiefe von 20 m ist der Druck auf 3 bar angestiegen. Dies entspricht aber im Vergleich zum Druck auf einer Tiefe von 10 m von 2 bar nur noch der Zunahme um die Hälfte. Der Übergang von 20 m auf 30 m bewirkt eine Druckzunahme von 3 bar auf 4 bar, was einer Zunahme um ein Drittel entspricht. Bei weiteren 10 m ergibt sich eine Zunahme um ein Viertel, dann um ein Fünftel, um ein Sechstel und so weiter. Die relativen Druckzunahmen werden immer kleiner und damit auch die Auswirkungen auf den  $pO_2$  bei einer Änderung der Tauchtiefe.

Wie das Beispiel zeigt, ist gerade die Änderung des Sauerstoffpartialdrucks in den letzten Metern bis zur Oberfläche extrem groß! Daher besteht gerade in diesem Bereich die Gefahr, dass der  $pO_2$  beim Auftauchen nach dem Tieftauchen plötzlich unter die Bewusstseinschwelle von 0,1 bar sinkt. Dies passiert **ohne** Vorwarnung und wird durch ein vorhergehendes Hyperventilieren noch begünstigt, weil dann der ausbleibende Atemreiz nicht zu einem früheren Auftauchen zwingt!

## Druckbedingte Schädigungen (Barotraumata)

Beim Tauchen kommt es mit zunehmender Tiefe bekanntlich zu einer stetigen Erhöhung des Umgebungsdruckes. Diese Druckerhöhung wirkt sich auf den Körper des Tauchers aus. Da die Zellen der Körpergewebe jedoch flüssigkeitsgefüllt und somit **nicht** wesentlich kompressibel sind, machen sich die Änderungen des Umgebungsdruckes nur in mit Luft oder Gas gefüllten Hohlräumen bemerkbar. Durch Kompression oder Dekompression der Gase in diesen Hohlräumen können Druckdifferenzen entstehen, die zu relativem Unter- oder Überdruck in diesem Bereich führen können, falls die Druckunterschiede aufgrund verschlossener Verbindungswege (Eustachische Röhre, Atemwege) **nicht** ausgeglichen werden können.

Die möglichen Folgen sind mehr oder weniger schwerwiegende Schädigungen dieser Bereiche, sog. **Barotraumata** (aus dem Griechischen: **Baros**: „Druck, Schwere“; **Trauma**: „Wunde, Verletzung“). Barotraumata können in allen luftgefüllten Körperhöhlenräumen auftreten. Beim Apnoetauchen sind davon insbesondere von Bedeutung:

- **Schädelhöhlen:** z. B. Ohr, Nasennebenhöhlen
- **Maskeninnenraum:** Auge

Relevante gefährdete Körperhöhlen befinden sich im Schädel. Sie sind ausführlich zu besprechen. Im Anschluss an die Schädelhöhlen sollten Zähne, Ohren und Augen als gefährdete Organsysteme besprochen werden. Die Maßnahmen der Ersten Hilfe sind stets zu betonen: Bei jedem Auftreten eines Barotraumas ist die Übung **sofort** abzubrechen und **unverzüglich** ein Arzt aufzusuchen!

Anzeichen für ein Barotrauma dürfen **nicht** ignoriert werden! Die Tauchschüler sind hier besonders zu sensibilisieren.

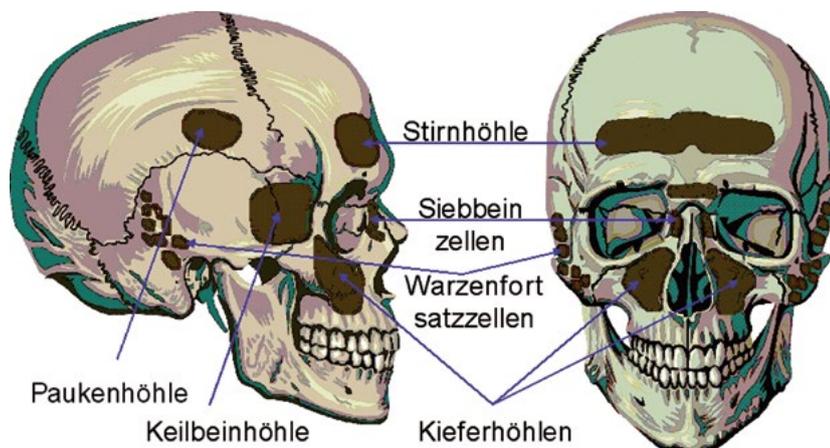
In diesem Unterkapitel werden die Barotraumata betrachtet, die während der **Abtauch-** und der **Auftauchphase** beim **Apnoetauchen** eintreten können. Der Druck im Körperinneren ist beim Abtauchen im Vergleich zur Umgebung niedriger, deshalb spricht man von **Unterdruckbarotraumata**. Die Gruppe der Unterdruckbarotraumata bezeichnet man auch als **hypobare** Barotraumata.

Wird in der Tiefe ein regelrechter Druckausgleich durchgeführt, so wird der Druck in den Körperhöhlen dem Außendruck angepasst. Man spricht auch von der **Isopression** (aus dem Griechischen: **Iso**: „gleich“). Die Tauchphase in konstanter Tiefe bei erfolgtem Druckausgleich wird auch **Isopressionsphase** genannt. Beim Auftauchen (**Dekompressionsphase**) muss sich der Überdruck in den Körperhöhlen wieder an den sinkenden Umgebungsdruck anpassen können, andernfalls kann es beim Auftauchen zu den sogenannten **hyperbaren** Barotraumata kommen. Dies wird insbesondere relevant, falls der Schnorcheltaucher in der Tiefe von einem Tauchgerät Luft aufgenommen hat.

**Der Druckausgleich in den Körperhöhlen**

Viele Schnorcheltaucher, die keine Ausbildung durchlaufen haben, klagen beim Tauchen über Druckgefühl und Schmerzen im Ohrbereich und vereinzelt über stechende Schmerzen im Bereich von Stirn- und Kieferhöhlen. Schädelhöhlen sind starr umschlossene Körperhöhlen, die mit einer Schleimhaut ausgekleidet Dazu zählen u.a.:

- Die Stirnhöhlen
- Die Kieferhöhlen
- Die Siebbeinzellen
- Die Keilbeinhöhlen
- Die Warzenfortsatzzellen



**Abbildung 3-9:** Darstellung des menschlichen Schädels mit zahlreichen Schädelhöhlen.

Der **Druckausgleich** in den genannten Schädelhöhlen findet beim gesunden Menschen über relativ dünne, mit Schleimhäuten ausgekleidete Kanäle selbständig statt. Wenn es durch einen **Verschluss** dieser Kanäle (z. B. Schleimhautschwellung bei Schnupfen) zu einem **mangelnden Druckausgleich** in einer Schädelhöhle kommt, so besteht aufgrund der starren Wände nur eine Möglichkeit des Druckausgleiches. Gemäß dem Boyle-Mariotte'schen Gesetz muss die Schädelhöhle ihr **inneres** Volumen **verkleinern**, um so den Druck auszugleichen. Dies geschieht, indem die Schleimhäute weiter anschwellen und anschließend Blut und Gewebsflüssigkeit aus den Schleimhäuten in die Schädelhöhle übertreten. Dadurch kommt es zunächst zu einem direkten Schmerz. In der Folge kann es zu Entzündungen kommen, die medikamentös behandelt werden müssen oder auch operative Eingriffe erfordern können. **Typische Symptome** für ein Barotrauma der Schädelhöhlen sind:

- Stechende Schmerzen in den betroffenen Körperhöhlen, insbesondere den Stirn- und Kieferhöhlen.
- Ausstrahlen des Schmerzes (häufig durch die Kieferhöhle auf die Zahnnerven).
- Eventuell Ausbluten von Sekret.

Beim Auftreten von Symptomen eines Barotraumas in den Körperhöhlen ist der Tauchgang sofort zu beenden und **bei anhaltenden Schmerzen ein Arzt aufzusuchen**.

Darüber hinaus gibt es luft-/gasgefüllte Hohlräume, in denen sich der Druckausgleich auch unter normalen Bedingungen **nicht immer** selbsttätig einstellt und daher in jedem Fall durch den Taucher herbeigeführt werden muss. Es sind dies z. B. die Zähne, das Ohr und der Bereich der Tauchmaske. Um den negativen Auswirkungen des zunehmenden Druckes zu entgehen, muss ein Druckausgleich vorgenommen werden.

Durch mehrmaliges Abtauchen und auch durch die Reizung von chloriertem Schwimmbadwasser kann es zu einem Anschwellen der Schleimhäute kommen. Ein bisher funktionierender Druckausgleich lässt sich dann plötzlich nicht mehr durchführen. In diesem Fall ist die Tauchübung zu beenden. Von der Verwendung schleimhautabschwellender Mittel (z. B. Nasensprays) wird dringend **abgeraten**, da die Wirkung dieser Mittel **plötzlich** nachlassen kann und dadurch Barotraumata provoziert werden können!

### Druckeinwirkungen auf das Ohr

Schwankungen im Umgebungsdruck wirken sich auf die Trommelfelle in den Ohren aus. Mit zunehmender Wassertiefe steigt der Umgebungsdruck. Dadurch wird das **Trommelfell** in Richtung **Mittelohr** eingedrückt, was zunächst nur als Druck, bei **stärkerem** Eindrücken jedoch als Schmerz empfunden wird. Gleichzeitig herrscht ein relativer Unterdruck im Mittelohr. Dieser Druckunterschied zwischen Umgebung und Mittelohr **muss** (mit Hilfe verschiedener Techniken) ausgeglichen werden.

Alle diese Techniken bedienen sich dabei der gleichen anatomischen Struktur, der **Ohrtrumpete** oder **Eustachischen Röhre**, eines Verbindungsgangs zwischen dem

Bei plötzlichen Schmerzen in Körperhöhlen während des Tauchens ist der Tauchgang sofort zu beenden und bei anhaltenden Schmerzen ein Arzt aufzusuchen!

Beim Ohr steht zunächst die Erarbeitung des prinzipiellen Aufbaus im Vordergrund der Ausbildung. Danach muss die Funktion der Eustachischen Röhre ausführlich vorgestellt werden, da sie ein wesentlicher Punkt beim Thema Druckausgleich ist. Die Funktionsweise des Hörsinns sowie der Lage- und Drehsensorik im Innenohr stehen beim Unterricht über Ortung von Schallquellen im Mittelpunkt.

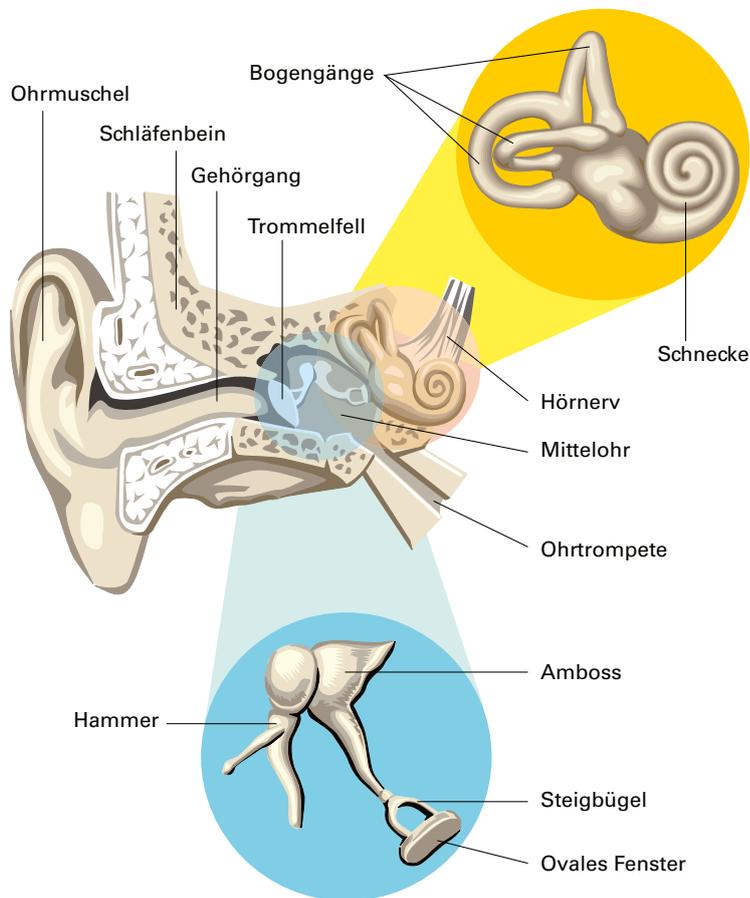
Allerdings verursachen der **Trommelfellriss** und die durch das einströmende kalte Wasser ausgelöste Konvektionsströmung im Innenohr einen heftigen Drehschwindel und schließen so wieder den Kreis zu den Erläuterungen über den Aufbau des Innenohrs (siehe oben).

Hinweise hierzu finden sich auch im Handbuch Rettungsschwimmen!

Rachen und dem Mittelohr. Üblicherweise wird dieser Verbindungsgang als offenes, mit Schleimhaut überzogenes Rohr dargestellt, doch diese Abbildungen sind nicht ganz korrekt.

Die Wände der Ohrtrompete sind tatsächlich mit Schleimhaut überzogen, ähnlich den Schleimhäuten der Nasen und der Nebenhöhlen. Sie ist 3,5 bis 4 cm lang und führt von der seitlichen oberen Rachenwand zum Mittelohr. Während der ersten zwei Drittel ihrer Länge führt sie durch Knorpel und Muskelgewebe und ist daher in ihrem Durchmesser veränderlich. Ihr letztes Drittel ist knöchern und damit starrwandig, der Übergang zwischen den Anteilen bildet eine **Engstelle**. Im Gegensatz zu den üblichen Darstellungen ist aber nur der **letzte Teil** des knorpeligen Anteils vor dieser Engstelle stets **offen**, der übrige knorpelige Anteil hingegen ist normalerweise zu einem schmalen Spalt zusammengedrängt und somit quasi **verschlossen**.

Das Valsalva-Manöver ist **behutsam** auszuführen. Zu starkes Pressen der Luft kann zu Kreislaufproblemen und/oder Schäden am Ohr führen!



**Abbildung 3-10:** Das Ohr mit vergrößerter Darstellung der Ohrknöchelchen und des Innenohres.

**Der Druckausgleich im Mittelohr**

Schon an Land finden unter normobaren Bedingungen beständig ein Luftaustausch und ein Druckausgleich zum Mittelohr statt. Bei jeder Schluck- und Kaubewegung wird

dieser verschlossene Anteil durch Zug der beteiligten Muskulatur kurzzeitig geöffnet, ebenso wie beim Gähnen.

Unter Sporttauchern ist der Druckausgleich mit dem sog. „**Valsalva-Manöver**“ am weitesten verbreitet (siehe hierzu die Abbildung 5.3), bei dem bei geschlossenem Mund und zugehaltener Nase **behutsam** in die Nase gepustet wird. Dadurch wird im Nasen-Rachenraum ein Überdruck erzeugt, der die Eustachische Röhre öffnet, das Mittelohr quasi aufbläht und so das Trommelfell in eine neutrale Stellung zurückbringt. Diese Technik ist nicht ohne Risiko, denn sie hat Auswirkungen auf den Kreislauf und kann, wenn besonders vehement ausgeführt, sogar Schäden am Ohr hervorrufen. Der Druckausgleich mittels Valsalva darf also **nicht** durch heftiges, angestregtes Pressen erzwungen werden, sondern muss **ohne Anstrengung** durchführbar sein. Der Versuch, gleichzeitig zu schlucken kann dabei sehr hilfreich sein.

Beim Verschluss der Eustachischen Röhre kann **kein** Druckausgleich mehr durchgeführt werden. Beim Abtauchen kommt es daher zu einem **Druckanstieg im äußeren Gehörgang** und durch den fehlenden Druckausgleich zu einem relativen **Unterdruck im Mittelohr**. Das Trommelfell wird sich in Richtung des Mittelohres wölben. Durch den Unterdruck tritt Gewebsflüssigkeit aus den Schleimhäuten der Paukenhöhle aus (Schröpfkopfwirkung).

### Barotrauma des Innenohrs

Zu einem Barotrauma im Innenohr kommt es meist durch einen **forcierten Druckausgleich**. Der Taucher taucht ab, ohne einen Druckausgleich im Mittelohr herzustellen. Durch den Unterdruck im Mittelohr wölbt sich das Trommelfell nach innen. Schafft es der Taucher jetzt, durch ein **forciertes Valsalva-Manöver** einen Druckausgleich herzustellen, bildet sich hierdurch ein Überdruck im Mittelohr. In der Folge schnellst das Trommelfell **plötzlich** in seine Ruheposition zurück. Diese ruckartige Bewegung führt zu heftigen Bewegungen der Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel. Der Steigbügel ist mit dem ovalen Fenster verbunden. Die heftige Bewegung kann dazu führen, dass das **ovale** oder meist das **runde Fenster** reißt. Es können **Schädigungen des Labyrinths** im Innenohr entstehen.

Durch den Übertritt von Bakterien in die Perilymphe ins Innenohr besteht die Gefahr einer Innenohrentzündung und eines teilweisen Verlusts des Hörsinns. Daneben kann dieser Schwingungsvorgang zu einem **Verrenken der Gehörknöchelchen** führen. Typische Symptome in einem solchen Fall sind:

- Dumpfe bis stechende Schmerzen im Ohr
- Übelkeit, Drehschwindel
- Ohrgeräusche, z. B. Klingeln, Rauschen
- Verschlechterte Hörfähigkeit bis hin zur Schwerhörigkeit/Taubheit (Hörsturz)
- Migräneartige Anfälle

Das Valsalva-Manöver kann im Extremfall zu einem Barotrauma des **Innenohrs** führen!

Bei einem Barotrauma des Innenohrs ist **unverzüglich** ein HNO-Arzt aufzusuchen!

Bei einem Trommelfellriss droht der spontane Orientierungsverlust des Tauchers unter Wasser. Er kann „oben“ nicht mehr von „unten“ unterscheiden.

Bei Verdacht auf diesen Notfall muss dem Taucher sofort geholfen werden! Auch aus diesem Grund ist ein Tauchender ständig zu beobachten.

Bei diesem Notfall ist der Kopf hoch zu lagern, sowie unverzüglich ein HNO-Arzt aufzusuchen. Der Verunfallte muss von jedem Lärm ferngehalten werden, weitere Valsalva-Manöver und Pressatmung sind zu unterlassen, um weitere Schädigungen des Innenohrs zu vermeiden.

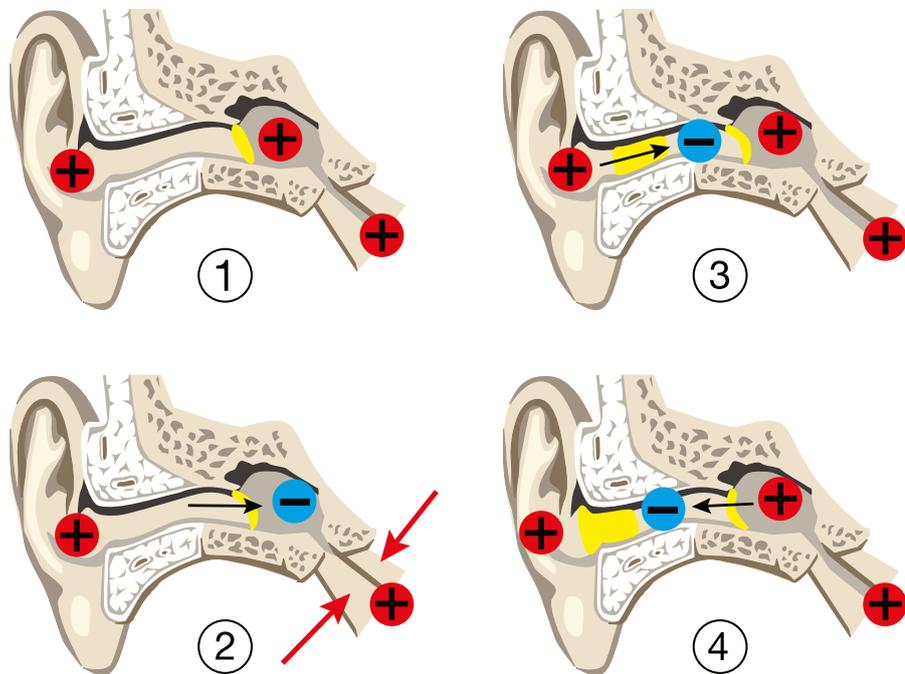
**Riss des Trommelfells**

Ist kein Druckausgleich erfolgt, herrscht ein Unterdruck im Mittelohr, wodurch das Trommelfell nach innen reißen kann (siehe Abbildung 3.11,2). In der Folge dringt Wasser in das Mittelohr ein, welches aufgrund der Temperaturdifferenz zur Körpertemperatur das Gleichgewichtsorgan reizt. Dies kann Übelkeit, Gleichgewichtsstörungen und Orientierungslosigkeit verursachen und in letzter Konsequenz zum Ertrinken führen!

**Typische Symptome** für einen Trommelfellriss sind:

- Schmerzen bei vorgespanntem Trommelfell
- Schlagartiges Nachlassen der Schmerzen bei Trommelfellriss
- Orientierungsschwierigkeiten, Drehschwindel, Gleichgewichtsstörungen
- Eventuell Erbrechen
- Bei Versuch des Druckausgleichs: Hörbares Herausziehen der Luft aus dem Ohr

Tritt ein solcher Fall ein, ist unverzüglich der Tauchgang abubrechen und ein HNO-Arzt aufzusuchen! Es ist besonders auf stabile Kreislaufverhältnisse zu achten.



**Abbildung 3-11:** Druckwirkungen am Ohr: 1) Normalzustand: Druckausgleich zwischen der Umgebung, dem Mittelohr und dem Nasen-Rachen-Raum. 2) Verschluss der Ohrtrumpete (Schnupfen) und dadurch kein Druckausgleich. Im Bereich des Innenohres herrscht Unterdruck, das Trommelfell reißt nach innen

## Druckeinwirkungen auf das Auge

Beim Abtauchen entsteht im Bereich der Tauchmaske ein Unterdruck im Vergleich zum zunehmenden Außendruck. Weil die Luft in der Tauchmaske komprimiert wird, presst sich die Maske mit zunehmender Tiefe immer **fester** an das Gesicht. Aufgrund der damit verbundenen Sogwirkung auf die Gesichtshaut, die Bindehäute und die Augenlider kann es zu Blutergüssen kommen.

Besonders gefährlich ist die **Druckerhöhung** im Gefäßsystem des Auges durch den zunehmenden Außendruck. Die feinen Kapillaren dehnen sich aufgrund des geringeren Drucks in einer Schwimm- oder Tauchmaske aus. Der Unterdruck kommt somit einer „**Schröpfungswirkung**“ gleich.

Die feinen Kapillaren des Augapfels können durch den Druckunterschied **platzen** und es kommt Einblutungen ins Auge. Diese Unterdruckverletzung kann bis hin zur **Netzhautablösung** führen, die oftmals auch einen schleichenden Verlauf zeigen kann, d.h., auch wenn nach einem Tauchgang mit „roten Augen“ noch „alles in Ordnung“ ist, kann es aufgrund der vorhergehenden minimalen Barotraumata nach einigen Tauchgängen zu **irreversiblen Schäden der Netzhaut** mit einem Sehkraftverlust kommen. Um einer Schädigung des Auges vorzubeugen, ist mit zunehmender Tauchtiefe über die Nase Atemluft in den Maskenraum abzugeben, um die Druckdifferenz auszugleichen. Deshalb dürfen auch **keine Nasenklemmen** verwendet werden, da diese den Druckausgleich im Maskenraum erschweren oder gar unmöglich machen. Aus dem gleichen Grund sind Schwimmbrillen, die die Nase **nicht** mit einschließen, zum Tauchen ungeeignet.

An dieser Stelle sei auf das Merkblatt **M3-001-15** verwiesen, in dem seitens der medizinischen Leitung der DLRG auf die Gefahren des Tauchens mit Schwimmbrillen (Brillen ohne Druckausgleichsmöglichkeit) hingewiesen wird[5].

**Typische Symptome** für ein Barotrauma durch Druckeinwirkung auf das Auge sind:

- Sauggefühl im Gesicht
- Augen: rot und blutunterlaufen
- Sich deutlich abzeichnende Druckmarken im Gesicht an den Maskenrändern
- Schmerzen im Gesichtsbereich
- Blaufärbung der betroffenen Haut
- Eventuell Nasenbluten
- Eventuell Sehbeeinträchtigungen

Bei heftigen Symptomen ist ein Facharzt (Augenarzt) aufzusuchen! Beide Augen sind ruhig zu stellen. Linderung kann evtl. durch Kühlung der betroffenen Gesichtspartien erreicht werden.

Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Studie der Sporthochschule in Köln, die Selbstversuche beim Tieftauchen mit Schwimmbrillen beschreibt. Dort wurde als Gefahrenzone für Barotraumata des Auges eine Tiefe ab 2 m ermittelt und insbesondere die Risiken von Schwedenbrillen aufgezeigt. Allerdings muss diese Studie kritisch betrachtet werden, solange keine weiteren Daten mit einem erweiterten Probandenkreis vorliegen. Tauchen mit Schwimmbrillen ist auch nach dieser Studie nicht als unbedenklich einzustufen [7]!

Eine geeignete Tauchmaske muss die Nase mit einschließen und über eine einfache Möglichkeit des Druckausgleichs verfügen. Schwimmbrillen sind nicht für das Tauchen geeignet und können schwerwiegende Barotraumata des Auges hervorrufen!

Im Rahmen der Schnorcheltauchausbildung wird die Freitauchgrenze für die meisten Tauchschüler weniger Praxisrelevanz besitzen als die Verwendung eines zu langen Schnorchels. Während die Freitauchgrenze und damit verbunden die einzelnen Rekorde ein interessantes Randthema sein können, muss auf die Betonung der Gefahren bei der Benutzung eines zu langen oder zu dünnen Schnorchels (z. B. lange Strohhalm in diversen Filmen) ausdrücklich hingewiesen werden. Hierfür ist in der Theorieeinheit ein Schwerpunkt vorzusehen.

Die Freitauchgrenze eines Sporttauchers ist durch das Minimalvolumen der Lunge an Land vorgegeben. Dieses darf durch die Druckzunahme nicht unterschritten werden! Extrem-Apnoetaucher verfügen über zusätzliche Mechanismen zur Reduzierung des Minimalvolumens.

### Lungenschädigung durch Druckdifferenzen

Beim Abtauchen **ohne** Tauchgerät werden mit zunehmendem Umgebungsdruck der Brustkorb und die Lunge komprimiert. Da die Elastizität des Brustkorbes begrenzt ist, ist diese Verkleinerung des Lungenvolumens nur in gewissen Grenzen möglich.

Wesentliche beeinflussende Faktoren sind dabei die Elastizität des Brustkorbes, Größe von Vitalkapazität und Residualvolumen sowie Trainingszustand. Ist die **Elastizitätsgrenze** des Brustkorbes erreicht und kann er nicht weiter zusammengedrückt werden, so kommt es in der Lunge zu **Unterdruckerscheinungen** (Barotraumata).

### Die Freitauchgrenze

Gemäß dem Gesetz von Boyle-Mariotte verringert sich das in der Lunge eines Apnoetauchers befindliche Luftvolumen umgekehrt proportional zum steigenden Umgebungsdruck (siehe Abschnitt Das Gesetz von Boyle-Mariotte).

Die Atemwege als luftleitendes System sind in ihrem Volumen **unveränderlich**. Demnach verbleibt nach vollständiger Ausatmung ein **Minimalvolumen** von (in diesem Beispiel) 1,5 L, das sich aus dem **Residualvolumen** (1 L) und der **Totraumluf**t in den Atemwegen (0,5 L) zusammensetzt.

Beim Abtauchen wird der Brustkorb zusammengedrückt. Dieser Vorgang ist nicht gesundheitsschädigend, solange das **Minimalvolumen** des Atemsystems nicht unterschritten wird. Für den Schnorcheltaucher ergibt sich damit eine **Tiefengrenze**, die bei einer angenommenen Totalkapazität von 6 l rechnerisch bei ca. 30 m liegt (4 bar, daher Volumen reduziert auf  $\frac{1}{4} = 1,5 \text{ L} =$  angenommenes Minimalvolumen).

Führt man diese Rechnung mit einer Tauchtiefe von 150 m (16 bar) durch – die durchaus von Extrem-Apnoetauchern erreicht werden können, müsste der Taucher bei 1,5 L Minimalvolumen eine Totalkapazität von 24 L haben, was anatomisch **unmöglich** sein dürfte. Es muss daher auch andere Einflussfaktoren geben! Die Tiefe, die ein Taucher in Apnoe erreichen kann, hängt u.a. von folgenden Faktoren ab:

**Kompressibilität des Brustkorbs:** Durch erhöhte Elastizität des Brustkorbs und des Zwerchfells kann das Residualvolumen verringert werden.

**„Bloodshift“ in die Alveolargefäße:** Durch den Unterdruck in der Lunge kommt es zu einer Verlagerung von Blut in die Blutgefäße der Lunge. Dies führt zu einer „Aufblähung“ dieser Gefäße, was zu einer weiteren Verminderung des Residualvolumens führt. Messungen an Freiwilligen ergaben, dass dieses Volumen bis zu 1200 ml betragen kann.

**„Lung packing“ oder „buccal pumping“**, bei dem der Taucher auch nach tiefster Einatmung weiter Luft in seine Lungen pumpt und so seine Totalkapazität steigert (teilweise um bis zu 50 %).

Wenn die Freitauchgrenze durch weiteres Abtauchen **überschritten** wird, kommt es zu einem Unterdruck in der Lunge. Dies führt in erster Folge zu einem Übertritt von Gewebsflüssigkeit in die Lunge. Des Weiteren können Verletzungen der Alveolen auftreten, die zu Blutungen in die Lunge und ggf. einem Lungenödem und/oder Pneumothorax führen.

**Anmerkung:** Eine häufige Frage der Kursteilnehmer betrifft Tieftauchrekorde in Apnoe (Weltrekord am 14. Juni 2007 Herbert Nitsch: 214 m), und wie diese dann möglich seien. Um diese Rekorde verstehen und somit auch erklären zu können, ist Folgendes wichtig:

1. Nicht das absolute Residualvolumen ist entscheidend, sondern das Verhältnis von Totalkapazität (TLC) zu Residualvolumen (RV).
2. Die Elastizität des Brustkorbes ist von sehr großer Bedeutung. Diese Elastizität kann durch frühes Training verbessert werden. Eine Folge ist eine Verkleinerung des RV und somit eine Veränderung des Verhältnisses TLC/RV.
3. Durch den relativen Unterdruck im Brustkorb kommt es zu einem Sog auf die Lungengefäße und zu einer Umverteilung von Blut in den Brustkorb, was ebenfalls das Verhältnis TLC/RV verändert.
4. Apnoe-Taucher sind in der Lage, ihre vegetativen Funktionen zu beeinflussen. Das heißt, sie können willentlich z. B. den Puls (und damit den Sauerstoffverbrauch) senken.

**Beispiel:** Jacques Mayol: TLC = 7,22 L, RV = 1,88 L;  $7,22 : 1,88 = 3,84$  rechnerisch wäre die Tieftauchgrenze also bei 3,84 bar oder 28,4 m erreicht. Bei einer (nachgewiesenen) Blutvolumenumverteilung von 1 L zusätzlich in den Brustkorb schrumpft das RV jedoch auf 0,88 L. Es errechnet sich dann:  $7,22 : 0,88 = 8,2$ , was einer Tauchtiefe von 72 m entspricht.

**Jacques Mayol** (\*1. April 1927 in Shanghai; † 22. Dezember 2001 in Capoliveri) war ein französischer Apnoe-Taucher. Er war einer der ersten Taucher, die ohne Atemgerät in eine Tiefe von mehr als 100 m gelangten. Er hielt mehrere Weltrekorde im Apnoe-Tauchen. Seine Tauchtechnik beruhte auf der psychologischen Vorbereitung und Konzentration auf den Tauchgang. Jacques Mayol setzte in seinem Wohnort auf der Insel Elba seinem Leben selbst ein Ende.

Anm.: 2012 verbesserte Herbert Nitsch seinen Rekord auf 253 m, wobei er mehrere Hirnschläge erlitt.

### Verwendung eines zu langen Schnorchels

Die maximale Schnorchellänge darf 35 cm nicht überschreiten. Die Gefahr liegt in einem **Unterdruckbarotrauma** der Lunge. Der Grund hierfür ist **nicht**, wie leider in sehr vielen Büchern immer noch behauptet wird, eine mögliche Pendelatmung. Aufgrund des selbst bei einem sehr langen Schnorchel geringen Volumens eines Schnorchels kommt es höchstens zu einer gering-fügigen Steigerung der Atmung, nicht aber zu einer Gefährdung.

Bei der Atmung mittels Schnorchel wirken auf die Lunge des untergetauchten Tauchers der ihn umgebende Wasserdruck der Tauchtiefe und zusätzlich der Umgebungsdruck an der Wasseroberfläche im Schnorchelinneren. Die Luft in der Lunge wird nicht komprimiert wie beim Apnoetauchen, sondern kann über den Schnorchel an die Oberfläche entweichen. Die dadurch entstehende **Druckdifferenz** muss bei der Einatmung überwunden werden. Der Mensch hält aufgrund seiner Anatomie maximal eine Druckdifferenz von ca. 70 - 100 mbar aus. Schon bei Differenzen von 70 mbar



Ein zu langer Schnorchel kann ein **lebensgefährliches Unterdruckbarotrauma** der Lunge erzeugen. Die Vergrößerung des Totraums ist demgegenüber physiologisch unerheblich!

(0,7 m Tauchtiefe) ist eine geregelte Atmung dabei nicht mehr möglich. Bei größeren Tiefen führt dies zu einem **Unterdruckbarotrauma der Lunge**, infolgedessen Blut aus den die Lunge umgebenden Kapillaren in die Lungenbläschen „gesaugt“ wird. Dies führt zur Ausbildung eines Lungenödems und einem Rückstau im venösen Kreislauf und somit zum Versagen des „rechten Herzens“.



Wer unter Wasser komprimierte Atemluft aus einem Drucklufttauchgerät aufgenommen hat, muss beim Auftauchen **unbedingt** die Luft ablassen!

Das Öffnen des Mundes reicht aus und die überschüssige Luft strömt aus.

Überdruckbarotraumata sollten im Normalfall in der Schnorcheltauchausbildung keine Rolle spielen. Sollte dennoch mit den Schnorcheltauchschülern die Aufnahme von **komprimierter Atemluft aus Drucklufttauchgeräten** unter Wasser geübt werden, so ist auf diese Gefahr besonders hinzuweisen!

Schnorchel dürfen maximal 35 cm lang sein.

### Lungenüberdruckbarotrauma

Nimmt ein Schnorcheltaucher **unter Wasser** von einem Tauchgerät komprimierte Luft auf, so kommt es beim Auftauchen zur Ausdehnung dieses Volumens gemäß dem Boyle-Mariotte-Gesetz (siehe gleichlautender Abschnitt). Da die Lunge aber nur einen gewissen, sehr geringen Überdruck halten kann, muss die überschüssige Luft beim Auftauchen **ausgeatmet** werden. Erfolgt dies **nicht**, kann es durch den Überdruck zu einer Schädigung der Lunge mit Einreißen von Lungengewebe kommen. Dabei kann Luft u.a. in den Pleuraspalt gelangen, was zum teilweisen oder völligen Zusammenfallen eines Lungenflügels (Pneumothorax) führen kann, bzw. zum Eindringen von Gasblasen in das Gefäßsystem, sodass **Luftembolien** die Folge sein können.

Hier sind vor allem die Hirngefäße betroffen, sodass schlaganfalls-ähnliche Lähmungserscheinungen auftreten können. Kommt es zu einem solchen Lungenüberdruckunfall, muss der verunglückte Taucher unverzüglich mit 100% Sauerstoff behandelt und möglichst schnell einer ärztlichen Druckkammerbehandlung zugeführt werden.

Sehr wichtig sind jedoch die vorbeugenden Maßnahmen, da die Druckdifferenzen, die z. B. bei einem Tauchtraining in einem Schwimmbad auftreten, für diesen Pathomechanismus bereits ausreichen können!

Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass beim Atmen aus einem Drucklufttauchgerät unter Wasser beim Auftauchen ausgeatmet wird.

### Wärmehaushalt des menschlichen Körpers

Der Mensch hat als gleichwarmes Lebewesen eine Körperkerntemperatur, die im Normalfall **konstant** 37°C beträgt. Dies schließt aber nicht aus, dass es durchaus Regionen im Körper gibt, die in ihrer Temperatur deutlich darunter oder darüber liegen können. Lebenswichtige Bereiche im Körperkern werden aber konstant warm gehalten. Dies ist von besonderer Bedeutung, da die Lebensvorgänge nur in einem **engen** Temperaturbereich um 37°C optimal ablaufen.

Die Körpertemperatur entsteht durch Stoffwechselfvorgänge und Muskeltätigkeit, der Wärmetransport findet über das Blut statt, das damit einen wesentlichen Teil der **Temperaturregulation** darstellt. Ähnlich wie bei einer Heizung, bei der die Temperatur

durch eine mehr oder weniger starke Drosselung des Warmwasserzulaufs geregelt wird, wird der Blutstrom an die Körperoberfläche durch Eng- oder Weitstellung der entsprechenden Gefäße geregelt und damit auch die Wärmeabgabe an die Umgebung beeinflusst.

Als Landlebewesen ist der Mensch mit seinen Regulations- und Schutzmechanismen an das umgebende Medium „Luft“ mit der entsprechenden Wärmeleitfähigkeit angepasst. Wasser jedoch hat eine vielfach höhere Wärmeleitfähigkeit.

Dies führt dazu, dass der unbedeckte Aufenthalt in 23°C warmer Luft über lange Zeit als angenehm empfunden wird und dass es bei Windstille kaum zu einer Auskühlung kommt. Der unbedeckte Aufenthalt in 23°C warmem Wasser hat jedoch schon in relativ kurzer Zeit eine **Auskühlung** zur Folge.

Diese Auskühlung findet umso schneller statt, je größer der Unterschied zwischen Körper- und Wassertemperatur ist. Gleichzeitig beschleunigt die Bewegung im Wasser die Auskühlung, da sie zwar die Produktion von Körperwärme fördert, aber damit den Temperaturunterschied zum Wasser vergrößert, sodass durch Bewegung das schon vom Körper erwärmte Wasser in unmittelbarer Körpennähe gegen kaltes Wasser aus der Umgebung ausgetauscht wird.

Je nach **Grad der Unterkühlung** kommt es beim Betroffenen zu unterschiedlichen Reaktionen, sodass ein Erregungsstadium, ein Erschöpfungsstadium und ein Lähmungsstadium unterschieden werden können. Es soll hier jedoch nur das **Erregungsstadium** näher betrachtet werden, weil dies für Schnorcheltaucher die größte Relevanz hat. Beim **Erregungsstadium** (Körperkerntemperatur 37°C bis 34°C) fängt der Betroffene an zu frieren, es kommt zu psychischer Erregung und unwillkürlichem Muskelzittern (mit dem Sinn, die Wärmeproduktion zu erhöhen). Die Atmung ist vertieft, die Haut „blass bis bläulich“, da alle Blutgefäße eng gestellt sind. Durch Kälte und verminderte Durchblutung kann es zu Schmerzen an Fingern, Zehen und sogar Ohren und Nase kommen. Schnorcheltaucher sollten bei Auftreten dieser Symptome **schnellstmöglich** das Wasser verlassen!

In allen Fällen ist Hilfeleistung wichtig. Bei den Unterkühlten des Erregungsstadiums stehen die **Vermeidung weiterer Wärmeverluste** und die **rasche Wiedererwärmung** im Vordergrund. So sollte die nasse Kleidung schnellstmöglich gegen trockene und warme ausgetauscht werden. Zusätzlich sollte die betroffenen Personen wärmende Decken gehüllt werden. Wärmflaschen oder sog. „Warmpacks“ auf Bauch und Rücken leisten zusätzlich gute Dienste, wobei Verbrennungen vermieden werden müssen. Auch können bei geringer Unterkühlung und beginnendem Erregungsstadium noch eine heiße Dusche oder ein heißes Bad empfohlen werden.

Personen die bei klarem Bewusstsein sind, sollten warme Getränke verabreicht bekommen. Am besten geeignet sind gezuckerte Fruchtttees oder erwärmte Sportgetränke, **keinesfalls jedoch ist Alkohol zu verabreichen!**

Der Wärmehaushalt des menschlichen Körpers sollte kurz als Einführung auf das Thema Unterkühlung angesprochen werden. Der Unterkühlung und ihrer Behandlung im Erregungsstadium ist im Theorieunterricht entsprechend Zeit einzuräumen. Die weiteren Stadien der Unterkühlung sollen im Schnorcheltauchkurs kurz angesprochen, aber nicht weiter ausgeführt werden. Dieses Spezialthema bleibt weitergehenden Ausbildungen vorbehalten. Von einer Behandlung im Schnorcheltauchkurs wird aufgrund der Komplexität des Themas und der notwendigen fundierten Vermittlung medizinischer Zusammenhänge (z. B. beim Bergungstod) abgeraten!

Eine Auskühlung ist auch in zunächst als angenehm empfundenen Wassertemperaturen unter 30°C möglich!

Kommt es zu den ersten Symptomen des Auskühlens, ist das Wasser **schnellstmöglich** zu verlassen!

Soll bei niedrigen Wassertemperaturen trainiert werden, so müssen die Tauchschüler entsprechende **Kälteschutzanzüge** tragen!

Eine **Unterkühlung** beim Schnorcheltauchen ist unbedingt zu vermeiden. Deshalb sollten bei niedrigen Wassertemperaturen oder bei längerem Aufenthalt im Wasser Neopren-Kälteschutzanzüge getragen werden. Beim Auftreten von **Auskühlungserscheinungen** (bläuliche Verfärbung der Haut, insbesondere der Lippen, Muskelzittern, Frösteln), muss umgehend das Wasser verlassen werden.

## 4. Die Grundausrüstung

Zur Grundausrüstung eines Schnorcheltauchers gehören:

- Tauchmaske
- Schnorchel
- Flossen

Die Tauchschüler müssen die entscheidenden **Qualitäts- und Sicherheitsmerkmale** sowie Unterschiede der Grundausrüstungen kennenlernen.

In den folgenden Unterkapiteln wird auf die Aufgaben und Eigenschaften jeder einzelnen der drei grundlegenden Komponenten eingegangen. Es werden Hinweise auf entsprechende technische Regelwerke (z. B. DIN-Normen; Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin) sowie relevante Merkmale und Tipps gegeben, die bei der Auswahl der einzelnen Bestandteile der Grundausrüstung helfen sollen.

Die Grundausrüstung ist ein **elementarer Punkt** in der theoretischen Ausbildung von Schnorcheltauchern. Es empfiehlt sich, im Unterricht Positiv- als auch Negativbeispiele für Ausrüstungsgegenstände parat zu haben und an diesen den Tauchschülern die relevanten Merkmale zu erklären. Dieses Vorgehen hilft den Schülern bei der späteren Auswahl von geeigneten Teilen im Handel.

### Die Tauchmaske



**Abbildung 4-1:** Tauchmasken für die Schnorcheltauchausbildung. Ein gutes Sichtfeld und die Möglichkeit, schnell und einfach einen Druckausgleich durchzuführen, sind wichtige Kriterien bei der Auswahl einer geeigneten Maske.

Die Aufgaben einer Tauchmaske nach DIN EN 16805 sind u.a.:

- Gewährleistung einer verzerrungsfreien Sicht unter Wasser
- Schutz der Augen und der Nasenschleimhäute (vor z. B. Chlor- und Salzwasser)

- Möglichkeit, einen Druckausgleich durchzuführen
- Eventuell eine Sichtkorrektur durch optische Gläser bei Brillenträgern (geht nur bei 2 Scheibenmaske)

Eine geeignete Tauchmaske muss **unbedingt** folgende Eigenschaften besitzen:

- Sichtscheibe aus Sicherheitsglas
- Nahezu gleich bleibende Flexibilität des Maskenmaterials bei Temperaturen zwischen 0°C und +30°C
- Dichter und druckfreier Sitz der Dichtmanschette(n)
- Gut greifbare Möglichkeit zum Druckausgleich (Nasenerker)
- Alterungsbeständiges Maskenmaterial
- Großes Blickfeld
- Kleiner Maskeninnenraum
- Möglichst geruchfreies und pflegeleichtes Maskenmaterial
- Halteband, zweigeteilt, dass nicht verrutschen oder sich unbeabsichtigt lösen kann

**Anmerkung:** Tauchmasken, die unmittelbar mit dem Schnorchel verbunden sind und bei denen über die Nase ein- und ausgeatmet wird (sog. SchnorchelMasken), sind gefährlich und für das Tauchen ungeeignet. Außerdem füllt sich bei diesen Tauchmasken der Maskeninnenraum zunehmend mit verbrauchter Luft, die immer wieder mit ein- und ausgeatmet wird.

Schnorchelbrillen mit Atmungsweg über die Nase sind **ungeeignet!**

Folgende Tipps sollten beim Kauf einer Tauchmaske zusätzlich beachtet werden:

Die Sichtscheibe sollte mit dem Schriftzug „**Tempered**“, „**Tempered Glass**“ oder „**Safety-Glass**“ versehen sein. Kunststoffscheiben sind abzulehnen. Sie beschlagen ständig und verkratzen leicht. Die Entscheidung für eine Einglas-Maske oder eine ZweiglasMaske ist nur für **Brillenträger** wichtig. Diese müssen auf ZweiglasMasken zurückgreifen, wenn sie Korrekturgläser einsetzen wollen. Ansonsten handelt es sich um eine rein persönliche Entscheidung.

Für Brillenträger gibt die Möglichkeit im Fachhandel Tauchmasken mit Korrekturgläser zu erwerben.

Das Maskenmaterial sollte aus **Silikon** bestehen. Durchsichtige Silikonmischungen garantieren das beste Blickfeld.

Von allen Dichtsystemen ist dem **Doppeldichtrand** der Vorzug zu geben.

**Sitzprobe:** Die Maske muss ohne Druck so auf dem Gesicht sitzen, dass keine sichtbaren „Öffnungen“ zwischen Maskenrand und Gesicht zu sehen sind. Die **Dichtigkeitsprobe** einer Tauchmaske ist vor dem Kauf leicht auszuführen. Man drückt die Maske gegen das Gesicht, atmet durch die Nase ein und hält den Atem an. Bleibt die Maske durch den entstehenden Unterdruck am Gesicht „haften“, so ist sie dicht. Fällt sie wieder ab, so ist ein anderes Modell zu wählen.

Barträger werden grundsätzlich etwas mehr Probleme haben, eine passende Maske zu finden. Eventuell muss der Bart vor dem Tauchen mit Vaseline eingerieselt werden.

Tauchmasken mit Ausblasventil bringen keine Vorteile. Das Ventil stellt mit der Alterung nur eine zusätzliche Schwachstelle dar.

Tauchmaskenbänder, die sich auf der Rückseite des Kopfes in **zwei** Bänder teilen, sind druckfreier und verrutschen nicht so leicht.

Tauchmasken mit einem **Ausblasventil** an der Maskenunterseite bringen keine Vorteile. Das Ausblasventil stellt mit zunehmender Alterung in Bezug auf die Dichtigkeit nur eine Schwachstelle dar.

Empfehlenswert ist es, die Tauchmasken anderer Taucher unter Wasser zu testen, bevor man beim Händler unter psychologischem Kaufzwang steht.

Praktisch jede Maske läuft an. Durch die Produktion bleiben innen Silikonreste auf dem Glas zurück. Diese muss man mit Spülmittel mehrfach einreiben und putzen. Vor dem Tauchgang sollte man dann das trockene Maskenglas innen mit Spucke ausreiben und ausspülen.

Das Maskenband sollte regelmäßig auf kleine Risse kontrolliert werden und rechtzeitig ausgetauscht werden.

## Der Schnorchel



**Abbildung 4-2:** Ein geeigneter Schnorchel für die Tauchausbildung darf eine maximale Länge von 35 cm (Form A) nicht überschreiten und darf die Atmung aufgrund eines zu engen Querschnitts nicht behindern!

Ein Schnorchel soll die Atmung bei eingetauchtem Gesicht gewährleisten. Die Maße eines Schnorchels sind **für Kinder** (Form C = children, unter 150 cm Körpergröße) und **Personen über 150 cm Körpergröße** (Form A = adults) **unterschiedlich**. Grundlage ist die DIN EN 1972:2016-02 „Schnorchel“.

Die für den Taucher wichtigsten Eigenschaften sind im Folgenden zusammengefasst:

- Die **maximale effektive Schnorchellänge** darf 35 cm (Form A) bzw. 30 cm (Form C) **nicht** überschreiten!
- Das Mundstück muss bequem und gut sitzen und sollte über bissfeste und nicht zu große Beißwarzen verfügen.
- Der **Schnorchelinnenquerschnitt** darf die Atmung nicht behindern (mind. 1,8 cm<sup>2</sup>). Der Durchmesser sollte aber 2,5 cm nicht überschreiten.
- Das **Schnorchelinnenvolumen** muss sich leicht ausblasen lassen (Form A max. 230 cm<sup>3</sup>; Form C max. 150 cm<sup>3</sup>).
- Die Verbindung zwischen Mundstück und Schnorchelrohr muss anatomisch und strömungstechnisch richtig geformt sein (keine Faltenschläuche als Wasserfalle, da man sonst beim ersten Einatmen das in den Falten stehende Wasser mit einatmet!).
- Stabiler Schnorchelhalter zur einfachen Montage und Demontage an der Maske.
- Das Schnorchelende sollte eine **auffällige Farbgebung** von mind. 3 cm Breite (fluoreszierendes Orangerot) besitzen.
- Eine Sicherung gegen Verlust bei der Tauchübung sollte vorhanden sein (z. B. zusätzliche Befestigung an der Maske).
- Eine Gebrauchsanweisung, die Auskunft gibt über Benutzung, Benutzungsfehler, Warnhinweis bei Verlängerung, Altersgruppen, Pflege und Hinweise zum Sicherheitsstreifen.
- Schnorchel, die diese Anforderungen erfüllen, tragen das Zeichen „GS = Geprüfte Sicherheit“.
- Der Schnorchel sollte **keinerlei Ventile** enthalten.

Die maximale Schnorchellänge darf 35 cm nicht überschreiten!

Längere Schnorchel führen bereits nach kurzer Atmungszeit zu bleibenden Gesundheitsschäden. Der Versuch, durch einen längeren Schnorchel zu atmen, führt zum typischen Bild des so genannten inneren Blaukommens mit Blutrückstau und Überdehnung des Herzmuskels.

Die Ursache dieser Gesundheitsschädigung ist die zunehmende Druckdifferenz. Bei Schnorchelatmung entspricht der Druck im Lungeninneren dem der Wasseroberfläche, während die Körperflüssigkeit bereits unter dem höheren Druck des uns umgebenden Wassers steht.

**Anmerkung:** Bei Benutzung eines überlangen Schnorchels ist das Problem der Pendelatmung (in der Fachliteratur häufig als lebensgefährlich beschrieben) nicht relevant, da eine in Frage kommende Steigerung des CO<sub>2</sub>-Partialdruckes eine Vergrößerung des Atemzugvolumens und der Atemfrequenz zur Folge hat und somit zu ausreichender O<sub>2</sub>-Versorgung führt. Lebensgefährlich ist ein überlanger Schnorchel, begründet durch die auftretenden Druckdifferenzen.

## Die Schwimmflossen

Die Schwimmflossen (nach DIN 7876) haben die Aufgabe, den Vortrieb im und unter Wasser und dabei Bewegungsfreiheit für die Hände sicherzustellen. Darüber hinaus schützen sie die Füße vor Verletzungen. Schwimmflossen sollten folgende Eigenschaften besitzen:

- Druckfreier Sitz
- Flossenblatt, das zum Fußteil leicht abgewinkelt ist
- Alterungsbeständiges und elastisches Material
- Flossenblatt, das nicht so hart ist, dass Dauerleistungen zur Muskelverkrampfung führen
- Fußteillührung, die bis auf die Zehenseite den ganzen Fuß umschließt (geschlossene Ferse)
- Seitliche Kontur des Fußteils sollte unterhalb der Knöchel verlaufen (sonst Gefahr des Wundscheuerns)



Folgende Tipps sollten beim Kauf von Schwimmflossen berücksichtigt werden:

- Die Schwimmflosse ist so anzuprobieren, wie sie später auch getragen wird. Wird sie mit Socken oder Fülllingen getragen, so ist sie auch mit diesen anzuprobieren.
- Gute Fachhändler erlauben auch ein Ausprobieren im Schwimmbad. Die **Blatthärte** ist abhängig vom Trainingszustand. Vor dem Kauf ausprobieren!
- Es gibt zwei Hauptklassen bei den Flossen, die für den Taucher relevant sind: Schwimmbad- und Geräteflossen.

## Flossen

Es gibt zwei Hauptklassen bei den Flossen, die für den Taucher relevant sind: Schwimmbad- und Geräteflossen.



**Abbildung 4-3:** Geeignete Flossen für das Schnorcheltauchen gibt es in vielen Größen und Blatthärten. Wichtig ist der Tragekomfort: Die Flossen dürfen im Fußteil nicht drücken. Die Blatthärte ist an den jeweiligen Trainingszustand anzupassen. Ein zu hartes Blatt führt schnell zur Ermüdung der Muskeln im Unterschenkel.

Diese Flossen haben ein geschlossenes Fußteil. Sie werden hauptsächlich zum Training im Schwimmbad und für das Schnorcheltauchen benutzt. Eine besondere Spielart sind die extrem harten und schmalen Flossen der Apnoe-Tieftaucher, die sich zunehmend auch im engagierten Schnorcheltauchsport durchsetzen. Sie ermöglichen eine ungeahnte Geschwindigkeit in Verbindung mit minimalem Kraftaufwand. Gegen die Strömung sind sie allerdings nicht so effektiv.

## Geräteflossen

Diese Flossen haben ein offenes Fußteil. Sie werden in Kombination mit Fülllingen aus Neopren hauptsächlich beim Gerätetauchen eingesetzt. Ihr Blatt ist breit, was dem Tauchen mit Gerät zugutekommt. Wichtig ist nicht die schnelle Fortbewegung; beim Gerätetauchen muss man gegen Strömungen ankommen und eine gute Manövrierfähigkeit haben. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass man nach dem Ausziehen der Flossen mit den Fülllingen noch einen Schutz an den Füßen trägt. Gerade beim Tauchen an felsigen Ufern ist das ein unschätzbare Vorteil. Diese Flossen sind für Ungeübte nicht und darüber hinaus auch nicht für das Schnorcheltauchen geeignet.

Geräteflossen oder Sportflossen aus dem Rettungs- oder Leistungssport sind für die Schnorcheltauchausbildung **ungeeignet!**

## Die Pflege der Grundausrüstung

Nach dem Tauchgang sind alle verwendeten Gerätschaften **gründlich** mit Süßwasser zu spülen.

Salz und Chlor greifen die Materialien an, führen zu vorzeitiger Zersetzung und beschleunigen die Korrosion der Metallteile. Außerdem sind Fette und Öle die Feinde der Materialmischungen.

Von einer Desinfektion gemeinsam benutzter Gegenstände ist abzuraten, da Desinfektionsmittel die Materialien der Ausrüstung angreifen können und diese dadurch schneller altern und z. B. rissig und undicht werden können.

Alle Teile, wie Tauchmasken und Flossen, dürfen niemals für **längere Zeit** der Sonne ausgesetzt werden. Das gilt auch für das Trocknen nach dem Spülen.

Wird die Ausrüstung für längere Zeit „eingemottet“, empfiehlt es sich, die Pflegehinweise des Herstellers zu beachten!

## 5. Grundfertigkeiten Schnorcheltauchen

Im folgenden Kapitel werden die notwendigen Grundfertigkeiten vermittelt, die jeder Schnorcheltaucher beherrschen muss. Im Rahmen der Schnorcheltauchausbildung ist besonders vor der Durchführung von komplexen Übungen das Vorhandensein der Grundfertigkeiten bei den Teilnehmern sicherzustellen.

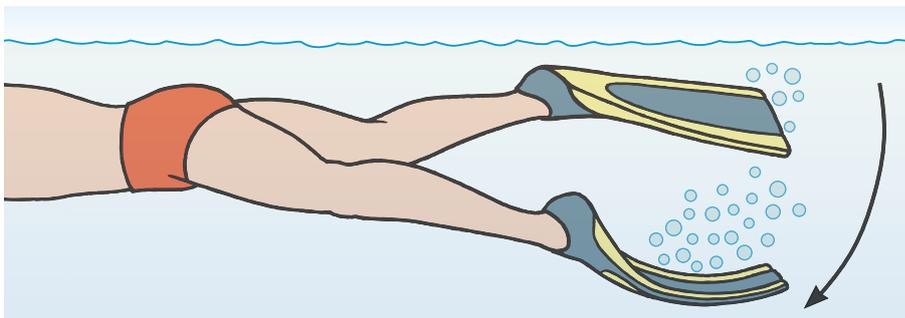
Zu Kursbeginn empfiehlt es sich, sich einen Überblick über den Leistungsstand der Teilnehmer zu verschaffen. Diese sollten mit Grundausrüstung verschiedene Schwimmarten schwimmen (Schwimmen mit Grundausrüstung in Bauch-, Rücken- und Seitlage).

### Flossenschwimmen

Flossen dienen der besseren Fortbewegung im und unter Wasser. Durch richtigen Einsatz der Flossen steigt die Wirksamkeit der Kraftübertragung erheblich. Voraussetzung dazu sind aber der richtige Einsatz und die korrekte Technik.

Folgende **Merkmale** muss die Gesamtbewegung „Flossenschwimmen“ erfüllen:

- Beinschlag aus dem Hüftansatz durchführen
- Knie nur leicht angewinkelt
- Beinschlag abwechselnd, gleichmäßig



**Abbildung 5-1:** Korrekte Beinbewegung beim Flossenschwimmen. Die Bewegung erfolgt aus der Hüfte. Die Knie sind höchstens leicht angewinkelt. Auf keinen Fall darf die Bewegung aus den Knien erfolgen oder dem Fahrradfahren ähneln. Der Beinschlag erfolgt ruhig, gleichmäßig und abwechselnd. In Brustlage wird der Abwärtsschlag betont und in Rückenlage der Aufwärtsschlag.

#### Methodisch-didaktische Hinweise:

- Der richtige Beinschlag kommt im Ansatz aus der Hüfte heraus, bei nur leicht angewinkelten Knien.
- Gerade in den ersten Übungsphasen sollten Anfänger mit kleinen, weichen Flossen beginnen und den Beinschlag aus der Hüfte heraus betonen.
- Spurtübungen und Übungen zur Schwimmstreckenverlängerung dürfen erst dann begonnen werden, wenn die Flossentechnik einwandfrei beherrscht wird!

Tauchschüler klagen zuweilen über Fuß- und Wadenkrämpfe, wenn sie mit Flossen schwimmen. Dies kann zum einen auf eine Überlastung der noch nicht trainierten Muskulatur, zum anderen auch auf die Verwendung zu harter Flossenblätter hindeuten. Flossenschwimmen erfordert eine gewisse Eingewöhnungszeit und dadurch gezieltes Training der Beinmuskulatur zu Beginn der Schwimmausbildung. Hier ist die Leistung an die Belastbarkeit der Gruppe anzupassen und behutsam zu steigern!

**Typische Fehlerbilder:**

- Der Bewegungsablauf darf auf keinen Fall an die Tretbewegung beim Radfahren erinnern.
- Ein stark abgeknickter Oberschenkel erzeugt bei jedem Beinschlag im Radfahrerstil eine Bremswirkung in Schwimmrichtung und ein Großteil der Vortriebsenergie geht verloren.
- Um den Beinschlag mit Flossen zu verbessern, empfehlen sich Übungen in Rückenlage. Der Ausbilder und auch der Teilnehmer können den Beinschlag gut beobachten und ggf. korrigieren. Ziel dieser Übung ist es, dass die Knie nicht die Wasseroberfläche durchstoßen. Es kann auch ein Brett auf der Wasseroberfläche über die Knie gehalten werden. Dabei dürfen die Knie das Brett nicht berühren. Im Unterschied zum Üben in Bauchlage ist hier der Aufwärtsschlag zu betonen.

## Schnorchelatmung

Das Atmen durch den Schnorchel erfordert besonderen Übungsaufwand. Gerade beim Apnoetauchen entsteht ein erhöhter Atembedarf beim Auftauchen. Insofern ist die Technik des Ausblasens und anschließenden Einatmens ein besonderer Übungsschwerpunkt.

Folgende **Lernziele** sind bei der Schnorchelatmung zu erreichen:

- Ruhiges Ein- und Ausatmen durch den Schnorchel an Land (ohne Maske)
- Im brusttiefen Wasser Gesicht mit Maske und Schnorchel ins Wasser eintauchen und ruhig Ein- und Ausatmen
- Im brusttiefen Wasser Gesicht mit Maske und Schnorchel ins Wasser eintauchen, Schnorchel aus dem Mund herausnehmen, wieder in den Mund nehmen, ausblasen und weiter ruhig Ein- und Ausatmen
- Im brusttiefen Wasser mit Maske und Schnorchel abtauchen und Schnorchel an der Oberfläche ausblasen und weiter ruhig Ein- und Ausatmen
- Kurze Strecken in Grundausrüstung Schnorcheln
- Leichte Abtauchübungen mit anschließendem Ausblasen des Schnorchels
- Schnorcheln in Grundausrüstung bei Verlängerung der Schwimmstrecke
- Zur Sicherheit sollte anschließend auch folgendes geübt werden: Gesicht **ohne** Maske aber mit Schnorchel im Mund ins Wasser eintauchen, ruhig Ein- und Ausatmen (Unterdrückung Wasser-Nasenreflex) anschließend den Schnorchel fluten, ausblasen und weiter ruhig Ein- und Ausatmen.

**Methodisch-didaktische Hinweise**

Um die oben genannten Lernziele zu erreichen, können mit den Teilnehmern folgende Übungen durchgeführt werden:

- Die Teilnehmer stehen mit dem Kopf unter Wasser im Flachwasser oder halten sich im Tiefwasser am Beckenrand fest und atmen bewusst durch den Schnorchel ein und aus.
- Damit die Teilnehmer lernen, den Schnorchel auszublasen, müssen sie diesen mit Wasser volllaufen lassen und danach kräftig (stoßartig) ausatmen. Sodann ist ohne Unterbrechung und ohne den Schnorchel aus dem Mund zu nehmen zur normalen Weiteratmung durch den Schnorchel überzugehen.
- Als kombinierte Übung empfiehlt sich mehrmaliges Zurücklegen kürzerer Strecken (20-25 m) in beliebiger Schwimmlage mit Tauchmaske und Schnorchel. Dabei kann die Belastung kontinuierlich gesteigert werden.

**Zusätzlicher Hinweis:**

- Auch bei steigender Belastung und damit zunehmender Atemfrequenz ist die Schnorchelatmung unbedingt beizubehalten.

**Sicherheitshinweis:**

Das erste Ausblasen gelingt beim Üben nach der Einführung in den meisten Fällen, jedoch das anschließende Einatmen birgt Gefahren in sich. Nach dem kräftigen Ausblasen erscheint es dem Ungeübten sinnvoll, tief einzuatmen. Da sich aber in der Rundung des Schnorchels nach dem Ausblasen noch ein Rest Wasser befindet, wird dies meist beim tiefen und kräftigen Einatmen aspiriert. Die Folge ist ein heftiger Hustenanfall. Verhindern lässt sich das Aspirieren des Wasserrests dadurch, dass vor dem Einatmen die Zunge an den oberen Gaumen angelegt wird. Die Luft wird dann an der Zunge vorbei in die Luftröhre gesogen und das Wasser verbleibt im Mundraum.

## Umgang mit der Tauchmaske

Ein weiteres wichtiges Element der Schnorcheltauchausbildung stellt die Handhabung der Tauchmaske dar. Trotz korrekten Sitzes der Tauchmaske kann Wasser eindringen, im Extremfall kann sie sogar volllaufen, was zu Orientierungsschwierigkeiten des Tauchers führen kann. Eine der wichtigsten taucherischen Fertigkeiten ist daher das Ausblasen der Tauchmaske.

Folgende **Lernziele** sind beim Umgang mit der Tauchmaske zu erreichen:

- Korrektes Aufsetzen der Tauchmaske und Dichtigkeitsprüfung
- Druckausgleich in die Tauchmaske, durch leichtes Ausatmen durch die Nase
- Fluten der Tauchmaske anschließendes Ausblasen unter Wasser und Auftauchen (Schnorchel nicht im Mund)
- Einmal Einatmen, Abtauchen, nacheinander mehrmaliges Fluten der Tauchmaske und Ausblasen unter Wasser und anschließend Auftauchen (Schnorchel nicht im Mund)
- Fluten der Tauchmaske anschließendes Ausblasen unter Wasser, Auftauchen und den Schnorchel ausblasen

- Antauchen der auf dem Beckenboden liegenden Tauchmaske , Anlegen der Maske, Ausblasen und Auftauchen

Ein häufiger Fehler, der insbesondere von Anfängern gemacht wird, ist die Verwendung zu großer Luftmengen zum Ausblasen der Brille sowie das zu heftige Ausatmen während des Ausblasens.

**Weniger ist in diesem Fall mehr!**

Die Tauchschüler müssen dazu angeleitet werden, mit möglichst wenig Luft die Brille auszublasen. Es darf nicht zu heftig ausgeatmet werden!

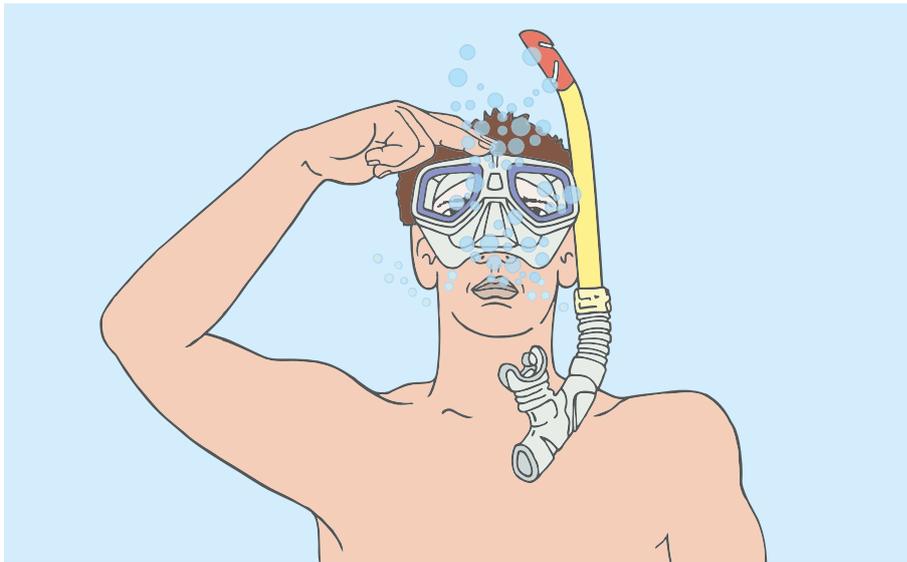
**Methodisch-didaktische Hinweise:**

Zum Ausblasen der Tauchmaske ist wie folgt vorzugehen:

- Die Tauchmaske ist am oberen Maskenrand mit zwei Fingern leicht gegen die Stirn zu drücken (Abb. 5-2)
- Der Blick ist zur Wasseroberfläche zu richten (Kopf in den Nacken).
- Anschließend ist sanft durch die Nase in die Maske auszuatmen. Die ausströmende Luft drückt das Wasser aus der Tauchmaske nach unten heraus.
- Hinweis: sollte das dem Tauchschüler nicht gelingen, dann kann die Maske auch mit beiden Händen an den unteren Seitenrändern angekippt oder mit einer Hand die Maske oben an die Stirn gedrückt und unten mit dem Daumen vom Gesicht leicht weggezogen werden.

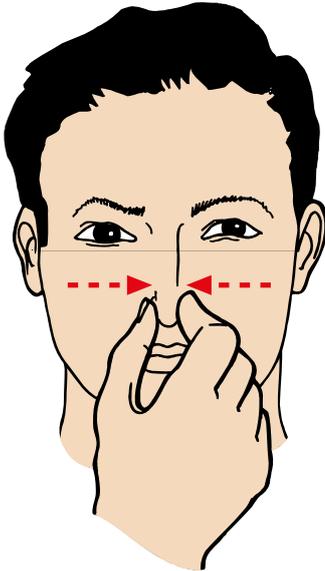
**Zusätzliche Hinweise:**

- Die Maske sollte vor dem Gebrauch mit Wasser gefüllt an den Beckenrand gelegt werden, damit sich die Temperaturdifferenzen ausgleichen können.
- Zum Entfernen von Silikonresten kann die Innenscheibe der Tauchmaske vor dem ersten Gebrauch mit reichlich Spülmittel (ohne Wasser) gereinigt werden, da dies die Silikonreste entfernt und das Beschlagen der Maske reduziert. Anschließend Maske mit Wasser spülen.
- Beim Anlegen der Tauchmaske ist darauf zu achten, dass keine Haare zwischen Maske und dem Gesicht zu liegen kommen, da sonst die Maske nicht richtig dicht ist.



**Abbildung 5-2:** Ausblasen der Tauchmaske. Die Maske wird mit zwei Fingern einer Hand an der Stirn fixiert. Ein sanftes Ausatmen durch die Nase hebt den unteren Maskenrand leicht an und die austretende Luft verdrängt das Wasser in der Maske.

## Anlegen der Grundausrüstung unter Wasser



**Abbildung 5-3:** Druckausgleich mit Valsalva-Manöver. Durch Zuhalten der Nase und sanftes Pressen von Luft in den Nasen-Rachen-Raum wird ein Druckausgleich durch die Eustachische Röhre im Mittelohr möglich. Der Taucher muss ein deutliches „Klacken“ und ein Nachlassen des Drucks auf den Ohren spüren. Der Druckausgleich muss auf beiden Ohren erfolgreich durchgeführt werden können. Dies ist vor jedem Tauchgang schon an Land zu prüfen!

Die Fertigkeiten des Schnorcheltauchers sind so zu schulen, dass er die gesamte Grundausrüstung unter Wasser sicher anlegen kann und Maske sowie Schnorchel ausgeblasen werden können.

Folgende **Lernziele** sind beim Umgang mit der Grundausrüstung zu erreichen:

- Ablegen der Grundausrüstung unter Wasser in Teilen oder komplett
- Antauchen der abgelegten Grundausrüstung, aufsetzen der Maske, ausblasen und auftauchen
- Antauchen der abgelegten Grundausrüstung, aufsetzen der Maske mit Schnorchel, ausblasen der Maske, auftauchen Schnorchel ausblasen und ruhig weiter atmen
- Antauchen der abgelegten Grundausrüstung, anlegen der kompletten Grundausrüstung, ausblasen der Maske, auftauchen Schnorchel ausblasen und ruhig weiter atmen

### Methodisch-didaktische Hinweise:

- Das Anlegen der Grundausrüstung unter Wasser sollte wie oben beschrieben erstmal in Teilen durchgeführt werden. Erst wenn ein Lernziel sicher beherrscht wird, sollte die nächst schwierigere Übung durchgeführt werden.
- In tieferem Wasser ist die Übung einfacher, da hier der Schnorcheltaucher weniger Auftrieb hat, insbesondere dann wenn am Anfang sehr tief eingeatmet wird.
- **Hinweis: Für den Tauchschüler ist dies erstmal nicht ersichtlich und das Abtauchen in größere Tiefen erfordert für ihn anfangs eine größere Überwindung.**
- Bei größeren Wassertiefen steigen die konditionellen Anforderungen. Daher ist es zwingend erforderlich, dass das Abtauchen in größere Tiefen sicher beherrscht wird.

### Steigerungsmöglichkeiten:

- Grundausrüstung auf einer größeren Fläche verteilen
- mehrere Grundausrüstungen ablegen und jeder sucht seine
- Die Übung in flacherem Wasser durchführen, Hier darf nur wenig Luft mitgenommen werden, da sonst der Auftrieb zu groß ist.

## Der Druckausgleich

Der **Druckausgleich** ist elementares Element der Schnorcheltauchausbildung. Es ist unbedingt sicherzustellen, dass der Druckausgleich vor Tauchübungen verstanden wurde und von jedem Teilnehmer durchgeführt werden kann. Der Zusammenhang zwischen zunehmendem Umgebungsdruck bei zunehmender Wassertiefe wurde bereits im Abschnitt zum Gesetz von Boyle Mariotte vorgestellt.

Relevant für das Tauchen mit der Grundausrüstung wird der Druckausgleich:

- im Innenraum der Tauchmaske (sehr leicht durch Einblasen von Luft durch die Nase auszugleichen)
- im Mittelohr.

Beim Druckausgleich im Mittelohr unterscheidet man zwischen zwei Methoden:

Bei der **Methode nach „Valsalva“** wird der Druckausgleich durch Zuhalten der Nase mit Daumen und Zeigefinger und gleichzeitiges sanftes Pressen von Luft gegen die zugehaltene Nase erreicht.

Dabei wird die normalerweise geschlossene Eustachische Röhre geöffnet, sodass aus dem Nasen-Rachen-Raum Luft zum Mittelohr gelangen kann.

Bei der **Methode nach „Frenzel“** wird durch Zurücklegen der Zunge gegen das Gaumensegel nur im inneren Rachenraum ein Überdruck herbeigeführt. Dadurch kann der Druckausgleich zum Mittelohr erfolgen.

Ebenso kann der Druckausgleich durch trockenes Schlucken und oder Bewegungen mit dem Unterkiefer gelingen.

Wird der Druckausgleich nicht durchgeführt, tritt ein Schmerzgefühl im Ohr auf, welches durch das nach innen gedrückte Trommelfell erzeugt wird. Schlimmstenfalls kann es zu einem Riss des Trommelfells kommen (siehe auch Abschnitt Druckeinwirkungen auf das Ohr).

Der Druckausgleich **muss** sicher beherrscht werden. Es ist wichtig die Teilnehmer darauf hinzuweisen, dass auf beiden Ohren ein Druckausgleich möglich sein muss.

Die Teilnehmer müssen **vor** der Tauchübung **einzel**n abgefragt werden, ob der Druckausgleich zunächst an Land funktioniert. Auch beim Üben im Wasser ist hier stets nachzufragen!

Es gibt **keine** sichere Tauchtiefe, bis zu der es keines Druckausgleichs bedarf!

#### Methodisch-didaktische Hinweise:

- **Den Druckausgleich an Land durchführen.**
- Mit dem Druckausgleich immer rechtzeitig, wenn möglich schon an der Wasseroberfläche unmittelbar vor dem Abtauchen, beginnen
- Beim Abtauchen den Druckausgleich wiederholen, ehe sich eine Druckdifferenz am Trommelfell aufbaut und Schmerzen entstehen.
- Niemals das Schmerzsignal vom Ohr ignorieren und tiefer tauchen.
- Druckausgleich niemals erzwingen, da dies zu Schädigungen führen kann
- Regelmäßige Abfrage der Teilnehmer, ob der Druckausgleich funktioniert

Mit folgenden Übungen kann der Druckausgleich eingeübt werden:

- Vertiefen der Schnorchelatmung, Ausblasen des Schnorchels nach kürzeren Tauchstrecken (4-5 m) in einer Tiefe von 1-2 m. Während der Tauchstrecke den Druckausgleich durchführen
- Wellentauchen über mehrere 25 m Strecken (Abtauchen über 5-6 m Strecke), Streckentauchen in 1-2 m Tiefe, Auftauchen und Schnorchel ausblasen, ohne den Kopf aus dem Wasser zu heben. Luftholen, abtauchen usw. Dabei stets den Druckausgleich durchführen lassen.

#### Sicherheitshinweise:

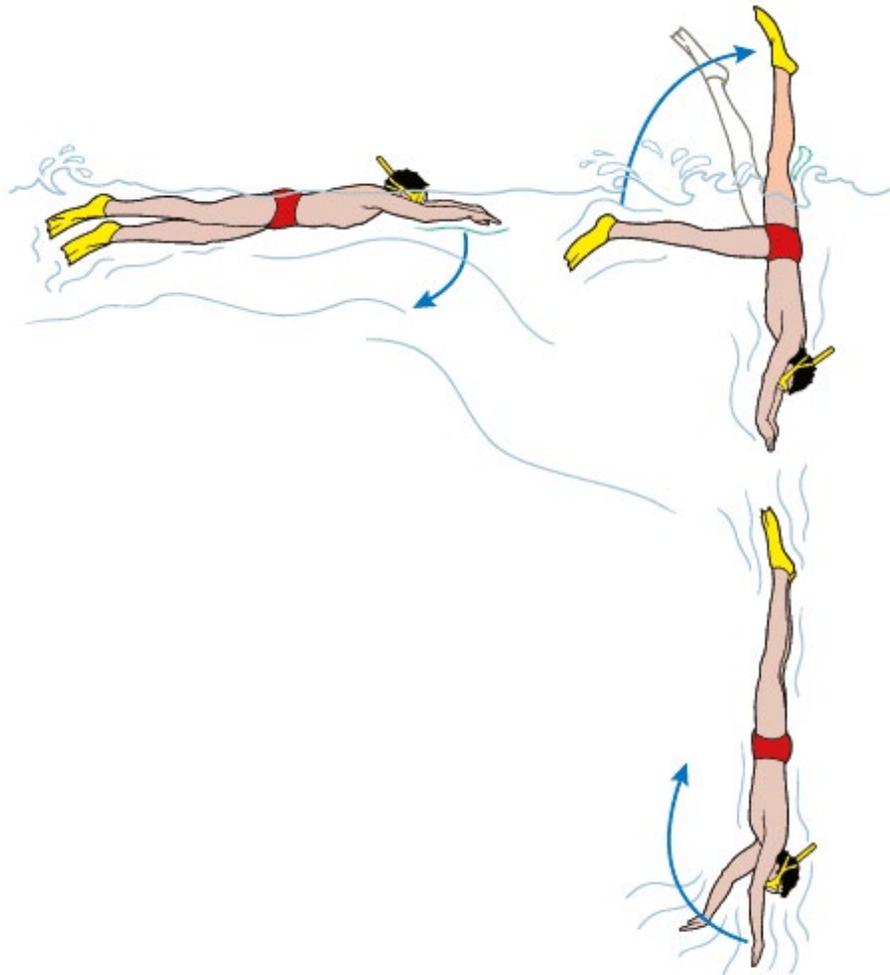
- Wenn bei Abtauchen Schmerzen von Kopf auftreten (Ohr, Nasennebenhöhlen, Zähne) sofort auftauchen und das Tauchen einstellen.
- Durch mehrmaliges Abtauchen und auch Chlorwasser kann es im Verlauf des Übungsabends zu einer Reizung und auch zu einem Anschwellen der Schleimhäute kommen, sodass ein Druckausgleich nicht mehr möglich ist. Weitere Tauchversuche sind dann in dieser Übungsstunde tabu!
- Schleimhaut abschwellende Nasentropfen und -sprays müssen beim Tauchen abgelehnt werden.
- Gefährliche Trommelfellrisse können bei fehlendem Druckausgleich schon ab **geringen** Wassertiefen auftreten. Eine allgemeingültige Tiefenangabe, die **ohne** Druckausgleich noch sicher ist, kann hier **nicht** gemacht werden, da jedes Trommelfell individuell empfindlich reagiert.

## Abtauchtechnik kopfwärts

Die richtige Technik für den Bewegungsablauf des Abtauchens ist ein weiteres wesentliches Element der Grundfertigkeiten. Ein **gezieltes** Abtauchen ist insbesondere bei Rettungseinsätzen zum schnellen Ertauchen eines Verunfallten zu beherrschen.

Abgetaucht wird durch Anziehen des Kinns zur Brust und eine **Rumpfbeuge**. Dabei sind die Arme, die sich gestreckt vor dem Kopf befinden, 90° nach unten zu bringen und der Oberkörper folgt der Richtungsänderung durch einen Hüftknick. Nach dem Abknicken des Oberkörpers werden beide Beine gleichzeitig senkrecht nach oben aus dem Wasser gestreckt.

Es erhöht sich der Abtrieb durch das zusätzliche Gewicht der aus dem Wasser ragenden Beine. Das Gewicht der Beine drückt den Körper nach unten und beschleunigt so den Abtauchvorgang. Die Arme bleiben senkrecht nach unten vor dem Kopf ausgestreckt, Blick in Richtung Beckenboden. Es folgt ein Druckausgleich. Flossenschläge unterstützen das Erreichen größerer Tauchtiefen. Die Arme bleiben weiterhin gestreckt in Vorhalte und dienen der Steuerung unter Wasser.



**Abbildung 5-4:** Abtauchen durch Rumpfbeuge. Das Anziehen des Kinns zur Brust und das Nach- Unten- Führen der vor dem Körper gestreckten Arme leiten das Abknicken des Oberkörpers in der Hüfte und damit den Abtauchvorgang ein. Die über Wasser gestreckten Beine drücken den Taucher nach unten.

Im Folgenden noch einmal der Ablauf der Abtauchtechnik in Einzelschritten:

- Ausgangsposition ist die Gleitlage, die Arme befinden sich gestreckt vor dem Kopf
- Einleitung des Abtauchvorgangs durch Anziehen des Kinns zur Brust und Führen der Arme gestreckt nach unten in die angestrebte Abtauchrichtung
- Sofort folgt der Oberkörper dem Kopf. Der Oberkörper wird durch eine Abknickbewegung in der Hüfte in die Tauchrichtung nach unten bewegt, dabei

Das Anziehen der Oberschenkel in Richtung der Brust sollte bei der Einleitung des Abtauchvorgangs vermieden werden.

bleibt der Kopf immer zwischen den gestreckten Armen.

- Wenn der Oberkörper 90° in der Hüfte abgeknickt ist, werden beide Beine schnell senkrecht nach oben aus dem Wasser gestreckt, um das Abtauchen zu beschleunigen.
- Während die Beine wieder in das Wasser eintauchen, ist ein Druckausgleich durchzuführen!
- Das Gewicht der Beine drückt den Taucher unter Wasser. Die Arme bleiben in Vorhalte. Flossenschläge können das Abtauchen unterstützen.

#### **Methodisch-didaktische Hinweise:**

Folgende Übungen schulen die die Abtauchtechnik:

- Vorbereitende grundlegende Übungen sind: Delphinsprünge, Rolle vorwärts und der Handstand unter Wasser
- Abstoßen von der Wand in die Gleitlage, Arme liegen gestreckt nach vorne, Luftholen durch den Schnorchel, anziehen des Kinns zur Brust (bewusste Beachtung der Kopfsteuerung!) und Abknicken aus der Hüfte um ca. 90°. Durch die anschließende Körperstreckung – insbesondere die der Beine aus dem Wasser heraus – wird abgetaucht. Die Arme bleiben in Vorhalte. Der Abtauchvorgang wird durch Flossenschläge unterstützt.
- Mehrmaliges zielgerichtetes Abtauchen nach Tauchringen oder anderen Gegenständen. Ein Partner achtet auf rechtzeitigen Druckausgleich und korrekte Abtauchtechnik. Nach dem Abtauchvorgang gibt der Partner ein Feedback.

#### **Zusätzlicher Hinweis:**

- Beim Üben ist darauf zu achten, dass die Teilnehmer nach dem eigentlichen Abtauchen von der Wasseroberfläche sofort mit dem Druckausgleich beginnen und mit dem Kraulbeinschlag erst dann einsetzen, wenn auch die Flossen vollständig unter Wasser sind.

#### **Sicherheitshinweise:**

- **Zum Schutz des Kopfes und zur Steuerung der Bewegung unter Wasser stets mit gestreckten Armen in Vorhaltetauchen.**
- **Beim Auftauchen unbedingt um die Körperlängsachse rotieren und den Blick zur Wasseroberfläche richten, um Kollisionen mit anderen Teilnehmern oder Gegenständen zu vermeiden.**
- **In Freigewässern zusätzlich eine Taucherboje (Oberflächen Signalboje) zur Sicherung mitführen!**

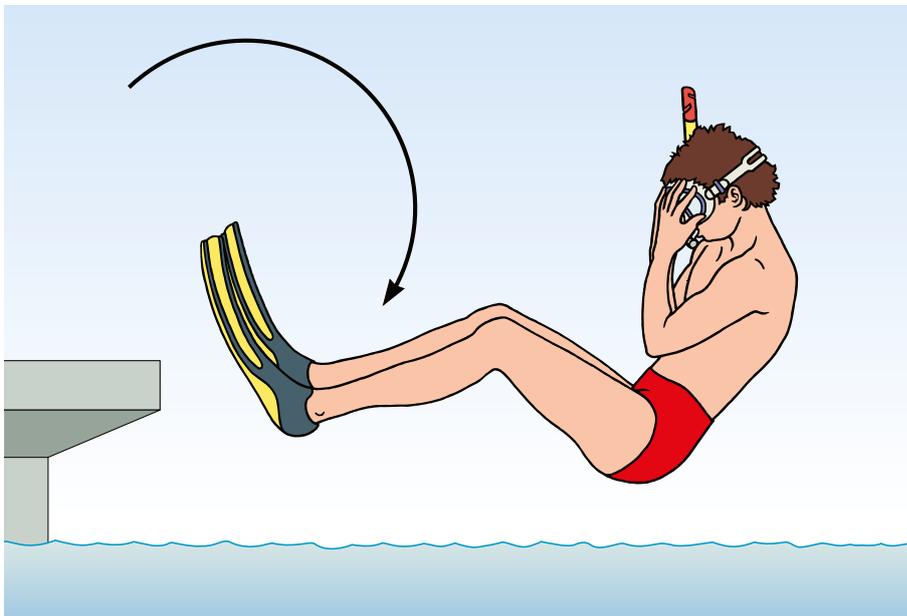
## Springen mit der Grundausrüstung

Sprünge dienen dazu zielgerichtet ins Wasser zu gelangen. Im Schwimmbad werden Sprünge vom Beckenrand, Startblock oder vom 1 m Brett geübt.

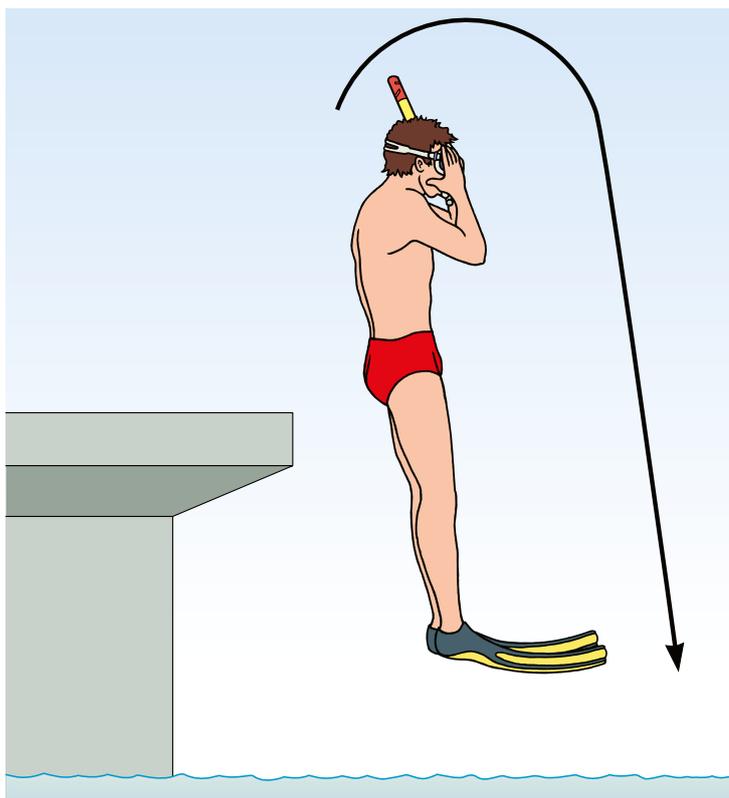
Bei jedem Sprung muss mit einer Hand die Tauchmaske ans Gesicht gedrückt werden, damit sie beim Eintauchen ins Wasser nicht vom Kopf gerissen wird.

Es gibt folgende Arten, um mit Grundausrüstung ins Wasser zu springen:

- **Fußsprung vorwärts** (Schrittsprung – auch aus größerer Höhe)
- **Rolle rückwärts** (nur aus geringer Höhe)



**Abbildung 5-5:** Roller aus geringer Höhe. Das Gesäß berührt als erstes das Wasser. Das Kinn wird zur Brust angezogen und die Tauchmaske ist mit den Händen auf dem Gesicht zu fixieren, damit sie beim Eintauchen ins Wasser nicht verloren geht.



**Abbildung 5-6:** Fußsprung vorwärts, Füße möglichst in leichter Schrittstellung, damit unter Wasser gerade eingetaucht wird. Der Fußsprung ist auch aus größerer Höhe durchführbar. Die Maske ist zu fixieren.

**Methodisch-didaktische Hinweise:**

- Am gebräuchlichsten ist der Fußsprung. Hierbei ist darauf zu achten, dass mit den Füßen in Schrittstellung eingetaucht wird. So ist gewährleistet, dass man gerade abtaucht.
- Vorübungen für den Abfaller Rückwärts ohne Grundausrüstung:
- Rollbombe (Hinhocken, Arme umfassen die Unterschenkel, Kinn zur Brust angezogen, nach hinten fallen lassen, Position bleibt bis zum Eintritt ins Wasser erhalten)
- Kippbombe (Hinstellen an den Beckenrand, Hände umfassen die Fußgelenke, Knie bleiben gestreckt, Kinn wird zu Brust angezogen, nach hinten fallen lassen, Position bleibt bis zum Eintritt ins Wasser erhalten)
- Kippbombe mit Grundausrüstung, s.o., eine Hand fixiert die Maske
- Rückwärtige Sprünge dürfen nur aus Höhen unter 1 m eingeübt werden. Der Schrittsprung kann aus verschiedenen Höhen geübt werden.

**Sicherheitshinweis:**

- **Beim Springen muss stets sichergestellt sein, dass die Wasserfläche frei ist!**

## Verständigung unter Wasser

Unter Wasser ist eine Verständigung durch Sprache nicht möglich. Daher muss auf eine besondere Form der Verständigung unter Zuhilfenahme von Handzeichen zurückgegriffen werden.

Im Folgenden werden diejenigen Handzeichen vorgestellt, die für die Ausbildung zum Schnorcheltaucher wichtig sind. Sie stellen eine Auswahl aus den Pflicht- und Zusatzzeichen für Taucher dar. Zeichen, die für das Gerätetauchen relevant sind, entfallen an dieser Stelle.

Folgende Zeichen sollte jeder Schnorcheltaucher beherrschen:

### „Abtauchen!“

Der Daumen zeigt nach unten.



### „Auftauchen!“

Der Daumen zeigt nach oben.



**Frage:** „Ist alles in Ordnung?“ oder

**Antwort:** „Es ist alles in Ordnung“ oder

**Bestätigung:** „Ich habe verstanden!“



### Unklare Situation!

Hand mit gespreizten Fingern und angewinkeltem Unterarm zum Partner auf- und abdrehen.



### Notzustand

Heftige Handbewegung unter Wasser oder an der Oberfläche.



### „Halt (Verbleibe dort)!“

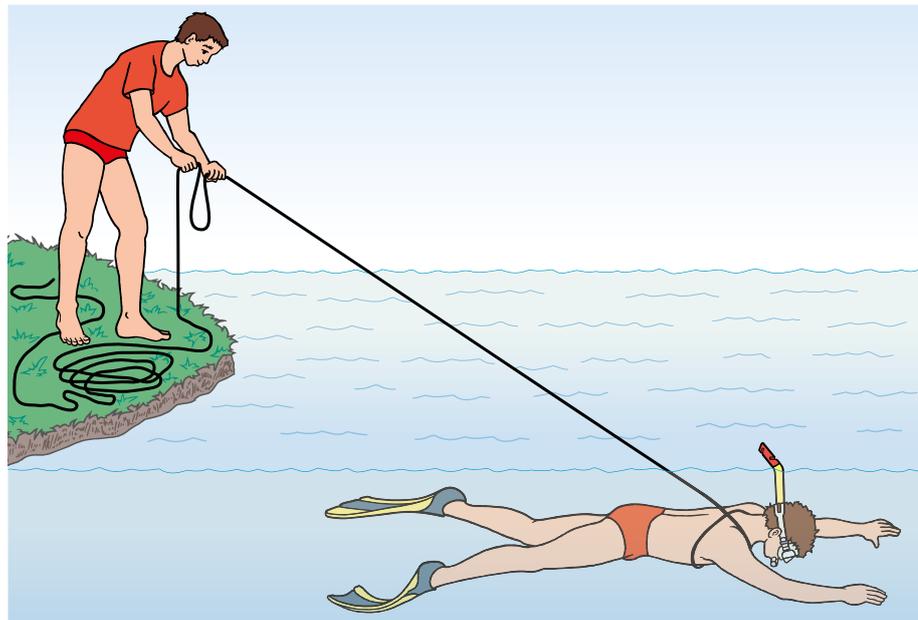
Flache, gestreckte Hand frontal dem Partner zeigen.



### Hinweis!

Mit dem Zeigefinger aus der geballten auf sich selbst „ich“, den Partner „Du“, auf ein oder mehrere Objekte „da“.



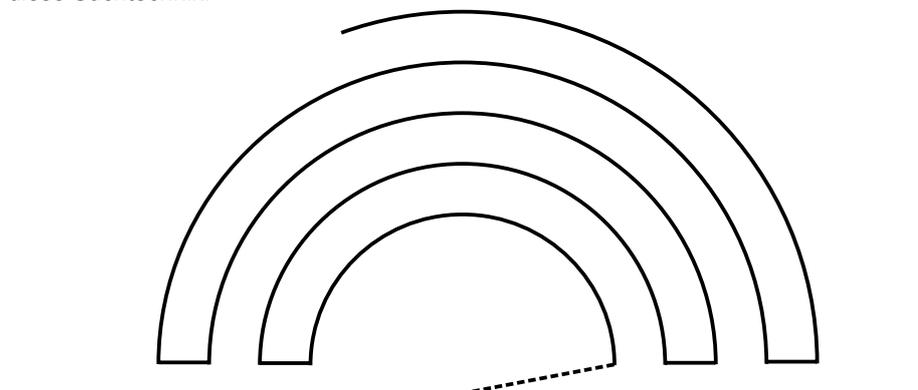


**Abbildung 5-7:** Taucher mit Leinensicherung – Hier muss die Leine um den Oberkörper mit einem Palsteg fixiert werden. Es ist in jedem Fall sicherzustellen, dass der Taucher in keinem Fall herausrutschen kann! Die übliche Rettungsleine mit Gurt ist nicht geeignet, da der (bewusstlose) Taucher aus dem Gurt rutschen kann.

### Suchen von Personen

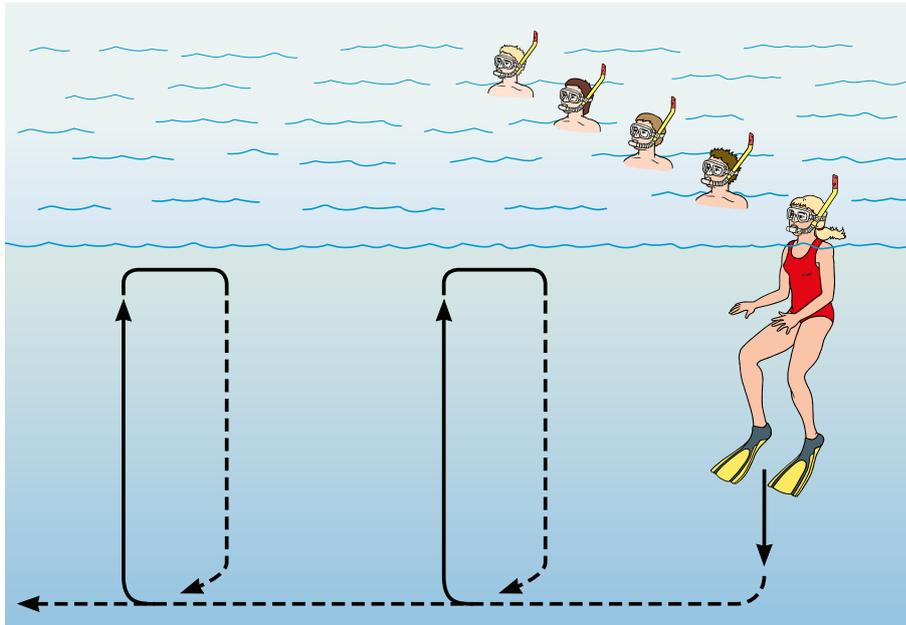
Bei der Suche von vermissten Personen in Gewässern muss zielgerichtet vorgegangen und der zu durchsuchende Bereich mit einem vorgegebenen Suchmuster durchkämmt werden. Dies ist insbesondere notwendig, wenn z. B. bei einem Ertrinkungsvorgang die Stelle, an der die Person untergegangen ist, nicht bekannt ist.

Bei einer Suche von Land aus empfehlen sich halbkreisförmige Suchfächer, die alleine oder in Gruppen durchgeführt werden können. Folgende Abbildung veranschaulicht diese Suchtechnik:



**Abbildung 5-8:** Halbkreisförmiges Suchen mit Leine – Scheibenwischer – der Schorcheltaucher ist angeleint und taucht den Suchbereich halbkreisförmig ab.

Das Kettentauchen als wichtigste Suchtechnik für eine Gruppe von Schnorcheltauchern. Diese kann sowohl im Flachwasserbereich, als auch in moderaten Tiefen bis zu 2 - 4 m durchgeführt werden. Die Suchrichtung erfolgt i.d.R. streifenförmig überlappend parallel zum Ufer. Die Abstände zwischen den Tauchern ist der Sichtweite anzupassen. Unter Umständen ist Körperkontakt notwendig.



Beim Kettentauchen kommt es sehr auf die **gegenseitige Kommunikation** der einzelnen Taucher untereinander an, um gezielt und schnell ein Gebiet abzusuchen!

**Abbildung 5-9:** Kettentauchen – streifenförmig überlappend parallel zum Ufer.

**Sicherheitshinweis:**

**Bei Sucheinsätzen unter Wasser ist der Schnorcheltaucher über eine Leine zu sichern.**

Es ist in jedem Fall sicherzustellen, dass der Taucher in keinem Fall herausrutschen kann! Hierbei hat es sich bewährt die Leine um den Oberkörper mit einem Palsteg zu fixieren. Die übliche Rettungsleine mit Gurt ist nicht geeignet, da der (bewusstlose) Taucher aus dem Gurt rutschen kann.

**Sicherheitshinweis:**

**Da beim Kettentauchen eine Leinensicherung nur schwer erfolgen kann, sind aus Sicherheitsgründen 2er Teams zu bilden, die so dicht zusammen tauchen, dass der Sichtkontakt nicht verloren geht oder immer nur einer der beiden Schnorcheltaucher unter Wasser ist.**

## 6. Übungsformen für Schnorcheltaucher

Die Ausbildung zum Schnorcheltaucher erhöht die **Qualifikation** und den **Einsatzwert** des Rettungsschwimmers im Wasserrettungsdienst, insbesondere bei Suchaufgaben. Aus diesem Grunde sollten in der Ausbildung diese wichtigen Aspekte berücksichtigt werden und entsprechende Übungen als leistungssteigernde und motivierende Elemente einfließen.

Nachdem bisher im Wesentlichen Grundfertigkeiten vorgestellt wurden, soll auf diesen im Folgenden aufgebaut werden.

Auch im Schnorcheltauchen besteht die Notwendigkeit, taucherische Fähig- und Fertigkeiten zu festigen. Diese Festigung führt zu weiterer Tauchsicherheit und sollte Ziel aller Übungsformen (z. B. des Ausblasens der Tauchmaske) sein.

Im Folgenden werden Übungen zur Verbesserung der Geschicklichkeit und Ausdauer vorgestellt, die je nach Zielstellung für die Kursstunden zusammengestellt werden können. Der hohe Motivationsgehalt dieser Übungen ist bei ihrer Auswahl bewusst berücksichtigt worden. Die Teilnehmer entwickeln durch diese Übungen ihre Ausdauer und Geschicklichkeit, meist ohne dies bewusst zu registrieren oder dies als monoton zu empfinden.

### Abtauchen – Richtungsänderung unter Wasser

Abtauchen und Richtungsänderungen unter Wasser benötigen eine gut geschulte Bewegungssteuerung. Arme, Kopf und Oberkörper sind dafür zielgerichtet einzusetzen. In speziell darauf ausgerichteten Übungen sollen die Tauchschüler ihre Bewegungserfahrungen erweitern. Der Kopfsteuerung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

#### Methodisch-didaktische Hinweise

Mit folgenden Übungen kann die Körpersteuerung unter Wasser verfeinert werden:

- Rolle vorwärts und rückwärts
- Drehung um die Körperlängsachse (Korkenzieher)
- In Rückenlage tauchen
- Kleine Ringe auslegen und diese zielgerichtet durch Richtungswechsel antauchen
- Durch Reifen/Tore tauchen
- Slalomtauchen um Hindernisse herum
- Parcourstauchen
- ....

## Streckentauchen

Streckentauchübungen sind gut geeignet, um die Kondition der Tauchschüler zu trainieren. Insbesondere muss hierbei auf einen ruhigen Flossenschlag und eine gestreckte Körperhaltung mit Armen in Vorhalte geachtet werden.

Hektische Flossenschläge, unnötige Armbewegungen und zu hohe Geschwindigkeit unter Wasser erhöhen nur unnötig den Sauerstoffverbrauch und führen nicht zu einer Tauchstreckenverlängerung. Erfahrene Taucher bewegen sich durch einen effektiven Flosseneinsatz „langsam“ und erzielen so beachtliche Tauchstrecken.

### Methodisch-didaktische Hinweis

Mit folgenden Übungen kann das Streckentauchen trainiert werden:

- Die Arme werden nach vorn in Schwimmrichtung gestreckt, der Vortrieb erfolgt ausschließlich durch einen ruhigen, gleichmäßigen Flossenschlag.
- Das Streckentauchen soll in verschiedenen Lagen (Bauch-, Rücken- und Seitlage) geübt werden.
- Beim Tauchen in Rückenlage ist der Kopf weit in den Nacken zu legen, um in Schwimmrichtung sehen zu können. Das Erreichen der gewünschten Tauchtiefe erfolgt durch die Kopfsteuerung und durch die Flächenwirkung der Handhaltung (Höhen- oder Tiefenruder) bei gestreckten Armen.
- Man beginnt mit Strecken von 10-15 m und steigert bis auf 25 m.

### Sicherheitshinweis

- **Der jeweils übende Taucher muss nicht nur während der gesamten Tauchstrecke beobachtet werden (Schwimmbad-Blackout), sondern auch noch während der ersten Zeit nach dem Auftauchen bzw. bis er das Wasser verlassen hat (Flachwasser-Bewusstlosigkeit). Es kommt zuweilen vor, dass eine Bewusstlosigkeit auch nach dem ersten Luftholen auftritt!**

## Ausblasen der Tauchmaske

Das Ausblasen der Tauchmaske ist eine wesentliche Grundfertigkeit des Schnorcheltauchens und wurde bereits erläutert. Gelingt das Ausblasen der Tauchmaske im Flachwasser, so können folgende Übungen die Fertigkeiten der Tauchschüler weiter verbessern.

### Methodisch-didaktische Hinweis

- Ausblasen der Tauchmaske im Tiefwasser üben lassen.
- Günstig ist es, je zwei Teilnehmer im Wechsel üben zu lassen, da immer einer den anderen bei der Ausführung beobachten und nach dem Auftauchen korrigieren kann.

Beim Strecktauchen ist auf ruhige gleichmäßige Schwimmbewegungen zu achten.

Wichtig ist nicht die Geschwindigkeit, mit der eine Strecke durchtaucht wird, sondern die erzielte Weite! Um Sauerstoff zu sparen, bewegen sich Taucher „langsam“!

- Tauchmaske ins Wasser werfen (ca. 3 m Tiefe), Antauchen der Maske und Ausblasen.
- Kombinierte Übung (schwierig!): Tauchmaske, Schnorchel und Flossen ins Wasser werfen (ca. 3 m Tiefe), Antauchen der Ausrüstung, Ausblasen der Tauchmaske, Schnorchel in den Mund nehmen, Auftauchen und Schnorchel ausblasen.

**Sicherheitshinweis:**

- Partnerübungen mit ständiger Beobachtung des Partners erhöhen die Sicherheit und erhöhen die Übungsintensität.

## Der Orientierungsübungen

Die Orientierung unter Wasser ist durch gezielte Übungen weiter zu entwickeln. Im Gegensatz zu unserer gewohnten Fortbewegung auf zwei Beinen an Land können wir uns unter Wasser in allen drei Dimensionen des Raumes bewegen. Die Ausnutzung aller drei Bewegungsrichtungen muss vom Schnorcheltaucher sicher beherrscht werden.

Orientierungsübungen unterstützen zielgerichtete Richtungsänderungen unter Wasser. Sie verbessern die körperlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie die Sicherheit beim Schnorcheltauchen.

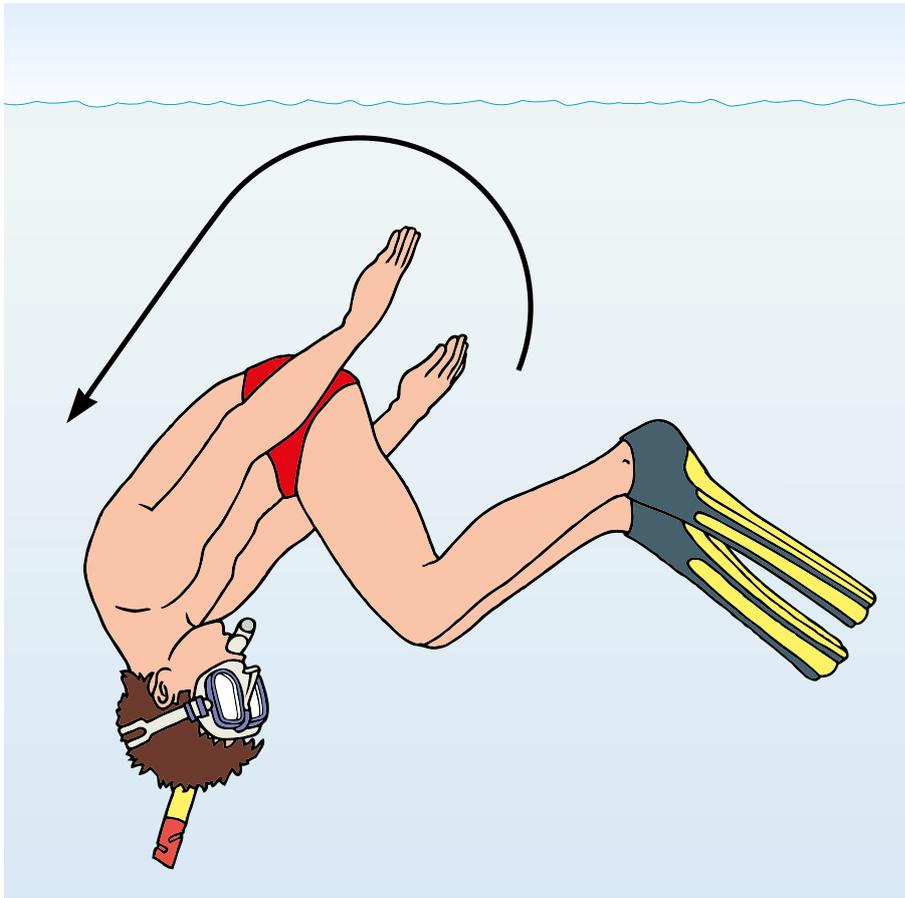
Mit den nachfolgend beschriebenen Orientierungsübungen lassen sich die dafür notwendigen Fertigkeiten zielgerichtet ausbilden und verbessern.

### Unterwasserrolle

Die Unterwasserrolle ist Grundlage für schnelle Richtungsänderungen unter Wasser und wird mit kompletter Grundausrüstung durchgeführt.

**Methodisch-didaktische Hinweise**

- Rolle vorwärts und rückwärts durchführen lassen.
- Rollen werden durch Gegenziehen der Arme und das Senken des Kopfes auf die Brust unterstützt.



**Abbildung 6-1:** Die Unterwasserrolle dient der schnellen Richtungsänderung unter Wasser und wird durch einen Doppelarmzug, dem Anziehen des Kinns in Richtung Brust, gleichzeitiger Körperbeugung in der Hüfte und Anhocken der Beine durchgeführt.

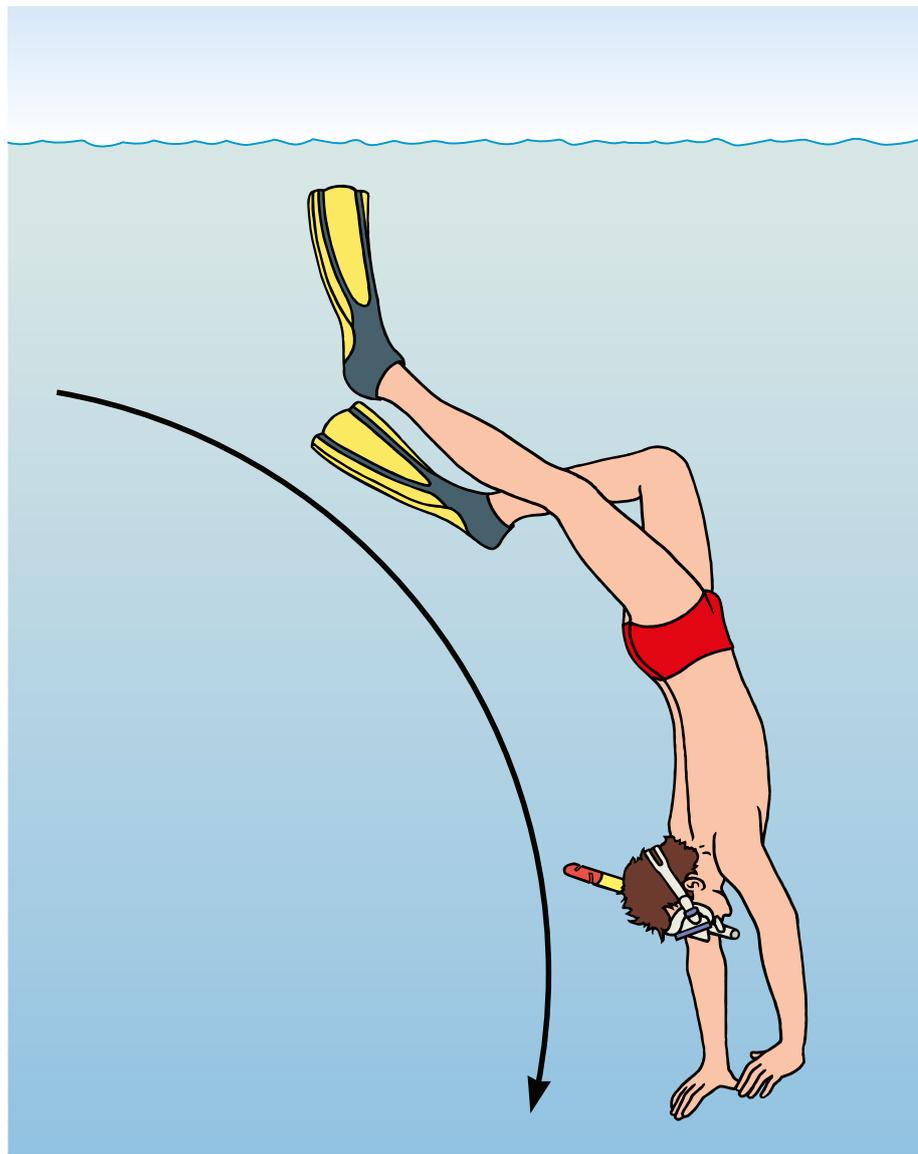
### Abtauchen aus der Rückenlage

Das Abtauchen aus der Rückenlage stellt besondere Anforderungen an Orientierungsfähigkeit unter Wasser und Beherrschung der Schnorchelatmung dar.

#### Methodisch-didaktische Hinweise

- Beim Abtauchen rückwärts wird der Kopf zur Einleitung des Abtauchvorgangs in den Nacken genommen.
- Abtauchen aus der Ruhelage (gestreckt in Rückenlage) und aus der Rückenschwimmbewegung üben lassen. Zuerst ohne Schnorchel!

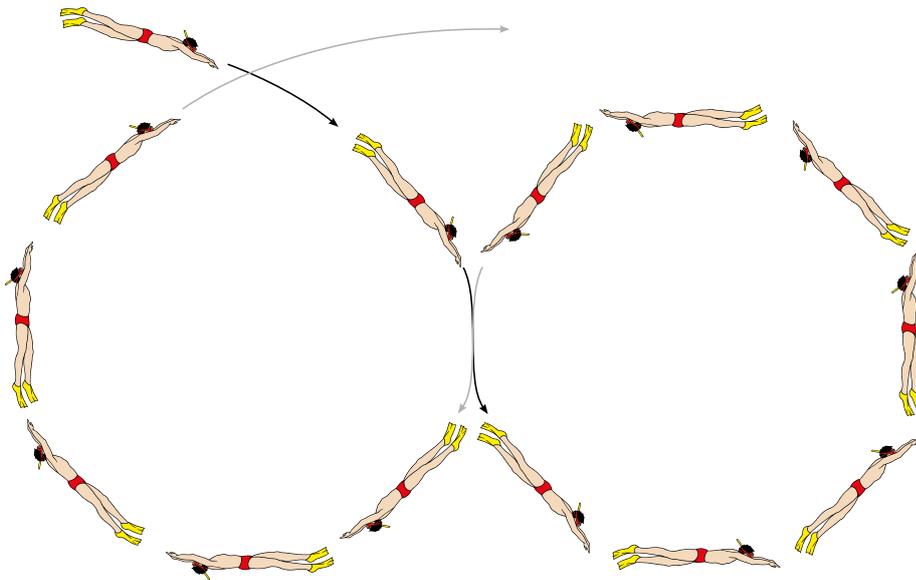
Das Schwimmen der „Acht“ sollte zum Zeitpunkt der praktischen Prüfung beherrscht werden, auch wenn die „Acht“ keine Prüfungsdisziplin ist.



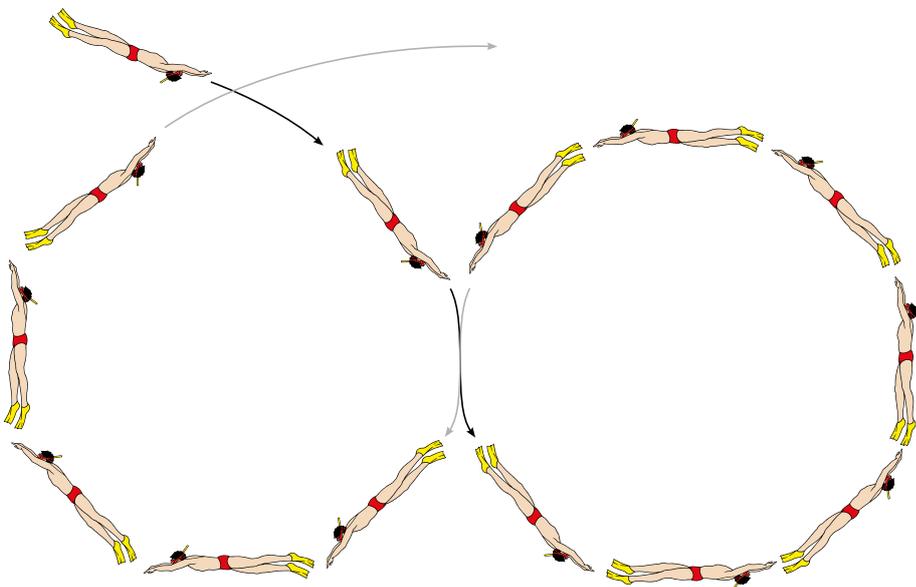
**Abbildung 6-2:** Abtauchen aus der Rückenlage zur Verbesserung der allgemeinen Koordinations- und Orientierungsfähigkeit.

### Tauchen der Figur „Acht“

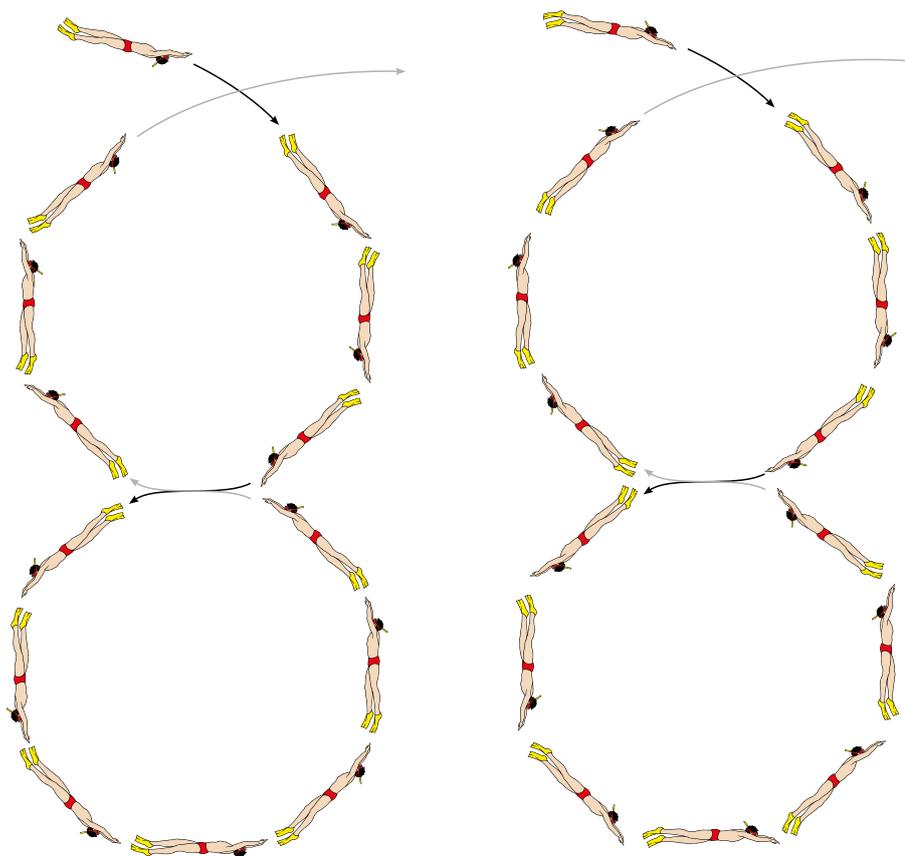
Die „Acht“ stellt hohe Anforderungen an die Orientierungsfähigkeit des Tauchers unter Wasser. Als komplexe Übung ist sie für fortgeschrittene Tauchschüler zu empfehlen. Diese Übung kann unter Wasser auch durch Reifen / Tore getaucht werden.



**Abbildung 6-3:** Liegende Acht – Abtauchen in Bauchlage



**Abbildung 6-4:** Liegende Acht – Abtauchen in Rückenlage



**Abbildung 6-5:** Stehende Acht – Rücken- oder Brustlage beginnend – nur bei ausreichender Wassertiefe (über 4 m) möglich!

**Horizontales Tauchen mit Rotation um die Längsachse (Korkenzieher)**

**Methodisch-didaktische Hinweise**

- Abtauchen auf 2 bis 3 m Tiefe wie beim Streckentauchen.
- Während des Streckentauchens sich um die eigene Längsachse drehen.
- Die Hände werden in Tauchrichtung nach vorne gestreckt, Kopf ist überstreckt, Blickrichtung zur gegenüberliegenden Stirnseite des Beckens.
- Steuerung der Tauchtiefe erfolgt über Kopf- und Armhaltung.
- Die eingeschlagene Richtung und Tauchtiefe sind beizubehalten.  
Zur Orientierung dienen der schwarze Strich auf dem Beckenboden und die gegenüberliegende Stirnseite.

## 7. Hinweise zur Kursgestaltung

Folgende Hinweise zur Ausbildung und Prüfung für das DSTA sollen bei der Planung und Durchführung einer Schnorcheltauchausbildung unterstützen.

Im Anhang finden sich Empfehlungen für einen Rahmenplan zur Ausbildung.

### Ausbildungs- und Prüfberechtigung

Für die Durchführung eines Schnorcheltauchkurses gemäß der Prüfungsordnung Nr. 161 ist der Ausbildungsträger zuständig. Als Ausbildungsträger können alle Gliederungsebenen fungieren. Hierbei ist zu beachten, dass für die Ausbildung und Prüfung zum Deutschen Schnorcheltauchabzeichen innerhalb der Deutschen Lebens-Rettungs-Gesellschaft nur Personen mit Qualifikationen gemäß der gültigen Deutschen Prüfungsordnung Schwimmen und Rettungsschwimmen im Auftrag und Bereich ihrer Gliederung berechtigt sind.

### Ausbildungsdauer

Die Prüfungsordnung Schwimmen und Rettungsschwimmen der DLRG lässt eine Ausbildungsdauer offen. Die Leitung Ausbildung der DLRG empfiehlt jedoch eine Organisation der Schnorcheltauchausbildung in Kursform (mit mindestens 4 bis maximal 12 Teilnehmerinnen und Teilnehmern) über 32 Lerneinheiten à 45 min.

- 10 Lerneinheiten à 45 Min. für die Theorie (incl. Theorieprüfung)
- 22 Lerneinheiten à 45 Min. für die Praxis (incl. Praxisprüfung)

Die tatsächlich benötigte Kursdauer kann davon abweichen und wird von den Vorkenntnissen sowie dem Lerntempo der Kursteilnehmerinnen und Kursteilnehmer bestimmt.

### Gruppengröße für den Kurs

Aus Sicherheitsgründen soll die Gruppengröße bei einem Kurs für das Deutsche Schnorcheltauchabzeichen die Zahl von zwölf Teilnehmern nicht überschreiten. Die minimale Kursgröße von vier Teilnehmern ergibt sich aus der oft paarweise zu gestaltenden Ausbildung. Den Ausbilder sollten darüber hinaus in ausreichendem Maße mit dem Tauchen vertraute Helfer zur Verfügung stehen. Er hat dafür zu sorgen, dass die Teilnehmer vom Beckenrand und auch unter Wasser jederzeit beobachtet werden können. Die Gefahr gesundheitlicher Gefährdungen, z. B. durch einen Schwimmbad-Blackout, ist gerade bei Jugendlichen durch Hyperventilation, altersbedingte Kreislaufstörungen, fehlender konditioneller Fähigkeiten und aufgrund eines oft falsch verstandenen Ehrgeizes nicht zu unterschätzen.

## Erster Ausbildungsabend

Der Ausbilder/Kursleiter sollte den ersten Übungsabend für folgende Aufgaben nutzen:

1. Überprüfung der Voraussetzungen für den Erwerb des DSTA lt. Deutscher Prüfungsordnung und Dokumentation dieser
2. Erläuterung Ziel und Kursablauf
3. Erklärung der Grundausrüstung sowie Beratung zum Kauf
4. Kennen lernen einiger terminologischer Grundbegriffe
5. Feststellung des Leistungsstandes der Teilnehmer

## 8. Anhänge

### Spiele für Schnorcheltaucher

#### Beispiele einer Spielesammlung

In diesem Abschnitt finden sich in loser Folge Spielvorschläge für die Schnorcheltauchausbildung. Diese können je nach Fertigungsstand der Teilnehmer in den eigenen Unterricht eingebaut werden.

Diese Sammlung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Der Autor freut sich über weitere Vorschläge für Spiele.

**Name des Spiels:** Ankleidestaffel

**Anwendungsbereich:** Training

**Zielsetzung:** Konditionssteigerung, Verbesserung des Umgangs mit Grundausrüstung

**Teilnehmeranzahl:** max. 12 Teilnehmer

**Qualifikation:** weitgehendes Beherrschen des Umgangs mit der Grundausrüstung

**Ort:** Hallenbad, mind. 1,80 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Spielphase max. 10 Min.

**Hilfsmittel:** pro Teilnehmer eine Grundausrüstung

**Helfer:** keine

**Beschreibung:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet. Die Ausrüstung muss im Wasser angelegt werden. Auf Kommando startet jeweils der erste Teilnehmer der Mannschaften mit der kompletten Grundausrüstung in der Hand. Am Ziel (Länge der Schwimmstrecke nach Trainingsstand) schlägt er an und der nächste Teilnehmer darf mit der Grundausrüstung in der Hand starten. Sieger ist die Mannschaft, bei der als erste alle Teilnehmer im Ziel sind.

**Varianten:**

Die Ausrüstung liegt auf dem Beckengrund und muss unter Wasser angelegt werden. Danach den Rest der Strecke schwimmen. Wie vorher, jedoch den Rest der Strecke tauchen. Taucht der Teilnehmer vorzeitig auf, muss er an gleicher Stelle wieder abtauchen.

**Hinweise:**

Auf korrektes Ausblasen der Tauchmaske achten.

**Name des Spiels:** Unterwasser-Rakete starten (Flachwasser)

**Anwendungsbereich:** Wassergewöhnung und Spiel

**Zielsetzung:** Auftrieb anschaulich und spielerisch verständlich machen

**Teilnehmeranzahl:** max. 12 Teilnehmer

**Qualifikation:** einfache Schwimmkenntnisse

**Ort:** Hallenbad, max. 1 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Vorbereitungen 5 min, Spielphase 10 min

**Hilfsmittel:** zwei 10 L Eimer, Bleigewichte 0,5 + 1,0 kg, zwei Bleigurte, ca. 300 Tischtennisbälle

**Helfer:** keine Beschreibung

**Aufbau:**

Die Gewichte werden auf die Gurte gezogen, dann werden sie an den Tragbügeln der Eimer befestigt. In die Eimer wird eine gleich große Anzahl Tischtennisbälle gelegt. Die Eimer werden mit der Öffnung nach unten abgesenkt, sodass die Öffnung ca. 50 cm über dem Beckengrund schwebt.

**Spiel:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet. Die restlichen Tischtennisbälle werden im Becken verteilt. Auf Kommando starten alle Teilnehmer. Jede Mannschaft versucht so viele Tischtennisbälle wie möglich zu sammeln und durch Abtauchen die Bälle in den Eimer zu bringen. Sieger ist die Mannschaft, deren Eimer zuerst die Wasseroberfläche durchstößt.

**Varianten:**

Siehe gleiches Spiel für Tiefwasser.

**Hinweise:**

Durch unterschiedliche Gewichte kann die Anzahl der einzubringenden Bälle variiert werden.

**Name des Spiels:** Fußsprungstaffel

**Anwendungsbereich:** Training

**Zielsetzung:** Konditionssteigerung und Verbesserung des Umgangs mit der Grundausrüstung

**Teilnehmeranzahl:** max. 12 Teilnehmer

**Qualifikation:** weitgehendes Beherrschen des Umgangs mit der Grundausrüstung

**Ort:** Hallenbad, mind. 1,8 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Spielphase 10 min

**Hilfsmittel:** Grundausrüstung für jeden Teilnehmer

**Helfer:** keine

**Beschreibung:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet. Auf Kommando startet jeweils der erste Teilnehmer der Mannschaft mit Fußsprung. Die Grundausrüstung ist komplett angelegt. Die Strecke muss tauchend zurückgelegt werden. Taucht der Teilnehmer auf, muss er an derselben Stelle wieder abtauchen. Bei Anschlag am Ziel startet

der Folgeschwimmer der Mannschaft. Sieger ist die Mannschaft, bei der zuerst alle Teilnehmer im Ziel sind.

**Varianten:**

Verschiedene Sprünge (Abfaller und Fußsprung) und unterschiedliche Strecken, die tauchend mit unterschiedlichen Bewegungsaufgaben zurückgelegt werden müssen.

**Hinweise:**

In der Tauchmaske darf sich am Ziel kein Wasser befinden.

**Name des Spiels:** Tauchringspiel im Flachwasser

**Anwendungsbereich:** Training und Spiel

**Zielsetzung:** Orientieren unter Wasser mit Tauchmaske

**Teilnehmeranzahl:** 10 Teilnehmer

**Qualifikation:** auch für Nichtschwimmer geeignet

**Ort:** Hallenbad, max. 1 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Spielphase ca. 2 x 5 min

**Hilfsmittel:** 5 Paar Socken, 10 Tauchmasken, 10 Schnorchel, 1 Tauchring je nach Alter bis 5 kg

**Helfer:** keine

**Beschreibung:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet. Eine Mannschaft trägt Socken. Der Tauchring wird in der Spielfeldmitte abgelegt. Die zwei Mannschaften stehen sich an den Beckenrändern gegenüber. Auf Kommando wird das Spiel gestartet, der Ring darf nur unter Wasser und mit den Händen weitergegeben werden. Ein Punkt gilt als erzielt, wenn der Ring mit beiden Händen auf den gegnerischen Beckenrand gelegt werden konnte.

**Varianten:**

Das gleiche Spiel ohne Tauchmaske durchführen.

**Hinweise:**

Schnelles Laufen in zu flachem Wasser vermeiden.

**Name des Spiels:** Tauchringspiel im Tiefwasser

**Anwendungsbereich:** Training und Spiel

**Zielsetzung:** Orientieren unter Wasser mit Tauchmaske

**Teilnehmeranzahl:** 10 Teilnehmer

**Qualifikation:** weitgehendes Beherrschen des Umgangs mit der Grundausrüstung

**Ort:** Hallenbad, mind. 1,8 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Spielphase ca. 2 x 5 min

**Hilfsmittel:** 5 Paar Socken, 10 Tauchmasken, 10 Schnorchel, 1 Tauchring  
je nach Alter bis 5 kg

**Helfer:** keine

**Beschreibung:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet. Eine Mannschaft trägt Socken. Der Tauchring wird in der Spielfeldmitte abgelegt. Die zwei Mannschaften stehen sich an den Beckenrändern gegenüber. Auf Kommando wird das Spiel gestartet, der Ring darf nur unter Wasser und mit den Händen weitergegeben werden. Ein Punkt gilt als erzielt, wenn der Ring mit beiden Händen auf den gegnerischen Beckenrand gelegt werden konnte.

**Varianten:**

Das gleiche Spiel ohne Tauchmaske durchführen.

**Hinweise:**

Auf mögliche Hyperventilation der Teilnehmer achten.

**Name des Spiels:** Schatzsuche im Flachwasser

**Anwendungsbereich:** Spiel und Wassergewöhnung

**Zielsetzung:** Orientieren unter Wasser mit Tauchmaske

**Teilnehmeranzahl:** 12 Teilnehmer

**Qualifikation:** auch für Nichtschwimmer geeignet

**Ort:** Hallenbad, max. 1 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Spielphase ca. 10 min

**Hilfsmittel:** 60 kleine, verschiedenfarbig markierte Tauchringe,  
je Teilnehmer eine Tauchmaske, zwei 10 L Eimer

**Helfer:** keine

**Beschreibung:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet und die Tauchringe im Becken verteilt. Pro Mannschaft steht ein Eimer als „Schatztruhe“ auf den Beckenrand. Auf Kommando starten alle Teilnehmer gleichzeitig. Jeder Mitspieler darf immer nur einen Tauchring sammeln und abliefern. Danach darf er neu starten. Die Tauchringe haben abhängig von ihrer Farbe unterschiedliche Punktwerte, Sieger ist die Mannschaft mit den meisten Punkten in der „Schatztruhe“.

**Varianten:**

Die gleiche Aufgabenstellung ohne Tauchmaske vorgeben.

**Name des Spiels:** Schatzsuche im Tiefwasser

**Anwendungsbereich:** Training

**Zielsetzung:** Steigerung der Apnoe-Ausdauer

**Teilnehmeranzahl:** 12 Teilnehmer

**Qualifikation:** weitgehendes Beherrschen des Umgangs mit der Grundausrüstung

**Ort:** Hallenbad, mind. 2 m Wassertiefe

**Zeitbedarf:** Spielphase ca. 10 min

**Hilfsmittel:** kleine Tauchringe, 2,5 kg Tauchsteine, 5 kg Tauchringe, zwei 10 L Eimer, Grundausrüstung für jeden Teilnehmer

**Helfer:** keine

**Beschreibung:**

Es werden zwei Mannschaften gebildet und die Tauchringe im Becken verteilt. Pro Mannschaft einen Eimer als „Schatztruhe“ auf den Beckenrand stellen. Auf Kommando starten alle Teilnehmer gleichzeitig. Jeder Mitspieler darf immer nur ein Objekt antauchen, bergen und in Schwimmlage zur „Schatztruhe“ bringen. Ein erneuter Start erfolgt grundsätzlich vom Zielbeckenrand abtauchend. Ein Auftauchen vor dem Objekt ist nicht zulässig. Die Objekte haben unterschiedliche Punktwerte. Sieger ist die Mannschaft mit den meisten Punkten in der „Schatztruhe“.

**Varianten:**

Hin- und Rückweg müssen tauchend zurückgelegt werden.

**Hinweise:**

Teilnehmer bei langen Tauchstrecken besonders beobachten.  
Hyperventilation verhindern.

### Weitere Wettkampfspiele

**Unterwasserball:**

Bis zu fünf Teilnehmer bilden eine Mannschaft. Als Tore dienen bleibeschwerte Eimer. Als Spielball kann ein salzwassergefüllter Plastikball (Gymnastikball) verwendet werden. Der Ball darf nicht zu klein sein, da er zu leicht festgehalten wird, was erfahrungsgemäß leicht zu Raufereien führt. Regeln bezüglich erlaubter und unerlaubter Behinderungen des Gegners sowie des Torerfolges muss der Ausbilder dem Leistungsstand der Teilnehmer entsprechend anpassen.

**Wettschwimmen:**

Zweiergruppen schwimmen gegeneinander: Beide schwimmen während 5 min (...10 min) so viele Bahnen wie möglich. Jeder zählt seine Bahnen. Welche Gruppe hat am Ende mehr Bahnen?

## Steigerung der Kondition und Geschicklichkeit

Folgende Übungen können gezielt zur Steigerung der Kondition und Geschicklichkeit in die Tauchausbildung eingebaut werden:

### **Tauchzeit verlängern:**

Heraufholen von mehreren kleinen Tauchringen, die auf dem Beckenboden verteilt sind, um die Tauchzeit zu verlängern (Tiefe ca. 3 m).

### **Abtrieb vergrößern:**

Wassergefüllten Eimer (5 L) oder schweren Tauchring über der Wasseroberfläche halten und damit 10-20 m schwimmen.

### **Wasserwiderstand vergrößern:**

Mit je einem Eimer in jeder Hand Streckentauchen. Beim Streckentauchen unter erschwerten Bedingungen wirken die Wassereimer wie Bremsfallschirme.

### **Gewicht vergrößern:**

Auftauchen vom Beckenboden mit Gewichten (Blei, Tauchringe etc.) von 2-5 kg nach Konstitution der Übenden.

### **Ringspiel:**

Heraufholen von Ringen als Wettkampf: Ringe werden im Becken verteilt, und zwar immer ein Ring weniger, als Übende teilnehmen. Die Übenden starten auf Kommando vom Beckenrand und versuchen einen Ring zu ertauchen. Wer ohne Ring auftaucht, scheidet aus.

### **Schiebekampf:**

Je zwei Übende versuchen einander an den Schultern zurückzuschieben. Beim Schiebekampf unter Wasser hat gewonnen, wer den Partner um eine bestimmte Distanz zurückgeschoben hat.

### **Stehender Beinschlag:**

Übende fassen sich im Kreis an den Händen und versuchen sich durch kräftigen Kraulbeinschlag so weit wie möglich aus dem Wasser herauszuheben. Beim Beinschlag mit Flossen kommt es auf einen kräftigen Impuls und auf die Kraftausdauer an.

### **Unterwasser-Scrabble:**

Mehrere Plastikbuchstaben werden versenkt. Die Übenden setzen daraus Worte zusammen. Steigerungen sind z. B. durch 2 bis 3 konkurrierende Teams möglich.

### **Unterwasserbasis:**

Es werden Vierergruppen gebildet. Jede Gruppe erhält einen 5 kg schweren Tauchring und einen Tennisball. Der Tauchring wird in ca. 3 m tiefem Wasser versenkt. Jeweils ein Gruppenmitglied muss den Tennisball im Tauchring am Becken-

boden festhalten und lässt sich auf Handzeichen (Unterwasserzeichen üben!) durch einen Partner ablösen. Der Tennisball muss während der Ablösung unter Wasser im Tauchring verbleiben und dort übergeben werden. Welche Gruppe schafft es, den Tennisball am längsten unter Wasser zu halten?

**Tragestaffel:**

Je zwei Teilnehmer tragen abwechselnd unter Wasser einen bleibeschwerten Eimer über eine vorgegebene Distanz. Wer ist am schnellsten?

**Staffeltauchen:**

Es werden Staffeln zu 4-5 Teilnehmern gebildet. Die Bahnlänge sollte in etwa 20-25 m betragen. Der nächste Teilnehmer darf starten, wenn der entgegenkommende ca. 5 m von dem Ablösenden am Beckenrand entfernt ist. Der Staffelstab (Schnorchel) soll unter Wasser in der Schwimmlage übergeben werden.

**Abschlagschwimmen:**

Zwei Teilnehmer starten gleichzeitig an gegenüberliegenden Enden einer Bahn. Einer versucht den anderen einzuholen und muss dazu eine Bahnlänge aufholen.

**Verfolgungsschwimmen:**

Viererguppen bilden, in der jeweils der letzte die drei vor ihm Schwimmenden im Sprinttempo überholt und dann in das langsamere Schwimmtempo der Gruppe zurückfällt.

**Minutensprints:**

Pro Minute soll eine Bahn (25 m) im Sprinttempo zurückgelegt werden, d.h. z. B. 5 min - 5 Sprints, 10 min - 10 Sprints. Die Zeit ist vorher zu begrenzen.

**Tauchmaskenwechsel 1:**

Unter Wasser wird die Tauchmaske mit einem Partner ausgetauscht und ausgeblasen. Geübte Teilnehmer bringen es auf 3-4 Wechsel ohne Auftauchen.

**Tauchmaskenwechsel 2:**

Die Teilnehmer schwimmen im „Gegenverkehr“. Bei jedem Aneinandervorbeischwimmen wird die Tauchmaske mit einem Partner ausgetauscht und ausgeblasen, ohne dabei den Kopf aus dem Wasser zu heben.

**Tauchmaske ausblasen:**

Die Tauchmaske wird beim Sprung vom Beckenrand in der Hand gehalten und nach dem Untertauchen aufgesetzt und ausgeblasen.

**Delphinbeinschlag:**

Nach einem Delphinbeinschlag zur Impulsgebung wird aus der Bauchlage abgetaucht. 2 bis 4 Teilnehmer üben synchron, wobei ein Teilnehmer das Kommando gibt.

**Kontakttauchen:**

Ab- und Auftauchen mit Kontakt von Brust oder Rücken zur Beckenwand.

**Ausrüstungsteile wechseln:**

Je zwei Teilnehmer wechseln unter Wasser Teile ihrer Ausrüstung. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Flossengrößen passen. Schnorchel sollten aus hygienischen Gründen nicht getauscht werden!

**Tauchringe sammeln:**

Die Übenden „gabeln“ Tauchringe in ca. 3 m Tiefe mit dem Schnorchel auf. Wer schafft es, die meisten Tauchringe aufzugabeln?

**Hindernistauchen:**

Eine Hindernisstrecke muss mit einem bleibeschwerten Eimer durchtaucht werden. Als Steigerung kann ein Zeitlimit gesetzt werden.

**Synchrones Wellentauchen:**

Es wird in Abständen von 5-6 m ab- und aufgetaucht. Dabei muss unmittelbar nach dem Auftauchen der Schnorchel ausgeblasen

**Waage:**

Je zwei Teilnehmer halten sich an den Händen und ziehen sich abwechselnd unter Wasser.

**Schilfschwimmen:**

In Rückenlage, dabei werden die Flossen in Schwimmrichtung ruhig an der Wasseroberfläche gehalten und nur durch Vortrieb der Arme geschwommen.

**Stilarten kombinieren:**

Kombination verschiedener Stilarten: z.B. Kraulbeinschlag und Delphinarmzug oder Delphinbeinschlag und Rückenkraularmzug.

**Unterwasserbob:**

2er-, 3er- oder 4er-Gruppen durchtauchen hintereinander das Schwimmbecken (20-25 m), während sich jeweils der Hintermann an den Flossen des Vordermanns festhält.

**Sicherheitshinweise:**

- **Unbedingt den tauchenden Partner beobachten!**
- **Bei einigen Übungen besteht akute Kollisionsgefahr!**
- **Hyperventilation ist zu unterlassen (Schwimmbad-Blackout)!**

## Steigerung der Tauchausdauer

Im Folgenden werden schwimmerische Übungen – vor allen Dingen Schwimmstaffeln – vorgestellt, die zur Steigerung der Ausdauerleistung geeignet sind:

### Wetttauchstaffel:

Folgendes Spiel mit zwei Mannschaften kombiniert verschiedene rettungsschwimmerische Elemente und dient zur Leistungssteigerung, nachdem die Tauchtechnik erlernt wurde:

Die Teilnehmer werden in zwei etwa gleichstarke Gruppen eingeteilt. Die Gruppen stellen sich jeweils zur Hälfte auf gegenüberliegenden Seiten eines 25 m-Beckens auf.

In der Mitte der Bahnlänge wird für jede Gruppe ein großer Eimer, an dem ein ca. 10 kg schweres Gewicht mit einer Schnur von ca. 60 cm Länge am Henkel befestigt ist, versenkt (Wassertiefe ca. 2 m). Der erste Teilnehmer einer Gruppe springt ins Wasser (Startsprungübung) und taucht zum Eimer. Er bläst von unten Luft in den Eimer (dieser beginnt sich zu heben). Danach schwimmt der Teilnehmer ans andere Beckenende. Nach dem Anschlag startet der zweite Teilnehmer dieser Gruppe vom anderen Beckenende in die andere Richtung mit der gleichen Aufgabe usw.

Irgendwann steigt der Eimer an die Oberfläche. Ein neutraler Helfer dreht nun den Eimer um, damit die Luft entweicht, und versenkt ihn wieder (der Helfer kann für beide Eimer zuständig sein). Dies geht nun in jeder Gruppe ständig hin und her.

Gewonnen hat die Gruppe, bei der nach 10 min der Eimer am häufigsten an der Oberfläche war!

### Minutenschwimmen:

6/8/10 min in gleichmäßigem Tempo schwimmen, Technik spielt keine Rolle, Belastung immer ein wenig steigern. (Pulsbelastung: maximal 180 minus Alter in Jahren)

### Treppenschwimmen:

100 m

75m 75m

50m 50m

25m 25m

Die Tauchschüler versuchen diese Treppe beginnend mit einer Länge von 25 m zu schwimmen, Schwimmart beliebig. Nach jeder Stufe (Strecke) eine kleine Pause einlegen. Dann die nächste Strecke ohne Pause schwimmen. Gegebenenfalls die Schwimmart wechseln!

**Wettschwimmen:**

Zweiergruppen schwimmen gegeneinander: Beide schwimmen während 5 min (...10 min) so viele Bahnen wie möglich. Jeder zählt seine Bahnen. Welche Gruppe hat am Ende mehr Bahnen?

**Intervallschwimmen:**

20 min ohne Halt schwimmen in 25 m-Intervallen: A startet und schwimmt 25 m, dann startet B und schwimmt 25 m, dann wieder A usw. Schwimmart und Tempo vorher festlegen

10 bis 15 min gemeinsam schwimmen. Nach 25/50/100 m bestimmt der Partner die Schwimmtechnik für die nächste Teilstrecke. Rollen immer wechseln.

**Trainingswürfel:**

Mit einem Würfel wird eine Zahl gewürfelt. Die gewürfelte Zahl muss von allen geschwommen werden. Eine gerade Zahl bedeutet Brust/ Kraul und eine ungerade Zahl bedeutet Rückenschwimmen. Oder eigene Regeln erfinden!

**Punkteschwimmen:**

Punkteschwimmen als Staffel/Gruppenwettbewerb 5 Punkte = 25 m Delfin

3 Punkte = 25 m Kraul und Rücken

2 Punkte = 25 m Brust

4 Punkte = 25 m Tauchen

Die Schwimmer schwimmen nacheinander jeweils 25 m und wählen vorher die Schwimmtechnik. Die Punkte werden laufend zusammengezählt. Welche Gruppe hat zuerst 50/100 Punkte zusammen?

**Rettungsschwimmspiele:**

Rückenschwimmen ohne Armtätigkeit, dabei Hochhalten der Hände oder eines Gegenstandes.

Transportieren (Ziehen oder Schieben)/Schleppen mit verschiedenen Griffen in Zweiertteams. Wenn A müde ist, dann schwimmt B. Welche Strecke kann ein Team so in einer vorgegebenen Zeit gemeinsam zurücklegen? Welches Team kommt dabei am weitesten?

**2-er Stafette:**

Transportschwimmen / Schleppen. Welches ist das schnellste Paar?  
Rollenwechsel.

Größere Teams kämpfen gegeneinander. Ein Mitglied der Gruppe sitzt auf einer Schaummatte, einem Autoschlauch o.Ä. und wird von seinen Kameraden geschoben. Nach jeder Bahn wird der Transportierte ausgewechselt, bis jeder der Gruppe einmal befördert wurde. Wer ist zuerst fertig?

## Übungen für Rettungseinsätze

In der Schnorcheltauchausbildung ist dem Ausbildungsabschnitt des „Rettens“ eines Verunfallten besondere Wichtigkeit einzuräumen. So heißt doch eine Devise „Tauche nie allein“. Diese ist auch für den Bereich des Schnorcheltauchens anzuwenden. Die Verantwortung für seinen Tauchpartner zu übernehmen und bei Notfällen schnell, ziel-sicher und richtig eingreifen zu können, kann nur durch eine fundierte praktische und theoretische Ausbildung (z. B. in der HLW) erreicht werden.

**Tauche nie allein!**

Nachfolgend werden einige Übungsbeispiele zur Vertiefung des Rettens erläutert:

### **Orientieren unter Wasser:**

In der Beckenmitte einen Tauchring versenken, abgeklebte Tauchmaske verwenden (Sichterschwernis) oder ohne Tauchmaske abtauchen, den Tauchring suchen, bergen und damit zur Ausgangsposition zurückschwimmen.

Die Übung mit mehreren Tauchringen wiederholen.

Die Übung mit Tauchpartner als Suchobjekt wiederholen. Die Übungen können wie oben variiert werden.

### **Suchen – Retten – Bergen – Versorgen:**

Simulierte Suchübungen nach Gegenständen von einem oder mehreren Schnorcheltauchern unter Anwendung von vorgegebenen Suchmethoden.

### **Kombinierte Übungen:**

- 50 m Flossenschwimmen in Bauchlage mit Armtätigkeit
- 15 m Antauchen
- Bergen eines Partners aus 3 - 5 m Wassertiefe
- 50 m Schleppen des Partners
- Anlandbringen und 3 min Vorführen der HLW

Variation der kombinierten Übung durch Streckenverkürzungen bzw. Streckenverlängerungen oder Ausführen der Übung mit Bekleidung eines Teilnehmers.

## Konditionstests

Um den aktuellen taucherischen Leistungsstand der Tauchschüler zu ermitteln, gibt es die Möglichkeit, standardisierte Konditionstests durchzuführen, die in regelmäßigen Abständen wiederholt werden können.

Die Leistungen der einzelnen Tauchschüler können dann über die Zeit miteinander verglichen und so der Leistungsfortschritt überwacht werden.

Ehe mit den nachfolgenden Konditionstests begonnen wird, sollten die Tauchschüler in der Lage sein, ihre Grundausrüstung komplett unter Wasser anzulegen.

### 5 min „Dauertauchen“:

Auf das Abtauchen des Übenden hin wird eine Uhr gestartet, die auch die vollen 5 min durchläuft. Holt der Taucher Luft, so wird diese Zeit herausgestoppt. Atempausen werden addiert.

So kann ein Ergebnis z. B. lauten: 4 min 3 s getaucht, 57 s für Atempausen verbraucht. Ziel sollte es sein, die Tauchzeit auf mindestens 4 min zu steigern.

### 100 m „Zeittauchen“:

Es sollen 100 m mit Atempausen getaucht werden. Dabei wird die Zeit gestoppt. Holt der Taucher Luft, so darf er in diesem Moment nicht weiterschwimmen. Es zählt die Gesamtzeit für die 100 m Strecke, die 2 min nicht überschreiten sollte.

### Methodisch-didaktische Hinweise

- Bei schlechter Kondition der Teilnehmer sollten die Zeitdauer für das Dauertauchen sowie die Strecke beim Zeittauchen zunächst reduziert werden, bis eine deutliche Leistungssteigerung erkennbar ist.

### Zusätzlicher Hinweis:

- Zwischen den beiden Tests ist den Kursteilnehmern eine Pause einzuräumen, die eine nahezu vollständige Erholung ermöglicht.

### Sicherheitshinweis:

- Bei diesen Konditionstests ist insbesondere auf die Vermeidung der Hyperventilation durch die Teilnehmer zu achten!

## Empfehlung für die Gestaltung der inhaltlichen Schwerpunkte eines Schnorcheltauchkurses

### Ablauf der Ausbildung

#### Allgemeiner Ablauf

Am Anfang eines Kurses muss der Ausbilder auf die strikte Einhaltung der Sicherheitshinweise hinwirken. Er muss er unbedingt darauf hinweisen, dass sich aus Sicherheitsgründen jeder Teilnehmer besonders diszipliniert zu verhalten hat und seine Sicherheitshinweise stets einzuhalten sind.

**Die Sicherheit und Unversehrtheit der Kursteilnehmer hat oberste Priorität!**

Der genaue Ausbildungsort für die theoretische und die praktische Ausbildung ist anzugeben. Für die Theorie sollte, wenn es möglich ist, ein ruhiger Nebenraum (Seminarraum o.ä.) benutzt werden. Sie kann in einem Seminarraum vor oder nach den praktischen Lerneinheiten im Schwimmbad oder separat durchgeführt werden.

Der Kursleiter erläutert kurz den allgemeinen Ablauf der Übungsabende und gibt anhand des beiliegenden Kursplanes den groben Ablauf der Termine, Ziele und Inhalte bis hin zur Prüfung bekannt. Nach Möglichkeit sollte dieser Plan jedem Teilnehmer zur Orientierung ausgehändigt werden.

#### Praktische Ausbildung

Der praktische Teil der Ausbildung im Hallenbad sollte so aufgeteilt werden, dass das erste Einschwimmen immer ohne Flossen erfolgt. Ein zweiter Teil des Einschwimmens kann dann einen Part Flossenschwimmen enthalten. Dieser sollte jedoch in jedem Fall mit geringer Intensität erfolgen. Zu Beginn der Ausbildung im Hauptteil kann dann das Flossenschwimmen mit höherer bis maximaler Intensität durchgeführt werden. Sollte eine maximale Intensität erreicht werden, ist durch eine anschließende Übungsgestaltung mit geringerer Intensität eine Erholung zu gewährleisten. Von Kursstunde zu Kursstunde können Umfang und Intensität des Flossenschwimmens im Hauptteil gesteigert werden. Anschließend werden in einem zweiten Hauptteil jeweils neue Elemente eingeführt und Bewegungsabläufe ausgebildet, die in den darauf folgenden Stunden wiederholt werden.

Während des gesamten Kurses sind Lernerfolgskontrollen durchzuführen, um einen laufenden Überblick über den individuellen Lernstand der Kursteilnehmer zu erhalten und daraufhin individuelle Übungsschwerpunkte in den künftigen Kursstunden festlegen zu können. Die Prüfung der praktischen Elemente des Schnorcheltauchens sollte am Kursende, jedoch nicht an den beiden letzten Kursstunden erfolgen, um noch die Möglichkeit für eventuelle Nachprüfungen im Kurs zu haben.

### Theoretische Ausbildung

Der theoretische Unterricht umfasst folgende Hauptpunkte:

1. Physikalische Grundlagen des Schnorcheltauchens
2. Physiologische Grundlagen des Schnorcheltauchens
3. Bestandteile der Grundausrüstung und deren Pflege
4. Herz-Lungen-Wiederbelebung
5. Rettungseinsatz als Schnorcheltaucher

Die theoretische Prüfung kann direkt im Anschluss an die theoretische Ausbildung oder auch erst am Ende des Kurses in Kombination mit der praktischen Prüfung erfolgen.

### Stundenaufteilung

Der folgende Kursplan ist als **Empfehlung** für die Durchführung eines Kurses zu verstehen und soll als Grobgliederung eines Ausbildungsrahmens dienen. Eine Umstellung oder Erweiterungen nach eigenen Bedürfnissen ist ohne weiteres möglich. Ebenso können auch mehrere Lerneinheiten zusammengefasst werden. Die Reihenfolge der einzelnen Lehrinhalte ist stets nach dem Prinzip vom Leichten zum Schweren zu gestalten, um eine methodisch richtige und sinnvolle Ausbildung zu gewährleisten.

In den folgenden Lehrabschnitten, die einzelnen Lerneinheiten zugeordnet sind, erwirbt der Teilnehmer im Wechsel theoretisches Wissen und praktische Fertigkeiten (nicht an jedem Abend findet eine Theoriestunde statt!). In der Darstellung der einzelnen Stundenthemen ist jeweils nur das neue Thema angesprochen worden. Der Lernerfolg der vorangegangenen Stunde soll vorab immer überprüft und die entsprechenden Fertigkeiten und Kenntnisse sollen **wiederholt** werden. Laufende Lernerfolgskontrollen gewährleisten einen Überblick über den Lernerfolg.

Im ersten Kursabschnitt wird in jeder Stunde ein für den Teilnehmer neues Thema behandelt. Im zweiten Kursabschnitt wird angenommen, dass die Teilnehmer die Grundfertigkeiten im Tauchen mit der Grundausrüstung beherrschen. Es folgt dann eine Reihe von Stunden, in denen Übungsformen und Trainingsformen das zuvor Erlernte festigen sollen. Hier ist großer Wert auf ein abwechslungsreiches und im Schwierigkeitsgrad ansteigendes Übungsangebot gelegt worden.

Die Beschreibung der Übungen ist bewusst kurz gehalten und beschränkt sich auf eine knappe Darstellung derjenigen Inhalte oder Übungsformen, mit denen das Ausbildungsziel erreicht werden kann. So bleibt genügend Spielraum, einzelne Übungen je nach individuellem Lernfortschritt zu gestalten. Die angegebenen Schwimmstrecken, Tauchzeiten usw. dienen nur der groben Orientierung.

## Theorie

Begrüßung, Vorstellung des Kursleiters und der Ausbilder, Zielstellung des Kurses, Kontrolle der Voraussetzungen, Aushändigen der Prüfungskarten, Ausfüllen der Riegenkarte und Erläuterungen zum Kursablauf

### Theorie (1. LE):

- Sicherheitsfragen bei der Ausbildung
- Prüfungsanforderungen
- Grundausrüstung und deren Pflege
- Beratung zum Kauf der Grundausrüstung
- Kennenlernen einiger Fachbegriffe des Schnorcheltauchens (Druckausgleich, Hyperventilation, Schwimmbad-Blackout, Verhalten bei Krämpfen)

### Theorie (2. LE):

- Überprüfung der Grundausrüstung
- Vorbereitung Flossenschwimmen
  - Überprüfung der Grundausrüstung

### Theorie (3. LE):

1. Teil Physikalische Grundlagen des Schnorcheltauchens Theorie

### Theorie (4. LE):

- Wiederholung: Themen des 3. Abends
- 2. Teil Physikalische Grundlagen des Schnorcheltauchens

### Theorie (5. LE):

- Wiederholung: Themen des 3. und 4. Abends
- 1. Teil Physiologische Grundlagen des Schnorcheltauchens

### Theorie (6. LE):

- Wiederholung: Alle bisherigen Themen
- Physiologische Grundlagen des Schnorcheltauchens – 2. Teil

### Theorie (7. LE):

- Wiederbelebung (HLW)
- Rettungseinsatz als Schnorcheltaucher

### Theorie (8. LE):

- Unterwasserzeichensprache
- Rettungseinsatz als Schnorcheltaucher

### Theorie (9. LE):

- Unterwasserzeichensprache
- Rettungseinsatz als Schnorcheltaucher

**Theorie (10. LE):**

- Unterwasserzeichensprache
- Rettungseinsatz als Schnorcheltaucher

**Theorie (11. LE):**

- Unterwasserzeichensprache
- Rettungseinsatz als Schnorcheltaucher

**Theorie (12. LE):**

- Theorieprüfung (bundeseinheitlicher Fragenkatalog)
- Auswertung

**Praxis****Praxis (1. LE):**

- Überprüfung der schwimmerischen Voraussetzungen und konditionellen Fähigkeiten der Teilnehmer
- Einführung, Erläuterungen und praktische Übungen zum Gebrauch der Tauchmaske (Tauchmaske mit Wasser benetzen, um Beschlagen zu verhindern, Festigkeit der Kopfbänder)

**Praxis (2. LE):**

- Schwimmen mit Flossen ohne Armtätigkeit
- in Rückenlage • in Seitlage • in Bauchlage mit und ohne Brett
- Einführung praktische Handhabung und Umgang mit dem Schnorchel

**Praxis (3. LE):**

- ca. 10 Minuten Schwimmen mit Flossen ohne Armtätigkeit (in Rückenlage, Seitlage und Bauchlage mit und ohne Brett)
- Erläuterungen und praktische Übungen zum Gebrauch der Tauchmaske und des Schnorchels (Tauchmaske mit Wasser benetzen, um Beschlagen zu verhindern, Festigkeit der Kopfbänder)
- Atemübungen mit Tauchmaske und Schnorchel, zunächst am Beckenrand festhaltend, dann vom Beckenrand abstoßend mit Beinschlag, Ausblasen des Schnorchels, Ausblasen der Tauchmaske)
- Schwimmen mit kompletter Grundausrüstung ohne Armtätigkeit in verschiedenen Lagen

**Praxis (4. LE):**

- ca. 15 Minuten Schwimmen mit der Grundausrüstung ohne Armtätigkeit in verschiedenen Lagen
- Üben des Kraularmzuges
- Festigung Ausblasen Maske und Schnorchel
- Springen mit der Grundausrüstung aus dem Stand und Sitz
- Springen mit Grundausrüstung vom Beckenrand, Startblock und 1-Meter-Brett

**Praxis (5. LE):**

- ca. 15 min Schwimmen mit Grundausrüstung in verschiedenen Lagen
- Schleppen eines Partners
- Ab- und Auftauchen mit Druckausgleichsübungen, kopf- und fußwärts (auf Ausblasen des Schnorchels achten)

**Praxis (6. LE):**

- ca. 20 Minuten Schwimmen mit der Grundausrüstung in verschiedenen Lagen
- Schleppen eines Partners
- Tauchmaske unter Wasser absetzen, erneut aufsetzen, Ausblasen und mit ausgeblasenem Schnorchel auftauchen
- Ab- und Auftauchen • Streckentauchen

**Praxis (7. LE):**

- ca. 15 min Schwimmen mit der Grundausrüstung in verschiedenen Lagen (teilweise nur mit einer Flosse)
- Geschicklichkeitsübungen (siehe Abschnitt 0)
- Schleppen eines Partners
- Ab- und Auftauchen (Tauchstrecke 10 m) • Streckentauchen bis 25 m

**Praxis (8. LE):**

- ca. 20 min Schwimmen mit der Grundausrüstung nur in Bauchlage mit Saltowende
- Springen/Geschicklichkeitsübungen
- Zeittauchen bis 30 s mit Verweilen am Grund
- Schleppen eines Partners • Ausrüstung unter Wasser anlegen

**Praxis (9. LE):**

- ca. 15 min Schwimmen mit der Grundausrüstung in verschiedenen Lagen und mit Saltowende bei der Bauchlage
- Zeittauchen (min. 30 s Verweilen am Grund, dabei min. 15 m Strecke zurücklegen)
- Hindernistauchen
- Weitere Übungen nach Bedarf/Wunsch siehe Kapitel 6

**Praxis (10. LE):**

- ca. 25 min Schwimmen mit der Grundausrüstung in Bauchlage mit Armtätigkeit, dabei nach 15 min auf jeder Bahn 2 x abtauchen
- Hindernistauchen
- Schleppen eines Partners • Tauchmaskentausch unter Wasser mit Partner
- Springen
- Weitere Übungen siehe Kapitel 6

**Praxis (11. LE):**

- ca. 15 min Schwimmen mit der Grundausrüstung in verschiedenen Lagen
- Streckentauchen
- Tieftauchen (kopf- und fußwärts)
- Weitere Übungen siehe Kapitel 6

**Praxis (12. LE):**

- ca. 25 min Schwimmen mit der Grundausrüstung (mindestens 1000 m), davon können einige Bahnen mit entsprechenden Zusatzgewichten geschwommen werden.
- Streckentauchen
- Hindernistauchen
- Kombinierte Übung einschließlich Wiederbelebung
- Weitere Übungen siehe Kapitel 6

**Praxis (13. LE):**

- ca. 25 min Schwimmen mit der Grundausrüstung in verschiedenen Lagen
- Zeittauchen
- Springen
- Weitere Übungen siehe Kapitel 6

**Praxis (14. LE):**

- ca. 10 Minuten Schwimmen mit Flossen und Brett ohne Armtätigkeit (in Rückenlage, Seitlage und Bauchlage)
- Atemübungen mit Tauchmaske, zunächst am Beckenrand festhaltend, dann vom Beckenrand abstoßend mit Beinschlag
- Ausblasen des Schnorchels, Ausblasen der Tauchmaske)
- Schwimmen mit Maske und Flossen ohne Armtätigkeit in verschiedenen Lagen

**Praxis (15. LE):**

- ca. 25 Minuten Schwimmen mit der Grundausrüstung (mind. 1000 m), davon sollten einige Bahnen mit entsprechenden Zusatzgewichten geschwommen werden.
- Strecken- und Tieftauchen mit Erledigung von verschiedenen Aufgaben bzw. Arbeiten
- Hindernistauchen
- Schleppen
- Tauchmaskentausch
- Weitere Übungen siehe Kapitel 6

**Praxis (16. und 17. LE):**

- ca. 10 min Schwimmen mit der Grundausrüstung in verschiedenen Lagen
- 4 x 15 m Streckentauchen
- Zeittauchen
- Übungen zur Leistungssteigerung
- Gezielte Übungen zur Vorbereitung auf die Prüfung Schnorcheltauchpraxis
- Kombinierte Übung

**Praxis (18. LE):**

- Prüfung Schnorcheltauchpraxis

**Praxis (19. und 20. LE):**

- Nachprüfungen Schnorcheltauchpraxis
- Übungen zur Leistungssteigerung

## Prüfungsbedingungen für das Deutsche Schnorcheltauchabzeichen (DTSA)

### 161.0 Deutsches Schnorcheltauchabzeichen (DSTA)

Das DSTA stellt die Vorstufe zur Gerätetauchausbildung dar. Ein sicherer Umgang mit der Grundausrüstung erweitert die Einsatzmöglichkeit des Rettungsschwimmers im Einsatzdienst und ermöglicht dem Schnorcheltaucher in der Freizeit sich mit dem entsprechenden Fachwissen gefahrlos im und unter Wasser zu bewegen.

#### 161.1 Voraussetzung für den Erwerb

- Mindestalter 12 Jahre (bei Minderjährigen ist die Einverständniserklärung des Erziehungsberechtigten erforderlich)
- Tauchtauglichkeit muss unmittelbar vor Beginn der praktischen Ausbildung durch eine ärztliche Bescheinigung (gemäß Formblatt Best-Nr. 15401353) oder das Formblatt „Selbsterklärung zum Gesundheitszustand“ nachgewiesen werden. Von diesem gesonderten Nachweis kann abgesehen werden, wenn der Bewerber eine gültige Sport-, Wasserrettungsdienst- bzw. Tauchtauglichkeitsbescheinigung nachweist. Diese Nachweise dürfen zum Ausbildungsbeginn nicht älter als 4 Wochen sein.
- Besitz des DRSA - Bronze -

#### 161.2 Die Prüfung besteht aus einem praktischen und theoretischen Teil

##### Die praktische Prüfung umfasst folgende Elemente:

- 600 m Flossenschwimmen ohne Zeitbegrenzung (je 200 m Bauch-, Rücken- und Seitlage)
- 200 m Flossenschwimmen mit einer Flosse und Armbewegung 30 m Streckentauchen ohne Startsprung
- 30 Sekunden Zeittauchen (Festhalten erlaubt)
- in mindestens 3 m Tiefe Tauchbrille abnehmen, wieder aufsetzen und ausblasen
- dreimal innerhalb von einer Minute 3 m Tieftauchen
- Kombinierte Übung:
  - 50 m Flossenschwimmen in Bauchlage mit Armtätigkeit
  - einmal 3 bis 5 m Tieftauchen und Heraufholen eines 5-kg-Tauchringes oder eines gleichartigen Gegenstandes
  - 50 m Schleppen eines Partners
  - 3 Minuten Vorführen der Herz-Lungen-Wiederbelebung (HLW)

##### Ausführungsbestimmungen:

Die praktische Prüfung erfolgt in Grundausrüstung. Diese besteht aus Flossen, Tauchbrille und Schnorchel.

## Literaturverzeichnis

[1] DLRG: „Rahmen-Richtlinien der DLRG für Qualifizierungen von Sportassistenten, Ausbildungsassistenten, Übungsleitern, Trainern und Vereinsmanagern“, 9. Überarbeitete Auflage, Bad Nenndorf, 2010

[2] DLRG: „Deutsche Prüfungsordnung Schwimmen/Rettungsschwimmen“, 11. Auflage 5.9.2014, Bad Nenndorf, 2015

[3] Bucher, Walter (Hrsg.), 1001 Spiel- und Übungsformen im Schwimmen. Verlag Hofmann, Schorndorf, 9. Auflage, 2002

[4] Schmitt, Robert und Thews, Gerhard: „Physiologie des Menschen“, 27. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1997

[5] DLRG: „MERKBLATT M3-001-15: Schwimmen & Tauchen in der Ausbildung: Einsatz von Schwimmbrillen und Limitierungen“  
[https://www.dlrg.de/fileadmin/user\\_upload/DLRG.de/Fuer-Mitglieder/Ausbildung/Downloads/Rundschreiben\\_und\\_Merkblaetter/Merkblatt\\_M3-001-15-Einsatz\\_von\\_Schwimmbrillen.pdf](https://www.dlrg.de/fileadmin/user_upload/DLRG.de/Fuer-Mitglieder/Ausbildung/Downloads/Rundschreiben_und_Merkblaetter/Merkblatt_M3-001-15-Einsatz_von_Schwimmbrillen.pdf), DLRG 2015

[6] DLRG: „MERKBLATT M3-002-15: Selbsterklärung zum Gesundheitszustand“  
[https://www.dlrg.de/fileadmin/user\\_upload/DLRG.de/Fuer-Mitglieder/Ausbildung/Downloads/Rundschreiben\\_und\\_Merkblaetter/Merkblatt\\_M3-002-15\\_-\\_Selbsterklaerung\\_zum\\_Gesundheitszustand.pdf](https://www.dlrg.de/fileadmin/user_upload/DLRG.de/Fuer-Mitglieder/Ausbildung/Downloads/Rundschreiben_und_Merkblaetter/Merkblatt_M3-002-15_-_Selbsterklaerung_zum_Gesundheitszustand.pdf), DLRG 2015

[7] Schnell et. al.: „Tauchen mit Schwimmbrillen“, Deutsche Sporthochschule, Köln

[8] Gaus, W., Hingst, V., Mattern, R., Reinhardt, G., Seidel, H.J. und Sonntag H.-G.: „Ökologisches Stoffgebiet - Rechtsmedizin“, 3. komplett aktualisierte Auflage, Hippokrates-Verlag, Stuttgart, 1999

[9] DLRG: „Handbuch Schnorcheltauchen“, 6. Auflage, Bad Nenndorf, 1998

[10] DLRG: „Ausbilderhandbuch Rettungsschwimmen“, 3. korrigierte Auflage, Bad Nenndorf, 2017

[11] DLRG: Rettungsschwimmen im Sportunterricht – Ideen für die Umsetzung eines kompetenzorientierten Schwimmunterrichts in der Sekundarstufe I, Bad Nenndorf, 2017